

EIN NEUES AUFGABENFELD FÜR BIBLIOTHEKEN? VIRTUELLE FORSCHUNGSUMGEBUNGEN IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN AM BEISPIEL DES FACHS PHYSIK

Jochen Apel

Universitätsbibliothek Heidelberg / Bibliotheksakademie Bayern

apel@ub.uni-heidelberg.de

1. Einleitung

Virtuelle Forschungsumgebungen (im Folgenden kurz: VFUs) sollen bis zum Jahr 2020 in allen wissenschaftlichen Disziplinen verbreitet sein; so wird es in den im April 2011 veröffentlichten *Empfehlungen der Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur im Auftrag der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz des Bundes und der Länder*, dem sogenannten KII-Papier, gefordert.¹ Um dieses Ziel zu erreichen, fördern in Deutschland aktuell die DFG und das BMBF, die Max-Planck-Gesellschaft und die Leibniz-Gemeinschaft sowie das Land Baden-Württemberg Projekte zum Aufbau und Betrieb von VFUs.² Allerdings, so räumt das KII-Papier ebenfalls ein, stehe man dennoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt erst am Anfang der Entwicklung.³ Wohin diese Entwicklung führen könnte, wie ihr aktueller Stand ist und welche Rollen Bibliotheken in dieser Entwicklung spielen, soll in diesem Aufsatz am Beispiel des Faches

¹ Vgl. Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011, S. B73). Norbert Lossau geht davon aus, dass „kooperatives Arbeiten in virtuellen Forschungsumgebungen [...] sich über die kommenden fünf bis zehn Jahre in allen Wissenschaftsdisziplinen als Normalverfahren etabliert haben“ wird. Vgl. Lossau (2011, S. 156).

² Vgl. Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011, S. B77) für einen Überblick über die Förderaktivitäten in Deutschland. Eine Übersicht über den derzeitigen Stand der internationalen Aktivitäten liefern Carusi & Reimer (2010, Kapitel 5).

³ Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011, S. B73).

Physik untersucht werden. Ziel ist es dabei, die folgenden beiden Fragen zu beantworten: *Welche Leistungen muss eine VFU erbringen, um die physikalische Forschung sinnvoll unterstützen zu können, und welche Rolle können Bibliotheken bei der Realisierung dieser Leistungen spielen?*

Zur Klärung dieser Fragen werde ich folgendermaßen vorgehen: In Kapitel 2 wird definiert, was unter einer VFU zu verstehen ist. In Kapitel 3, dem Hauptkapitel der Arbeit, wird diskutiert, was eine VFU in der physikalischen Forschung leisten sollte und welchen Beitrag Bibliotheken in diesem Kontext leisten können. Kapitel 4 gleicht diese Überlegungen anhand dreier Beispiele für physikalische VFUs mit der Praxis ab. In Kapitel 5 werden schließlich die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

Drei kurze Hinweise seien an dieser Stelle noch gegeben. Erstens: Diese Arbeit konzentriert sich zwar auf die Physik, aber die Untersuchungsergebnisse lassen sich in weiten Teilen auf andere naturwissenschaftliche Disziplinen übertragen, da dort ähnliche Voraussetzungen herrschen. Zweitens: Der Ausdruck „Physik“ wird in dieser Arbeit in einem relativ weiten Sinne verstanden, nämlich so, dass auch die Astronomie als Teilgebiet der Physik verstanden wird. Drittens: Was in dieser Arbeit nicht behandelt wird, ist die Art und Weise der technischen Realisierung einer VFU.⁴

2. Was ist eine Virtuelle Forschungsumgebung?

Die Arbeitsgruppe „*Virtuelle Forschungsumgebungen*“ in der Schwerpunktinitiative „*Digitale Information*“ definiert den Begriff der VFU folgendermaßen:

Eine virtuelle Forschungsumgebung ist eine Arbeitsplattform, die eine kooperative Forschungstätigkeit durch mehrere Wissenschaftler an unterschiedlichen Orten zu gleicher Zeit ohne Einschränkungen ermöglicht. Inhaltlich unterstützt sie potentiell den gesamten Forschungsprozess – von der Erhebung, der Diskussion und weiteren Bearbeitung der Daten bis

⁴ Zu Fragen der technischen Umsetzung sei an dieser Stelle nur ein Hinweis auf Robert Allens Monographie *Virtual Research Environments* gegeben, in der er ausführlich eine sog. *service oriented architecture* zur Entwicklung von VFUs beschreibt. Vgl. Allen (2009, Kap. 7). Auf <https://www.escidoc.org/> finden sich darüber hinaus Beschreibungen, der eSciDoc-Architektur. eSciDoc ist eine vom FIZ Karlsruhe und der Max Planck Digital Library entwickelte Open Source Software, mit der VFUs aufgebaut werden können.

zur Publikation der Ergebnisse - während sie technologisch vor allem auf Softwarediensten und Kommunikationsnetzwerken basiert.⁵

Diese Definition ist offensichtlich nicht besonders konkret. Auf welche Weise der gesamte Forschungsprozess genau unterstützt werden soll oder worin die Software-dienste einer VFU im Einzelnen bestehen, darüber wird nichts ausgesagt.⁶ Ähnliches gilt für andere Definitionen, die sich in der Literatur finden, wie sich exemplarisch an einer Definition des *Joint Information Systems Committee (JISC)* ersehen lässt:

The purpose of a Virtual Research Environment (VRE) is to help researchers from all disciplines to work collaboratively by managing the increasingly complex range of tasks involved in carrying out research on both small and large scales. The concept of a VRE is evolving. The term VRE is now best thought of as shorthand for the tools and technologies needed by researchers to do their research, interact with other researchers (who may come from different disciplines, institutions or even countries) and to make use of resources and technical infrastructures available both locally and nationally.⁷

Diese Vagheit sollte allerdings nicht als Schwäche der Definitionen aufgefasst werden, denn zum einen sind sowohl das Konzept der VFU als auch dessen technologi-

⁵ Arbeitsgruppe "Virtuelle Forschungsumgebungen" in der Schwerpunktinitiative "Digitale Information" in der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen (2011). Ergänzt wird diese Definition durch folgende Bemerkungen: „1. Virtuelle Forschungsumgebungen gewähren Zugang zu realen Forschungsressourcen, wie z. B. Daten, Analyse- und Bearbeitungswerkzeuge, wissenschaftliche Geräte und Dienste. 2. Eine virtuelle Forschungsumgebung muss nicht notwendigerweise von kooperierenden Einrichtungen sondern kann auch von einer einzelnen Einrichtung betrieben werden. Bei einer virtuellen Forschungsumgebung findet eine Kooperation in der Nutzung statt. 3. Die virtuelle Forschungsumgebung ist kein Hilfskonstrukt für Situationen, in denen sich der Wissenschaftler nicht an seinem Arbeitsplatz befindet. In einem solchen Fall würde man lediglich von einem Fernzugriff auf eine Forschungsumgebung sprechen. Medien zur Kommunikation zwischen Wissenschaftlern (z. B. Wiki, Videokonferenzen) stellen für sich noch keine virtuelle Forschungsumgebung dar. 4. Da sich eine virtuelle Forschungsumgebung von mehreren Orten aus verwenden lässt, ist im Allgemeinen auch eine parallele Verwendung durch verschiedene Wissenschaftler möglich. Ausnahmen bilden sich ausschließende Verwendungen von einzelnen Forschungsressourcen, wie z. B. einem Teleskop in der Astronomie.“

⁶ Dementsprechend fällt beispielsweise auch eine Kombination aus E-Mail, Webbrowser, Tabellenkalkulations- und Textverarbeitungssoftware unter die vorgestellte Definition. So verstanden würde dann bereits heute (fast) jeder Wissenschaftler eine VFU einsetzen. Vgl. hierzu auch Carusi & Reimer (2010, S. 13).

⁷ (JISC, n.d.). In der Literatur finden sich zusätzlich zu diesen beiden Vorschlägen zahlreiche weitere Definition des Begriffs der VFU sowie verwandter bzw. synonyme Ausdrücke (z.B. „Collaboratory“, „Virtuelle Forschungscommunity“, Virtuelle Organisation“ oder „Collaborative e-Research Community“), die sich aber nicht substantiell von den hier vorgestellten Definitionen unterscheiden. Eine entsprechende Übersicht findet sich in der *Collaborative Landscape Study* des JISC. Vgl. Carusi & Reimer (2010, S. 13–15).

sche Umsetzung gerade in der Entwicklung begriffen. Zum anderen hängt das konkrete Antlitz einer VFU, d. h. die angebotenen Dienste und Tools, maßgeblich von den Bedürfnissen der jeweiligen Wissenschaftscommunity ab. Ein Historiker benötigt andere Dienste als ein Physiker, der wiederum andere Anforderungen an eine VFU stellen wird als ein Bauingenieur. Selbst innerhalb einer Disziplin können die Anforderungen an eine VFU erheblich variieren:

Even though there clearly is an interest in VRE frameworks, there is also a consensus that a one-size-fits-all approach to VREs will not work; researchers' needs, even within the same discipline, are too different. General environments could be used, but they needed to be flexible to adjust them to specific needs.⁸

In einer solchen Situation können und sollten Definitionen nicht mehr tun, als einen groben Rahmen vorzugeben.⁹ Festhalten lässt sich aber dennoch, dass es sich bei einer VFU um eine Software- und Kommunikationsinfrastruktur handelt, die den gesamten Forschungsprozess unterstützen soll und die die gemeinsame Nutzung bestimmter Ressourcen (wie Forschungsdaten, Rechenleistung, Software oder Publikationen) erlaubt.¹⁰ Eine weitere Konkretisierung nimmt Norbert Lossau vor, indem er drei strukturelle Kernelemente von VFUs identifiziert:

- Informationsobjekte (generell alle Formen von digitalen Informationsobjekten, insbesondere Forschungsdaten, Literatur, Digitalisate, Sammlungsobjekte, nichttextuelle Materialien)
- Werkzeuge (Anwendungs-Software zur Analyse, Sequenzierung, Visualisierung, zum Data-Mining, Hyperlinking etc.)
- Systeme (Hardware und Betriebssoftware, Rechner, Speicher, Netze, Wikis, Videokonferenzen u. a.)¹¹

⁸ Carusi & Reimer (2010, S. 43).

⁹ Nicht zuletzt auch deshalb, weil eine zu enge Definition - insbesondere durch Wissenschaftsförderinstitutionen wie das JISC - sogar innovationshemmend wirken könnte. Vgl. Carusi & Reimer (2010, S. 13).

¹⁰ Vgl. hierzu auch Neuroth (2011)

¹¹ Lossau (2011, S. 156).

3. Potentiale für den Einsatz Virtueller Forschungsumgebungen in der Physik und mögliche Beiträge von Bibliotheken

Im vorhergehenden Kapitel war darauf hingewiesen worden, dass sich VFUs an konkreten fachlichen Bedürfnissen orientieren müssen. Ziel dieses Kapitels ist es deshalb, einen Katalog von Leistungen vorzustellen, die eine VFU erbringen sollte, um den spezifischen fachlichen Anforderungen in der Physik gerecht zu werden. Anschließend werden die einzelnen Elemente aus dem Katalog im Hinblick auf die Frage diskutiert, ob sie ein mögliches Tätigkeitsfeld für Bibliotheken darstellen. Dabei ist mit dem entwickelten Leistungskatalog selbstverständlich kein Anspruch auf Vollständigkeit verbunden. Er erfasst sicher nicht alle Elemente künftiger VFUs, stellt aber zumindest eine Reihe von möglichen Elementen vor. Umgekehrt soll auch nicht behauptet werden, dass alle vorgestellten Elemente notwendigerweise in einer VFU für die Physik vorkommen müssen, sondern nur, dass sie dort sinnvoll eingesetzt werden könnten. Eine tabellarische Übersicht über den Leistungskatalog und potentielle Beiträge der Bibliotheken findet sich im Anhang dieser Arbeit.

Identifiziert werden die Anforderungen an eine physikalische VFU im Wesentlichen (aber nicht ausschließlich) anhand einer Studie des Research Information Network, des Institute of Physics und der Royal Astronomical Society, die das Arbeits- und Informationsverhalten von Physikern untersucht (kurz: „RIN-Studie“).¹²

3.1 Projektmanagement

Worum es geht

Einen nicht zu unterschätzenden Teil der Arbeit eines Physikers nimmt das Projektmanagement ein. Physiker müssen Projektanträge schreiben, Messzeit an externen Instrumenten wie Teleskopen oder Teilchenbeschleunigern beantragen, sich mit Projektpartnern abstimmen, Finanzmittel verwalten usw. Insbesondere mit der Zunahme von Großforschungsprojekten und internationalen Kooperationen steigt der

¹² Vgl. Meyer et al. (2011). In der RIN-Studie wurden Wissenschaftler aus verschiedenen Teilbereichen der Physik (Teilchenphysik, Kernphysik, Astrophysik sowie interdisziplinäre bzw. angrenzende Felder wie Geowissenschaft, Nanoforschung und Chemie) und aus verschiedenen Abschnitten der wissenschaftlichen Laufbahn in qualitativen Interviews und Fokusgruppeninterviews zu ihren Informations- und Arbeitspraktiken befragt.

Aufwand für solche administrativen Aufgaben erheblich. Viele Physiker artikulieren deshalb Unterstützungsbedarf im Bereich des Projektmanagements.¹³

Was eine VFU in diesem Zusammenhang leisten könnte

Eine VFU sollte effektives Projektmanagement ermöglichen, indem sie u. a. Tools für Personalmanagement, Mittelverwaltung und Zeitplanung bereitstellt. Optimalerweise verfügen die Projektmanagementdienste der VFU dabei über Schnittstellen zu Forschungsinformationssystemen der teilnehmenden Institutionen.¹⁴ Hierdurch würde Mehrarbeit z. B. beim Reporting von Publikationen und Drittmitteln o.ä. verhindert.

Dem immer weiter anwachsenden Kommunikationsbedarf kann durch eine VFU Rechnung getragen werden, indem sie in Form und Reichweite geeignetere Informationskanäle zur Verfügung stellt: Synchroner Kommunikationsmittel wie Videokonferenzen können Diskussionen zwischen weltweit verteilten Partnern erheblich vereinfachen und beschleunigen. Asynchrone Kommunikationsmittel wie ein Projektwiki oder ein Forum verhindern Redundanzen, indem eine Information für alle Partner zugänglich und dauerhaft verfügbar gemacht werden kann.

Was Bibliotheken dazu beitragen könnten

In diesem Feld liegen nur bedingt Betätigungsfelder für Bibliotheken. Denkbar wäre eventuell, dass Bibliotheken durch die Entwicklung entsprechender *Schnittstellen* dafür sorgen, dass projektbezogene Daten aus der VFU ohne Mehraufwand in institutionelle Forschungsinformationssysteme übertragen werden können. Auch ein von Bibliothek (und Wissenschaftlern gemeinsam) gepflegtes *Bibliographiemodul* in der VFU wäre denkbar. Dies gilt auch für *Informationsdienste* zu Konferenzen, Stellenanzeigen u. ä., die von einigen Virtuellen Fachbibliotheken ohnehin gepflegt werden.¹⁵

¹³ Vgl. Meyer et al., (2011, S. 85 und 87) sowie Carusi & Reimer (2010, S. 18-19).

¹⁴ Wie sich VFUs und Forschungsinformationssysteme zueinander verhalten, wird in Zukunft sicherlich eine zu klärende Frage sein. Teilweise decken beide Systeme ähnliche Bereiche ab, aber eine VFU ist in ihrer Ausrichtung stärker an Forschungsfragen und –communities orientiert, während das Forschungsinformationssystem Informationen unter einem institutionellen Blickwinkel zusammenführt und organisiert.

¹⁵ Allerdings nicht von der [ViFaPhys](#).

3.2 Informationsretrieval und –management

Worum es geht

Die Informationsrecherche beginnen fast alle Physiker mit Google und Google Scholar. Hinzu kommt eine Vielzahl fachspezifischer Informationsquellen. Teilchenphysiker nutzen beispielsweise fast ausschließlich das arXiv und SPIRES, Astronomen das Astrophysical Data System (ADS), in anderen Teildisziplinen sind kostenpflichtige Datenbanken wie Inspec oder das Web of Science relevant.¹⁶ Hinweise darauf, dass gefundene Literatur gemeinschaftlich verwaltet wird, finden sich nicht.

Was eine VFU in diesem Zusammenhang leisten könnte

Da der Spezialisierungsgrad einzelner physikalischer Teildisziplinen so hoch ist, dass die jeweils relevanten Informationsquellen äußerst unterschiedlich sein können, müssen VFUs in der Lage sein, eine Vielzahl heterogener Informationsquellen zu integrieren. Unterschiedliche Datenbanken, Bibliothekskataloge, Suchmaschinen (auch Google) und Repositorien sollten möglichst bruchlos nutzbar sein. Durch Single Sign-on und direkten Durchgriff auf verfügbare (Volltext-)Ressourcen sollte die Nutzung so komfortabel wie möglich gemacht werden. Darüber hinaus sollte die VFU ein Literaturverwaltungsmodul anbieten, mit dem kooperativ Projektliteraturdatenbanken gepflegt werden können.

Was Bibliotheken dazu beitragen könnten

Bibliotheken sind klassischerweise Institutionen, die Wissenschaftlern verschiedenste Informationsquellen zur Verfügung stellen. Deshalb sollten sie sich an der Einbindung von Informationsressourcen in VFUs aktiv beteiligen. Hierzu gehört es, *Schnittstellen zum Zugriff auf bibliothekarische Informationsressourcen* anzubieten und *Authentifizierungssysteme* bereitzustellen, bei denen sich der Wissenschaftler nach dem Einloggen in seine VFU nicht noch einmal bei der Bibliothek gesondert authentifizieren muss (Single Sign-on). *Link-Resolving-Dienste* zum direkten Durchgriff auf Volltexte könnten von Bibliotheken für VFUs bereit gestellt werden. Zudem gilt es, die aktuelle Entwicklung im Bereich der Discovery Systeme zu beobachten und zu prüfen, wie sich

¹⁶ Vgl. hierzu Meyer et al. (2011, S. 84).

solche Systeme sinnvoll in VFUs implementieren lassen.¹⁷ Auch die Verfügbarmachung geeigneter bibliothekarischer Daten als *Open Data* bzw. als *Linked Open Data* könnte indirekt VFUs unterstützen, da sie VFU-Entwicklern die Möglichkeit gäbe, innovative Dienste auf Grundlage dieser Daten zu erarbeiten.

Neben der Frage nach technischen Lösungen zur möglichst bruchlosen Einbindung unterschiedlicher Informationsressourcen gibt es noch ein weiteres Feld, auf dem bibliothekarisches Handeln in diesem Kontext unabdingbar sein wird. Es stellt sich nämlich die Frage nach *Geschäftsmodellen für den Zugriff auf unterschiedliche Informationsressourcen aus VFUs*. Klassische Lizenzierungsmodelle, in denen Bibliotheken Nutzungsrechte für *ihre* Nutzer finanzieren, liegen in gewisser Weise quer zur Grundidee der VFUs, in denen Forscher Ressourcen institutionen- und sogar länderübergreifend nutzen sollen. Hierfür ist es erforderlich, neue Finanzierungsmodelle zu entwickeln, die es ermöglichen, dass lizenzierungspflichtige Informationsquellen (aber auch andere Elemente der VFU, z.B. kommerzielle Softwaremodule) von allen Anwendern einer VFU genutzt werden können. Sinnvoll könnte es hier zumindest auf nationaler Ebene sein, die Entwicklung solcher Geschäftsmodelle an die Initiative zur Finanzierung von Allianzlizenzen zu koppeln, da dort ohnehin mit Verlagen und Datenbankanbietern über überregionale Lizenzen verhandelt wird.¹⁸ Gleichzeitig bietet die dargestellte Lizenzierungsproblematik die Chance, den ohnehin in der Physik stark ausgeprägten Open Access Gedanken weiter voranzutreiben. Wenn sich Potentiale einer VFU aufgrund von Lizenzierungsfragen nicht ausschöpfen lassen, könnte dies auf Wissenschaftlerseite eine noch stärkere Motivation für Open Access Publikationen hervorrufen.

¹⁷ Hierbei stellt sich auch die Frage, ob die Recherche in einem Discovery System für Wissenschaftler, die in der Regel sehr spezielle und anspruchsvollere Rechercheziele haben, überhaupt sinnvoll ist oder ob ihre Informationsbedürfnisse am besten durch gezielte Recherchen in einzelnen Fachdatenbanken befriedigt werden können. Allerdings spricht der breite Einsatz von Google zu wissenschaftlichen Recherchezwecken dafür, dass umfassende Indices und hohe Usability auch für Physiker wichtige Kriterien bei der Wahl ihrer Recherchewerkzeuge sind.

¹⁸ Vgl. hierzu auch die Empfehlungen des KII-Papiers zum Bereich der Lizenzierung (Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011, S. 56-57)). Alternativ wäre denkbar, dass die jeweiligen Sondersammelgebietsbibliotheken entsprechende Aufgaben für VFUs in ihrem Fach wahrnehmen.

3.3 Forschungsprimärdatenmanagement¹⁹

Worum es geht

EDV-gestützte Datenerhebung und –analyse sind das Herzstück physikalischer Forschung.²⁰ Hierzu wird unterschiedlichste Software eingesetzt, wobei es sich teilweise um kommerzielle, größtenteils aber um selbst programmierte Programme handelt.²¹ Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang zudem, dass in einigen Bereichen der Physik allein durch die produzierten Datenmengen besondere Anforderungen entstehen. Der LHC (Large Hadron Collider) beispielsweise produziert jährlich Daten in der Größenordnung von 15 Petabyte.²² Diese gigantische Datenmenge zu speichern und zu verarbeiten ist eine enorme Herausforderung, die nur sinnvoll durch die Nutzung verteilter Speicher- und Rechenressourcen bewältigt werden kann.²³ Interessant im Kontext dieser Arbeit ist darüber hinaus, dass für eine Reihe von Forschungsfragen, insbesondere in der Astronomie, gar keine neuen Daten erhoben werden muss(t)en. So übersteigt beispielsweise die Nutzung von Archivdaten des Hubble Space Telescope derzeit die Nutzung der aktuell durch dieses Teleskop erhobenen Daten.²⁴

Was eine VFU in diesem Zusammenhang leisten könnte

Aus der zentralen Stellung der Datenerhebung und –auswertung im physikalischen Forschungsprozess ergibt sich, dass dem Umgang mit Forschungsprimärdaten auch

¹⁹ Als Forschungsprimärdaten werden hier diejenigen Daten bezeichnet, die im Rahmen von physikalischen Experimenten, Messungen oder auch Simulationen erhoben werden. Zudem gehe ich davon aus, dass diese Daten heute in digitaler Form gespeichert werden. Dies muss allerdings nicht zwingend der Fall sein (man denke nur an die in der Astrometrie auch heute noch zur Anwendung kommenden Fotoplatten).

²⁰ Vgl. Meyer et al. (2011, S. 85).

²¹ Vgl. Meyer et al. (2011, S. 77).

²² Vgl. http://www.weltmaschine.de/experimente/lhc_computing_grid.

²³ In anderen Forschungsbereichen, beispielsweise in der physikalischen Chemie, sind die produzierten Datenmengen allerdings weitaus kleiner und können mit Standardsoftware auf Büro-PCs analysiert werden. Vgl. Meyer et al. (2011, S. 85-86).

²⁴ „One should note that a research per se does not necessarily require the observation of new data, and it is quite possible that a project may involve the repurposing and analysis of existing datasets already available from the Virtual Observatory. It is, in fact, likely that data re-use will become the norm rather than the exception in the future. As a point in case, White et al. (2009) have recently shown that the current use of archival data from the Hubble Space Telescope exceeds the use of new data observed by the telescope.” Accomazzi (2010, S. 3). Der Aufsatz von White et al. (2009), auf den im obigen Zitat Bezug genommen wird, findet sich im Literaturverzeichnis.

in einer VFU besondere Bedeutung zukommen muss. Der erste Schritt hierbei besteht im Speichern der Daten. Dazu müssen diese entweder in einem VFU-Repository abgelegt oder an ein externes Datenzentrum übertragen werden, auf dessen Bestände mittels der VFU zugegriffen werden kann. Große Datenmengen müssen ggf. auf verschiedene Ressourcen verteilt werden. Um gespeicherte Daten effektiv nutzen zu können, müssen sie zudem mit Metadaten und, sofern sie veröffentlicht werden sollen, digitalen Identifiern, z. B. DOIs, versehen werden. Neben den Forschungsprimärdaten sollten weitere Informationsobjekte, insbesondere experimentelle Workflowbeschreibungen und Programmcodes, über die VFU archiviert werden können.²⁵ Zudem müssen sinnvolle Verlinkungen zwischen den unterschiedlichen Informationsobjekten hergestellt werden.²⁶

Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Kontext ist die Etablierung eines Rechtemanagements durch die VFU. Ein zentrales Ergebnis einer Studie der SURF Foundation zum Umgang mit Forschungsprimärdaten ist, dass Wissenschaftler in der Lage sein wollen, selbst festzulegen, wer unter welchen Bedingungen und zu welchem Zeitpunkt Zugriff auf ihre Forschungsdaten hat. Dies gilt auch dann, wenn die Daten nach Abschluss eines Forschungsprojekt an einen Partner zur langfristigen Archivierung übertragen wurden.²⁷

Zum Zwecke der Datenanalyse muss spezielle Datenanalysesoftware (z. B. Aladin oder XEphem in der Astronomie²⁸) in die VFU eingebunden werden können. Auch nach Inbetriebnahme der VFU muss es möglich sein, neue Software und Module hinzuzufügen. Die Vielfalt der hier in der Praxis zum Einsatz kommenden Softwarelösungen und das hohe Maß an Eigenprogrammierung zeigen, dass VFUs flexible Strukturen haben müssen, die die Einbindung verschiedenster Programme erlaubt. Deshalb sollte, soweit es möglich ist, Open Source-Technologie eingesetzt werden, um eine Verbesserung bestehender und die Entwicklung neuer Anwendungen durch die Nutzercommunity zu ermöglichen.²⁹ Die teilweise riesigen Datenmen-

²⁵ Ein Beispiel für eine VFU mit dem Fokus auf der Dokumentation wissenschaftlicher Workflows vornehmlich aus den Biowissenschaften ist die Plattform <http://www.myexperiment.org/>.

²⁶ In Zukunft kann der Einsatz des Linked Data-Konzepts bzw. des Linked-Open-Data-Konzepts sowie die Weiterentwicklung von Semantic Web Technologie große Potentiale im Hinblick auf Vernetzung und Interoperabilität bieten.

²⁷ Vgl. Feijen (2011, S 4).

²⁸ Vgl. <http://aladin.u-strasbg.fr/> und <http://www.clearskyinstitute.com/xephem/>.

²⁹ Vgl. Allen (2009, S. 12).

gen machen es in diesem Zusammenhang unter Umständen erforderlich, dass Grid- oder Cloud-Technologie zur Verfügung steht.³⁰ Im Rahmen der Datenerhebung könnte es zudem sinnvoll sein, wenn die VFU einen Fernzugriff auf nicht vor Ort befindliche Infrastruktur bzw. experimentelle Anordnungen ermöglicht.³¹

Was Bibliotheken dazu beitragen könnten

Ein zentrales bibliothekarisches Betätigungsfeld in diesem Bereich sollte in der *Entwicklung von Metadatenschemata* zur Sicherung der Interoperabilität und Standardisierung liegen.³² Metadaten für Forschungsprimärdaten sollen dabei, gemäß Empfehlungen der DFG, zum einen bibliographische Informationen enthalten (d. h. die Namen der Forscher, die den Datensatz erhoben haben, eine Benennung des Datensatzes, Ort und Jahr der Veröffentlichung sowie technische Daten wie das Datenformat). Zum anderen sollen inhaltsbezogene Metadaten erhoben werden, die beschreiben, unter welchen experimentellen Rahmenbedingungen und im Hinblick auf welche Forschungsfrage die Daten erhoben wurden.³³ Bibliotheken sollten neben Wissenschaftlern in die Entwicklung von Metadatenschemata einbezogen werden (bzw. in die Auswahl und Weiterentwicklung bestehender Standards wie z. B. dem iCAT XML Schema³⁴), um für die Etablierung einheitlicher oder interoperabler Schemata zu garantieren, da die Gefahr besteht, dass Wissenschaftler diese durch eine Fokussierung auf ihre jeweils eigenen Bedürfnisse aus dem Blick verlieren.³⁵

Während die Entwicklung von Metadatenschemata eine zeitlich begrenzte Aufgabe mit Projektcharakter ist, könnte die Anwendung von Metadatenschemata, also die *Katalogisierung von Forschungsdaten*, eine bibliothekarische Daueraufgabe werden. Allerdings kann man Forschungsdatensätze nicht wie Bücher katalogisieren. Bei den inhaltsbezogenen Metadaten sind vielmehr sehr spezielle, auch technische In-

³⁰ In der Physik wird dabei bisher der Verwendung der Grid-Technologie der Vorzug gegeben, wie es beispielsweise das LHC-Grid aber auch die physikalischen Projekte in der D-Grid-Initiative zeigen. Vgl. <http://wlcg.web.cern.ch/> und <http://www.d-grid.de/>.

³¹ Ein Projekt, das einen externen Zugriff auf lokale experimentelle Ressourcen ermöglichen soll, ist das in der Nanotechnologie verortete BW-eLabs. Vgl. <http://www.bw-elabs.org/index.html>.

³² Lossau (2011, S. 158).

³³ Vgl. DFG (2009, S. 3).

³⁴ Vgl. Allen (2009, S. 52).

³⁵ Eine solche Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und Informationsspezialisten empfiehlt auch der Unterausschuss für Informationsmanagement des Ausschusses für Wissenschaftliche Bibliotheken und Informationssystem der DFG. Vgl. DFG (2009, S. 3).

formationen vonnöten, die nur die Wissenschaftler selbst geben können bzw. die teilweise automatisch bei der Erstellung des Datensatzes vergeben werden. Insofern wird hier dauerhaft eine enge Kooperation mit den Wissenschaftlern erforderlich sein. Was Bibliotheken in diesem Zusammenhang leisten könnten, wäre eine standardisierte Erfassung der bibliographischen Metadaten und die Verknüpfungen dieser mit Normdaten.³⁶ Darüber hinaus können Bibliotheken für die Herstellung von *Verlinkungen zwischen unterschiedlichen Informationsobjekten* sorgen.

Die Beteiligung von Bibliotheken in diesem Bereich böte zudem die Chance zum Aufbau und zur Betreuung von *übergeordneten Nachweissystemen für physikalische Forschungsdaten* („Forschungsdatenkatalog“) und *Forschungsdatenrepositorien* („Daten-DBIS“).³⁷

Um Forschungsdatensätze zitierbar zu machen, kommt darüber hinaus der *Vergabe von digitalen Identifiern* große Bedeutung zu, da sie eine eindeutige und dauerhafte Identifikation von Informationsobjekten erlauben. Die Vergabe solcher Identifier ist bereits jetzt eine Aufgabe, die an der TIB Hannover erfolgreich durch die dort angesiedelte DOI-Registrierungsagentur DataCite für Forschungsdatensätze wahrgenommen wird.³⁸ Auch in Zukunft wird natürlich nicht jede Bibliothek DOIs (oder andere Identifier) vergeben, aber es könnte eine allgemeine bibliothekarische Aufgabe werden, die *DOI-Beantragung* als Serviceleistung für die eigenen Wissenschaftler zu übernehmen.

Darüber hinaus kann man die Frage stellen, ob Bibliotheken auch die *Speicherung von Forschungsprimärdaten* übernehmen sollten.³⁹ In einigen Teilbereichen der Physik, wie z. B. der Astronomie, wird diese Aufgabe allerdings bereits von Datenzentren übernommen. Auch die teilweise riesigen Datenmengen bergen hier ggf. Schwie-

³⁶ Oder Bibliotheken könnten nach einer Ersterfassung dieser Daten durch den Wissenschaftler eine Endkontrolle derselben vornehmen. Auf ähnliche Weise gehen viele Universitätsbibliotheken im Hinblick auf ihre Hochschulschriftenserver vor: Die Wissenschaftler laden dort ihre Daten selbst hoch und vergeben entsprechende Metadaten. Bibliothekare kontrollieren das Katalogisat und schalten es anschließend zur Übertragung an den Verbundkatalog frei.

³⁷ Im GAVO-Projekt und der IVOA-Initiative wird das Anliegen des übergeordneten Nachweises von Forschungsprimärdaten in der Astronomie bereits ohne Beteiligung von Bibliotheken verfolgt. Vgl. dazu Kapitel 4.2 dieser Arbeit. Im Bezug auf Nachweissysteme für Forschungsdatenrepositorien hat aktuell die KIT-Bibliothek Karlsruhe mit Re3Data ein entsprechendes Projekt begonnen. Vgl. <http://www.re3data.org/> und <http://www.bibliothek.kit.edu/cms/projekte.php>.

³⁸ Vgl. <http://www.tib-hannover.de/de/die-tib/doi-registrierungsagentur/> und <http://datacite.org/>.

³⁹ Dieser Punkt hängt eng mit der Frage nach der Langzeitarchivierung digitaler Objekte zusammen. Auf diesen gehe ich im folgenden Abschnitt 3.4 genauer ein.

rigkeiten. So werden etwa die Daten des LHC nicht zentral, sondern in einem Grid gespeichert, an dem sich insgesamt 140 Institutionen beteiligen (zu denen aber keine Bibliothek gehört).⁴⁰ In Bereichen, wo es bereits solche langfristig etablierten Strukturen zur Datenspeicherung gibt, sollten die bereits bestehenden Institutionen für die Zwecke der Datenspeicherung genutzt werden. Bibliotheken sollten hier allenfalls als unterstützende Einrichtungen auftreten, die sich z. B. an der Metadatenpflege beteiligen.⁴¹ In anderen Bereichen, in denen die relevanten Datenmengen deutlich kleiner sind und es darüber hinaus keine etablierten Datenzentren gibt, beispielsweise in der Festkörperphysik oder der physikalischen Chemie, sollten Bibliotheken aber durchaus Forschungsdatensätze in ihren Repositorien (seien es VFU-Repositorien oder „gewöhnliche“ institutionelle Repositorien⁴²) archivieren. Hier gilt es im Einzelfall die konkrete Ausgangssituation und Anforderungen zu beurteilen.

Zuletzt sei noch der ebenfalls thematisierte Bereich der *Entwicklung von Datenanalyseapplikationen* angesprochen. Dieser stellt allerdings kein genuines Aufgabengebiet für Bibliotheken dar. Es ist bestenfalls vorstellbar, dass Spezialbibliotheken wie die Max Planck Digital Library oder die TIB Hannover im Einzelfall zu diesem Themenfeld passende Projekte verfolgen, wie es beispielsweise die TIB gerade mit dem Projekt VisInfo tut, in dem graphische Zugangs- und Retrievalmöglichkeiten für Forschungsdaten entwickelt werden sollen.⁴³

3.4 Publikation und Langzeitarchivierung von Informationsobjekten

Worum es geht

Auch in der Physik werden selbstverständlich Texte (Artikel, Projektberichte etc.) verfasst, in denen die Forschungsergebnisse dargestellt werden. Dabei sind normalerweise mehrere Autoren an der Erstellung eines Textes beteiligt. Veröffentlicht wird in der Regel in begutachteten (und subskriptionspflichtigen) wissenschaftlichen

⁴⁰ Vgl. [Wikipedia - LHC Computing Grid](#).

⁴¹ Lossau weist in diesem Zusammenhang zudem darauf hin, dass Bibliotheken dort, wo sich bereits eigenständige Datenzentren etabliert hätten, bibliothekarischen Bemühungen im Bereich des Forschungsdatenmanagements eher mit Zurückhaltung begegnet wird. Vgl. Lossau (2011, S. 160).

⁴² Im Regelfall wird eine Bibliothek ohnehin nicht zwei Repositorien betreiben, sondern vielmehr ihr Repository als Modul in eine VFU einbinden und den Zugriff auf die enthaltenen Informationsobjekte über ein entsprechendes Rechtemanagement steuern.

⁴³ Vgl. <http://www.tib-hannover.de/de/die-tib/projekte/visueller-zugang-zu-forschungsdaten/>.

Fachzeitschriften. In allen Teilbereichen der Physik herrscht allerdings die Meinung vor, dass der klassische Publikationsprozess inklusive Peer Review zu lange dauert. In einigen Teilbereichen der Physik haben sich deshalb Preprint-Archive wie das arXiv oder der CERN Document Server durchgesetzt, auf denen noch nicht begutachtete Vorabversionen der Artikel im grünen Open Access publiziert werden.⁴⁴ Zudem gibt es in jüngster Zeit einen verstärkten Trend auch Forschungsprimärdaten zu publizieren, um sie so sowohl der öffentlichen Prüfung als auch der Nachnutzung zugänglich zu machen.⁴⁵ Darüber hinaus ist die Langzeitarchivierung von Forschungsdaten (und anderen Informationsobjekten) ebenfalls ein wichtiges Thema.

Was eine VFU in diesem Zusammenhang leisten könnte

Aufgrund der üblichen Mehrfachautorenschaft ist es sinnvoll, wenn eine VFU Tools zum kooperativen Schreiben anbietet, sodass auch an unterschiedlichen Standorten tätige Autoren gemeinsam an Texten arbeiten können. Für das in der Physik weit verbreitete Textsatzprogramm LaTeX existieren bereits Tools, die dies leisten und die zu diesem Zweck in die VFU eingebunden werden könnten.⁴⁶ Literaturverwaltungssoftware, die mit einer Projektliteraturdatenbank verbunden ist, sollte ebenfalls zur Verfügung stehen.

Das Publizieren von Preprints (oder auch die nachträgliche Parallelveröffentlichung) können VFUs unterstützen, indem eine möglichst einfache, im besten Fall One-Click-Publikation ermöglicht wird. In Teildisziplinen, wo das arXiv oder andere Preprintarchive etabliert sind, sollten geeignete Schnittstellen zu diesen implementiert werden; in anderen Fällen können auch das VFU-eigene Repositorium oder bereits bestehende institutionelle Repositorien zur Publikation genutzt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass Möglichkeiten geschaffen werden, nicht nur Texte, sondern alle relevanten Informationsobjekte (Forschungsdaten, Workflowbeschreibungen, Programmcodes) zu veröffentlichen.

Da viele Physiker den klassischen Peer-Review-Prozess als zu langwierig empfinden, wäre es wünschenswert, wenn es mit Hilfe einer VFU gelingen könnte,

⁴⁴ Vgl. Meyer et al. (2011, S. 86). Projekte, wie das oben bereits erwähnte SCOAP³, zeigen aber, dass es in der Physik durchaus starke Bestrebungen zum Ausbau des goldenen Open Access gibt.

⁴⁵ Vgl. Accomazzi (2010, S. 3).

⁴⁶ Vgl. <http://monkeytex.bradcater.webfactional.com/>, <http://www.scribtex.com/> und <https://code.google.com/p/latex-lab/>.

dieses zu beschleunigen und/oder sogar in anderer Weise durchzuführen, z. B. könnte eine Form des sog. Offenes Peer Review ermöglicht werden.⁴⁷

Alternative öffentliche Kommunikationskanäle, wie Blogs, Twitter oder soziale Netzwerke, werden von Physikern bislang eher wenig genutzt; auf die Entwicklung entsprechender VFU-Module muss somit keine Priorität gelegt werden.⁴⁸ Es sollte dennoch möglich sein, sie bei Bedarf problemlos in die virtuelle Umgebung einzubinden.⁴⁹

Darüber hinaus könnten VFUs ein wichtiger Bestandteil einer übergeordneten Strategie zur Langzeitarchivierung werden, indem entweder VFU-Repositorien selbst in eine übergreifende Struktur zur digitalen Langzeitarchivierung eingebunden werden oder Informationsobjekte aus der VFU an eine solche Struktur übertragen werden. Aktuell liegt die Thematik der Langzeitarchivierung allerdings außerhalb des unmittelbaren Interesses der Wissenschaftler.

Storage and preservation are two distinct issues for researchers. Researchers have expressed a clear need for support in day-to-day storage, but they see preservation as a different step, and one that lies somewhat outside their immediate scope of interest.⁵⁰

Dies bedeutet, dass entsprechende Prozesse in der VFU möglichst so organisiert werden sollten, dass sie für den Wissenschaftler keine Zusatzarbeit erzeugen.

Was Bibliotheken dazu beitragen könnten

Im Bereich des Verfassens von Texten sehe ich kaum Potential für bibliothekarische Dienstleistungen. Allenfalls *Schulungen in der Anwendung der entsprechenden Tools* zum kooperativen Schreiben und zur Literaturverwaltung könnten übernommen werden.

Dienstleistungen zur Unterstützung des elektronischen Publizierens über VFUs sollten hingegen durchaus von Bibliotheken übernommen werden. Insbeson-

⁴⁷ Vgl. <http://www.researchinformation.info/risepect04openaccess.html>. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass eine Organisation des Peer Review über eine VFU nur sinnvoll ist, wenn das Peer-Review-Modul der VFU mit verschiedenen Systemen kompatibel ist und ggf. auch ohne Einsatz der VFU genutzt werden kann.

⁴⁸ Vgl. Meyer et al. (2011, S. 87).

⁴⁹ Schließlich ist es durchaus denkbar, dass in Zukunft ein höherer Bedarf nach der Nutzung dieser Kommunikationskanäle entsteht. Zudem gibt es bereits aktive Wissenschaftsblogger, wie z.B. die Plattform ScienceBlogs zeigt. Vgl. <http://scienceblogs.com/>.

⁵⁰ Feijen (2011, S. 4).

dere der Betrieb von *Repositorien* sowie das damit verbundene *Management von Informationsressourcen in VFUs* sind naheliegend.⁵¹ Dabei werden drei Aspekte besondere Bedeutung haben: a) Repositorien werden in Zukunft verschiedene Typen von Informationsobjekten enthalten, die gemeinsam indexiert werden und zwischen denen Verlinkungen hergestellt werden.⁵² b) Dem Aspekt des Rechtemanagements wird eine immense Bedeutung zukommen, wenn in Repositorien nicht mehr nur Ergebnisse abgeschlossener Forschung, sondern auch Daten, mit denen aktuell gearbeitet wird, abgelegt werden. c) Bibliotheken werden die Publikationspolicies für ihre Repositorien überdenken müssen. Der Regelfall ist derzeit, dass eine Bibliothek ein Repository für Wissenschaftler der eigenen Institution anbietet. Mit einer VFU werden aber national und international verteilte Forschungsgruppen arbeiten, denen das VFU-Repository zur Verfügung stehen muss.

Wenn Peer Review nicht mehr über Zeitschriftenherausgeber und Verlage, sondern über die VFU-Struktur organisiert würde, böte sich hier die Chance, dass Bibliotheken *die organisatorische Seite des Peer Reviews übernehmen*.

Ein weiteres Feld, an dem Bibliotheken mitwirken werden, ist die *Sicherung der digitalen Langzeitverfügbarkeit* von Informationsobjekten. Da Bibliotheken vermutlich einen wichtigen Part in nationalen und internationalen Langzeitarchivierungsbemühungen übernehmen werden, könnten sie Wissenschaftlern unliebsame Mehrarbeit für Zwecke der Langzeitarchivierung abnehmen, indem sie hierfür erforderliche Dienste in VFUs betreuen. Zudem können sie als Berater im Hinblick auf die Fragen fungieren, welche Daten dauerhaft archiviert werden sollten und wie die Daten frei verfügbar veröffentlicht, aber dennoch geschützt werden können.⁵³

⁵¹ Vgl. Lossau (2011, S. 160).

⁵² Bei der Verlinkung unterschiedlicher Informationsobjekte spielen Bibliotheken bereits jetzt eine wichtige Rolle: „Beginning in the late 1990s, libraries began playing an important role in maintaining links between bibliographies and data products. Several institutions today use ADS as a search tool to keep lists of bibliographies related to their missions and share some of this metadata back with ADS. This allows the possibility of searching the literature with a filter limiting results to the contributions of a particular institution. Thanks to this synergy, metadata that librarians have started collecting for the main purpose of generating reports and maintaining metrics can now be used by ADS to enhance literature searches in different ways. For instance, due to the contributions of the librarian from the Space Telescope Science Institute and the archivist from the Chandra X-ray observatory, one can now use ADS to find papers on a particular topic (e.g. “globular clusters”) that have optical data from the HST and X-ray data from Chandra.” Accomazzi (2010, S. 4).

⁵³ “Librarians, in particular, will have an important role to play in helping scientists in knowing what to preserve and how to protect it while also providing open access. The experience acquired in the library context will be extremely valuable in this process, but the background of “librarians” will have to be

3.5 Mögliche Querschnittsaufgaben für Bibliotheken

In den vorhergehenden Kapiteln wurden mögliche Aufgabenfelder für Bibliotheken diskutiert, die jeweils die Unterstützung einzelner Phasen des Forschungsprozesses durch die VFU betreffen. Zur Ergänzung dieser Betrachtung soll in diesem Kapitel diskutiert werden, welche übergeordneten Aufgaben Bibliotheken im VFU-Betrieb darüber hinaus wahrnehmen könnten, um einen nachhaltigen Betrieb der VFUs sicherzustellen. Lossau nennt hier den Bereich der *Beratung und Kooperation bei der Konzeption und im Aufbau von VFUs*.⁵⁴ Bibliotheken könnten Ansprechpartner für die Erstberatung von Wissenschaftlern sein, die Interesse am Einsatz einer VFU haben. Sie könnten gemeinsam mit Wissenschaftlern deren Forschungsfragen und Informationsbedürfnisse analysieren, um zu klären, wie eine VFU beschaffen sein müsste, um ihren Bedürfnissen zu genügen. Auch die Beratung hinsichtlich urheberrechtlicher Aspekte im Hinblick auf die in der VFU enthaltenen Informationsobjekte könnte von Bibliotheken übernommen werden, denn urheberrechtlichen Fragestellungen kommen im VFU-Kontext große Bedeutung zu, z. B. im Hinblick auf die gemeinsame Nutzung von Informationsressourcen oder lizenzrechtliche Fragen im Hinblick auf Open Access und die Veröffentlichung von Forschungsdaten. In Kooperation mit Rechenzentren könnten sie zudem VFU-Entwicklung und -Betrieb aktiv begleiten.⁵⁵ Die *Collaborative Landscape Study* des JISC sieht Bibliothekare hier in einer wichtigen Vermittlerrolle zwischen Wissenschaftlern und Entwicklern.⁵⁶ Auch in der Physik könnten Bibliothekare eine solche Schnittstellenfunktion übernehmen. Denkbar wäre darüber hinaus, dass sie *Endnutzer-Schulungen* im Hinblick auf die Basisfunktio-

widely extended, as they will have to deal with all the type of resources involved in the sharing. New librarians, for example, will have also to face the curation of the software repositories. All the typical digital curation functions will have to be applied in this case, but the different nature of the digital objects will require new skills.” Candela, Castelli, & Pagano (2009, S. 249).

⁵⁴ Vgl. Lossau (2011, S. 162).

⁵⁵ Vgl. Lossau (2011, S. 162).

⁵⁶ „Apart from the software engineers, several key roles emerge in the development process and the uptake of VREs. The first is the (subject) librarian who in several projects stood out as a key interface between developers and users. As information specialists, librarians not only understand information and data management, they are also aware of the needs and interests of their respective subject communities. This gives them unique skills to act as interpreters between researchers and developers as they can, to a certain extent at least, speak the languages of both. They also act as ambassadors for digital technologies within their communities. Their role was for instance noted in relation to the eSciDoc project, where librarians in the respective Max Planck institute act as liaison to the central digital library unit. They also helped to identify researchers and groups that were interested in testing new technologies.” Carusi & Reimer (2010, S. 26).

nen und die informationsrelevanten Module der VFU vornehmen. In diesem Sinne fordert die VFU-Entwicklung eine verstärkte Entwicklung hin zum „embedded librarian“.⁵⁷

Außerdem könnte Bibliotheken in diesem Zusammenhang eine übergeordnete Verantwortung für *organisatorische Aufgaben im Hinblick auf die gesamte nationale und internationale VFU-Landschaft* zukommen, mit dem Ziel Synergieeffekte zu realisieren und VFU-übergreifende Interoperabilität zu gewährleisten. Dazu sollten einzelne VFUs bestimmte Komponenten und Basisdienste teilen, um Entwicklungs- und Betriebsaufwand effizient zu gestalten.⁵⁸ Zu diesem Zweck sieht das KII-Konzept die SUB Göttingen als nationale Koordinierungsstelle für VFU-Aktivitäten vor.⁵⁹

4. Fallbeispiele: VFU-Projekte in der Physik

Der im vorhergehenden Kapitel entwickelte Leistungskatalog soll in diesem Kapitel mit dem aktuellen Stand der VFU-Entwicklung in der Physik abgeglichen werden. Dazu werden exemplarisch die Projekte HEP-CG, GAVO und AWOB kurz vorgestellt.

4.1 HEP-CG

Grundlage für die Forschung im Bereich der Hochenergiephysik sind riesige Datenmengen, die an einer Handvoll weltweit verteilten Teilchenbeschleunigern erhoben werden. Der vielleicht wichtigste von diesen ist der LHC am CERN, der jährlich Datenmengen in der Größenordnung von 15 Petabyte produziert. Zur Speicherung und Verarbeitung dieser gigantischen Datenmengen wurde das LHC-Computing-Grid initiiert.⁶⁰ Ziel des HEP-CG (Hochenergiephysik-Communitygrid), das hier vorgestellt werden soll, ist es, das LHC-Computing-Grid in den Bereichen der verteilten Datenverwaltung, der Jobüberwachung und der verteilten Datenanalyse zu unterstützen.

Die wesentlichen Dienste, die das HEP-CG dazu im Bereich der *Datenverwaltung* anbietet, sind zum einen die Bereitstellung eines Speicherelements, das in der Lage ist mit Daten im Petabytebereich umzugehen, sowie zum anderen ein umfang-

⁵⁷ Vgl. Carlson & Kneale (2011).

⁵⁸ Vgl. Horstmann, Kronenberg & Neubauer (2011, S. 356).

⁵⁹ Vgl. Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011, S. 54 und 62).

⁶⁰ Vgl. <http://wlcg.web.cern.ch/>.

reicher Metadatenkatalogs, mit dessen Hilfe weltweit verteilte Daten verwaltet werden können.⁶¹

Im Bereich *Jobüberwachung* werden Softwareangebote für die Überwachung der tausenden von Analysejobs entwickelt, die ein Hochenergiephysiker im Rahmen der Datenauswertung abschickt. Insbesondere sollen übersichtliche Tools mit einer graphischen Benutzeroberfläche erarbeitet werden, die die bisher verbreiteten Kommandozeilenprogramme ablösen.⁶²

In der *verteilten Datenanalyse* wird die Gridinfrastruktur zum verteilten Rechnen verwendet. Passende Nutzerschnittstellen und Hilfsapplikationen sollen sicherstellen, dass verschiedene Physiker das Grid für unterschiedliche Jobs nutzen können.⁶³

Am HEP-CG beteiligen sich folgende Einrichtungen: DESY Hamburg, GSI Darmstadt, TU Dortmund, TU Dresden, LMU München, Uni Siegen, Uni Wuppertal. Organisatorisch ist das Projekt Teil der vom BMBF im Rahmen der High-Tech-Strategie zum Hoch- und Höchstleistungsrechnen geförderten D-Grid-Initiative.⁶⁴ In dieser Initiative soll ein deutschlandweites Netz errichtet werden, das daran teilnehmenden Institutionen ermöglicht, über den Einsatz der Grid-Technologie Rechnerleistung und Softwaredienste in Anspruch zu nehmen.⁶⁵ Allen Teilnehmern an D-Grid stehen Basisdienste, wie die Bereitstellung einer Grid-Middleware oder allgemeine Betriebskonzepte, zur Verfügung. Diese Basisdienste werden von den einzelnen D-Grid-Projekten genutzt, um hierauf aufbauende, für ihre jeweiligen Anforderungen passende Dienste zu entwickeln. Aktuell beteiligt sich das HEP-CG zudem im WissGrid-Projekt, in dem auch die SUB Göttingen mitwirkt, an der weiteren Ausdifferenzierung und nachhaltigen Etablierung von Grid-Strukturen in Deutschland.⁶⁶

An dieser kurzen Skizze des Projekt lässt sich folgendes ersehen: Der Fokus von HEP-CG liegt auf der Speicherung, Verwaltung und Auswertung von Daten. Hierzu wird eine passende technische Infrastruktur (Rechenkapazitäten, Datentrans-

⁶¹ Vgl. D-Grid (n.d.-a, S. 34).

⁶² Vgl. D-Grid (n.d.-a, S. 34-35).

⁶³ Vgl. D-Grid (n.d.-a, S. 35).

⁶⁴ Vgl. <http://www.bmbf.de/de/298.php>.

⁶⁵ Vgl. D-Grid (n.d.-a, S. 13). Einen Überblick über das hiermit errichtete Netz an IT-Ressourcen, die von den Grid-Teilnehmern genutzt werden kann, findet sich hier <http://www.d-grid-gmbh.de/index.php?id=10>.

⁶⁶ Vgl. D-Grid (n.d.-b, S. 18-19).

portnetze, Speicher und Software) aufgebaut.⁶⁷ Die Entwicklung einer „ganzheitlichen“ VFU, die Tools zur Unterstützung des gesamten Forschungsprozesses bereitstellt, scheint zumindest gegenwärtig nicht geplant. An HEP-CG sind darüber hinaus keine Bibliotheken direkt beteiligt, aber in den übergeordneten D-Grid-Strukturen spielt mit der SUB Göttingen eine wissenschaftliche Bibliothek eine wichtige Rolle (insbesondere als Koordinierungsstelle).

4.2 GAVO

Das GAVO (German Astrophysical Virtual Observatory) ist die deutsche Beteiligung an der International Virtual Observatory Association (IVOA). Virtuelle Observatorien führen Daten zu astronomischen Objekten, die mit unterschiedlichen Messgeräten und –verfahren (z. B. Astrometrie, Photometrie oder Spektroskopie) erhoben wurden, in großen Datenarchiven zusammen. Der Anteil der öffentlich zugänglichen Daten ist in der Astronomie zwar deutlich höher als in den meisten anderen wissenschaftlichen Disziplinen, aber ein großer Teil der erhobenen Daten wird dennoch bisher nicht veröffentlicht. Ziel der Virtuellen Observatorien ist es, dies zu ändern. Zudem bieten Virtuelle Observatorien in der Regel die Möglichkeit unterschiedliche Datensätze miteinander zu vernetzen sowie Daten zu bearbeiten und zu analysieren (z. B. mit der verbreiteten Software Aladin⁶⁸).

Herzstück des GAVO ist ein Datencenter, in dem astronomische Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen werden und auf die über verschiedene Services zugegriffen werden kann, z. B. über spezielle Kataloge zu Sternpositionen oder photometrischen Daten.⁶⁹ Wichtig dabei ist, dass es sich bei dem Datencenter nicht um ein großes, zentralisiertes Datenrepositorium handelt, sondern dass die Daten weltweit verteilt gespeichert sind. Die zentrale Leistung des GAVO besteht in der Bereitstellung standardisierter Protokolle und Metadaten für den Zugriff auf diese Daten.⁷⁰ Im Rahmen dieser Bemühungen stellt GAVO darüber hinaus spezielle Software bereit, z. B. ein Interface, um Ergebnisse der sogenannten Millennium Si-

⁶⁷ Vgl. hierzu auch D-Grid (n.d.-b, S. 16).

⁶⁸ Vgl. <http://aladin.u-strasbg.fr/>.

⁶⁹ Vgl. http://dc.zah.uni-heidelberg.de/_system/_services/root/info.

⁷⁰ Vgl. <http://www.g-vo.org/pmwiki/About/About>.

mulation abzufragen.⁷¹ Zudem beteiligt sich GAVO am Aufbau eines europäischen Virtuellen Observatoriums (EURO-VO).⁷² Hier soll auf europäischer Ebene eine einheitliche Infrastruktur entwickelt werden, in der die nationalen Datenzentren vernetzt, VO-Technologie entwickelt und eine Supportinfrastruktur aufgebaut wird.

Wie man sieht, ist GAVO wiederum ein Projekt, dessen Fokus auf Speicherung und Analyse von Forschungsprimärdaten liegt. Dass keine Bibliotheken aktiv an GAVO beteiligt sind, zeigt, dass es in der Astronomie bereits etablierte Strukturen zum Umgang mit diesen Daten gibt, in denen Bibliotheken keine Rolle spielen. Initiativen wie IVOA und EURO-VO zeigen zudem, dass physikalische Forschung im internationalen Kontext stattfindet und dass VFUs dementsprechende Strukturen ausbilden sollten.

4.3 AWOB

Das letzte VFU-Projekt, das in dieser Arbeit vorgestellt werden soll, ist die Astronomer's Workbench (AWOB). Der Anspruch dieses Projekts wird von seinen Initiatoren, den Max-Planck-Instituten für Astrophysik und für extraterrestrische Physik sowie der Max Planck Digital Library, folgendermaßen beschrieben:

AWOB, the Astronomer's Workbench, is a web based collaboration-data evaluation-publication-platform which helps scientific working groups of any size to enhance the communication and to share resources, data, results, publication texts etc. throughout the whole scientific life cycle.

Resulting e-publications and publications to the Virtual Observatory allow long term archiving of data, the annotation of metadata as well as easy access of digital outcomes by other users.⁷³

Bereits an dieser Beschreibung lässt sich erkennen, dass AWOB den ganzheitlichsten Anspruch der bisher vorgestellten Projekte hat. Hier geht es um den Aufbau einer VFU, die den gesamten Forschungsprozess umfassen soll. AWOB setzt dazu die eSciDoc-Software ein, die von der Max Planck Digital Library (MPDL) und dem FIZ

⁷¹ In dieser Simulation wurde im Jahr 2005 mit erheblichem Rechenaufwand die zeitliche Entwicklung des Universums als N-Körper-Problem berechnet. Vgl. [Wikipedia - Millennium Run](#).

⁷² EURO-VO ist dabei die Fortsetzung des Astrophysical Virtual Observatory (AVO).

⁷³ [AWOB - Public Introduction](#).

Karlsruhe entwickelt wurde.⁷⁴ Im AWOB-Projekt wird eine webbasierte Plattform mit folgenden Funktionalitäten entwickelt: a) Projektmanagementtools zum Organisieren und Koordinieren von Forschungsprojekten und Kooperationen mit anderen Wissenschaftlern, b) Authentifizierungs- und Autorisierungsmodule, um Zugang zu Projektressourcen zu steuern, c) Zentralisierte Datenspeicherung und Datenmanagement, d) Such-, Visualisierungs- und Analysetools für Daten, e) ein Webportal, das die Standards des VO nutzt und Zugang zu externen Ressourcen ermöglicht, f) Metadatenextraktion und –annotation für die Publikation von Datensätzen gemäß der VO-Standards, g) One-Click-Publikationen von Daten und relevanten Artefakten, die im Projektverlauf produziert werden.⁷⁵

AWOB ist das umfassendste der drei vorgestellten Projekte. Dementsprechend finden sich in ihm fast alle Aspekte des Leistungskatalogs wieder, der im dritten Kapitel dieser Arbeit entwickelt wurde. Mit der MPDL ist eine bibliothekarische Einrichtung federführend an AWOB beteiligt. Ähnlich wie bei der SUB Göttingen in D-Grid ist mit der MPDL der bibliothekarische Partner hier allerdings eine spezielle Einrichtung mit einem starken Fokus auf Forschung und Entwicklung und entsprechendem Know-How.

5. Fazit

An dieser Stelle sollen die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst werden. Um zu klären, *welche Leistungen eine VFU erbringen muss, um die physikalische Forschung sinnvoll unterstützen zu können*, wurde zunächst herausgearbeitet, was kennzeichnend für moderne physikalische Forschung ist. Die wichtigsten Aspekte in diesem Zusammenhang waren, dass es sich bei der modernen Physik um eine datenintensive, empirische Wissenschaft mit einem hohen Spezialisierungsgrad der einzelnen Teildisziplinen handelt, und dass Forschungsprojekte in der Physik häufig Großforschungsprojekte sind, die ein hohes Maß an internationaler Vernetzung und Kooperation erfordern. Da diese Charakteristika in weiten Teilen auch für andere Naturwissenschaften kennzeichnend sind, lassen sich Schlussfolgerungen dieser Arbeit auch

⁷⁴ Vgl. [AWOB - Public Introduction](#).

⁷⁵ Vgl. [AWOB - Public Introduction](#).

auf diese übertragen.⁷⁶ Aufbauend auf die genannten Charakteristika wurde ein Leistungskatalog von möglichen Diensten und Anwendungen einer VFU zur Unterstützung physikalischer Forschungsprozesse entwickelt. Die zentrale Stellung in diesem Leistungskatalog nehmen verschiedene Dienste und Anwendungen ein, die das Forschungsprimärdatenmanagement betreffen. Aber auch in den Bereichen des Projektmanagements, des Informationsretrievals und –managements sowie im Bereich des Publizierens und der Langzeitarchivierung von Informationsobjekten bieten sich Anwendungsfelder für VFUs. Im Anhang findet sich eine tabellarische Übersicht über diesen Katalog.

Der Abgleich mit den Fallstudien zu aktuellen VFU-Entwicklungsprojekten aus der Praxis, HEP-CG, GAVO und AWOB, bestätigte dieses Bild. In allen Projekten kommt dem Aspekt der Datenerhebung und –analyse zentrale Bedeutung zu. Zudem zeigt sich, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur im AWOB-Projekt der Ansatz verfolgt wird, eine umfassende VFU, die den gesamten Forschungsprozess unterstützen soll, zu entwickeln.

Die zweite Leitfrage der Arbeit lautete: *Welche Rolle können Bibliotheken bei der Realisierung der oben beschriebenen Leistungen einer VFU spielen?* Im Hinblick auf diese Frage lässt sich absehen, dass Bibliotheken bei VFU-Entwicklungen in der Physik keine so zentrale Rolle zukommen wird, wie es in den Geisteswissenschaften der Fall sein könnte, da wesentliche Elemente von physikalischen VFUs, nämlich hochspezielle Software zur Datenanalyse, Jobüberwachung in Experimenten, Einsatz von Grid-Technologie zum Verteilten Rechnen etc. nicht in den Kompetenzbereich der Bibliotheken fallen. Nichtsdestotrotz wurde aufgezeigt, dass es auch in der Physik zumindest *potentielle* Handlungsfelder für Bibliotheken gibt, in denen Bibliotheken sich als kompetente Partner physikalischer Forschung positionieren sollten, denn Fragen, die Bibliotheken unter den Stichworten Forschungsprimärdatenmanagement, Forschungsinformationssysteme, Lizenzierung, Langzeitarchivierung, elektronisches Publizieren und Open Access ohnehin diskutieren, treten im Kontext der VFUs gebündelt auf. In all diesen Bereichen besteht Potential für bibliothekarische Beiträge zum erfolgreichen Aufbau und Betrieb von VFUs. Welche dies im Einzelnen sind,

⁷⁶ Vermutlich lassen sich die Schlussfolgerungen darüber hinaus auch auf einige Disziplinen außerhalb der Naturwissenschaften übertragen, beispielsweise auf die Ingenieurwissenschaften oder auf die empirische Sozialwissenschaft.

findet sich ebenfalls in der tabellarischen Übersicht im Anhang. Allerdings zeigt das Fallbeispiel des GAVO, das ein reines Communityprojekt ohne Beteiligung von Bibliotheken ist, dass Bibliotheken sich auch als kompetente Partner in diesem Bereich anbieten müssen, wenn sie an der zukünftigen Entwicklung von VFUs partizipieren möchten.

Dies gilt umso mehr, da die Entwicklung von VFUs in allen Disziplinen, auch in der Physik, noch am Anfang steht. Wie die VFU-Landschaft im Jahr 2020 aussehen wird, ist eine offene Frage. Bibliotheken sollten dies, wie Judith Wustemann eindrücklich ausführt, als Chance und Herausforderung begreifen:

Librarians have a crucial role to play in the successful development and optimal use of VREs [Virtual Research Environments]. But this relationship will not happen by default. There is already evidence that, to the ultimate detriment of researchers, VREs could evolve without the optimal level of library involvement, or in some cases, without any library involvement at all [...]. To avoid such a lost opportunity, librarians need to be proactive in identifying and advocating for their potential roles in VRE development and use.⁷⁷

Dazu, wie diese Rollen im Hinblick auf VFUs in der Physik aussehen könnten, hoffe ich in dieser Arbeit einige Anregungen geben zu haben.

⁷⁷ Wusteman (2008, S. 68).

Anhang: Tabellarische Übersicht über die Ergebnisse

Tab. 1: Mögliche Leistungen von VFUs in der Physik und potentielle Beiträge von Bibliotheken zu deren Realisierung

Aspekt des Forschungsprozesses	Mögliche Leistungen einer VFU	Potentielle Beiträge von Bibliotheken
Projektmanagement	Tools zur Mittelverwaltung, Zeitplanung etc.	-
	Schnittstellen zu institutionellen Forschungsinformationssystemen	a) Schnittstellen zu Forschungsinformationssystemen b) Betreuung eines Bibliographiemoduls (Hochschulbibliographie)
	Synchrone Kommunikationsmittel (Videokonferenz, Chat)	-
	Asynchrone Kommunikationsmittel (Foren, Wiki)	Pflege von fachbezogenen Informationsdiensten
Informationsretrieval und -management	Einbindung unterschiedlicher Informationsressourcen	a) Schnittstellen zu bibliothekarischen Ressourcen (Datenbanken, Kataloge, E-Journals etc.) b) Single Sign-on und Link-Resolver c) Bibliothekarische Daten als Open Data bzw. Linked Open Data d) Geschäftsmodelle für die Nutzung von Informationsressourcen in VFUs
	Literaturverwaltungssoftware	-
	Datenspeicherung (ggf. bei externen Datenzentren)	Speicherung von Daten im VFU-Repository (eingeschränkt)
Forschungsprimärdatenmanagement	Metadaten und Identifier für Forschungsdaten	a) Entwicklung von Metadatenschemata b) Katalogisierung von Forschungsdaten c) Verlinkungen zwischen Informationsobjekten d) Betreuung eines Forschungsdatenkatalogs und eines Verzeichnisses von Forschungsdatenrepositorien e) Vergabe und Beantragung von digitalen Identifiern
	Datenanalyseapplikationen	-

Aspekt des Forschungsprozesses	Mögliche Leistungen einer VFU	Potentielle Beiträge von Bibliotheken
Publizieren und Langzeitarchivierung	Software zum kollaborativen Schreiben	Endnutzerschulungen
	Repositorien für unterschiedliche Informationsobjekte	Betrieb entsprechender Repositorien
	Schnittstellen zu externen Pre-printservern	Schnittstellen für One-Click-Publication
	Peer-Review	Organisation des Peer Review
	Alternative Kommunikationskanäle (Blogs, Twitter etc.)	-
	Langzeitarchivierung digitaler Objekte	Langzeitarchivierung
Querschnittsaufgaben	Nachhaltige Etablierung von VFU-Strukturen	a) Beratung (allgemeine Beratung, Konzeption, Kooperationsmöglichkeiten, Urheberrecht etc.) b) Endnutzerschulungen c) Übergeordnete Koordination auf nationaler und internationaler Ebene

Literatur

- AWOB - Public Introduction.. <http://colab.mpg.de/mediawiki/AWOB> (abgerufen am 20.02.2012).
- Accomazzi, A. (2010). Astronomy 3.0 Style, 1-9. arXiv:1006.0670v1.
- Allen, R. (2009). *Virtual Research Environments - From portals to science gateways*. Oxford: Chandos.
- Arbeitsgruppe "Virtuelle Forschungsumgebungen" in der Schwerpunktinitiative "Digitale Information" in der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen (Institution/Organization). (2011). Definition Virtuelle Forschungsumgebung. http://www.allianzinitiative.de/fileadmin/user_upload/2011_VRE_Definition.pdf (abgerufen am 06.02.2012)
- Candela, L., Castelli, D. & Pagano, P. (2009). On-demand virtual research environments and the changing roles of librarians. *Library Hi Tech*, 27(2), 239-251. doi:10.1108/07378830910968191.
- Carlson, J. & Kneale, R. (2011). Embedded librarianship in the research context - Navigating new waters. *College & Research Libraries News*, 72(3), 167-170. Association of College & Research Libraries. <http://crln.acrl.org/content/72/3/167.full> (abgerufen am 01.03.2012).
- Carusi, A. & Reimer, T. (2010). Virtual Research Environment - Collaborative Landscape Study. *differences*. <http://www.jisc.ac.uk/media/documents/publications/vrelandscape.pdf> (abgerufen am 07.02.2012).
- D-Grid. (n.d.-a). *Die deutsche Grid-Initiative - Vorstellung der Projekte*. <http://www.d-grid-ggmbh.de/downloads/BroschuereAHM2010.pdf> (abgerufen am 14.02.2012).
- D-Grid. (n.d.-b). *Die deutsche Grid-Initiative - Vorstellung der neuen Projekte*. <http://www.d-grid-ggmbh.de/downloads/BroschuereAHM2009.pdf> (abgerufen am 14.02.2012).
- DFG. (2009). Empfehlungen zur gesicherten Aufbewahrung und Bereitstellung digitaler Forschungsprimärdaten. http://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/lis/ua_inf_empfehlungen_2009_01.pdf (abgerufen am 29.02.2012).
- Feijen, M. (2011). *What researchers want*. www.surffoundation.nl/en/publications (abgerufen am 02.02.2012).
- Horstmann, W., Kronenberg, H. & Neubauer, W. (2011). Vernetzte Wissenschaft. *B.I.T online*, 14(4), 354-362.
- JISC. (n.d.). Virtual research environment programme. Joint Information Systems Committee (JISC). <http://www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/vre.aspx> (abgerufen am 12.02.2012).
- Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur. (2011). Gesamtkonzept für die Informationsinfrastruktur in Deutschland. http://www.allianzinitiative.de/fileadmin/user_upload/KII_Gesamtkonzept.pdf (abgerufen am 13.02.2012).
- Lossau, N. (2011). Virtuelle Forschungsumgebungen und die Rolle von Bibliotheken. *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie*, 58(3-4), 156-165.
- Meyer, E. T., Bulger, M., Kyriakidou-Zachroudiou, A., Power, L., Williams, P., Venters, W., Terras, M. et al. (2011). Collaborative yet independent: Information practices in the physical sciences. http://www.iop.org/publications/iop/2012/file_53558.pdf (abgerufen am 07.02.2012).

- Neuroth, H. (2011). Schriftliche Stellungnahme zu ausgewählten Themen der Anhörung am 7. Nov 2011.
http://www.bundestag.de/internetenquete/dokumentation/Bildung_und_Forschung/PGBuF_2011-11-07_Expertengespraech/PGBuF_2011-11-07_Stellungnahme_Neuroth.pdf (abgerufen am 05.02.2012).
- White, R. L., Accomazzi, A., Berriman, G. B., Fabbiano, G., Madore, B. F., Mazzarella, J. M., Rots, A., et al. (2009). The High Impact of Astronomical Data Archives (Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey - Position Paper 64).
http://sites.nationalacademies.org/BPA/BPA_049492 (abgerufen am 21.02.2012)
- Wikipedia - LHC Computing Grid . (n.d.).
http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=LHC_Computing_Grid&oldid=93764787 (abgerufen am 03.03.2012)
- Wikipedia - Millennium Run. (n.d.).
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Millennium_Run&oldid=475204719 (abgerufen am 20.02.2012).
- Wusteman, J. (2008). Editorial: Virtual Research Environments: What Is the Librarian's Role? *Journal of Librarianship and Information Science*, 40(2), 67-70. doi:10.1177/0961000608089342
<http://aladin.u-strasbg.fr/> (abgerufen am 21.02.2012).
<http://datacite.org/> (abgerufen am 07.03.2012).
http://dc.zah.uni-heidelberg.de/_system/_services/root/info (abgerufen am 21.02.2012).
<http://monkeytex.bradcater.webfactional.com/> (abgerufen am 28.02.2012).
<http://scienceblogs.com/> (abgerufen am 21.02.2012).
<http://wlcg.web.cern.ch/> (abgerufen am 27.08.2012).
<http://www.bibliothek.kit.edu/cms/projekte.php> (abgerufen am 07.03.2012).
<http://www.bmbf.de/de/298.php> (abgerufen am 22.02.2012).
<http://www.bw-elabs.org/index.html> (abgerufen am 15.02.2012).
<http://www.clearskyinstitute.com/xephem/> (abgerufen am 26.02.2012).
<http://www.d-grid-gmbh.de/index.php?id=10> (abgerufen am 21.02.2012).
<http://www.d-grid.de/> (abgerufen am 06.02.2012).
<http://www.g-vo.org/pmwiki/About/About> (abgerufen am 20.02.2012).
<http://www.myexperiment.org/> (abgerufen am 26.02.2012).
<http://www.researchinformation.info/risepoc04openaccess.html> (abgerufen am 22.02.2012).
<http://www.re3data.org/> (abgerufen am 07.03.2012).
<http://www.scribtex.com/> (abgerufen am 28.02.2012).
<http://www.tib-hannover.de/de/die-tib/doi-registrierungsagentur/> (abgerufen am 23.02.2012).

<http://www.tib-hannover.de/de/die-tib/projekte/visueller-zugang-zu-forschungsdaten/> (abgerufen am 21.02.2012).

http://www.weltmaschine.de/experimente/lhc_computing_grid/ (abgerufen am 22.02.2012).

<https://code.google.com/p/latex-lab/> (abgerufen am 28.02.2012).

<https://www.esdoc.org/> (abgerufen am 14.02.2012).