Virtuelle Forschungsumgebungen zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit

Maxi Kindling | Maxi.kindling@hu-berlin.de

Die Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern basiert zunehmend auf der Unterstützung durch digital vernetzte Informationsinfrastrukturen. Diese werden auch unter Begriffen wie e-Research und Cyberinfrastructure zusammengefasst. Die institutions-, projekt- und disziplinübergreifende Kooperation und Kollaboration erfolgt dabei unter Zuhilfenahme elektronischer Ressourcen und Werkzeuge. Eine Erscheinungsform stellen Virtuelle Forschungsumgebungen dar. Der Beitrag liefert einen Überblick zum Thema, eine Problematisierung zur Begriffsbestimmung Virtueller Forschungsumgebungen und benennt Entwicklungen und Aktivitäten an der Humboldt-Universität zu Berlin.

Beispiele Virtueller Forschungsumgebungen

Unter Wissenschaft im „virtuellen Raum“ lassen sich verschiedene Phänomene zusammenfassen. Dazu können Forscherinnen und Forscher gehören, die von verschiedenen Standorten ein gemeinsames Projekt unter der Anwendung von Softwareapplikationen über das World Wide Web (WWW) planen oder wissenschaftliche Daten über mobile Endgeräte wie etwa Smartphones zusammentragen. Sie erzeugen durch Experimente riesige Mengen digitaler Forschungsdaten und annotieren diese mithilfe von digitalen Werkzeugen gemeinschaftlich, erstellen kollaborativ Publikationen und verteilen sie über webbasierte Kanäle. Häufig steht dies in Verbindung mit Begrifflichkeiten wie *e-Science, e-Research, Cyberscience, Cyberinfrastructure oder auch Virtual Research Environments.*[1]

In Deutschland werden diese Entwicklungen und das begriffliche Verständnis Virtueller Forschungsumgebungen durch die Projektförderungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der D-Grid-Initiative (seit 2004)[2] und durch Projektförderungen (seit 2008) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)[3] geprägt.

An der Humboldt-Universität zu Berlin finden sich zwei Projekte, die durch das Förderprogramm im Bereich der Informationsinfrastrukturförderung (Wissenschaftliche Literaturversorgungs- und Informationssysteme LIS, Förderbereich Informationsmanagement) der DFG unterstützt werden: das Projekt „Historisches Forschungsnetz“ des Instituts für Geschichtswissenschaften sowie das Projekt „Meta-Image“ im Bereich der Kunst- und Bildgeschichte mit Projektpartnern am Computer- und Medienservice der Humboldt-Universität, der Leuphana Universität Lüneburg sowie der Universität zu Köln.

Das Projekt „Historisches Forschungsnetz“[4] ist aus einer Kooperation des interdisziplinären Forums „H-Soz-u-Kult“ und des Fachportals „Clio-Online“ entstanden. Es vereint gewissermaßen die Angebote beider Projekte mit den Zielen der „Unterstützung der arbeitsteiligen Erschließung, Bearbeitung und Veröffentlichung von Forschungsinformationen“[5] im Bereich der Geschichtswissenschaften sowie der „Bereitstellung von Kommunikationsinfrastrukturen, die wiederum Perspektiven zur weiteren Spezialisierung bzw. Bearbeitung von Forschungsthemen eröffnen können.“[6] Eine ausführliche Darstellung des Projektes und seiner Verortung innerhalb der sogenannten „eHumanities“ erfolgt

1 Die Verwendung dieser Begriffe erfolgt im Abstract und an dieser Stelle des Beitrags stark verallgemeinert.
2 Vgl. http://www.d-grid.de/
3 Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/infrastruktur/lis/lis_themenschwerpunkt_digitale_information/lis_informationsmanagement/index.html#micro161625
4 Vgl. http://www.geschichte.hu-berlin.de/site/lang__de/mid__11187/ModeID__0/PageID__2797/3675/default.aspx
5 Meyer, Thomas: Virtuelle Forschungsumgebungen in der Geschichtswissenschaft – Lösungsansätze und Perspektiven. In: LIBREAS. Library Ideas 18/2011. http://edoc.hu-berlin.de/libreas/18/meyer-thomas-32/PDF/meyer.pdf, S. 11, 2011
6 Ebd.

durch den Projektmitarbeiter Thomas Meyer im eJournal LIBREAS. Library Ideas.[1]

Im Projekt „Meta-Image“[2] wird eine Arbeits- und Forschungsumgebung für den Bilddiskurs in der Kunstgeschichte weiterentwickelt, die auf dem Bilddatenbankenverbund „prometheus“ und einem Bild-Annotations-Werkzeug aufbaut. Das Projekt wird ausführlich im nachfolgenden Beitrag beschrieben.[3]

Mit großer Wahrscheinlichkeit sind weitere, bislang ungezählte, Humboldtianer in verschiedenen Initiativen und Projekten (wie beispielsweise EU-Projekten, Sonderforschungsbereichen, Kooperationen mit außeruniversitärer Forschung oder Exzellenzclustern) aktiv, die sich in ähnlicher Weise dem Bereich der Virtuellen Forschungsumgebungen zuordnen lassen.

Eng verzahnt sind die genannten Entwicklungen mit Initiativen, die sich dem Umgang mit digitalen Forschungsdaten, ihrer Bereitstellung und ihrer Nachnutzbarkeit widmen.[4] Für diesen Bereich sei beispielhaft das disziplinär ausgerichtete Projekt LAUDATIO (Long term Access and Usage of Deeply Annotated Information) erwähnt, das in einer Kooperation des Instituts für deutsche Sprache und Linguistik mit dem Computer- und Medienservice der Humboldt-Universität im September 2011 anläuft. Dieses Projekt verfolgt das Ziel einer nachhaltigen Speicherung und Bereitstellung tief annotierter historischer Textkorpora in einem Repositorium im Sinne eines Datenspeichers, das den Zugriff und die persistente Referenzierung der digitalen Forschungsdaten ermöglicht.[5]

Die begriffliche Einordnung Virtueller Forschungsumgebungen

Das Konzept Virtueller Forschungsumgebungen lässt sich am besten erschließen, wenn man sich die rahmengebenden Eckpfeiler vergegenwärtigt. Der erste dieser Pfeiler entspricht dem wissenschaftlichen Arbeitsprozess, in dessen Mittelpunkt die Komponenten der Wissenschaftsorganisation, der Wissensproduktion, der Wissenschaftskommunikation sowie der Wissensvermittlung stehen.[6] Gleichzeitig ist der wissenschaftliche Arbeitsprozess unter Berücksichtigung der heterogenen Wissenschaftsdisziplinen nach Methoden und Arbeitswerkzeugen differenziert zu betrachten. Grundlegende, miteinander verknüpfte Teilprozesse können beispielsweise (a) die Gewinnung und Analyse von Primärdaten, (b) die Interpretation, Annotation oder Bearbeitung dieser Daten und damit die Erstellung von Sekundärdaten, (c) die Synthese und Erstellung einer Publikation oder (d) die Präsentation von Daten und Ergebnissen in Form eines Vortrags oder Beitrags in einem Weblog sein. Weiterhin sind verschiedene Formen der Distribution und des wissenschaftlichen Diskurses zu nennen, der sich vorrangig in der Rezeption und Referenzierung von wissenschaftlichen Ergebnissen niederschlägt.

Entscheidend ist, dass diese Prozesse nicht zwingend sequentiell oder linear ablaufen, sondern miteinander verwoben sind und auf Basis digital vernetzter Strukturen auch formal bzw. technisch nicht klar voneinander zu trennen sind.[7]

Die vernetzten Strukturen, in deren Mittelpunkt das WWW steht, sind eine der Ausprägungen des zweiten Eckpfeilers, der sich als Informationsinfrastruktur bezeichnen lässt. Der Begriff der Informationsinfrastruktur ist dabei als „nationales, disziplinübergreifendes ‘Netz‘ von Einrichtungen zu verstehen, die dezidiert in öffentlichem bzw. institutionellem Auftrag [...]“ die „[...] Versorgung von Wissenschaft und Forschung mit Information und damit zusammenhängenden Dienstleistungen und Diensten“ gewährleisten.[4]

Die dabei erzeugten Forschungsdaten[8] werden innerhalb dieser Informationsinfrastruktur verteilt. Zum heutigen Zeitpunkt sind damit vor allem digitale vernetzte Plattformen im WWW gemeint, auf die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über Webschnittstellen zugreifen. Um Rechenressourcen gemeinschaftlich nutzbar zu machen und die Rechenkapazität zu steigern, werden große Datenmengen auf mehrere virtuelle Rechner verteilt. Diese Strategie wird als Grid-Technologie bezeichnet. Die Netzwerkstruktur ist hier nicht nur Übertragungsmedium, sondern originär ein System, in dem Daten erzeugt werden. Dies stellt gegenüber dem klassischen WWW einen deutlichen Qualitätssprung dar.

Für die einzelne Wissenschaftlerin und den einzelnen Wissenschaftler ist im Normalfall jedoch vor allem entscheidend, dass auf Grundlage dieser Strukturen der zeit- und ortsunabhängige Zugang zu digital basierten Arbeitsumgebungen möglich wird. Letztere dienen dabei in der Hauptsache der Aggregation sowie der Bearbeitung und der Verbreitung digitaler Objekte wie Forschungsdaten. Dies können beispielsweise Publikationen, Statistiken, Messergebnisse, kulturelle Artefakte oder Multimedia-Materialien sein, die integraler Bestandteil sowohl des wissenschaftlichen Arbeitsprozesses als auch der Informationsinfrastruktur sind. Digitale Forschungsdaten stellen in vorliegendem Überblick den dritten Eckpfeiler dar.

Vergegenwärtigt man sich diese drei Eckpfeiler als Basis, so lässt sich eine Virtuelle Forschungsumgebung als

1 Vgl. Meyer, Thomas: Virtuelle Forschungsumgebungen in der Geschichtswissenschaft – Lösungsansätze und Perspektiven. In: LIBREAS. Library Ideas 18/2011. http://edoc.hu-berlin.de/libreas/18/meyer-thomas-32/PDF/meyer.pdf, S. 11, 2011

2 Vgl. http://www2.leuphana.de/meta-image/

3 Vgl. Warnke, Martin in diesem Heft, Seite 11

4 In: Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur: Gesamtkonzept für die Informationsinfrastruktur in Deutschland. Empfehlungen der Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur im Auftrag der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz des Bundes und der Länder, 2011, S. 14f.

5 Vgl. http://blog.hu-berlin.de/laudatio/

6 Eine häufig zitierte Quelle ist Nentwich, Michael: Cyberscience: Die Zukunft der Wissenschaft im Zeitalter der Informations- und Kommunikationstechnologien. MPIfG Working Paper 99/6. http://www.mpi-fg-koeln.mpg.de/pu/workpap/wp99-6/wp99-6.html, 1999

7 Kindling, Maxi: Möglichkeiten der Strukturmodellierung. Eine exemplarische Zusammenführung funktionaler Anforderungen an die Bereitstellung digitaler Forschungsdaten für ausgewählte geisteswissenschaftliche Disziplinen. Magisterarbeit, S. 44. http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?lang=ger&id=37942, 2009

8 Der Begriff „Forschungsdaten“ wird hier sehr breit ausgelegt und meint sowohl den Gegenstand der Forschung wie Rohdaten, Primär- und Sekundärdaten als auch Publikationen und weitere digitale Objekte, die auch Ergebnisse des Forschungsprozess sein können. Gleichzeitig sind auch Forschungsdaten gemeint, die Instrument der Forschung sind – beispielsweise diskursunterstützende Werkzeuge.

Rahmenstruktur bzw. Framework beschreiben, d. h. als ein generisches und nicht abgeschlossenes Produkt, das die Gesamtheit oder einzelne Teile des Forschungsprozesses abbildet und je nach Bedarf angepasst werden kann. Zu ihren Bestandteilen gehören (a) Ressourcen wie Forschungsdaten und Speicher- bzw. personelle Kapazitäten (die Forscherinnen und Forscher selbst, Servicepersonal), (b) disziplinübergreifende oder -spezifische Services, die sich in eine Gesamtarchitektur einordnen sowie (c) Tools, die Teile oder die Gesamtheit des Forschungsprozesses abbilden und bestenfalls auf standardisierten Verfahren und Technologien beruhen. Darüber hinaus unterstützt eine Virtuelle Forschungsumgebung kollaborative Organisationsformen der Wissenschaft.[1]

Aus der Perspektive der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist eine Virtuelle Forschungsumgebung vor allem ein anwendungsorientierter Dienst, den eine Infrastruktureinrichtung wie eine Bibliothek und ein Rechenzentrum innerhalb einer wissenschaftlichen Einrichtung für einen Projekt- oder Forschungsverbund erbringt.

Im Mittelpunkt dieser technologischen Unterstützung stehen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selbst. Sie müssen die Umgebungen benutzen können und wollen. Vor diesem Hintergrund ergänze ich als vierten Eckpfeiler zwei Faktoren, die die Nutzung Virtueller Forschungsumgebungen durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler grundlegend bestimmen: Medienkompetenz und Nutzungsanreize (auch Incentives oder Motivatoren genannt).

Medienkompetenz wird in diesem Zusammenhang als zielgerichteter und problemorientierter Einsatz von digitalen Technologien im wissenschaftlichen Arbeitsprozess definiert. Dies bedeutet, dass seitens der Wissenschaftler bestimmte Technologien während des wissenschaftlichen Arbeitsprozesses mit einer konkreten Absicht verwendet werden. Es geht dabei nicht zuletzt um den kritischen Einsatz von digitalen Tools und digitalen Medien.[2] Letztlich sind es nicht die Medien, die hier neu sind, sondern die Zugriffs- und Verwendungsmöglichkeiten durch Plattformen wie Virtuelle Forschungsumgebungen und ihre Arbeitswerkzeuge. Der Ansatz Virtueller Forschungsumgebungen gibt die permanente Präsenz digitaler Tools vor, so dass die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Ergebnis von ihrem jeweiligen Standort den Großteil ihrer Forschungstätigkeiten durchführen können. Daher müssen auch Strategien und Szenarien einer nachhaltigen und qualitätsgesicherten Bereitstellung digitaler Forschungsdaten und ihre Nachnutzbarkeit sowie die Nachnutzbarkeit von Software-Modulen bedacht werden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann auf nur wenige praktische Erfahrungen zurückgegriffen werden, da Virtuelle Forschungsumgebungen, zumindest als drittmittelgeförderte Projekte in Deutschland, ein relativ junges Phänomen sind. Zudem führen neue technische Entwicklungen wie das „Mobile Computing“ zu neuen Nutzungsszenarien und damit auch zu neuen Anforderungen. Als Angebot für die Nutzergruppe der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler müssen Virtuelle Forschungsumgebungen den sich vollziehenden Verschiebungen in Motivation und Medienkompetenz Rechnung tragen.

Ohne Zweifel verstärken die Anreize digitaler Technologien die Motivation, solche Arbeitsumgebungen zu nutzen. Vorstellbar sind hierbei neben den bereits erwähnten Möglichkeiten der Feldforschung bzw. Datenerfassung durch mobile Endgeräte etwa die Generierung neuer Forschungsfragen durch die Verbreitung und kollaborative Bearbeitung digitaler Forschungsdaten (Anreicherung des inhaltlichen Kontextes digitaler Objekte mittels Metadaten, der Verknüpfung mit weiteren digitalen Objekten und ihrer Referenzierung in elektronischen Publikationen).

Problematik der Begriffsdefinition

Die allgemeinverbindliche Begriffsbestimmung einer Virtuellen Forschungsumgebung über die genannten Aspekte hinaus – im Sinne einer konkreten Definition – scheint kaum möglich und wenig sinnvoll. Das Aufzeigen gemeinsamer Merkmale kann in diesem Fall nicht dazu führen, dass andere Formen technologischer Hilfsmittel im digitalen Umfeld von einer Virtuellen Forschungsumgebung klar getrennt werden können. Ein Beispiel ist ein in einem Projektkontext verwendetes Wiki-System. Es erfüllt Merkmale einer Virtuellen Forschungsumgebung, dennoch würde es im derzeitigen Fachdiskurs wahrscheinlich eher nicht als solche bezeichnet. Für den Bedarf ist es jedoch völlig ausreichend und funktioniert. Die entscheidende Abgrenzung liegt in der (strategischen) Konzeption einer Virtuellen Forschungsumgebung als System nachnutzbarer Module, die die Abbildung eines wissenschaftlichen Arbeitsprozesses unterstützen. Ein Wiki-System als solches kann natürlich wiederum verschiedensten Zwecken dienen. Seine Stärke liegt in der Flexibilität. Es ist jedoch nicht in dem Maße an einen bestimmten Zweck angepasst und integriert weitere Bausteine (mit Ausnahme von Plugins). Ein Wiki-System (oder auch ein anderes Werkzeug zur kollaborativen Texterstellung) selbst hingegen ist oftmals eine Komponente einer Virtuellen Forschungsumgebung, wird aber durch weitere Funktionalitäten ergänzt und ist in eine Gesamtarchitektur integriert. Das Konzept ist in dem Sinne offen, da es die jeweilige Arbeitsform unterstützt, jedoch nicht in irgendeiner Weise vordefiniert.

Dieses offene Verständnis erschwert die Zusammenstellung eines repräsentativen Überblicks zu virtuellen Forschungsumgebungen. Die (deutschsprachige) Literatur beinhaltet zumeist exemplarische Anwendungsfälle und / oder ist stark an den aktuellen Projekt-

1 Vgl. u. a. Schirmbacher, Peter: Virtual Research Environments in Germany. An Overview. http://www.ibi.hu-berlin.de/forschung/infomanagement/publikationen/Schirmbacher, 2011, gestützt auf Fraser, Michael: Virtual Research Environments: Overview and Activity. In: Ariadne 44. http://www.ariadne.ac.uk/issue44/fraser/. Eine weitere Definition bietet beispielsweise die Arbeitsgruppe „Virtuelle Forschungsumgebungen“ der Allianz der Wissenschaftsorganisationen, vgl. http://www.allianzinitiative.de/de/handlungsfelder/virtuelle_forschungsumgebungen/definition/

2 Siehe etwa den Begriff der Medienkompetenz nach Dieter Baacke. Vgl. Baacke., Dieter. Medienkompetenz als zentrales Operationsfeld von Projekten. In: Baacke, Dieter et al. (Hrsg.). Medienkompetenz. Modelle und Projekte. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung, 1999

entwicklungen seitens der DFG oder des BMBF orientiert. Der Begriff kann aber gleichzeitig auch global verwendet werden, ähnlich wie die bereits angedeuteten Begriffe der *Virtual Research Environments* (v. a. in Großbritannien), *Cyberinfrastructure* (v. a. in den USA), oder auch *Collaboratory, Virtual Community, Virtual Laboratory* etc.

Perspektiven

Für die weitere Entwicklung Virtueller Forschungsumgebungen ist die Beobachtung der wissenschaftlichen Communities entscheidend. Und zwar bezogen auf die Frage, auf wessen Initiative hin sie entstehen – handelt es sich um Eigenantrieb oder Fremdimpulse? Entstehen solche Initiativen aus der Wissenschaft selbst und entwickeln sich in einer Kooperation fort? Wie wirken sich Anreize aus? Neben der dringend gebotenen Zielsetzung der nachhaltigen und nachnutzbaren Entwicklung von Software-Komponenten scheint eine systematische und auch kritische Reflexion sinnvoll, um die derzeitigen Entwicklungen einzuordnen und Tendenzen absehen zu können. Dabei ist zu beachten, dass etwa die Formen und Möglichkeiten der Wissenschaftskommunikation generell einen tiefgreifenden Wandel hinsichtlich ihrer Mittel erfahren, wohingegen Verfahren und „Kulturen" der wissenschaftlichen Arbeit einen traditionellen Ursprung haben und nicht alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aller Fachdisziplinen gleichermaßen affin mit (teilweise inzwischen nicht mehr ganz so) neuen Technologien sind.

Das derzeit viel beachtete Konzept *Data Sharing* meint die zielgerichtete Bereitstellung von digitalen Forschungsdaten für einzelne Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, für assoziierte Forschungsgruppen innerhalb einer geschlossenen Umgebung oder für die Öffentlichkeit (*Open Research Data*[1]). Es wird in einzelnen Wissenschaftsdisziplinen und von Forschungsgruppe zu Forschungsgruppe verschieden umgesetzt. Virtuelle Forschungsumgebungen, die wiederum Zugangs- und Rechteregelungen beinhalten, sind ein Schritt in diese Richtung.

Durch Virtuelle Forschungsumgebungen entstehen damit auch Experimentierfelder für standardisierte Verfahren und Technologien (wie Metadaten-, Format- und Softwarestandards) im Sinne einer Nachnutzbarkeit von Entwicklungsergebnissen. Das „Experimentierfeld" lässt sich weiterhin auf das Erproben von Konzepten und Strategien im Umgang mit digitalen Forschungsdaten als integralem Bestandteil Virtueller Forschungsumgebungen sowohl hinsichtlich der Heterogenität von Datenformaten und Medientypen, als auch bezüglich der Sicherung ihrer Qualität und Langzeitverfügbarkeit anwenden. Im Umgang mit digitalen Forschungsdaten bestehen in dieser Hinsicht Unsicherheiten, die auch in lizenz- und datenschutzrechtlicher, ethischer und organisatorischer Art bestehen.

Wichtig ist, dass Virtuelle Forschungsumgebungen tatsächlich genutzt und weiterentwickelt werden. Das Konzept der Virtuellen Forschungsumgebungen lässt es zu, die Wissenschafts(infrastruktur)landschaft funktional anhand der von ihr verwendeten Werkzeuge und Technologien und der Nutzung durch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu beschreiben. Für Anbieter von Wissenschaftsinfrastrukturen ergibt sich hiermit also ein Beschreibungsmodell, mit dem sich über weitere Entwicklungen kommunizieren lässt.

Um zu einem tatsächlichen systematischen Überblick zu gelangen, engagiert sich die Arbeitsgruppe „Virtuelle Forschungsumgebungen" (vForum)[2] der Deutschen Initiative für Netzwerkinformation e. V. (DINI) in Kooperation mit der Informationsplattform CARPET[3] für eine Erfassung der Aktivitäten im Bereich Virtueller Forschungsumgebungen in Deutschland.

Zuletzt fand darüber hinaus an der Humboldt-Universität ein gemeinsamer Workshop der DFG und der DINI statt, der einen starken Fokus auf die Aspekte der Nachhaltigkeit der aktuellen Entwicklungen und den Erfahrungsaustausch der Akteure und Initiativen in Deutschland setzte. Die Präsentationen und ggf. Aufzeichnungen dazu sind online abrufbar.[4]

Literatur:

[1] Allianz der Wissenschaftsorganisationen: *Definition Virtuelle Forschungsumgebungen*. http://www.allianzinitiative.de/de/handlungsfelder/virtuelle_forschungsumgebungen/definition/, 2011

[2] Fraser, Michael: *Virtual Research Environments: Overview and Activity.* In: Ariadne 44. http://www.ariadne.ac.uk/issue44/fraser/, 2005

[3] Kindling, Maxi: *Möglichkeiten der Strukturmodellierung*. Magisterarbeit urn:nbn:de:kobv:11-100185124, 2009

[4] Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur: *Gesamtkonzept für die Informationsinfrastruktur in Deutschland*. Empfehlungen der Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur, 2011

[5] Meyer, Thomas: *Virtuelle Forschungsumgebungen in der Geschichtswissenschaft – Lösungsansätze und Perspektiven*. In: LIBREAS. Library Ideas 18/2011. http://edoc.hu-berlin.de/libreas/18/meyer-thomas-32/PDF/meyer.pdf, 2011

[6] Nentwich, Michael: *Cyberscience: Die Zukunft der Wissenschaft im Zeitalter der Informations- und Kommunikationstechnologien*. MPIfG Working Paper 99/6, http://www.mpi-fg-koeln.mpg.de/pu/workpap/wp99-6/wp99-6.html, 1999

[7] Schirmbacher, Peter: *Virtual Research Environments in Germany.* http://www.ibi.hu-berlin.de/forschung/infomanagement/publikationen/Schirmbacher, 2011

Weitere Literatur zum Thema findet sich u. a. in der Gruppe des Literaturverwaltungssystems „Mendeley" http://www.mendeley.com/groups/825161/researchdata-digital-scholarship-virtual-researchenvironments/

1 Zu den (technischen) Möglichkeiten der semantischen Verknüpfung digitaler Objekte wie Forschungsdaten vgl. den Artikel von Gradmann, Stefan et al. siehe Seite 18

2 Vgl. http://www.dini.de/ag/vforum/

3 Vgl. http://www.carpet-project.net/projekte/projekte-und-anbieter/projekte-im-vfu-bereich/

4 http://www.dini.de/veranstaltungen/workshops/forschungsumgebungen-2011/