

GOEDOC – Dokumenten- und Publikationsserver der Georg-August-Universität Göttingen

2014

Erfolgskriterien für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen

Stefan Buddenbohm (Göttingen), Harry Enke (Potsdam)
Matthias Hofmann (Dortmund), Jochen Klar (Potsdam)
Heike Neuroth (Göttingen), Uwe Schwiegelshohn (Dortmund)

DARIAH-DE Working Papers

Nr. 7

Buddenbohm, S.; Enke, H.; Hofmann, M.; Klar, J.; Neuroth, H.; Schwiegelshohn, U.: Erfolgskriterien für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen
Göttingen : GOEDOC, Dokumenten- und Publikationsserver der Georg-August-Universität, 2014
(DARIAH-DE working papers 7)

Verfügbar:

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl/?dariah-2014-5>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:7-dariah-2014-5-4>

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Erschienen in der Reihe

DARIAH-DE working papers

ISSN: 2198-4670

Herausgeber der Reihe

DARIAH-DE, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek

Mirjam Blümm, Thomas Kollatz, Stefan Schmunk und Christof Schöch

Abstract: Virtuelle Forschungsumgebungen (VREs) haben sich in vielen Wissenschaftsdisziplinen zu wichtigen Bestandteilen moderner Forschungsprozesse entwickelt. Dieser gewachsenen Bedeutung müssen die Betreiber von VREs durch funktionierende und effiziente Verfahren für Aufbau, Betrieb und die Qualitätssicherung gerecht werden. Zur Unterstützung dieser Prozesse wird ein Lebensphasen-Modell für VREs vorgeschlagen, welches insbesondere auf die erfolgskritischen Punkte für den Übergang in den nachhaltigen Betrieb einer VRE eingeht. Im weiteren wird ein Satz von Erfolgskriterien diskutiert, welches es allen an der VRE beteiligten Akteuren (Betreiber, Förderer, Nutzer) ermöglicht, die für ihren Anwendungsfall relevanten Aspekte bereits im Vorfeld der Erstellung einer neuen VRE zu identifizieren. Angesichts der Heterogenität von VREs wird dieses Kriterien-set im individuellen Fall durch disziplinär spezifische Kriterien ergänzt. Abgeschlossen werden diese Überlegungen durch Handreichungen zu den Kostenstrukturen und möglichen Finanzierungsmodellen für VREs.

Keywords: Virtuelle Forschungsumgebungen, Kollaborative Forschungsumgebungen, Nachhaltigkeit, Erfolgskriterien, Forschungsinfrastruktur, Kostenstrukturen, Forschungsdateninfrastruktur, Lebensphasen, Geschäftsmodelle, Qualitätssicherung

Virtual research environments, collaborative research environments, sustainability, success criteria, research environment, cost structures, research data infrastructure, lifecycle, business model, quality controligital Humanities, licences, research data

Erfolgskriterien für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen

Stefan Buddenbohm (Göttingen), Harry Enke (Potsdam)

Matthias Hofmann (Dortmund), Jochen Klar (Potsdam)

Heike Neuroth (Göttingen), Uwe Schwiegelshohn (Dortmund)



Stefan Buddenbohm, Harry Enke, Matthias Hofmann, Jochen Klar, Heike Neuroth, Uwe Schwiegelshohn: "Erfolgskriterien für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen". *DARIAH-DE Working Papers* Nr. 7. Göttingen: DARIAH-DE, 2014.
URN: urn:nbn:de:gbv:7-dariah-2014-5-4.

Dieser Beitrag erscheint unter der
Lizenz [Creative-Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC-BY).

Die *DARIAH-DE Working Papers* werden von Mirjam Blümm,
Thomas Kollatz, Stefan Schmunk und Christof Schöch
herausgegeben.



Zusammenfassung

Virtuelle Forschungsumgebungen (VREs) haben sich in vielen Wissenschaftsdisziplinen zu wichtigen Bestandteilen moderner Forschungsprozesse entwickelt. Dieser gewachsenen Bedeutung müssen die Betreiber von VREs durch funktionierende und effiziente Verfahren für Aufbau, Betrieb und die Qualitätssicherung gerecht werden. Zur Unterstützung dieser Prozesse wird ein Lebensphasen-Modell für VREs vorgeschlagen, welches insbesondere auf die erfolgskritischen Punkte für den Übergang in den nachhaltigen Betrieb einer VRE eingeht. Im weiteren wird ein Satz von Erfolgskriterien diskutiert, welches es allen an der VRE beteiligten Akteuren (Betreiber, Förderer, Nutzer) ermöglicht, die für ihren Anwendungsfall relevanten Aspekte bereits im Vorfeld der Erstellung einer neuen VRE zu identifizieren. Angesichts der Heterogenität von VREs wird dieses Kriterienset im individuellen Fall durch disziplinär spezifische Kriterien ergänzt. Abgeschlossen werden diese Überlegungen durch Handreichungen zu den Kostenstrukturen und möglichen Finanzierungsmodellen für VREs.¹

Schlagwörter

Virtuelle Forschungsumgebungen, Kollaborative Forschungsumgebungen, Nachhaltigkeit, Erfolgskriterien, Forschungsinfrastruktur, Kostenstrukturen, Forschungsdateninfrastruktur, Lebensphasen, Geschäftsmodelle, Qualitätssicherung

¹ Eine öffentlich zugängliche Fassung der Ergebnisse des Projektes DFG-VRE (und des nachfolgenden Dokumentes) ist im Wiki unter www.forschungsdaten.org abgelegt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	2
Schlagwörter.....	2
1 Einleitung.....	4
2 Vorarbeiten.....	6
3 Methodik im Projekt DFG-VRE.....	7
4 Lebensphasen einer Virtuellen Forschungsumgebung.....	9
Die Aufbauphase.....	11
Die Entwicklungsphase.....	13
Die Betriebsphase.....	13
Die Abwicklungsphase.....	15
5 Kriterien für den Erfolg einer Virtuellen Forschungsumgebung.....	16
Erfolgsdefinition.....	16
Kriterienset.....	17
Meilensteine.....	19
Methodik der Erfolgsbeurteilung.....	20
6 Kosten und Finanzierung einer Virtuellen Forschungsumgebung.....	22
Kostenfaktoren.....	22
Finanzierungsmodelle.....	23
Modellrechnung.....	25
7 Zusammenfassung.....	29
8 Anhang.....	32
9 Abbildungsverzeichnis.....	33
10 Literaturverzeichnis.....	34
11 Webseitenverzeichnis.....	35

1 Einleitung

Virtuelle Forschungsumgebungen (*engl.: Virtual Research Environments, kurz: VREs* [AG Virtuelle Forschungsumgebungen 2011]) haben in den letzten Jahren in verschiedenen Forschungsdisziplinen an Bedeutung gewonnen und gehören mittlerweile zum üblichen Repertoire verwendeter digitaler Werkzeuge und Infrastrukturen. Allerdings gehen bisher nur wenige VREs von der Phase des Aufbaus über in den normalen Betrieb [Carusi/Reimer 2010]. Weiterhin kann aus dem zunehmendem Einsatz von VREs in der Forschung nicht abgeleitet werden, dass es allgemein anerkannte Qualitätsmerkmale oder Richtlinien für den Aufbau und Betrieb dieser Infrastrukturen gibt [Fritzsich 2013]. Im Gegenteil: Die unterschiedlichen Akteure² – insbesondere aus der Forschungsförderung, der Wissenschaft und aus den Informationsinfrastruktureinrichtungen – suchen nach Kriterien, die sie bei der Planung, dem Betrieb und der Qualitätssicherung von VREs unterstützen und bei der Optimierung von Prozessen nützlich sein können.

Dieser Befund stellt aus verschiedenen Gründen eine Herausforderung für die Entwicklung von allgemeingültigen Erfolgskriterien und Richtlinien für den Aufbau von VREs dar. Einerseits bestehen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Forschungsprozesse, zum einen zwischen den verschiedenen Fachdisziplinen, zum anderen auch innerhalb der Disziplinen selbst. Dies betrifft methodische Ansätze ebenso wie die verwendeten Werkzeuge. Diese Heterogenität lässt somit ein allgemeingültiges Set von Erfolgskriterien als unrealistisch erscheinen. Andererseits wäre es ebenso aufwändig, jede VRE individuell und von Grund auf neu zu planen. Es liegt somit auf der Hand, dass die Identifikation von Gemeinsamkeiten in den Eigenschaften und Prozessen von VREs nützlich ist. Auf Basis dieser Gemeinsamkeiten können dann Instrumente zur Beratung und Unterstützung sowie einer Erfolgsbeurteilung von VREs entwickelt werden.

Eine Einordnung und systematische Erfassung von VREs gibt es bisher im deutschsprachigen Raum nur vereinzelt [AG Virtuelle Forschungsumgebungen 2012]. Das DFG-geförderte Projekt „Erfolgskriterien für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb von Virtuellen Forschungsumgebungen (DFG-VRE)“ [AG Virtuelle Forschungsumgebungen 2014] hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Ansätze zu bündeln und in nutzbringende Handreichungen zu überführen. Im Fokus des Projektes stehen insbesondere große, institutionenübergreifende VREs, da diese mit besonderen organisatorischen und rechtlichen Herausforderungen verbunden sind, die durch Handreichungen adressiert werden können. Umgekehrt haben kleinere Projekte einen überschaubaren Planungs- und Steuerungsbedarf und werden daher im Rahmen des Projektes DFG-VRE nachrangig betrachtet.

Die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse des Projektes DFG-VRE beziehen sich im Wesentlichen auf drei Themen, die von Bedeutung für den erfolgreichen Aufbau und Betrieb von VREs sind: Es wurde ein Lebensphasenmodell entwickelt, welches für die

² Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

meisten VREs einsetzbar ist. Ein zweites Ergebnis ist eine Sammlung von Erfolgskriterien zur Evaluation von VREs unter Berücksichtigung verschiedener Stakeholder-Perspektiven. Als drittes Ergebnis wurden die wesentlichen Kostenfaktoren für den Aufbau und Betrieb von VREs identifiziert und Finanzierungsmodelle für den nachhaltigen Betrieb betrachtet und mit Beispielrechnungen illustriert.

Die vorliegende Ausarbeitung gliedert sich wie folgt:

- Beschreibung wichtiger Vorarbeiten (Kapitel 2),
- Beschreibung der angewandten Methodik (Kapitel 3),
- Analyse verschiedener VRE-Lebensphasen (Kapitel 4),
- Darstellung des Erfolgsbegriffs und der Erfolgskriterien (Kapitel 5),
- Überlegungen zur nachhaltigen Finanzierung (Kapitel 6).

2 Vorarbeiten

Die Ergebnisse des Projektes DFG-VRE bauen auf einer Reihe von Vorarbeiten auf. Diese wurden in den vergangenen Jahren, teilweise unter Beteiligung von Projektmitarbeitern in anderen Projektzusammenhängen geleistet. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich vor allem auf die Situation in Deutschland³, sind mit Abstrichen jedoch auch auf andere Länder übertragbar.

Zunächst ist die Arbeitsgruppe Virtuelle Forschungsumgebungen der Allianz-Initiative „Digitale Information“ [AG Virtuelle Forschungsumgebungen 2011] zu nennen, deren VRE-Definition und Darstellung der VRE-Landschaft die vorliegende Arbeit beeinflusst haben. Das Virtual Research Environment Programme [Carusi/ Reimer 2010] des Joint Information Systems Committee (JISC) lieferte wertvolle Hinweise hinsichtlich des Verhältnisses von VREs und Forschungsförderern, insbesondere bezüglich voneinander abweichender Erfolgsvorstellungen und -erwartungen an VREs.

Berücksichtigung fanden als wichtige Akteure in der deutschen Debatte um VREs, die Arbeitsgruppe Virtuelle Forschungsumgebungen der Deutschen Initiative für Netzwerkinformation (DINI) [DINI 2014], das DFG-Projekt Radieschen – Rahmenbedingungen einer disziplinübergreifenden Forschungsdateninfrastruktur [Radieschen 2014] und das Projekt WissGrid aus der deutschen D-Grid Initiative [Ludwig/ Enke 2013].

Die von der Europäischen Kommission im Rahmen von FP7 geförderten Projekte ERINA und ERINApplus [ERINApplus 2013] fanden ebenfalls Berücksichtigung. Das VRE Starters Kit [Surf Foundation 2013] der niederländischen Surf Foundation kann als Beispiel dafür dienen, wie unterstützende Materialien zur Planung und zum Betrieb von VREs aussehen können.

³ Mit Stand von 2013/2014.

3 Methodik im Projekt DFG-VRE

Im Projekt wurde die Definition der Allianz AG "Virtuelle Forschungsumgebungen" allen weiteren Überlegungen zugrunde gelegt:

„Eine Virtuelle Forschungsumgebung (Virtual Research Environment - VRE) ist eine Arbeitsplattform, die eine kooperative Forschungstätigkeit durch mehrere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an unterschiedlichen Orten zu gleicher Zeit ohne Einschränkungen ermöglicht. Inhaltlich unterstützt sie potenziell 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 und spielen eine entscheidende Rolle für die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit der Forschung.“ [AG Virtuelle Forschungsumgebungen 2011]

Eine umfangreiche empirische Erhebung von Daten beispielsweise durch Umfragen oder standardisierte Interviews⁴ war im Projekt nicht vorgesehen. Das Vorgehen konzentrierte sich vielmehr, basierend auf den Vorarbeiten der Projektpartner, auf die Erarbeitung von allgemeinen Vorgehensweisen und die Identifikation von Rahmenbedingungen, die bereits zu Beginn geeignete Weichen für den erfolgreichen und nachhaltigen Betrieb von VREs stellen. Aufgrund der einschlägigen Erfahrungen und Kontakte der durchführenden Projektpartner wurde eine Schwerpunktsetzung bei Entwicklern und Betreibern für VREs vorgenommen.

Als wichtiges Instrument wurde das Expertengespräch eingesetzt, das in Form eines offenen, nicht standardisierten Interviews geführt wurde. In diesen Gesprächen wurden anhand vorher im Projekt erarbeiteter Materialien jeweils ein oder zwei Themengebiete diskutiert. Die verschiedenen Themengebiete und die Gesprächspartner sind in Abbildung 1 dargestellt.

Außer Institutionen, die eine VRE aufgebaut haben oder betreiben, wurden auch die Europäische Grid Infrastruktur (EGI), das Deutsche Forschungsnetz e.V. sowie die Hochschul-Informations-System GmbH befragt. Diese Einrichtungen konnten insbesondere zu Kostenstrukturen und finanzieller Nachhaltigkeit wertvolle Informationen liefern. Die Expertengespräche wurden über einen Zeitraum von drei Monaten im Herbst 2013 durchgeführt und waren jeweils individuell auf die Gesprächspartner zugeschnitten. Die Ergebnisse der einzelnen Expertengespräche nahmen Einfluss auf die folgenden Interviews und führten zu einer Anpassung der Fragen, aber auch der jeweils vorgestellten, vorläufigen Arbeitsergebnisse (bspw. Lebensphasenmodell oder Erfolgskriterien).

⁴ Die strukturierte empirische Erhebung von Befunden im Rahmen eines anderen Projektes wäre allerdings wünschenswert, um die Repräsentativität gemachter Aussagen zu unterstützen.

Zusätzliche Ergebnisse wurden im Rahmen zweier Workshops gesammelt. Der erste Workshop (19.11.2013 in Potsdam) diente der Diskussion und Nachbearbeitung der Expertengespräche. Zum Workshop wurden alle Teilnehmer der Expertengespräche, Vertreter verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen, der Deutschen Forschungsgemeinschaft als Förderer sowie Betreiber von VREs eingeladen und erhielten Gelegenheit, zu den vorläufigen Arbeitsergebnissen des Projektes Stellung zu beziehen. Es zeigte sich dabei deutlich, dass das Thema für alle beteiligten Akteure mit zahlreichen Desideraten verbunden ist, sei es aus Nutzerperspektive oder der Perspektive von Infrastrukturentwicklern und -betreibern oder Förderern von Forschungsinfrastrukturen. Schwerpunkte der Diskussion waren Fragen nach der grundsätzlichen Definition von Erfolg für VREs, der Gewichtung einzelner Kriterien und dem bedeutendem Themenkomplex Kostenstrukturen und finanzieller Nachhaltigkeit.



Abbildung 1: Übersicht über die von Oktober bis Dezember 2013 geführten Expertengespräche und die diskutierten Themenbereiche

Der zweite Workshop (16.12.2013 in Bonn) wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt und diente dem Austausch zu Fragen der Organisation und des Managements von VREs. Während des Workshops wurden die vorläufigen Arbeitsergebnisse des Projektes mit weiteren Experten diskutiert und wertvolle Informationen gesammelt und Einsichten gewonnen. Im Nachgang des Workshops wurden, aufbauend auf diesen Austausch, die Arbeitsmaterialien erneut überarbeitet und schließlich in die finale, hier vorliegende Form gebracht.

4 Lebensphasen einer Virtuellen Forschungsumgebung

Der Lebenszyklus einer VRE lässt sich in verschiedene Phasen aufteilen. Diese Lebensphasen unterscheiden sich sowohl in den Anforderungen, die an die VRE gestellt werden, als auch in externen Aspekten, wie beispielsweise der Finanzierung. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass eine derartig schematische Darstellung immer eine idealisierte Situation beschreibt. Daher ist das vorgestellte Schema nicht exakt auf existierende VREs übertragbar. Darüber hinaus ist zu beachten, dass der Schwerpunkt unserer Betrachtungen primär auf der Betreiberperspektive liegt.

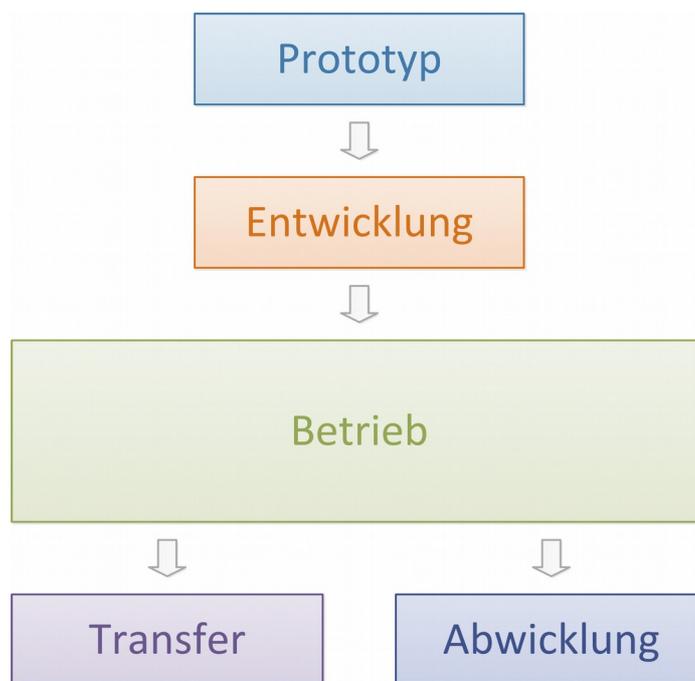


Abbildung 2: Lebensphasen einer monolithischen VRE

Nach der Aufbauphase, bestehend aus Prototypenentwicklung und einer anschließenden Entwicklungsphase, wird die Betriebs- (infrastrukturelle VRE) oder Produktphase (Software VRE) erreicht. Wird die VRE aufgelöst, werden erhaltenswerte Komponenten transferiert, während der Rest abgewickelt wird.

Mit Blick auf die gesamte Lebensdauer einer VRE lassen sich fünf Lebensphasen identifizieren. Eine schematische Abbildung der fünf Phasen findet sich in Abbildung 2. In der Aufbauphase werden die technischen und organisatorischen Strukturen der VRE, in der Regel innerhalb eines Projektes mit begrenzter Laufzeit, aufgebaut und den ersten Nutzern in Form eines Prototyps zur Verfügung gestellt. Hierdurch kann die Realisierbarkeit des Systems unter Beweis gestellt werden und das System unter Betriebsbedingungen evaluiert werden. Auch die Akzeptanz der VRE innerhalb ihrer Nutzercommunity kann in der Aufbauphase eingeschätzt werden. Auf diesen Prototyp aufbauend werden dann in der Entwicklungsphase eine Reihe von Aspekten adressiert, welche entscheidend für einen nachhaltigen Betrieb der VRE sind, jedoch in der Regel während der Erstellung des Prototypen nicht ausreichend bearbeitet werden können. Zu

diesen Aspekten zählen insbesondere ein Betriebskonzept, in dem die von der VRE anzubietenden Dienste den dafür benötigten Ressourcen gegenüber gestellt werden sowie ein Kosten- und Finanzierungsplan.

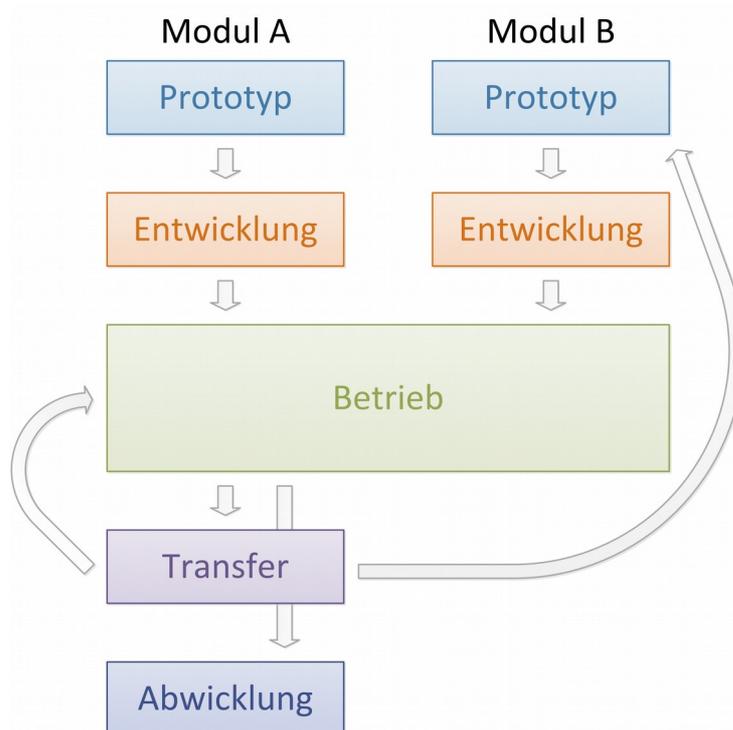


Abbildung 3: Lebensphasen einer modularen VRE

Ein erstes Modul A wird analog zu dem Ablauf in Abbildung 2 aufgebaut und durchläuft die entsprechenden Phasen. Die Betriebs-/Produktphase teilt es jedoch mit anderen Modulen der gleichen Infrastruktur. Am Ende der Lebenszeit von Modul A können Komponenten sowohl zurück in den übergreifenden Betrieb als auch in die Aufbau- bzw. die Entwicklungsphase eines neuen Moduls B überführt werden.

Nach Abschluss dieser Arbeiten handelt es sich bei der VRE um ein ausgereiftes Produkt, das in die Betriebsphase eintritt. In dieser Phase steht die VRE den Forschern in einer ausgereiften Form für ihre wissenschaftliche Arbeit zur Verfügung. Von Seiten der Betreiber liegt von nun an der Schwerpunkt zum einen auf der Betreuung der Nutzer und zum anderen auf der fortdauernden technischen und organisatorischen Weiterentwicklung der VRE. Sollte nach einiger Zeit der Beschluss gefasst werden, die VRE aufzulösen, dient die Transferphase dazu, erhaltenswerte Komponenten wie beispielsweise Forschungsdaten oder Programmcode in andere (Infra-)Strukturen zu überführen. Die verbleibenden technischen und organisatorischen Strukturen werden letztlich in der Abwicklungsphase aufgelöst.

Mit Blick auf die Lebensphasen sind zwei Situationen zu unterscheiden. Das beschriebene, linear aufgebaute Schema gilt zunächst nur für VREs, die als eigenständige Infrastrukturen betrieben werden. Ist die VRE jedoch als ein Modul unter mehreren in einem umfassenderen infrastrukturellen Kontext (z.B. in einem Datenzentrum) eingebunden, gelten die Aufbau-, Entwicklungs-, Transfer- und Abwicklungsphase jeweils

für ein einzelnes derartiges Modul, während der Betrieb der VRE modulübergreifend organisiert ist (siehe Abbildung 3). In diesem Fall erfolgt die Überführung einzelner Komponenten in der Transferphase nicht zwingend in eine externe Struktur, sondern ist auch in allen anderen Phasen eines neuen VRE-Moduls möglich.

Eine besondere Bedeutung hat naturgemäß der Übergang zwischen den verschiedenen Phasen, vor allem hinsichtlich der Bedingungen, die jeweils mit dem Eintritt in die nächste Phase verbunden sind und die hier als Meilensteine bezeichnet werden. Diese Phasenübergänge mit den dazugehörigen Meilensteinen gehören thematisch zu den Erfolgskriterien und werden daher im entsprechenden Kapitel besprochen⁵. Im Folgenden werden schematische Darstellungen als Mittel zur Strukturierung der Lebensphasen einer VRE entwickelt.

Die Aufbauphase

Am Anfang der Aufbauphase stehen eine Reihe von Vorarbeiten, in denen zum einen das Aufbauprojekt selber (bspw. der Aufbau der internen Organisationsstrukturen und die Ressourcenplanung) geplant wird und zum anderen im Rahmen einer Bedarfs- und einer Marktanalyse das Umfeld der neu zu erstellenden VRE bewertet wird. Zur Bedarfsanalyse zählen folgende Aspekte:

- die ausführliche Untersuchung der wissenschaftlichen Workflows der potenziellen Nutzer der VRE
- sowie die Verortung der VRE im jeweiligen fachwissenschaftlichen Kontext und die Evaluierung von Kooperationsmöglichkeiten mit den Stakeholdern.



Abbildung 4: Schematischer Ablauf der Aufbauphase einer VRE

⁵ Siehe dazu Kapitel 5, Abschnitt Meilensteine.

Die Marktanalyse umfasst hingegen:

- die Aufstellung der für die technische Ausstattung der VRE in Frage kommenden Hard- und Softwarekomponenten und die zu erwartenden Kosten
- sowie die Verortung der VRE im übergreifenden infrastrukturellen Kontext. Dies umfasst sowohl die bestehenden Infrastrukturen in den entsprechenden Fachcommunities wie zum Beispiel überregionale Datenzentren, aber auch lokale, disziplinfremde oder disziplinübergreifende Infrastrukturen (z.B. andere VREs, Rechenzentren, Bibliotheken etc.) an den Standorten der am Aufbau der VRE beteiligten Partner.

Während der technischen Spezifikation werden, aufbauend auf der vorangegangenen Analyse der wissenschaftlichen Workflows, die von der VRE angebotenen Dienste definiert und unter Zuhilfenahme eines etablierten Software-Entwicklungsmodells, bspw. dem Wasserfallmodell [Royce 1970] ein Entwicklungsplan für die Umsetzung erstellt. Es wird ebenfalls entschieden, auf welchen Standards und Formaten (sowohl für Daten als auch Metadaten) die VRE aufbauen und welche Hard- und Software für die anzubietenden Dienste Verwendung finden werden. In der anschließenden technischen Umsetzung werden dann die nötigen Entwicklungsarbeiten durchgeführt und die Installationsarbeiten von Hard- und Software vorgenommen. Hierbei wird durch intensive Modul- und Integrationstests die Funktionsfähigkeit des Systems überprüft.

Im Rahmen der organisatorischen Spezifikation werden u.a. Zugriffsrechte und Policies festgelegt und Konzepte sowie Strategien für die Communityarbeit, Schulungen und die notwendigen Supporteinrichtungen entwickelt. Innerhalb der organisatorischen Umsetzung wird durch erste Community-bildende Maßnahmen (Workshops, Marketing etc.) die VRE in den relevanten Wissenschaftsdisziplinen bekannt gemacht. Erste Schulungen für die Nutzer (und ggf. spätere Power-User) können bereits jetzt durchgeführt werden. Simultan zu den technischen Entwicklungsarbeiten werden ihre organisatorischen Gegenstücke wie Helpdesk und Support eingerichtet.

Die beschriebenen Entwicklungen münden schließlich in einen Prototyp, der einer begrenzten Anzahl von Anwendern in einem Pilotbetrieb zur Verfügung gestellt wird. Dies dient nicht nur dem Test des Systems unter Betriebsbedingungen, sondern bietet auch die Möglichkeit, die VRE durch kleine, auf dem Feedback der Pilotanwender basierende Verbesserungen stärker an die Bedürfnisse der Community anzupassen.

Um, gerade auch im Hinblick auf die sich anschließende Betriebsphase, belastbare Informationen über die technischen, finanziellen und organisatorischen Anforderungen an eine VRE zu erhalten, werden alle beschriebenen Phasen von einem intensiven Monitoring begleitet, das an das Projektmanagement angegliedert ist.

Die Entwicklungsphase

Während des Pilotbetriebes können erste Eindrücke der VRE im realen Arbeitsumfeld gewonnen und insbesondere die Nutzerakzeptanz evaluiert werden. Auf dieser Grundlage wird die Entscheidung getroffen, ob die VRE weiter gefördert wird. Fällt diese positiv aus, werden in der Entwicklungsphase weitere Komponenten erstellt, die für einen nachhaltigen Betrieb der VRE notwendig sind (siehe Abbildung 5):



Abbildung 5: Komponenten der Weiterentwicklung einer VRE zu einem Produkt während der Entwicklungsphase

Während in der Regel der Aufbau einer VRE als Forschungs- oder Infrastrukturprojekt finanziert wird, benötigt der dauerhafte Betrieb ein individuell zugeschnittenes Betriebskonzept, in dem die von den VRE anzubietenden Dienste und die dafür notwendigen Ressourcen spezifiziert werden sowie einen korrespondierenden Kosten- und Finanzierungsplan. Auch die Schaffung einer Organisationsform (inkl. einer geeigneten Rechtsform) ist für viele VREs wichtig. Ein weiterer bedeutsamer Punkt ist die Formulierung eines Nachnutzungskonzeptes, in dem der Transfer der erhaltenswerten Komponenten (z.B. Forschungsdaten, Software) nach Ende des regulären Betriebs der VRE geregelt ist.

Obwohl es wünschenswert wäre, diese Arbeiten so früh wie möglich durchzuführen, ist dies in der Regel aufgrund des spezifischen Charakters der Aufbauphase als Projekt oft nicht der Fall. Der Hauptgrund dafür liegt darin, dass insbesondere im Fall, dass der Pilotbetrieb mangels Nutzerakzeptanz oder aus anderen Gründen als Misserfolg gewertet wird, diese Arbeiten umsonst gewesen wären. Es ist daher notwendig, durch eine zweite Finanzierungsphase diese Arbeiten nachzuziehen, um im Anschluss die VRE in ein Produkt zu überführen und damit die Betriebsphase einzuleiten.

Die Betriebsphase

In der Betriebsphase stehen die Dienste der VRE der Community für die wissenschaftliche Arbeit zur Verfügung. Neben dem technischen Betrieb der VRE stehen in dieser Phase die Betreuung der Nutzercommunity und die kontinuierliche technische und organisatorische Weiterentwicklung im Vordergrund. Besonders die Beteiligung der Nutzer an der weiteren Ausgestaltung der VRE und die Akzeptanz seitens der angesprochenen Fachcommunities sind hierbei essenziell. Es lassen sich eine Reihe von zentralen Aufgaben identifizieren, die gleichberechtigt nebeneinander stehen. Eine Übersicht dieser Aspekte findet sich in Abbildung 6.

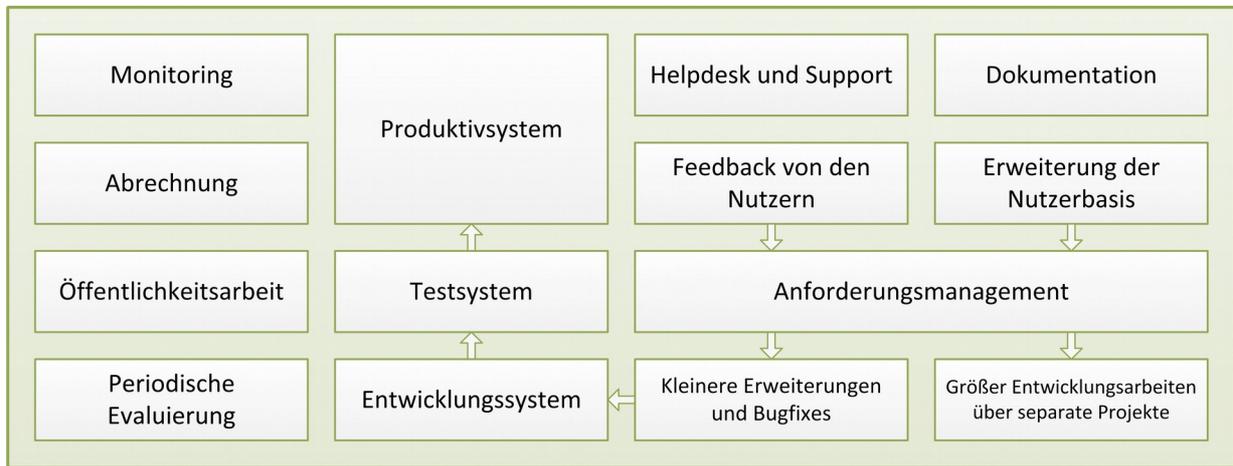


Abbildung 6: Zentrale Aspekte in der Betriebsphase einer VRE

Für die Nutzer wird ein Helpdesk, entsprechender Support sowie eine Dokumentation für die Arbeit mit der VRE zur Verfügung gestellt. Die Community, die sich um die VRE herum gebildet hat, wird durch entsprechende Veranstaltungen (z.B. Workshops, Schulungen) angesprochen und erweitert. Durch Öffentlichkeitsarbeit wird die VRE sowohl innerhalb der Wissenschaft als auch ggf. in der allgemeinen Öffentlichkeit bekannt gemacht.

Über die Laufzeit der VRE müssen verschiedene Entwicklungsarbeiten durchgeführt werden, die aber den stabilen Betrieb nicht beeinträchtigen sollen. Insbesondere durch die Rückmeldungen der Nutzer und durch neue Anforderungen, die mit der Erweiterung des Nutzerkreises einhergehen, werden Erweiterungen der Funktionalität nötig. Die Koordination dieser Tätigkeiten obliegt dem Anforderungsmanagement. Große Erweiterungen werden in separaten Projekten vorgenommen. Bugfixes und kleine Erweiterungen werden innerhalb der bestehenden Strukturen implementiert. Eine VRE sollte neben dem Produktivsystem auch ein Entwicklungs- und ein Testsystem betreiben, um die Erweiterungen bzw. Änderungen an der VRE nahtlos in den Wirkbetrieb überführen zu können.

Die Transferphase

Soll die VRE oder ein Bestandteil einer modularen VRE aufgelöst werden, dient die Transferphase dazu, erhaltenswerte Komponenten der VRE in geeignete existierende oder noch zu schaffende Strukturen zu überführen. Dies umfasst:

- die Überführung von Daten in ein Archiv, Forschungsdatenzentrum oder in eine andere VRE,
- den Weiterbetrieb von Diensten durch Partnerinstitutionen,
- die Veröffentlichung oder die Weitergabe von Software,
- und die Veröffentlichung von sonstigen Projektergebnissen.

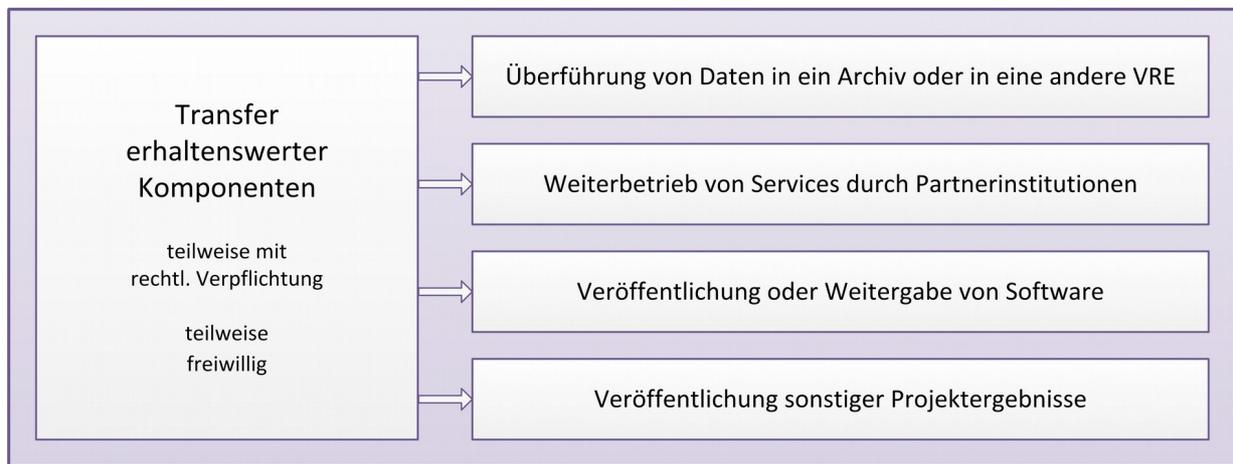


Abbildung 7: Transferphase einer VRE

Die Überführung kann zum Teil durch rechtliche Verpflichtungen oder andere Vorgaben (z.B. Regeln zur guten wissenschaftlichen Praxis der DFG) notwendig sein. Genauso können aber auch andere Gründe, wie beispielsweise eine existierende Nutzerbasis dafür sprechen, Teile der aufzulösenden VRE zu erhalten.

Die Abwicklungsphase



Abbildung 8: Abwicklungsphase einer VRE

In der Abwicklungsphase werden die organisatorischen Strukturen der VRE aufgelöst. Gegebenenfalls kann es sinnvoll sein, eine entsprechende Nachfolgeorganisation aufzubauen. Ein Migrationssupport hilft den noch aktiven Nutzern, den oben beschriebenen Transfer von Komponenten zu anderen Infrastrukturen in ihre Arbeitsabläufe zu integrieren.

5 Kriterien für den Erfolg einer Virtuellen Forschungsumgebung

In diesem Kapitel werden zunächst einige Überlegungen zur Erfolgsdefinition für VREs skizziert. Anschließend wird das im Projekt erarbeitete Kriterienset vorgestellt. Daran schließt sich die Diskussion von Meilensteinen an, die entlang der einzelnen Lebensphasen geordnet sind und die für den Erfolg der VRE bedeutsam sind. Das Kapitel wird durch einen Überblick über die Methodik der Erfolgsbeurteilung abgeschlossen.

Erfolgsdefinition

Die Bestimmung von Erfolgskriterien setzt eine Auseinandersetzung darüber voraus, was eigentlich unter einer erfolgreichen VRE verstanden wird. Diese Auseinandersetzung beinhaltet, den Erfolg von VREs allgemein oder mit Blick auf ausgewählte Stakeholder zu definieren und mittels verschiedener Kriterien in einheitlicher Weise zu beschreiben.

Dazu wird zuerst ein generisches Set von Erfolgskriterien eingeführt, welches unter Einbeziehung aller Arbeiten des Projektes DFG-VRE (Expertengespräche, Workshopdiskussionen, Literaturrecherche) die verschiedenen Aspekte des Erfolgs einer VRE mittels Indikatoren erhebt und das in entscheidenden Teilen auf der VRE-Definition der Allianz AG „Virtuelle Forschungsumgebungen“ beruht [AG Virtuelle Forschungsumgebungen 2011].

Das Kriterienset ist kein feststehender, für alle VREs gleichermaßen geltender Katalog. Es ist notwendig, aus dieser Zusammenstellung die für den jeweiligen Fall relevanten Kriterien – ähnlich einer Menükarte – auszuwählen und zu gegebener Zeit kritisch zu evaluieren. Das Verfahren wird im Kapitel Methodik der Erfolgsbeurteilung dargestellt.

Idealerweise sollte die Festlegung auf die zu erreichenden Ziele für eine VRE zu Beginn, d.h. bereits im Zuge des initialen Antragsverfahrens für die VRE durchgeführt werden. Hierbei bestimmt die Nutzercommunity durch ihre Anforderungen, orientiert an ihren wissenschaftlichen Arbeitsprozessen, entscheidend den Leistungsumfang der späteren VRE (Nachfrage), die später von Betreiberseite aus mit einem entsprechenden Angebot bedient wird. Der optimale Abgleich zwischen den Anforderungen der Nutzer und dem Angebot der Entwickler und Betreiber legt die Grundlage für eine erfolgreiche VRE.

Darüber hinaus müssen im Auswahlprozesses für die Erfolgskriterien etwaige Zielkonflikte berücksichtigt werden, beispielsweise umfangreiche Funktionswünsche seitens der Nutzer gegenüber begrenzten Ressourcen seitens der Entwickler/Betreiber. Am Ende steht als Ergebnis eine individuelle Erfolgsdefinition für die VRE.

Kriterienset

Die in Abbildung 9 dargestellten Erfolgskriterien ergeben eine fallspezifisch anzupassende Bewertungsschablone. Fallspezifisch bedeutet, dass zum einen die Auswahl der einzelnen Kriterien variiert werden kann („Menükarte“) und zum anderen, dass diese Auswahl um fachspezifische Kriterien ergänzt werden kann. Dieses Vorgehen trägt dem Umstand Rechnung, dass beispielsweise eine astrophysikalische VRE andere fachspezifische Erfolgskriterien haben mag als eine geisteswissenschaftliche VRE. Die Erfolgskriterien zielen insbesondere auf den Nutzen und Ertrag der VRE für die wissenschaftlichen Anwender ab. Im Vordergrund stehen dabei Kriterien, die sich aus der eingangs beschriebenen VRE-Definition herleiten lassen.

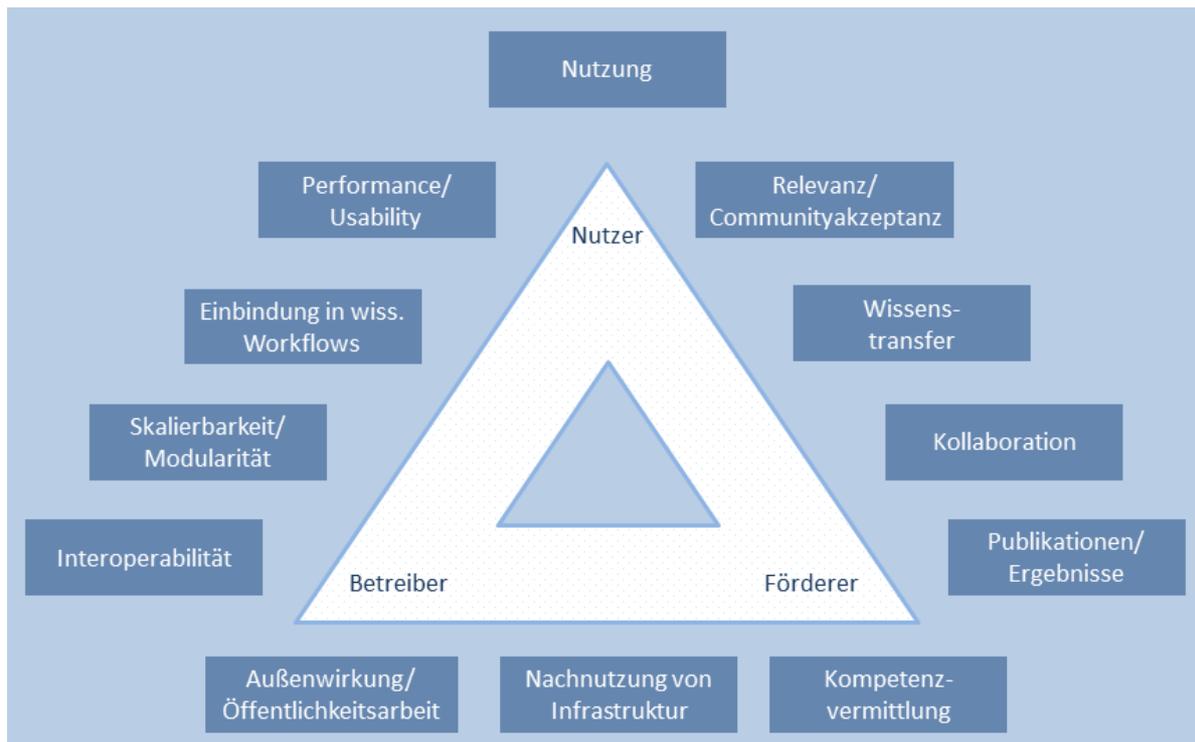


Abbildung 9: Erfolgsfaktoren und messbare Erfolgskriterien für VREs nach Relevanzgewichtung in den Stakeholderkategorien unterschieden

Die obenstehende Darstellung gruppiert die Kriterien entlang der drei wichtigsten Akteursgruppen. Dadurch wird deutlich, dass je nach Akteur unterschiedliche Schwerpunkte für die Erfolgsbeurteilung gesetzt werden (Gewichtung der einzelnen Kriterien). Hinzu können – wie weiter oben ausgeführt – jeweils noch fach- oder fallspezifische Kriterien kommen.

Die Kriterien im Einzelnen:

- **Nutzung:** Welche Intensität und welchen Umfang hat die Nutzung der VRE durch die Zielgruppe? Unterscheiden sich der Nutzungsumfang bestimmter Komponenten einer VRE? Wieviele Nutzer hat die VRE in Relation zur Gesamtgröße der potenziellen Nutzergruppe? Für welche Abschnitte ihrer wissenschaftlichen Arbeitsprozesse nutzen die Wissenschaftler die VRE?

- Relevanz/Community-Akzeptanz: Wie sichtbar ist die VRE innerhalb der potenziellen Nutzergruppe? Wie bewertet diese den Nutzen der VRE für ihre Disziplin? Wird die VRE als potenziell nützlicher Beitrag zum Fach gesehen? Erzielt die VRE eine Wirkung außerhalb der Fachcommunity?
- Wissenstransfer: Inwiefern trägt die VRE – abgesehen von konkreten Forschungsergebnissen – zu einer Wissensvermehrung in der Disziplin bei, beispielsweise durch einen Erfahrungsaustausch über Methoden und Arbeitsziele oder eine öffentlich verfügbare Projektdokumentation?
- Kollaboration: Welche Formen der Zusammenarbeit mit anderen Forschern ermöglicht die Infrastruktur und wie weit werden diese praktisch ausgefüllt? In welchem Umfang sind die Kollaborationsmöglichkeiten Alleinstellungsmerkmale gegenüber anderen Infrastrukturen?
- Publikationen/Ergebnisse: Wie viele und welche Arten von Publikationen und Ergebnissen werden im Rahmen der VRE-Nutzung veröffentlicht? Können alle Publikationen und Ergebnisse der VRE eindeutig zugeordnet werden? Dieses Kriterium hängt natürlich auch eng mit der fachspezifischen Publikationskultur zusammen.
- Kompetenzvermittlung: In welchem Umfang trägt die VRE zu einer Kompetenzvermittlung innerhalb ihrer Nutzercommunity bei? Klassischerweise fallen hierunter etwa wissenschaftliche Qualifikationen wie Promotionen oder Abschlussarbeiten, ebenso aber die Vermittlung nicht wissenschaftsbezogener Kompetenzen. Dieses Kriterium deckt den Bereich ab, der üblicherweise als Lehre bezeichnet wird, wohingegen die anderen ergebnisorientierten Kriterien den Bereich Forschung abdecken.
- Nachnutzung von Infrastruktur: Werden Infrastrukturkomponenten der VRE in anderen Zusammenhängen genutzt oder werden nach der Abwicklung der VRE ausgewählte Komponenten in andere Zusammenhänge überführt? Dieses Kriterium umfasst auch Qualität und Umfang von Dokumentationen und die Bereitstellung von Informationen, Erkenntnissen und Ergebnissen.
- Außenwirkung/Öffentlichkeitsarbeit: Wie erfolgreich ist die Öffentlichkeitsarbeit einer VRE? Dabei sind verschiedene Ziele zu unterscheiden, bspw. Sichtbarkeit in der potenziellen Nutzergruppe, Vermittlung der VRE an die Förderer oder Wahrnehmung der VRE in der allgemeinen Öffentlichkeit oder anderen Fachdisziplinen.
- Interoperabilität: Setzt die VRE in den Forschungsprozessen etablierte Standards ein? Dies ist auch mit Blick auf die spätere Nachnutzbarkeit wichtig, d.h. hier begangene Fehler sind im späteren Verlauf nur schwer auszugleichen.
- Skalierbarkeit/Modularität: Wie anpassbar ist die Infrastruktur im Sinne einer Erweiterung der Nutzergruppe oder der Forschungsfragestellungen? Ist die

Architektur der VRE von Anfang an darauf angelegt, in anderen Zusammenhängen zumindest teilweise nachgenutzt werden zu können?

- Einbindung in wissenschaftliche Workflows: Welche Abschnitte der wissenschaftlichen Arbeitsprozesse der Nutzergruppe deckt die VRE ab? Dabei kann es eher von Vorteil sein, keinen allzu umfänglichen Anspruch zu stellen, sondern sich auf ausgewählte Abschnitte der Workflows zu konzentrieren.
- Performance/Usability: Erfüllt die VRE die Ansprüche der Nutzer an die Erlernbarkeit und Bedienbarkeit? Passt sie sich nahtlos in den Arbeitsalltag der Forscher ein? Wie wird die Usability der VRE im Vergleich zu anderen (generischen) Werkzeugen bewertet?

Die Erfolgskriterien können fallspezifisch unterschiedlich gewichtet werden. Es geht dabei nicht um eine quantitative Messbarkeit suggerierende Erhebung, sondern vielmehr um die Definition von Zielvorgaben. An der Erreichung dieser Vorgaben lässt sich dann zu einem späteren Zeitpunkt der Erfolg der VRE festmachen. Ein wichtiges Instrument bei der Operationalisierung der Erfolgskriterien können Meilensteine sein, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

Meilensteine

Während der Diskussion der oben beschriebenen Erfolgskriterien mit den verschiedenen Akteuren im Bereich VRE wurde schnell klar, dass diese eher abstrakt formulierten Kriterien eng mit konkreten Meilensteinen zusammenhängen. In diesem Sinne stellen die

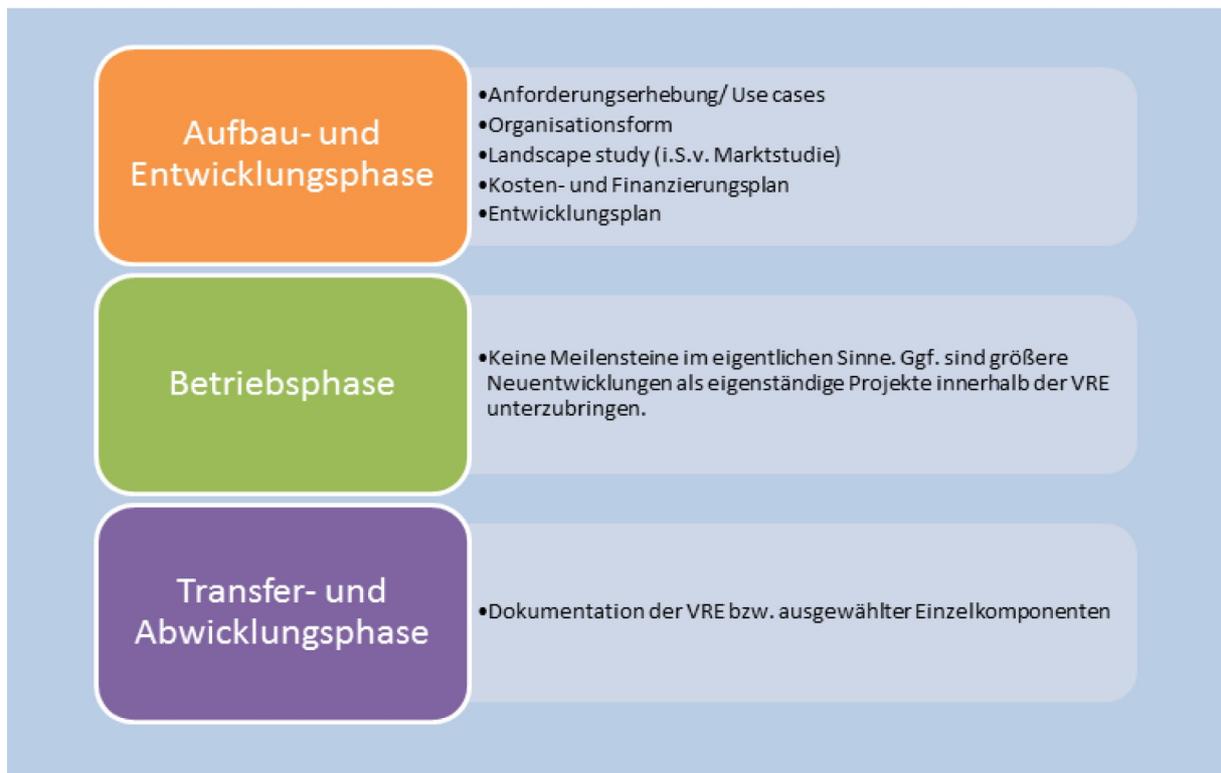


Abbildung 10: Meilensteine entlang der Lebensphasen einer VRE (Auswahl)

Meilensteine die Erfolgskriterien der einzelnen Lebensphasen in eine zeitliche Ordnung und verbinden sie mit spezifischen Aufgabenstellungen für den Betreiber der VRE. Das Fehlen solcher Meilensteine oder ihr Nichterreichen kann als ein „Misserfolgskriterium“ (negatives Erfolgskriterium) gewertet werden. Die formale und inhaltliche Beurteilung der Meilensteine stellt einen weiteren Schritt der qualitativen Bewertung dar.

Eine Aufstellung dieser Meilensteine ist in Abbildung 10 skizziert. Diese Zusammenstellung ist als Vorschlag zu verstehen, da im Einzelfall nicht nur abweichende Meilensteine denkbar sind, sondern ebenso eine stärkere Strukturierung der einzelnen Meilensteine. Dem schon bei der Diskussion der Lebensphasen verwendeten Ansatz folgend, sind in der Entwicklungs- und Aufbauphase wesentlich mehr Meilensteine erforderlich als in den nachfolgenden Phasen.

Von zentraler Bedeutung für den Erfolg einer VRE ist die bereits zu Beginn erfolgende Einbindung der Nutzergruppe durch die Entwickler und Betreiber. Diese Einbindung findet im Rahmen der Anforderungserhebung (Bedarfs- und Marktanalyse) und im begleitenden Projektmonitoring statt. Damit soll eine größtmögliche Übereinstimmung zwischen den Anforderungen der Nutzergruppe (Nachfrage) und dem späteren Angebot der Infrastruktur sichergestellt werden.

Zur Vermittlung daraus entstehender Zielkonflikte (bspw. „Wunschliste“ vs. begrenztes Entwicklungsbudget) werden ein Kosten- und Finanzierungsplan, ein Entwicklungsplan sowie ein Konzept zur Organisationsform abgeleitet. Vor allem durch eine angemessene Einbindung aller Stakeholder einer VRE in die Organisationsform wird ein beständiger Austausch ermöglicht. Gleichzeitig stellen die Organisationsform und der Kosten- und Finanzierungsplan auch mögliche Weichen für die zukünftige Nachhaltigkeit der Infrastruktur. In den im Rahmen des Projektes DFG-VRE geführten Expertengesprächen wurde immer wieder eine realistische Kosten- und Aufwandseinschätzung für den Aufbau einer VRE als problematisch bezeichnet. Generalisierende Angaben sind schwierig, es können aber sehr wohl in Abhängigkeit von den spezifischen Aufgaben und der Größe der Nutzergruppe bereits zu Beginn einigermaßen realistisch gewichtete Kostenstrukturen erarbeitet werden, die eine belastbare Orientierung für die finanzielle Planung bieten können.

Methodik der Erfolgsbeurteilung

Die Sicht auf den Erfolg einer VRE ist bestimmt durch die Interessen des einzelnen Stakeholders. Eine wissenschaftliche Nutzercommunity hat in der Regel andere Vorstellungen von Erfolg als ein Förderer oder Infrastrukturbetreiber. Diese voneinander abweichenden Gesichtspunkte äußern sich – wie oben ausgeführt – in Zielkonflikten, die durch die VRE konzeptuell adressiert werden müssen.

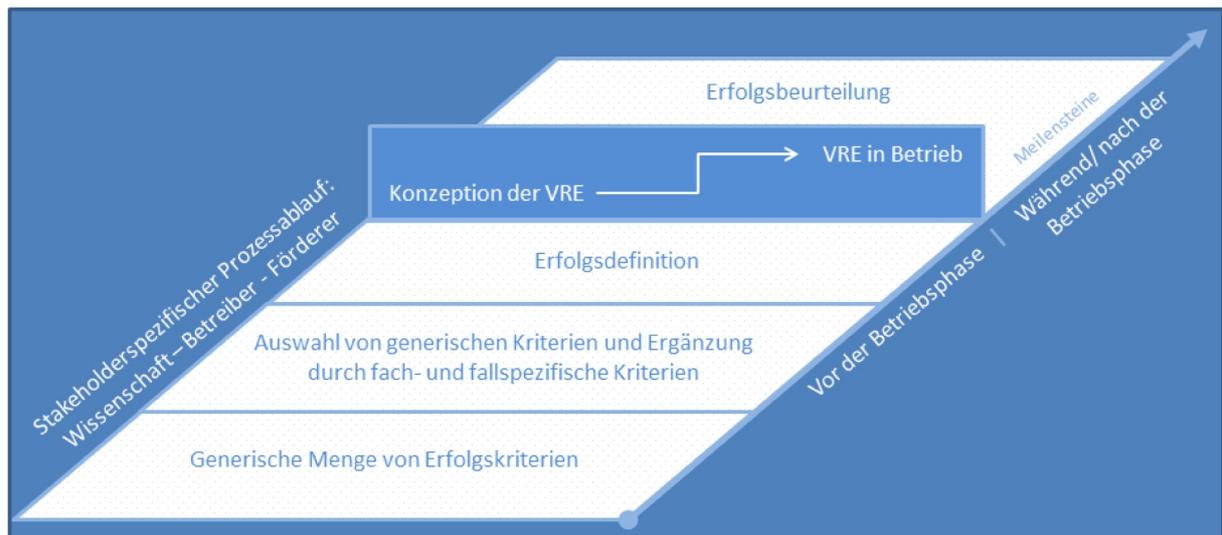


Abbildung 11: Erfolgsbeurteilung in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand der VRE

Der in Abbildung 11 dargestellte Prozess zur Erfolgsbeurteilung stellt sich wie folgt dar: Er beginnt für alle Stakeholder mit der Auswahl von Kriterien aus dem Gesamtset der weiter oben beschriebenen Erfolgskriterien. Diese werden durch fach- oder fallspezifische Kriterien ergänzt, so dass im Ergebnis eine Erfolgsdefinition vorliegt. Diese Erfolgsdefinition wird sich von VRE zu VRE unterscheiden. Zeitlich findet die Erfolgsdefinition als Zielvorgabe vor dem Aufbau der VRE statt, in der Regel im Rahmen der Antragsstellung für die Aufbauphase. Die weitere Ausgestaltung und spezifische Entwicklung der VRE folgt dann diesen Zielvorgaben. Wichtig ist in jedem Fall, dass die Zielvorgaben durch die beteiligten Akteure selbst definiert werden und ein Einigungsprozess stattfindet.

6 Kosten und Finanzierung einer Virtuellen Forschungsumgebung

Dieses Kapitel gliedert sich in die folgenden Abschnitte: Zunächst werden die relevanten Kostenfaktoren identifiziert. Anschließend werden gängige Finanzierungsmodelle beschrieben und im Hinblick auf die Nachhaltigkeit diskutiert. Das Kapitel schließt mit der Darstellung einer Modellrechnung, die ein Kalkulationsschema für VREs vorschlägt.

Kostenfaktoren

Um sich einen Überblick über die wichtigsten Kostenfaktoren einer VRE zu verschaffen, werden diese zunächst kategorisiert und beschrieben. Die relevanten Kostenfaktoren können auf sehr unterschiedliche Weise gruppiert werden: Neben der Einteilung nach den Lebensphasen (vgl. Kapitel 4 Lebensphasen einer Virtuellen Forschungsumgebung), bietet sich eine Einteilung nach Kostenarten an. Im Rahmen dieser Ausarbeitung wird die folgende Einteilung vorgenommen:

- Kapitalaufbringung vor Gründung (Vorgründungskosten, Gebühren und ggf. Einlagen)
- Personalkosten
- Betriebskosten außer Personal
- Sachkosten
- Investitionen.

Wenn eine VRE eine eigene, von übergeordneten Instituten oder Universitäten unabhängige Rechtsform bekommen soll, muss Kapital zur Gründung aufgebracht werden. Die unabhängige Rechtsform kann etwa durch die Gründung einer Gesellschaft, einer Genossenschaft, einer Stiftung oder eines Vereins erreicht werden. Vor der Gründung entstehen Personalaufwendungen, sogenannte Vorgründungskosten. Sie sind die einzigen Kosten im betriebswirtschaftlichen Sinne. Es ist möglich, dass seitens der beteiligten Institutionen Einlagen bereitgestellt werden müssen. Diese hängen von der gewählten Rechtsform ab. Eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) erfordert beispielsweise in der Regel ein Mindeststammkapital von 25.000€. Die Gründung einer institutsunabhängigen Organisation hat den Vorteil, dass die VRE eine eigene Rechtsform erhalten kann und so das Schließen von Verträgen (etwa mit Dienstleistern zur Bereitstellung von Infrastruktur) erleichtert wird. Zum anderen kann die VRE über die Organisation an zentraler Stelle verwaltet und so die Abrechnung der Kosten erheblich vereinfacht werden. Neben den Vorgründungskosten und den Einlagen entstehen Verwaltungsgebühren, etwa für die Anmeldung eines Vereins oder einer GmbH.

Die Personalkosten stellen für die meisten der VREs, die im Rahmen der Expertengespräche befragt wurden, den mit Abstand größten Kostenfaktor dar. Er kann bis zu 80% der Gesamtausgaben bilden. Dabei umfassen die sogenannten direkten Personalkosten die Gehälter der Mitarbeiter, etwa für die Entwicklung, den technischen Betrieb sowie den Support der Nutzer. Darüber hinaus entstehen Verwaltungskosten für das Personal (indirekte Personalkosten).

Über das Personal hinaus umfassen die Betriebskosten die Bewirtschaftungskosten für die technische Infrastruktur. Hierunter fallen beispielsweise die Kosten für Strom, die Kälteversorgung bei größeren Rechneranlagen sowie Aufwendungen für die Gebäudenutzung (z.B. Instandhaltung und Miete). In diese Kategorie fällt ebenfalls die für den Betrieb erforderliche Hardware, etwa für die Netzwerkinfrastruktur (einschließlich Bandbreite) und den Datenspeicher.

Eine weitere Kostenart machen die Sachkosten aus. Beispiele hierfür sind Mittel für die Durchführung von Weiterbildungen und Workshops, Dienstreisen, Verbrauchsmaterial, Öffentlichkeitsarbeit sowie sonstige Fremdleistungskosten.

Die Investitionskosten entstehen, wenn eigens für die VRE Anschaffungen benötigt werden. Hierbei kann es sich beispielsweise um Hardware oder Softwarelizenzen handeln. Diese Kosten werden von den Betriebskosten abgegrenzt.

Im Falle, dass die VRE von einer öffentlichen Institution betrieben wird, die Fördergelder erhält, ist unter Umständen erforderlich, die Vollkostenrechnung beziehungsweise die Regelungen des EU-Gemeinschaftsrahmens (GemR) [EU-Gemeinschaftsrahmen 2006] umzusetzen. Der GemR greift immer dann, wenn eine Leistung, in diesem Fall die VRE, in den freien Markt eintritt und somit im Wettbewerb zu anderen (privaten) Institutionen steht oder stehen kann. Der GemR regelt, dass keine Wettbewerbsverzerrungen auftreten, wenn am Markt Leistungen angeboten werden. Da es sich um ein komplexes Themengebiet handelt, kann es erforderlich sein, VREs bzw. beteiligte Organisationen durch die Verwaltung der Hochschulen bei der Einhaltung dieser rechtlichen Vorgaben zu unterstützen.

Finanzierungsmodelle

Die Finanzierung der Aufbau- und Entwicklungsphase einer VRE und ihrer Betriebsphase sollte unabhängig voneinander betrachtet werden, da diese in der Regel aus unterschiedlichen Quellen finanziert werden. Viele VREs entstehen im Kontext geförderter Forschungsprojekte. Für diese direkte öffentliche Förderung wird in der Regel ein ausreichend großer Innovations- bzw. Entwicklungsanteil des Vorhabens gefordert.

Damit die VRE erfolgreich in den Betrieb übergehen kann, muss geklärt werden, welche Kosten (siehe Abschnitte Kostenfaktoren und Modellrechnung) in der Betriebsphase entstehen und wer für diese aufkommt. Sind mehrere Institutionen an der VRE beteiligt, gestaltet sich die Lösung dieser Frage schwieriger als bei einer einzelnen Institution.

Da während der Betriebsphase der Entwicklungsanteil geringer ist und daher die Finanzierung der VRE sich nicht mehr in den oben beschriebenen Förderstrukturen abbilden lässt, sind folgende Finanzierungsmodelle naheliegender:

- Indirekte öffentliche Förderung
- Finanzierung durch Beiträge
- Direktes Nutzungsmodell
- Ausgleich von Ressourcenverbrauch und Ressourcenbereitstellung

Eine indirekte öffentliche Förderung kann auf verschiedene Arten erfolgen: Eine bereits existierende, an einer VRE beteiligte Institution, kann den Status einer Leitinstitution erhalten. Sie erhält für den Betrieb der VRE eine Förderung und stellt diese den Wissenschaftlern anderer Institutionen zur Verfügung. Da hier eine öffentliche Förderung vorliegt, ist es wichtig die Vorgaben des EU-Gemeinschaftsrahmens einzuhalten. Dieses Modell geht von einer herausragenden Stellung der Leitinstitution aus. Alternativ kann eine durch Fördermittel finanzierte Trägerorganisation für die VRE gegründet werden, die ähnlich wie eine Leitinstitution agiert, aber als neutral anerkannt wird.

Eine weitere Form der indirekten öffentlichen Förderung ist, wenn Wissenschaftler oder Nutzercommunities Sachmittel für die zur Forschung notwendige Infrastruktur vom Fördergeber erhalten (eine sog. Infrastruktur-Pauschale). Diese Sachmittel können dann etwa durch Anwendung des direkten Nutzungsmodells oder des Beitragsmodells eingesetzt werden. Dadurch werden die Wissenschaftler an der Finanzierung einer VRE beteiligt. Wissenschaftler können gegebenenfalls direkten Einfluss auf die Entwicklung und den Betrieb der VRE nehmen, wenn diese als Verein oder Genossenschaft organisiert sind. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass Betreiber einer VRE an wissenschaftlichen Projekten beteiligt sind.

Beim direkten Nutzungsmodell wird auf Basis der tatsächlichen Nutzung abgerechnet. Die Wahl der Metrik für die Nutzung hängt hierbei von der individuellen VRE ab. Bei diesem Modell sind die Kosten variabel und daher für alle Beteiligten unter Umständen schwer kalkulierbar. Daraus resultiert eine verminderte Planungssicherheit. Außerdem ist die Einrichtung und Betreuung einer Accounting-Infrastruktur seitens der VRE erforderlich, die eine bedarfsgerechte Erfassung der notwendigen Daten zur Abrechnung ermöglicht.

Beim Beitragsmodell zahlen Institutionen oder Nutzercommunities der VRE einen Pauschalbeitrag, welcher für einen bestimmten Zeitraum (z.B. ein Jahr) erhoben wird. Die Kalkulation dieser Beiträge erfolgt innerhalb eines Vereins oder einer Genossenschaft transparent. Die Beiträge werden so kalkuliert, dass unerwartete Aufwendungen (z.B. für defekte Hardware) abgedeckt werden können. Darüber hinaus können diese Mittel für eine Verbesserung und Weiterentwicklung der VRE verwendet werden. Diese Form der

Finanzierung ist insbesondere für öffentliche Einrichtungen geeignet, da durch die Pauschalbeiträge eine gute Planbarkeit gewährleistet ist. Dieses Modell kann jedoch als unfair empfunden werden, da es unabhängig von der eigentlichen Nutzung kalkuliert wird. Die Anwendung des Beitragsmodells wurde beispielsweise beim DFN-Verein⁶ erfolgreich umgesetzt.

Ein weiteres, in der Praxis jedoch kaum eingesetztes Finanzierungsmodell ist der Ausgleich von Ressourcenverbrauch und Ressourcenbereitstellung. Dabei ist jede Institution selbst für ihre Finanzierung verantwortlich, etwa durch Fördergelder, auf freiwilliger Basis oder sogenannte „In-kind contributions“. Dieses Modell reduziert zwar auch den organisatorischen Aufwand bei den beteiligten Institutionen, Ziel ist es jedoch, den Ressourcenverbrauch durch die VRE so zu steuern, dass dieser sich über die Zeit bei allen beteiligten Institutionen etwa in derselben Größenordnung bewegt. Dies setzt voraus, dass alle beteiligten Institutionen Ressourcen bereitstellen. In einer heterogenen Infrastruktur, bei der an unterschiedlichen Stellen verschiedene Dienste betrieben werden, ist es schwer, dies zu gewährleisten ohne die Funktionalität der VRE zu beeinträchtigen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die nachhaltige Finanzierung von den Betreibern einer VRE als ein sensibles Thema angesehen wird. Nachhaltigkeit im Kontext von VREs bedeutet, die Dienste der VRE solange bereitzustellen, wie sie von den Nutzern gebraucht werden. Hierfür bietet sich die Entwicklung eines Geschäftsmodells an, welche die VRE als Produkt betrachtet. In diesem Zusammenhang muss jedoch erwähnt werden, dass unseres Wissens bisher keine VRE ein vollständiges Geschäftsmodell entwickelt hat. Daher existieren keine Erfahrungswerte für die Betriebskosten einer VRE. Aus den geführten Expertengesprächen hat sich jedoch ergeben, dass ein leicht verständliches Portfolio definiert werden sollte, welches die Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden erfüllt und zudem eine gute Planbarkeit seitens der VRE-Entwickler und -Betreiber gewährleistet. Aus diesem Grund wird im Kontext der Finanzierung die Erhebung von pauschalen Beiträgen gegenüber einer nutzungsabhängigen Bepreisung bevorzugt.

Darüber hinaus wurde in den Expertengesprächen hervorgehoben, dass die erfolgreiche Umsetzung des Geschäftsmodells nur gewährleistet ist, wenn die VRE eine Nachfrage abdeckt beziehungsweise einen echten Mehrwert für die Nutzer bietet. VREs passen sich idealerweise an die sich verändernde Forschungslandschaft und die sich hieraus ergebenden Anforderungen an.

Modellrechnung

Um einen Überblick über die Kosten und nachgelagerten Finanzierungsmöglichkeiten von VREs zu erhalten, wird in diesem Kapitel eine Modellrechnung vorgestellt. Die genutzten Informationen stammen zum einen aus den Ergebnissen der Expertengespräche und zum anderen aus Gesprächen mit Verwaltungsfachleuten, auf die im Projekt zurückgegriffen werden konnte. Auf diesem Wege soll ebenfalls ein

⁶ Deutsches Forschungsnetz e.V., <https://www.dfn.de/>

Kalkulationsschema vorgestellt werden, das die Ermittlung der Kosten einer VRE in ihren unterschiedlichen Phasen erleichtert. Hier wird mit prozentualen Ansätzen gearbeitet. Der Umfang der Aufwendungen hängt von den individuellen Anforderungen der VRE ab, sodass es praktisch unmöglich ist, diese in absoluter Höhe anzugeben. Anhand der ermittelten Kosten können im Hinblick auf die vorgestellten Finanzierungsmodelle Nutzungspreise beziehungsweise Gebühren festgesetzt werden.

Grundsätzlich ist eine getrennte Betrachtung zwischen den ersten beiden Phasen (Aufbau- und Entwicklung) und der Betriebsphase einer VRE sinnvoll. So fallen innerhalb der ersten beiden Phasen beispielsweise einmalige Kosten⁷, etwa für die Anschaffung von benötigter Hard- und Software, an. Viele VRE entstehen zudem im Rahmen von geförderten Projekten. Die Finanzierung ist in diesen Phasen gesichert und erfordert zudem die Einhaltung eines bestimmten, vom Fördergeber vorgelegten Kalkulationsschemas. Für die Betriebsphase dagegen kann jedoch grundsätzlich nicht mehr von einer solchen direkten öffentlichen Förderung ausgegangen werden.

Für das Kalkulationsschema wird das folgende Szenario angenommen: Drei deutsche Universitäten möchten zusammen eine VRE aufbauen und betreiben. Um die Organisation der VRE zu erleichtern, soll nach Abschluss der Aufbau- und Entwicklungsphase eine unabhängige Trägergesellschaft in Form einer GmbH gegründet werden. Denkbar sind auch andere Organisationsformen wie eine Genossenschaft oder ein Verein. Im Rahmen der Expertengespräche hat sich gezeigt, dass sich ein Verein insbesondere dann anbietet, wenn beteiligte Nutzer über den Leistungskatalog und andere wichtige Fragen mitentscheiden sollen. Es ist auch möglich, die VRE durch dezentrale Mitarbeiter, die bei beteiligten Institutionen arbeiten, zu betreiben, ohne eine Trägerorganisation zu gründen. In diesem Fall bleibt die VRE mit den entsprechenden Regularien (EU-Gemeinschaftsrahmen) in der öffentlichen Hand. In dem Szenario wird die Aufbau- und Entwicklungsphase der VRE vollständig durch einen öffentlichen Geldgeber (bspw. das BMBF) gefördert. An dieser Stelle wird auf eine detailliertere Darstellung der fördergeberspezifischen Kalkulation verzichtet und stattdessen die Kostenkalkulation in der Betriebsphase näher betrachtet.

Die Kostenverteilung für die Betriebsphase der VRE ist in Tabelle 1 sowie in Abbildung 12 weiter unten dargestellt. In diesem Fall wurde die Kalkulation aus Sicht einer neu gegründeten GmbH für den Zeitraum eines Jahres durchgeführt. Grundsätzlich wird zwischen Personal- und Sachkosten unterschieden. Für die Personalkosten werden je nach Tarifgruppe der Mitarbeiter unterschiedliche Sätze angenommen. Im Kalkulationsschema werden sowohl wissenschaftliche Mitarbeiter als auch Studenten eingestellt (ähnlich wie studentische Hilfskräfte bei Universitäten). In den Expertengesprächen wurde erwähnt, dass die Personalkosten insgesamt mindestens 80% der Gesamtkosten einer VRE ausmachen. In der Modellrechnung nehmen wir daher einen Anteil von 85% der Gesamtkosten an. Der hohe Anteil erklärt sich dadurch, dass

⁷ Wird die VRE über einen längeren Zeitraum, bspw. über fünf Jahre hinaus, betrieben, können auch diese Kosten durchaus erneut anfallen.

auf die direkten Personalkosten in Form einer Overheadpauschale indirekte Kosten aufgeschlagen werden, die beispielsweise zur Deckung von Verwaltungskosten für das Personal erhoben werden. Hervorzuheben ist, dass die Overheadpauschale mit 65% der direkten Personalkosten, das heißt insgesamt etwa 34% der Gesamtkosten im vorliegenden Beispiel, angesetzt wurde. Diese ist jedoch von der Organisationsform abhängig und kann somit deutlich von den genannten Ansätzen abweichen.

Für den Betrieb der VRE werden neben den direkten und indirekten Personalkosten Sachmittel benötigt. Die Kosten für Verbrauchsmaterial wie Büromaterial werden insgesamt lediglich mit 1% der Gesamtsumme angesetzt. Da sich die beteiligten Institutionen und die GmbH zwecks interner Abstimmung sowie zur Unterstützung von Nutzern in Form von Workshops gelegentlich treffen, entstehen Reisekosten, die im Kalkulationsschema mit 3% der Gesamtsumme berücksichtigt werden. Die Betreiber-GmbH richtet zudem selbst Workshops aus, die weitere Sachkosten erfordern (Sonstiges, 5%).

Der technische Betrieb der VRE wird durch einen Dienstleister durchgeführt, beispielsweise ein Rechenzentrum. Der Dienstleister stellt die erforderliche Hard- und Software bereit. Die operative Administration der Maschinen erfolgt jedoch durch die Mitarbeiter der VRE. Da an der VRE regelmäßig weiterentwickelt wird, sind neben der Produktivmaschine auch weitere Maschinen zur Entwicklung und Qualitätssicherung (Testumgebung) erforderlich, die ebenfalls über den Dienstleister bereitgestellt werden. Der Dienstleister hat mit der GmbH einen entsprechenden Vertrag abgeschlossen. Externe Dienstleistungen (5%) können vielfältiger Natur sein, beispielsweise können Gebühren für die Forschungsdatenarchivierung anfallen. Der Umfang der technischen Dienstleistung enthält das Hosting der Maschinen, Backup-Funktionalität, Replikation sowie regelmäßige Sicherheitsupdates. Indirekt enthalten sind an dieser Stelle ebenfalls Kosten für den Strom, die Räumlichkeiten sowie die Klimatisierung.

Da zu Beginn der Betriebsphase eine GmbH gegründet worden ist, müssen seitens der Teilhaber die Gründungskosten beglichen und Einlagen bereitgestellt werden. Nach aktuellem Recht müssen mindestens 25.000€ für eine GmbH bereitgestellt werden. Bei der Gründung eines Vereins bzw. einer Genossenschaft fallen wesentlich niedrigere Kosten an. Die GmbH tritt in der Betriebsphase als Dienstleister auf und kann im Wettbewerb zu anderen Anbietern stehen. Für die Beispielrechnung wird ein Gewinnaufschlag von 7% angesetzt. Rechnet man noch die Umsatzsteuer hinzu, erhält man die Basis für das Bepreisen der angebotenen Dienstleistung.

An dieser Stelle sollen zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen werden, da ein Wegfall beziehungsweise eine starke Kürzung einer direkten Förderung durch öffentliche Fördergeber wahrscheinlich ist. In dem vorliegenden Beispiel wird von einem vollständigen Wegfall der Förderung ausgegangen. Es wird angenommen, dass die VRE von zahlreichen Wissenschaftlern einer großen Fachcommunity verwendet wird. Im Hinblick auf das Beitragsmodell kann hierbei ein Nutzungsentgelt in Form einer

zeitabhängigen Pauschale erhoben werden, zum Beispiel jährlich oder monatlich. Diese Pauschale kann ferner pro Nutzer oder Institution erhoben werden.

Die Anwendung eines nutzungsabhängigen Entgeltes kann sich für den Nutzer lohnen, wenn die Dienstleistung nicht in vollem Umfang bzw. einer hohen Nutzungsintensität benötigt wird. Der Nachteil hierbei ist jedoch, dass sowohl ein differenziertes Preismodell als auch eine Accounting-Infrastruktur notwendig sind. Ferner erschwert die Anwendung dieses Modells die Planung für die Trägergesellschaft der VRE, weil unbekannt ist, in welchem Umfang die Infrastruktur tatsächlich genutzt wird und somit nicht sicher ist, ob die Kosten vollständig gedeckt werden können beziehungsweise der Gesamtbetrag erwirtschaftet werden kann. Sollte die VRE von einem gemeinnützigen Verein weiterbetrieben werden, darf dieser keinen Überschuss erwirtschaften. Aus den Expertengesprächen hat sich jedoch ergeben, dass durch die stetige Verbesserung der Dienstleistung und die Weiterentwicklung von Komponenten und neuen Funktionen eine Überschusserwirtschaftung vermieden werden kann.

Das hier vorgestellte Kalkulationsschema ist konform mit dem EU-Gemeinschaftsrahmen (Eu06] und kann daher auch etwa für Dienstleistungen verwendet werden, die von einer öffentlichen Institution wie einer Universität auf dem freien Markt angeboten werden.

Position	Prozentpunkte
Wissenschaftlicher Mitarbeiter / Vollzeit	40
Studentische Hilfskräfte	12
Summe direkte Personalkosten	52
Overheadpauschale (ca. 65% der Personalkosten)	34
Gesamtsumme Personalkosten	86
Verbrauchsmaterial	1
Reisekosten	3
Externe Dienstleistungen	5
Sonstiges	5
Summe Sachkosten	14
Summe Personal- und Sachkosten	100
Gewinnaufschlag	7
Gesamtkosten	107
Umsatzsteuer	19
Basis für die Preiskalkulation	~127

Tabelle 1: Modellrechnung zur Ermittlung der Kosten einer VRE in der Betriebsphase pro Jahr in relativen Zahlen

Kostenarten einer VRE

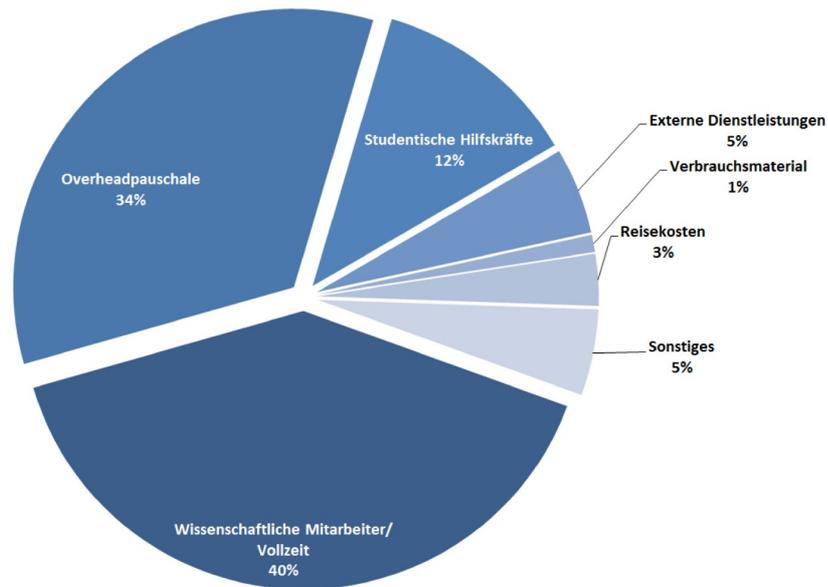


Abbildung 12: Kostenarten einer VRE, basierend auf o.g. Tabelle

7 Zusammenfassung

Im vorliegenden Papier werden verschiedene erfolgsrelevante Aspekte für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb von VREs diskutiert. Neben einem meilensteinorientierten Lebensphasenmodell sind dies insbesondere Kriterien zur Erfolgsbeurteilung sowie Überlegungen zu Finanzierungsmodellen und Kostenstrukturen. Es werden strukturelle, funktionale, organisatorische und finanzielle Aspekte kombiniert und in begrenztem Umfang die unterschiedlichen Akteursperspektiven berücksichtigt. Ein Schwerpunkt des Ansatzes liegt auf der Entwickler- und Betreiberperspektive. Der zugrunde gelegte VRE-Begriff basiert auf der Definition der Allianz AG „Virtuelle Forschungsumgebungen“.⁸

Die Arbeiten basieren auf Erfahrungen aus verschiedenen Grid-Projekten und anderen kollaborativen Projekten⁹ und wurden in Expertengesprächen und Workshopdiskussionen mit Entwicklern, Betreibern, Nutzern und Förderern von VREs überprüft. Darüber hinaus fanden Erkenntnisse aus der Entwicklung größerer Softwaresysteme Berücksichtigung.

Zusammengefasst zeigen die Rückmeldungen aus der Community:

- Die Definition des Erfolgs einer VRE ist stark von der Akteurs- und Disziplinperspektive abhängig. Die vorliegende Arbeit setzt einen Schwerpunkt auf die Sicht der Entwickler und Betreiber.

⁸ Vgl. <http://www.allianzinitiative.de/handlungsfelder/virtuelle-forschungsumgebung.html>

⁹ Detailliert ausgeführt in Kapitel 3, Vorarbeiten.

- Die Definition von Erfolgskriterien für VREs ist mit erheblichen methodischen Herausforderungen verbunden, das heißt Erfolg ist nicht einfach quantifizierbar und vergleichbar.
- Es gibt kein allgemeingültiges Kriterienset für VREs. Vielmehr ist es sinnvoll, aus einem Kriterienkatalog fallspezifisch ein Set zusammenzustellen und dieses um fachspezifische Kriterien zu erweitern.
- Idealerweise erfolgt die Erfolgsdefinition in der Planungsphase einer VRE, das heißt vor der Aufbau- und Betriebsphase.
- Eine Analyse der VREs entlang eines Lebensphasenmodells ist sinnvoll, da sich Unterschiede hinsichtlich der Erfolgsbeurteilung nicht nur mit Blick auf die Fachrichtung, sondern auch auf die jeweils aktuelle Lebensphase ergeben. In unterschiedlichen Lebensphasen einer VRE können somit verschiedene Kriterien im Vordergrund stehen.
- Damit zusammenhängend gibt es über die Lebensphasen einer VRE hinweg erfolgskritische Wegpunkte, zusammengefasst in Form von Meilensteinen. Hier werden Parallelen zu Planung, Aufbau und Betrieb von anderen Formen von Infrastruktur deutlich. Die erfolgskritischen Wegpunkte während der Lebensphasen sind im Sinne einer fachgerechten Projektsteuerung zu verstehen.
- Definitionsfragen (bspw. virtuell oder kollaborativ) haben in der Praxis eine untergeordnete Bedeutung, wobei sich eine Entwicklung von einem umfassenden VRE-Ansatz, den gesamten Forschungsprozess abbildend, hin zu einem modularen, werkzeugorientierten Ansatz anzudeuten scheint.
- Ein werkzeugorientierter Ansatz hat gegenüber einem dem gesamten Forschungsprozess abdeckenden Ansatz Vorteile. Er konzentriert sich auf bestimmte Abschnitte des Forschungsprozesses und ist in der Lage, besser zwischen Community-„Nachfrage“ und Infrastruktur-„Angebot“ zu vermitteln. Er wird auch der Tatsache besser gerecht, dass generische Werkzeuge (bspw. Wiki, Clouddienste) in der Arbeitsumgebung der Forscher in der Regel bereits vorhanden sind, gegen die generische Werkzeuge einer umfassenden VRE vielleicht nur schwer bestehen können.
- Nur wenige VREs haben bisher strukturierte Überlegungen im Hinblick auf Kostenstrukturen und Geschäftsmodelle angestellt, was damit zusammenhängt, dass die Betriebsphase einer VRE, in der Nachhaltigkeit relevant wird, bisher nur selten erreicht wurde.
- Der Erfolg einer VRE hängt entscheidend von der frühzeitigen Einbindung der späteren Nutzercommunity ab. Dabei ist unter Einbindung die aktive Mitarbeit von Multiplikatoren und „entwicklungskompetenten“ Nutzern zu verstehen, die bei der Anforderungserhebung, aber auch bei der Entwicklung wertvolle Unterstützung leisten können.

- Der Erfolg einer VRE hängt ebenfalls von einer frühzeitigen Berücksichtigung der unterschiedlichen Lebensphasen ab, da sich dies auf die Kostenstrukturen und mögliche Geschäftsmodelle entscheidend auswirkt. Dieser Punkt richtet sich nicht nur an die Entwickler einer VRE, sondern insbesondere auch an ihre Betreiber und Förderer.

Die im Projekt DFG-VRE gewonnenen Erkenntnisse stellen nur einen ersten Schritt auf dem Weg zu einem praxiserprobten Instrumentarium zur Erfolgs- und Nutzenbeurteilung von VREs dar. Die Pilotstudie systematisiert den Ansatz zu einem weitergehenden und vertiefenden Studium der Bedingungen für die nachhaltige Errichtung von VRE unter Berücksichtigung der derzeitigen Forschungsinfrastrukturen und Förderstrukturen. Eine Vertiefung der Ergebnisse könnte sinnvoll im Rahmen eines größeren Surveys zu den hier entwickelten Fragestellungen erfolgen, der mit sozialwissenschaftlich abgesicherter Methodik durchgeführt werden sollte.

Die Ergebnisse der Pilotstudie gestatten jedoch auch jetzt schon aktuellen und künftigen VRE-Projekten, ihre eigenen Kriterien für Nachhaltigkeit und Erfolg zu reflektieren und sich am Lebensphasenmodell zu orientieren.

8 Anhang

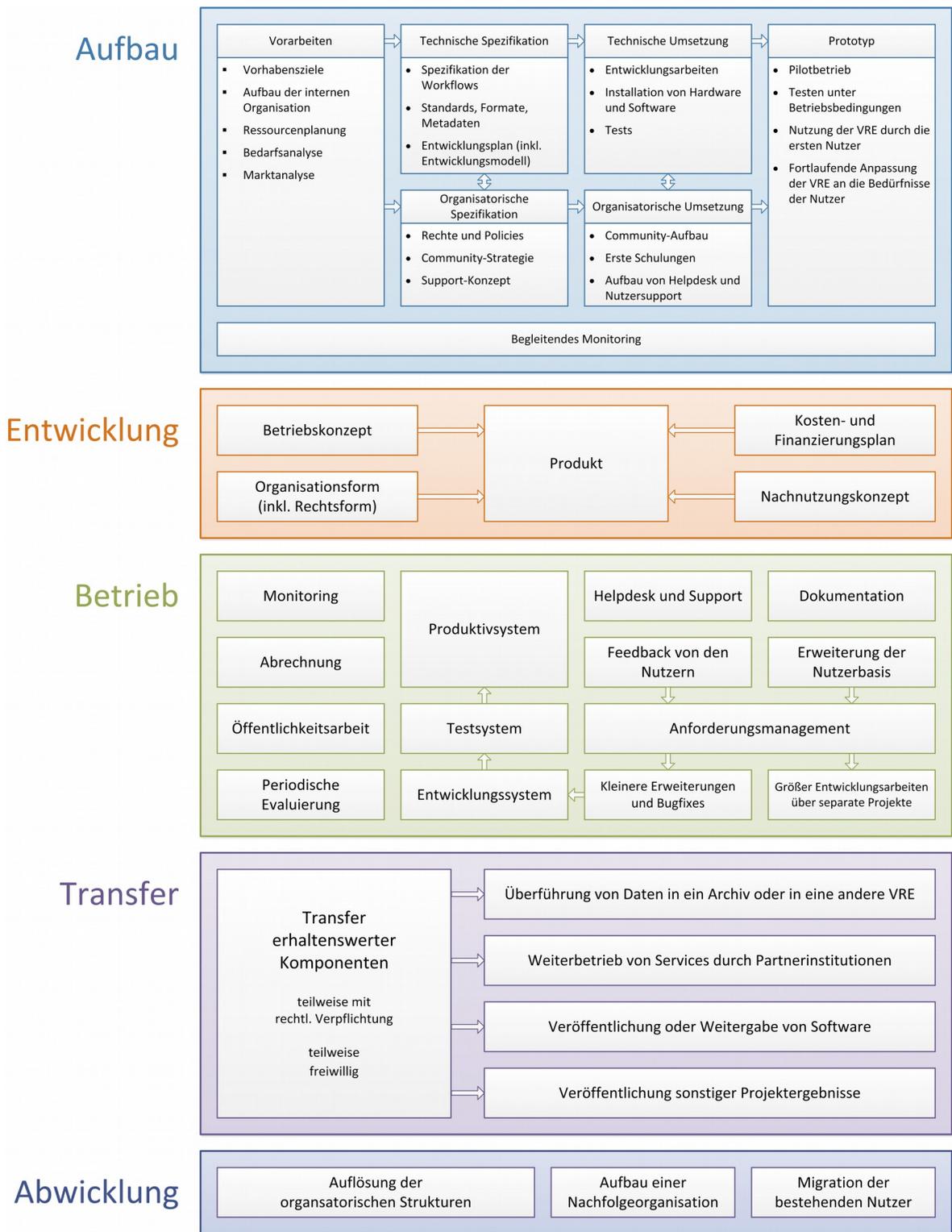


Abbildung 13: Vollständige Lebensphasenübersicht

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über die von Oktober bis Dezember 2013 geführten Expertengespräche und die diskutierten Themenbereiche.....	8
Abbildung 2: Lebensphasen einer monolithischen VRE.....	9
Abbildung 3: Lebensphasen einer modularen VRE.....	10
Abbildung 4: Schematischer Ablauf der Aufbauphase einer VRE.....	11
Abbildung 5: Komponenten der Weiterentwicklung einer VRE zu einem Produkt während der Entwicklungsphase.....	13
Abbildung 6: Zentrale Aspekte in der Betriebsphase einer VRE.....	14
Abbildung 7: Transferphase einer VRE.....	15
Abbildung 8: Abwicklungsphase einer VRE.....	15
Abbildung 9: Erfolgsfaktoren und messbare Erfolgskriterien für VREs nach Relevanzgewichtung in den Stakeholderkategorien unterschieden.....	17
Abbildung 10: Meilensteine entlang der Lebensphasen einer VRE (Auswahl).....	19
Abbildung 11: Erfolgsbeurteilung in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand der VRE.....	21
Abbildung 12: Kostenarten einer VRE, basierend auf o.g. Tabelle.....	29
Abbildung 13: Vollständige Lebensphasenübersicht.....	32

10 Literaturverzeichnis

Hinweis: Der letzte Zugriff auf die Webressourcen erfolgte am 19. August 2014.

Carusi, Annamaria/ Reimer, Torsten (2010): *Collaborative Landscape Study*. JISC.
<http://www.jisc.ac.uk/media/documents/publications/vrelandscapeport.pdf>

EU-Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation (2006/C 323/01). Amtsblatt der Europäischen Union.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2006:323:0001:0026:de:PDF>

Fritsch, B. (2013): *Erfolgskriterien für VREs: Naturwissenschaftliche Sicht - Erfahrungen aus C3Grid*, Workshop: „Erfolgskriterien für Virtuelle Forschungsumgebungen“, Leibniz Institut für Astrophysik Potsdam, 19. November 2013.
<http://hdl.handle.net/10013/epic.42856>

Ludwig, Jens/ Enke, Harry (2013): *Leitfaden zum Forschungsdaten-Management. Handreichungen aus dem Wiss-Grid-Projekt*. VWH-Verlag.
http://www.wissgrid.de/publikationen/Leitfaden_Data-Management-WissGrid.pdf

DFG-Projekt RADIESCHEN (2013): *Rahmenbedingungen einer disziplinübergreifenden Forschungsdateninfrastruktur. Organisation und Struktur*.
http://dx.doi.org/10.2312/RADIESCHEN_005

Winston Royce, Proceedings, IEEE WESCON (Hrsg.) (1970): *Managing the Development of Large Software Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers
http://leadinganswers.typepad.com/leading_answers/files/original_waterfall_paper_winston_royce.pdf

SURFfoundation (2011): *VRE Starters Kit*.
<http://www.surf.nl/binaries/content/assets/surf/nl/kennisbank/2011/informatie-uit-de-wiki-vre-starters-kit.pdf>

Arbeitsgruppe Virtuelle Forschungsumgebungen der Allianz-Initiative Digitale Information (2011): *Virtuelle Forschungsumgebungen - Ein Leitfaden*.
http://www.allianzinitiative.de/fileadmin/user_upload/Leitfaden_VRE_de.pdf

Arbeitsgruppe Virtuelle Forschungsumgebungen der Allianz-Initiative Digitale Information (2012): *Momentaufnahme: VREs in 2011/2012*.
http://www.allianzinitiative.de/fileadmin/user_upload/redakteur/Momentaufnahme_VRE.pdf

11 Webseitenverzeichnis

Hinweis: Der letzte Zugriff auf die Webressourcen erfolgte am 19. August 2014.

Erfolgskriterien für den Aufbau und nachhaltigen Betrieb Virtueller Forschungsumgebungen (DFG-VRE)

<http://www.forschungsdaten.org/index.php/DFG-VRE>

DINI AG Virtuelle Forschungsumgebungen (vForum)

<http://dini.de/ag/vforum/>

ERINApus

<http://projects.erinaplus.eu/> (Webseite abgeschaltet)

Rahmenbedingungen einer disziplinübergreifenden Forschungsdateninfrastruktur (Radieschen)

<http://www.forschungsdaten.org/index.php/Radieschen>