Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper“).

doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57

Proof-Of-Concept-Studie für das FDM in den Ingenieur:innenwissenschaften

Ein Forschungsdatenmanagement-Rahmenwerk

T. Hamann, C. Florides, A. Abdelrazeq, R. H. Schmitt

ZUSAMMENFASSUNG Forschungsdatenmanagement (FDM) gewinnt seit Jahren an Bedeutung. Das Ziel, Daten wiederverwendbar aufzubereiten und nachzunutzen anstatt sie aufwendig neu zu erheben, wird von Forschenden der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften jedoch nur selten verfolgt. Um dem entgegenzuwirken, wurde ein Rahmenwerk für das FDM in den Ingenieur:innenwissenschaften entwickelt. In einer Proof-Of-Concept-Studie soll dieses nun erstmals anhand des Forschungsprojekts „KIOptiPack“ validiert werden.

STICHWÖRTER

Forschung, Informationsmanagement, Digitalisierung

A Research Data Management Framework

ABSTRACT Research data management (RDM) has been gaining in importance for years. However, the goal of preparing data sustainably and reusing existing data instead of laboriously collecting it from scratch is rarely pursued by researchers in the German engineering sciences. To counteract this, a framework for RDM in the engineering sciences was developed. In a proof-of-concept study, this framework will be validated for the first time using the research project „KIOptiPack“.

1 Einleitung

Durch die Digitalisierung von fast allen Lebensbereichen steigt das Volumen von generierten Daten seit Jahren stetig an. [1-3] Besonders relevant ist diese Entwicklung in den Ingenieur:innenwissenschaften. Die durch Industrie 4.0 generierten Datenmengen bedürfen eines adäquaten Managements um moderne Methoden wie Machine Learning (ML) aber auch klassische Methoden der Informationsgewinnung zu ermöglichen. [4, 5] Diese Methoden erlauben eine nachhaltigere Produktion durch die Nutzung von beispielsweise Messdaten. [6] Gleichzeitig lässt sich die Widerstandsfähigkeit von Unternehmen durch Nutzung der Daten stärken. [7] Während diese Entwicklung neue Möglichkeiten eröffnet, beispielsweise durch datenbasierte Entscheidungsfindung, bringt sie auch neue Herausforderungen mit sich. [8] Die Minimierung von Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Daten ist ebenso herausfordernd wie die Standardisierung von Prozessen bei der Datenerfassung. [9] Durch entsprechendes Datenmanagement kann „die Authentizität, Zuverlässigkeit, Integrität und Nutzbarkeit von digitalem Material gewährleistet werden, was wiederum die Maximierung der Investitionen in ihre Erstellung sicherstellt“ [10].

„Forschung und Forschungs(infra)strukturen unterliegen ebenso dem […] mit Globalisierung, Digitalisierung und Ökonomisierung einhergehenden Wandlungsprozess wie die Bereiche Wirtschaft und Gesellschaft“ [8]. Dies wiederum bedingt ein „stetig steigendes Interesse und Bedarf an der Verfügbarmachung der dazugehörigen Forschungsdaten“ [11] und deren Wiederverwendung. Letzteres schlägt sich ebenfalls im aktuellen Koalitionsvertrag nieder. [12] Aus diesem Grund befasst sich dieser Beitrag im Speziellen mit einem Konzept für das Forschungsdatenmanagement (FDM) in ingenieur:innenwissenschaftlicher Forschung.

Bei dem Konzept handelt es sich um ein Rahmenwerk zur Unterstützung des FDMs in der projektbasierten Forschung der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften, bestehend aus einem geführten Prozess für das FDM mit integrierter Entscheidungsunterstützung, wie in **Bild 1** gezeigt. Das erklärte Ziel des Rahmenwerks ist es, FDM für Forschende der Ingenieur:innenwissenschaften zu vereinfachen und somit dazu beizutragen, dass Daten effektiver gemanagt werden, sowohl hinsichtlich bestehender Vorgaben aber vor allem auch um das FDM im Allgemeinen zu verbessern. [13] Maßgebend hierfür sind die FAIR-Prinzipien, um Daten auffindbar (Findable), zugänglich (Accessible), interoperabel (Interoperable) und nachnutzbar (Reusable) zu erzeugen und abzulegen. [14]

Das Konzept des Rahmenwerks basiert auf fünf Ebenen, welche aufeinander aufbauen, siehe Bild 1. Die erste Ebene stellt ein FDM-Prozess dar, welcher das FDM in einfache Phasen und Schritte gliedert und Forschenden somit eine Gliederung für ihr FDM bietet, siehe **Bild 2**. [15] Die Gliederung orientiert sich dabei nicht am im FDM weit verbreiteten Datenlebenszyklus (DLZ), sondern an der üblichen Struktur von ingenieur:innenwissenschaftlichen Forschungsprojekten. Hiermit wird die Lücke zwischen FDM-Konzepten wie dem DLZ und der praktischen Arbeit der Forschenden geschlossen, da eine Verbindung zwischen FDM-Praktiken und real durchgeführter Forschung geschaffen wird. [15]

In dem FDM-Prozess findet sich die Verwaltung von Richtlinien für den Prozess als zweite Ebene aus Bild 1 wieder. Exemplarisch sind in Bild 1 einige Logos von möglichen Stakeholdern, die

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

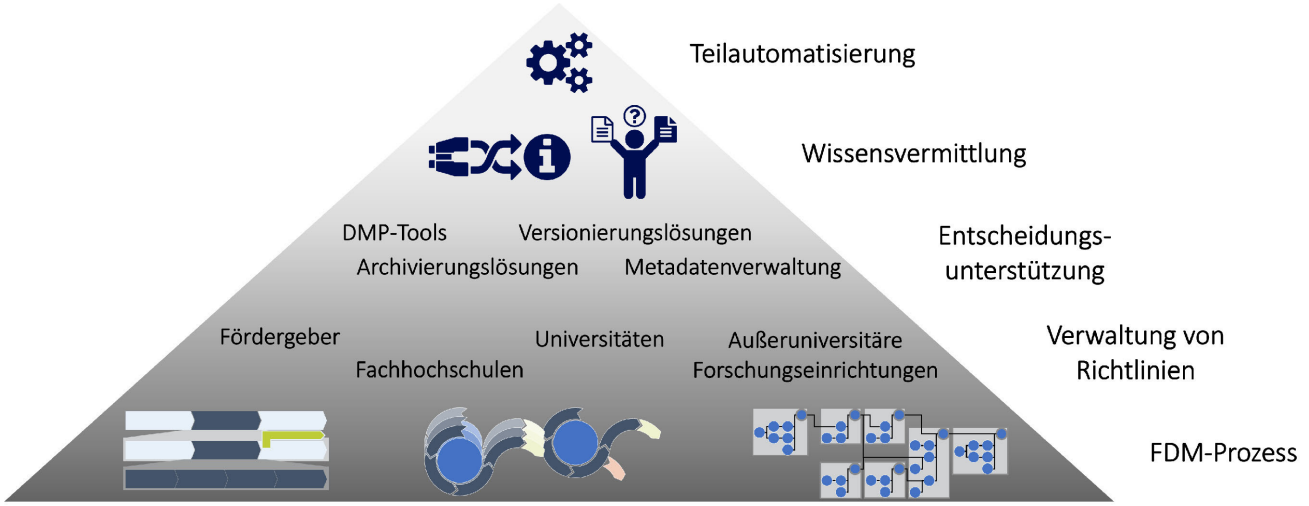

Bild 1. Die fünf Ebenen des Rahmenwerks zur Unterstützung des FDMs in der projektbasierten Forschung der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften mit beispielhaften Inhalten. *Grafik: WZL der RWTH Aachen University*

FDM-Richtlinien vorgeben, dargestellt. Auf diesen Richtlinien aufbauend erhalten Forschende als dritte Ebene eine Entscheidungsunterstützung zu ihrem individuellen FDM. Beispielsweise werden Tools oder Services vorgeschlagen, welche das FDM unterstützen können (beispielhaft durch Logos in Bild 1 dargestellt). Projekt- und anwendungsbezogen werden so die Entscheidungen, welche FDM-Lösungen verwendet werden sollen, durch die zuvor aufgestellten Rahmenbedingungen unterstützt. Um offene Fragen unmittelbar zu klären, wird den Forschenden begleitend zum Prozess und aufbauend auf ihren getroffenen Entscheidungen Wissen vermittelt (vierte Ebene). Schlussendlich wird das FDM weiter vereinfacht, indem die Synchronisation verschiedener Datenquellen des FDMs durch eine Teilautomatisierung sichergestellt wird (fünfte Ebene).

Das zugrunde liegende Konzept soll nun erstmals mit einem realen Anwendungsfall getestet werden. Das Ziel hierbei ist es, neue Erkenntnisse von potenziellen Anwendungen über die Nutzung, Inhalte und Mängel des Konzepts zu erhalten. [16] Weitere Validierungen sollen folgen. Aus diesem Grund lauten die Forschungsfragen, welche in diesem Beitrag beantwortet werden sollen, wie folgt:

1. Ist das entwickelte Rahmenwerk zur Unterstützung des FDMs in der projektbasierten Forschung der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften geeignet?
2. Welche Vorteile bietet es gegenüber FDM ohne Nutzung des Rahmenwerks?
3. Welche Schwachstellen existieren bei dem Rahmenwerk?

Um diese Validierung durchzuführen, wird eine Proof-of-Concept (POC) Studie unter Verwendung eines Demonstrators angewendet. [17] Vor und nach dem Versuch mit dem Demonstrator wird der Befragte zum Stand des FDMs im betrachteten Kontext befragt. So ist es möglich, Veränderungen bei der Durchführung des FDM zu ermitteln und zu bewerten. Der Vergleich mit den Vorgaben für das Projekt ist dabei ebenso relevant wie der mit Best Practices des FDMs.

Um die Anwendbarkeit des entwickelten Rahmenwerks zu untersuchen, wird ein Anwendungsfall aus dem Forschungsprojekt „KIOptiPack“ verwendet. In diesem wird erforscht, wie KI-basierte Lösungen im Produktdesign und in der Produktionsphase von Kunststoffverpackungen mit hohem Rezyklatanteil implementiert, überprüft und umgesetzt werden können.[1]

Das übergeordnete Ziel des Projekts ist es, bis Ende 2025 einen Datenraum und eine Infrastruktur auf Basis der Gaia-X-Architektur [18] zu entwickeln, die die Integration von KI-Lösungen, die Verwaltung des Lebenszyklus des ML-Modells und deren Optimierung in einem übergreifenden System ermöglichen. Alle Modelle und Daten, die in das Gesamtsystem einfließen, werden in verschiedenen Projektphasen entwickelt, die alle Produktionsprozesse von Kunststoffen abdecken. Zunächst werden alle relevanten Materialdaten digitalisiert, und dann für jeden der verschiedenen Produktionsprozesse (Spritzguss, Extrusion und Thermoformung) Experimente durchgeführt, um die Verarbeitung von recycelten Kunststoffen zu bewerten. Anschließend werden für diese Prozesse hybride Modelle wie fluiddynamische Simulationen, ML-Modelle usw. entwickelt, um das Verhalten des Produkts mit einem hohen Rezyklatanteil zu bewerten.[1]

Im Rahmen des betrachteten Anwendungsfalls wird ein Extrusionsprozess erforscht. Computational Fluid Dynamics (CFD) Modelle einer dreischichtigen Extrusionsfolie werden genutzt, um die Auswirkungen des rezyklierten Materials auf die sekundäre Strömungsgeschwindigkeit in den Schichten zu bewerten und die Grenzschichtdicke der Schicht mit dem rezyklierten Material zu berechnen. Darauf aufbauend werden zur Beschleunigung und Optimierung der Simulationen bei gleichzeitiger Verringerung ihrer Unsicherheiten ML-Modelle konzipiert, implementiert und anschließend validiert. Mithilfe der ML-Modelle können die Simulationsmodelle punktuell verbessert werden.[1]

Dieser Beitrag beschreibt die Validierung des vorgestellten Rahmenwerks anhand des Anwendungsfalls. Dabei werden zunächst das bestehende FDM und die zu berücksichtigenden Anforderungen an dieses beleuchtet, um den Status Quo zu skizzieren. Anschließend wird erläutert, wie sich die Methodik zur Validierung des Rahmenwerks zusammensetzt, bevor die Ergebnisse der Methodik diskutiert werden. Den Abschluss bildet die kritische Reflexion der Limitationen der Methodik und ein Fazit beziehungsweise Ausblick.

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

2 Bestehendes FDM und zu berücksichtigende Vorgaben beim Anwendungsfall

Der Projektstart von „KIOptiPack“ fällt in eine Zeit, in der das Thema FDM stark an Aufmerksamkeit gewann, aber die Anwendung in den vom BMBF geförderten Forschungsprojekten noch nicht umfassend reglementiert war. So dreht sich das Projekt teilweise um Datenmanagement, sieht aber auf der Projektebene selbst kein Management von Forschungsdaten vor.[1] Um zu verstehen, wie das FDM für Projekte in den Ingenieur:innenwissenschaften durchgeführt wird, welche Rahmenbedingungen gelten können und wie das FDM für der betrachtete Anwendungsfall verbessert werden kann, auch wenn nur vage Rahmenbedingungen vorliegen, ist das Projekt KIOptiPack als Anwendungsfall geeignet.

Hierfür muss zunächst der aktuelle Stand des FDMs erfasst werden. Anschließend werden geforderte Rahmenbedingungen für das FDM dargestellt. Der Vergleich zwischen Soll- und Ist-Stand wird in diesem Kapitel skizziert, methodisch in der Forschungsmethodik aufgearbeitet und inhaltlich in Gänze in der Diskussion der Ergebnisse dargestellt.

Das Projekt KIOptiPack wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Der betrachtete Anwendungsfall wird unter anderem am Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion (WZL-IQS) am WZL der RWTH Aachen University bearbeitet. Dieses Umfeld gibt die Rahmenbedingungen für das FDM teilweise vor. Nachfolgend werden die Anforderungen an das FDM von BMBF, dem Projekt selbst, der Universität und dem Institut dargestellt.

Laut Förderrichtlinie des BMBFs sollen in den geförderten Vorhaben „Datenmanagementkonzepte zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und Kreislauffähigkeit von Kunststoffverpackungen“ [19] entwickelt werden. Die Projektergebnisse sollen dabei möglichst offen verbreitet werden, das heißt Publikationen sollen als Open-Access-, Quellcode und Daten unter Open-Source- beziehungsweise Open-Data-Veröffentlichungen für ein breites Publikum verfügbar sein. [19] Dies deckt sich mit der 2018 erklärten Strategie des BMBF, Open-Access als Standard in der deutschen Forschung zu etablieren[2].

Das BMBF hat bereits vor Veröffentlichung der Förderrichtlinie einen Aktionsplan zum Thema Forschungsdaten aufgestellt[3]. Dieser stuft FDM als Teil der wissenschaftlichen Arbeit explizit mit ein. Konkrete Vorgaben, wie FDM auszugestalten ist, gibt das BMBF jedoch nur für die OpenAccess, Source, und DataBereitstellung von Forschungsergebnissen. Ergänzend hierzu, allerdings nach Projektbeginn von KIOptiPack, hat das BMBF 2023 eine Zukunftsstrategie für Forschung und Innovation veröffentlicht[4]. Hierin formuliert das BMBF die Einhaltung der FAIR-Prinzipien und setzt dabei einen Schwerpunkt auf die Zugänglichkeit und Interoperabilität von Daten. Konkrete Anweisungen, wie FDM durchzuführen ist, werden jedoch auch hier nicht genannt.

Der Zuwendungsbescheid umfasst weiterhin eine Aufbewahrungsfrist von fünf Jahren nach Vorlage des Verwendungsnachweises für „alle Unterlagen, die mit der Förderung zusammenhängen“.[5] Darüber hinaus sind im Zuwendungsbescheid Zeitrahmen und Rahmenbedingungen (zum Beispiel Förderhinweis) konkret benannt. Hingegen werden digitale Open-Access Veröffentlichungen nur „nach Möglichkeit“ verlangt.

Das Verbundvorhaben beschreibt in seiner Skizze keine unmittelbare FAIRe Aufbereitung der Daten. Dem Projekt ist jedoch der Gedanke der Nachnutzung von Daten inhärent. So soll für die Wissenschaft ein „einfacherer Zugriff auf Datenmengen im industriellen Maßstab und Anlagen im Produktionsbetrieb für Forschung im Bereich Data Science“[6] ermöglicht werden. Für das persönliche Datenmanagement lassen sich jedoch in der Projektskizze keine Vorgaben finden.[6] In der Kooperationsvereinbarung ist einzig die verpflichtende Absprache der Veröffentlichung von Projektergebnissen abgestimmt.[7] In der Vorhabensbeschreibung des Projekts findet sich der FAIR Begriff. Ziel ist es einen fairen Datenraum zu schaffen. Außerdem gibt es im Verwertungsplan konkrete Erfolgsaussichten, welche auf die Nachnutzung von Projektdaten referenzieren.[1]

Das Datenmanagement an der RWTH Aachen University ist durch eine 2016 veröffentlichte Leitlinie für das FDM geregelt. Diese umfasst zehn Punkte zum FDM sowie den Hinweis, dass anderweitige Regelungen und Besonderheiten (zum Beispiel durch Fördergeber) gelten können. Außerdem sind einige Handlungsvorgaben enthalten, die zwar wenig konkret formuliert sind, aber einen festen Rahmen für das FDM vorgeben[8]. Das Update der FDM-Richtlinie der RWTH aus dem Jahr 2024[9] wird aufgrund des Zeitrahmens des Anwendungsfalls nicht betrachtet.

Am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen, im Speziellen am Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion (WZL-IQS) gibt es einige Vorgaben für das FDM. So ist die institutsinterne Speicherung von Projektdaten verpflichtend nach einer vorgegebenen Ordnerstruktur. Weiterhin ist die Veröffentlichung von Quellcode geregelt: Sofern möglich soll dieser auf einem dafür vorgesehenen GitLab der RWTH veröffentlicht werden. In dieser Hinsicht erweitert der Institutsstandard für das FDM die Leitlinien der RWTH, ist aber bezüglich durchzuführender Tätigkeiten deutlich konkreter und formulieren zum Teil eindeutige zu nutzende Lösungen.

Die genannten Vorgaben sind einzuhalten und geben eine Grundlage für die spätere Validierung des Rahmenwerks (siehe Tabelle 1 bis Tabelle 4).

---

[1] Nach nicht-öffentlicher Quelle: KIOptiPack: Vorhabenbeschreibung zur Fördermaßnahme KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Ganzheitliche KI-basierte Optimierung von Kunststoffverpackungen mit Rezyklatanteil, 2022

[2] https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/open-access/open-access_node.html

[3] https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/digitale-wirtschaft-und-gesellschaft/aktionsplan-forschungsdaten/aktionsplan-forschungsdaten_node.html

[4] https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/1/730650_Zukunftsstrategie_Forschung_und_Innovation.pdf?__blob=publicationFile&v=4

[5] Nachh nicht-öffentlicher Quelle: KIOptiPack Projektträger Jülich: Zuwendungsbescheid, 2022

[6] Nach nicht-öffentlicher Quelle: KIOptiPack: Projektskizze zur Fördermaßnahme KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen – nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Künstliche Intelligenz. Ganzheitliche KI-basierte Optimierung von Kunststoffverpackungen mit Rezyklatanteil, 2021

[7] Nach nicht-öffentlicher Quelle: KIOptiPack: Kooperationsvereinbarung für das Verbundprojekt „KIOptiPack“, 2022

[8] https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaaqwpfe

[9] https://www.rwth-aachen.de/cms/root/Forschung/Forschungsdatenmanagement/~ncfw/Leitlinie-zum-Forschungsdatenmanagement/

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

3 Forschungsmethodik

Um die Forschungsfragen zu beantworten, eignet sich die Methodik der POC-Studie. [17, 20] Nach *Mankins* kann der POC erreicht werden, wenn erstellte Konzepte zum ersten Mal validiert werden, um einerseits das entwickelte Konzept in den vorgesehenen Kontext zu setzen und andererseits die getroffenen Voraussagen zu validieren. [21] Diese Validierung wird mittels eines Demonstrators durchgeführt, welcher die einzelnen Ebenen in einer einzelnen Webanwendung zusammenfasst. Bei der Webanwendung handelt es sich um den Joint Assistant for Research in Versatile Engineering Sciences, kurz Jarves.[10] [13] Da sich der Demonstrator zur Validierung des Konzepts derzeit noch in der Alpha-Phase befindet, sind noch nicht alle Bestandteile des Konzepts enthalten. Der geführte Prozess ist als wichtigstes Element jedoch bereits vollständig im Demonstrator als Benutzendenoberfläche implementiert. Die Verwaltung von Richtlinien ist, wie die Entscheidungsunterstützung, nur als Mock-Up vorhanden. So finden sich beide in der Benutzendenoberfläche wieder, sind aber auf den Anwendungsfall angepasst und werden nicht dynamisch generiert, auch wenn der Befragte den Eindruck hatte, dass dem so sei. Die prozess- und anwendungsfallspezifische Bereitstellung von Trainingsmaterialien ist ebenfalls in der Benutzendenoberfläche vorhanden und wird für jeden Schritt dynamisch basierend auf den getroffenen Entscheidungen angepasst. Die Synchronisation verschiedener Datenquellen ist nur teilweise implementiert.

Um die unvollständige Implementierung des bestehenden Konzepts auszugleichen, wird die POC-Studie um Teile des Wizard of Oz-Ansatzes (WOz) ergänzt. Diese Methode eignet sich, wenn zentrale Bestandteile eines zu testenden Objekts fehlen und stattdessen ein Mensch die fehlenden Funktionen übernimmt. [22] Hierdurch ist es möglich, in einem System, das sich noch in der Entwicklung befindet, bereits geplante aber noch nicht implementierte Funktionen wie beispielsweise Kontextinformationen zu simulieren. [23] In diesem Sinne wird der WOz hier nach der ersten Definition von *Maulsby et al.* aus 1993 verwendet um das Konzept „eines futuristischen (aber derzeit nicht umsetzbaren) Ansatzes […] zu prüfen“ [24]. Da in der Studie das eigenständige Durchführen von FDM-Aktivitäten möglichst im alltäglichen Umfeld des normalen Forschungsalltags durchgeführt werden soll, wurde der WOz-Ansatz entsprechend angepasst. Im Vordergrund der Untersuchung steht dabei explizit nicht die Interaktion zwischen Menschen und Maschine, sondern die Anwendung des entwickelten Rahmenwerks ohne Unterstützung im FDM durch Fachpersonal. Um dies zu simulieren, bestünden neben der Anwendung des Demonstrators als Webanwendung auch andere Möglichkeiten, beispielsweise durch die Bereitstellung eines FDM-Handbuchs oder eines konkreten Leitfadens. Dies würde jedoch die unmittelbare Bereitstellung von Informationen sowie die Synchronisation verschiedener Datenquellen unterbinden und somit Teile des zu validierenden Konzepts außen vor lassen.

4 Durchführung

Aus diesem Grund wurde der Befragte vor Durchführung der Studie darüber aufgeklärt, dass der Versuch als WOz-Studie durchgeführt wird und auch über die Gründe hierfür in Kenntnis gesetzt. Die Grundlagen des Studiendesigns nach WOz bleiben jedoch bestehen. Als nächstes wurde eine leitfadengestützte Vorbefragung mittels eines problemzentrierten Interviews durchgeführt, um den aktuellen Stand des FDMs im untersuchten Anwendungsfall des Projekts zu erfassen. Entsprechend der Werke von *Döringer* [25], *Grillitsch* und *Sotarauta* [26] und *Witzel* [27] folgte die Vorbefragung einem Leitfaden und forderte den Befragten dazu auf, den aktuellen Stand seines FDMs offenzulegen.

Anschließend wurde dem Befragten der Auftrag gegeben, für den Anwendungsfall im Forschungsprojekt seine Forschungsdaten entsprechend der Förderrichtlinien und der Vorgaben seiner Forschungseinrichtung zu managen. Hierzu wendete er das Rahmenwerks in Form des Demonstrators an. Dies sollte sowohl die Vorbereitung des FDMs als auch das Management aller bereits erhobenen Daten umfassen. Da es sich um ein laufendes Forschungsprojekt handelt, sollte der Abschluss (siehe Bild 2 oben rechts) nur exemplarisch durchgeführt werden, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Außerdem wurde der Publikationsprozess nicht betrachtet.

Nach der Anwendung der Nutzung des Demonstrators wurde der Befragte erneut zu dem Stand seines FDMs befragt. Dabei wurde vor allem auf Änderungen zum vorherigen Stand eingegangen. Außerdem wurde Feedback zum Rahmenwerk in Form einer SWOT-Analyse (Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats) eingeholt. Hiermit sollte der Befragte niederschwellig dazu angeregt werden, Informationen zu den Forschungsfragen 2. und 3. zu liefern und das Konzept des Rahmenwerks bezüglich seiner Vor- und Nachteile zu bewerten. Während der gesamten Erhebung wurde ein Protokoll geführt, welches durch Audioaufnahmen während der Befragung gestützt wurde. Das Protokoll beziehungsweise der Leitfaden kann auch für weitere, ähnlich geführte Studien, genutzt werden. Letzteres wird in Zukunft zu einer breiteren Validierung des Rahmenwerks genutzt werden, um die Limitierung durch die geringe Stichprobengröße auszugleichen.

Nach der Versuchsdurchführung wurden die Protokolle der Befragungen vor und nach der Anwendung des Rahmenwerks mit den Vorgaben für das FDM verglichen. Hieraus wurde abgeleitet, ob und in welchen Bereichen Verbesserungen im FDM zu verzeichnen sind. Die SWOT-Analyse wurde separat betrachtet um die Wirkung des Rahmenwerks auf den Forschenden zu beurteilen. So sollen vor allem Schwachstellen des Rahmenwerks aus Sicht der Forschenden identifiziert werden können.

5 Diskussion der Ergebnisse

Um zu evaluieren, ob das Rahmenwerk zur Unterstützung des FDMs in der projektbasierten Forschung der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften geeignet ist, wird zunächst ermittelt, inwiefern eine bessere Einhaltung der bestehenden Rahmenbedingungen für das FDM durch Anwendung des Rahmenwerks erzielt wurde. Die bestehenden Vorgaben des BMBFs, des Projektkonsortiums, der RWTH Aachen und des WZL-IQS werden daher vor und nach Anwendung des Rahmenwerks dokumentiert und anschließend verglichen. In einem weiteren Schritt wird anhand der FAIR-Prinzipien bewertet, inwieweit freiwillige FDM-Aktivitäten durchgeführt wurden, die das FDM weiter verbessert haben.

Die Rahmenbedingungen durch das BMBF sind in **Tabelle 1** dokumentiert. Während Open-Access Publikationen und Aufbe-

[10] https://jarves.nfdi4ing.de/

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

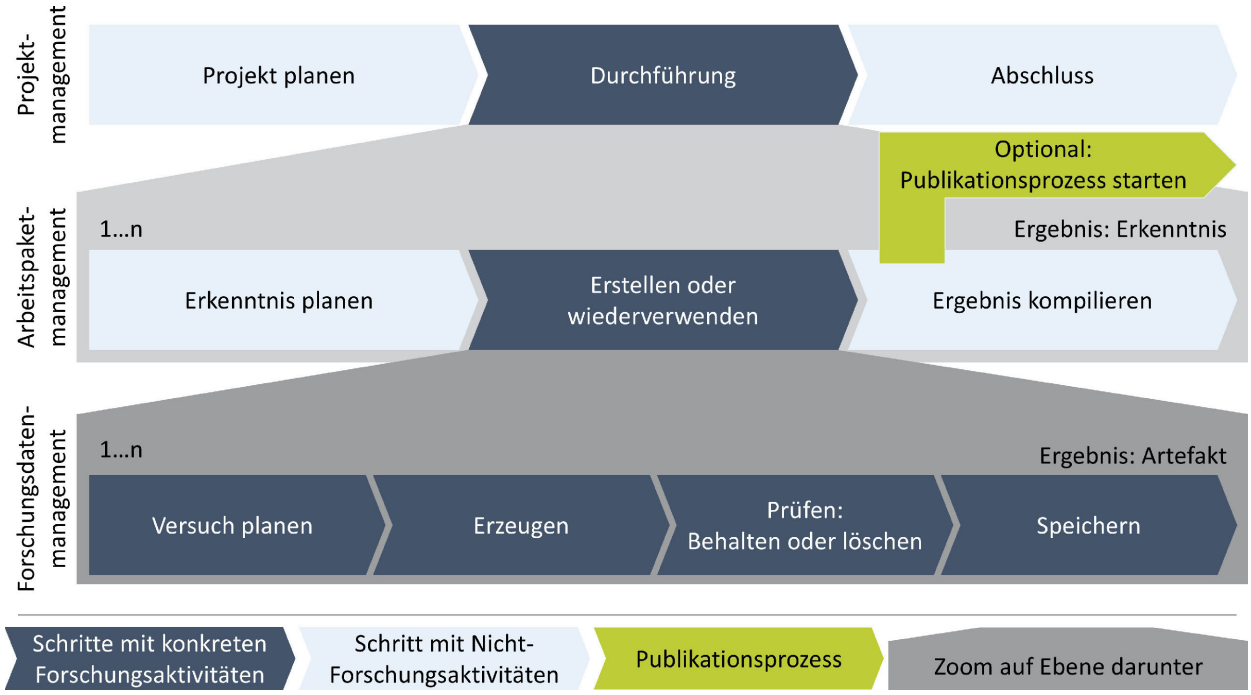

Bild 2. Der FDM-Prozess nach *Hamann et al.*, vgl. [15].

Tabelle 1. Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM durch den Fördergeber [2,3,4,5,7] [19].

Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM	Eingehalten (Vorher)	Eingehalten (Nachher)	Verbesserung
Nach Möglichkeit Open-Access Publikationen	Geplant	Geplant	Nein
Nach Möglichkeit Open-Source Quellcode	Nein	Geplant	Ja
Nach Möglichkeit Open-Data Datenbereitstellung	Nein	Geplant	Ja
Aufbewahrung der Daten von mindesten 5 Jahren nach Vorlage des Verwendungsnachweises	Ja, 10 Jahre	Ja, 10 Jahre	Nein

Tabelle 2. Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM im Projekt [1,5,6,7].

Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM	**Eingehalten (Vorher)**	**Eingehalten (Nachher)**	**Verbesserung**
Veröffentlichung von Projekt-ergebnissen muss in Absprache mit den Partnern erfolgen	Ja	Ja	Nein

wahrungsfristen bekannt und geplant waren, fehlte dem Befragten das Wissen über die Möglichkeiten und Vorgehensweisen bei der Veröffentlichung von Software und Daten. Der Befragte äußerte in der Vorbefragung Bedenken bezüglich Datenmissbrauchs in Folge einer Datenveröffentlichung, was eine wiederkehrende Sorge unter Forschenden der Ingenieur:innenwissenschaften ist. [15, 28] Diese Sorge konnte durch die Anwendung des Rahmenwerks ausgeräumt werden. Bezüglich der Bereitschaft zur Veröffentlichung von Software und Daten lässt sich eine Verbesserung durch Anwendung des Rahmenwerks beobachten. Im Kontext der Untersuchung war die Veröffentlichung von Software und Daten zwar nicht möglich, wurde aber von dem Befragten geplant.

Seitens des Konsortiums gibt es weder in der Projektskizze, der Vorhabensbeschreibung oder der Kooperationsvereinbarung Vorgaben für das FDM.[1,5,6,7] [16] Lediglich die Absprache der Veröffentlichung von Projektergebnissen ist geregelt. **Tabelle 2** fällt dementsprechend kurz aus. Eine Verbesserung des FDMs hinsichtlich FAIR ist hier nur auf freiwilliger Basis möglich.

Tabelle 3 zeigt die Verbesserungen des FDMs in Hinsicht auf die Vorgaben der RWTH Aachen. Diese wurden vor Anwendung

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Tabelle 3. Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM durch die RWTH Aachen University.[11]

Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM	Eingehalten (Vorher)	Eingehalten (Nachher)	Verbesserung
Einhaltung guter wissenschaftlicher Praxis	Ja, aber nicht bewusst	Ja	Ja
Einhaltung der Fachstandards	Ja, aber nicht bewusst	Ja, aber nicht bewusst	Nein
Sicherstellung der Korrektheit erhobener Daten	Ja	Ja	Nein
Einhaltung getroffener Regelungen	Ja	Ja	Nein
Anfertigung eines DMPs inkl. Beschreibung von Zugangsrechten und -vorbehalten	Nein	Ja	Ja
Speicherung und Archivierung von Forschungsdaten	Ja, 10 Jahre	Ja, 10 Jahre, nach FAIR-Prinzipien	Ja
Freie Verfügbarkeit von Daten für wissenschaftliche Zwecke	Nein	Geplant	Ja
Optional: Nutzung der RWTH-Forschungs-dateninfrastruktur	GitLab	GitLab RDMO Coscine	Ja

Tabelle 4. Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM durch das WZL-IQS.

Bestehende Rahmenbedingungen für das FDM	Eingehalten (Vorher)	Eingehalten (Nachher)	Verbesserung
Einhaltung einer vorgegebenen Projektordnerstruktur	Ja	Ja	Nein
Wenn möglich Veröffentlichung von Quellcode auf speziellem GitLab	Nein, anderes GitLab	Nein, anderes GitLab	Nein
Verwendung möglichst offener Lizenzen für Veröffentlichungen, Daten und Quellcode	Nein, Lizenzen unbekannt	Ja	Ja

des Rahmenwerks nur teilweise eingehalten. Der Befragte war sich der Grundlagen der guten wissenschaftlichen Praxis ebenso bewusst wie geltenden Fachstandards. Nach Anwendung des Rahmenwerks verbesserte sich die gute wissenschaftlich Praxis, insbesondere hinsichtlich der „Nachvollziehbarkeit [und] Anschlussfähigkeit der Forschung und Nachnutzbarkeit [… entsprechend] den FAIR-Prinzipien“ [29]. Hierzu zählt auch die Dokumentation des Forschungsvorhabens in einem Datenmanagementplan (DMP). Ein DMP wurde im untersuchten Anwendungsfall vor Anwendung des Rahmenwerks nicht angefertigt. Nach der Anwendung liegt ein DMP vor, was eine signifikante Verbesserung darstellt. Außerdem wurde dem Befragten durch die Anwendung des Rahmenwerks die Angebote der RWTH-Forschungsdateninfrastruktur aufgezeigt. Diese Angebote waren dem Befragten vorher nicht oder nur namentlich bekannt. Nach der Nutzung der Angebote plante der Befragte die regelmäßige Nutzung dieser. Besonders positiv ist dabei Coscine durch seine Anwendbarkeit bei der Datenspeicherung unter Berücksichtigung der FAIR-Prinzipien aufgefallen. Coscine ist eine FDM-Plattform, welche in der Lage ist, Forschungsdaten zusammen mit zugehörigen Metadaten als FAIR Digital Object abzuspeichern. [30]

Bei den institutsinternen Vorgaben (siehe **Tabelle 4**) ist die größte Verbesserung in der Nutzung von Lizenzen zu beobachten. Während der Zugriff auf die auf Coscine abgelegten Daten beschränkt ist, sind doch für alle Datensätze Lizenzen vergeben worden. Somit ist die Nachnutzung aller abgespeicherten Daten geregelt. Die Verwaltung von Quellcode konnte entsprechend den Vorgaben des Instituts nicht verbessert werden. Teilweise ist dies dadurch bedingt, dass im Anwendungsfall bereits eine andere GitLab-Instanz genutzt wurde. Außerdem ist die Verwaltung von Quellcode im Rahmenwerk zwar abbildbar, jedoch sollten die Arbeitsabläufe im Arbeiten mit Git und dessen Vorteile noch klarer herausgestellt werden.

Abschließend soll das FDM im untersuchten Anwendungsfall vorher und nachher mit den FAIR-Prinzipien abgeglichen wer-

[11] https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaaqwpfe

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Tabelle 5. Die FAIR-Prinzipien im Kontext des untersuchten Anwendungsfalls.

FAIR im Kontext des untersuchten Arbeitspakets	Eingehalten (Vorher)	Eingehalten (Nachher)
Bekanntheit von FAIR	Namentlich und teilweise inhaltlich	Ja
Anwendung von FAIR	Nein	Ja
Teilen von Daten nach FAIR-Prinzipien	Nein	Geplant
Überprüfung archivierter Daten auf FAIRness	Nein	Geplant

den. Da FAIRe Daten eine „Voraussetzung für die Entdeckung von Wissen und Innovation“ [14] darstellen, bieten sie einen guten Anhaltspunkt für die Evaluation des Erfolgs des Rahmenwerks. Daher finden sich in **Tabelle 5** zunächst das Wissen und die genannte Anwendung der FAIR-Prinzipien im betrachteten Anwendungsfall. Diese hat sich nach der Anwendung des Rahmenwerks deutlich verbessert. Auf Nachfrage, woher die Motivation stamme, sich nun mit den FAIR-Prinzipien zu beschäftigen, antwortete der Befragte, dass das Thema bisher nur seine Aufmerksamkeit gestreift habe. Nach der Beschäftigung mit dem Thema sei er sich der Wichtigkeit des Themas nun deutlich bewusster und möchte FDM aktiv in seinen Alltag integrieren.

Die 15 einzelnen Aspekte von FAIR nach *Wilkinson et al.* [14] lassen sich darüber hinaus klar bestimmen und zwischen den Zeitpunkten vor und nach der Anwendung des Rahmenwerks vergleichen. In **Tabelle 6** ist diese Entwicklung dargestellt. Viele der Verbesserungen, die erreicht wurden, konnten durch die Verwendung von Coscine erreicht werden. Coscine selbst orientiert sich an den FAIR-Prinzipien und unterstützt hierdurch die Einhaltung dieser.

Bei der Anwendung des Rahmenwerks wurde die Erstellung von Projekten und Ressourcen sowie der Datenupload mittels der WOz-Methode dem Befragten gegenüber als teilautomatisiert dargestellt. Er wurde ebenfalls in der Auswahl von Metadatenprofilen und Lizenzen für seine Daten unterstützt. So wurde die Auswahl von Daten und deren Speicherung nach den FAIR-Prinzipien erleichtert.

Tabelle 6 zeigt jedoch auch auf, dass nicht bei allen Prinzipien eine Verbesserung erreicht werden konnte. Hauptgrund hierfür ist die Auswahl des gewählten Metadatenprofils in Coscine, welches nur grundlegende Informationen, aber weder den persistenten Identifier (PID) (siehe F3.) noch die Provenienz (siehe R1.2.) enthält. Diese sind jedoch in Coscine enthalten und über die Coscine-API abrufbar. Nicht enthalten sind domänenrelevante Gemeinschaftsstandards (R1.3.). Auch die Beschreibung der Daten mit einer „Vielzahl von genauen und relevanten Attributen“ [14] ist mit dem genutzten Metadatenprofil nicht gegeben. Die Wahl eines anderen Profils hätte die Qualität des FDMs weiter verbessern können.

Grund für die Wahl des Profils ist die Vereinfachung der Anreicherung der Daten mit Metadaten. In dieser POC-Studie sollte nachgewiesen werden, ob das konzipierte Rahmenwerk für das FDM in der projektbasierten Forschung der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften geeignet ist. Dabei geht es nicht darum, den „Gold-Standard“ zu etablieren. Vielmehr ist die genauere Ausgestaltung des Rahmenwerks die Aufgabe weiterer Forschung.

Schlussendlich war auch eine SWOT-Analyse teil der Untersuchung. Als Stärken wurden vor allem der intuitive Prozess und seine Unterteilung in eindeutige Schritte mit klaren Anweisungen genannt. Als Schwächen wurde ebenfalls das Thema Metadaten aufgegriffen. Hier wünschte sich der Befragte weiterführende Informationen, beispielsweise wie Metadaten weiterverwendet werden könnten. Ein Überblick über den Prozess zu Beginn wurde ebenso gewünscht wie weitere erklärende Texte, um ein besseres Verständnis über Zusammenhänge zu erlangen. Als Chancen wurde die Verwendung des Rahmenwerks für die Industrie, die Integration von „Frequently Asked Questions“ sowie die weitere Automatisierung angedacht. Ein Risiko für das Rahmenwerk sieht der Befragte im weiteren Ausbau des Rahmenwerks. Bei der Einbindung weiterer Tools und Möglichkeiten könnte die Übersichtlichkeit verringert werden und die derzeit gute Anwendbarkeit verloren gehen.

6 Limitationen

Bei der Durchführung dieser einzelnen POC-Studie liegen methodische und inhaltliche Limitationen vor. Einerseits ist der Umfang der Studie mit einer Stichprobengröße von einem Anwendungsfall sehr gering. Andererseits wurde der Interviewleitfaden nicht vollumfänglich vorab getestet, sondern nur von einem Experten für qualitative Befragungen überprüft. Bei der Durchführung des Interviews ergaben sich jedoch keine Probleme bezüglich des Leitfadens, was darauf schließen lässt, dass die Anwendbarkeit des selben hinreichend ist. Inhaltlich besteht die Limitation, dass der Projektabschluss ohne Anspruch auf Vollständigkeit nur exemplarisch durchgeführt wurde. Bei einer realen Durchführung könnte es zu weiteren Kritikpunkten oder Anpassungsbedarfen kommen. Hier wird weitere Forschung benötigt, für den diese Erhebung als guter Ausgangspunkt gesehen werden kann um im selben Stil mehr Anwendungsfälle auf die gleiche Weise zu beleuchten.[12]

7 Fazit und Ausblick

Das Rahmenwerk zur Unterstützung des FDM in den Ingenieur:innenwissenschaften wurde in diesem Artikel erstmalig validiert. Untersucht wurde, ob das entwickelte Rahmenwerk zur Unterstützung des FDMs in der projektbasierten Forschung der deutschen Ingenieur:innenwissenschaften geeignet ist, welche

[12] Zugehörige Forschungsdaten sind unter https://doi.org/10.5281/zenodo.14205126

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Tabelle 6. Die 15 FAIR-Prinzipien im Kontext des untersuchten Anwendungsfalls nach *Wilkinson et al.* [14]

FAIR-Prinzipien nach *Wilkinson et al. [13]*	Eingehalten (Vorher)	Eingehalten (Nachher)	Verbesserung
F1. (Meta-)Daten werden mit einem global eindeutigen und persistenten Identifier versehen	Nein	Ja	Ja
F2. Daten sind mit umfangreichen Metadaten beschrieben (definiert durch R1 unten)	Nein	Teilweise	Ja
F3. Metadaten enthalten eindeutig und explizit den Identifikator der Daten, die sie beschreiben	Nein	Ja, aber versteckt	Ja
F4. (Meta-)Daten sind in einer durchsuchbaren Ressource registriert oder indiziert	Nein	Ja	Ja
A1. (Meta-)Daten sind anhand ihrer Kennung unter Verwendung eines standardisierten Kommunikations-protokolls abrufbar	Nein	Ja	Ja
A1.1 das Protokoll ist offen, frei und universell implementierbar	Nein	Ja	Ja
A1.2 das Protokoll ermöglicht ein Authentifizierungs- und Autorisierungs-verfahren, sofern erforderlich	Nein	Ja	Ja
A2. die Metadaten sind zugänglich, auch wenn die Daten nicht mehr verfügbar sind	Nein	Ja	Ja
I1. (Meta-)Daten verwenden eine formale, zugängliche, gemeinsame und breit anwendbare Sprache zur Wissensdarstellung.	Teilweise inhaltlich	Teilweise inhaltlich und durch Metadaten	Ja
I2. (Meta-)Daten verwenden Vokabulare, die den FAIR-Grundsätzen folgen	Nein	Teilweise	Ja
I3. (Meta)daten enthalten qualifizierte Verweise auf andere (Meta)daten	Nein	Nein	Ja
R1. Meta(daten) sind mit einer Vielzahl von genauen und relevanten Attributen reichhaltig beschrieben	Teilweise in Daten	Teilweise in Daten und Metadaten	Ja
R1.1. (Meta)daten werden mit einer klaren und zugänglichen Datennutzungslizenz freigegeben	Nein	Ja	Ja
R1.2. (Meta)daten sind mit einer detaillierten Provenienz verbunden	Nein	Ja, aber versteckt	Ja
R1.3. (Meta)daten erfüllen domänen-relevante Gemeinschaftsstandards	Nein	Nein	Nein

Vorteile es gegenüber FDM ohne Nutzung des Rahmenwerks bietet und welche Schwachstellen bei dem Rahmenwerk noch existieren.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass das Rahmenwerk generell geeignet zur Unterstützung des FDMs in den Ingenieur:innenwissenschaften ist. Sowohl die Einhaltung der Vorgaben für das untersuchte Forschungsprojekt bzw. den Anwendungsfall als auch die Anwendung der FAIR-Prinzipien wurden verbessert. Darüber hinaus plant der Befragte die Anwendung der erlernten Abläufe, Grundsätze und Tools auch über das untersuchte Projekt hinaus.

Die Schwachstellen lassen sich aus der Untersuchung auf drei Hauptkritikpunkte zurückführen. Einerseits ist die Berücksichtigung von in der Forschung entstehendem Quellcode noch nicht vollumfänglich genug, um Forschenden hierbei hinreichende

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

Unterstützung zu geben. Andererseits ist bei der Erfassung von Metadaten auf die Balance zwischen einer reichhaltigen Beschreibung durch eine Vielzahl von genauen und relevanten Attributen und einer einfachen Anwendbarkeit zu achten. Außerdem sollten weitere Kontextinformationen zur Verfügung stehen, beispielsweise in Form von Hinweistexten oder FAQs.

Während gezeigt werden konnte, dass das FDM sowohl bezüglich der Vorgaben als auch bezüglich Best Practices im FDM durch Rahmenwerke mit Entscheidungsunterstützung verbessert werden kann, kann gleichzeitig das bestehende Rahmenwerk weiter verbessert werden. Ein erster Anhaltspunkt hierfür wurde mit dieser POC-Studie gesetzt. In zukünftigen Arbeiten muss die Validierung, sowohl des unterliegenden Prozesses als auch des Rahmenwerks als Ganzem, vertieft werden.

FÖRDERHINWEIS

Die Autoren danken der Bundesregierung und den Regierungschefs der Länder sowie der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) für die Förderung und Unterstützung im Rahmen des NFDI4Ing-Konsortiums. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - Projektnummer 442146713.

Die Autoren danken außerdem dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung des Anwendungsfalls dieser Publikation. Dieser ist Teil des Projekts „KIOptiPack - Ganzheitliche KI-basierte Optimierung von Kunststoffverpackungen mit Rezyklatanteil“ (Förderkennzeichen: 033K1115), gefördert durch das BMBF.

Literatur

[1] Dogru, A. K.; Keskin, B. B.: AI in operations management: applications, challenges and opportunities. Journal of Data, Information and Management 2 (2020) 2, S. 67–74

[2] Bell, G.; Hey, T.; Szalay, A.: Computer science. Beyond the data deluge. Science (New York, N.Y.) 323 (2009) 5919, pp. 1297–1298

[3] Hey, T.; Trefethen, A.: The Data Deluge: An e-Science Perspective. Wiley Series in Communications Networking & Distributed Systems, S. 809–824. John Wiley & Sons, Ltd 11 March 2003

[4] Williams, D.; Tang, H.: Data quality management for industry 4.0: A survey. 2020

[5] Roh, Y.; Heo, G.; Whang, S. E.: A Survey on Data Collection for Machine Learning: A Big Data - AI Integration Perspective. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 33 (2021) 4, S. 1328–1347

[6] Kumar, N.; Kumar, G.; Singh, R. K.: Big data analytics application for sustainable manufacturing operations: analysis of strategic factors. Clean Technologies and Environmental Policy 23 (2021) 3, S. 965–989

[7] Sarker, M. N. I.; Peng, Y.; Yiran, C. et al.: Disaster resilience through big data: Way to environmental sustainability. International Journal of Disaster Risk Reduction 51 (2020), S. 101769

[8] Krull, W.; Tepperwien, A.: Neue Herausforderungen für die öffentliche und private Forschungsförderung. In: Simon, D.; Knie, A.; Hornbostel, S. et al. (Hrsg.): Handbuch Wissenschaftspolitik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden 2016, S. 447–463

[9] Gregory, K.; Khalsa, S. J.; Michener, W. K. et al.: Eleven quick tips for finding research data. PLoS computational biology 14 (2018) 4, e1006038

[10] Higgins, S.: The DCC Curation Lifecycle Model. International Journal of Digital Curation 3 (2008) 1, S. 134–140

[11] Rodriguez, J.-M.: Aktuelle Softwareplattformen für Forschungsdatenrepositorien auf dem Prüfstand. ABI Technik 39 (2019) 1, S. 23–25

[12] Koalitionsvertrag 2021 – 2025: Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, 2021

[13] Hamann, T.: Demonstration: Solving Archetype Frank's Challenges - Introducing Jarves, 2024

[14] Wilkinson, M. D.; Dumontier, M.; Aalbersberg, I. J. J. et al.: The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data 3 (2016) 1, p. 160018

[15] Hamann, T.; Robrecht, M.; Wawer, M. L. et al.: Matching Data Life Cycle and Research Processes in Engineering Sciences. ing.grid preprints (2024)

[16] BenMahmoud-Jouini, S.; Midler, C.: Unpacking the notion of prototype archetypes in the early phase of an innovation process. Creativity and Innovation Management 29 (2020) 1, S. 49–71

[17] Jobin, C.; Hooge, S.; Le Masson, P.: What does the proof-of-concept (POC) really prove? A historical perspective and a cross-domain analytical study. 2020

[18] Gaia-X: Gaia-x Architecture Document. 22.04 Release, Brussels, 2021

[19] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen. nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Künstliche Intelligenz“ im Rahmen der KI-Strategie der Bundesregierung und der Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)“, 2021

[20] Sadin, S. R.; Povinelli, F. P.; Rosen, R.: The NASA technology push towards future space mission systems. Acta Astronautica 20 (1989), S. 73–77

[21] Mankins, J.: Technology Readiness Level – A White Paper (1995)

[22] Porcheron, M.; Fischer, J. E.; Reeves, S.: Pulling Back the Curtain on the Wizards of Oz. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction 4 (2021) CSCW3, S. 1–22

[23] Dow, S.; MacIntyre, B.; Lee, J. et al.: Wizard of Oz Support throughout an Iterative Design Process. IEEE Pervasive Computing 4 (2005) 4, S. 18–26

[24] Maulsby, D.; Greenberg, S.; Mander, R.: Prototyping an intelligent agent through Wizard of Oz. the SIGCHI conference, Amsterdam, The Netherlands, 1993, S. 277–284

[25] Döringer, S.: 'The problem-centred expert interview'. Combining qualitative interviewing approaches for investigating implicit expert knowledge. International Journal of Social Research Methodology 24 (2021) 3, S. 265–278

[26] Grillitsch, M.; Sotarauta, M.: Trinity of change agency, regional development paths and opportunity spaces. Progress in Human Geography 44 (2020) 4, S. 704–723

[27] Witzel, A.; Reiter, H.: The problem-centred interview. SAGE 2012

[28] Hamann, T.; Metzmacher, A.; Mund, P. et al.: A survey on the dissemination and usage of research data management and related tools in German engineering sciences. ing.grid preprints (2024)

[29] Deutsche Forschungsgemeinschaft: Guidelines for Safeguarding Good Research Practice. Code of Conduct, 2022

[30] Lang, I.; Nellesen, M.; Politze, M.: RDM Platform Coscine - FAIR play integrated right from the start. ing.grid 2 (2024)

Tobias Hamann, M.Sc.
tobias.hamann@wzl-iqs.rwth-aachen.de
Tel. +49 241 80-25855

Constantinos Florides, M.Sc.

Dr.-Ing. Anas Abdelrazeq

Prof. Dr.-Ing. Robert H. Schmitt

WZL | RWTH Aachen University
| Intelligence in Quality Sensing (IQS)
Lehrstuhl für Informations-, Qualitäts- und Sensorsysteme in der Produktion
Campus-Boulevard 30, 52074 Aachen
www.wzl.rwth-aachen.de

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

LIZENZ

Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2024-11-12-57 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -