

Bedarf, Ausrichtung und Finanzierung Virtueller Forschungsumgebungen



Frank Dickmann

Universität Göttingen
 Universitätsmedizin, Abteilung
 Medizinische Informatik
 Robert-Koch-Straße 40
 37075 Göttingen
 Deutschland
 fdickmann@med.uni-goettingen.de

Norman Fiedler

Institut für Deutsche Sprache R5 6–13
 68161 Mannheim
 Deutschland
 fiedler@ids-mannheim.de



Mathias Kaspar

Universität Göttingen
 Universitätsmedizin, Abteilung
 Medizinische Informatik
 Robert-Koch-Straße 40
 37075 Göttingen
 Deutschland
 mathias.kaspar@med.uni-goettingen.de



Jürgen Falkner

Universität Stuttgart Institut für
 Arbeitswissenschaft und
 Technologiemanagement (IAT)
 Nobelstraße 12
 70569 Stuttgart
 Deutschland
 Juergen.Falkner@iao.fraunhofer.de

zentren und weiterer akademischer Dienstbetreiber auf. Mit den generell gewachsenen Strukturen können standortübergreifende Forschungsinfrastrukturen in der länderübergreifenden Verbundforschung jedoch nur sehr eingeschränkt und mit großem Aufwand realisiert werden. Virtuelle Forschungsumgebungen als integrierte IT-Plattformen können genau diese Problemstellung lösen. Virtuelle Forschungsumgebungen verknüpfen entsprechend den fachwissenschaftlichen Anforderungen Dienste für Forschungsdatenmanagement und Forschungswerkzeuge. Allerdings existieren bisher kaum nachhaltige Finanzierungsmechanismen für den Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen. Daher wurden existierende Mechanismen der Forschungsförderung daraufhin analysiert, inwieweit diese für Virtuelle Forschungsumgebungen angewendet werden können. Darauf aufbauend wurden Finanzierungsmodelle für Virtuelle Forschungsumgebungen entwickelt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Aufbau Virtueller Forschungsumgebungen einerseits nutzergetrieben (Bottom-up) sowie andererseits durch die Forschungsförderer in Form angepasster Förderpolitik (Top-down) vorangetrieben werden sollte. Eine solche Anpassung beinhaltet eine Basisförderung, um Virtuelle Forschungsumgebungen zu erhalten, sowie einen bedarfsabhängigen Anteil in der Projektförderung, damit Forscher Leistungen aus Virtuellen Forschungsumgebungen beziehen können.

1 Einleitung und Hintergrund

Wissenschaftliche Arbeit wurde in der Vergangenheit vor allem lokal durch Einzelwissenschaftler und Wissenschaftlergruppen durchgeführt. Wesentlicher Bestandteil von Forschung war und ist der Austausch von Ideen und Erkenntnissen mit anderen Wissenschaftlern. Exploration zur Gewinnung von Forschungsdaten fand und findet, je nach Wissenschaftsdisziplin, entweder am gleichen Standort oder in Form des Zusammentragens von Daten und Gegenständen aus vom Forschungsort entfernten Orten statt.

Partizipation an wissenschaftlichen Kongressen sowie Publikation von Forschungsergebnissen in Zeitschriften und Büchern sind grundlegende wissenschaftliche Kommunikationsmittel [1]. Weiterhin sind traditionelle Kommunikationsmittel (z.B. Post, Telefon) und moderne Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT)¹ (z.B. Email, Videotelefonie und Webportale) essentiell für die Kommunikation und Kollaboration zwischen Wissenschaftlern verschiedener Standorte.

Die Einführung von ICT hat zu einer internationalen Ausrichtung in nahezu allen Arbeitsbereichen geführt [2]. In der

Zusammenfassung

Die bisherigen IT-basierten Forschungsinfrastrukturen bauen auf gewachsenen Strukturen örtlicher akademischer Rechen-

¹ Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung von Informationstechnologie (IT) als Grundlage für die Realisierung von Forschungsinfrastrukturen.

Wissenschaft hat physische Distanz bei der Informationsübermittlung durch ICT signifikant an Bedeutung verloren. Intensive Forschungsk Kooperationen über Ortsgrenzen hinweg werden von der Wissenschaftsförderung der Europäischen Union [3] sowie in Deutschland in der Form von Verbundforschung [4,5] besonders unterstützt. Forschungsverbände sind daher heute de facto Standard wissenschaftlicher Arbeitsorganisation [6].

Durch zunehmende Verbundforschung setzen Wissenschaftler aller Disziplinen vermehrt umfangreiche IT-Lösungen in Forschungsprojekten ein. Der Nachteil bisheriger IT-Lösungen ist jedoch, dass verschiedene Werkzeuge (z.B. Emailclients und Wikis) parallel verwendet werden. Für nahezu jeden Kollaborationszweck gibt es unterschiedliche, aber nicht kompatible Lösungen. Im schlechtesten Fall muss ein Wissenschaftler für jedes seiner Forschungsprojekte eine andere Softwarelösung erlernen und nutzen [7]. Die daraus entstehende Werkzeugkomplexität behindert den Arbeitsfluss und damit den Forschungsfortschritt.

Forschungsdaten werden in teilweise exponentiell steigendem Umfang erzeugt [8]. Hieraus resultierende Speicherbedarfe können am wissenschaftlichen Arbeitsplatz nur in wenigen Fällen sinnvoll und effizient abgedeckt werden. Beispiele für große Datenmengen sind die Daten der Hochenergiephysik (z.B. Experimente des Large Hadron Colliders (LHC) [9]), Genomdaten der Biomedizin, sowie Digitalisierungen der Bibliotheken [10]. Sollen Forschungsdaten effizient in Wissenschaftsverbänden analysiert werden, ist ein gemeinsamer Zugriff auf die Daten notwendig. In diesem Zuge können Redundanzen und Inkonsistenzen vermieden werden. Daher sind IT-Lösungen notwendig, die die Forschungswerkzeuge und Forschungsdaten ganzheitlich integrieren, um eine sinnvolle Wissensgenerierung aus wachsenden Forschungsdatenmengen zu ermöglichen [11].

2 Situationsanalyse zu Virtuellen Forschungsumgebungen

Die Hochenergiephysik geht bereits den Weg einer gemeinsamen Nutzung von ICT und Forschungsdaten [9]. Ursachen hierfür sind u.a. die hohe IT-Affinität in der Disziplin Physik und die immanente Notwendigkeit aufgrund großer Experimente. Entwicklungen aus Enhanced Science (eScience), z.B. Grid Computing, bilden die technische Grundlage für integrierte Lösungen [12]. Im Rahmen von nationalen und internationalen eScience-Initiativen rund um den Globus wurde bereits versucht, die in der Physik erfolgreichen Technologien auch für andere Wissenschaftsdisziplinen zu erschließen. In Deutschland hat D-Grid diese Aufgabe übernommen; beteiligt sind u.a. Biomedizin, sowie Klima- und Geisteswissenschaften [13].

Gegenwärtig befindet sich D-Grid in einer Transitionsphase der Integration in die europäische Grid-Initiative „European Grid Initiative“ (EGI). Mit EGI steht in Europa eine über Länder- und Institutionsgrenzen hinweg nutzbare IT-Infrastruktur für Wissenschaftler zur Verfügung [14], an welcher sich die „National Grid Initiatives“ (NGI) beteiligen [15]. Das deutsche NGI wird durch die Gauß-Allianz

repräsentiert [16], die ein Zusammenschluss akademischer Hoch- und Höchstleistungsrechenzentren sowie weiterer akademischer Ressourcenbetreiber ist. Anforderungen fachwissenschaftlicher Anwender² können durch gewählte Vertreter eines NGI-Beirates³ an die Ressourcenbetreiber kommuniziert werden.

Die nationalen und internationalen Grid-Initiativen sind meist in einen übergreifenden Bereich für Infrastrukturdienste und einen Bereich für die verschiedenen Fachdisziplinen unterteilt. Die Fachdisziplinen organisieren sich dabei in Virtuellen Organisationen (VO). Diese bieten Strukturen für die interinstitutionelle Zusammenarbeit fachwissenschaftlicher Endanwender und spezialisierter Dienstentwickler. Im Gegensatz zu dauerhaften Strukturen, wie Unternehmen mit physischer Ausstattung, sind Virtuelle Organisationen flexibel in ihrer Gründung und Terminierung [17] und können so an sich verändernde Anforderungsprofile angepasst werden.

Da eScience bislang vor allem High Performance Computing (HPC), High Throughput Computing (HTC) [18], dezentrale Speicherkapazitäten und fachspezifische Dienste auf hohem technischen Niveau adressiert, ist die Einstiegsschwelle für weniger IT-affine Wissenschaftsdisziplinen nach wie vor hoch [19]. Verteilte Umgebungen erfordern häufig eine orchestrierte Nutzung verschiedener Dienste, wobei eine Interoperabilität der einzelnen Dienste nicht immer sichergestellt ist. Die Entwicklung und Anpassung eigener Lösungen ist meist notwendig, kann jedoch nicht durch einzelne Forschergruppen abgedeckt werden. Der bisherige technische eScience-Ansatz ist daher nicht ausreichend, um eine breite Masse von Wissenschaftlern zu erreichen. Um eine hohe Akzeptanz für eScience zu erreichen, ist es entscheidend, dass Fachwissenschaftler ihre Anforderungen in die Gestaltung und Entwicklung einfließen lassen, welche von Spezialisten⁴ erfolgt [20]. Ein Beispiel hierfür ist die begleitende und beratende Aktivität der Fachberater des WissGrid-Projektes [21].

In Deutschland basiert eScience vor allem auf projektbasierter Forschungsförderung. Nachhaltige Strukturen lassen sich so nur schwer etablieren; insbesondere für kleinere Forschungsgruppen ist es nicht leicht, selbst nachhaltige eScience-Lösungen aufzubauen.

2.1 Definition Virtueller Forschungsumgebungen

Virtuelle Forschungsumgebungen (VFU) sind technischorganisatorische Strukturen einer auf Kollaboration ausgerichteten wissenschaftlichen Arbeitsumgebung, welche Funktionen zu Kommunikation, Kollaboration, Methodenintegration und Datenmanagement über institutionelle Grenzen und physische Distanzen hinweg integriert. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) definiert eine VFU auf

²Fachwissenschaftliche Anwender sind z.B. ein Principal Investigator (PI) oder ein Doktorand. Letztlich möchten beide eine Virtuelle Forschungsumgebung dazu nutzen, ihre Forschungsziele möglichst effizient zu erreichen.

³ Der Beirat wurde durch das NGI selbst bestimmt, so dass die Anwender nur begrenzten Einfluss auf seine Bildung hatten.

⁴ Im Folgenden bezieht sich der Begriff des Spezialisten auf Personen, die im Aufbau und Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen erfahren sind.

der Vorlage der Schwerpunktinitiative „Digitale Information“ der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen wie folgt [22]:

„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 zur Publikation der Ergebnisse – während sie technologisch vor allem auf Softwarediensten und Kommunikationsnetzwerken basiert. Virtuelle Forschungsumgebungen sind wesentliche Komponenten moderner Forschungsinfrastrukturen.“

Die konkrete Ausprägung einer Virtuellen Forschungsumgebung wird im fachlichen Forschungskontext⁵ von den Wissenschaftlern bestimmt. Dieser Kontext kann ein Verbundprojekt, aber auch eine lokal begrenzte Forschungsfragestellungen sein, die besondere Ressourcen, Werkzeuge und/oder die Dateneinbindung von multiplen entfernten Standorten erfordern können.

Ein spezieller Aspekt der Forschungsdaten – vor allem in integrierten VFU – ist die nachhaltige und langfristige Bereitstellung, der unter den Begriffen „Langzeitarchivierung von Forschungsdaten“ und „data sharing“ große Bedeutung für die Wissenschaft besitzt [23, 24]. Ein in diesem Bezug aktuelles Thema ist der Umgang mit großen Datenmengen mit z.T. exponentiellem Wachstum [8].

Ausgehend von antikem, meist physischem Kontakt der Wissenschaftler in Bibliotheken stellen VFUs also einen Entwicklungsschritt in Richtung eines komplett virtuellen wissenschaftlichen Arbeitsplatzes dar, mit dem u.a. eine vollständige Forschungsdokumentation realisiert werden kann⁶.

Das technische Fundament von VFUs wird durch die IT-Infrastrukturen akademischer Rechenzentren (Mitglieder der Gauß-Allianz [16]), andere Rechenzentrumsinstitutionen (z.B. Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung Göttingen mbH [25]) und des Deutsche Forschungsnetzes (DFN) [26] gebildet. Dieses Fundament wird eingesetzt, um standortübergreifende Forscherinteraktionen mit Forschungswerkzeugen und -daten durch Middleware-Dienste (z.B. Grid Computing [20]) zu realisieren.

2.2 Finanzierungsmechanismen von Forschungsinfrastrukturen

VFUs sind ein Bestandteil zukunftsfähiger Forschungsinfrastrukturen. Daher ist die Finanzierung dieser Forschungsinfrastrukturen von hohem Interesse. Im Folgenden werden relevante Mechanismen der Forschungsförderung im Kontext von VFUs untersucht. Dabei sind vor allem Personal-, Sach- und Investitionskosten bedeutende Kostenkategorien, die in fünf Hauptförderungsmechanismen eingesetzt werden:

1. Die Grundfinanzierung wissenschaftlicher Einrichtungen erfolgen durch die Bundesländer auf Grundlage von

⁵ Unter fachlichem Forschungskontext verstehen sich disziplinär sowie interdisziplinär getriebene Forschungsvorhaben/-aufträge.

⁶ Zu der Forschungsdokumentation zählt u.a., dass Wissenschaftler ihren erzeugten Forschungsdaten Metadaten beifügen. Diese werden in der biomedizinischen Forschung vielfach noch nicht dokumentiert [19].

Art. 143 c GG. Diese ist jedoch nicht ausreichend um den wachsenden Bedarf an benötigter Infrastruktur zu fördern.

2. Lokale Arbeitsplatzausstattung und Investitionen in Forschungsgeräte, die nicht mindestens zu 95% für Forschungszwecke eingesetzt werden, betreffen den allgemeinen Hochschulbau (nicht die Forschungsorganisationen unter 4.) und erfolgen durch die Bundesländer auf Grundlage von Art. 143 c GG (siehe Mechanismus 1). Die Arbeitsplatzausstattung wird rein über investive Mittel abgedeckt.
3. Projektförderung dient dazu, neue Lösungen aufzubauen oder Testszenarien für die Forschung zu ermöglichen. Diese zeitlich begrenzte Förderung (z.B. D-Grid) erfolgt in erster Linie durch große Forschungsförderer wie BMBF oder DFG. Der Anteil für Personal und investive Mittel (abhängig von den Forschungszielen) ist dabei meist sehr hoch.
4. Großgeräteförderung bezieht sich auf Forschungsgeräte, die mindestens zu 95% für Forschungszwecke eingesetzt werden. Sie erfolgt durch den Bund oder gemeinsam mit den Ländern nach Art. 91 b GG [27]. Die Arbeitsplatzausstattung wird rein über investive Mittel abgedeckt.
5. Wissenschaftsinstitutionen und -organisationen wie DFG, MPG, WGL, Fraunhofer Gesellschaft (FhG), Helmholtz-Zentren und weitere Programme werden von Bund und Ländern gemeinsam, aber mit unterschiedlichen Finanzierungsanteilen gefördert [28]. Die Institutionen erhalten Personal-, Sach- und Investitionsmittel für zuwendungsfähige Ausgaben, die durch Ausschüsse⁷ überprüft werden.

Neben den zuwendungsfähigen Ausgaben erhalten Universitäten und Wissenschaftsinstitutionen ebenfalls Mittel aus der Projektförderung, indem sie sich am wissenschaftlichen Wettbewerb beteiligen. Hieraus können weitere Infrastrukturkomponenten gefördert werden. Aufgrund dieser nicht per se trennscharfen Finanzierungsmechanismen wird für die weitere Analyse nur zwischen Projekt- und Infrastrukturförderung unterschieden. Mit Projektförderung werden die Personalkosten und spezielle Infrastrukturkomponenten⁸ für den lokalen Einsatz abgedeckt. Unter die Infrastrukturförderung fallen Investitionsmittel für größere und durch mehrere Institutionen (lokal oder auch überregional/national) genutzte Infrastrukturkomponenten⁹.

Anträge auf Forschungsförderung werden qualitativ und quantitativ in enger Abstimmung zwischen Fördermittelgebern und Geförderten begutachtet. Zwischen fachwissenschaftlichen Nutzern und Betreibern der IT-Forschungsinfrastruktur besteht jedoch keine vergleichbar ausgeprägte Abstimmungskultur (siehe Abbildung 1). Daher haben die fachwissenschaftlichen Anwender nur einge-

⁷ Während die FhG einen eigenen Ausschuss hat, prüft bei der WGL der Ausschuss der GWK.

⁸ Infrastrukturkomponenten, die aus der Projektförderung finanziert werden, sind z.B. spezielle Mikroskope und dazugehörige IT-Komponenten. Damit wird die Arbeitsplatzausstattung den Forschungsanforderungen angepasst.

⁹ Infrastrukturkomponenten, die aus der Infrastrukturförderung finanziert werden, sind z.B. größere Rechencluster für die gemeinsame Nutzung an einem wissenschaftlichen Standort.

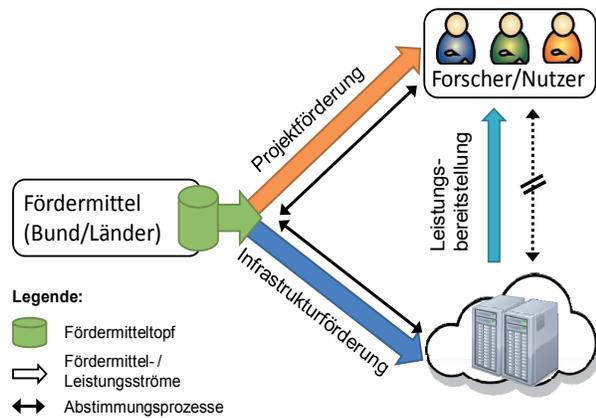


Abbildung 1 Aktuelle Förderung von IT-Forschungsinfrastruktur. Der Fördermitteltopf stellt die gesamten verfügbaren Fördermittel dar. Die Abstimmungsprozesse der Nutzer und Ressourcenbetreiber mit den Fördermittelgebern sind durch Begutachtungen sehr ausgeprägt. Direkte Abstimmungen zwischen Nutzern und Ressourcenbetreibern sind jedoch kaum vorhanden.¹⁰

schränkten Einfluss auf die Gestaltung der von ihnen genutzten Forschungsinfrastrukturen.

Der DFN-Verein, der eine Reihe fundamentaler Dienste der akademischen IT-Forschungsinfrastruktur anbietet, finanziert sich durch die für die Inanspruchnahme der bereitgestellten Dienste durch wissenschaftliche Institutionen erzielten Einnahmen. Da die akademischen Leistungsnehmer ihre Dienstkosten und Mitgliedsbeiträge aus ihren Haushalten finanzieren, entstammt die Finanzierung des DFN-Vereins implizit den fünf aufgeführten primären Fördermechanismen.

2.3 Probleme übergreifender Forschungsinfrastrukturen

Übergreifende Forschungsinfrastrukturen sind über Institutions- und Landesgrenzen hinaus nutzbar; VFUs fallen hierunter (siehe Abschnitt 2.1). Da die Forschungsinfrastruktur zu einem großen Teil durch die Bundesländer finanziert wird, müssen die z.T. unterschiedlichen Landesgesetzgebungen berücksichtigt werden (siehe Beispiel in Tabelle 1).

Derartige landesspezifische Unterschiede ohne harmonisiertes Verständnis über gegenseitige Nutzung gelten auch für die Finanzierung von Forschungsinfrastruktur. Die Nutzung der Forschungsinfrastruktur eines Bundeslandes in einem anderen ist de facto ein Verstoß gegen Vorgaben der Landesrechnungshöfe und deshalb nicht ohne Weiteres möglich. Der sich ebenfalls unterscheidende Finanzierungs- und Leistungstransfer der Forschungsorganisationen und -institutionen (siehe Abschnitt 2.2) erschwert den interinstitutionellen Leis-

¹⁰Alle im Text referenzierten Grafiken beschreiben eine wichtige Überlegung aus dem BMBF-geförderten Projekt WissGrid (siehe <http://www.wissgrid.de/info/steuerungsgremium.html>). Diese wurden bereits in ähnlicher Form an anderer Stelle erörtert [29].

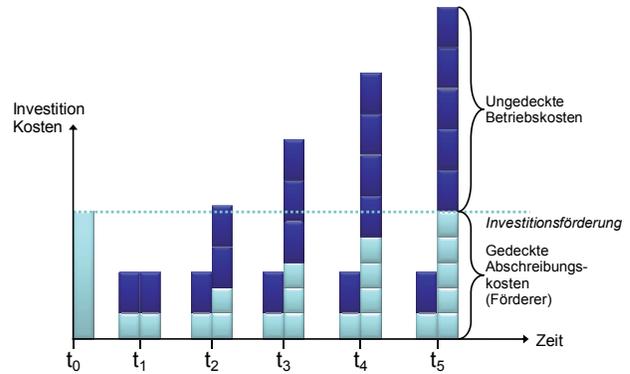


Abbildung 2 Die Investitionsförderung im akademischen Bereich unterstützt bislang nur selten die Folgekosten der jeweiligen Investitionen. Daher müssen die Folgekosten aus den Haushalten der Wissenschaftseinrichtungen erbracht werden, was nicht dauerhaft tragbar ist.

tungstransfer zusätzlich. Ein Finanzmitteltransfer ist daher für einen funktionierenden Leistungsaustausch essenziell.

Als Folge der sich etablierenden Vollkostenrechnung in Hochschulen [30] und Forschungseinrichtungen wird die Leistungserstellung an Dritte auch im akademischen Bereich mehrwertsteuerpflichtig. Differierende Besteuerungen zwischen Bundesländern können daher hemmend wirken. Eine unterschiedliche Besteuerung bedeutet Bevorteilung bzw. Benachteiligung von am Leistungstransfer beteiligten Institutionen, wenn diese in unterschiedlichen Bundesländern beheimatet sind¹¹. Eine sinnvolle und rechtskonforme Besteuerung steht bislang noch aus.

Leistungstransfers zwischen Forschungsorganisationen bzw. -institutionen sind somit über Landesgrenzen hinweg nur schwer und ggf. nur über ein sehr komplexes Regelwerk realisierbar. In D-Grid funktioniert der Leistungsaustausch aufgrund der Bundesförderung, so dass die Landesgesetze hier nicht greifen.

2.4 Folgekosten

Wissenschaftliche Institutionen und akademische Rechenzentren sehen sich dem Trend steigender Betriebskosten für Forschungsinfrastruktur ausgesetzt. Dabei sorgen Kosten für Energie (Betriebsstrom und Kühlung) und Personal (Administration der IT-Anlagen) für zusätzliche Kosten in Höhe der ursprünglichen Investitionssumme. Da die Förderung von IT-Forschungsinfrastruktur überwiegend nur die Investitionskosten berücksichtigt, tragen die akademischen Institutionen die weiteren Folgekosten aus ihrem jeweiligen Haushalt (siehe Abbildung 2).

¹¹ Diese Problemstellung ergibt sich für wissenschaftliche Einrichtungen z.B. auch verstärkt im Bereich der Unteraufträge in Drittmittelprojekten.

Niedersächsisches Hochschulgesetz (NHG)	Bayerisches Hochschulgesetz (BayHSchG)
„§4 Zusammenwirken der Hochschulen: ¹ Die Hochschulen bilden eine Landeshochschul-konferenz, um Aufgaben, die ihr ständiges Zusammenwirken erfordern, besser wahrnehmen zu können; zur Wahrnehmung der Interessen der Universitätsmedizin Göttingen entsendet dessen Vorstand eine Vertreterin oder einen Vertreter. ² Die Landeshochschulkonferenz kann in ihre Beratungen die Personalvertretungen der Hochschulen in geeigneter Weise einbeziehen.“	„Art. 16 Zusammenwirken von Hochschulen: (1) Die Hochschulen wirken bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben untereinander, mit Hochschulen anderer Länder und mit anderen staatlichen und staatlich geförderten Forschungs- und Bildungseinrichtungen zusammen ...“

Tabelle 1 Gegenüberstellung der Abschnitte zum Zusammenwirken von Hochschulen in den niedersächsischen und bayerischen Hochschulgesetzen.

Bei VFUs können Folgekosten entstehen, da ein nachhaltiger Betrieb hier bedeutet, dass entwickelte Dienste sowie Daten dauerhaft bereitgestellt werden sollen. Zusätzlich wird Support benötigt, um den Endanwendern den effizienten Einsatz bereitgestellter Dienste zu ermöglichen, welcher ebenfalls zu Folgekosten führt. Daneben stellt der Aufwand für die Kuratation von Forschungsdaten bestehende Forschungsinfrastrukturen vor große Herausforderungen (siehe Abschnitt 2.1). Die für diese Abstimmungen notwendigen Governance-Prozesse sind bisher nicht definiert.

3 Finanzierungsoptionen für Virtuelle Forschungsumgebungen

Für die in Abschnitt 2 herausgestellte Problemstellung einer nachhaltigen Finanzierung von VFUs sollen nachfolgend drei mögliche Lösungsvorschläge diskutiert werden:

1. VFUs werden, wie ein großer Teil der bisherigen deutschen eScience-Infrastruktur, bis dato auf der Basis von Projekten gefördert. Projektförderung ist aufgrund festgelegter Endpunkte nicht nachhaltig. Zudem müssten nachfolgende Projekte gleichartige Komponenten erneut entwickeln bzw. Forschungsdaten erzeugen, weshalb Projektförderung allein wenig effizient für Forschungsinfrastrukturen ist.
2. Mittels Infrastrukturförderung wird gegenwärtig die Ausstattung wissenschaftlicher Institutionen und akademischer Rechenzentren finanziert (siehe Abschnitt 2.2). Eine Finanzierung von VFUs durch Infrastrukturförderung hätte den Vorteil, dass diese durch ihren längeren Zeithorizont eher nachhaltig ist. Allerdings besteht der Nachteil, dass die geschaffenen Strukturen tendenziell sich wenig flexibel und nicht optimal auf Nutzeranforderungen ausgerichtet entwickeln. In Konsequenz können quantitative und qualitative Nutzeranforderungen an VFUs durch Infrastrukturförderung nicht adäquat abgebildet werden (siehe Governance-Problem).
3. Ein hybrides Finanzierungsmodell besteht aus einer Grundfinanzierung und einer bedarfsabhängigen Komponente. Die Grundfinanzierung von VFUs kann durch ein Umleiten von Anteilen der Infrastrukturförderung realisiert, die bedarfsabhängige Komponente kann durch Anteile für die Inanspruchnahme von Leistungen aus

VFUs in der Projektförderung berücksichtigt werden. Mit der Grundfinanzierung können Support und grundlegende Verfügbarkeit sichergestellt werden. Die sich verändernde Nutzungsintensität von VFUs kann mit der Projektförderung realistisch abgebildet werden.

Bei allen Finanzierungsoptionen ist zunächst anzunehmen, dass der Umfang von Forschungsförderung aufgrund limitierter Haushaltsmittel der Bundes- und Landesregierungen nicht wachsen wird. Daher muss der bestehende Finanzierungsumfang neu strukturiert werden. Das Modell FinMod C bietet hierzu einen konkreten Ansatz, bei dem Anteile aus Projekt- und Infrastrukturförderung an VFUs umgeleitet werden (siehe Abbildung 3). Daraus entsteht eine Entlastung der lokalen Grundversorgung, wobei die übergreifend genutzten und IT-basierten Forschungswerkzeuge durch VFUs bezogen werden. Möglicherweise bilden die frisch eingerichteten nationalen Zentren in der Gesundheitsforschung hier ein Beispiel. Das Thema wird gegenwärtig auch von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Wissenschaftsrat (WR) in diesem Sinne adressiert. Ein weiteres Beispiel ist das Nestor-Projekt zur Langzeitarchivierung [10], in welchem dieses Thema hoch relevant ist.

Für akademische Rechenzentren und andere Ressourcenbetreiber bieten VFUs Optimierungspotenziale. Durch standortübergreifende Leistungsbereitstellung können akademische Rechenzentren sich spezialisieren und Leistungen anderer Rechenzentren einbinden. Damit bietet sich die mögliche Weiterentwicklung akademischer Rechenzentren von einer Maximal- zu einer Spezialversorgung. Infolge spezialisierter Leistungserstellung können akademische Rechenzentren höhere Skaleneffekte realisieren, damit effizienter arbeiten und somit die Umleitung von Infrastrukturförderung in FinMod C kompensieren. Das gilt unter der Voraussetzung, dass die oben angesprochenen rechtlichen Probleme gelöst werden können.

Träger von VFUs sind fachwissenschaftliche Nutzer und Spezialisten, die in enger Abstimmung bzw. gemeinschaftlicher Organisation (VO) mit Spezialisten die höheren fachwissenschaftlichen Dienste betreiben. Träger der Basisinfrastruktur sind nach wie vor die akademischen Rechenzentren sowie der DFN-Verein. Eine VFU bündelt daneben die Nutzeranforderungen und kommuniziert diese an die akademischen Rechenzentren etc. (siehe Abbildung 4). Dadurch kann eine effiziente Abstimmung zwischen Nutzern und Ressourcenbetreibern implementiert werden.

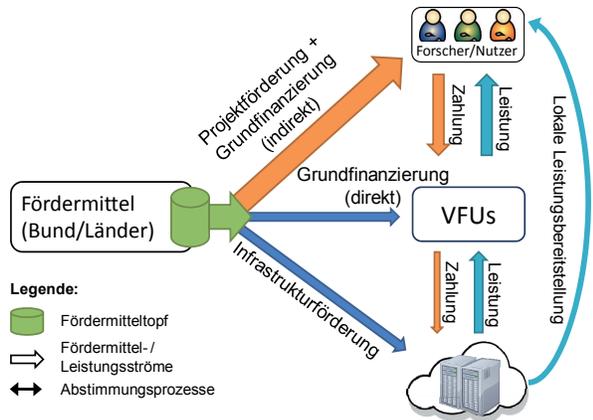


Abbildung 3 FinMod C beinhaltet eine bedarfsabhängige Finanzierungskomponente in der Projektförderung. Eine Grundfinanzierung Virtueller Forschungsumgebungen wird aus der Infrastrukturförderung umgeleitet. Daneben benötigen Wissenschaftler nach wie vor eine lokale Grundausstattung, die weiterhin durch Ressourcenbetreiber erbracht wird.

Eine weitere Problemstellung ist die länderübergreifende Nutzung von Diensten bei länderspezifischer Gesetzgebung. Hierfür bietet sich als Lösungsmöglichkeit an, VFUs als gemeinnützige Vereine bzw. eine Dachorganisation als gemeinnützigen Verein einzurichten, wie bereits am Beispiel des DFN-Vereins gezeigt ist. Ein solcher Verein könnte unabhängig von Landesgesetzen arbeiten und damit ein Dach für eine VFU oder mehrere VFUs bieten.

4 Diskussion

Forschungsinfrastruktur entwickelt sich kontinuierlich weiter. Dies wird deutlich im Gespräch mit fachwissenschaftlichen Anwendern sowie durch die Entwicklung bzw. Ausrichtung von Forschungsförderung in der jüngeren Vergangenheit [6]. Aufgrund des sich immer weiter herausstellenden Bedarfs an VFUs sollte die Forschungsförderung diese Entwicklung berücksichtigen [32]. Mit den bisherigen Finanzierungsmechanismen kann die Forschungsförderung den neuen Anforderungen nur unzureichend gerecht werden. Das Finanzierungsmodell FinMod C (siehe Abschnitt 3) ist daher eine Möglichkeit für die Forschungsförderung, sich an die veränderten Anforderungen anzupassen. Vor allem gilt es, den bislang projektbasierten VFUs zu ermöglichen, ihre Leistungen auf einer nachhaltigen Grundlage anbieten zu können. Eine solche Grundlage kann konsequenterweise das Vertrauen der fachwissenschaftlichen Anwender in die angebotenen Leistungen aus VFUs stärken.

Allerdings sollte beachtet werden, dass es auch einzelne, aber gewichtige Stimmen in den fachwissenschaftlichen Disziplinen gibt, die VFUs nur einen sehr eingeschränkten Nutzen zusprechen. Vor dem Hintergrund, dass VFUs nur als eine vernetzte Form bereits existierender Forschungs-IT ange-

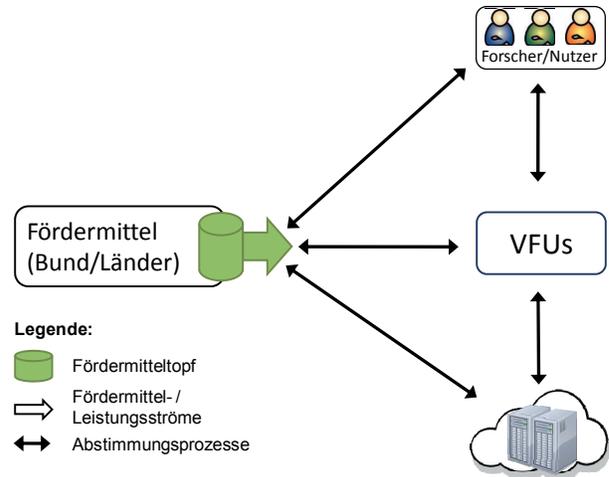


Abbildung 4 Virtuelle Forschungsumgebungen können die fachwissenschaftlichen Nutzerinteressen bündeln und eine enge Abstimmung zwischen fachwissenschaftlichen Nutzern und Ressourcenbetreibern realisieren [31].

sehen wird, können die eigentlichen Potenziale nur schwer erkannt werden. Die VFUs selbst sind angehalten, wissenschaftliche Erfolge sichtbar zu unterstützen und sich damit als wichtiger Bestandteil der nationalen Forschungsinfrastruktur zu etablieren.

Aufgrund fachwissenschaftlicher Unterschiede wird es auf absehbare Zeit keine einheitliche VFU geben können. Jedoch bieten VFUs eine erstmals durchgehend standortübergreifend integrierende Forschungsinfrastruktur sowie die Möglichkeit, verstärkt Synergien zwischen Wissenschaftsdisziplinen zu nutzen. Der gegenwärtig durch interdisziplinäre Forschung eingeschlagene Trend zu einer methodischen Abhängigkeit zwischen wissenschaftlichen Disziplinen kann von der Integration durch VFUs profitieren.

Darüber hinaus könnten die Ressourcenbetreiber in Bezug auf die vorgeschlagene Spezialisierung profitieren. In diesem Zusammenhang wurden bereits allererste Erfahrungen mit möglichem Fremdbezug („Outsourcing“) vom Rechenzentrumsbetrieb für akademische Standorte gemacht. Hierbei handelt es sich um die Anstrengungen, mehrfach vorhandene Rechenzentrumseinheiten bezüglich ihrer Aufgabenstellungen an einem Standort zu konsolidieren. Dabei wurde festgestellt, dass für den Erfolg des Fremdbezugs

1. eine hohe Spezialisierung des anbietenden Ressourcenbetreibers,
2. eine konkrete Nutzerschaft (fachwissenschaftliche Anwender)
3. sowie eine konkrete Bepreisung der Leistungen des Ressourcenbetreibers

notwendig sind.

Darüber hinaus ist es notwendig, genauer auf die spezifischen Anforderungen einzelner Fachdisziplinen einzugehen. Des Weiteren wird ein dediziertes Qualitätsmanagement notwendig sein, um die Leistungsfähigkeit von VFUs metho-

disch fundiert zu bewerten und transparent zu machen. Ein solches Qualitätsmanagement existiert bislang nicht.

Die zur Umsetzung des juristischen Rahmens vorgeschlagene Vereinsbasis ist u.U. nicht für alle fachwissenschaftlichen Disziplinen eine ideale Lösung. Aus diesem Grund sollten weitere Alternativen betrachtet werden; denkbar wäre z.B. eine gemeinnützige GmbH.

5 Ausblick

VFUs sind eine vor allem durch den evolutionären Druck der Nutzer getriebene Entwicklung im Bereich der Forschungsinfrastrukturen. In Zukunft wird es kaum möglich sein, effiziente Forschungsprozesse zu realisieren, ohne dabei die Synergiepotenziale von VFUs auszuschöpfen.

Dies wurde bereits durch die Forschungsförderung und Forschungspolitik wahrgenommen [32, 33]. Allerdings befinden sich nachhaltige Strukturen für VFUs noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Gruppen von Wissenschaftlern, z.B. in WissGrid [34], erarbeiten bereits mögliche Konzepte, um die Forschungsförderung zu unterstützen. Jedoch sind diese Gruppen bislang projektfinanziert und können somit nur einen eingeschränkten Beitrag leisten. Dieser Beitrag adressiert jedoch genau den nutzergetriebenen Aufbau von VFUs und ist daher essenziell für die weitere Entwicklung.

Danksagung

Die Autoren danken für die Anregungen und Überlegungen aus Diskussionen, an denen Sie im Rahmen von WissGrid teilgenommen haben. WissGrid wird gefördert vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 01IG09005A-L).

Literatur

- [1] J. Wilbanks, Cyberinfrastructure For Knowledge Sharing. *CTWatch Quarterly*, **3** [3] (2007), S. 58–66.
- [2] E. E. Leamer und M. Storper, The Economic Geography of the Internet Age. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, Los Angeles, CA, USA, National Bureau of Economic Research, (2001), 2011.09.06, <http://www.nber.org/papers/w8450.pdf>.
- [3] European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) (2011): Research & Innovation – Infrastructures. European Commission, Brussels, BE, 2011.09.10, http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri.
- [4] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2011): Grundlagenforschung. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin, 2011.09.10, <http://www.bmbf.de/de/98.php>.
- [5] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2007): Perspektiven der Forschung und ihrer Förderung 2007–2011. WILEY-VCH, Weinheim.
- [6] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2010): Informationsverarbeitung an Hochschulen - Organisation, Dienste und Systeme. Empfehlungen der Kommission für IT-Infrastruktur 2011–2015, Bonn, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), **54**, 2010.10.02.
- [7] Research Information Network (RIN) und British, L. B. (2009): Patterns of information use and exchange: case studies of researchers in the life sciences, London, UK, The Research Information Network, 56, http://www.rin.ac.uk/system/files/attachments/Patterns_information_use-REPORT_Nov09.pdf.
- [8] J. Manyika, M. Chui, B. Brown, et al., Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, McKinsey Global Institute (MGI), (2011), http://www.mckinsey.com/mgi/publications/big_data/pdfs/MGI_big_data_full_report.pdf.
- [9] I. Bird, B. Jones und K. F. Kee, The Organization and Management of Grid Infrastructures. *IEEE Computer*, **42** [1] (2009), S. 36–46.
- [10] H. Neuroth, A. Oßwald, R. Scheffel, et al., nestor-Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung. Version 2.0. Aufl., (2009), Verlag Werner Hülsbusch, Boizenburg.
- [11] T. K. Attwood, D. B. Kell, P. McDermott, et al., Calling International Rescue: knowledge lost in literature and data landslide! *Biochemical Journal*, **424** [3] (2009), S. 317–317.
- [12] I. Foster, C. Kesselman, The grid: blueprint for a new computing infrastructure. 2nd. Aufl., (2004), The Elsevier series in grid computing, Morgan Kaufmann, Amsterdam, Boston.
- [13] D-Grid Initiative. Letzter Zugriff: 2009.01.26, <http://www.d-grid.de>.
- [14] D. Kranzlmüller, The Future European Grid Infrastructure – Roadmap and Challenges. Proceedings of the ITI 2009. 31st International Conference on Information Technology Interfaces, Cavtat/Dubrovnik, Croatia, (2009), S. 17–20.
- [15] European Grid Initiative (2009): EGI Blueprint, <http://web.eu-egi.eu/blueprint.pdf>.
- [16] Gauß-Allianz. Gauß-Allianz e.V., Berlin, (2011), 2011.09.03, <http://www.gauss-allianz.net>.
- [17] A. Mowshowitz, Virtual organization. *Communications of the ACM*, **40** [9] (1997), S. 30–37.
- [18] The Condor Project High Throughput Computing (HTC), 2009.08.20, <http://www.cs.wisc.edu/condor/hlc.html>.

- [19] J. Ure, R. Procter, Y.-W. Lin, et al. The Development of Data Infrastructures for eHealth: A Socio-Technical Perspective. *Journal of the Association for Information Systems*, **10** [5] (2009), S. 415–429.
- [20] U. Schwiegelshohn, Grids als neue Komponenten des Integrierten Informationsmanagements. *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, **32** [1] (2009), S. 29–32.
- [21] WissGrid-Projekt, *WissGrid – Fachberater Teams.*, 2012.01.04, (2010), <http://www.wissgrid.de/workgroups/ap2/Fachberater.html>.
- [22] Arbeitsgruppe „Virtuelle Forschungsumgebungen“ in der Schwerpunktinitiative „Digitale Information“ in der Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen (2011): Definition Virtuelle Forschungsumgebung. Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., Bonn, 2011.09.03, http://www.allianzinitiative.de/fileadmin/user_upload/2011_VRE_Definition.pdf.
- [23] B. Nelson, Data sharing: Empty archives. *Nature*, **461** [7261] (2009), S. 160–163.
- [24] F. Berman, A guide to data preservation in the information age. *Communications of the ACM*, **51** [12] (2008), S. 50–56.
- [25] Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen (GWDG) (2009): *Grid-Technologie in Göttingen*, Schwarzmann, U., GWDG-Bericht, Göttingen, Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen (GWDG), Nr. 74.
- [26] Deutsches Forschungsnetz (DFN) (2011): *DFN-Verein. Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e.V.*, Berlin, 2011.09.13, <http://www.dfn.de>.
- [27] Wissenschaftsrat, *Leitfaden zur Begutachtung von Forschungsbauten*. Aachen, Wissenschaftsrat, 9532–09, (2009), 2010.03.17, <http://www.wissenschaftsrat.de/texte/9532-09.pdf>.
- [28] Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2011): *Grundlagen der GWK 2011*. Bonn, Gemeinsame Wissenschaftskonferenz, **210**, Letzter Zugriff: 2010.02.11, <http://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Papers/GWK-Grundlagen-03-2011.pdf>.
- [29] U. Schwiegelshohn, Virtuelle Forschungsumgebungen für morgen. *Spektrum der Wissenschaft – Extra*, **2** (2011), S. 34–37.
- [30] Hochschulrektorenkonferenz (2007) *Zur Einführung der Vollkostenrechnung an deutschen Hochschulen*. 2. Mitgliederversammlung am 27. November 2007, Bonn, Hochschulrektorenkonferenz, 2007.11.27, http://www.hrk.de/de/download/dateien/Entschliessung_Kostenrechnung_27-11-07.
- [31] F. Dickmann, Überlegungen zur Nachhaltigkeit Virtueller Forschungsumgebungen. *TextGrid Workshops: Nachhaltigkeit Virtueller Forschungsumgebungen*, Göttingen, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, (2011), 2011.11.22, http://www.textgrid.de/fileadmin/TextGrid/konferenzen_vortraege/DH_Festakt/Dickmann_2011-07-13.pdf.
- [32] Wissenschaftsrat (2011): *Übergreifende Empfehlungen zu Informationsinfrastrukturen*. Berlin, Wissenschaftsrat, 10466–11, **64**, 2011.02.03, <http://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/10466-11.pdf>.
- [33] Deutsche Forschungsgemeinschaft: *Ausschreibung: Virtuelle Forschungsumgebungen – Von der Aufbau- in die Betriebsphase (Termin: 15.01.2012)*. Bonn, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2011.08.30, http://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/lis/ausschreibung_virtuelle_forschungsumgebungen_120115.pdf.
- [34] *WissGrid.*, 2009.08.15, <http://www.wissgrid.de>.