
Reifegradmodell für die Verwaltung des Datenzugriffs

Max Leo Wawer, Roland Lachmayer

Institut für Produktentwicklung und Gerätebau, Leibniz Universität Hannover

Durch die Anforderung Forschungsergebnisse langfristig verfügbar und nachnutzbar zu machen, werden Forschende in der datenintensiver werdenden ingenieurwissenschaftlichen Forschung mit einer Vielzahl an Leitlinien und Richtlinien für den Umgang mit Forschungsdaten konfrontiert, welche es seitens der Forschenden umzusetzen gilt. Der Umgang mit forschungsbezogenen Daten erstreckt sich entlang des Datenlebenszyklus, von der Datenmanagementplanung bis zur Datennachnutzung. Als Forschungsdatenmanagement (FDM) werden dabei alle Maßnahmen entlang des Datenlebenszyklus verstanden, um Daten nachnutzbar, nachvollziehbar und nachprüfbar zu machen. Die zusätzlichen Anforderungen durch die Umsetzung des FDMs stellt die Forschenden vor die Herausforderung Kenntnisse in allen Bereichen des FDMs für eine adäquate Umsetzung zu besitzen. Dies betrifft viele neue Prozesse und Aktivitäten, um den Umgang mit Forschungsdaten effektiv zu gestalten. Ein wichtiger Aspekt ist es dabei Daten zugänglich zu machen. Zugänglich gemachte Daten haben den Vorteil die Effizienz der Forschung durch eine Nachnutzbarkeit zu erhöhen und Forschungsergebnisse nachvollziehbarer zu gestalten. Hier gilt es in den Forschungsprojekten und auf Organisationsebene Prozesse zu definieren, die den Anforderungen der ingenieurwissenschaftlichen Forschung entsprechen.

Eine Betrachtung definierter Ziele und Praktiken für die Verwaltung des Datenzugriffs kann die Prozessgestaltung auf Projekt- oder Organisationsebene unterstützen und den genannten Mehrwert zugänglich gemachter Daten durch definierte Prozesse bestärken. Durch die Entwicklung und den Einsatz von Reifegradmodellen können bestehende Prozesse auf Projekt- oder Organisationsebene bewertet werden. Zudem lassen sich Ziele zur Verbesserung der Prozesse aufzeigen, mit denen sich neue Handlungsoptionen abhängig einer Reifestufe ableiten lassen.

Reifegradmodelle sind dabei ein für das Prozessmanagement und die Qualitätsverbesserung einsetzbares Werkzeug und dienen als Lösungsansatz für die Verbesserung und Umsetzung definierter Prozesse.

In diesem Beitrag wird ein entwickeltes Reifegradmodell für die Verwaltung des Datenzugriffs in Forschungsprojekten dargestellt. Jede Reifestufe enthält eine Anzahl definierter

Publiziert in: Vincent Heuveline, Nina Bisheh und Philipp Kling (Hg.): E-Science-Tage 2023. Empower Your Research – Preserve Your Data. Heidelberg: heiBOOKS, 2023. DOI: <https://doi.org/10.11588/heibooks.1288.c18082> (CC BY-SA 4.0)

Ziele und Praktiken entsprechend einer gegebenen Reifegradcharakteristik. Dieses Modell dient der Bewertung und der Verbesserung von Prozessen, um Daten zugänglich zu machen.

1 Einleitung

Mit steigenden Anforderungen an die Wissenschaft im Umgang mit Forschungsdaten werden Forschende mit einer Vielzahl an neuen Aufgaben und Pflichten konfrontiert. Hinzu kommt, dass auch Fördergeber Ansprüche in Hinblick auf zugänglich gemachte Forschungsdaten stellen, um Forschungsergebnisse nachvollziehbar und reproduzierbar durch zugänglich gemachte Forschungsdaten zu gestalten (Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V. 2019). Die Existenz von Initiativen wie der deutschen „Nationalen Forschungsdateninfrastruktur“ (NFDI) zeigt die Bedeutung von Relevanz und Steuerung des Datenmanagements in Forschungsprojekten (Hartl, Wössner und Sure-Vetter 2021).

Forschungsdaten haben dabei eine hohe Relevanz im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, da in diesem mittels Datenerzeugung und anschließender Datenanalyse neue Erkenntnisse identifiziert werden. Dabei bilden Daten die Grundlage für neues Wissen und können disziplinübergreifend nachgenutzt werden, wenn diese zugänglich gemacht werden. Hierbei gilt es projektspezifische Richtlinien, welche Einfluss auf den Umgang mit Forschungsdaten und das Zugänglichmachen haben zu berücksichtigen. In den Ingenieurwissenschaften stehen Forschende diesbezüglich vor neuen Herausforderungen, die das Verhalten zur Datenpublikation und Wiederverwendung externer Daten beeinflussen (Joo und Kim 2017; Dierend u. a. 2023). Im Sinne der guten wissenschaftlichen Praxis (Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V. 2019) ist hier ein Trend zu der Veröffentlichung von Forschungsdaten zu erwarten.

Um Forschende bei der Umsetzung des Datenzugriffs zu unterstützen und den aktuellen Stand in Forschungsprojekten zu bewerten, gibt es eine Vielzahl an möglichen Bewertungsmethoden. So kann die Qualität des Forschungsdatenmanagements (FDM) in Forschungsprojekten mittels Reifegradmodellen bewertet werden. Diese ermöglichen durch definierte Ziele auf einzelnen Reifestufen eine differenzierte Bewertung der Prozesse und haben den Vorteil, dass sie Verbesserungsmöglichkeiten durch nachgelagerte Reifestufen entlang eines Evolutionspfades bieten können. Die beiden vielfach zitierten Modelle, welche die Grundlage für viele weitere entwickelte Reifegradmodelle darstellen, sind das „Capability Maturity Model Integration“ (CMMI), ehemals CMM (CMMI Product Team 2010) und die ISO 33001 (ISO/IEC 33001 2015), ehemals ISO 15504 (SPICE). So haben sich Reifegradmodelle in der qualitativen Bewertung von Prozessen etabliert und finden auch immer mehr Eingang in den Bereich des FDMs (Oppenländer u. a. 2017).

Das in dieser Arbeit entwickelte Modell soll Forschenden im Forschungsprozess eine Bewertung über den aktuellen Stand des FDMs in Hinblick auf das Zugänglichmachen von Daten ermöglichen und durch nachgelagerte Reifestufen Verbesserungspotentiale aufzeigen. Ziel ist es, die Forschungsdaten nachnutzbar und nachvollziehbar zugänglich zu ma-

chen und eine Verbesserung der Umsetzung des Datenzugriffs in Forschungsprojekten zu ermöglichen.

2 Bestehende Arbeiten

Reifegradmodelle stellen eine qualitative Bewertungsmethode von Objekten dar, zumeist mit dem Fokus auf Prozesse. Sie setzen sich aus einer Folge diskreter Reifestufen zusammen, welche einen gewünschten Entwicklungspfad von einem Anfangsstadium bis hin zu einer vollumfänglichen Reife darstellen. Die Modelle können dabei als Maßstab für die Bewertung entsprechend eines definierten Entwicklungspfades dienen. Je Reifestufe werden Merkmale und Kriterien definiert, welche zur Erreichung einer Reifestufe erfüllt sein müssen. Nachgelagerte Reifestufen mit beschriebenen Merkmalen und Kriterien stellen ausgehend des Ist-Zustands ein kontinuierliches Verbesserungspotential dar (Paulk u. a. 1993). Die Modelle lassen sich für eigene Anwendungsfälle definieren und bieten daher einen Fokus für interne Strategien. Dabei können gesamte Organisationen oder einzelne definierte Prozessbereiche bewertet werden (Becker, Knackstedt und Pöppelbuß 2009). Auch das FDM kann dabei als Prozess- und Objektbereich im Forschungsprozess gesehen werden und dahingehend auf die qualitative Umsetzung bewertet werden. Für den Bereich des FDMs gibt es eine Vielzahl entwickelter Reifegradmodelle, mit welchen das FDM hinsichtlich verschiedener Anhaltspunkte und Dimensionen bewertet und verbessert werden kann (Oppenländer u. a. 2017; Lehmann und Odebrecht 2023; Proença und Borbinha 2018).

Ein viel zitiertes Beispiel aus diesem Bereich ist das „Capability Maturity Model for Research Data Management“ (CMM-RDM) von QIN (Qin, Crowston und Kirkland 2014), in welchem die Reifegradstruktur und Anzahl der Reifestufen des CMMI adaptiert wird. In diesem entwickelten Reifegradmodell werden eine Vielzahl von Querschnittsthemen wie beispielsweise *Training*, *Metadaten*, *Policies*, in fünf definierten Schlüsselprozessbereichen adressiert, welche wiederum in vier einzelne Teilbereiche aufgeteilt werden. Die Reifestufen werden dabei für jeden identifizierten Teilbereich definiert und kurz mit einem Satz beschrieben. Auch werden Materialien für die einzelnen Teilbereiche bereitgestellt. Das Modell sieht so die Bewertung des ganzheitlichen FDMs in Forschungsorganisationen vor, ohne aber eine direkte Bewertungsmethode und Anwendung des Modells festzulegen.

Aus dem Bereich des FDMs wurde von der Research Data Alliance (RDA) ein Reifegradmodell der FAIR-Prinzipien entwickelt. Mit dem Modell kann die Einhaltung der FAIR-Prinzipien, nach Wilkenson et al.

(Wilkinson u. a. 2016), bewertet werden, indem diese nach ihrer Priorität (*Essential*, *Important*, *Useful*) kategorisiert wurden. Das Modell ist normativ gestaltet und es werden die Prinzipien, Prioritäten und Bewertungsmethoden von Daten definiert. Die Kategorisierung der Prinzipien in dem Modell zeigt, dass die Bereiche *Findable* und *Accessible* von grundlegenderer Bedeutung für das Erreichen von „FAIRness“ sind als die Bereiche *Interoperable* und *Reusable* (Research Data Alliance FAIR Data Maturity Model Working Group 2020).

Das im PODMAN Projekt entwickelte Referenzmodell „DIAMANT“ (Designing an Information Architecture for Data Management Technologies; Gerhards u. a. 2020), sieht eine anwendungsbezogene Bewertung einzelner Dienste und Services im Bereich des FDMs vor. Bei dem DIAMANT-Modell steht dabei die operative Sicht und technische Infrastruktur im FDM bezogen auf gesamte Forschungseinrichtungen im Vordergrund. Ein definierter FDM-Referenzprozess stellt dabei die Grundlage für die Integration des FDMs dar. Die Bewertung des FDM-Portfolios findet dabei durch einen IST- /SOLL-Abgleich definierter Kompetenzen für definierte FDM-Funktionen statt.

Mit dem in dieser Arbeit erstellten Reifegradmodell will man das FDM als parallellaufendes Prozesssystem im Forschungsprojekt integrieren und die Umsetzung des Datenzugriffs direkt im Forschungsprozess adressieren. So wird ein Ansatz von einem forschungsorientierten Reifegradmodell forciert, welches direkt von Forschenden angewendet werden kann. In dieser Arbeit wird dabei ein Reifegradmodell für die Verwaltung des Datenzugriffs in Forschungsprojekten vorgestellt.

3 Der Datenzugriff im Forschungsprozess

Bei der Betrachtung des Forschungsprozesses erfolgt das Publizieren von Forschungsergebnissen nach der Analyse hinsichtlich der Beantwortung von wissenschaftlichen Fragestellungen (Kowalczyk 2018; Patel 2011; Maxwell 2015). Eingebettet in ein Forschungsprojekt, läuft der beschriebene Forschungsprozess innerhalb eines Projektes mehrmals ab. So werden in einem Forschungsprojekt mehrere Forschungsergebnisse auf Grundlage erhobener und analysierter Daten publiziert. Bei der Betrachtung des FDMs durch das Heranziehen verschiedener Datenlebenszyklusmodelle erfolgt der Datenzugriff nach der Analyse von erhobenen Daten, gefolgt von einer Datennachnutzung verfügbar gemachter Daten (Wisik und Ďurčo 2015; Wolf und Leppla 2020). Dabei lässt sich das FDM (orientiert am Datenlebenszyklus) in den Forschungsprozess integrieren (RfII - Rat für Informationsinfrastrukturen 2019; Minn und Lemaire 2017), wobei die Nachnutzung während des Forschungsprozesses in der Phase der Datenerhebung im Sinne einer Sammlung bereits erhobener Daten und deren Nachnutzung stattfindet. Auch lassen sich sowohl Rohdaten (nach der Datenerhebung) und analysierte Daten jeweils beide archivieren und zugänglich machen. So lässt sich das FDM in den Forschungsprozess integrieren und erweitert diesen um datenmanagementbezogene Aktivitäten und Inhalte. Die Phase der Publikation im Sinne einer Textpublikation von Forschungsergebnissen wird erweitert durch die zusammenhängende Verfügbarmachung zugrundeliegender Daten der publizierten Forschungsergebnisse. Dies stärkt die Nachvollziehbarkeit und Nachprüfbarkeit von publizierten Forschungsergebnissen. Auch können im Sinne der Nachnutzbarkeit Daten zugänglich gemacht werden, welche nicht direkt in einem Zusammenhang mit Textpublikationen stehen, aber für die Forschungscommunity einen nachnutzbaren Wert haben. Im Rahmen des Datenzugriffs müssen Forschende bestimmen, welche Daten zugänglich gemacht werden sollen. Hierbei geht es um die Auswahl der Forschungsdaten, um diese nachnutzen zu können. Es spielen Kriterien, wie die Verifizierung von Forschungsergebnissen, das Potential von nicht wiederholbaren Studien oder gegebene Nachnutzungsszenarien eine Rolle bei der Daten-

auswahl von zugänglich zumachenden Daten. Auch muss definiert werden, wer auf die Daten zugreifen darf und wie die Daten nachgenutzt werden dürfen. Dies hat meist einen projektpartnerspezifischen Hintergrund. Auch muss das technische System, die Plattform worüber die Daten zugänglich gemacht werden sollen (bspw. ein Datenrepositorium), bestimmt werden (Ludwig und Enke 2013). Für einen definierten Zugang der Daten können offene oder geschlossene Zugangsplattformen ausgewählt werden, mit welchen der Rahmen der Zugänglichkeit bestimmt werden kann. Auch kann die Nachnutzbarkeit der Daten durch die Angabe von Lizenzen eingegrenzt werden. Um Daten nachnutzbar zu gestalten, ist die Kontextualisierung und Datenprovenienz von bedeutender Rolle. Die Daten werden aufbereitet und durch weitere (Meta-)daten und entsprechende Dateiformate nachnutzbar und für weitere Forschungszwecke einsetzbar gestaltet. Hierbei ist es relevant, durch weitere Datendokumentationen die Daten mit zugehörigen, der Forschung entsprechenden Materialien (bspw. Rahmenbedingungen der Datenerhebung, Analyseverfahren) in einen Kontext zu setzen (Eynden u. a. 2011).

4 Entwickeltes Reifegradmodell

Die in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Inhalte zeigen den Anwendungsbereich des entwickelten Reifegradmodells auf. So sollen die Reifegradmodelle von Forschenden im Forschungsprojekt während ihrer Forschung Anwendung finden. Dabei wird eine forschungsprozessorientierte Sichtweise auf die Inhalte und Anwendung des Reifegradmodells gelegt. Die entwickelte Reifegradcharakteristik folgt dabei den Zielen des FDM. In Abbildung 1 ist die definierte Reifegradcharakteristik der fünf Reifestufen mit zugehörigen Merkmalen der jeweiligen Reifestufe dargestellt. Die Reifestufen orientieren sich dabei an den Aufbau des CMMI (vgl. CMMI Product Team 2010) und sind speziell für die Ziele des Datenzugriffs definiert (Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V. 2019; RfII - Rat für Informationsinfrastrukturen 2019; Iglezakis und Schembera 2018).

Reifestufe 1 „Einstieg“ beschreibt Projekte, in denen noch keine Inhalte und Prozesse für die Verwaltung des Datenzugriffs auf Projektebene definiert wurden. Hier erfolgt ein Datenzugriff reaktiv und intuitiv, beispielsweise auf Nachfrage anderer Forschenden, und hängt somit vom Engagement des Einzelnen ab.

Reifestufe 2 „Geführt“ beschreibt Projekte, in denen auf Projektebene die Verwaltung des Datenzugriffs definiert und geregelt ist. Es wird bestimmt welche Daten wie zugänglich gemacht werden und wie diese nachgenutzt werden dürfen. Das technische System wird bestimmt, mit welchem die Daten zugänglich gemacht werden. Die Daten werden zudem mit einem Unique Identifier versehen, sodass sie sich auffinden lassen und für ein definiertes Nutzerfeld zugänglich sind.

Reifestufe 3 „Definiert“ baut auf die Inhalte der vorherigen Reifestufe auf, nun kommt aber hinzu, dass das Zugänglichmachen von Daten an die zugehörige Fachcommunity ausgerichtet wird und eine inhaltliche Nachnutzbarkeit und Weiterverarbeitung der Daten gewährleistet wird. Die Daten werden mit fachspezifischen Metadaten beschrieben und in entsprechende Dateiformate überführt, sodass die Daten integrierbar sind und die Inter-



Abbildung 1: Reifegradcharakteristik und zugehörige Merkmale.

operabilität und Nachnutzbarkeit der Daten gesichert wird. Auf dieser Reifestufe kommt die ausreichende Kontextualisierung der Forschungsdaten durch zugehörige Materialien und entsprechende Metadatenstandards hinzu.

Reifestufe 4 „Quantitativ Geführt“ beschreibt die Umsetzung des Datenzugriffs mit qualitativen und quantitativen Sicherungsmaßnahmen. So werden Daten vor dem Zugänglichmachen auf Ihre Vollständigkeit und Korrektheit hin geprüft. Erst nach positiver Prüfung erfolgt die Verfügbarmachung.

Reifestufe 5 „Optimierend“ beschreibt Projekte, in denen die Aktivitäten und Inhalte für das Zugänglichmachen von Daten proaktiv und fortlaufend verbessert werden. Die Projekte entwickeln in diesem Zusammenhang Best Practices und weitere Inhalte, welche mit der Fachcommunity geteilt werden.

Die einzelnen Reifestufen werden zusätzlich mit definierten Zielen und zugehörigen Praktiken näher beschrieben, dabei werden die in Kapitel 3 beschriebenen Umfänge und Aktivitäten für das Zugänglichmachen von Forschungsdaten wieder aufgegriffen und den Reifestufen entsprechend der entwickelten Reifegradcharakteristik zugeordnet. Auf diese Weise ergibt sich eine Checkliste mit definierten Zielen je Reifestufe. Diese Checklisten können von Forschenden selbst angewendet werden und attestieren eine Reifestufe bei Zielerfüllung aller Ziele einer jeweiligen Reifestufe. Durch nachgelagerte Reifestufen wird zudem ein Ausblick auf Verbesserungen in Hinblick auf das Zugänglichmachen von Daten gegeben.

5 Anwendung des Reifegradmodells in Forschungsprojekten

Das entwickelte Reifegradmodell wurde zur Reifegradbestimmung in Form einer Checkliste (Wawer 2023) in drei verschiedenen Forschungsprojekten angewendet. Dabei konnten

die Forschenden durch die Checkliste eigenständig die Erfüllung der Ziele je Reifestufe bestätigen. Eine Reifestufe wird erreicht, wenn alle auf der Reifestufe definierten Ziele im Rahmen des Datenzugriffs erfüllt werden. Die Ergebnisse der Reifegradbestimmung werden im Folgenden näher dargestellt.

In einem ersten Anwendungsbeispiel wurde das Reifegradmodell in einem Forschungsprojekt angewendet, welches in einem institutsübergreifenden Sonderforschungsbereich aus dem Bereich Maschinenbau eingebettet ist. Der Sonderforschungsbereich setzt sich dabei aus verschiedenen Forschungsfeldern zusammen, in denen eine Vielzahl heterogener Daten erhoben und hinsichtlich gemeinsamer Forschungsziele analysiert werden (Mozgova u. a. 2020). Innerhalb des Sonderforschungsbereichs bestehen Richtlinien für den Umgang mit Forschungsdaten und Inhalte zum FDM werden entwickelt. Bei der Reifegradbestimmung kam dahingehend eine Reifegradbestimmung der Reifestufe 2 „Geführt“ als Ergebnis heraus. Die Forschungsdaten, welche im Zusammenhang mit publizierten Forschungsergebnissen stehen, werden entsprechend projektinterner Richtlinien zugänglich gemacht. Es ist definiert, welche Daten wie zugänglich gemacht werden sollen. Die Daten sind in einem Datenrepositorium für andere Forschende auffindbar und zugänglich und werden mit allgemeinen Metadaten beschrieben. Jedoch sind noch keine forschungsspezifischen Metadaten für die entwickelten Softwaremodelle zur weiteren Beschreibung bestimmt worden, mit welchen die Forschungsdaten dieses Forschungsfeldes spezifisch beschrieben werden, so dass eine inhaltliche Nachnutzung und Weiterverarbeitung gewährleistet werden kann. Dahingehend wird die Identifizierung und Entwicklung forschungsspezifischer Metadaten angestrebt, um die Nachnutzbarkeit der Daten zu erhöhen.

In einem weiteren Anwendungsfall kam das Reifegradmodell in einem landesgeförderten Forschungsprojekt zum Einsatz. Das Ausfüllen der Checkliste ergab dabei eine Reifegradbestimmung der Reifestufe 2 „Geführt“. In dem Forschungsprojekt werden institutsinterne Richtlinien zum Umgang mit Forschungsdaten für das Zugänglichmachen von Daten angewendet, indem die Daten intern zugänglich gemacht werden. Bis zum Projektende wird angestrebt, die entwickelte Software der Forschungscommunity frei zugänglich zu machen. Dahingehend werden Metadaten und zugehörige Daten zur Nachnutzbarkeit der entwickelten Software identifiziert und verknüpft. Auch sollen die entwickelten Softwaremodelle interoperabel gestaltet werden, sodass sie für weitere Forschungszwecke nachgenutzt und weiterentwickelt werden können. Hierfür sollen entsprechende Dateiformate berücksichtigt werden.

Außerdem wurde das Reifegradmodell in einem Forschungsprojekt angewendet, welches in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern steht. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden durch Feldexperimente eine Vielzahl an Daten erhoben und hinsichtlich definierter wissenschaftlicher Fragestellungen analysiert und Lösungen entwickelt. Die Anwendung des Reifegradmodells ergab eine Reifegradbestimmung der Reifestufe 1 „Einstieg“. Forschungsergebnisse werden publiziert, jedoch werden zugrundeliegende Forschungsdaten nicht proaktiv zugänglich gemacht. Auf Nachfrage werden Daten für die Nachnutzung an andere Forschende unter Berücksichtigung vorliegender Richtlinien weitergeleitet. Jedoch wurde in diesem Forschungsprojekt noch kein weiterer Umgang für den Datenzugriff von Daten definiert. Es wird dahingehend angestrebt, die Ziele der Reifestufe 2 zu erfüllen,

indem bestimmt wird, welche Forschungsdaten in dem Forschungsprojekt im Folgenden zugänglich gemacht werden und welche Zugangsplattformen dafür verwendet werden sollen.

Die dargestellten Anwendungsbeispiele zeigen, dass das Zugänglichmachen von Daten in den Forschungsprojekten nach aktuellem Stand noch auf einer niedrigen Reifestufe („Einstieg“ oder „Geführt“) stattfindet. Dies liegt daran, dass in den Forschungsprojekten noch keine forschungsspezifischen Metadaten entsprechend der Forschungsfelder definiert wurden oder sich Standards in den Forschungsbereichen etabliert haben, welche angewendet werden können. Zum aktuellen Zeitpunkt erfolgt das Zugänglichmachen von Daten noch zumeist intuitiv oder es werden Forschungsdaten mit minimalen Aufwänden auffindbar und zugänglich gestaltet, ohne eine fachweite Nachnutzbarkeit durch eine Kontextualisierung der Daten zu berücksichtigen und zu ermöglichen. Durch gegebene und etablierte Standards in den Forschungsbereichen lassen sich aber dahingehend die Ziele höherer Reifestufen erreichen.

6 Zusammenfassung

Das vorgestellte Reifegradmodell ist eine erste Version des Gesamtmodells zur Bewertung des FDMs in Forschungsprojekten. So werden in Zukunft noch weitere Reifegradmodelle für die Phasen des Forschungsprozesses im Bereich des FDMs entwickelt. Das dargestellte Reifegradmodell zielt auf die Verfügbarmachung von Forschungsdaten ab und ermöglicht die Bewertung der Verwaltung des Datenzugriffs in Forschungsprojekten. Es werden definierte Ziele und Praktiken auf einzelnen Reifestufen aufgezeigt, sodass von Forschenden eine eigenständige Bewertung durch Checklisten möglich ist.

Zudem werden Verbesserungsmöglichkeiten durch Ziele nachgelagerte Reifestufen aufgezeigt, wodurch die Umsetzung verbessert werden kann. Dabei zeigt die Reifestufencharakteristik einen Evolutionspfad zur schrittweisen Verbesserung auf. So wird ein intuitiver Datenzugriff in einer nächsten Reifestufe projektintern definiert, sodass die Daten grundlegend auffindbar und zugänglich sind. Auf einer nächsten Reifestufe wird die Interoperabilität und inhaltliche Nachnutzbarkeit der Daten in der Forschungscommunity adressiert. Orientiert an dem CMMI finden in der nächsten Reifestufe Qualitätssicherungsmaßnahmen zur Verwaltung des Datenzugriffs Anwendung, sodass ein Datenzugriff beispielsweise erst bei erfolgreicher Prüfung erfolgt. Mit Reifestufe 5 wird zuletzt die Weiterentwicklung von FDM-Lösungen und Best Practices im Bereich des Datenzugriffs adressiert.

Die Fallbeispiele aus drei verschiedenen Forschungsprojekten haben die Einsatzfähigkeit der Reifegradmodelle unter Beweis gestellt. Die Anwendung des Modells hat dabei gezeigt, dass sich die resultierenden Reifegradbewertungen vornehmlich noch auf den Reifestufen 1 und 2 befinden. In den Forschungsprojekten gibt es die Bestrebungen, sich im weiteren Projektverlauf bis zum Projektende verbessern zu wollen und die Ziele der nachgelagerten Reifestufen zu erfüllen. Hierbei spielen auch der Projektumfang und die Forschungsmethodik eine wichtige Rolle, die Einfluss darauf haben, wie Forschungsdaten während der Projektlaufzeit zugänglich gemacht werden. Darüber hinaus sollten auch Fallbeispiele hö-

heren Reifegrades identifiziert werden, um aus den Aktivitäten und Umsetzungen dieser Projekte relevante Inhalte für die Reifegradmodelle identifizieren zu können. So kann auch die Reifegradbewertung der Stufe 3 und höher in Forschungsprojekten aufgezeigt werden. Trotz des normativen Charakters des Reifegradmodells sollen neben den bereits beschriebenen Zielen und Praktiken noch zusätzliche Hilfestellungen und zugehörige Materialien mit beigefügt werden, um Verbesserungen entsprechend der Ziele nachgelagerter Reifestufen vereinfacht vornehmen zu können. Alle Informationen über die Weiterentwicklung des Reifegradmodells und der Betrachtung weiterer relevanter Inhalte im Bezug zum FDM werden über Gitlab verfügbar gemacht.¹

Danksagung

Max Leo Wawer und Roland Lachmayer 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.

Literaturverzeichnis

- Becker, Jörg, Ralf Knackstedt und Jens Pöppelbuß. 2009. „Developing Maturity Models for IT Management“. *Business & Information Systems Engineering* 1:213–222. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>.
- CMMI Product Team. 2010. *CMMI for Development, Version 1.3*. Technischer Bericht. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. DOI: <https://doi.org/10.1184/R1/6572342.v1>. <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?AssetID=9661>.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V. 2019. *Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis*. Zenodo. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6472827>.
- Dierend, Hauke, Osman Altun, Iryna Mozgova und Roland Lachmayer. 2023. „Management of Research Field Data Within the Concept of Digital Twin“. In *Advances in System-Integrated Intelligence*, herausgegeben von Maurizio Valle, Dirk Lehmuhs, Christian Gianoglio, Edoardo Ragusa, Lucia Seminara, Stefan Bosse, Ali Ibrahim und Klaus-Dieter Thoben, 205–214. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-031-16281-7.
- Eynden, Veerle Van den, Louise Cortia nd Matthew Woollard, Libby Bishop und Laurence Horton. 2011. *Managing and sharing data: best practice for researchers*. UK Data Archive. ISBN: 1-904059-78-3.
- Gerhards, Lea, Marina Lemaire, Stefan Kellendonk und André Förster. 2020. „Das DIAMANT-Modell 2.0“. DOI: <https://doi.org/10.25353/UBTR-XXXX-F5D2-FFFF>.

¹ <https://git.rwth-aachen.de/nfdi4ing/s-1/fdm-reifegradmodelle>

- Hartl, Nathalie, Elena Wössner und York Sure-Vetter. 2021. „Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI)“. *Informatik Spektrum* 44 (5): 370–373. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00287-021-01392-6>.
- Iglezakis, Dorothea, und Björn Schembera. 2018. „Anforderungen der Ingenieurwissenschaften an das Forschungsdatenmanagement der Universität Stuttgart - Ergebnisse der Bedarfsanalyse des Projektes DIPL-ING“. *o-bib. Das offene Bibliotheksjournal* 5 (3): 45–60. DOI: <https://doi.org/10.5282/o-bib/2018H3S46-60>.
- ISO/IEC 33001. 2015. *Information technology — Process assessment — Concepts and terminology*. Technischer Bericht. ISO/IEC 33001:2015.
- Joo, Yeon Kyoung, und Youngseek Kim. 2017. „Engineering researchers’ data reuse behaviours: a structural equation modelling approach“. *The Electronic Library* 35 (6): 1141–1161. DOI: <https://doi.org/10.1108/EL-08-2016-0163>.
- Kowalczyk, Stacy T. 2018. „Modelling the Research Data Lifecycle“. *International Journal of Digital Curation* 12 (2): 331–361. DOI: <https://doi.org/10.2218/ijdc.v12i2.429>.
- Lehmann, Anna, und Carolin Odebrecht. 2023. „Reifegradmodelle im Forschungsdatenmanagement – IT-Prozessoptimierung im Wissenschaftsbetrieb“. *Information – Wissenschaft & Praxis* 74 (1): 9–21. DOI: <https://doi.org/10.1515/iwp-2022-2249>.
- Ludwig, Jens, und Harry Enke, Hrsg. 2013. *Leitfaden zum Forschungsdaten-Management: Handreichungen aus dem WissGrid-Projekt*. Glückstadt: Werner Hülsbusch. ISBN: 978-3-86488-032-2.
- Maxwell, Dan. 2015. „The Research Lifecycle as a Strategic Roadmap“. *Journal of Library Administration* 56 (2): 111–123. DOI: <https://doi.org/10.1080/01930826.2015.1105041>.
- Minn, Gisela, und Marina Lemaire. 2017. „Forschungsdatenmanagement in den Geisteswissenschaften“. In *Universität Trier eSciences Working Papers*, 32. 03. Universität Trier Servicezentrum eSciences.
- Mozgova, Iryna, Oliver Koepler, Angelina Kraft, Roland Lachmayer und Sören Auer. 2020. „Research Data Management System for a large Collaborative Project“. In *Balancing Innovation and operation*. The Design Society. DOI: <https://doi.org/10.35199/NORDDDESIGN2020.48>.
- Oppenländer, Jonas, Falko Glöckler, Jana Hoffmann und Claudia Müller-Birn. 2017. „Reifegradmodelle für ein integriertes Forschungsdatenmanagement in multidisziplinären Forschungsorganisationen“. In *E-Science-Tage 2017: Forschungsdaten managen*, herausgegeben von Jonas Kratzke und Vincent Heuveline, 53–64. heiBOOKS. DOI: <https://doi.org/10.11588/heibooks.285.377>.
- Patel, Manjula. 2011. „An Idealised Scientific Research Activity Lifecycle Model“. University of Bath.

- Paulk, Mark C., Bill Curtis, Mary Beth Chrissis und Charles V. Weber. 1993. „Capability Maturity Model, Version 1.1“. *IEEE Software* 10 (4): 18–27. ISSN: 0740-7459. DOI: <https://doi.org/10.1109/52.219617>.
- Proença, Diogo, und José Borbinha. 2018. „Maturity Models for Data and Information Management“. In *Digital Libraries for Open Knowledge*, herausgegeben von Eva Méndez, Fabio Crestani, Cristina Ribeiro, Gabriel David und João Correia Lopes, 81–93. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-030-00066-0.
- Qin, Jian, Kevin Crowston und Arden Kirkland. 2014. *A Capability Maturity Model for Research Data Management*. Technischer Bericht. NY: School of Information Studies, Syracuse University.
- Research Data Alliance FAIR Data Maturity Model Working Group. 2020. „FAIR Data Maturity Model: specification and guidelines“. DOI: <https://doi.org/10.15497/RDA00050>.
- RfII - Rat für Informationsinfrastrukturen. 2019. *RfII-Empfehlungen zur Zukunftsfähigkeit von Forschung im digitalen Wandel – November 2019*. <https://rfii.de/?p=4043>.
- Wawer, Max Leo. 2023. *Reifegradmodell für das Management des Datenzugriffs*. Präsentation. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7730556>.
- Wilkinson, Mark D., Michel Dumontier, IJsbrand Jan Aalbersbergand, Gabrielle Appleton, Myles Axtonand, Arie Baakand, Niklas Blombergand u. a. 2016. „The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship“. *Scientific data* 3 (1): 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.
- Wissik, Tanja, und Matej Ďurčo. 2015. „Research Data Workflows: From Research Data Lifecycle Models to Institutional Solutions“. In *Linköping Electronic Conference Proceedings*. 123.
- Wolf, Armin Harry, und Cindy Leppla. 2020. „Harmonisierung von Datenlebenszyklus-Modellen: Nutzung von Synergien für optimierte Anwendungen im FDM“. *Bausteine Forschungsdatenmanagement*, Nr. 2: 1–19. DOI: <https://doi.org/10.17192/BFDM.2020.2.8281>.