

Bausteine Forschungsdatenmanagement
Empfehlungen und Erfahrungsberichte für die Praxis von
Forschungsdatenmanagerinnen und -managern

**Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur für die
Ingenieurwissenschaften**

(NFDI4Ing)^{i,ii}

Torsten Bronger

Évariste Demandt

Ina Heine

Angelina Kraft

Nils Preuß

Annett Schwarz

2021

Zitiervorschlag

Bronger, Torsten, Demandt, Évariste, Heine, Ina, Kraft, Angelina, Preuß, Nils und Annett Schwarz. 2021. Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur für die Ingenieurwissenschaften (NFDI4Ing). *Bausteine Forschungsdatenmanagement. Empfehlungen und Erfahrungsberichte für die Praxis von Forschungsdatenmanagerinnen und -managern* Nr. 2/2021: S. 110-123. DOI: [10.17192.bfdm.2021.2.8329](https://doi.org/10.17192.bfdm.2021.2.8329).

Dieser Beitrag steht unter einer
[Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ⁱTorsten Bronger (ORCID: [0000-0002-5174-6684](https://orcid.org/0000-0002-5174-6684)), Évariste Demandt (ORCID: [0000-0002-5705-0071](https://orcid.org/0000-0002-5705-0071)), Ina Heine (ORCID: [0000-0002-9627-6591](https://orcid.org/0000-0002-9627-6591)), Angelina Kraft (ORCID: [0000-0002-6454-335X](https://orcid.org/0000-0002-6454-335X)), Nils Preuß (ORCID: [0000-0002-6793-8533](https://orcid.org/0000-0002-6793-8533)), Annett Schwarz (ORCID: [0000-0002-6860-4674](https://orcid.org/0000-0002-6860-4674)).

ⁱⁱFolgende Kontribuierende haben die Erstellung des Beitrags mit Kommentaren und Formulierungsvorschlägen unterstützt: Amelie Metzmacher (ORCID: [0000-0002-5490-5265](https://orcid.org/0000-0002-5490-5265)), Matthias S. Müller (ORCID: [0000-0003-2545-5258](https://orcid.org/0000-0003-2545-5258)), Peter F. Pelz (ORCID: [0000-0002-0195-627X](https://orcid.org/0000-0002-0195-627X)), Robert H. Schmitt (ORCID: [0000-0002-0011-5962](https://orcid.org/0000-0002-0011-5962)), Thorsten Schwetje (ORCID: [0000-0001-5030-6110](https://orcid.org/0000-0001-5030-6110)), Irina Sens (ORCID: [0000-0001-9190-8628](https://orcid.org/0000-0001-9190-8628)), Achim Streit (ORCID: [0000-0002-5065-469X](https://orcid.org/0000-0002-5065-469X)).

1 Zusammenfassung

Das Konsortium NFDI4Ing wurde 2017 gegründet und legt einen Schwerpunkt seiner Arbeit auf die Nachnutzbarkeit von ingenieurwissenschaftlich erzeugten Daten. Es zeichnet sich durch das Konzept der Archetypen aus, die jeweils repräsentativ für die verschiedenen ingenieurrelevanten Forschungsmethoden sind. Die Use Cases bzw. konkreten Anwendungsfälle dieser Archetypen werden zusammen mit Nutzenden aus den Ingenieurwissenschaften kontinuierlich ausgebaut. Dieser Beitrag stellt die Angebote des Konsortiums für die Nutzenden dar. Insgesamt dient NFDI4Ing den Nutzenden mit drei Community-bezogenen Schwerpunkten: Förderung von Datenkompetenz durch Aus- und Weiterbildung, Förderung von technologischen Lösungen und Methoden sowie Förderung von Data Governance und Datenkuration.

2 Einleitung

Ingenieur:innen arbeiten mit lösungsorientiertem Fokus an zeitkritischen, gesellschaftlich relevanten Fragestellungen. Ein hoher Anteil an Drittmittelprojekten und die Nähe zur Industrie bringen die Bedürfnisse externer Stakeholder und damit besondere Ansprüche in das ingenieurwissenschaftliche Forschungsdatenmanagement (FDM). Auf der Ebene von Teildisziplinen ist die ingenieurwissenschaftliche Forschung mit ihren fünf Fachgebieten durch eine hohe Diversität und Heterogenität geprägt. Auf Ebene der verwendeten Forschungsmethoden und -prozesse hingegen sind starke fachübergreifende Gemeinsamkeiten zu erkennen. Von dieser Beobachtung ausgehend hat NFDI4Ing bereits ab 2017 in einem deutschlandweiten Bottom-up-Prozess¹ sieben strukturgebende Elemente eingeführt, die für Klassen von ingenieurwissenschaftlichen FDM-Problemstellungen stehen, die sogenannten Archetypen. Archetypen decken spezifische, datengenerierende Ingenieurtätigkeiten ab, zum Beispiel „die Ingenieurin ALEX, die ein System mit Hilfe maßgeschneiderter Werkzeuge untersucht“, „die Ingenieurin BETTY, die autodidaktisch Software entwickelt“ oder „der Ingenieur GOLO, der Felddaten erhebt und mit ihnen arbeitet“. Für jeden dieser ingenieurspezifischen Archetypen entwickelt das Konsortium NFDI4Ing in den gleichnamigen Arbeitsgruppen (Task Areas) ALEX-GOLO Lösungen. Eine Übersicht dieser inhaltlichen Struktur ist [Abbildung 1](#) zu entnehmen. Mit dem Ansatz der Archetypen ist das Arbeitsprogramm von NFDI4Ing modular und ausgeprägt methodenorientiert. Darüber hinaus stellt die übergreifende Arbeitsgruppe der BASE SERVICES skalierbare Anwendungen für das FDM zentral zur Verfügung und stellt sicher, dass das Arbeitsprogramm von NFDI4Ing hochintegriert bleibt.

¹In dem Prozess wurde basierend auf 17 ganztägigen Workshops und 15 einstündigen Interviews mit Vertreter:innen der DFG-Fachgebiete 41-45 eine morphologische Analyse vorgenommen; siehe den Antrag Robert H. Schmitt et al., *NFDI4Ing - the National Research Data Infrastructure for Engineering Sciences* (25. September 2020), Kapitel 1.2, <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4015201>.

Der Austausch mit den Nutzenden wird durch die Arbeitsgruppe der COMMUNITY CLUSTERS umgesetzt, die entlang der Fachsystematik der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) organisiert ist. Ziel der COMMUNITY CLUSTERS ist es, Forschungsdaten als wertvolles und anerkanntes Ergebnis in der ingenieurwissenschaftlichen Community zu etablieren und damit einen Kulturwandel voranzutreiben.

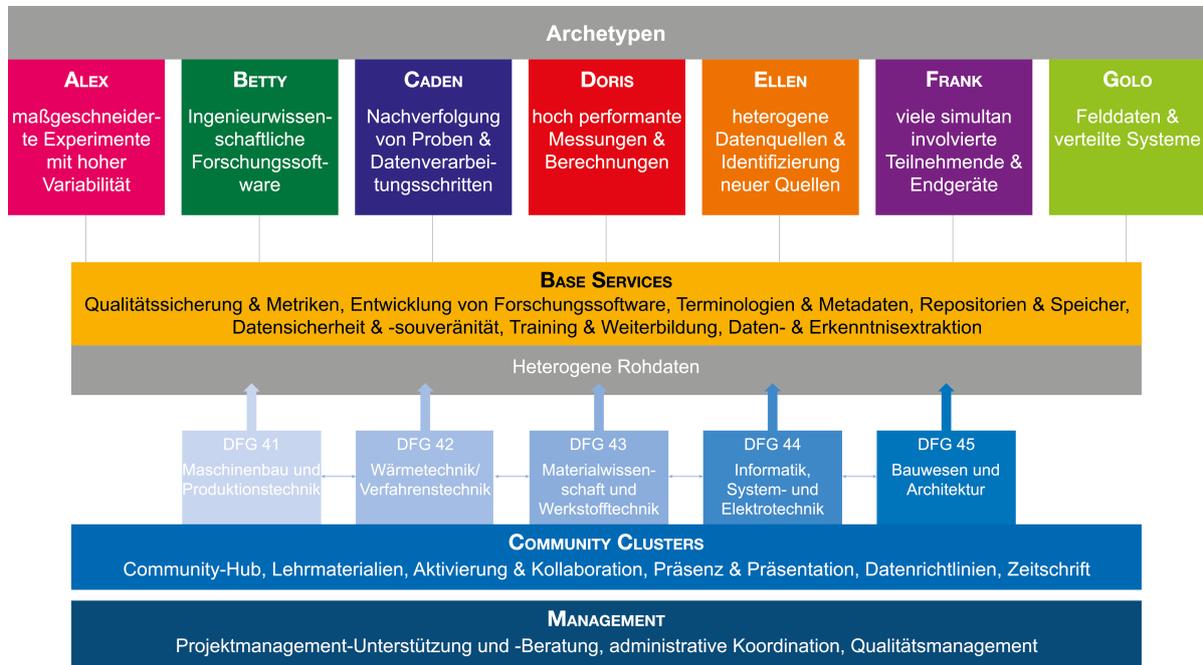


Abbildung 1: Übersicht über die zehn Arbeitsgruppen (Task Areas) von NFDI4Ing. Arbeitsgruppennamen sind in Kapitälchen gesetzt.

3 Ziele des Konsortiums

NFDI4Ing hat sich im Konsortialantrag² auf acht Ziele verständigt, um Forschungsdaten in den Ingenieurwissenschaften FAIR zu machen – auffindbar, zugänglich, interoperabel und nachnutzbar.³ Die Ziele sind von übergreifender Relevanz und werden von allen Arbeitsgruppen verfolgt.

1. Wissenschaftler:innen – auch außerhalb der Ingenieurwissenschaften – können alle Schritte der ingenieurwissenschaftlichen Forschungsarbeit nachvollziehen und reproduzieren. Dadurch wird die soziale Akzeptanz ingenieurwissenschaftlicher Arbeit erhöht, das Vertrauen in ingenieurwissenschaftliche Forschungsergebnisse untermauert und redundante Studien vermieden.

²Robert H. Schmitt et al., *NFDI4Ing*.

³Mark D. Wilkinson et al., „The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship“, *Scientific Data* 3, Nr. 1 (Dezember 2016): 160018, <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.

2. Ingenieur:innen entwickeln nicht nur Forschungssoftware, sondern ermöglichen auch die Nachweisführung über deren Validierung und Qualitätssicherung. Forschungssoftware wird damit zu einem integralen Bestandteil von Forschungsdaten.
3. Beim Erheben von Daten wird der manuelle Arbeitsaufwand für das Einpflegen von Metadaten und Verweisen reduziert. Dadurch wird die Interpretationsgrundlage von Datenbeständen gesichert und eine spätere Wiederverwendung, gerade auch in neuen Zusammenhängen, ermöglicht.
4. Es wird ein Kulturwandel hin zu der breiten Nutzung von Repositorien angestrebt. Der gemeinsame, institutionen- und fächerübergreifende Zugang zu teilweise enormen Datenmengen wird erleichtert. Dafür werden offene Metadatenstandards entwickelt.
5. Die kollaborative Arbeit mit Forschungsdaten wird von Maßnahmen flankiert, die ein von der Community akzeptiertes Zugriffs- und Rechtemanagement etablieren. Gerade durch die Nähe der Ingenieurwissenschaften zur Industrie muss damit auch der Schutz geistigen Eigentums gewährleistet werden.
6. Ingenieur:innen generieren formales, maschinell interpretierbares Wissen. Die ingenieurwissenschaftlichen Daten werden mit hinreichend strukturierten Metadaten versehen, um in wissensbasierte Systeme integriert werden zu können. Dadurch stehen ingenieurwissenschaftliche Daten für maschinelles Lernen und für Methoden der künstlichen Intelligenz zur Verfügung.
7. Ingenieur:innen profitieren von den neuesten daten- und softwarebezogenen Trainings- und Weiterbildungsmöglichkeiten. Sie haben Zugang zu Best Practices im Umgang mit ingenieurwissenschaftlichen Daten.
8. Die Publikationspraxis von ingenieurwissenschaftlichen Daten wird standardisiert. Der Stellenwert zu publizierender Daten wird durch reputationsförderliche Maßnahmen wie die Zitierfähigkeit und das Peer Review angehoben.

4 Archetypenportraits

Für Außenstehende sind die Archetypen von NFDI4Ing häufig der erste Kontaktpunkt zum Konsortium. Das Konzept der Archetypen wurde in einer Befragung,⁴ die sich an alle ingenieurwissenschaftlich Forschenden in Deutschland richtete, im September

⁴Gerald W. Jagusch et Nils Preuß, *Umfragedaten zu ,NFDI4Ing - Rückmeldung aus den Forschungscommunities'* (Technical University of Darmstadt, September 2019), <https://doi.org/10.25534/TUDATALIB-104>.

2019 validiert: 95 % der 618 befragten Forschungsgruppen⁵ finden sich in einem bis drei der insgesamt sieben Archetypen wieder. Die Befragung zeigt weiterhin, dass sich mit jedem einzelnen Archetypen jeweils mindestens 16,5 % der Ingenieur:innen identifizieren können. Das unterstreicht zum einen, dass Ingenieur:innen sich in mehreren Archetypen wiederfinden, und zum anderen, dass alle Archetypen für die Repräsentation ingenieurwissenschaftlicher Tätigkeiten relevant sind. Nachfolgend werden die Kernaspekte der Archetypen im Überblick vorgestellt. Wie sich das Arbeitsprogramm im Détail ableitet (Task Areas und deren Measures), kann dem Antrag entnommen werden.⁶

1. ALEX

„Hallo, ich bin ALEX. Ich bin eine Ingenieurin, die technische Systeme mit Hilfe maßgeschneiderter Werkzeuge untersucht. Maßgeschneidert bedeutet, dass ich individuelle, von Fall zu Fall unterschiedliche Kombinationen von Software, Apparaturen, Methoden, und Schnittstellen verwende. Dabei ist mir Flexibilität besonders wichtig, umso wichtiger ist es, dass ich die Konfiguration und den Datenfluss in meinen Experimenten jederzeit nachvollziehen kann. Ich bin für meine Experimente allein verantwortlich und muss genau wissen, was mein System macht.“



2. BETTY

„Hallo, ich bin BETTY. Ich bin eine Ingenieurin, die sich das Programmieren selbst beigebracht hat und entwickle Software - von Simulationsimplementierungen und deren Validierung mit experimentellen Beobachtungen bis hin zur dafür notwendigen Konvertierung und Analyse von Forschungsdaten. Die von mir entwickelte Software besitzt viele Abhängigkeiten von der Anwendungsumgebung, wie zum Beispiel vom Betriebssystem oder von Datenbanken Dritter. Selbstverständlich ist die Reproduzierbarkeit meiner Arbeit von größter Wichtigkeit, ich kann allerdings nicht viel Zeit auf die Überprüfung der Abhängigkeiten meiner Software verwenden.“



⁵Pro Forschungsgruppe antwortete eine Person. Gemeint sind Lehrstühle/ Professuren/ Fachgebiete an Hochschulen und Universitäten sowie Verbundprojekte (z. B. SFBs) und auch einzelne Forschungsabteilungen außeruniversitärer Forschungseinrichtungen (z. B. Forschungsbereiche eines Fraunhofer-Instituts).

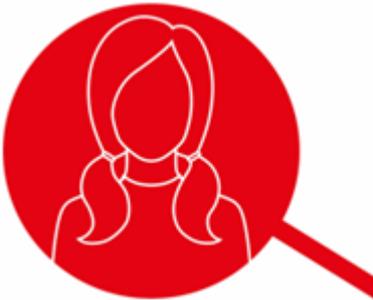
⁶Robert H. Schmitt et al., *NFDI4Ing*.

3. CADEN

„Hallo, ich bin CADEN. Ich bin ein Ingenieur, der seine Materialproben komplexen Bearbeitungsschritten unterzieht und bei jedem Bearbeitungsschritt Daten generiert. Für mich ist das Ergebnis eines Bearbeitungsschrittes der Input für den nächsten, und zwar sowohl auf der Material- als auch auf der Datenebene. Die Kette der einzelnen Bearbeitungsschritte ist häufig verzweigt, und unterschiedliche Personen arbeiten isoliert an unterschiedlichen Stellen in dieser Kette. Die Nachverfolgung der Proben- und Datenverarbeitungsschritte ist daher für mich von größter Wichtigkeit.“

**4. DORIS**

„Hallo, ich bin DORIS. Ich bin eine Ingenieurin, die hochauflösende Messungen und Simulationen vornimmt. Meine Messeinrichtungen produzieren extrem große Datenmengen in sehr kurzer Zeit. Die Datensätze sind so groß, dass sie nicht portabel sind – hunderte von Terabyte oder mehr. Die Auswertung oder Simulation erfordert einen Hochleistungsrechner. Es ist fraglich, inwieweit eine Reproduktion meiner Messungen, Auswertungen und Simulationen ressourcenbedingt überhaupt möglich ist. Wie beim Hochleistungsrechnen üblich, benutze ich selbstentwickelte Software.“

**5. ELLEN**

„Hallo, ich bin ELLEN. Ich bin eine Ingenieurin, die aus multidisziplinären Daten Informationen gewinnt. Ich arbeite nicht im Labor, sondern am Rechner und auf Rechenclustern. Meine Datenquellen liegen sowohl in den Geistes- als auch in den Naturwissenschaften und sind damit sehr heterogen. Die Identifizierung geeigneter Datenquellen ist mit hohem manuellen Aufwand verbunden. Häufig liegen die von mir benötigten Daten nicht vor, sondern es existieren nur vergleichbare Daten oder aber nur die Konzepte und Ansätze zu deren Generierung. Dafür benötige ich Vokabulare mit Inferenz- und Integritätsregeln, die häufig nicht vorhanden oder aber nicht kompatibel sind.“



6. FRANK

„Hallo, ich bin FRANK. Ich bin ein Ingenieur, in dessen Studien es viele simultan involvierte Teilnehmende und Endgeräte gibt. Die Endgeräte können stationäre oder mobile Aufbauten sein. Die von mir erhobenen Daten sind sehr heterogen und umfassen zum Beispiel Experteninterviews, Umfragen, Enterprise Resource Planning (ERP), Computer-Aided Design (CAD) sowie vollautomatisierte Maschinendaten aus Fertigungsverbänden. Ich muss meine Endgeräte für simultane Datenerhebungen vernetzen, synchronisieren und die jeweiligen Zugriffsrechte gestalten. Dabei spielt auch die Anonymisierung von Daten eine Rolle.“



7. GOLO

„Hallo, ich bin GOLO. Ich bin ein Ingenieur, der sich mit der Betriebsumgebung eines Systems auseinandersetzt und Felddaten erhebt. Mich interessieren die tatsächlichen Betriebsbedingungen, um mein System bestmöglich an diese anzupassen – zunächst im Modell und dann in der Realität. Felddaten sind fehleranfällig und in der Regel nicht vollständig. Ich entwickle deswegen Methoden und Werkzeuge für die Felddatenerhebung und -übertragung und muss diese Prozesse steuern. Dabei spielt die Qualitätskontrolle der Daten eine wichtige Rolle.“



Die Strukturierung der ingenieurwissenschaftlichen Forschungslandschaft mittels der Archetypen ist ein Prozess, der nicht abgeschlossen ist. Wie die am Anfang des Abschnitts vorgestellten Ergebnisse der Befragung zeigen, setzt sich eine tatsächliche ingenieurwissenschaftliche Tätigkeit häufig aus der Kombination von zwei bis drei Archetypen zusammen. Forschen Ingenieur:innen beispielsweise auf dem Gebiet des autonomen Fahrens, haben sie es mit extremen Raten und Mengen an Bilddaten zu tun (DORIS), die mit Hilfe von Fahrzeugen im Feld erhoben werden (GOLO), wobei es sich um große Anzahlen individueller mobiler Endgeräte und Teilnehmender handelt (FRANK).

NFDI4Ing wird auch weiterhin einen Schwerpunkt auf die Identifizierung und Harmonisierung spezifischer, datengenerierender Ingenieur Tätigkeiten legen. Das geschieht in den kontinuierlich ausgebauten Use Cases sowie im kontinuierlichen Austausch mit den Nutzenden entlang der ingenieurwissenschaftlichen Forschungsprozesse. Über diesen Austausch werden die einzelnen Archetypen weiter ausdifferenziert. NFDI4Ing

bleibt offen für neue oder außeruniversitäre⁷ oder bisher möglicherweise nicht berücksichtigte, datengenerierende Ingenieur Tätigkeiten und hat in diesem Zusammenhang die Vergabe von Seed Funds vorgesehen.⁸

5 Drei Community-bezogene Schwerpunkte

Der Erfolg des Konsortiums NFDI4Ing und der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur insgesamt wird an der Akzeptanz in den Communities der Nutzenden bemessen. NFDI4Ing befindet sich einerseits über die Use Cases in den methodenspezifischen Archetypen und andererseits über die Ansprache und das Feedback in den fachspezifischen COMMUNITY CLUSTERS in ständigem Austausch mit Nutzenden. Als zusätzliches Instrument für eine niederschwellige Kollaboration hat sich das Format von selbstorganisierten Special Interest Groups (SIGs) bewährt, wo ein inhaltlicher Austausch mit interessierten Forschenden und Expert:innen über die Grenzen des Konsortiums hinweg stattfindet. Im Folgenden wird die Community-Arbeit des Konsortiums anhand von drei ausgewählten Schwerpunkten genauer beleuchtet. Dabei wird auf SIGs hingewiesen, welche die Arbeit des Konsortiums unterstützen. Die Mitarbeit in SIGs ist jederzeit möglich.⁹

5.1 Förderung von Datenkompetenz durch Aus- und Weiterbildung von Beginn an

Der erste Community-bezogene Schwerpunkt des Konsortiums adressiert die unmittelbare Verbesserung der Datenkompetenz der Forschenden als Grundlage für einen nachhaltigen Umgang mit Forschungsdaten. Hierfür entwickelt das Konsortium ingenieurspezifische und modular gestaltete Weiterbildungsangebote, die sich neben (0) einem grundlegenden Basismodul an drei Achsen gemäß (1) der Methode, (2) der Community und (3) des Curriculums ausrichten. Die Inhalte der Weiterbildungsangebote werden auf die Bedürfnisse der verschiedenen primären Zielgruppen des Konsortiums angepasst. Zu den primären Zielgruppen gehören alle zu den Ingenieurwissenschaften zählenden Studierenden, Promovierenden, Habilitierenden und Professor:innen. Die Angebote werden digital verfügbar, leicht durchsuch- und auffindbar sein, sodass eine große Reichweite erzielt werden kann. Die hier zugeordnete SIG trägt den Namen „Basic FDM Training & Weiterbildung“.

⁷Außeruniversitäre Forschungseinrichtung sind als mitantragstellende Institutionen vertreten, siehe Robert H. Schmitt et al., *NFDI4Ing*, Kapitel 1.2.

⁸Robert H. Schmitt et. al., *NFDI4Ing*, Kapitel 1.5. Die Ausschreibung von Seed Funds hat bereits begonnen: <https://twitter.com/NFDI4Ing/status/1374640151163453442>.

⁹Die Geschäftsstelle des Konsortiums (contact@nfdi4ing.de) stellt gerne den Kontakt zu den SIGs her.

(0) Im Basismodul des Weiterbildungsangebots schafft NFDI4Ing ein grundlegendes Verständnis für die Vorteile eines nachhaltigen internen Datenmanagements im Zusammenhang mit effizienten Arbeitsweisen innerhalb der eigenen Forschungsgruppe und dem einfachen und umfassenden Datenaustausch in forschungsgruppenübergreifenden Kooperationen. Darüber hinaus wird das Potenzial eines offeneren Umgangs mit Daten für die Verbesserung der eigenen Forschung anhand der Such- und Nachnutzungsmöglichkeiten aufgezeigt. In diesem Zusammenhang werden auch Ansätze und Indikatoren zur persönlichen Beurteilung der Qualität externer Datensätzen vorgestellt, die in den Modulen der Methodenachse vertiefend aufgegriffen werden. Im Kontext der guten wissenschaftlichen Praxis¹⁰ wird zudem die Bedeutung von gut auffindbaren und zugänglichen Datenpublikationen für die Sichtbarkeit der eigenen Forschung und für die wissenschaftliche Reputation¹¹ anhand konkreter Beispiele betrachtet.

(1) Die Methodenachse umfasst Erkenntnisse aus den Archetypen und BASE SERVICES. Innerhalb dieser Achse werden beispielsweise Best Practices für den Umgang mit Daten in experimentellen Forschungsarbeiten angeboten – sowohl aus prozessualer als auch informationstechnischer Sicht. (2) Die Achse der Communities umfasst Weiterbildungsangebote, die wichtige fachbereichsbezogene Entwicklungen widerspiegeln, wie zum Beispiel die Verwendung bestimmter Vokabularien und Ontologien. Ein besonderer inhaltlicher Schwerpunkt wird auf die Maximierung der Sichtbarkeit und Nutzbarkeit von Forschungsdaten auch im Zusammenhang von Non-Disclosure-Agreements und Kommerzialisierungsvorhaben gelegt. (3) Die Achse der Curricula fokussiert die Verankerung von Statistikwissen und forschungs- und datenmethodischer Kompetenz bereits im Grundlagenteil der ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiengänge. Für die verschiedenen Vertiefungsrichtungen werden Hands-on-Schulungen für fachspezifische Datenauswertungen zusammengestellt, beispielsweise durch Angebote von Data Carpentries.

5.2 Förderung technologischer Lösungen und Methoden für das FDM

Der zweite Community-bezogene Schwerpunkt von NFDI4Ing adressiert die Förderung und Harmonisierung technologischer FDM-Lösungen und -Methoden. Dies dient zum einen dazu, Parallelentwicklungen zu vermeiden und durch Zusammenlegungen bzw. Föderation eine Konsolidierung der Landschaft technologischer Lösungen zu erreichen. Mindestens ebenso wichtig ist jedoch, dass existierende Möglichkeiten in der Community bekannt gemacht werden. Mittels Leitfäden und Entscheidungsunterstützungssystemen werden Ingenieur:innen in die Lage versetzt, eine kompetente Aus-

¹⁰DFG, „Wissenschaftliche Integrität“, zugegriffen 28. Januar 2021, <https://wissenschaftliche-integritaet.de/>.

¹¹Giovanni Colavizza et al., „The Citation Advantage of Linking Publications to Research Data“, hg. von Jelte M. Wicherts, *PLOS ONE* 15, Nr. 4 (22. April 2020): e0230416, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230416>.

wahl an Werkzeugen (in-house oder extern) zu treffen, die sie in ihrer Forschung unterstützen. Die angestrebte Kompetenz umfasst dabei sowohl die Potentiale der Werkzeuge als solche als auch das Wissen darüber, wie sie produktiv kombiniert werden können.

Dabei geht es in NFDI4Ing bei Werkzeugen vorwiegend um Mittel für bessere Zusammenarbeit – im weitesten Sinne. Dies umfasst die Zusammenarbeit innerhalb einer Arbeitsgruppe genauso wie die zwischen Partner:innen in einem Verbundprojekt. Ein Beispiel für die angestrebte Stärkung der Kommunikation und Kooperation zwischen Forschungsgruppen ist die Nachnutzung von veröffentlichten Forschungsdaten, unter Umständen in einem Kontext, der von den Original-Autor:innen nicht angedacht war. Hier gibt es aktuell noch viel ungenutztes Potential. Diese neue Stufe der kollaborativen Forschung durch den umfänglichen Austausch von Forschungsdaten führt so zu einer neuen Art von Wissenschaft.¹²

Durch die Schaffung maximaler Sichtbarkeit der Werkzeuge werden Anreize für den Austausch von Forschungsdaten geschaffen. Die Lösungen des Konsortiums NFDI4Ing sind mindestens auf nationaler Ebene angesiedelt und an internationale Dienste angeschlossen, zum Beispiel an Indizierungsdienste wie DataCite und Google Data Search. Die von NFDI4Ing eingesetzten Metadaten-Standards werden eine weltweite Auffindbarkeit von Datenpublikationen garantieren. Gleichzeitig hilft NFDI4Ing den Autor:innen mittels Schulungen und Leitfäden, ihre Datenpublikationen in einer Weise zu strukturieren, dass andere Forschende möglichst barrierefrei und nach wissenschaftlichen Standards darauf aufbauen können. Durch diese Erhöhung der Nachnutzbarkeit ihrer Daten werden den Original-Autor:innen Ko-Autor:innenschaften und Zitationen verschafft.

NFDI4Ing verringert die Hürde zur Nutzung neuer Werkzeuge durch die kontinuierliche Weiterentwicklung von Diensten und Methoden. Nur wenn Ingenieur:innen einen Dienst oder eine Methode als nutzerfreundlich, intuitiv und produktiv wahrnehmen, werden sie eine Benutzung in Betracht ziehen. Dafür werden verschiedene Kanäle geschaffen, um Nutzerfeedback einzuholen. Neben klar kommunizierten direkten Kontaktmöglichkeiten zu den Dienstebetreiber:innen werden die COMMUNITY CLUSTERS genutzt, um Verbesserungsvorschläge aus der Community zu sammeln, um sie bei der Weiterentwicklung der Dienste und ihrer Verknüpfungen zu berücksichtigen.

Ein wichtiges Instrument der Interoperabilität bilden Ontologien. In Kooperation mit interessierten Ingenieur:innen, aber auch mit Wissenschaftler:innen benachbarter Disziplinen erarbeitet NFDI4Ing Ontologien und kontrollierte Vokabulare, die für das Ingenieurwesen relevant sind. Dabei werden spezialisierte Ontologien aufbauend auf beispielsweise denen der Open Biological and Biomedical Ontology (OBO) Foundry erarbeitet. Dieses Vorgehen stärkt FAIRe Daten im Ingenieurbereich und stellt zudem die Anschlussfähigkeit an die Arbeiten von fachverwandten Konsortien wie FAIRMat

¹²Wissenschaftsrat, „Zum Wandel in den Wissenschaften durch datenintensive Forschung“, *Positionspapier*, Drucksache 8667-20 (Oktober 2020).

und MatWerk sicher. Die hier zugeordnete SIG trägt den Namen „Metadata & Ontologies“.

5.3 Förderung von Data Governance und Datenkuration

Der dritte Community-bezogene Schwerpunkt betrifft den Ausbau der Data Governance in den Bereichen Leitlinien, Metriken und Datenkuration. Leitlinien und Forschungsdatenpolicies bilden oftmals die formelle Grundlage für den Umgang mit Forschungsdaten und -software innerhalb von Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Innerhalb von NFDI4Ing werden diese formalen Anforderungen an das FDM und Softwaremanagement zusammengestellt und in den Archetypen praxisnahe Beispiele zur deren Umsetzung entwickelt und vorgestellt. Diese werden in den BASE SERVICES in FDM- und Software-Dienstleistungen umgesetzt.

Die Entwicklung und Anwendung von ingenieurspezifischen Metriken zur Validierung und Qualitätssicherung von Daten und Software ist ein weiterer Bereich der Data Governance. Ein Vorbild bildet der COUNTER-Standard (The Code of Practice for Research Data Usage Metrics, release 1),¹³ der die Erstellung und Verteilung von Nutzungsmetriken für Forschungsdaten standardisiert. Im Rahmen von NFDI4Ing werden solche allgemeinen Forschungsdatenmetriken durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Archetypen und BASE SERVICES weiterentwickelt, evaluiert und für verschiedene Teildisziplinen anwendbar gemacht. Die hier zugeordnete SIG trägt den Namen „Quality assurance and metrics for FAIR data“.

Die Datenkuration gemäß den Leitlinien der jeweiligen Institution bildet den dritten Bereich der Data Governance. NFDI4Ing will hier Best-Practice-Methodenbeispiele, Werkzeuge und Templates zur Verfügung stellen, die sowohl eine nachhaltige Datenkuration als auch die Qualitätsbeurteilung der entstandenen Forschungsdaten unterstützen. Die bereitzustellenden Infrastrukturen hierfür umfassen unter anderem:

- den Einsatz von ausgewählten FDM-Systemen (zum Beispiel vernetzte Forschungsdatenrepositorien, Datenmanagementpläne), die auf die Bedürfnisse der methodengetriebenen ingenieurwissenschaftlichen Forschung angepasst sind;
- die Einführung von maschinenlesbaren Informationsbasen (zum Beispiel Knowledge Graphs) für die optimierte Informationsverfügbarkeit für Forschende und die weiterführende maschinelle Daten- und Informationsverarbeitung;
- die Standardisierung der Publikationspraxis von ingenieurwissenschaftlichen Daten, vor allem im Hinblick auf die Zitierfähigkeit und das Peer Review.

¹³Martin Fenner et al., „Code of Practice for Research Data Usage Metrics Release 1“, preprint (*PeerJ Preprints*, 11. Februar 2018), <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.26505v1>.

6 Ausgewählte Herausforderungen

Einen Großteil der Herausforderungen teilt NFDI4Ing mit den meisten anderen aktuellen Initiativen,¹⁴ die das Datenmanagement in der Forschung adressieren. Davon sei besonders der Kulturwandel hervorgehoben, der nötig ist, um FDM stärker als Teil des wissenschaftlichen Forschungsprozesses zu etablieren. Ingenieur:innen müssen FDM in ihrer täglichen Arbeit leben, beginnend mit dem Design eines Experiments und der Recherche nach Vorarbeiten anderer bis zum abschließenden Bereitstellen der Ergebnisse. Obwohl in der ingenieurwissenschaftlichen Praxis in der jüngeren Vergangenheit bereits deutliche Verbesserungen im Umgang mit Daten festzustellen sind, herrscht immer noch ein Mangel an bedarfsgerechten Angeboten zur Kompetenzvermittlung und an Hilfsmitteln, deren Aufwand-Nutzen-Verhältnis von den Forschenden akzeptiert wird.

NFDI4Ing treibt diesen Kulturwandel insbesondere auf mittel- und langfristige Sicht voran, gleichzeitig möchte das Konsortium aber auch schon in absehbarer Zeit nachweisbare Effekte erzielen. Dieses Spannungsfeld wird in NFDI4Ing durch konkrete Maßnahmen abgebildet: Trainings- und Awareness-Aktivitäten wirken langfristig und in der Breite. Ebenfalls in die Breite wirken strategische Bemühungen, FAIRe Datenveröffentlichungen als Begutachungskriterium in wissenschaftlichen Evaluierungen, insbesondere bei Bewerbungsverfahren, zu etablieren. Demgegenüber stehen ausgewählte Use Cases für die in den Archetypen entwickelten Angebote, die in enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Nutzenden validiert werden. Diese machen den Forschenden den Nutzen von FDM deutlich schneller sichtbar und erlebbar. Es wird eine wesentliche Herausforderung sein, die Erfolge dieser Leuchtturmprojekte methodenorientiert zu generalisieren und als akzeptierte Best Practice zu etablieren. Daher ist es erklärtes Ziel von NFDI4Ing, die Transferierbarkeit des aufgezeigten Nutzens in die ganze ingenieurwissenschaftliche Community hinein sicherzustellen. Die Archetypen dienen dafür als strukturgebende Elemente.

Auch nach außen ergeben sich für NFDI4Ing Herausforderungen. NFDI4Ing vertritt die Belange der Ingenieurcommunity im Rahmen der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur gegenüber den Förderern (Bund und Ländern) ebenso wie gegenüber anderen Fachdisziplinen.¹⁵ Noch komplexer ist der Umgang mit wirtschaftlichen Interessen: So findet ingenieurwissenschaftliche Forschung häufig in Verbundprojekten statt, oder die Beschaffung von Großanlagen ist erforderlich, mit deren Vertrieb auch wirtschaftliche Interessen verknüpft sind. Beides steht häufig im Konflikt mit Open Science: Wissenschaftliche Ergebnisse unterliegen Vertraulichkeitsvereinbarungen, und Geräte geben Daten oft nur in proprietären Formaten aus. Ziel von NFDI4Ing ist es

¹⁴Markus Putnings, Heike Neuroth, und Janna Neumann, Hrsg., „Aktuelle Entwicklung und Herausforderungen im Forschungsdatenmanagement in Deutschland“, in *Praxishandbuch Forschungsdatenmanagement* (De Gruyter Saur, 2021), 537–56, <https://doi.org/10.1515/9783110657807-029>.

¹⁵Wissenschaftsrat, „Wandel in den Wissenschaften“, Leitlinie B.I.7.

daher auch, eine sinnvolle Balance zwischen Schutzbedarf und Open Science durch spezielle Dienste und den Abbau von verbreiteten Irrglauben¹⁶ zu schaffen.

7 Zusammenfassung und Fazit

NFDI4Ing dient als Plattform für die Schärfung von ingenieurwissenschaftlichen FDM-Bedarfsprofilen und für die spezifische Ausgestaltung von Lösungsansätzen.

Ein wesentliches Merkmal ist die methodenorientierte Adressierung des ingenieurwissenschaftlichen FDM in seiner ganzen Breite. Im Fokus steht dabei das bedarfsgerechte Angebot von Kompetenzvermittlung durch Best Practices oder Schulungen sowie durch die Bereitstellung von Unterstützungsangeboten in Form von Services, Infrastruktur, Software und weiteren Tools. Einen besonderen Stellenwert hat außerdem die Zusammenarbeit mit Stakeholdern der Industrie, insbesondere im Themenbereich Wettbewerb um Daten.

Entscheidend für die Umsetzung und Akzeptanz dieses Infrastrukturangebots durch die Forschungscommunity ist die offene, kontinuierliche Diskussion ihrer Bedarfe und gemeinsame Gestaltung von Rahmenbedingungen. Die Archetypen dienen hier als wichtiges Strukturelement. Sie bieten Orientierungspunkte für typische, methodenorientierte Definitionen von Systemgrenzen. Durch in der Community anerkannte Formulierungen von typischen beforschten Systemen und einhergehenden FDM-Problemen können Community-getriebene, bedarfsgerechte Lösungsansätze ausgestaltet und mit hoher Akzeptanz verbreitet werden.

NFDI4Ing bietet ein methodenorientiertes Netzwerk von Anbietenden und Nutzenden. Das Netzwerk zielt auf die Durchdringung der ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen in der Breite und auf die Einbeziehung der verschiedenen Arbeitsebenen und ihrer Stakeholder, beispielsweise Principal Investigators oder wissenschaftlicher Mitarbeiter:innen und Studierender. Daher bietet NFDI4Ing verschiedene Möglichkeiten der Partizipation an, zum Beispiel über Special Interest Groups (SIGs), regelmäßige Workshops & Events, Befragungen, gegebenenfalls über eine enge Einbindung in die Projektarbeit als Pilotnutzende sowie über die Förderung von Seed Fund-Projekten.

NFDI4Ing appelliert an die Lesenden dieses Beitrags, sich auch in ihrem eigenen, direkten Wirkungsbereich für das ingenieurwissenschaftliche FDM stark zu machen: zum einen durch aktive Partizipation am Kulturwandel in der Wissenschaft, etwa durch die Mitgestaltung von Grundlagen für Leitlinien oder Förderrichtlinien. Zum anderen durch Vorantreiben der Anerkennung des Stellenwerts von Datenpublikationen in den Fachdisziplinen bei Gutachten und Reviews.

¹⁶Beispielsweise die Gleichsetzung der FAIR-Prinzipien mit Open-Science, oder das Ausschließen von Geschäftsmodellen auf Basis von frei lizenzierter Software.

Danksagung

Die Autor:innen und die Kontribuierenden möchten sich bei Bund, Ländern und bei der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) für die Förderung und Unterstützung im Rahmen des Konsortiums NFDI4Ing bedanken. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 442146713. Der Autor Évariste Demandt bedankt sich außerdem für eine Anschubfinanzierung aus dem Kooperationsprojekt nfdi4ing.nrw.