
Reifegradmodelle für ein integriertes Forschungsdatenmanagement in multidisziplinären Forschungsorganisationen

Jonas Oppenländer¹, Falko Glöckler², Jana Hoffmann³, Claudia Müller-Birn⁴

1,4 Institut für Informatik, FU Berlin

2,3 Museum für Naturkunde, Berlin

Zusammenfassung. Forschungsdatenmanagement (FDM) ist ein relativ junges Forschungsgebiet in Deutschland. Der Fokus der FDM-Bestrebungen liegt oft auf dem Ausbau der Infrastruktur und der effizienten Speicherung der Daten einzelner Wissenschaftsdisziplinen oder Communities. Ein integriertes Forschungsdatenmanagement sollte jedoch an den Forschungsprozessen ausgerichtet sein und die Bedeutung der Daten über disziplinäre Grenzen hinweg sicherstellen.

Multidisziplinäre Forschungsorganisationen, wie beispielsweise Forschungsmuseen, zeichnen sich durch sehr heterogene Forschungsdaten aus, die oft in stark voneinander abweichenden Forschungspraktiken und Analysemethoden erzeugt werden. Damit wird der Aufbau eines nachhaltigen Forschungsdatenmanagements erschwert. Es fehlt eine ganzheitliche Betrachtung und Modellierung des FDMs, welches als Grundlage für strategische Entscheidungen genutzt werden kann. Eine solche Betrachtung sollte konkrete Handlungsmöglichkeiten in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand des Forschungsdatenmanagements der jeweiligen Forschungsbereiche und Forschungsprojekte aufzeigen. Reifegradmodelle, wie z.B. das Capability Maturity Model (CMM), können diese Lücke schließen. Sie ermöglichen es (1) bestehende Praktiken in Organisationen zu erheben und zu bewerten; (2) neue Handlungsoptionen und Entwicklungsmöglichkeiten anhand ihres Fähigkeitsgrades abzuleiten; sowie (3) notwendige fachliche Ressourcen und weitere Mittel zu identifizieren.

In dem Forschungsvorhaben int.FDM soll ein Reifegradmodell für integriertes Forschungsdatenmanagement entwickelt werden, welches in multidisziplinären Forschungsorganisationen eingesetzt werden kann. Als paradigmatische Struktur für multidisziplinäre Forschungsorganisationen sollen in diesem Vorhaben Forschungsprozesse am Museum für Naturkunde (MfN), dem Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, dienen. Dieser Beitrag wird eine Übersicht über bestehende Reifegradmodelle im FDM geben und das geplante Forschungsvorhaben näher beschreiben.

Schlagwörter. Forschungsdatenmanagement, Forschungsdaten, multidisziplinäre Forschungsorganisationen, heterogene Daten, Reifegradmodell

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten wurde die Forschungspraxis innerhalb aller Disziplinen zunehmend datenintensiv. Diese methodische Änderung wird oft als das „vierte Paradigma“ der wissenschaftlichen Forschung bezeichnet (Hey 2009). Daten sind die Grundlage für neues Wissen. Sie können als Synchronisationspunkt angesehen werden, an dem sich unterschiedliche Fachdisziplinen mit ihren teilweise sehr unterschiedlichen Fragestellungen treffen. Wie kann aber das Wissen über die Daten und ihre Bedeutung über disziplinäre Grenzen hinweg sichergestellt werden? Ein integrier-

tes Forschungsdatenmanagement (FDM) ist eine zentrale Basis dafür. In dessen Zentrum steht die gesamte Praxis des Umgangs mit Forschungsdaten (Kindling und Schirnbacher 2013). FDM ist in Deutschland im Vergleich zum angloamerikanischen Raum ein relativ junges Forschungs- bzw. Themengebiet. Der Fokus der FDM-Bestrebungen liegt oft auf der Infrastruktur und Speicherung der Daten sowie der Bereitstellung und Veröffentlichung für spezielle Wissenschaftsdisziplinen und Communities.

Überblick über bestehende Ansätze des FDMs

Beim Aufbau eines nachhaltigen Forschungsdatenmanagements sehen sich Forschungsorganisationen mit einer Vielzahl von nationalen und internationalen Ansätzen konfrontiert, die es innerhalb der eigenen Strategie zu berücksichtigen gilt. Ein Überblick findet sich in Burger et al. (2013) und wird in Tabelle 1 anhand von Beispielen genauer erläutert.

Tabelle 1. Übersicht der Handlungsempfehlungen und Betrachtungsebenen.

Schwerpunkt	Ansatz	Beispiel
International	Handlungsempfehlungen	European Open Science Agenda (RTD 2016)
	Richtlinien & Policies	Open Science Policy (Open Science Policy Platform 2016)
		Guidelines on FAIR Data Management in Horizon 2020 (EC 2016)
Prinzipien & Grundsätze	Fair Data Principles (FORCE11 o.J.)	
National	Handlungsempfehlungen	Empfehlungen zu Strukturen, Prozessen und Finanzierung des Forschungsdatenmanagements in Deutschland (RfiI 2016)
		Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Empfehlungen der Kommission „Selbstkontrolle in der Wissenschaft“ (DFG 2013)
		Empfehlungen der Hochschulrektorenkonferenz (HRK 2015)
	Richtlinien & Policies	Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten (DFG 2015)
		Richtlinien für Zuwendungsanträge auf Ausgabenbasis (BMBF o. J.)
	Prinzipien & Grundsätze	Grundsätze zum Umgang mit Forschungsdaten (Allianzinitiative 2010)
Gesetze	Bundesdatenschutzgesetz (Recht 2016)	
Organisationsbezogen	Handlungsempfehlungen	Handlungsempfehlungen in Ergänzung zu den Grundsätzen zum Umgang mit Forschungsdaten (HU Berlin 2014b)
	Richtlinien & Policies	Leitfaden zum Forschungsdaten-Management (Ludwig und Enke 2013)
		Leitlinien zum Umgang mit digitalen Forschungsdaten an der TU Darmstadt (TU Darmstadt 2015)
	Prinzipien & Grundsätze	Grundsätze zum Umgang mit Forschungsdaten an der Humboldt-Universität zu Berlin (Forschungsdaten-Policy) (HU Berlin 2014a)
	Checklisten	Checkliste zum Forschungsdatenmanagement (Enke et al. 2011)
	Lebenszyklusmodelle	DCC Curation Lifecycle Model (Higgins 2008)
Datenmanagementpläne	Anleitung zur Erstellung eines Datenmanagementplans (HU Berlin 2014c)	

Auf nationaler Ebene regeln Fördereinrichtungen wie die DFG den Umgang mit Forschungsdaten im Rahmen ihrer Förderrichtlinien¹. Die Herausforderung besteht darin, die Empfehlungen und Richtlinien im organisationsbezogenen FDM zu verankern, um sowohl die Anforderungen der Fördergeber, als auch die der eigenen Forschungsorganisation adäquat aufeinander abzustimmen. Die zahlreichen existierenden Leitlinien und Empfehlungen helfen zwar bei dem Aufbau eines strategischen FDM-Ansatzes, sind aber als Werkzeug zur kontinuierlichen Erfassung des Zustands des FDMs in einer multidisziplinären Forschungsorganisation unzureichend (Kindling et al. 2013). Datenmanagementpläne (DMP) hingegen sind eher vorhabenspezifisch und oft sehr stark auf die konkreten Vorgaben der Förderorganisationen ausgerichtet. Bestehende institutionelle Besonderheiten können daher nur schwer oder gar nicht in den Datenmanagementplänen berücksichtigt werden.

Herausforderung des FDMs in multidisziplinären Forschungsorganisationen

An multidisziplinären Organisationen, wie Hochschulen und Forschungsmuseen, stellt das Management von Forschungsdaten eine besondere Herausforderung dar. Es stellt sich die Frage, wie man den Zustand des Forschungsdatenmanagements an multidisziplinären Einrichtungen erfassen und bewerten kann. Die Herausforderungen bestehen in (1) den komplexen Anforderungen der unterschiedlichen Stakeholder (interner und externer Akteure) und Zielgruppen, (2) der Datenheterogenität im Hinblick auf Volumen, Komplexität, Langlebigkeit und Strukturierungsgrad, (3) den großen Unterschieden in der Datengenerierung, den Analyseverfahren und Forschungspraktiken sowie (4) den unterschiedlichen Standards. Es fehlt eine ganzheitliche Betrachtung und Modellierung des FDMs unter Berücksichtigung aller Stakeholder, Prozessarten und Entwicklungsstufen des FDMs als Grundlage für strategische Entscheidungen.

Reifegradmodelle im Forschungsdatenmanagement

Reifegradmodelle können als ein Lösungsansatz für eine umfassende und kontinuierlich nachgeführte Modellierung von Organisationsstrukturen des FDMs in einer Forschungsorganisation genutzt werden. Ausgangspunkt der Reifegradmodelle ist die stichtagsbezogene oder regemäßige Bewertung der Prozesse einer Forschungsorganisation. Reifegradmodelle sind auch ein Werkzeug für das Management kultureller Veränderungsprozesse. Das bekannteste Reifegradmodell wird im folgenden Kapitel kurz beschrieben. Anschließend werden speziell an das FDM angepasste Reifegradmodelle vorgestellt.

Grundlegende Begriffe

Die Grundlage aller später entwickelten Reifegradmodelle bildet das Capability Maturity Model (CMM). Das CMM wurde am Software Engineering Institute der Carnegie Mellon Universität in Pittsburgh im Jahre 1984 entwickelt (Paulk et al. 1993). Das ursprüngliche Ziel des Modells war die Bewertung der Qualität der Softwareentwicklungsprozesse von Organisationen. Das CMM

1 Vgl. https://www.cms.hu-berlin.de/de/dl/dataman/arbeiten/dmp_erstellen/foerderer.

kann zur statischen Messung des Reifegrads (staged model) oder zur kontinuierlichen Verbesserung (continuous model) der Organisation eingesetzt werden. Die statische Messung der Reifegrade (maturity levels) findet vor allem bei der Betrachtung der gesamten Organisation Anwendung, während sich die kontinuierliche Verbesserung des Reifegrads auf die Ermittlung der Fähigkeitsgrade (capability levels) in den einzelnen Prozessbereichen fokussiert. Im CMM wurden fünf aufeinander aufbauende Reifegrade bzw. Fähigkeitsgrade definiert (initial, repeatable, defined, managed, optimizing). Jedem Reifegrad sind Prozesse zugeordnet, welche wiederum in verschiedene Prozessbereiche (process areas) gruppiert sind. Den Prozessen sind generische und spezifische Ziele (generic goals and specific goals) zugeordnet. Die Ziele werden jeweils durch mehrere Praktiken (practices) beschrieben. Generische Ziele (und deren zugehörigen Praktiken) beziehen sich auf mehrere Prozessbereiche. Der Reifegrad einer Organisation in den definierten Prozessbereichen kann durch standardisierte Erhebungsmethoden, z.B. SCAMPI (SEI 2011), bestimmt werden. Die Messung des Reifegrads erfolgt von den Praktiken über die Prozesse hin zum Prozessbereich. Die spezifischen Ziele müssen im CMM erfüllt sein, um den Reifegrad in dem jeweiligen Prozessbereich nachzuweisen.

Das CMM wurde im Jahre 2003 in das Capability Maturity Model Integration (CMMI) erweitert, um die bessere Übertragbarkeit auf Organisationen in der (Software-)Entwicklung, Beschaffung und dem Service zu gewährleisten. Es wurde in zehn Sprachen übersetzt und in Organisationen in über 100 Ländern angewandt².

Vergleich bestehender Reifegradmodelle

Das CMM wurde seit seiner Entwicklung auf unterschiedliche Anwendungsbereiche übertragen bzw. angepasst. Beispiele sind das ITIL³-Maturity-Model für IT-Service-Organisationen (ITIL 2013), der Bereich des Projektmanagements (Crawford 2007), das Supply Management (Mettler 2010) und andere Businessprozesse (OMG 2008). Speziell für das Datenmanagement entwickelte Reifegradmodelle wurden im angloamerikanischen Raum durch Organisationen wie Microsoft und Fannie Mae implementiert⁴. Die Nutzung von Reifegradmodellen im Forschungsdatenmanagement befindet sich in Deutschland jedoch noch am Anfang.

Es wurden insgesamt neun Reifegradmodelle im Forschungsdatenmanagement durch eine bestehende Übersicht (Becker et al. 2009) und weitere Recherchen (Online-Suchmaschine) identifiziert (Tabelle 2). Diese Modelle wurden in unterschiedlichen Kontexten entwickelt und von privaten Instituten (DMM), Unternehmen (DGCMM, MIKE2.0-IMM), aber auch für Organisationen (CMM-RDM, DSMM) und auf nationaler Ebene (RDMCMG) herausgegeben.

2 Vgl. <http://cmmiinstitute.com>.

3 Information Technology Infrastructure Library

4 Vgl. <http://cmmiinstitute.com/resource-tag/case-study>.

Tabelle 2. Übersicht bestehender Reifegradmodelle für das FDM.

Reifegradmodell	Akronym	Herausgeber	Quelle
Data Management Maturity	DMM	CMMI Institute	CMMI Institute 2014
Data Management Capability Assessment Model	DCAM	Enterprise Data Management Council (EDM)	edmcouncil.org
CMM for Scientific Data Management	CMM-RDM	Syracuse University	Qin et al. 2014
IBM Data Governance Council Maturity Model	DGCMM	IBM	IBM 2007
Method for an Integrated Knowledge Environment (MIKE2.0) Information Maturity Model	MIKE2.0-IMM	BearingPoint	openmethodology.org
Data Management Practice Maturity	DMPM	Data Blueprint & Virginia Commonwealth University	Aiken et al. 2007
Scientific Data Stewardship Maturity Matrix	DSMM	North Carolina State University	Peng et al. 2015
Research Data Management Capability Maturity Model	RDMCMG	Australian National Data Service (ANDS)	ANDS 2017
Managing Research Data Project Maturity Model	JISCMRD	Joint Information Systems Committee (JISC)	Fowler 2012

Die Prozessbereiche der Modelle wurden aufgrund ihres Wortlauts analysiert und verglichen (Tabelle 3). Die Kategorien wurden dabei iterativ durch offenes Kodieren entwickelt.

Die Reifegradmodelle sind stark auf Infrastruktur (Technologie, Architektur) fokussiert. Strategie, Governance und Datenqualität nehmen ebenfalls einen hohen Stellenwert in den Modellen ein. Die interne Organisation wird von vier der neun Modelle mit mindestens einem eigenen Prozessbereich berücksichtigt. Ein eigenständiger Prozessbereich, der die Stakeholder berücksichtigt, findet sich jedoch nur in zwei der untersuchten Reifegradmodelle. Gerade externe Organisationen, deren Einfluss durch Regeln, Empfehlungen und Förderrichtlinien wie oben beschrieben nicht zu vernachlässigen ist, werden in den Reifegradmodellen nur ungenügend berücksichtigt. Auch die Datensicherheit nimmt nur in zwei Modellen einen eigenen Prozessbereich ein. Die Kommunikation, Nachverwendung und Visualisierung der Daten haben im Vergleich zu den Prozessbereichen einen geringen Stellenwert. Das Training nimmt nur im JISC-Modell einen eigenen Prozessbereich ein.

Tabelle 3. Vergleich der Prozessbereiche der Reifegradmodelle.

	DMM	DCAM	CMM-RDM	DGCMM	Mike2.0-IMM	DMPM	DSMM	RDMCMG	JISCMRD
Data Strategy (Strategie und strategische Planung)	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
Data Governance (Governance, Management, Stewardship, Arbeitsanweisungen, Anforderungsmanagement, Integrität)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Data Infrastructure (Technologie, Architektur, Infrastruktur, Speicherung & Preservation)	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Data Quality Management (Analyse, Monitoring & Control, Qualitätskontrolle, Audits)	✓	✓		✓	✓	✓	✓		
Data Risk Management (Risikomanagement & Konformität)	✓			✓	✓				✓
Data Curation (Kuration, Akquisition & Integration)	✓		✓	✓		✓			
Data Communication (Daten-Repräsentation, Usability, Verbreitung & Publikation, Interne und Externe Kommunikation)			✓				✓		
Data Security (Sicherheit, Datenschutz & Zugang)				✓			✓		
Data Stakeholder Management (Stakeholdermanagement und -pflege, Finanzierung der Datenverwaltung)	✓								✓
Organisation (Struktur der internen Organisation, Unterstützungsprozesse und -Services)				✓	✓	✓		✓	
Training (Mitarbeitertraining, Workshops, etc.)									✓

Reifegradmodell für integriertes FDM an multidisziplinären Forschungsorganisationen

Ziel des hier beschriebenen Forschungsvorhabens ist es, ein angepasstes Reifegradmodell für integriertes Forschungsdatenmanagement (int.FDM) zu entwickeln. Dieses Reifegradmodell soll in multidisziplinären Forschungsorganisationen eingesetzt werden, um in Abhängigkeit vom Ent-

wicklungsstand des FDMs Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung einer nachhaltigen FDM-Strategie verwendet werden. Darüber hinaus sollen konkrete Problembereiche sichtbar werden. Das langfristige Ziel ist eine auf der Ausgangsanalyse aufbauende kontinuierliche Erfassung des Entwicklungsstands zu etablieren und so zur kontinuierlichen Verbesserung und modellbasierten Steuerung der FDM-Strategieimplementierung beizutragen. Als paradigmatische Struktur für multidisziplinäre Forschungsorganisationen dienen Forschungsprozesse am Museum für Naturkunde (MfN).

Das Museum für Naturkunde, Berlin

Das Museum für Naturkunde (MfN) ist ein integriertes Forschungsmuseum der Leibniz Gemeinschaft. Es stellt eine bedeutende Forschungsinfrastruktur in der internationalen und nationalen Forschungslandschaft dar. Die Forschung am MfN ist in vier Forschungsbereichen organisiert, die sich schwerpunktmäßig spezifischen Forschungsleitthemen widmen, wie z.B. der Genomik der Artbildung, der Evolutionären Morphologie, der Biodiversitätsdynamik und der Impakt- und Meteoritenforschung, aber auch der wissenschaftlichen Sammlung als globale Forschungsinfrastruktur, der Integrativen Biodiversitätsentdeckung, der Dynamischen Informations- und Wissensintegration sowie dem Wissens- und Technologietransfer⁵. Der Forschungsbereich Digitale Welt und Informationswissenschaft unterstützt den Prozess des FDMs im MfN auf allen Ebenen. Die wissenschaftlichen Sammlungen mit mehr als 30 Millionen biologischen, paläontologischen und mineralogischen Objekten werden durch die umfangreichen Bestände der Bibliothek, des Tierstimmenarchivs und der historischen Arbeitsstelle ergänzt. Die digitale Erschließung dieser Bestände, sowie deren Bereitstellung und Verfügbarmachung in Forschungsdatenbanken, z.B. European⁶, GeoCASE⁷, Global Biodiversity Information Facility (GBIF)⁸ und GFBio⁹, ist eine zentrale Aufgabe des MfN. Darüber hinaus betreibt das MfN eine Vielzahl hochmoderner Laboratorien und IT-Forschungsinfrastrukturen für die Beforschung geo- und biowissenschaftlicher Fragestellungen, z.B. das MicroCT-Labor¹⁰ und das Rechenlabor für Impaktmodellierung und Genomik.

Forschungsdaten entstehen am MfN bei der Forschung an Objekten. Daher können zwei Formen von Daten unterschieden werden: sammlungsbezogene Forschungsdaten und genuine Forschungsdaten, z.B. Messdaten, Beobachtungsdaten und Modellierungsdaten. Sammlungsbezogene Forschungsdaten sind „Metadaten“ der physischen Objekte, aber auch digitale Medien und digitale Sammlungen (z.B. Volumendaten aus der Computertomographie). Diese sammlungsbezogenen Forschungsdaten werden kontinuierlich erweitert und unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Genuine Forschungsdaten entstehen ebenfalls bei der (sammlungsbezogenen) wissenschaftlichen Arbeit und können durchaus auch ohne direkten Bezug zur Infrastruktur der Objektsammlung betrachtet werden. Das Management dieser Daten unterliegt in der Regel den jeweiligen Vorgaben und Bestimmungen der Projektträger sowie der guten wissenschaftlichen Praxis im Umgang mit Forschungsdaten. Der Übergang zwischen Sammlungs- und Forschungsdaten ist fließend.

5 Vgl. <https://www.naturkundemuseum.berlin/de/einblicke/forschung>.

6 Vgl. <http://www.europeana.eu/portal/de>.

7 Vgl. <http://www.geocase.eu/>.

8 Vgl. <http://www.gbif.org/>.

9 Vgl. <https://www.gfbio.org/>.

10 Vgl. <https://muellerlaboratory.wordpress.com/ct-facility/>.

Int.FDM

Das int.FDM Reifegradmodell soll (1) eine strukturelle Analyse der Entstehung und Verwertung der Daten im Forschungsprozess erlauben, (2) ein flexibles, anpassbares und verbindliches Werkzeug zur Vermittlung der modellierten Strukturen aller am Forschungsprozess Beteiligten darstellen, (3) die Ableitung neuer Handlungsoptionen und Entwicklungsmöglichkeiten anhand ihres Fähigkeitsgrades erlauben und (4) die Identifizierung notwendiger fachlicher Ressourcen und Sachmittel ermöglichen. Dabei sollen bestehende FDM-Praktiken in multidisziplinären Forschungsorganisationen abhängig von der Governance-Ebene, z.B. Förderer, Projekt, Forscher, und unter Berücksichtigung des Forschungsdatenlebenslaufes erhoben und bewertet werden. Eine organisationsweite Anwendung soll durch die angestrebte Integration mit bestehenden FDM-Werkzeugen, z.B. RDMO (Research Data Management Organizer)¹¹, ermöglicht werden.

Ausblick

Die nächsten Schritte sind eine Bewertung der bestehenden Reifegradmodelle bezüglich ihrer Fähigkeit Governance- und Stakeholderebenen abzubilden, eine Eignungsanalyse der bestehenden Modelle zur Bestimmung des Reifegrads des FDM in einer multidisziplinären Organisation und das Testen des entwickelten Modells an konkreten Anwendungsfällen.

Dazu soll wie im Folgenden beschrieben vorgegangen werden. Das int.FDM Reifegradmodell wird im Vergleich zu bestehenden Reifegradmodellen um Governance-Ebenen für die Prozessbereiche und Leistungsindikatoren in Abhängigkeit von den Prozessbereichen und Fähigkeitsgraden erweitert. Durch die Entwicklung von Ansätzen zur Modellkalibrierung wird sichergestellt, dass es in unterschiedlichen Kontexten angewendet werden kann. Eine nutzerzentrierte Modellvalidierung soll gewährleisten, dass im theoretischen abgeleiteten Modell die Bedürfnisse der Fachexperten und der Anwender berücksichtigt werden. Dazu werden vorab Kriterien entwickelt, mit Hilfe derer die Erkenntnisse aus der Experten- und Anwenderperspektive bewertet werden können. Neben der Validierung ist die Verifizierung ein zentraler Prozessschritt bei der nachhaltigen Entwicklung eines Reifegradmodells für integriertes Forschungsdatenmanagement. Dafür werden Pilotprojekte am MfN ausgewählt, die als repräsentativ für multidisziplinäre Forschungsorganisationen gelten können. In einem ersten Schritt werden die für die Modellkalibrierung erforderlichen Stakeholder in den Projekten identifiziert und eine Kalibrierung durchgeführt. Anschließend erfolgt die Anwendung der jeweiligen Reifegradmodelle in Pilotprojekten. Der Vergleich der Ergebnisse der Modellanwendung werden genutzt, um die strategischen Handlungsfelder zu bestimmen, Managementoptionen abzuleiten und das Modell letztendlich weiter zu entwickeln.

11 Vgl. <https://rdmorganiser.github.io/>.

Literaturangaben

- Aiken, P. H., M. D. Allen, B. Parker, und A. Mattia. 2007. „Measuring Data Management Practice Maturity: A Community’s Self-Assessment”. *IEEE Computer* 40: 4, 42-50.
- Allianzinitiative. 2010. „Grundsätze zum Umgang mit Forschungsdaten“. Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen. Online verfügbar unter: <http://www.allianzinitiative.de/de/> zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- ANDS - Australian National Data Service. 2017. “Creating a data management framework”. Online verfügbar unter http://www.ands.org.au/_data/assets/pdf_file/0005/737276/Creating-a-data-management-framework.pdf. zuletzt geprüft am 10.08.2017
- Becker, J., R. Knackstedt, und J. Pöppelbuß 2009. „Dokumentationsqualität von Reifegradmodellentwicklungen“. Arbeitsbericht Nr. 123, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik, Münster.
- BMBF (o.J.): Richtlinien für Zuwendungsanträge auf Ausgabenbasis - AZA. Vordruck Nr. 0027. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.).
- Burger, M., M. Kindling, L. Liebenau, C. Lienhard, S. Lilienthal, P. Plewka, S. Pohlkamp, K. Reinhardt, M. Rügenhagen, K. Schulz, E. Simukovic, K. Sticht und M. Walther. 2013. *Forschungsdatenmanagement an Hochschulen: Internationaler Überblick und Aspekte eines Konzepts für die Humboldt-Universität zu Berlin*. Humboldt-Universität zu Berlin. urn:nbn:de:kobv:11-100210226.
- CMMI Institute. 2014. *Data Management Maturity Model*. Version 1.0. CMMI Institute.
- Crawford, J. K. 2007. *Project Management Maturity Model*. 2. Edition. Boca Raton, FL: Auerbach/CRC Press.
- DFG. 2013. Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Empfehlungen der Kommission „Selbstkontrolle in der Wissenschaft“. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Wiley, 1. Auflage.
- DFG. 2015. Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.). Online verfügbar unter http://www.dfg.de/foerderung/antragstellung_begutachtung_entscheidung/antragstellende/antragstellung_nachnutzung_forschungsdaten/
- EC. 2016. H2020 Programme: Guidelines on FAIR Data Management in Horizon 2020. Europäische Kommission, Directorate-General for Research & Innovation (Hrsg.). Version 3.0, 26 July 2016.
- Enke, H., N. Fiedle, T. Fischer, T. Gnadt, E. Ketzan, J. Ludwig, T. Rathmann, G. Stöckle. 2011. Checkliste zum Forschungsdaten-Management. Version 0.6. Entwurfsversion zur öffentli-

chen Kommentierung. WissGrid (Hrsg.), Online verfügbar unter: <http://www.wissgrid.de/publikationen/deliverables/wp3/WissGrid-oeffentlicher-Entwurf-Checkliste-Forschungsdaten-Management.pdf>.

FORCE11 (Hrsg.) (o.J.): The Fair Data Principles - For Comment. FORCE11-Webseite. Online verfügbar unter: <https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples>.

Fowler, S. 2012. JISC Managing Research Data Project Maturity Model. Online verfügbar unter http://www2.uwe.ac.uk/services/library/using_the_library/Services%20for%20researchers/maturity-model-v.1.1.pdf.

Hey, T., S. Tansle, K. M. Tolle et al..2009. *The fourth paradigm: data-intensive scientific discovery*. 1. Auflage. Redmond, WA, Vereinigte Staaten: Microsoft Research.

Higgins, S.. 2008. *The DCC Curation Lifecycle Model*. *Int. Journal of Digital Curation* 3: 1, 134-140.

HRK. 2015. *Wie Hochschulleitungen die Entwicklung des Forschungsdatenmanagements steuern können: Orientierungspfade, Handlungsoptionen, Szenarien*. 19. Mitgliederversammlung der Hochschulrektorenkonferenz. 10. November 2015, Kiel.

HU Berlin. 2014a. Grundsätze zum Umgang mit Forschungsdaten an der Humboldt-Universität zu Berlin (Forschungsdaten-Policy). Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.).

HU Berlin. 2014.b. Handlungsempfehlungen in Ergänzung zu den Grundsätzen zum Umgang mit Forschungsdaten an der Humboldt-Universität zu Berlin. Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.).

HU Berlin. 2014c. Anleitung zur Erstellung eines Datenmanagementplans (DMP) in Horizon 2020. Version 0.6. Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.).

IBM. 2007. The IBM Data Governance Council Maturity Model: Building a roadmap for effective data governance. IBM Software Group (Hrsg.), Somers, New York.

ITIL.2013. ITIL Maturity Model and Self-assessment Service. User Guide. Axelos Ltd., Oktober 2013.

Kindling, M. und P. Schirnbacher. 2013. „Die digitale Forschungswelt als Gegenstand der Forschung“. *Information - Wissenschaft & Praxis* 64: 2-3, 137-148.

Kindling, M., P. Schirnbacher, und E. Simukovic. 2013. „Forschungsdatenmanagement an Hochschulen: das Beispiel der Humboldt-Universität zu Berlin“. *LIBREAS*. Library Ideas, Nr. 23.

- Ludwig, J. und H. Enke (Hrsg.). 2013. Leitfaden zum Forschungsdaten-Management. Handreichungen aus dem WissGrid-Projekt. Online verfügbar unter https://escience.aip.de/ak-forschungsdaten/wp-content/uploads/2013/09/Leitfaden_Data-Management-WissGrid.pdf.
- Mettler, T. 2010. „Supply Management im Krankenhaus: Konstruktion und Evaluation eines konfigurierbaren Reifegradmodells zur zielgerichteten Gestaltung“. Dissertation Nr. 3752, Universität Sankt Gallen, Sierke Verlag, Göttingen.
- OMG. 2008. *Business Process Maturity Model (BPMM)*. Version 1.0. Object Management Group, Inc. (Hrsg.). Juni 2008.
- Open Science Policy Platform. 2016. European Open Science Policy Platform. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-policy-platform>.
- Paulk, M. C., B. Curtis, M. B. Chrissis, und C. V. Weber. 1993. *Capability Maturity Model for Software*. Version 1.1. Technischer Report. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon Universität, Pittsburgh, Pennsylvania, Vereinigte Staaten, Februar 1993.
- Peng, G., J. L. Privette, E. J. Kearns, N. A., Ritchey, S. Ansari. 2015. “A unified framework for measuring stewardship practices applied to digital environmental datasets”. *Data Science Journal* 13, 231-253.
- Qin, J., K. Crowston, C. Flynn, und A. Kirkland. 2014. *A Capability Maturity Model for Research Data Management. Projektreport*, Version 1.0, Syracuse University, Vereinigte Staaten.
- Recht, G. 2016. *Bundesdatenschutzgesetz (BDSG)*. Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), 2. Auflage.
- RfII. 2016. *Leistung aus Vielfalt. Empfehlungen zu Strukturen, Prozessen und Finanzierung des Forschungsdatenmanagements in Deutschland*. Rat für Informationsinfrastrukturen (Hrsg.), Göttingen.
- RTD (Hrsg.). 2016. Draft European Open Science Agenda. Directorate-General for Research and Innovation (RTD). Online verfügbar unter: http://ec.europa.eu/research/openscience/pdf/draft_european_open_science_agenda.pdf.
- SEI. 2011. Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM) A, Version 1.3: Method Definition Document. Software Engineering Institute (Hrsg.), März 2011. Online verfügbar unter: <http://www.sei.cmu.edu/reports/11hb001.pdf>
- TU Darmstadt. 2015. Leitlinien zum Umgang mit digitalen Forschungsdaten an der TU Darmstadt. Stand: 16.12.2015.