

NFDI4Objects - TRAIL Management Plan (TMP)



TRAIL	Research Registry Resource FAIRification Tool for LOD resources
Laufzeit	01.01.2027-31.12.2027
Verantwortliche	Florian Thiery, Allard Mees (Lead Task Area: TA2 ; Lead Institution: LEIZA)
Stand:	10.10.2025

Deliverables

Status	Titel	Beschreibung
geplant	D1. Weiterentwicklung re3dragon Tool	- Migration in Python / FastAPI - Dragon Lair als Wikibase-Instanz - Integration von Terminologien via TS4NFDI (damit auch DANTE); Linked Open Data via N4O KG / KGI4NFDI; von weiteren NFDI4Objects relevanten Terminologien und LOD (z.B. Wikidata, FactGrid, OSM, ...) ⇒ T2.1.2, T2.1.3, T2.2.1, T2.2.4, T2.3.2, T2.3.3
geplant	D2. Anpassung der MOD Ontology mit SKOS	- z.B. Fuzzyness/Wobbliness im Semantic Alignment ⇒ T2.1.2, T2.1.3, T2.2.1, T2.2.4, T2.3.2, T2.3.3
geplant	D3. Beispielhafte Implementierung der re3dragon API in Jupyter Notebooks	- Referenzimplementierung in Jupyter Notebooks in Zusammenarbeit mit dem CC RSE und einer Arbeitsgruppe zu "jupyter4objects" ⇒ T2.1.2, T2.1.3, T2.2.1, T2.2.4, T2.3.2, T2.3.3

Work Plan

Work package	Milestone (mit kurzer Beschreibung)	Status
D1. WP1. Migration re3dragon in Python	Migration des re3dragon in Python (FT; ØE: N.N.)	geplant
D1. WP2. re3dragon Dragon Lair	Dragon Lair aus Triplestore in Wikibase (FT)	geplant
D1. WP3. Integration von Ressourcen	Integration von Terminologien via TS4NFDI (damit auch DANTE); Integration von Linked Open Data via N4O KG / KGI4NFDI; Integration von weiteren NFDI4Objects-relevanten Terminologien und LOD, z.B. Wikidata, FactGrid, OpenStreetMap, etc. (FT; ØE: N.N.)	geplant
D2. WP1. MOD Ontology	Anpassung der MOD Ontology mit SKOS (FT)	geplant
D3. WP1. re3dragon in "jupyter4objects"	Referenzimplementierung in Jupyter Notebooks in Zusammenarbeit mit dem CC RSE und einer TWG zu "jupyter4objects" (FT; ØE: N.N.)	geplant

Ressourcen und Finanzierung

Jahr	Institution	Finanzierung und Tätigkeitsbeschreibung
2027	LEIZA (Florian Thiery / Allard W. Mees)	Stellenanteil (15%) des 100% RSE in TA2 + Eigenbeteiligung Abt. WissIT - Weiterentwicklung des re3dragon (D1) - MOD Ontology (D2) - Beispielhafte Implementierung der re3dragon API in Jupyter Notebooks (D3) - Stelle im Antrag vorgesehen
2027	Uni Köln (Øyvind Eide: N.N.)	ca. 14'400 EUR (100% stud./wiss. Hilfskraft, 19h) - Mithilfe bei der Weiterentwicklung des re3dragon (D1; D3) - Stelle im Antrag vorgesehen

Research Registry Resource FAIRification Tool for LOD resources (TRAIL 2.7)

Task Area	TA2
Partnerinstitutionen	<p>Lead: Leibniz-Zentrum für Archäologie</p> <p>Co-Applicants: Leibniz-Zentrum für Archäologie</p> <p>Participants: Institut für Digital Humanities, Uni Köln (Eide); Frankfurt Big Data Lab, Uni Frankfurt (Tolle); CAA-DE e.V.</p> <p>External members: Base4NFDI (Basic Service TS4NFDI), NFDI Sektion Metadata (WG Terminology Services); Taskforce Metadata</p>
Kontakt	Florian Thiery (LEIZA); Allard Mees (LEIZA)
TRAILs	inhaltlicher Austausch mit 2.1; 2.2; 2.4; 2.5; 2.8 (2.2/2.6); 3.1

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 *Research Registry Resource FAIRification Tool for LOD Resources* adressiert die Herausforderung, heterogene terminologische Ressourcen und Linked Open Data (LOD) aus der *collection research* und dem objektbezogenen Forschungsdatenmanagement (FDM) nachhaltig zugänglich und interoperabel zu machen. Aktuell fehlt ein Lookup-Werkzeug, das klassische Authority Files (z. B. GND, Getty AAT), community-getriebene Vokabulare (z. B. Wikidata, FactGrid, OpenStreetMap) sowie TS4NFDI- und DANTE-Ressourcen gemeinsam Abfragen kann. Um diese Lücke zu schließen, wird auf Basis des LEIZA-Tools *re3dragon* ein multipler Lookup- und Resolving-Service entwickelt, der erstmals die spezifischen Bedürfnisse der FDM-Community im Bereich materieller Kulturgüter abdeckt. Eine technische Innovation stellt die Migration des *Dragon Lair*-Moduls von einem Triplestore in eine Wikibase-Instanz dar, wodurch *re3dragon* in die NFDI4Objects- und Basic-Services-Infrastruktur eingebunden wird. Ergänzend wird die SKOS-Extension *SKOSplus* um objektspezifische Kriterien erweitert, basierend auf dem MOD-API-Standard von TS4NFDI (MOD Ontology, DCAT, NFDI Core Metadata Profile). Ziel ist die Entwicklung interoperabler Standards und Austauschformate für LOD-Ressourcen, die den gesamten Forschungsdatenzyklus unterstützen. Damit trägt TRAIL 2.7 zu allen vier Säulen von NFDI4Objects bei: Standardisierung (S1), Dienstentwicklung (S2), Community-Integration (S3) und internationale Vernetzung (S4).

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 *Research Registry Resource FAIRification Tool for LOD resources* adressiert die zentrale Herausforderung, heterogene terminologische Ressourcen und Linked Open Data (LOD) für die collection research und die object-related FDM-Community nachhaltig zugänglich und interoperabel zu machen. Aufbauend auf dem LEIZA-eigenen FAIRification-Tool [1] *re3dragon* [2,3] wird ein multipler Lookup- und Resolving-Service entwickelt, der sowohl klassische authority files and community-driven vocabularies (z. B. GND, Getty AAT) als auch community-getriebene Ressourcen (Wikidata, FactGrid, OpenStreetMap) und TS4NFDI- und DANTE-Ressourcen integriert. Ein multiples Lookup-Tool das die speziellen Bedürfnisse der Research Community in Bezug zu Material Remains of Human History berücksichtigt, gibt es in dieser Form noch nicht. Eine wesentliche technische Innovation stellt die technische Migration des Dragon Lair-Moduls, das die Metadaten der avisierten Web-Ressourcen vorhält, von einem Triplestore in eine Wikibase-Instanz dar, womit *re3dragon* in die Infrastruktur von NFDI4Objects und den federated Knowledge Graph über NFDI basic services eingebunden wird. Ergänzend soll das SKOSplus [4] um objektspezifische Kriterien erweitert werden. Dazu wird der von TS4NFDI genutzte MOD-API [5] Standard (auf Basis der MOD Ontology [6], deren Basis DCAT [7] und damit das NFDI Core Metadata Profile ist) genutzt und mit SKOS erweitert.

Damit leistet TRAIL 2.7 substantielle Beiträge zu den strategischen Säulen von NFDI4Objects: durch die Weiterentwicklung von Standards (Säule 1), die Entwicklung eines Austauschformats für LOD Ressourcen und Terminologien auf Basis von RDF und Standards des Basic Services TS4NFDI (Säule 2), die Integration von Community-Ressourcen wie Wikidata und OpenStreetMap (Säule 3) sowie die Vernetzung mit nationalen und internationalen Partnern (Säule 4).

TRAIL 2.7 adressiert schwerpunktmäßig die Schritte *describe, publish, discover* und *reuse* im Forschungsdatenzyklus. Mit der Entwicklung eines multiplen URI-Lookup- und

Resolving-Services wird die semantische Vernetzung von Forschungsdaten verbessert, indem terminologische Ressourcen, und Linked Open Data übergreifend auffindbar, zugänglich und nachnutzbar gemacht werden. Damit wird eine zentrale Voraussetzung für die Standardisierung und nachhaltige Nutzung sammlungsbezogener Forschungsdaten geschaffen.

Die FAIR-Prinzipien werden dabei umfassend umgesetzt: Forschungsdaten werden (F) auffindbar durch die Vergabe und Auflösung persistenter URIs über *re3dragon*, (A) zugänglich über offene Tools und Schnittstellen (APIs, Wikibase, Jupyter), (I) interoperabel durch die Erweiterung der MOD-Ontology durch SKOSplus sowie (R) nachnutzbar durch die Dokumentation in Whitepapers.

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 T2.1.2, T2.1.3, T2.2.1, T2.2.4, T2.3.2 [8], T2.3.3 [9], sowie die KPIs 2.4, 2.8, 2.10 und 2.13.

Ein enger Bezug besteht zu TA6 (Harmonisierung) durch die Integration der Ergebnisse in das OCMDP, sowie zu TA7 (Koordination) durch die Einbettung in den Commons und die Abstimmung mit anderen TAs, Sektionen, Task Forces und Basisdiensten [10].

Der Bedarf ist in der Fachcommunity klar nachgewiesen: einerseits brauchen die Sammlungsforschende diese Funktionalität. Andererseits müssen die digitale Infrastrukturen dazu stabile URI-Lösungen für heterogene LOD-Ressourcen anbieten. Durch die Weiterentwicklung von *re3dragon*, die Migration nach Wikibase und die Integration in TS4NFDI entsteht ein realistischer Wirkungspfad, der nicht nur NFDI4Objects, sondern auch der gesamten NFDI-Infrastruktur zugute kommt.

Mit dieser Ausrichtung trägt TRAIL 2.7 gezielt zu den strategischen Säulen von NFDI4Objects bei: durch die Weiterentwicklung und Harmonisierung von Standards (Säule 1), die Entwicklung eines nachhaltigen URI-Resolving-Dienstes (Säule 2), die Integration von Community-Ressourcen wie Wikidata und OpenStreetMap (Säule 3) sowie die enge nationale und internationale Vernetzung mit Basisdiensten und globalen Plattformen (Säule 4).

[1] vgl. 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), 21. doi: 10.5281/zenodo.16736089.

[2] vgl. F. Thiery and A. W. Mees, 're3dragon – A Research Registry Resource API for Data Dragons', GROMA, vol. 7, Jan. 2024, doi: 10.32028/Groma-Issue-7-2022-2429.

[3] siehe N4O Antrag, S. 55-56; FAIRification Services as data enrichment services (S2.3); "re3dragon – lookup and resolve tool for LOD resources"; 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) [...].”

[4] vgl. <https://github.com/orgs/SKOSplus/>

[5] vgl. <https://github.com/FAIR-IMPACT/MOD-API>

[6] vgl. <https://github.com/FAIR-IMPACT/MOD> und <https://w3id.org/mod>

[7] vgl. <https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-3/>

[8] siehe N40 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)”

[9] siehe N40 Antrag, S.70: “FAIRification tools for managing fuzzy wobbling semantics (SAS) by developing existing software (e.g. Cocoda) (T2.3.3)”

[10] siehe N40 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 N40 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)”.

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 von TRAIL 2.7 werden zentrale Maßnahmen zur Standardisierung und Harmonisierung von persistenten Identifikatoren, URI-Resolving-Mechanismen und semantischen Formaten umgesetzt. Ziel ist es, heterogene terminologische Ressourcen – von Normdaten wie GND und Theauri wie Getty AAT bis hin zu community-getriebenen Ressourcen wie Wikidata oder FactGrid – über einen gemeinsamen Lookup- und Resolving-Service interoperabel verfügbar zu machen. Konkret sind folgende Schritte geplant:

- Migration des re3dragon-Dienstes in eine Wikibase-Umgebung, wodurch die URI-Resolving-Logik eng mit Wikidata (via Wikibase) verbunden und konsortienübergreifend nachnutzbar wird.
- Erweiterung der MOD Ontology in SKOSplus um objektspezifische Kriterien wie Bildreferenzen, Geometrien und Fuzziness/Wobbliness, um die semantische Repräsentation von Sammlungsobjekten zu verfeinern.

- Nutzung und Verknüpfung mit Norm- und Referenzdaten (z. B. GND, AAT, Wikidata), um eine standardisierte und nachhaltige Integration in Forschungsdateninfrastrukturen zu gewährleisten.
- Erarbeitung wiederverwendbarer Workflows, dokumentiert in einem Whitepaper und GitHub-Repositorien.

Mit diesen Maßnahmen trägt TRAIL 2.7 in hohem Maße zur Umsetzung von Säule 1 (Standards & Richtlinien) bei, indem es die technische Grundlage für multiples URI-Resolving standardisiert, und schafft gleichzeitig eine enge Verbindung zu Säule 2 (Werkzeuge & Dienste) durch die direkte Implementierung des *re3dragon*. Die Ergebnisse werden in Form eines Whitepapers dokumentiert und in den Commons von NFDI4Objects langfristig verfügbar gemacht.

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.

TRAIL 2.7 stärkt die Infrastruktur von NFDI4Objects durch die Weiterentwicklung des bereits als Open-Source verfügbaren *re3dragon* zu einem zentralen Lookup- und Resolving-Service für heterogene LOD-Ressourcen. Im Mittelpunkt steht die nachhaltige Bereitstellung eines FAIRification Tools (und Forschungsdaten), der *re3dragon*, der sowohl für Sammlungsforschende als auch für digitale Infrastrukturen die konsistente Nutzung von URIs und Terminologien ermöglicht. Konkret umfasst dies:

- Migration des Dragon Lairs des *re3dragon* in eine Wikibase-Instanz, wodurch der Dienst enger an semantische Standards gebunden und interoperabel mit anderen NFDI-Diensten im federated Knowledge Graph nutzbar wird.
- Integration in Jupyter-Notebooks zur praktischen Anwendung in Forschungsworkflows, womit eine enge Verzahnung mit Jupyter4NFDI geschaffen wird.
- Erweiterung der MOD Ontology in SKOSplus, um objektspezifische Kriterien, sodass Sammlungsobjekte präziser beschrieben und über URIs verlinkt werden können.
- Bereitstellung von APIs, Workflows und Transformationskripten als Open Source über GitHub, ergänzt durch Whitepapers und technische Dokumentationen.
- Integration von Terminologien über repository-eigene Schnittstellen (z.B. Getty oder Wikidata SPARQL Endpoint), DANTE oder auch über TS4NFDI zur interdisziplinären

Einbettung von Terminologien und Forschungsdaten aus dem NFDI Ökosystem und dem federated Knowledge Graph (KGI4NFDI).

Die Ergebnisse werden in den Tool- und Servicekatalog von NFDI4Objects eingepflegt. Der *re3dragon* gehört zur Dienst-Klasse A Technischer Dienst zur Dienst-Kategorie Partner-Dienste und ist eine Bibliothek / API bzw. Web-Anwendung. Durch die Anbindung an TS4NFDI und KGI4NFDI entsteht zudem eine konsortienübergreifende Anschlussfähigkeit.

Damit trägt TRAIL 2.7 substantiell zur Säule 2 (Werkzeuge & Dienste) bei, da ein nachhaltiger URI-Resolving-Dienst geschaffen wird. Ergänzend wird die von TS4NFDI genutzte MOD Ontology in SKOSplus weiterentwickelt (Säule 1), die Integration von Community-Ressourcen wie Wikidata und OpenStreetMap durchgeführt (Säule 3) und durch die enge Zusammenarbeit mit NFDI-Basisdiensten (z.B. TS4NFDI) sowie internationalen Partnern die Vernetzung gestärkt (Säule 4).

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.)?

Zur Unterstützung und Qualifizierung der Fachcommunity werden im Rahmen von TRAIL 2.7 gezielte Maßnahmen umgesetzt, die die Anwendung des URI-Lookup- und Resolving-Services erleichtern und verbreiten. Ziel ist es, Forschende, Citizen Scientists und RSEs in die Lage zu versetzen, heterogene terminologische Ressourcen konsistent zu nutzen und ihre Daten nachhaltig in Linked Open Data zu integrieren.

- Community of Practice: Einbindung in bestehende Initiativen wie TS4NFDI sowie in Austauschplattformen zu Normdaten und Terminologien, um einen kontinuierlichen Wissenstransfer sicherzustellen.
- Konferenzbeiträge und Dissemination: Präsentation der Ergebnisse auf nationalen und internationalen Tagungen sowie Publikation von Materialien auf Zenodo und GitHub.

Mit diesen Maßnahmen wird ein direkter Bezug zu TA6 hergestellt. Die entwickelten Tools und Standards werden nicht nur dokumentiert, sondern wenn möglich auch in die Aus- und Weiterbildung integriert. Damit trägt TRAIL 2.7 in besonderem Maße zur Säule 3 (Community-Befähigung) bei und verstärkt zugleich die Anschlussfähigkeit zu Säule 2 (Werkzeuge & Dienste) und Säule 4 (Vernetzung).

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?

TRAIL 2.7 ist durch seine technische und inhaltliche Ausrichtung stark in nationale wie internationale Netzwerke eingebunden. Innerhalb von NFDI4Objects erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit TA2 (Sammlungen) zur Integration heterogener Ressourcen. Auch in Measure 4.2 ist es von Nöten, dass verschiedene externe Ressourcen semantisch analysiert und dazu per API dynamisch mit Hilfe eines multiplen Lookup-Tools abgefragt werden können, um ein semantic alignment (dort "Mapping" genannt) als eine zentrale Aufgabe in Task Area 4 erfolgreich durchzuführen. Im Rahmen von TA6 (Harmonisierung) findet die Integration der Ergebnisse in das OCMDP statt. Mit TA7 (Koordination) ist die Einbindung des re3dragon-Services in das N4O Portfolio und zur Abstimmung mit anderen TRAILs gewährleistet.

Eine Vernetzung mit anderen NFDI-Konsortien ist ausdrücklich vorgesehen: Mit NFDI4Culture im Bereich Normdaten und terminologische Standards, mit NFDI4Ing zur Anbindung von FAIR Digital Objects (FDOs) [11], mit Text+ bei der Integration von Authority Files und mit Base4NFDI über die Anbindung an Basisdienste wie TS4NFDI und KGI4NFDI. Darüber hinaus werden nationale Einrichtungen außerhalb der NFDI eingebunden, u. a. Wikimedia Deutschland, Fachmuseen und universitäre Projekte, um die technische Entwicklung in realen Sammlungs- und Forschungsumgebungen zu verankern.

Innovativ ist insbesondere die Migration des Dragon Lair-Moduls im re3dragon-Dienst nach Wikibase, die Erweiterung der in TS4NFDI genutzten MOD-Ontology als Austauschformat für heterogene Terminologien und LOD-Ressourcen, sowie die Integration in Jupyter-Notebooks. Diese Schritte eröffnen neue Möglichkeiten, in denen die semantische Vernetzung und schließen eine zentrale Lücke in der bisherigen Infrastruktur. Die internationale Anschlussfähigkeit wird durch die Nutzung global sichtbarer Plattformen wie Wikidata, FactGrid, OpenStreetMap und GitHub gewährleistet. Ergänzend erfolgt die Verbreitung über internationale Konferenzen sowie ein Whitepaper und auf Zenodo.

Mit dieser strategischen Öffnung trägt TRAIL 2.7 gezielt zur Umsetzung von Säule 4 (Vernetzung & Internationalität) bei und stärkt die Sichtbarkeit von NFDI4Objects im nationalen wie internationalen Forschungsdatenökosystem.

[11] K. Fischer et al., 'Windows on Data: Federating Research Data with FAIR Digital Objects and Linked Open Data', 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), 23. doi: 10.5281/zenodo.16736221; U. Schwardmann, 'Digital Objects – FAIR Digital Objects: Which Services Are Required?', Data Science Journal, vol. 19, p. 15, Apr. 2020, doi: 10.5334/dsj-2020-015; K. De Smedt, D. Koureas, and P. Wittenburg, 'FAIR Digital Objects for Science: From Data Pieces to Actionable Knowledge Units', Publications, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, June 2020, doi: 10.3390/publications8020021.

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 NFDI4Objects (z.B. Open Educational Resources) werden im Rahmen des TRAILs erarbeitet? Stellen Sie dies in Bezug zu Abschnitt 5 (s.o).
- D1. Weiterentwicklung re3dragon Tool
 - **Beschreibung:** Ausbau von re3dragon zu einem Lookup- und Resolving-Dienst für heterogene LOD-Ressourcen auf Python-Basis. Ziel ist die konsistente Nutzung und Integration von URIs und die nachhaltige Verknüpfung von Sammlungsdaten mit Norm- und Referenzdaten.
 - **Technische Umsetzung:** Migration des Dragon Lair-Moduls von einem Triplestore in eine Wikibase-Instanz; Implementierung offener Schnittstellen (APIs) in Python für die Integration in NFDI4Objects und Basisdienste (TS4NFDI, KGI4NFDI); Erweiterung um Support für verschiedene Ressourcen (z. B. GND, AAT, Wikidata, FactGrid, OSM); Open-Source-Implementierung über GitHub mit Dokumentation in Whitepapers.
 - **Erwartete Ergebnisse:** Ein produktiver URI-Resolving-Service; Technische Schnittstellen (API) für Sammlungs- und Terminologieintegration; Whitepaper zur Architektur und Implementierung; 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. Weiterentwicklung Anpassung der MOD Ontology mit SKOS
 - **Beschreibung:** Anpassung der MOD Ontology mit SKOS, um neben klassischen terminologischen Informationen auch objektspezifische Kriterien (Bilder, Geometrien, Fuzziness) einzubinden. Dazu ist der von TS4NFDI genutzte MOD-API [12] Standard (auf Basis der MOD Ontology [13], deren Basis DCAT [14] und damit das NFDI Core Metadata Profile ist) mit SKOS zu erweitern, plus zusätzliche Attribute mit der Eigenentwicklung SKOSplus [15] (Basis u. A. SKOS; DCAT; MOD).
 - **Technische Umsetzung:** Spezifikation der SKOSplus Ontology, auf Basis von SKOS, DCAT und MOD; Implementierung in re3dragon.
 - **Erwartete Ergebnisse:** Dokumentation.
 - **Beitrag zu Commons:** Integration von SKOSplus im Inkubator.
- D3. Beispielhafte Implementierung der re3dragon API in Jupyter Notebooks
 - **Beschreibung:** Einbettung des Resolving-Services in Jupyter Notebooks, um die Nutzung von URIs und LOD-Integration in Forschung und Lehre zu erleichtern.
 - **Technische Umsetzung:** Entwicklung von Jupyter-Notebooks zur Abfrage und Visualisierung; Integration in chublets.software und damit in nfdi.software.
 - **Erwartete Ergebnisse:** Beispiel-Notebooks für die Nutzung von re3dragon.
 - **Beitrag zu Commons:** Integration der Notebooks in den Tool- und Servicekatalog von NFDI4Objects.

[12] vgl. <https://github.com/FAIR-IMPACT/MOD-API>

[13] vgl. <https://github.com/FAIR-IMPACT/MOD> und <https://w3id.org/mod>

[14] vgl. <https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-3/>

[15] vgl. <https://github.com/orgs/SKOSplus/>

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: 01.01.2027-31.12.2027
- Work Package: D1. Weiterentwicklung re3dragon Tool
 - **Säulen:** 2 (Tools & Dienste)
 - **Ende:** 31.12.2027 (kontinuierliches Arbeiten)
 - **Ressourcen:** F. Thiery, A.W.Mees; Uni Köln
- Work Package: D2. Anpassung der MOD Ontology mit SKOS
 - **Säulen:** 1 (Standards & Richtlinien); 2 (Tools & Dienste)
 - **Ende:** 31.12.2027 (kontinuierliches Arbeiten)
 - **Ressourcen:** F. Thiery, A.W.Mees
- Work Package: D3. Beispielhafte Implementierung der re3dragon API in Jupyter Notebooks
 - **Säulen:** 2 (Tools & Dienste)
 - **Ende:** 31.12.2027 (kontinuierliches Arbeiten)
 - **Ressourcen:** F. Thiery, A.W.Mees; Uni Köln

9. Förderung / Eigenanteile

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

- 2027: LEIZA (Florian Thiery / Allard W. Mees)
 - Stellenanteil (15%) des 100% RSE in TA2 + Eigenbeteiligung Abt. WissIT. Stelle im Antrag vorgesehen.
- 2027: Uni Köln (Øyvind Eide N.N.)
 - Nach Planung insgesamt ca. 14'400 EUR (100% stud./wiss. Hilfskraft, 19h). Stelle im Antrag vorgesehen.

10. Ergänzungen/Zusätzliche Informationen

Der TRAIL startet erst nach der Evaluierungsphase neu und wurde im Rahmen der Evaluierung agil an aktuelle Entwicklungen angepasst. Die Ressourcen sind durch den Finanzierungsplan im Mittelweiterleitungs- und Kooperationsvertrag gedeckt. Wie alle TRAILs in TA2 dient er zur Konkretisierung des Arbeitsprogramms und ist eine 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