Universität Rostock, Professur für Geodäsie und Geoinformatik

GEOINFORMATIK IM KONTEXT DER E-SCIENCE

Ralf Bill

Zusammenfassung: Der Beitrag führt ein in die Wissenschaftsparadigmen im Wandel der Zeit bis zur heutigen durch Daten getriebenen Wissenschaft. Ausgewählte Begriffe aus dem Umfeld der e-Science werden erklärt. Die Rolle der Geoinformatik im Kontext der durch Daten getriebenen Wissenschaft wird erläutert. An zwei Fallbeispielen zu virtuellen Forschungsumgebungen wird dies kurz dargestellt.

Schlüsselwörter: e-Science, datengetriebene Wissenschaft, Geoinformatik, virtuelle Forschungsumgebungen

GEOINFORMATICS IN THE CONTEXT OF E-SCIENCE

Abstract: The article introduces science paradigm changes through the ages up to the present data-driven science. Selected terms within the field of e-science are explained. The role of spatial information sciences in the context of data-driven science is described. In two case studies to virtual research environments, this is briefly presented.

Keywords: e-Science, data-driven science, Geoinformatics, virtual research environments

Autor

Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
Universität Rostock
Professur für Geodäsie und Geoinformatik
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
E: ralf.bill@uni-rostock.de

1 WISSENSCHAFTSPARADIGMEN IM WANDEL DER ZEIT

Im Laufe der Menschheitsgeschichte hat sich die Sicht auf die Wissenschaft und deren anerkannte Annahmen und Vorstellungen (das sogenannte Wissenschaftsparadigma) mehrfach geändert. „Ein Wissenschaftsparadigma ist ein einigermaßen zusammenhängendes, von vielen Wissenschaftlern geteiltes Bündel aus theoretischen Leitsätzen, Fragestellungen und Methoden, das längere historische Perioden in der Entwicklung einer Wissenschaft überdauert" (Asendorpf 2009, S. 13; zitiert in http://de.wikipedia.org/wiki/Paradigma). Im Buch von Hey, Tansley & Tolle (2009) zum vierten Wissenschaftsparadigma skizzieren diese die Wissenschaftsparadigmen im Wandel der Zeit in etwa wie folgt:

1. Vor Tausenden von Jahren war die Wissenschaft rein empirisch und beobachtend ausgerichtet; sie beschrieb natürliche Phänomene.
2. In den letzten Hunderten von Jahren beruhte die Wissenschaft auf Theorien; sie entwickelte Modelle und Generalisierungen dieser.
3. In den vergangenen Jahrzehnten hielt die Simulation komplexer Phänomene Einzug in die Wissenschaft. Diese wurden mittels informationstechnischer Methoden durchgerechnet.
4. Heute bedient sich die Wissenschaft stärker explorativer Methoden. Sie vereint Experiment, Theorie und Simulation. Man spricht auf der Grundlage der Exploration von massenhaft vorhandenen oder erhobenen Daten auch von der durch Daten getriebenen Wissenschaft („data-driven science" oder „data-intensive science" (Gray 2005)).

„Digitale Verfügbarkeit und maschinelle Auswertungen kennzeichnen den Aufstieg der data-driven science, die statistische Muster in schier unendlichen Daten ausmacht, um diese anschließend wissenschaftlich zu erklären. Dieser Ansatz ergänzt die traditionelle theorie- und hypothesengetriebene Wissenschaft, die von Theorien ausgeht, Hypothesen ableitet, Erhebungsinstrumente entwirft, dann Daten erhebt und anschließend analysiert" (http://irights.info/artikel/information-mining-aus-dem-steinbruch-der-wissenschaft/11499).

Die Prägung der modernen Wissens- und Informationsgesellschaft mit ihren vielfältigen Möglichkeiten der effizienten Kommunikation und dem einfachen Zugang zu sehr großen Informationsmengen und leistungsfähiger Rechentechnik ist auch für die Wissenschaft eine neue Herausforderung. Die Chancen, mit den neuen Methoden qualitativ und quantitativ bessere wissenschaftliche Resultate zu erzielen, sind erheblich gestiegen; parallel dazu aber auch der Schwierigkeitsgrad der Beherrschung der verteilten, dynamischen Systemkomponenten.

Neben den Daten spielt in der heutigen Wissenschaft aber auch die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern eine essenzielle Rolle. Hierfür etabliert sich zunehmend der Begriff „e-Science"(Electronic Science, „enhanced Science", auch netzbasierte Wissenschaft oder „digitally enhanced science" bezeichnet). E-Science soll den kompletten wissenschaftlichen Lebenszyklus unterstützen. Sie zielt auf eine kollaborative Forschung, die auf der Basis einer umfassenden digitalen Infrastruktur vollzogen wird. Diese Infrastruktur integriert dabei alle relevanten Ressourcen für ein Forschungsthema und stellt zugleich Werkzeuge zu ihrer Verarbeitung bereit. In rechenintensiven Forschungsszenarien organisiert sie die Verteilung der Rechenkapazitäten. Bei der Erarbeitung von Forschungsergebnissen unterstützt sie kollaborative Prozesse und bietet eine Plattform für die Publikation der Resultate, die dadurch selbst wieder zu Ressourcen für die weitere Forschung werden. Dies erfordert die Integration von communityspezifischen Anwendungen mit einer generischen Middleware und -Diensteschicht, mit der Ressourcen (zum Beispiel Rechenkapazität, Daten, Informationen, Anwendungsprogramme) angeboten, nachgefragt und zugeordnet werden können (BMBF-Wissenschaftsmanagement 1/2005).

„Durch e-Science wächst die Erkenntnis, dass der Wert der Forschung insbesondere in den Daten steckt und sich daher das Arbeitsspektrum auf das Primärobjekt, die Forschungsdaten, erweitern muss" (Büttner & Rümpel 2011).

e-Science hat in diesem Sinn neben dem technologischen Aspekt (Virtualisierung von Hard- und Software, Interoperabilität digitaler Werkzeuge u. a.) vor allem auch einen sozialen und wissenschaftspolitischen Aspekt (kooperative Forschung, Wiederverwendbarkeit von Daten, Open Access u. a.). Voraussetzung für eine solche, paradigmatisch verstandene neue Form der Wissenschaft ist ein systematisches Management, im Sinne von: Infrastruktur, Regelwerken, Daten und – was häufig vergessen wird – zusätzlichen personellen Ressourcen und deren Kompetenzen.

Für den Wissenschaftler ergeben sich neue Herausforderungen bezüglich einer allgemeinen, fächerübergreifenden ebenso wie einer spezifischen, fachnahen Nutzung der modernen digitalen Informationsinfrastruktur. Es bedarf zukünftig mehr als nur der fachwissenschaftlichen Kompetenz (Abb. 1). Wissenschaftler müssen sich mit Suchstrategien im Netz auskennen, müssen sich generell mehr Informationsverarbeitungskompetenzen aneignen, sich mit den gängigen Diensten in verteilten Systemen vertraut machen und insgesamt mehr mediale Kompetenzen entwickeln, um unterschiedlichste Medien und Informationsquellen miteinander kombinieren zu können.

2 KOMPONENTEN UND BEISPIELE DER E-SCIENCE

2.1 BEGRIFFE UND KOMPONENTEN

Im Umfeld der e-Science spielen verschiedene Begriffe und Komponenten eine wichtige Rolle, von denen einige wenige hier kurz vorgestellt werden sollen.

Forschungs(primär)daten sind Daten, die im Forschungsprozess erzeugt, gesammelt, benutzt oder zusammengestellt werden und auf deren Grundlage wissenschaftliche Hypothesen, Modelle oder Theorien gebildet werden. Hierunter fallen im weitesten Sinne Primärdaten, Sekundäranalysen, Visualisierungen, Modelle, Analysewerkzeuge, Objektsammlungen oder andere Produkte. Forschungs(primär)daten bilden einen wertvollen Fundus an Informationen, die mit hohem finanziellem Aufwand erhoben werden. Je nach Fachgebiet und Methode sind sie replizierbar oder basieren auf nicht wiederholbaren Beobachtungen oder Messungen. In jedem Fall sollten die erhobenen Daten nach Abschluss der Forschungen öffentlich zugänglich und frei verfügbar sein. Dieses ist die wesentliche Voraussetzung dafür, dass Daten im Rahmen neuer Fragestellungen wieder genutzt werden können sowie dafür, dass im Falle von Zweifeln an der Publikation die Daten für die Überprüfung der

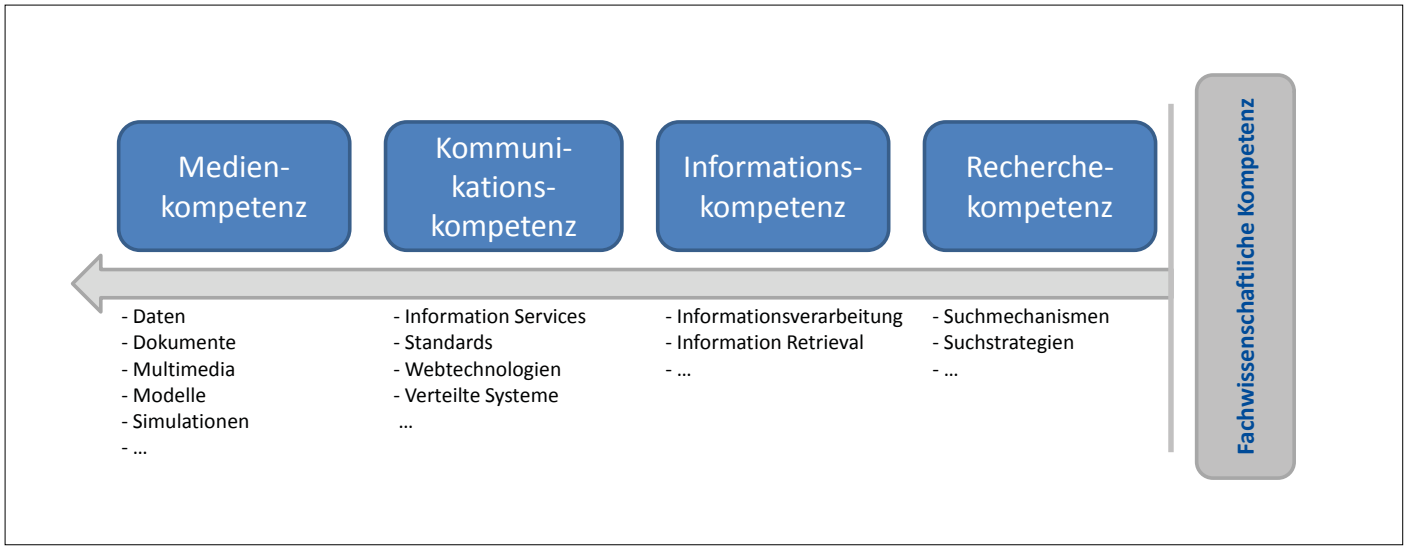

Abbildung 1: Erweiterte Kompetenzen in der e-Science

publizierten Ergebnisse herangezogen werden können (DFG 2006, 2008; Brase & Neumann 2013). Forschungsdaten haben einen gewissen Lebenszyklus, der aus Sicht des einzelnen Wissenschaftlers von der Datenerzeugung bis zur -verwertung durch Publikation reicht, im Sinne der data-driven science jedoch weit darüber hinausreicht, nämlich zur Bereitstellung für und zur Nachnutzung durch andere (vgl. z. B. den data life cycle unter http://data-archive.ac.uk/create-manage/life-cycle).

Für die Bereitstellung und Nachnutzung von Forschungsdaten sind *Forschungsdateninfrastrukturen* als Komponenten einer Forschungsinfrastruktur (BMBF 2013) aufzubauen. Forschungsdateninfrastruktur bezeichnet die Gesamtheit an Infrastruktureinrichtungen, die als Dienst an der Wissenschaftscommunity Forschungsdaten der Forschung für Sekundäranalysen kostenlos oder kostengünstig zur Verfügung stellen. Die bereitgestellten Daten sind meist an wissenschaftlichen Fragestellungen ausgerichtet (DFG 2012, www.allianzinitiative.de, http://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsdateninfrastruktur). Diese können an einem einzigen Standort angesiedelt oder auch verteilt gespeichert sein (zentral, verteilt oder virtuell). Entscheidend ist die Interoperabilität von Werkzeugen und Forschungsdaten sowie deren Langzeitverfügbarkeit. Zumeist entstehen Forschungsdateninfrastrukturen an großen Forschungseinrichtungen oder im Kontext großer Förderprojekte. Beispiele mit Geoinformatikbezug werden im nächsten Abschnitt genannt. Der Aufbau und der Betrieb von Forschungsdateninfrastrukturen bei temporären organisatorischen Strukturen (wie z. B. Universitätsinstituten, Sonderforschungsbereichen) ist eher schwierig, hingegen kann der Aufbau von Strukturen zur dauerhaften Bereitstellung qualitätsgesicherter Forschungsdaten ein wesentliches strategisches Ziel für eine größere Forschungseinrichtung sein.

Ein *Repositorium* ist ein verwalteter Ort zur Aufbewahrung geordneter Dokumente, die öffentlich und allgemein zugänglich sind. Umgangssprachlich steht es für die Speicherung von Daten und Dokumenten mittels moderner IuK-Technologien und Verfügbarmachung über das Internet, wobei im Vordergrund die nachhaltige Verfügbarmachung steht. Am KIT (Karlsruher Institut für Technologie) entstand im Rahmen eines DFG-Förderprojekts die Registratur für Forschungsdatenrepositorien (RE3DATA, http://www.re3data.org/), die als Beispiele für solche Forschungsdatenrepositorien die Weltdatenzentren WDC-RSAT, WDC-Climate u. a. nennt.

In einem *Forschungsdatenarchiv* werden dagegen ausschließlich Daten, Dokumente, Medien etc. zur langfristigen Aufbewahrung verwaltet. Insofern handelt es sich hier aus Kapazitätsgründen um ausgewählte Informationen, die z. B. auch in Archivformaten statt der Primärformate abgespeichert sind und die für ein Retrieval bei Bedarf zurückgespielt werden. Datenarchive sind indiziert und mit einer Suchfunktion versehen, um Dateien ganz oder teilweise wieder abrufen zu können. Die Auswahlkriterien müssen nachvollziehbar sein, die Pflege der Daten über einen langen Zeitraum muss sichergestellt sein. Ein Teil der in solchen Datenarchiven gespeicherten Informationen enthält in der Regel ältere Daten, die als Referenz auch in der Zukunft noch wichtig sind.

Unter einer *virtuellen Forschungsumgebung* wird hier eine Arbeitsplattform verstanden, die kooperative Forschungstätigkeiten durch mehrere Wissenschaftler an unterschiedlichen Orten zu gleicher Zeit 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 und Zugang zu realen Forschungsressourcen, wie z. B. Daten, Analyse- und Bearbeitungswerkzeuge, wissenschaftliche Geräte und Diensten gewährt. Der Wissenschaftler der Zukunft greift von einem beliebigen Standort auf (s)eine virtuelle Umgebung zu und findet dort Programme, Forschungsdaten und Sekundärquellen (wie Publikationen, Datenbanken und Dienste) vor, die er für seine aktuelle Arbeit braucht. Dabei steht er weltweit mit seinen Kollegen in Verbindung, greift unmittelbar neue Erkenntnisse auf, wertet sie aus, fügt seine neuen Erkenntnisse hinzu und stellt sie „on the fly" seinen Kollegen zur Diskussion und Weiterverwendung zur Verfügung (vgl. Neuroth u. a. 2007, Definition AG „Virtuelle Forschungsumgebungen" der Allianzinitiative „Digitale Information" unter http://www.allianzinitiative.de/de/handlungsfelder/virtuelle-forschungsumgebung.html).

2.2 RISOURCES-BEISPIELE MIT RAUMBEZUG

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft betreibt das Internetportal RIsources (http://risources.dfg.de/). RI steht dabei für Research Infrastructure („Forschungsinfrastrukturen") und bezieht sich auf dezidierte Geräteangebote und wissenschaftliche Dienstleistungen sowie Informationsinfrastrukturen wie Bibliotheken, Datenrepositorien oder wissenschaftliche Sammlungen. RIsources soll kompakte Informationen zu nationalen wissenschaftlichen Forschungsinfrastrukturen anbieten, die der Wissenschaft Ressourcen und Dienstleistungen für Forschungsvorhaben bereitstellen. RIsources erschließt wissenschaftliche Forschungsinfrastrukturen, die ein anerkanntes, etabliertes wissenschaftliches und technologisches Angebot bieten, die einen freien Zugang erlauben oder diesen über einen transparenten Auswahlprozess auf der Basis von wissenschaftlicher Qualität und Machbarkeit des Projekts regeln, die über ein nachhaltiges Management verfügen und eine langfristige Perspektive besitzen.

RIsources soll dazu beitragen, vorhandene Ressourcen effektiver nutzen zu können, Wissenschaftlern einen Zugang zu benötigten Technologien und Dienstleistungen zu erleichtern und fachliche Informationsquellen zu erschließen. Mit Blick auf die Anbieter dieser Ressourcen erhofft sich die DFG eine verbesserte Sichtbarkeit und mittelfristig hieraus resultierend eine erhöhte Auslastung der oft mit sehr großem Aufwand betriebenen Infrastrukturen. Darüber hinaus erlaubt das Portal einen generellen Überblick über Forschungsinfrastrukturen an deutschen akademischen Einrichtungen.

Recherchiert man einmal in diesem Portal nach deutschen Forschungsrepositorien und Datenarchiven in den Erdwissenschaften, so finden sich eine Vielzahl von Treffern, von denen ausgewählte mit Bezug zu raumbezogenen Themen hier genannt werden sollen, um die Themenvielfalt zu verdeutlichen:

- Aktuelle Wetterwerte deutscher Stationen (WETTER)
- Animal Tracking Data (Movebank)
- Data Publisher for Earth & Environmental Science (PANGAEA)
- Deutscher Wetterdienst – Klimadaten (KlimaD)
- GLUES Geodateninfrastruktur (GLUES GDI)
- Historische hydrographische Daten des BSH (ICDC)
- Virtuelles Kulturlandschaftslaboratorium (VKLandLab)
- World Data Center for Climate (WDCC)
- World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere (WDC-RSAT)

3 GEOINFORMATIK UND E-SCIENCE

3.1 RAUMBEZUG IN DER E-SCIENCE

Der Raumbezug spielt in vielen Wissenschaftsgebieten eine zentrale Rolle. Während dies für raumbezogene Disziplinen wie die Geowissenschaften, Planungs- und Umweltwissenschaften selbstverständlich ist, findet auch in den Kultur- und Sozialwissenschaften unter dem Begriff „Spatial turn" seit Ende der 1980er-Jahre eine Hinwendung zum Raum bzw. den geographischen Raum als kulturelle Größe statt (Döring & Thielmann 2008). Im Kontext der zunehmenden Digitalisierung der Wissenschaft (Digital Humanities oder eHumanities genannt) kam vor wenigen Jahren der Begriff „Spatial Humanities" (Bodenhamer et. al. 2010) oder „GeoHumanities" auf, mit dem explizit auch die Einbindung der Geoinformatik und der Geo-Informationssysteme in geisteswissenschaftliche Fragestellungen betont wird. Das Potenzial der raumbezogenen Methoden wird hier z. B. bei der textbasierten geographischen Analyse und der Visualisierung mittels kartographischer Methoden hervorgehoben. B. Piatti (2009) spricht von der „Literaturgeographie".

In der modernen Geisteswissenschaft spielt die räumliche Verortung von Forschungsgegenständen oftmals eine wichtige Rolle, sei dies durch Angabe von Ortsnamen als indirekter Raumbezug, durch Raumbeschreibungen oder durch konkrete Verortung auf Karten als direkter Raumbezug. Für die Geisteswissenschaften ergeben sich so Möglichkeiten der räumlichen Verortung ihrer Forschungsgegenstände, der räumlichen Analyse und der Visualisierung (Verteilungsmuster, Ausbreitungskarten), die sich i. d. R. auch gut mit einer zeitlichen Dimension koppeln lassen.

Gemäß der EVAP-Funktionenkette der Geo-Informationssysteme (Bill 2010) nimmt die Geoinformatik in der e-Science an unterschiedlichsten Stellen eine wichtige Funktion wahr. In den unterschiedlichsten Wissenschaftsgebieten werden Daten raumbezogen erfasst (E-Erfassung), sei dies durch direkte Messung im Feld oder durch Georeferenzierung von Fernerkundungsaufnahmen im Sinne primärer Metrik oder durch Verortung der Daten anhand von Ortsnamen als indirekte Raumbezüge. Der Raumbezug kann in der Verwaltung (V-Verwaltung) der Daten als Strukturierungs- und Ordnungskriterium genutzt werden, um so schnelle und effiziente Suchmechanismen auf großen Datenmengen zu unterstützen. Mit Spatial-Data-Mining-Methoden können die Daten der unterschiedlichsten Gebiete räumlich analysiert werden (A-Analyse), um z. B. raumzeitliche Cluster zu erkennen. Zur Ergebnispräsentation und zur Weitergabe werden die Daten dann kartographisch oder computergraphisch zur Visualisierung (P-Präsentation) aufbereitet.

3.2 VIRTUELLE FORSCHUNGSUMGEBUNGEN FÜR RAUMZEITLICHE FORSCHUNGSFRAGEN

Die Professur für Geodäsie und Geoinformatik (GG) an der Universität Rostock beschäftigt sich seit vielen Jahren, u. a. in DFG-geförderten Projekten, mit dem Aufbau von webbasierten virtuellen Forschungsumgebungen und Forschungsdateninfrastrukturen für die Kulturlandschaftsforschung (z. B. DFG-Projekte Virtuelles Kulturlandschaftslaboratorium (VKLandLab, Bill 2012) und Virtuelles Kartenforum 2.0) für Planer, Historiker, Ingenieure und Naturwissenschaftler. In beiden Projekten geht es darum, Fachwissenschaftlern den Zugang zu Geodaten der heutigen Zeit wie auch zu georeferenzierten Altkarten über OGC-Webdienste und Portale zur Verfügung zu stellen.

Virtuelles Kulturlandschaftslaboratorium (VKLandLab, http://www.vklandlab.uni-rostock.de/): Die Professur für Geodäsie und Geoinformatik (GG) an der Universität Rostock hat in den letzten Jahren ein umfangreiches historisches Kartenwerk über den Raum Mecklenburg digitalisiert. Beginnend mit den Karten von Wiebeking (von ca. 1786, 48 Blatt im Maßstab 1:24.000) und Schmettau (von 1788, 16 Blatt im Maßstab 1:50.000) über die Messtischblätter der Preußischen Landesaufnahme (von ca. 1890, 168 Blatt im Maßstab 1:25.000) bis in die heutige Zeit (Topographische Karten (DTK 10), Amtliches Topographisch-Kartographisches Informati-

onssystem ATKIS u. a. eröffnet sich somit ein Zeitraum von über 230 Jahren in einer großen Region (ca. 15.000 km²) für die Kulturlandschaftsforschung mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK). Den Bezug zu anderen Datenquellen z. B. aus dem Bibliothekbereich stellt ein umfangreiches Historisches Ortsnamensverzeichnis (HONV) her, sodass der Wissenschaftler sowohl räumlich-zeitlich als auch bibliographisch an seiner Forschungsfrage arbeiten kann. Ein Demozugang für jedermann ist unter https://kvwmap.geoinformatik.uni-rostock.de/VKLandLab/index.php?) zu finden.

Virtuelles Kartenforum 2.0: Die Ansätze aus VKLandLab werden im Virtuellen Kartenforum 2.0 aufgegriffen und gemeinsam mit der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) weiterentwickelt. Das Kartenforum in der Deutschen Fotothek an der SLUB beinhaltet einen umfangreichen digitalisierten Kartenbestand, u. a. flächendeckend für das Deutsche Reich die Karten 1:100.000 (674 Blatt) und die Messtischblätter 1:25.000 (über 6.000 Blatt), die recherchierbar aufbereitet und mit einer Vielzahl anderer Bilddokumente verknüpft sind. Ziel ist, eine betriebsfähige virtuelle Forschungsumgebung für Raumzeitforscher flächendeckend für die Bundesrepublik resp. innerhalb der Landesgrenzen des Deutschen Reichs ab Ende des 19. Jahrhunderts zu entwickeln. Dieser Raumzeitbezug erweitert die bisherigen Zugangsformen für die Wissenschaft im Kontext der e-Science. Die virtuelle Plattform schafft für Raumzeitforscher Mehrwerte in der räumlichen Analyse und Visualisierung und sie reichert das Bibliothekswesen um relevante Metainformation aus der Geoinformatik an und ermöglicht somit raumzeitliche Recherchen in Karten, Geoinformationen und Bibliotheksbeständen. Dazu werden Kartenbestände aus verschiedenen Quellen zu einer virtuellen Ressource gebündelt und ein OGC-konformes Kartenforum mit angeschlossenen Karten- und Namensdiensten geschaffen. Betreiber der Plattform ist die SLUB. Aktuell können fast 6.000 georeferenzierte Messtischblätter 1:25.000 aus dem Gebiet des Deutschen Reichs per Web Map Service genutzt werden, die zeitlich den Bereich 1868 bis 1968 abdecken. Auch hierauf kann jedermann unter http://kartenforum.slub-dresden.de/vkviewer/ zugreifen. Das im Rahmen des VKLandLab-Projekts entwickelte historische Ortsnamensverzeichnis für Mecklenburg-Vorpommern wurde entsprechend weiterentwickelt und in einem ersten Schritt für den Einsatz in einem bundesweiten und europäischem Kontext erweitert.

4 FAZIT

Für die Geoinformatik ergeben sich im Kontext der e-Science sehr interessante neue Betätigungsfelder. Der Raumbezug stellt für viele Forschungsfragen ein ordnendes Kriterium dar. In den für die e-Science benötigten Komponenten wie Forschungsdatenrepositorien oder virtuellen Forschungsumgebungen spielen Geoinformationen eine wichtige Rolle. Erste Beispiele finden sich an ausgewählten Forschungseinrichtungen. In diesem Heft werden weitere Beispiele und Facetten vorgestellt.

DANKSAGUNG

Der Autor dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung der Projekte im Rahmen des Förderprogramms Virtuelle Forschungslaboratorien (Förderkennzeichen Bi 467/21-2, Bi 467/21-2 und Bi 467/22-1).

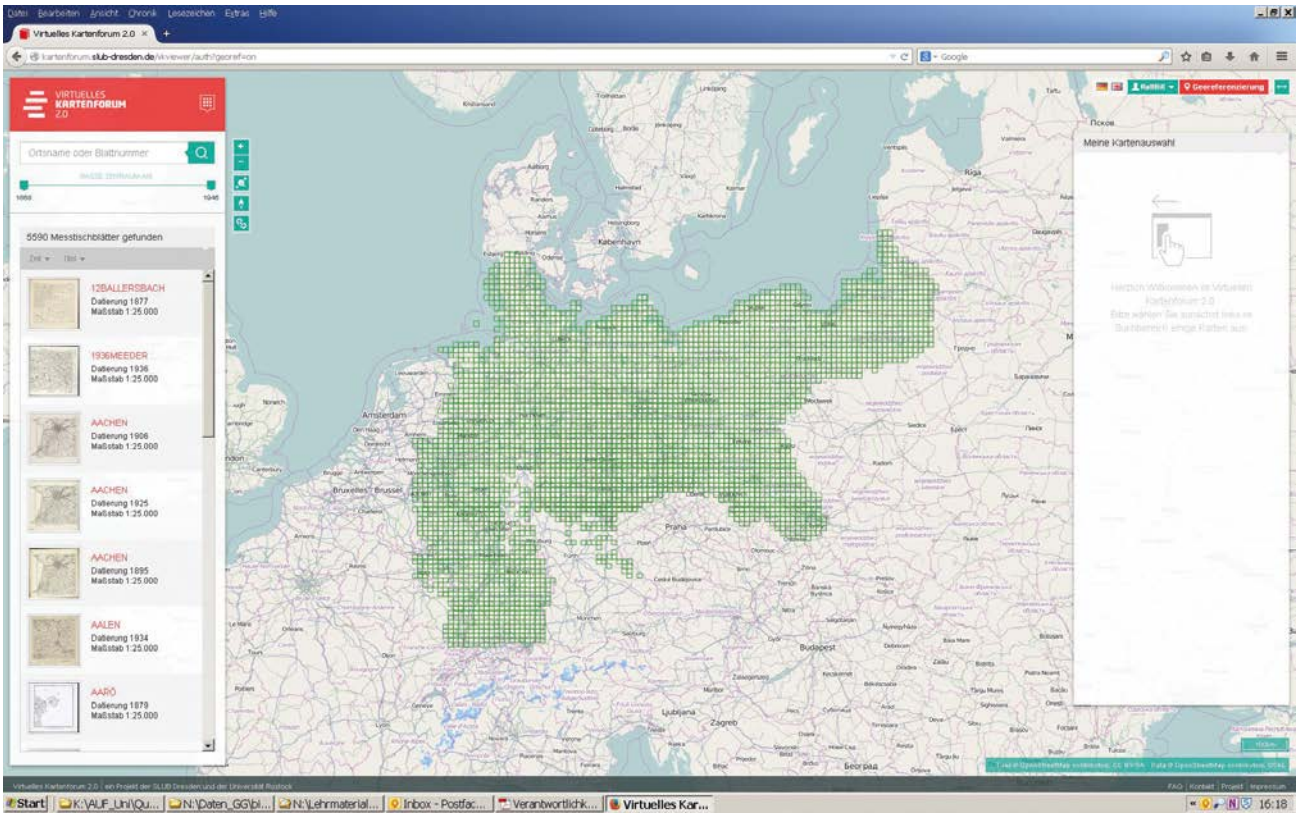

Abbildung 2: Virtuelles Kartenforum 2.0

Literatur

Asendorpf, J. B. (2009): Persönlichkeitspsychologie. Springer-Verlag, Heidelberg, S. 13.

Bernard, L.; Mäs, S.; Müller, M.; Henzen, C.; Brauner, J. (2014): Scientific geodata infrastructures: challenges, approaches and directions. In: International Journal of Digital Earth, 7 (7), S. 613-633 (http://dx.doi.org/10.1080/17538947.2013.781244).

BMBF (2013): Roadmap für Forschungsinfrastrukturen. Pilotprojekt des BMBF.

Bodenhamer, D. J.; Corrigan, J.; Harris, T. M. (Eds.) (2010): The Spatial Humanities – GIS and the Future of Humanities Scholarship. Indiana University Press, Bloomington.

Büttner, S.; Hobohm, H. C.; Müller, L. (Hrsg.) (2011): Handbuch Forschungsdatenmanagement. BOCK + HERCHEN Verlag, Bad Honnef.

Büttner, S.; Rümpel, S. (2011): Bibliotheken und Bibliothekare im Datenmanagement. In: Schomburg, S.; Leggewie, C.; Lobin, H.; Puschmann, C. (Hrsg.): Digitale Wissenschaft. Stand der Entwicklung digital vernetzter Forschung in Deutschland. Konferenz, Köln, 20. – 21. Sept. 2010. 2. Aufl. Köln, S. 107-114. http://www.hbz-nrw.de/dokumentencenter/veroeffentlichungen/Tagung_Digitale_Wissenschaft.pdf.

Dear, M., J.; Ketchum, S. L.; Richardson, D. (2011): GeoHumanities: Art, History, Text at the Edge of Place. Routledge, New York.

DFG (2006): Wissenschaftliche Literaturversorgung und Informationssysteme. Schwerpunkte der Förderung bis 2015. DFG-Positionspapier.

DFG (2008): Empfehlungen zur gesicherten Aufbewahrung und Bereitstellung digitaler Forschungsprimärdaten.

DFG (2012): Positionspapier der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Ausschuss für Wissenschaftliche Bibliotheken und Informationssysteme. Die digitale Transformation weiter gestalten – Der Beitrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu einer innovativen Informationsinfrastruktur für die Forschung.

Döring, J.; Thielmann, T. (Hrsg.) (2008): Spatial Turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften. Transcript Verlag, Bielefeld.

Gray, J. (2005): Scientific Data Management in the Coming Decade. Microsoft Research. Technical Report MSR-TR-2005-10.

Gray, J. (2009): eScience: A Transformed Scientific Method. In: Hey, T.; Tansley, S.; Tolle, K. (Eds.): The fourth Paradigm – Data-Intensive Scientific Discovery. Microsoft Research, Redmond, Washington, S. xvii-xxxi.

Hey, T.; Tansley, S.; Tolle, K. (2009): The Fourth Paradigm – Data-Intensive Scientific Discovery. Microsoft Research, Redmond, Washington.

Neuroth, H.; Aschenbrenner, A.; Lohmeier, F. (2007): e-Humanities – eine virtuelle Forschungsumgebung für die Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften. In: BIBLIOTHEK Forschung und Praxis, 31 (3), S. 272-279. DOI: 10.1515/BFUP.2007.272, /December/2007.

Piatti, B. (2009): Die Geographie der Literatur. Schauplätze, Handlungsräume, Raumphantasien. Wallstein Verlag, Göttingen.

www.allianzinitiative.de (2010): Grundsätze zum Umgang mit Forschungsdaten.