

Auf der Suche nach dem Artefakt

Zur materiellen Praxis von Infrastruktur-Entwicklung

1 Einleitung und Problemstellung

In meinem Beitrag beschäftige ich mich mit der Frage, wie sich aus einer praxeologischen Perspektive Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Praxis der Entwicklung von Virtuellen Forschungsumgebungen feststellen und erklären lassen.¹ Dazu vergleiche ich zwei Fallbeispiele der Entwicklung solcher Forschungsumgebungen, die sich in ihrer fachwissenschaftlichen Orientierung unterscheiden (Textwissenschaften sowie Klimaforschung), aber einen gleichen technischen Rahmen aufweisen: Die Entwicklung basiert auf einer spezifischen Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), der Grid-Technologie.² Die Praxis der Akteure in der Entwicklung von Virtuellen Forschungsumgebungen ist somit gebunden an die Möglichkeiten und Bedingungen dieses spezifischen Artefakts. Im Mittelpunkt des empirischen Teils steht der Versuch, mich der Wirkmächtigkeit der Grid-Technologie im Verlauf der Technikentwicklung und somit der Beschreibung ihrer materiellen Eigenschaften zu nähern.³ Am Ende wird die Reichweite der Praxeologie für eine Analyse der empirischen Ergebnisse diskutiert.

Der vorliegende Beitrag entstand im Kontext des BMBF-geförderten Projektes eScience Interfaces (<http://escience-interfaces.net/>). Als sozialwissenschaftliche Begleitforschung konzipiert, interessieren wir uns dabei für die Veränderung der Ordnung „Forschung – Service“ durch die Entwicklung von Forschungsinfrastruktu-

1 Ich danke den Herausgebern des Tagungsbandes, insbesondere Friederike Elias, sowie Jochen Gläser und Sonja Palfner für wertvolle Hinweise und Anregungen bei der Gestaltung meines Beitrags.

2 Ein „Grid“ (engl. für Netz bzw. Gitter) ist ein digitales verteiltes System, in dem räumlich verteilte Ressourcen wie Daten, Speicherplatz oder Rechenleistung für spezifische Zwecke (wie z. B. rechenintensive Analyse von Forschungsdaten) organisiert werden. Grid-Technologie ist ein Sammelbegriff für die notwendigen Hard- und Software-Komponenten, um die Verarbeitung und Speicherung von Daten in einem Grid zu ermöglichen.

3 Internet-basierte Technologien wie Grid oder Anwendungen wie Virtuelle Forschungsumgebungen eröffnen neue Forschungsfragen hinsichtlich theoretischer und empirischer Aspekte von Materialität. Für die Bereitstellung von Speicher- und Rechenkapazität und für Datentransfer braucht es sowohl Gerätschaften (wie Server, Festplatten, Glasfaserkabel, Sensoren, Prozessoren etc.) als auch Programme zur Berechnung und zum Austausch von Daten (wie Software, Algorithmen, Internet-Protokolle etc.). Diese Artefakte unterscheiden sich u. a. nach der sinnlichen Wahrnehmung ihrer materiellen Eigenschaften im Umgang damit. Dieser Beitrag ist ein erster Versuch, sich den materiellen Aspekten internet-basierter Artefakte zu nähern.

ren. Dabei konzentrieren wir uns auf zwei empirische Phänomene der Veränderung, nämlich die Entstehung von technischen und institutionellen Interfaces. Wir gehen davon aus, dass technische Schnittstellen (wie Virtuelle Forschungsumgebungen) und institutionalisierte Schnittstellen (wie bspw. Kompetenzzentren) eine spezifische Organisationsform von „Forschung“ und „Service“ darstellen. Der theoretische Rahmen des Projekts ist die Praxeologie, wo zum einen Praktiken als Strukturierungsleistung von Akteuren in den Vordergrund rücken, zum anderen die Bedeutung der Artefakte im Vollzug menschlicher Praxis hervorgehoben wird, wie es insbesondere bei Reckwitz (Reckwitz 2003 und in diesem Band) ausgearbeitet wurde.

In dem Teilprojekt zur technischen Entwicklung von Virtuellen Forschungsumgebungen verfolge ich die Frage, wie sich die jeweilige Praxis im Sinne einer Stabilisierung bzw. Destabilisierung auf die Ordnung Forschung – Service auswirkt. Im vorliegenden Beitrag konzentriere ich mich auf die Wirkmächtigkeit eines spezifischen Artefakts in der Entwicklungspraxis, nämlich der Grid-Technologie, die die technischen Möglichkeiten und Bedingungen für die Entwicklung der beiden Forschungsumgebungen darstellt. Sie zeichnet sich durch eine relative Fragmentierung und Abhängigkeit einzelner technischer Komponenten aus, die noch dazu unterschiedliche „Fertigungsgrade“ aufweisen. Die Annahme ist, dass diese materiellen Eigenschaften der Grid-Technologie die Entwicklungspraxis der Akteure prägt. Für die empirische Operationalisierung eines Vergleichs stellt sich somit die Frage, wann, wie und wo das Artefakt Grid-Technologie in der materiellen Praxis der Entwicklung der beiden Forschungsumgebungen auftaucht.

Für die Analyse von materiellen Aspekten der Praxis machen sowohl die artefaktorientierten Ansätze in der aktuellen STS (Science and Technology Studies)-Literatur als auch die Vertreter der praxeologischen Theriefamilie unterschiedliche Angebote. Gemeinsam ist ihnen das Anliegen, den Dualismus von Subjekt und Objekt (bzw. Kultur – Materialität oder Handeln – Struktur) zu überwinden. Basierend auf der grundlegenden Annahme, dass Materialität entscheidend für Form und Inhalt einer Handlung ist, zieht bspw. die Actor-Network-Theorie den radikalen Schluss einer Symmetrie zwischen menschlichen und technischen Akteuren. Nach Latour ist „jedes Ding, das eine gegebene Situation verändert, indem es einen Unterschied macht, ein Akteur – oder, wenn es noch keine Figuration hat, ein Aktant.“⁴ Als heuristisches Prinzip für die Analyse der „metaphysischen Schattierungen“ einer technischen Handlungsträgerschaft schlägt er das Konzept der Affordances (nach James J. Gibson) vor, als Angebote eines Artefakts zu seinen möglichen Verwendungsweisen.⁵

Wie Reckwitz erläutert, hat das Konzept der Affordances zwar heuristisches Potential für die Darstellung des grundsätzlichen Zusammenhangs zwischen sozialen bzw. kulturellen und materiellen Aspekten einer Handlung, aber es bleibt in seinen

⁴ Latour 2007, 123.

⁵ Vgl. Ebd., 124, Anm. 16.

Annahmen in der Subjekt-Objekt-Dichotomie verhaftet. Ein Vorschlag zur Überwindung sieht er – neben den Konzepten eines Gefüges bzw. Assemblage oder des Dispositivs – in der Verwendung des praxeologischen Konzepts von Praktiken: Die Praxeologie verortet die „Kultur/Materialitätskopplungen“⁶ in den Praktiken selbst, wobei körperliche und artefakt-bezogene materielle Aspekte konstitutiver Bestandteil der Praktiken sind.⁷ Auch aus einer praxeologischen Perspektive bleibt somit die empirische Frage, wie ich das Artefakt, das entscheidend für den Vollzug der Praxis der Entwicklung der Forschungsumgebungen ist, bzw. seine materiellen Aspekte zu fassen bekomme.

Ich greife den Vorschlag von Reckwitz auf, das Konzept der Affordances als eine Art Brückenkonzept für die Analyse materieller Aspekte der Praxis zu nutzen. In diesem Kontext spezifiziert Reckwitz den Begriff der Affordances weiter als „Angebotsstrukturen für eine Verwendungsweise, die gleichzeitig variabel *und* nicht-arbiträr ist“⁸: Die immanenten Strukturen eines technischen Artefakts legen eine Verwendungsweise nahe, determinieren sie aber nicht. Gleichzeitig sind die Handlungsmodi nicht beliebig – die Objekteigenschaften ermöglichen bestimmte Umgangsweisen, andere sind ausgeschlossen.

Nach einer kurzen Übersicht über das empirische Material sowie einige grundlegende Merkmale von Infrastrukturentwicklung möchte ich die Grid-Technologie, die als technischer Rahmen für die Entwicklung in beiden Projekten vorgegeben war, in das Zentrum meiner empirischen Analyse setzen. Dabei folge ich seinen Angebotsstrukturen und seiner Wirkmächtigkeit in unterschiedlichen sozio-technischen Dimensionen der Entwicklung. Im Fokus der anschließenden Diskussion stehen drei forschungspraktische Probleme, auf die ich gestoßen bin: die unterschiedlichen inhaltlichen und formalen Dimensionen der Wirkmächtigkeit eines Artefakts, die daraus resultierenden Schwierigkeiten in der Beobachtung und Rekonstruktion von Angebotsstrukturen über Raum und Zeit sowie der Umgang mit heterogenen, parallel wirksamen Strukturierungen der Praxis der Akteure. Diese forschungspraktischen Probleme im Vergleich materieller Praxis werden hinsichtlich möglicher Implikationen für die Praxeologie diskutiert.

⁶ Reckwitz 2014, 22.

⁷ Dieser Beitrag konzentriert sich nur auf eine Seite der Medaille, den materiellen Aspekt der Artefakte in den Praktiken. Die Materialität der Körper wurde nicht untersucht.

⁸ Reckwitz 2014, 21.

2 Das empirische Material

Virtuelle Forschungsumgebungen⁹ (Virtual Research Environments, VREs) sind netzbasierte, interaktive Arbeitsumgebungen und eine empirische Variante von IKT-basierten Forschungsinfrastrukturen. Ihre primäre Funktion ist die Unterstützung wissenschaftlicher Fachgemeinschaften im Zugriff auf und der Arbeit mit Beständen relevanter Forschungsdaten. Fachwissenschaftliche VREs stellen somit eine Art sozio-technischen Mikrokosmos einer Forschungsinfrastruktur dar, geprägt durch die enge Verknüpfung von Mensch, Technik und Daten in einem als Arbeitsplatz konzipierten, internet-basierten Raum. Die potentiellen Nutzer dieser Anwendung sind in erster Linie Fachwissenschaftler, aber auch Servicebetriebe wie Bibliotheken oder Rechenzentren, die über die Anwendung ihre jeweilige Dienstleistung und die dafür relevanten Ressourcen (wie Daten, Software, Rechenzeit, Speicherplatz, Know-how etc.) bereitstellen.

Als technisches Artefakt charakterisieren sich Virtuelle Forschungsumgebungen – trotz ihres Namens – durch eine atypische Form von Materialität, die sich durch die besonderen Eigenschaften der zugrunde liegenden Internet-Technologie ergibt: Die Modularität und technisch vermittelte Koordination von räumlich verteilten, voneinander unterschiedlich stark abhängigen technischen Komponenten und Ressourcen, die in Form von Daten, Hard- und Software auftreten. Eine funktionale Wirksamkeit der VRE im Forschungsprozess ergibt sich erst durch die erfolgreiche Interaktion der einzelnen, verteilt entwickelten und gewarteten Komponenten, wie z. B. internet-basierten Werkzeugen, Datenbanken oder Datenarchiven. Diese Interaktion wird durch Technologien wie z. B. der Grid-Technologie ermöglicht, die im Mittelpunkt meines Beitrag stehen wird.

Das verfügbare empirische Material erlaubt einen kontrastierenden Vergleich von Angebotsstrukturen des technischen Artefakts Grid-Technologie in zwei fachlich unterschiedlich geprägten Entwicklungskontexten. Das bislang erhobene und ausgewertete empirische Material stammt aus dem BMBF-geförderten Projekt eScience Interfaces (<http://escience-interfaces.net>), in dem zwei Entwicklungsprojekte, TextGrid (<http://textgrid.de>) und C3-INAD (<https://verc.enes.org/c3web>), die letzten drei Jahre sozialwissenschaftlich begleitet wurden. Das Projekt TextGrid entwickelt eine internet-basierte Forschungs- und Arbeitsumgebung für die Herstellung und Bearbeitung historisch-kritischer Editionen von digitalisierten Textkorpora. Das Projekt C3-INAD arbeitet an einer internet-basierten Plattform für den Zugriff auf verteilte Datenbestände und deren verteilte Prozessierung in der Klimaforschung. Beide Projekte wurden ursprünglich im Rahmen der deutschen D-Grid-Initiative gefördert.

⁹ Für weitere Informationen zu Virtuellen Forschungsumgebungen siehe z. B. <http://www.dini.de/ag/vforum/> oder http://www.allianzinitiative.de/de/handlungsfelder/virtuelle_forschungsumgebungen/ (Stand 1.5.2014)

Dieses Förderprogramm verfolgte die Entwicklung einer deutschlandweiten, grid-basierten Forschungsinfrastruktur und war vorrangig motiviert durch die Ermöglichung einer dezentralen und fachübergreifenden Nutzung von IT-Ressourcen aller Art (Speicher, Daten, Rechenzeit etc.). Das empirische Material stammt aus semi-strukturierten Interviews mit beteiligten Fachwissenschaftlern, Vertretern der wissenschaftlichen IT, Informatikern und Programmierern, die 2011–2012 geführt wurden. Ergänzt werden die Daten durch teilnehmende Beobachtung an regelmäßigen Projekttreffen wie Technik-Jour fixes oder Konsortialtreffen.

3 Infrastrukturentwicklung als Aushandlung von Abhängigkeiten und Handlungsspielräumen

Die Diskrepanz zwischen einem aufgebauchten Diskurs über wissenschaftliche Innovation *durch* Technik-Entwicklung und den Schwierigkeiten in der Akzeptanz der technischen Anwendungen durch die Fachgemeinschaften lenkt den Blick auf latente Dynamiken in der Infrastrukturentwicklung. Ein Fokus der sozialwissenschaftlichen Beschäftigung mit Forschungsinfrastrukturen ist u. a. die Wirksamkeit von technischen und sozialen Pfadabhängigkeiten, die Technikentwicklung strukturieren: Pfadabhängigkeiten erzeugen technische und soziale Handlungsspielräume und schließen andere aus. Die Aushandlung dieser Abhängigkeiten passiert in einem inhaltlichen und zeitlichen Spannungsfeld. Die Herstellung einer „Passgenauigkeit“ für ein spezifisches Forschungsvorhaben steht in einem latenten Spannungsverhältnis unterschiedlicher inhaltlicher Regimes von Flexibilisierung (Öffnung) und Standardisierung (Verfestigung): Zum einen soll die Spezifik eines Forschungsprozesses, einer Fachgemeinschaft adressiert und unterstützt werden, zum anderen orientieren sich Infrastrukturen bzw. ihre Komponenten an Standards, Interoperabilität und Nachnutzbarkeit. Gleichzeitig treffen unterschiedliche temporale Regimes aufeinander. Sowohl Forschung als auch technische Entwicklung sind per se vielen unbekannten Variablen unterworfen, die den Verlauf und die Ergebnisse zunächst offen lassen. Die (Weiter-)Entwicklung von Infrastrukturen erfordert aber immer auch einen parallelen (prototypischen) Betrieb, der Verlässlichkeit, Belastbarkeit und Planung erfordert. Die unterschiedlichen Zeitlichkeiten sind besonders deutlich beim Einsatz von digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien, da die Taktung der Technologiewechsel deutlich höher ist als bei analogen Infrastrukturen. Damit steht auch das soziale Handeln in einem verschärften Spannungsfeld der „Gleichzeitigkeit des Ungleichzeitigen“¹⁰: Durch die Parallelität von (prototypischer) Nutzung und gleichzeitiger Weiterentwicklung der Artefakte und Technologien sind die Erwartungen an

¹⁰ Palfner u. Tschida 2012, 52.

den Nutzen einer Infrastruktur hinsichtlich Stabilität und Flexibilität Gegenstand von kontinuierlichen Verhandlungen auf allen Ebenen einer Infrastruktur – und somit auch ein Aspekt der materiellen Praxis von Infrastrukturentwicklung.

Ethnographische Untersuchungen der Angebotsstrukturen von Infrastrukturen bzw. ihren Komponenten sind durch die Eigenschaften des Gegenstandes eine grundsätzliche empirische und methodologische Herausforderung.

Since infrastructures are incremental and modular, they are always constructed in many places (the local), combined and recombined (the modular), and they take on new meaning in both different times and spaces (the contextual).¹¹

Das macht eine Untersuchung in der Tradition der Workplace Studies/Laborstudien schwierig. Die „*circumstances* (that which stands around)“¹² sind schwerer zu fassen als in mehr oder weniger geschlossenen Laborsettings. Die Existenz einer Infrastruktur wird meist nur im Fall einer Fehler- oder Warnmeldung sichtbar. Für den prototypischen Nutzer und auch für den Beobachter von außen werden materielle Aspekte von IKT-basierten Infrastrukturen sukzessive versteckt – schließlich ist ein großes Leitbild der Zeit *pervasive computing*, die möglichst unsichtbare und nicht spürbare Durchdringung der Lebens- und Arbeitswelt mit intelligenten technischen Artefakten. Technische Komplexität wird vom Nutzer ferngehalten, und somit auch die Komplexität und Dynamik der sozio-technischen Praxis hinter dem Endgerät (wie PC oder Smartphone): Die unterschiedlichen Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Interaktionen, die bspw. die Weiterentwicklung einzelner technischer Komponenten während eines gleichzeitig stattfindenden (prototypischen) Betriebs strukturieren, laufen im Hintergrund ab.

Mein Einstieg in diese Blackbox erfolgt über die Wirkmächtigkeit einer bestimmten Technologie, der Grid-Technologie, die zum Zeitpunkt der Untersuchung in einem mehr oder weniger „fertigen“ Zustand in der Entwicklungspraxis eingesetzt wurde.¹³

¹¹ Edwards u. a. 2007, 7.

¹² Latour u. Woolgar 1979, 239.

¹³ Ein Caveat für grid-kundige Leser: Die Begriffe „Grid-Middleware“ und „Grid-Technologie“ werden im Folgenden häufig ineinander übergehen. Für den praxeologischen Schwerpunkt in diesem Beitrag ist vorrangig die abstrahierte Eigenschaft der Verteiltheit von Komponenten relevant, weniger die spezifischen technischen Eigenschaften der unterschiedlichen Grid-Technologien, die in diesem Beitrag zwangsläufig vernachlässigt werden müssen.

4 Das Angebot des Grid – Verteilung und Integration von Ressourcen

Technisch gesehen geht die Grid-Technologie auf die Entwicklung von internet-basierten Informations- und Kommunikationstechnologien und dem Ressourcenmanagement für verteiltes Rechnen zurück. „Grids“ sind digitale Netze, die Daten, Rechen- und Speicherressourcen global verknüpfen. Der Zugriff des Nutzers auf die Dienste einer Grid-Infrastruktur kann über unterschiedlich komplexe Anwendungen erfolgen, vom direkten Zugriff auf Ressourcen über definierte Web-Schnittstellen mit mehr oder weniger elaborierten graphischen Oberflächen bis hin zur komplexen Bündelung von unterschiedlichen Diensten in einer grid-basierten Anwendung wie einer Virtuellen Forschungsumgebung.

Die ersten Ideen für die Projekte TextGrid und C3-INAD nahmen Gestalt an mit der deutschen D-Grid-Initiative, die 2004 von der damaligen Ministerin für Bildung und Forschung anlässlich des Treffens des Global Grid Forum in Berlin angekündigt wurde.¹⁴ Für die Umsetzung einer nationalen Grid-Infrastruktur wurden technische Rahmenbedingungen geschaffen, um die Heterogenität von Ressourcen, Verfahren und Komponenten zu organisieren.

Die Ressourcenanbieter eines Grids sind in der Regel verschiedene formale Organisationen mit unterschiedlichem Rechts- und Finanzierungshintergrund, die nicht notwendigerweise Mitglieder einer Community sind. Dies erfordert besondere Absprachen und Verfahren im AAA-Bereich (Autorisierung, Authentifizierung, Abrechnung). Selbst bei identischen Ressourcen können diese Regelungen in den einzelnen Communities unterschiedlich ausfallen. Grid-Ressourcen sind sehr verschieden (zum Beispiel Rechensysteme, Speicher, Software, Datenarchive, Messgeräte und Experimente, Netzdienste mit diversen Quality of Service (QoS)-Anforderungen, spezielle Dienste) und in sich oft heterogen durch verschiedene technische Systemumgebungen (zum Beispiel Hardware-Architekturen, Betriebs- und Dateisysteme, Datenformate, Software-Versionen). Noch komplexer wird der Aspekt Ressourcen-Bereitstellung durch die Tatsache, dass in einem Grid in der Regel die Anbieter zu verschiedenen, unabhängigen Organisationen gehören. Das bedeutet unterschiedliche Verfügbarkeit sowie verschiedene Betriebs- und Nutzungskonzepte.¹⁵

Grid-basierte Anwendungen wie Virtuelle Forschungsumgebungen sollen nun einen spezifischen Forschungsprozess unterstützen, aber ihre Form soll gleichzeitig einem offenen, vernetzten, nachhaltigen und skalierbaren Baustein einer Forschungsinfrastruktur entsprechen. Ihr Sinn liegt nicht nur in der *appropriateness* für den potentiellen Endnutzer bzw. seine Fachgemeinschaft, sondern auch in der Passgenauigkeit für eine nachhaltige, interoperable Forschungsinfrastruktur. Für diese Passgenauig-

¹⁴ Vgl. Palfner u. Tschida 2012.

¹⁵ Hegering 2005, 8.

keit hat die D-Grid-Initiative mit der Grid-Technologie einen materiellen Rahmen für die jeweilige VRE-Entwicklung geschaffen. Im folgenden Abschnitt möchte ich mit einem Vergleich der beiden Fallstudien die unterschiedliche Wirksamkeit der Grid-Technologie auf die Handlungsspielräume in der Entwicklungspraxis aufzeigen.

5 Was nicht passt, wird passend gemacht

Eine wichtige Funktion in einer grid-basierten Infrastruktur übernimmt die Middleware. Die Grid-Middleware ist ein spezifisches Software-Produkt, das die Organisation und Integration heterogener Ressourcen in einem virtuellen Verbund unterstützt. Als ein neuralgischer Dreh- und Angelpunkt eines Grid-Systems zeichnet sie sich nicht nur durch eine komplexe interne Logik aus, sondern auch durch ihre Übersetzungs- und Vermittlungsfunktion zwischen den heterogenen, verteilten Ressourcen wie Daten, anderen Anwendungen oder verfügbarer Rechenzeit oder Speicherplatz. Da die Middleware quasi der Rangierbahnhof für eingehende und ausfahrende Informationspakete über Daten- und Rechenressourcen ist, mit einem hochkomplexen, mehr oder weniger stark automatisierten Fahrplan, muss sich das Design der einzelnen Komponenten einer grid-basierten Anwendung an den technischen Angebotsstrukturen der Middleware orientieren. Die logischen Konzepte einer Grid-Middleware sind Gegenstand der Informatik-Forschung und wurden über unterschiedliche Software-Produkte der internationalen Grid-Community realisiert, wie z. B. Unicore, gLite oder das Globus Toolkit.¹⁶

Auch wenn die einzelnen Middleware-Realisierungen der Prämisse von standardisierten Schnittstellen folgen, schafft doch die jeweilige programm-technische Umsetzung ihrer internen Logik spezifische immanente Strukturen. Damit die Integration der weltweit verteilten, heterogenen Ressourcen reibungslos läuft, ist somit immer noch die menschliche Übersetzungsleistung gefordert, wie ein Teilnehmer aus einem der Projekte erläutert:

Jedenfalls gibt es ganz verschiedene Softwarepakete, um ein Grid aufzubauen. Das ist eigentlich ein Problem bei dem ganzen Grid-Computing, weil man dadurch doch nicht wirklich den nahtlosen Zugriff auf alle Rechner hat, die da irgendwie angeschlossen sind. Man muss überlegen, ist das jetzt mit Unicore oder Globus oder mit gLite?¹⁷

Mit der Entscheidung für eine bestimmte Realisierung der Grid-Middleware¹⁸ wird eine bestimmte Materialität der Entwicklungspraxis geschaffen. Jede Komponente einer

¹⁶ <http://www.unicore.eu/>, <http://glite.cern.ch/>, <http://www.globus.org/toolkit/> (Stand 1.5.2014)

¹⁷ Interview B8a 2011, 8.

¹⁸ In beiden Projekten wurde anfangs das in den USA entwickelte Globus Toolkit eingesetzt.

VRE benötigt unterschiedliche Informationen für die Ausführung ihrer Aufgabe und bietet unterschiedliche Informationen für die übrigen Komponenten. Unter welchen Umständen eine Komponente als „Nutzer“ oder „Anbieter“ von Informationspaketen agiert, wird u. a. über die Middleware koordiniert. Die technischen Angebotsstrukturen der einzelnen Komponente einer VRE lassen sich also nicht ohne Bezug auf die Grid-Middleware erklären. Materielle Aspekte der Grid-Technologie zeigen sich u. a. in der sozialen Organisation der Software-Entwicklung: Die Entwicklung der technischen Komponenten einer grid-basierten Forschungsumgebung folgt nicht nur dem projektinternen Entwicklungszyklus, sondern auch einer externen Taktung durch unterschiedliche Versionen der Middleware. Somit müssen die Akteure beider Entwicklungsprojekte im Laufe der Zeit nicht nur die fachlichen Zielsetzungen ihrer potentiellen Nutzer berücksichtigen, sondern auch die Bedingungen und Möglichkeiten einer extern organisierten (Weiter-)Entwicklung einer grundlegenden Software-Komponente.

Die jeweiligen fachwissenschaftlichen Ziele der VRE-Entwicklung gaben nun einen unterschiedlichen Handlungsspielraum für die sinnvolle und notwendige Verknüpfung mit der vorgegebenen Grid-Technologie vor.

Im *Projekt TextGrid* lag der Schwerpunkt auf der Entwicklung von fachspezifischen Werkzeugen. Die Möglichkeiten der Nutzung der Grid-Technologie wurden bereits in der Entstehungsphase auf einen spezifischen Aspekt, das Speichern der erzeugten Daten im Grid (Storage Grid), reduziert. Man könnte sagen, die vielfältigen Deutungsmöglichkeiten der Grid-Technologie wurden zu einer discrete entity verpackt, womit „das Grid“ im Vollzug der Entwicklungspraxis zu einer handhabbaren, gekapselten Einheit wurde.

Um die Speicherung im Grid möglich zu machen, musste zwar die ursprüngliche, interne Struktur der Datenspeicherung an die Bedingungen und Möglichkeiten der Grid-Technologie angepasst werden, durch die Limitierung des Einsatzes von Grid als reiner Speicherressource waren aber auch Möglichkeiten geschaffen, sich von Abhängigkeiten der Technologie in der weiteren Entwicklung zu lösen. Durch die Reduktion auf die reinen Speichermöglichkeiten konnten zum einen die Abhängigkeiten der übrigen technischen Komponenten von der Grid-Technologie reduziert werden. Zum anderen war die Möglichkeit gegeben, eine Übersetzungsschicht einzubauen, die den potentiellen Wechsel auf eine andere Grid-Software vereinfacht. Diesen Handlungsspielraum erläutert ein Teilnehmer wie folgt:

Im D-Grid [...] hat es drei verschiedene Grid-Infrastrukturen gegeben, also Globus, UNICORE und gLite. [...] es sind im Prinzip drei eigene Welten und als D-Grid-Projekt war man auch gefordert, wenigstens theoretisch, alle drei Welten bedienen zu können. D. h. wir haben nicht nur eine Abstraktion zwischen unseren Werkzeug-Diensten und dem Grid gemacht, sondern wir haben dazwischen noch einmal eine Abstraktion eingebaut, die heißt GAT, Grid-Application-Toolkit, das ist noch mal eine Abstraktionsebene, wo man dann generische Funktionalitäten aufrufen kann und darunter sind dann Adaptern, Adaptern für Globus, für UNICORE und für gLite, so dass wir mit dieser nochmaligen Abstraktionsebene auch jederzeit hätten wechseln können.¹⁹

Die Möglichkeit der relativen Kapslung der Abhängigkeiten zwischen Grid-Technologie und den übrigen Komponenten schaffte somit auch spezifische Handlungsspielräume in der Herstellung eines Sinnzusammenhangs für die antizipierte Nutzung. Die Aushandlung zwischen Flexibilisierung und Standardisierung von technik-gestützten Prozessen konnte im TextGrid-Projekt relativ unabhängig von den Möglichkeiten und Bedingungen einer Grid-Technologie stattfinden. Durch die Reduktion der Angebotsstrukturen konnte die Beschäftigung mit der Grid-Technologie aus der fachlichen Diskussion um Sinn und Zweck der Anwendung ausgelagert werden, wie ein teilnehmender Fachwissenschaftler berichtet:

Ja, [ein IT-Partner] hat nur gesagt, was für diese Grid-Anbindung alles erforderlich ist. Aber man hat darauf vertraut, dass er das hinkriegen würde, dass er das kann und dann hat uns das nicht weiter beschäftigt. Wir waren auch am Anfang zu einer Grid-Einführung beim Leibniz-Rechenzentrum in München, wo wir gesehen haben, dass das etwas ist, was wir im Detail nicht kennen müssen, um die Funktionalität nutzen zu können. [...] Solche Dinge kriegt man abstrakt erklärt, aber wie das im Hintergrund abläuft, das ist mir eigentlich egal. Ich weiß, dass es funktioniert und wenn die mir sagen, dass es funktioniert, dann glaube ich das mal. Bis zum Erweis des Gegenteils.²⁰

Das „Neue“ bei TextGrid war zunächst eine neue Form für Inhalte, die zumindest den Entwicklern und Nutzern anderer EDV-gestützter Lösungen für das philologische Arbeiten bereits bekannt waren: Werkzeuge, deren Funktionalität über Vorläufer- und Nachbarprojekte inhaltlich relativ abgestimmt waren, sollten mit TextGrid in eine offene, internet-basierte, modulare Umgebung überführt werden.²¹ Der Einsatz der Grid-Technologie war dabei eine Möglichkeit, aber keine Bedingung für die Entwicklung. Damit konnte auch der Aushandlungsprozess über die fachliche Gestaltung der Werkzeuge, die für den spezifischen Arbeitsprozess – die Herstellung

¹⁹ A4b 2011, 13.

²⁰ A1a 2011, 20f.

²¹ Die Gesamtidee des TextGrid-Projekts orientiert sich wesentlich an einem „Vorläufermodell“, dem Tübinger System von Textverarbeitungs-Programmen (TUSTEP), das Ende der 1970er Jahre am Rechenzentrum Tübingen entwickelt wurde. Das modulare Set an TUSTEP-Werkzeugen zur EDV-gestützten Texterfassung und Print-Vorbereitung war eine wichtige fachliche Orientierung für die Gestaltung von TextGrid.

digitaler Editionen – sinnvoll erscheinen, zunächst unabhängig von den immanenten Strukturen der Grid-Technologie geführt werden. Auf die Angebotsstrukturen der Grid-Technologie wurde nur für weiterführende Funktionalitäten, wie die semi-automatisierte Koordinierung eines individuellen Arbeitsablaufes mit verteilten Ressourcen, zurückgegriffen.

Es war klar, dass wir eine graphische Benutzeroberfläche haben wollten, mit der man etwas wie Processing-Pipelines bauen kann. Das bedeutet, du definierst idealerweise eine Quelle, dann würdest du bestimmte Aktionen über diese Quelle ausführen, um am Ende ein Ergebnis zu haben. Ein Beispiel [...]: Du hast Images, die gemacht werden, dann lässt du darüber den OCR [optical character recognition]-Workflow laufen, der besteht aus lauter Einzelschritten, und dann hast du das Ergebnis. Dann würdest du gern Wörterbücher oder Wortlisten haben, mit denen du das Ergebnis überprüfst und versuchst, die Qualität zu erhöhen. Dann würdest du versuchen, bestimmte Problemfälle, die als solche markiert sind, anzusehen und Entscheidungen zu treffen. Das sind einzelne Werkzeuge, mit denen du dazwischen interagierst.²²

Eine erste prototypische Umsetzung dieser Funktionalität basierte auf einer extern entwickelten Grid-Technologie²³. Im Unterschied zum C3-INAD-Projekt wirkte die Angebotsstruktur dieser Grid-Technologie aber nur auf die Praktiken einzelner Entwickler, die die Angebote der Technologie zunächst „im Hintergrund“, d. h. relativ losgelöst von der Entwicklung der fachwissenschaftlichen Werkzeuge, ausloten und testen konnten.

Die Handlungsspielräume in der Wahrnehmung der Angebotsstrukturen einer Grid-Technologie waren im *Projekt C3-INAD* deutlich andere. Durch die fachliche Zielsetzung, das passgenaue Ausschneiden vorhandener, heterogener Datensets und das verteilte Rechnen mit diesen Daten, war die Nutzung der Grid-Technologie keine Option, die man abwählen oder einschränken wollte, sondern die Hauptmotivation für den Einsatz der Technologie. Im Gegensatz zu TextGrid fungiert in C3-INAD das Grid nicht nur im Hintergrund als Speicherressource, sondern organisiert und steuert den Selektions-, Analyse- und Auswertungsprozess der Klimaforscher. Die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen lokalen und dezentralen Komponenten bzw. Ressourcen sowie der Grid-Technologie sind somit deutlich höher als bei TextGrid. Die Angebotsstrukturen der Grid-Technologie wirken entsprechend nicht nur auf die Praxis einzelner Entwickler, sondern stellen unterschiedlich variable, nicht-arbiträre Verwendungsweisen für sämtliche beteiligte Partner dar, unabhängig davon, welche Komponenten oder Schnittstellen sie entwickeln.

²² A11b 2011, 18.

²³ Die Funktionalität basiert auf einer Realisierung eines *Generic Workflow Execution Service* (GWES) der Fraunhofer-Gesellschaft, die im Rahmen der D-Grid-Initiative eingesetzt wurde. Die Technologie ermöglicht die Organisation und Automatisierung von komplexen Prozessabläufen in heterogenen Technologie-Umgebungen. Siehe <http://dgsi.d-grid.de/software/technicaldocumentation.html> (Stand 1.5.2014)

Das zeigt sich zum einen an der Bedeutung der Herstellung einer Passgenauigkeit zwischen den lokalen Ressourcen (wie Daten oder Rechenleistung) und den Strukturen der Grid-Technologie. Im C3-INAD Projekt sollen mit Hilfe der Grid-Technologie die für eine spezifische Forschungsfrage relevanten Daten identifiziert, die entsprechenden Datensets ausgeschnitten und an einen geeigneten Rechenort im Grid transportiert werden. Dazu benötigt man u. a. Metadaten, also Informationen über die Daten, die für die Suche und das Auffinden bzw. die Integration der Daten in bestimmten fachwissenschaftlichen, technischen und administrativen Kontexten notwendig sind. In einer grid-basierten, verteilten Infrastruktur muss die Struktur von lokalen Metadaten und Daten derart gestaltet sein, dass die notwendige Information, die die verteilten Komponenten für ihre jeweiligen Aufgabe benötigen, zur richtigen Zeit und in der richtigen Form bereit gestellt und abgerufen werden kann. Damit war auch die Interpretation der Angebote eines Storage Grid qualitativ anders als beim TextGrid-Projekt: Die Speicherangebote des Grid bezogen sich nicht nur auf die Daten, die durch die Nutzung der VRE erzeugt und danach im Grid abgelegt werden, sondern vielmehr auf bereits existierende Datenbestände, auf die im Zuge der verteilten Analyse und Berechnung zurückgegriffen werden sollte, wie folgende Interviewsequenz zeigt: „[...] beim Storage Grid ging es [...] nicht darum, die Daten abzuspeichern in einem Grid, sondern dass andere Leute auf die Daten des [Datenanbieters] zugreifen können, die schon da sind.“²⁴

Zum anderen wirkt die latente Spannung zwischen den unterschiedlichen temporalen Regimes von Entwicklung und Betrieb einer Grid-Technologie deutlich stärker auf die Koordinationspraxis der verteilten Entwicklung. Das automatisierte Ressourcen-Management von verteilten Rechnern ist ein Aspekt der Grid-Technologie, der einen funktionalen Mehrwert für die Klimaforscher darstellte. Dieser Aspekt war eine offene Forschungsfrage für die beteiligten Informatiker, wie ein Teilnehmer berichtet:

Von meinem Forschungsinteresse war das Ziel immer, dass wir versuchen, diesen Ablauf der Applikationen so reibungslos wie möglich zu machen. [...] Das ist wie eine Produktionsanlage. Ideal ist es dann, wenn das richtige Teil zum richtigen Zeitpunkt am Fließband ist und sofort eingebaut werden kann. [...] Es ist ein wissenschaftliches Problem, wie man das Ganze lösen kann. Man kann versuchen, das Problem theoretisch oder praktisch zu lösen. Und wenn man es praktisch macht, dann braucht man eine Anwendung. Und dafür war die Klimaforschung ein prädestiniertes Beispiel.²⁵

Für die beteiligten Informatiker, die sowohl an als auch mit der Grid-Technologie arbeiteten, waren die Angebotsstrukturen somit auch eine offene Forschungsfrage. Für die beteiligten Fachwissenschaftler und Ressourcenanbieter hingegen waren die

²⁴ B8a 2011, 7.

²⁵ B4a 2011, 4.

antizipierten Möglichkeiten eine wesentliche Strukturierung in der Spezifikation von Abläufen des Forschungsprozesses und der relevanten Datenströme.

Während man bei TextGrid auf die immanenten Strukturen der Grid-Technologie mit einer Architektur reagieren wollte, die einen relativ hohen Grad an Unabhängigkeit ermöglicht, war es in C3-INAD gerade das Ziel, die immanenten Strukturen der Grid-Technologie für die Unterstützung im Forschungsprozesses der Klimawissenschaften zu nutzen. Die Aushandlung von Flexibilisierung und Standardisierung in der Herstellung eines Sinnzusammenhangs für die antizipierte Nutzung konnte somit nicht allein fachwissenschaftlich argumentiert werden, sondern es mussten die immanenten Strukturen der Grid-Technologie stärker berücksichtigt werden. Ein Handlungsspielraum war durch die Möglichkeit der Priorisierung von Funktionalitäten aber trotzdem gegeben, wie folgende Interviewsequenz zeigt:

Das C3-Grid heißt ja im Namen „Data and Processing Grid“. Aus meiner Sicht [...] ist diese Processing-Komponente nachgeordnet, weil ich einfach nicht sehe, dass die Wissenschaftler allgemeingültige Workflows allen zur Verfügung stellen, weil jeder mit seinem ganz speziellen Tool irgendetwas untersucht und seine spezifischen Fragestellungen versucht zu bearbeiten.²⁶

Mit diesem ersten kurzen Ausschnitt aus dem empirischen Material lässt sich anschaulich illustrieren, dass die Angebotsstrukturen der Grid-Technologie variable, aber nicht-arbiträre Verwendungsweisen für die beteiligten Akteure darstellten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es a) je nach Zielsetzung zu einer unterschiedlichen Delegation von Funktionalitäten an die Grid-Technologie kam, dass es b) dadurch zu einem unterschiedlichen Grad an Abhängigkeit der menschlichen Akteure von den immanenten technischen Angebotsstrukturen dieser Technologie kam und c) sich somit auch unterschiedliche Freiheitsgrade im Finden von Alternativen zu diesen Strukturen ergeben.

Gleichzeitig wird deutlich, dass sich die Varianz in der konkreten Verwendungsweise nicht allein durch objektimmanente Eigenschaften erklären lässt – die Grid-Technologie ist nur eine der wirkmächtigen Angebotsstrukturen, die die Entwicklung beeinflussen. Die Strukturen einer etablierten epistemischen Praxis der Fachwissenschaft oder der technischen Strukturen lokaler Ressourcen der beteiligten Dienstleister wirken mindestens ebenso stark auf die Spezifikations-, Design- und Stabilisierungspraktiken wie die Angebotsstrukturen einer vorgegebenen Technologie. Diese heterogenen Angebotsstrukturen, die ich im Folgenden nur kurz umreißen kann, stellen nicht nur weitere Rahmungen für die konkrete Praxis der Entwicklung der jeweiligen Forschungsumgebungen dar, sondern konfigurieren meines Erachtens auch die Wahrnehmung von Angebotsstrukturen einer Grid-Technologie.

²⁶ B1a 2011, 4–5.

6 Zur Heterogenität von Angebotsstrukturen

In der Herstellung und im Betrieb von internet-basierten, verteilten Systemen werden unterschiedlichste technische Ressourcen genutzt. Diese Artefakte, wie Daten oder Hard- und Software, werden lokal oder dezentral organisiert, und weisen unterschiedliche Grade an Abhängigkeiten auf. Mit der Integration von – mehr oder weniger stabilen – technischen Artefakten werden auch deren materielle Eigenschaften übernommen, die sich hinsichtlich ihrer Veränderbarkeit bzw. „Festigkeit“ unterscheiden. Wie sich an der Praxis der Verknüpfung von lokalen Ressourcen wie Daten oder Rechenleistung mit der Grid-Technologie zeigt, hängt die Wahrnehmung der möglichen Verwendungsweisen der Technologie auch davon ab, wie „fest“ die materiellen Eigenschaften der lokalen Artefakte und Systeme wirken. Das lässt sich am Beispiel eines Compute-Providers aus dem C3-INAD-Projekt illustrieren, also einer Institution, die Rechenressourcen im Grid bereitstellt. Ein Compute-Provider nimmt die Prozessierungsaufgaben, die für die Ausführung eines Diagnose-Workflows der Klimaforscher notwendig sind, entgegen und verarbeitet sie in einem Netzwerk von virtuellen, i. e. simulierten, und realen Rechnern. In diesem Rechner-Netzwerk werden unterschiedlich komplexe Berechnungen aus vielfältigen Anwendungen, u. a. aus C3-INAD, abgearbeitet. Koordiniert wird der Ablauf der Prozessierungsaufgaben von einem sogenannten Batch-System, das nach einem eigenen, systemimmanenten Regelwerk funktioniert: Die möglichen Berechnungen, die im Laufe einer bestimmten Anwendung auftauchen können, werden vorab – über Richtwerte zu Rechenzeiten und notwendigem Speicherplatz – spezifiziert und als potentielle Anfragen bzw. „Kunden“ im Rechner-Verbund registriert. Rechenzeiten und Speicherplatz hängen u. a. von den dafür verwandten Daten und der Komplexität der Berechnung ab. Im Zuge der Abarbeitung von Berechnungen aus unterschiedlichen Anwendungen werden die einzelnen Aufgaben über eine möglichst effektive und effiziente Verarbeitungskette mit den verfügbaren Rechen- und Speicherkapazitäten koordiniert. Spezifizieren nun Fachwissenschaftler und Compute-Provider die Anforderungen für die zukünftigen Workflow-Berechnungen der Klimaforscher, müssen sie Durchschnittswerte möglicher Rechenzeiten aushandeln, die für beide sinnvoll erscheinen. Für Berechnungen mit Datenbeständen, die bereits einmal durchgeführt wurden, ist das einfacher als für Prozessierungsaufgaben mit neuen Parametern und Input-Daten. Wird aus fachwissenschaftlichen Motiven ein Workflow mit einer sehr langen Rechenzeit definiert, besteht nun u. a. die Gefahr, dass diese Aufgaben mit einer geringeren Priorität prozessiert werden, um die Abarbeitung anderer, parallel laufender Aufträge nicht zu blockieren. In der Spezifikation von Workflows sind somit nicht nur die Angebotsstrukturen der Grid-Technologie entscheidend, sondern auch die ausgehandelten Strukturen eines lokalen Rechnerverbunds mit seinen entsprechend variablen, nicht-arbiträren Angebotsstrukturen.

Diese Überlagerung von unterschiedlichen Angebotsstrukturen technischer Artefakte zeigt sich meines Erachtens verstärkt in Systemen, in denen sich der sinn-

hafte Gebrauch eines Artefakts erst durch die Interaktion mit anderen technischen Artefakten ergibt: Der sinnhafte Gebrauch einer Grid-Technologie für den Entwickler ergibt sich durch die Verknüpfung (oder Überlagerung) der Angebotsstrukturen der Grid-Technologie und den variablen, nicht-arbiträren Verwendungsweisen der übrigen Komponenten, die für das erfolgreiche Funktionieren der Anwendung notwendig sind. Ohne den Begriff der Affordances überstrapazieren zu wollen, stellt sich die Frage, ob technische Strukturen nicht auch variable, nicht-arbiträre Angebotsstrukturen für andere technische Strukturen aufweisen, und somit eine Art „Fernwirkung“ aufweisen. Diese Frage ist meines Erachtens dann relevant, wenn es durch die Interaktion eines Artefakts A mit Artefakt B zu einer veränderten menschlichen Wahrnehmung der Angebotsstrukturen von Artefakt A kommt. Man könnte in diesem Zusammenhang von einem unterschiedlichen Grad der Vermitteltheit der Wirkmächtigkeit eines Artefakts sprechen.

Aber nicht nur technische, sondern auch epistemische oder rechtliche Rahmenbedingungen wirken auf die Wahrnehmung von Angebotsstrukturen der Grid-Technologie. Die unterschiedlich wahrgenommenen wissenschaftspolitischen Angebotsstrukturen des Grid äußern sich bspw. in der jeweiligen Stabilisierungs- und Konsolidierungspraxis der Technikentwicklung und stehen meines Erachtens in engem Zusammenhang mit der etablierten epistemischen Praxis der Fachgemeinschaften. So sind die immanenten Strukturen der sozialen und intellektuellen Organisation einer Fachgemeinschaft²⁷ relevant, wenn die wissenschaftspolitischen Ziele der D-Grid-Initiative – die Öffnung des Forschungsprozesses und des Zugangs zu Ressourcen und Ergebnissen – für die fachwissenschaftlichen Kollegen und potentiellen Nutzer argumentiert werden. Die soziale und intellektuelle Organisation der Klimaforschung, die sich durch eine relativ hohe wechselseitige Abhängigkeit von Forschungsergebnissen und Ressourcen und einem relativ standardisierten Wissen hinsichtlich Theorien und Methoden innerhalb des Forschungsfeldes auszeichnet, ermöglicht zunächst eine Begründung für das verteilte Prozessieren und das gemeinschaftliche Ressourcenmanagement aus der epistemischen Praxis heraus. Die Zielgruppe von TextGrid, die Textwissenschaften, charakterisiert sich hingegen durch eine relativ geringe Interdependenz von Ergebnissen und Ressourcen und einem relativ heterogenen Theorie- und Methodenmix innerhalb der Fachgemeinschaft. Hier wirken die Angebote des Grid für ein verteiltes Ressourcenmanagement nicht direkt auf die technische Gestaltung der Anwendung, sondern als abstrahierte

²⁷ Es gibt unterschiedliche theoretische Ansätze zur Erklärung des sozialen Gefüges von Fachgemeinschaften. Ich orientiere mich hier am theoretischen Framework von Richard Whitley (*The intellectual and social organization of the sciences*). Andere Erklärungsmuster finden sich z. B. bei Karin Knorr-Cetina und ihrem Konzept der *Epistemic cultures*.

Eigenschaften der Öffnung, Transparenz und Kollaboration auf die intendierte Veränderung eines Forschungsprozesses.²⁸

Weiters entfalten sich die Angebotsstrukturen eines technischen Artefakts wie Grid-Technologie in einem realen rechtlichen Rahmen. Die aktuelle Rechtslage setzt den Angeboten sämtlicher internet-basierter Artefakte und Technologien in der konkreten Entwicklungspraxis, sowohl hinsichtlich des Angebots als auch der Nutzung über lokale und Ländergrenzen hinweg, noch deutliche rechtliche Grenzen. Dazu zählen bspw. Schwierigkeiten in der Automatisierung der Identifikation und Organisation von Nutzern und deren Rechten, aber auch die Verrechnung von Rechen- und Datendienstleistungen. Auch die spezifische Entwicklungspraxis als Open Source Software hat zahlreiche Implikationen für etablierte Praktiken der Software-Entwicklung, -Organisation und -Kommunikation.

Mit der vorgestellten Analyse des empirischen Material habe ich versucht, die unterschiedliche Wirkmächtigkeit von Grid-Technologie in der Entwicklungspraxis von virtuellen Forschungsumgebungen aufzuzeigen und erste Erklärungsstrategien zu entwickeln. Mit dem Konzept der Affordances als „variable und nicht-arbiträre Angebotsstrukturen“ konnten Handlungsoptionen und -restriktionen, die durch Grid-Technologie in einer spezifischen Entwicklungspraxis gegeben sind, beschrieben werden. Die Materialität dieses Artefakts wirkt als relative Größe auf die Entwicklungspraxis – sie ist kein Kausalmechanismus in einer Ursache-Wirkungs-Kette, sondern bietet Spielraum für variierende Strategien im Umgang damit. Unklar ist jedoch, was genau diese Varianz erklärt – allein die Feststellung, *dass* es eine (nicht-arbiträre) Varianz in der Wahrnehmung von Angebotsstrukturen gibt, erklärt noch nicht, was diese Varianz in der jeweiligen Entwicklungspraxis ausmacht. Im Gegenteil – es zeigen sich vielfältige technische und sozial bzw. kulturell geprägte Strukturmuster, die die Wahrnehmung von Angebotsstrukturen einer Grid-Technologie konfigurieren.

Im folgenden Abschnitt möchte ich ausgewählte forschungspraktische Schwierigkeiten im Vergleich materieller Praxis näher erläutern und Implikationen für eine praxeologische Analyse artefakt-gebundener Praxis diskutieren.

²⁸ Das Innovationspotential von gemeinschaftlich genutzten digitalen Werkzeugen und Daten als potentieller Erkenntnisgewinn für geisteswissenschaftliche Fragestellungen und Methoden motiviert u. a. die Bewegung der Digital Humanities. Die „Absatzbewegung“ wird jedoch auch von kritischen Stimmen hinsichtlich einer „Zwangsvergemeinschaftung“ oder daten- bzw. technologie-getriebener Hermeneutik begleitet.

7 Diskussion

In der Fallbeschreibung und den ersten Versuchen in der Entwicklung von Erklärungsstrategien für die Varianz der Wirkmächtigkeit der Grid-Technologie hat sich vor allem die Schwierigkeit gezeigt, bestimmte Handlungsverläufe auf ein bestimmtes Artefakt und seine Eigenschaften zurückzuführen. Ich möchte nun versuchen, drei forschungspraktische Problemfelder und meine ersten Überlegungen dazu im Detail vorzustellen: a) die unterschiedlichen Dimensionen der Wirkmächtigkeit eines Artefakts, b) die daraus resultierenden Schwierigkeiten der Beobachtung und Rekonstruktion von Angebotsstrukturen in Raum und Zeit sowie c) der methodologische Umgang mit parallel wirksamen, heterogenen Strukturmustern in der Praxis der Akteure.

7.1 Die unterschiedlichen Dimensionen der Wirkmächtigkeit eines Artefakts

Wie sich an den empirischen Fällen zeigt, lassen sich unterschiedliche Dimensionen der Handlungsbeeinflussung einer Grid-Technologie feststellen, die jeweils unterschiedliche Angebotsstrukturen mit sich bringen und in der Praxis der Akteure häufig zeitgleich verkörpert werden. Diese Dimensionen scheinen mir auch für andere technische Ressourcen, die in der Entwicklung auftauchen und Teil der Fallbeschreibungen sind, relevant, weshalb ich von einer generalisierbaren Annahme für modulare, inkrementelle Artefakte ausgehe. Als ersten Versuch einer Systematisierung schlage ich eine Differenzierung nach Inhalt, Form und Vermitteltheit der Wirkmächtigkeit vor.

In der *inhaltlichen Dimension* variiert die Wirkmächtigkeit nach der Bedeutung und Funktion des Gegenstands in der Praxis. Im TextGrid-Projekt werden die vielfältigen Angebotsstrukturen der Grid-Technologie reduziert, gekapselt und zu einem Arbeitsmittel für einige wenige Akteure, um die Speicherung der zukünftigen Forschungsdaten zu organisieren. Im C3-INAD-Projekt ist die Grid-Technologie Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand, mit jeweils unterschiedlichen Angebotsstrukturen. Zum einen stellt die Grid-Middleware ein grundlegendes Arbeitsmittel dar, das zur Herstellung einer funktionierenden Anwendung verwendet wird. Hier funktioniert die Technologie als relativ geschlossenes, technisches Objekt; die Wahrnehmung seiner Angebotsstrukturen orientiert sich an den stabilisierten Erwartungen über sein Verhalten. Zum anderen ist die Technologie Arbeits- bzw. Forschungsgegenstand für die Informatik-Partner. Ihre Wahrnehmung der Angebotsstrukturen orientiert sich an spezifischen Forschungsfragen, die sie an das offene, „epistemische Objekt“ (im Sinne Rheinbergers) stellen. Die Wahrnehmung als „offenen“ Forschungsgegenstand oder „geschlossenes“ Forschungsmittel verändert sich über die Zeit und entspricht

weniger einer linearen oder chronologischen Entwicklung, sondern eher einem „Hin und Her“.

In engem Zusammenhang damit steht die nächste Dimension, die die unterschiedliche Härte der materiellen Eigenschaften eines Artefakts umschreibt: In einer *formalen Dimension* scheint sich die Wirkmächtigkeit eines Artefakts nach dem Grad der „Festigkeit“ von Angebotsstrukturen zu unterscheiden. Mit der sukzessiven Verfestigung von Abhängigkeiten der einzelnen Artefakte in einem verteilten System über Zeit- und Raumgrenzen hinweg verändern sich die lokalen, situativen Auswahloptionen in der Wahrnehmung der Angebotsstrukturen einer einzelnen Komponente aus diesem Artefakt-Gefüge. Je nachdem, ob auf die immanenten Strukturen eines Artefakts lokal zugegriffen werden kann und technisch bedingte Abhängigkeiten modifiziert werden können, variieren die Nutzungsmöglichkeiten. Wie „weich“ oder „fest“ Angebotsstrukturen wahrgenommen werden, hängt von den lokalen Handlungsoptionen ab: Manche Angebotsstrukturen können lokal verändert werden, manche können durch ein „Herumprogrammieren“ umgangen werden und wieder andere können nur über einen umfassenden Koordinierungsaufwand, der über lokale Grenzen hinausgeht, beeinflusst werden. Im Vergleich mit dem TextGrid-Projekt zeigt sich in C3-INAD ein höherer Grad an räumlicher Ausdifferenzierung und Verfestigung des technischen Ressourcen-Netzwerkes, was die Modifikationsmöglichkeiten einzelner Angebotsstrukturen, wie z. B. der internen Logik eines Rechner-Netzwerks, erschwert.

Die letzte Dimension umschreibt den Grad an *Vermitteltheit* der Wirkmächtigkeit eines Artefakts. In Systemen, in denen sich der sinnhafte Gebrauch eines Artefakts erst durch die Interaktion mit anderen technischen Artefakten ergibt, überlagern sich die jeweiligen Angebotsstrukturen. Im TextGrid-Projekt wurden die technischen Abhängigkeiten der einzelnen Komponenten zur Grid-Technologie bereits zu Beginn reduziert, damit konnte auch die Überlagerung von Angebotsstrukturen eingeschränkt werden. Im C3-INAD-Projekt, wo die Grid-Technologie die technische Basis für grundlegende Funktionalitäten darstellt, müssen sich sämtliche Entwicklungsaktivitäten viel stärker an den Angebotsstrukturen der Middleware orientieren. Der sinnhafte Gebrauch der Grid-Technologie für einen C3-INAD-Entwickler ergibt sich durch die Verknüpfung (oder Überlagerung) der Angebotsstrukturen der Middleware *und* den variablen, nicht-arbiträren Verwendungsweisen der übrigen Komponenten, die für das erfolgreiche Funktionieren der Anwendung notwendig sind. Es scheint, dass mit zunehmender Komplexität in den Abhängigkeiten der einzelnen technischen Komponenten voneinander zusätzliche Angebotsstrukturen einer technischen Vermittlung wachsen. Diese emergenten Angebotsstrukturen, ob als „Zwischentöne“ oder „Störgeräusche“ bezeichnet, scheinen mir als eine wesentliche Konfiguration der Angebotsstrukturen einer Grid-Middleware zu wirken.

Was bedeuten diese unterschiedlichen Dimensionen der Wirkmächtigkeit eines Artefakts nun für einen praxeologisch orientierten Vergleich von artefakt-gebundener Praxis? In der Praxeologie richtet sich der analytische Blick auf die konkrete, situative

Verkörperung von Angebotsstrukturen eines Artefakts über die Praxis. „Eine Praktik bezeichnet dann eine Verhaltensroutine, die von einem impliziten Wissen abhängt, die aber zugleich material in Körpern wie in Artefakten und in deren spezifischen Arrangements verankert ist.“²⁹ Artefakte sind dabei „(...) Gegenstände, deren sinnhafter *Gebrauch*, deren praktische Verwendung Bestandteil einer sozialen Praktik oder die soziale Praktik selbst darstellt.“³⁰

Die festgestellten unterschiedlichen Dimensionen erfordern meines Erachtens ein differenziertes Verständnis eines Artefakts, nicht nur nach seinem sozialen oder kulturellen Kontext der Nutzung, sondern auch nach seinem technischen Kontext, i. e. den technischen Artefakten, die als „Mitspieler“ für seine jeweiligen Angebotsstrukturen mit entscheidend sind. Der sinnhafte Gebrauch einer Grid-Technologie in der Entwicklungspraxis ist nicht nur durch die unterschiedlichen sozialen und kulturellen Voraussetzungen eines Informatikforscher, Web-Programmierers oder Fachwissenschaftlers geprägt, sondern auch durch die Bedingungen, die der sinnhafte Gebrauch der übrigen technischen Artefakte stellt. Diese Bedingungen können über Zeit- und Raumgrenzen hinweg unterschiedlich „fest“ formalisiert und kodiert sein. Gleichzeitig variieren die Modifikationsmöglichkeiten der Angebotsstrukturen einzelner Artefakte nach dem Grad der Ausdifferenzierung und Verfestigung eines technischen Ressourcen-Netzwerkes. Mit einem praxeologischen Vergleich materieller Praxis schränke ich nun die Untersuchung von Handlungsmöglichkeiten von vornherein auf reine Mensch-Artefakt-Interaktionen ein. Die unterschiedlichen Varianten der Beziehungen zwischen Artefakten, die sich ebenfalls stabilisieren oder destabilisieren können, müssen außen vor bleiben: Da technische Artefakte weder implizites Wissen noch kulturelles Gedächtnis aufweisen, kann es im praxeologischen Verständnis auch keine Praktiken von Artefakten geben. Der Verweis auf die Verankerung einer Praktik in *Arrangements* aus Körpern und Artefakten hilft meines Erachtens für die Entschlüsselung der Gemengelage nur bedingt weiter: Es scheint, dass die Art und Weise, wie diese Arrangements konfiguriert sind, einen Unterschied auf die konkrete Entwicklungspraxis der Akteure macht. Um der Varianz in materieller Praxis nachgehen zu können, scheint mir wichtig, den Artefakt-Begriff in der Praxeologie hinsichtlich der unterschiedlichen Festigkeit als auch dem Grad an Vermitteltheit seiner Angebotsstrukturen zu differenzieren.

²⁹ Reckwitz 2014, 23.

³⁰ Ders. 2003, 291. Hervorhebung im Original.

7.2 Die räumliche und zeitliche „Fernwirkung“ von Materialität

Wie eingangs erläutert, verortet die Praxeologie die „Kultur-/Materialitätskopplungen“³¹ in den Praktiken selbst, wobei körperliche und artefakt-bezogene materielle Aspekte konstitutiver Bestandteil der Praktiken sind. Wenn eine Praktik einen Nexus von wissensabhängigen Verhaltensroutinen darstellt, dann setzen diese nicht nur als ‚Träger‘ entsprechende ‚menschliche‘ Akteure mit einem spezifischen, in ihren Körpern mobilisierbaren praktischen Wissen voraus, sondern regelmäßig auch ganz bestimmte Artefakte, die vorhanden sein müssen, damit eine Praktik entstehen konnte und damit sie vollzogen und reproduziert werden kann.³²

Die Grundannahme einer Praktik als Verhaltensroutine, die Beständigkeit und Stabilität der Artefakte voraussetzt, stellt sich nun in den beiden Fallbeispielen als empirisches Problem dar, das meines Erachtens auch theoretische Implikationen hat.

Zunächst zeigt sich in der Forschungspraxis die Schwierigkeit, das Artefakt bzw. seine materiellen Aspekte zu beobachten bzw. einzugrenzen. Wie lassen sich fluide Angebotsstrukturen, die sich über Raum und Zeit verteilen, beobachten bzw. rekonstruieren? Und wie kann ich sicher sein, dass es sich um die Affordances eines spezifischen Artefakts handelt, wenn scheinbar parallel weitere technische Angebotsstrukturen wirken?

Dieses Vorhaben stellt sich in der Forschungspraxis bei „geschlossenen“ und relativ stabilen Artefakten wie einem Hammer einfacher dar als bei verteilten, digitalen Artefakten, die sich im Laufe der Zeit verändern. Wie die Empirie zeigt, beeinflusst die Grid-Middleware die Praktiken der Akteure auch dann, wenn das Artefakt im konkreten, situativen Moment der Nutzung gar nicht „anwesend“ bzw. an der Verkörperung der Praxis direkt beteiligt ist. Auch hinsichtlich einer zeitlichen Dimension kann weder bei der Grid-Middleware noch bei den übrigen Komponenten einer VRE Stabilität als eine absolute Größe definiert werden, da grundlegende technische Bestandteile wie Software, Hardware, Daten oder Dienste einer ständigen Veränderung ausgesetzt sind und ihre Nutzung sich immer an der Parallelität von Entwicklung und Betrieb orientieren muss. Mit der Relativierung von Stabilität und Geschlossenheit eines Artefakts verändert sich also die Wahrnehmung seiner Materialität nicht nur im Raum, sondern auch über die Zeit.

Neben der Problematik der Identifikation und Abgrenzung unterschiedlicher materieller Aspekte taucht damit noch eine zweite empirische Frage auf, nämlich die Identifikation und Abgrenzung von Verhaltensroutinen bzw. individuellem, situativem Handeln. Wenn sich Praktiken im praxeologischen Sinn durch die stabile und regelmässige Präsenz eines Artefakts auszeichnen, dann stellt sich die Frage, wo und wann sich im Feld von der Beobachtung eines spezifischen Interagierens mit

³¹ Reckwitz 2014, 22.

³² Reckwitz 2003, 291.

Artefakten auf Praktiken schließen lässt. Abgesehen von den empirischen Herausforderungen wirft die Veränderung der Materialität eines Artefakts über Raum und Zeitgrenzen hinweg auch die Frage auf, inwieweit dann noch praxeologisch von einer Beständigkeit und Stabilität des Artefakts als Bedingung für die Reproduktion einer Praktik ausgegangen werden kann.

7.3 Heterogenität von wirksamen Strukturmustern

Eine weitere Schwierigkeit in der Analyse von materieller Praxis ergibt sich durch die Frage des methodologischen Umgangs mit den unterschiedlichen Strukturmustern, die auf die Praxis wirken. Wie gezeigt wurde, erklärt sich die Bedeutung der Grid-Technologie für die Verkörperung einer bestimmten materiellen Praxis nur bedingt aus den technischen Eigenschaften. Der Nutzungskontext lässt sich dann als „soziale und kulturelle Voraussetzungen des ‚sach-gemäßen‘ Gebrauchs“³³ umschreiben, wenn nicht nur epistemische, rechtliche oder wissenschaftspolitische, sondern auch materielle Strukturen berücksichtigt werden, wie lokale Infrastruktursysteme oder (Meta-)Daten als formalisierte und kodierte Wissensbestände.

Für einen analytischen Vergleich materieller Praxis scheint mir wesentlich, wie sich in dieser Gemengelage einzelne wirkmächtige Strukturmuster differenzieren lassen, nicht zuletzt, um Aussagen hinsichtlich des Verhältnisses von immanenten und emergenten Strukturen begründen zu können. Eine theoretische Motivation der Praxeologie (wie auch anderer Theoriekonzepte in der aktuellen Wissenschafts- und Technikforschung) ist nun die Überwindung der hypothetischen Annahme einer abstrakten Entität „Struktur“: Erklärungen für soziale Phänomene wie eine spezifische materielle Praxis werden „(...) jenseits von Struktur-Kultur-Dualismen“³⁴ allein in der Strukturierungsleistung der situativen Praxis gesucht. Für mein Forschungsvorhaben bleibt die Frage offen, wie ich zu verallgemeinerbaren Aussagen komme: Warum verfestigt sich eine bestimmte materielle Praxis und eine andere nicht? Warum wirken bestimmte Angebotsstrukturen fester als andere? Ein Rückgriff auf andere Theorieangebote zur Erklärung relevanter Zusammenhänge, wie z. B. der sozialen und intellektuellen Organisation einer Fachgemeinschaft oder Handlungstheorien, die Artefakte und verteilte Handlungsträgerschaft differenziert berücksichtigen, wäre für die Beantwortung dieser Fragen hilfreich. Das führt aber wieder zu einem – wie immer theoretisch argumentierten – abstrahierten Struktur-Kultur-Dualismus zurück.

³³ Beck 1997, 244.

³⁴ Reckwitz 2014, 23.

8 Zusammenfassung

Basierend auf einem Vergleich der materiellen Praxis in der Entwicklung von zwei unterschiedlich fachwissenschaftlich orientierten Virtuellen Forschungsumgebungen habe ich versucht, die Wirkmächtigkeit eines spezifischen technischen Artefakts, das in der Entwicklung genutzt wird, empirisch und theoretisch zu fassen. Infrastrukturentwicklung setzt immer auf bereits existierende, mehr oder weniger elaborierte technische Strukturen auf, die bestimmte Handlungsmodi der Entwicklung ermöglichen und andere ausschließen. Durch einen Schwerpunkt wie Grid-Technologie werden zusätzliche technische Angebotsstrukturen vorgegeben. Im Gegensatz zu relativ „geschlossenen“ Artefakten wie einem Schlüsselbund oder Hammer zeichnet sich Grid-Technologie durch Modularität und Abhängigkeiten der einzelnen technischen Ressourcen aus, die noch dazu unterschiedliche „Fertigkeitsgrade“ aufweisen. Mit Rückgriff auf das Konzept der Affordances konnten die variablen, nicht-arbiträren Verwendungsweisen dieser Technologie in der Entwicklungspraxis in einem kontrastierenden Vergleich der beiden Fallstudien illustriert werden. Die Empirie hat jedoch weiters gezeigt, dass in der Entwicklungspraxis von Virtuellen Forschungsumgebungen, als spezifische Formen einer IKT-basierten Forschungsinfrastruktur, eine komplexe Gemengelage an unterschiedlichen Strukturmustern wirkt. Es kommt zu einer Überlagerung heterogener, wirkmächtiger Ordnungsstrukturen, die sich jeweils durch variable, nicht-arbiträre Angebote für den Umgang damit charakterisieren lassen. Neben dem epistemischen, rechtlichen oder wissenschaftspolitischen Kontext zeigt sich vor allem der materielle Kontext als eine Mischung unterschiedlich fester und vermittelter Angebotsstrukturen.

In einem ersten Versuch der Handhabung unterschiedlicher materieller Aspekte habe ich versucht, unterschiedliche Dimensionen der Wirkmächtigkeit eines Artefakts herauszuarbeiten, die ich nach Inhalt, Form und Vermitteltheit seiner Angebotsstrukturen differenziert habe. Wenn sich der sinnhafte Gebrauch eines Artefakts erst durch die Interaktion mit einem anderen technischen Artefakt ergibt, scheinen sich auch die jeweiligen Angebotsstrukturen der beteiligten Artefakte gegenseitig zu beeinflussen. Um der Varianz in materieller Praxis aus einer praxeologischen Perspektive nachgehen zu können, scheint relevant, den Artefakt-Begriff differenzierter zu betrachten, insbesondere hinsichtlich der unterschiedlichen Festigkeit als auch dem Grad an Vermitteltheit seiner Angebotsstrukturen.

Mit den unterschiedlichen Dimensionen der Wirkmächtigkeit eines Artefakts hat sich auch die räumliche und zeitliche Fernwirkung von Materialität als forschungspraktisches und theoretisches Problem für eine praxeologische Analyse gezeigt. Mit der Relativierung von Stabilität und Geschlossenheit eines Artefakts verändert sich die Wahrnehmung seiner Angebotsstrukturen über Raum und Zeit. Die Fluidität von Angebotsstrukturen bringt nicht nur Fragen der empirischen Operationalisierung eines Vergleichs mit sich, sondern auch theoretische Implikationen: Praktiken im praxeologischen Sinn bezeichnen wissensbasierte Verhaltensroutinen, wobei Artefakte

(neben Körpern) ein konstitutiver Bestandteil sind. Wenn sich nun die Beständigkeit eines Artefakts über Raum und Zeit relativiert, bleibt die Frage, inwieweit dann noch praxeologisch von einer stabilen und regelmäßigen Präsenz des Artefakts als Bedingung für die Entstehung und Reproduktion einer Praktik ausgegangen werden kann.

Als letztes Problemfeld habe ich den methodologischen Umgang mit den heterogenen wirkmächtigen Strukturmustern in der Praxis der Akteure zur Diskussion gestellt. Für einen analytischen Vergleich materieller Praxis scheint mir die Differenzierung der unterschiedlichen wirkmächtigen Strukturmuster unumgänglich, um Aussagen hinsichtlich des Verhältnisses von immanenten und emergenten Strukturen begründen zu können. Das konsistente Umgehen eines Struktur-Kultur-Dualismus, wie es die Praxeologie theoretisch vorschlägt, stieß sowohl in meiner empirischen Feldarbeit als auch in meinen theoretischen Überlegungen an seine Grenzen. Sowohl in der individuellen Wahrnehmung von materiellen Phänomenen als auch in der sprachlichen Übersetzung in heuristische Konzepte zur Erklärung der Varianz von materieller Praxis wirken scheinbar tief verwurzelte Ordnungs- und Strukturmuster. Ob und wie sich diese Kodierungsmuster bei der Identifikation, Beobachtung und Analyse eines relevanten Phänomens überwinden lassen, bleibt meines Erachtens offen – es ist durchaus möglich, dass das eine Frage der Routine ist. Abgesehen von den offenen Fragen der empirischen Umsetzung scheint mir das theoretische Angebot der Praxeologie für die Erklärung, warum sich eine bestimmte materielle Praxis eher durchsetzt als eine andere oder bestimmte Angebotsstrukturen fester wirken als andere, noch begrenzt. Da die meisten (alle?) existierenden Theorieangebote zur Erklärung von abstrakten Zusammenhängen auf hypothetisch angenommenen Ordnungs- bzw. Strukturmustern beruhen, kann die Praxeologie, mit ihrer Ablehnung eines Struktur-Kultur-Dualismus auch nicht an andere Theorieangebote angeknüpft werden.

Literaturverzeichnis

- Beck (1997): Stefan Beck, *Umgang mit Technik. Kulturelle Praxen und kulturwissenschaftliche Forschungskonzepte*, Berlin.
- Edwards u. a. (2007): Paul N. Edwards, Steven J. Jackson, Geoffrey C. Bowker u. Cory P. Knobel, *Understanding Infrastructure. Dynamics, Tensions, and Design. Report of a Workshop on „History & Theory of Infrastructure. Lessons for New Scientific Cyberinfrastructures“*. <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/49353> (Stand 1.5.2014)
- Hegering (2005): Heinz-Gerd Hegering, „Management-Herausforderungen bei Grids“, *Wissenschaftsmanagement. Zeitschrift für Innovation – Special Issue (Management im virtuellen Forschungsraum)* 6 (1), 8–9.
- Latour (2007): Bruno Latour, *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*, Frankfurt am Main.
- Latour u. Woolgar (1979): Bruno Latour u. Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, London.

- Palfner u. Tschida (2012): Sonja Palfner u. Ulla Tschida, „Grid: Technologie und soziale Praxis“, *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 21 (2), 50–54.
- Reckwitz (2003): Andreas Reckwitz, „Grundelemente einer Theorie sozialer Praktiken. Eine sozial-theoretische Perspektive“, *Zeitschrift für Soziologie* 32 (4), 282–301.
- Reckwitz (2014): Andreas Reckwitz, „Die Materialisierung der Kultur“, in: Friederike Elias, Albrecht Franz, Henning Murmann, Ulrich Wilhelm Weiser (Hgg.), *Praxeologie. Beiträge zur interdisziplinären Reichweite praxistheoretischer Ansätze in den Geistes- und Sozialwissenschaften*, Berlin/Boston, 13–26.

Unveröffentlichte Interviews:

- Interview mit A1a (2011)
- Interview mit A4b (2011)
- Interview mit A11b (2011)
- Interview mit B1a (2011)
- Interview mit B4a (2011)
- Interview mit B8a (2011)