

Der Lehrstuhl Datenbank- und Informationssysteme der Universität Rostock

Andreas Heuer, Holger Meyer, Ilvio Bruder, Meike Klettke

Institut für Informatik, Universität Rostock
18051 Rostock, Deutschland
Tel.: +49-381-498-7590, Fax: +49-381-498-7592
{heuer,hme,ilr,meike}@informatik.uni-rostock.de

1 Einleitung

Im Jahr 2014 feierte der Lehrstuhl Datenbank- und Informationssysteme (LS DBIS) an der Universität Rostock sein zwanzigjähriges Bestehen. Zur Jubiläumsveranstaltung mit ehemaligen und aktuellen Studenten, Mitarbeitern, Kollegen und Kooperationspartnern wurde diverses Material aus 20 Jahren aufbereitet. In diesem Beitrag soll daraus ein Rückblick auf 20 Jahre Forschung und Lehre im Bereich Datenbank- und Informationssysteme sowie ein Ein- und Ausblick auf aktuelle Forschungsarbeiten gegeben werden.

2 Lehrstuhl DBIS: Rückblick auf 20 Jahre

Die Forschungsarbeiten des LS DBIS entwickelten sich seit 1994 von Datenbank-Kernthemen wie kostenbasierter Anfrageoptimierung für neue Datenbankmodelle hin zu anwendungsorientierten Fragestellungen wie mobilen Assistenzsystemen und Digitalen Bibliotheken und deren Unterstützung mit Techniken der Daten- und Dokumentverarbeitung. Die Projektstrukturen entwickelten sich von DFG-Einzelprojekten oder Kooperationsprojekten zwischen zwei Universitäten zu Beteiligungen an Graduiertenkollegs und Landesforschungsschwerpunkten (letztere mit etwa 40 Mitarbeitern bei über 10 Partnern). Insgesamt wurden am LS DBIS über 50 Forschungsprojekte in 20 Jahren durchgeführt, davon 10 DFG-Projekte, 10 von Landesministerien und 9 von Bundesministerien (5 davon: BMBF) geförderte Projekte. Insgesamt waren über 40 Mitarbeiter in diesen Projekten am LS DBIS beschäftigt. Gehen wir aber zunächst zurück in das Jahr 1994.



Abbildung 1: Der Lehrstuhl DBIS im Sommer 2014

2.1 Die 90er Jahre

Mit der im März 1994 realisierten Berufung von Andreas Heuer von der TU Clausthal an die Universität Rostock wurde die bis zu diesem Zeitpunkt bestehende Clausthale *Projektgruppe Datenbanksysteme* über Europa verteilt: so gingen beispielsweise die damaligen Studenten Jürgen Schlegelmilch und Joachim Kröger mit nach Rostock, während Torsten Grust (heute: Tübingen) von Clausthal nach Konstanz und Stefan Manegold über Berlin nach Amsterdam wechselte. Durch die Verbindung von Konstanz und Rostock entstand nun eines der ersten Forschungsprojekte am Lehrstuhl Datenbank- und Informationssysteme.

IRIS und OSCAR (Vorgeschichte): Die beiden Clausthale Projekte IRIS und OSCAR [HFW90] hatten sich zwischen 1985 und 1993 zum Ziel gesetzt, relationale oder objektorientierte Datenbanksysteme mit vielen Komponenten von Grund auf zu entwickeln und prototypisch zu implementieren und dabei die Grundlagenforschung für einige dieser Komponenten weiterzuentwickeln. Zu den Schwerpunkten bei beiden Projekten zählten Anfragesprachen [HS91], sowohl SQL-artige [dBH93] als auch regelbasierte [HS89] [HS93], sowie die Anfrageoptimierung [RH96].

CROQUE (DFG): Das bereits erwähnte Kooperationsprojekt CROQUE (Cost- and Rule-based Optimization of object-oriented QUeries) der Datenbankgruppen an der Uni-

versität Konstanz (Marc Scholl) und der Universität Rostock hatte zum Ziel, regel- [HK96] und kostenbasierte [KIRH99] Optimierer für objektorientierte Anfragen zu erforschen. Dazu wurde insbesondere die formale Grundlage der Anfragesprache OQL durch einen Kalkül und eine variablenfreie Algebra gelegt [GKG⁺97] und ein sowohl Kalkül als auch Algebra nutzender hybrider Auswertungs- und Optimierungsalgorithmus entwickelt.

HEaD (DFG): Das DFG-Projekt HEaD setzte parallel zu CROQUE bei Untersuchungen zur verteilten Anfrageoptimierung den Schwerpunkt auf kostenbasierte Verfahren und die Einbeziehung dynamischer Laständerungen in verteilten Datenbanken. Dazu wurden Lastmodelle in die Kosten integriert und bei adaptiven Optimierungsverfahren (Normallast: komplexe, Extremlast: einfache Kostenmodelle) evaluiert [FM96]. Für die ebenfalls untersuchte logische Optimierung wurde eine Algebra der qualifizierten Relationen entworfen und speziell in der Join-Folgen-Optimierung eingesetzt [Lan97].

Forschergruppe MoVi (DFG): In MoVi (Mobile Visualisierung), einer DFG-Forschergruppe, wurde zusammen insbesondere mit Rostocker Computergrafikern und Forschern des Fraunhofer-Instituts für graphische Datenverarbeitung an Techniken gearbeitet, komplexe Multimedia-Informationen unter der zur damaligen Zeit sehr eingeschränkten Bandbreite drahtloser Netze und den ebenfalls stark beschnittenen Rechen-, Speicher- und Darstellungsfähigkeiten mobiler Rechner (in den 90ern hießen diese noch PDAs, Personal digital assistants) effizient zu reduzieren und zu komprimieren. Die Reduktions- und Selektionstechniken [HL96] führten als Seiteneffekt auch noch zu einer datensparsamen Verarbeitung persönlicher Daten [Lub98] (ein Thema, was aktuell am LS DBIS im Langzeitprojekt PArADISE wieder auflebt).

Graduiertenkolleg Multimedia (DFG): Ausgehend von dieser Reduktion multimedialer Daten wurden innerhalb des Graduiertenkollegs *Multimedia* Techniken entwickelt, insbesondere Audio- und Videoströme mit Hilfe offener objektrelationaler DBMS zu verwalten [LBB⁺00]. Insbesondere wurden komplexe Multimedia-Anfragen mittels *Pushdown* über SQL/MM auf die die Multimedia-Datentypen realisierenden Server mit ihren spezialisierten Fähigkeiten verteilt.

SWING (Land Mecklenburg-Vorpommern): Mitte der 90er Jahre etablierten sich mit dem enormen Wachstum des WWW die Web-Suchmaschinen. Auch das Land M-V wollte eine eigene Landessuchmaschine aufbauen und beauftragte den LS DBIS, Konzepte dafür zu entwickeln. Dabei entstand SWING [DLMH97], das die Grundlage für eine Sucharchitektur des Landesinformationssystems M-V bis ins Jahr 2013 wurde. Das Besondere an der Suchmaschine SWING war die Möglichkeit, Informationen unstrukturiert in Web-Sites als auch strukturiert in (Web-)Datenbanken gleichzeitig zu suchen und zu finden [WH05, WBH03]. SWING war am LS DBIS der Startschuss, Techniken aus Datenbanken und Information Retrieval zu kombinieren [HP00]. Dazu wurde 1999 in Rostock der Workshop ADI 99 (Agenten, Datenbanken und Information Retrieval) organisiert.

GETESS (BMBF): Im Projekt GETESS (German Text Exploitation and Search System, 1998 - 2001) [SBB⁺99a] [SBB⁺99b] stand auch die Entwicklung einer Suchmaschine im Mittelpunkt. Dafür wurde eine Gatherer-Komponente entwickelt, die durch Textanalyse die wichtigsten Inhalte aus schwach strukturierten Webseiten ableitete und in Datenbanken (in Form von sogenannten XML-Abstracts) speicherte. Die Gatherer-Komponente entstand in Zusammenarbeit mit dem DFKI Saarbrücken (natürlichsprachliche Analyse von Texten) und dem AIFB Karlsruhe (Entwicklung und Verwendung von Ontologien). Ein natürlichsprachlicher Dialog mit dem Benutzer wurde zusammen mit der Firma Gecko GmbH implementiert, um die Suche, das Ergebnis-Ranking und die Ergebnispräsentation zu ermöglichen.

DICE I und II, BKS (Land Mecklenburg-Vorpommern): Die Projekte DICE I und II (**D**atabases in **C**ooperative **E**nvironments) hatten die Konzeption und Realisierung eines datenbankgestützten Anfrage-, Föderations- und Transaktionsdienstes für die Kooperationsbörse Business-MV zum Ziel. Im Rahmen des Projektes wurde aufbauend auf den Ergebnissen von SWING dazu jeweils datenbankgestützt ein hoher Anteil der kooperativen Techniken bereits im Grundsystem verankern, so etwa flexible Synchronisation und Recovery, eine konfigurierbare Transaktionssteuerung, eine Suche nach Informationen und Textanteilen durch Datenbankanfragen und eine Integration verschiedener Datei- und Datenbank-Strukturen durch Föderationstechniken [WHH00]. Die erreichten Ergebnisse wurden auf CeBIT-Messen um die Jahrtausendwende präsentiert (zu DICE I auch [FM97]). Im Anschluss daran wurde im Projekt BKS (Bürger-Kontakt-System) eine E-Government-Lösung für die Landesverwaltung und Kommunen und dort insbesondere die verteilte Content-Verwaltung dazu entwickelt.

2.2 Die 2000er Jahre

MEFIS (DFG): Ausgehend von den in [FHLM96] publizierten Ideen wurde das DFG-Projekt MEFIS (Methodische Grundlagen, Techniken und Werkzeuge zum Aufbau und zur kontinuierlichen Weiterentwicklung föderierter Informationssysteme auf der Basis von expliziten Metadatenkomponenten) von 2001 - 2004 zusammen mit dem Projektpartner von der TU Berlin bearbeitet. Schwerpunkte waren die Erweiterung von Anfragen um föderative Datenbestände, die durch Metadaten erschlossen wurden sowie die Einbeziehung von unstrukturierten Informationsquellen in die föderierten Informationssysteme.

Lagomar (EU): Neben Information-Retrieval- und Föderations-Projekten aus der Grundlagenforschung beschäftigte sich der Lehrstuhl nun auch häufiger mit der Anwendung von Datenbank-Technologien in medizinischen, biologischen und geisteswissenschaftlichen Anwendungen. Im letzten Bereich, der aktuell auch als *eHumanities* bezeichnet wird, war der Lehrstuhl in einem Projekt des Interreg-III-B-Programms der EU Lead-Partner. Der LS DBIS war für die Koordination von 21 Partnern (Forscher, Museologen, Touristiker sowie Gemeinden und Nichtregierungsorganisationen aus Litauen, Polen, Russland

und Deutschland) in einem Vorhaben zur touristischen Inwertsetzung kulturlandschaftlichen Potentials verantwortlich. Am Lehrstuhl wurde ein Kulturlandschaftskataster für drei Haffe (Stettiner, Frisches und Kurisches Haff) im südlichen Ostseeraum realisiert und dazu spatio-temporale Erweiterungen des objekt-relationalen Systems Oracle genutzt [MSW09].

eNoteHistory (DFG): Eines der ersten Projekte zu digitalen Archiven am LS DBIS war eNoteHistory. In diesem DFG-Projekt wurden Notenhandschriften aus dem 18ten Jh. digitalisiert und hinsichtlich ihrer Schreibercharakteristik semi-automatisch analysiert [BIM04]. Das interessante, aber für Informatiker vielleicht nicht gleich nachvollziehbare geisteswissenschaftliche Ziel dieses Projekts war, die Verbreitungswege der Musik anhand der Kopisten zu erkennen. Ausgehend von dieser Anwendung digitaler Bibliotheken entstanden auch Grundlagentechniken, die auch in einer Reihe parallel bearbeiteter Projekte zu digitalen Bibliotheken genutzt werden konnten.

MEDOC und Global-Info (BMBF): Das Projekt MEDOC vereinte deutschlandweit Informatikinstiute, Verlage und Fachinformationszentren. Es hatte Pilotcharakter für viele Digitale Bibliotheksprojekte, indem es neueste Technologien einsetzte, um volltext-basierte Informationssysteme aufzubauen, Nutzungsmodelle erarbeitete und Dienste etablierte. So hat etwa der Springer-LINK-Dienst Wurzeln im Projekt.

Die Ideen von MEDOC wurden fächerübergreifend vom Leitprojekt Global-Info weitergeführt. Schwerpunkt war neben der Mitarbeit an System- und Dienstarchitekturen für den Lehrstuhl die Dokumentspeicherung und -verarbeitung auf Basis von XML in objekt-relationalen Datenbanken [KM02].

BlueRose und BlueView: Im Rahmen des Global-Info-Programmes wurde im Verbundvorhaben BlueRose mit vielen Universitäts- und Verlagspartnern eine Architektur für eine verteilte Digitale Bibliothek mit Diensten wie Föderationen, Alerting, verteilte Suche und Replikation geschaffen. Das Rostocker Teilprojekt BlueView zum Aufbau eines virtuellen, verteilten Dokumenten-Servers für digitale Dokumente wurde sowohl auf der CeBIT vorgestellt als auch in [HMPT00] präsentiert. Da diese Projekte zu Digitalen Bibliotheken von einigen internationalen Verlagen eher überkritisch begleitet wurden, fehlte schnell auch die politische Unterstützung des BMBF.

MyCoRe: Ein Verbund von Universitäten unter Leitung der Universität Essen (heute: Duisburg-Essen) entwickelte daher aus Eigenmitteln die adaptierbare Repository-Lösung MyCoRe für die Verwaltung digitaler Publikationen [Lüt02] (siehe auch www.mycore.de), die auch heute noch die Basis für die Digitalen Bibliotheken an der Universitätsbibliothek Rostock ist und ständig weiterentwickelt wird.

NUR — FlyingDocs (BMBF): Innerhalb des Verbundprojektes NUR (Notebook-Universität Rostock) wurde vom LS DBIS im Teilprojekt FlyingDoc eine mobile Doku-

mentverwaltung auf Basis von MyCoRe entwickelt. Digitale Lerninhalte wurden in der Digitalen Bibliothek abgelegt. Durch Kopplung an existente Software in der Universitätsverwaltung (HIS) konnten die Dokumente in eine automatisierte Studienplanung einfließen. Nutzer konnten auf personalisierte Studien- und Veranstaltungsinformationen zugreifen. Zum Zugriff auf die Digitale Bibliothek mit einem mobilen Endgerät wurde ein entsprechender Client entwickelt, der als Konferenzsystem mit elektronischen Proceedings im Rahmen der VLDB-Tagung 2003 in Berlin eingesetzt wurde [BZM⁺04].

Mecklenburgische Jahrbücher (DFG): Durch die große Erfahrung des LS DBIS im Bereich Digitaler Bibliotheken wurden auch weitere Wissenschaftler aus den geisteswissenschaftlichen Fakultäten der Universität Rostock auf Kooperationsmöglichkeiten aufmerksam. Zusätzlich wurde auch ein Unterauftrag der Landesbibliothek Mecklenburg-Vorpommern in Schwerin eingeworben, die im Rahmen eines DFG-Projektes den Gesamtbestand der Mecklenburgischen Jahrbücher (104 Jahrgänge, d.s. 35.000 Seiten) zu digitalisieren hatten. Aufgabe des Lehrstuhls waren das Einstellen von Testdaten in das MyCoRe-System, die Anbindung an den Gemeinsamen Verbundkatalog (GVK / PICA) und die Entwicklung von Standard-Interfaces Z39.50 / OAI und eines Web-Informations-Portals zur verteilten Suche über Z39.50- / OAI-Datenbestände.

WossiDiA (DFG, BBK): Das Projekt WossiDiA (Wossidlo Digital Archive) überführt den aus mehr als zwei Millionen handschriftlichen Belegen und umfänglichen Korrespondenzen bestehenden Nachlass des mecklenburgischen Volkskundlers Richard Wossidlo (1859–1939) in ein digitales Archiv. Neben dem verteilten Management des komplexen Digitalisierungs-Workflows [SBJ⁺11] und der Entwicklung von Konzepten für die analoge Langzeitsicherung digitaler Inhalte steht bei der Entwicklung des Archivsystems der Einsatz von Graphdatenbanken zum Management der dynamischen, hochgradig vernetzten Archivstrukturen im Vordergrund. Dazu wurde am Lehrstuhl ein typisiertes, gerichtetes Hypergraphmodell entwickelt und als Erweiterung des objekt-relationalen DBMS PostgreSQL implementiert [MSJS14]. Das Projekt wurde vom Bereich *Wissenschaftliche Literaturversorgungs- und Informationssysteme* (LIS) der DFG sowie dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) finanziert und wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Volkskunde durchgeführt.

DARL (Land Mecklenburg-Vorpommern): Mit DARL (Digitales Archiv zum Rostocker Liederbuch) startete ein weiteres Projekt im Bereich eHumanities im Jahre 2012. Gemeinsam mit dem Institut für Germanistik wurde das Rostocker Liederbuch, eine Liedsammlung aus der 2. Hälfte des 15. Jahrhunderts, im aktuellen Forschungskontext zur Bewahrung und weiteren Erschließung in ein Digitales Spezialarchiv überführt. In Zusammenarbeit mit der Universitätsbibliothek, dem IT- und Medienzentrum und dem Steinbeis-Transferzentrum DBIS wird an einer nachhaltigen Umsetzung unter Verwendung entsprechender Standards (METS, MODS) und offener Software (MyCoRe, Typo3) gearbeitet.

TransferNet (BMBVS): Das Projekt Transfer-Net war ein Verbundprojekt mit dem Forschungsverbund Mecklenburg-Vorpommern e.V. sowie dem Lehrstuhl für Wirtschafts- und Organisationspsychologie der Universität Rostock. Transfer-Net zielte auf die Förderung von Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft in Mecklenburg-Vorpommern ab. Zu diesem Zweck erfolgte die Entwicklung einer Online-Plattform im Internet als Kommunikationsbasis für alle Bereiche des Technologietransfers. Genutzt wurden hierfür Techniken des Web 2.0. Zielgruppen für die Nutzung der Plattform sind Angehörige von Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Unternehmer und Unternehmensmitarbeiter sowie Technologietransfer-Unterstützer. Bei der Umsetzung standen daneben Methoden des Information Retrieval, des Data Mining und von Empfehlungssystemen im Fokus. Wie in WossiDiA spielten Graphen (hier für soziale Netzwerke) eine große Rolle, insbesondere unter dem Aspekt der Vertraulichkeit [JPD⁺10].

Der Betrieb und die Vermarktung der entwickelten Plattform (emmets.net) erfolgt durch eine Ausgründung, die durch ein eXist-Gründerstipendium des BMWI gefördert wurde und für die der Lehrstuhl die Mentorenschaft übernahm.

Graduiertenkolleg dIEM oSIRIS (DFG): In dIEM oSIRIS (Die integrative Entwicklung von Modellierungs- und Simulationsmethoden für regenerative Systeme) war die Aufgabe unseres Lehrstuhls, die Wiederverwendung von Simulationsmodellen biologischer Systeme zu gewährleisten, die in Modelldatenbanken gespeichert werden. Ein Teilproblem ist die effiziente Suche nach relevanten Modellen in einer Datenbasis, etwa durch Information-Retrieval-Techniken für das bewertete Finden von Modellen. Weiterhin wurde ein Framework zur Evaluation verschiedener Retrieval- und Rankingfunktionen entwickelt. Voraussetzungen für die Verwendung des Frameworks ist die Verfügbarkeit von semantischen Modellinformationen, z.B. in Form von in Ontologien kodierten Meta-Informationen [WHMH11].

Graduiertenkolleg MuSAMA (DFG): Im Verbundprojekt MuSAMA (Multimodal Smart Appliance Ensembles for Mobile Applications) werden Technologien entwickelt, in denen ein Ensemble von spontan gekoppelten Geräten eine Assistenzfunktion ausüben können. Um den Informationsaustausch der gekoppelten Geräte zu ermöglichen, wurden vom LS DBIS in der ersten Phase Anfrageverarbeitungstechniken in spontanvernetzten Umgebungen mit Sensoren entwickelt. Teilthemen waren dabei Indexierung, Information Retrieval, Datenverwaltung, Anfragegenerierung und das Semantic Caching von verteilten Informationen [PH11].

Die aktuellen Arbeiten zu MuSAMA werden durch zwei Stipendiaten im thematischen Rahmen des Langzeitprojekts PARADISE durchgeführt (siehe Unterabschnitt 3.1).

Landesforschungsschwerpunkt Mobile Assistenzsysteme (Land Mecklenburg-Vorpommern): Das Land M-V hat im Jahr 2003 begonnen, Forschungsschwerpunkte auszuscheiden. Ein Forschungsschwerpunkt zu Assistenzsystemen wurde unter der Leitung des LS DBIS von 2004 bis 2011 mit zwischenzeitlich 40 geförderten Mitarbeitern in acht verschiedenen Fachgebieten und mit Beteiligung der regionalen Industrie eingeworben.

Der Landesforschungsschwerpunkt *Mobile Assistenzsysteme* wurde zuletzt in vier verschiedenen Anwendungsprojekten entwickelt. Diese waren Assistenz in der Altenpflege [UHBK09], Assistenz für Touristen [SDFB09], Assistenz bei der technischen Wartung sowie Assistenz in intelligenten Räumen. Das Besondere an diesem Projekt waren die aus sehr vielen Praxisbeispielen motivierten Replikations- und Privacy-Anforderungen, so dass für den Lehrstuhl Datensparsamkeit nicht mehr primär aufgrund der mobilen Aspekte (siehe oben: MoVi) betrachtet wurde, sondern im Kern der Datenbank-Verarbeitung stand.

IT Science Center (Land Mecklenburg-Vorpommern): Das IT Science Center (ITSC) Rügen war eine Initiative des Instituts für Informatik der Universität Rostock sowie Unternehmen aus Mecklenburg-Vorpommern, ein IT-Forschungsinstitut in M-V nach dem Vorbild und mit der Unterstützung des OFFIS Oldenburg aufzubauen. Von 2005-2011 wurden dazu auf Landes-, Bundes- sowie EU-Ebene Projekte mit zeitweise bis zu 15 Mitarbeitern im IT Science Center durchgeführt. Eines der größten Projekte war die Entwicklung eines Screenreaders unter Linux für blinde und sehgeschädigte Menschen, finanziert vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales [KIWB08, GJK⁺08, BBW10]. Eine besondere Aktivität war die Etablierung der in einem Theater stattfindenden Informatik-Gala, die mittels Filmbeiträgen zu IT-Projekten und viel Musik versucht hat, populärwissenschaftlich IT-Projekte zu erklären. Die Veranstaltung wurde 2006 als eine der besten fünf Veranstaltungen des *Wissenschaftsjahres der Informatik* sowie 2008 als *Ort im Land der Ideen* ausgezeichnet.

Steinbeis-Transferzentrum DBIS: Nicht alle Projektvorhaben eignen sich für eine Durchführung an der Universität. Insbesondere für die Aktivitäten des Wissenstransfers in die Wirtschaft wurde im Jahr 2000 ein Steinbeis-Zentrum zum Thema *Datenbanken, Suchmaschinen und Digitale Bibliotheken* (STZ DBIS) in Rostock eröffnet. In diesem Transferzentrum wurden Kooperationsarbeiten mit IBM Böblingen und Projekte mit der lokalen IT-Industrie sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen durchgeführt. Daneben ist das STZ DBIS im erheblichen Maße daran beteiligt, die Nachhaltigkeit von Projekten im Bereich digitaler Archive und digitaler Bibliotheken an der Universität Rostock sicherzustellen [HMB14, MBFH15].

Perikles (BMBF): Das Management von Ressourcen im Operationssaal einer Klinik und in perioperativen Zentren wurde im BMBF-Projekt Perikles gemeinsam mit der Firma Gecko in Rostock dem ITSC Rügen untersucht und automatisiert. Die Abläufe rund um die Operation wurden dazu als Prozesse in YAWL modelliert, Ereignisse mit Ultraschallsensorik beobachtet und das Ressourcen-Management in ein Workflow-System integriert [BKSM11]. Flexible, datengetriebene und transaktionale Workflows waren Schwerpunkte des Lehrstuhls und mündeten unter anderem in eine Dissertation [Sch12].

OctopusTX und PageBeat (ZIM): Das ZIM-Projekt PageBeat [FBH⁺14] gilt für den Lehrstuhl als eines der ersten Projekte mit einer Ausrichtung auf Big Data Analytics. Im Projekt wurden Daten von Web-Servern gesammelt und ausgewertet, um problematische

Systemzustände voraussagen zu können. Dabei wurden nicht nur strukturierte Daten wie Log-Dateien sondern auch Umgebungsdaten (wie Wetter) und besondere Ereignisse (wie Werbekampagnen) berücksichtigt. Das Knowhow des Lehrstuhls konnte so in Richtung statistischer Analyse mit Datenbankanfragetechniken erweitert werden.

Im ZIM-Projekt Octopus-TX (2012-2013) [SBK⁺12] wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Geoware und dem Lehrstuhl für Softwaretechnik an der Universität Rostock eine einfache und flexibel einsetzbare ETL-Komponente entwickelt, die aus verschiedenen heterogenen Eingabeformaten multidimensionale Daten ableitet und in ein Data Warehouse lädt. Konzipiert wurde diese Komponente für BI-Lösungen im Bereich der kommunalen Verwaltungen. Damit soll ermöglicht werden, dass Anwender interaktiv Daten in das Data Warehouse einfügen und für Auswertungen verfügbar machen können, ohne dass ETL-Skripte dafür erstellt werden müssen. Diese Datenintegrationskomponente soll interaktive BI-Anwendungen im Bereich eGovernance ermöglichen.

Weitere Industriekooperationen und Drittmittel-Projekte: Über langfristige Kooperationsverträge hat der Lehrstuhl in den letzten zwei Jahrzehnten mit den Firmen Gecko mbH in Rostock, IDG Köln und Göttingen (heute Gothaer Systems) und ALD Automotive Hamburg zusammengearbeitet.

Mit dem Proteomzentrum der Universität Rostock wurde im Projekt *ProteomBib* sowohl eine semantische Suche auf digitalen Bibliotheken und Bibliographien zu Proteininteraktionen als auch eine Feature-Suche in 2D-Gelen (Graustufen-Pixel-Bilder) realisiert.

Mit dem Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen e.V. (DZNE), einem Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, wurde am Standort Rostock/Greifswald eine Studie in den Bereichen Neurologie, Psychiatrie, Neuroepidemiologie, Soziodemographie, Gesundheitsökonomie und Medizintechnik begleitet. Die Herausforderung dieses Vorhabens aus informationstechnischer Sicht war die (semi-)automatische Integration der interdisziplinären, heterogenen Datenquellen und Daten. Vorrangig lagen hier die Forschungsschwerpunkte auf aktuellen und neuen Methoden zur Informationsintegration und Datenqualität in klinischen Forschungsnetzwerken. Die Finanzierung wurde zu 90% vom BMBF und zu 10% vom Land gewährleistet.

Weitere Eigenprojekte: Über drei Promotions- und Habilitationsstipendien wurden weitere Forschungsarbeiten durchgeführt, etwa in den Bereichen der XML-Dokument-Modellierung und XML-Anfrageoptimierung.

Über ein Stipendium der *Interdisziplinären Fakultät* der Universität Rostock (Profillinie *Ageing Science*) wurden Arbeiten zur Föderation von Assistenzsystemen in der Pflege gefördert. In der ambulanten Pflege wird die Pflegedokumentation weitestgehend papierbasiert durchgeführt. Auch der Informationsaustausch zu einem Patienten mit anderen Teilnehmern der Pflege (z.B. Ärzte, Physiotherapeuten, . . .) erfolgt vorrangig mittels papierbasierter Berichte. Diese papierbasierte Pflegeakte soll durch eine digitale ersetzt werden. Der Schwerpunkt des Lehrstuhls lag dabei in der Integration pflegerelevanter Informationen von anderen Pflegeteilnehmern. Grundlage für die Einbindung von Informationen sind standardisierte Berichte aus dem Gesundheitswesen, wie z.B. HL7 CDA und der darauf

basierende ePflegerbericht. Daran anlehnend wurden eine flexible Speicherstruktur sowie Transformationsmechanismen von Standardberichten in diese Speicherstruktur und umgekehrt entwickelt [LPH10, LKBH12, SBLH14].

Nicht drittmittelfinanziert waren einige weitere studentische Projekte oder Promotionsprojekte. In der Projektgruppe *Xircus* [MBHW02] wurde in Information-Retrieval-Werkzeug für XML-Dokumente entwickelt. Im Promotionsprojekt *CodeX / ELaX* ist dagegen die Evolution von XML-Schemata Ziel der Arbeiten. Die Struktur von XML-Dokumenten soll dabei unter anderem mit Hilfe von XML-Schema definiert werden. Das XML-Schema wird dann durch Einfüge-, Lösch- und/oder Updateoperationen an neue, veränderte Umstände angepasst. Um die Gültigkeit von XML-Dokumenten zu gewährleisten, müssen diese Dokumente geprüft und gegebenenfalls adaptiert werden. Dieser Vorgang wird als XML-Schema-Evolution bezeichnet. Das Ziel der Arbeit ist es, auf konzeptueller Ebene die Änderungen eines XML-Schemas zu kategorisieren und eine automatische Anpassung der XML-Dokumente durchzuführen. Dazu wurde eine Sprache für die Schema-Evolution entwickelt und ein Verfahren erstellt, das die korrespondierenden XML-Updates automatisch generiert [NKH13a][NKH13b].

3 Neuausrichtung ab 2012

Nach einer unfreiwilligen Auszeit des Lehrstuhlinhabers von 2010 bis 2012 wurden die Forschungsarbeiten am Lehrstuhl neu aufgestellt. Da diverse Projektbeteiligungen mit immer stärker divergierenden Teilthemen sowohl die Zusammenarbeit am Lehrstuhl als auch die langfristige Projektarbeit mit Studenten behinderten, wurden drei Langzeitvorhaben definiert, in deren Rahmen sowohl studentische Teams mitarbeiten als auch konkrete Förderprojekte ablaufen. Die Langzeitvorhaben stellen somit die aktuellen und zukünftigen Forschungsschwerpunkte des Lehrstuhls dar.

3.1 Aktuelle Langzeitprojekte

METIS: Dieses Langzeitprojekt (Management, Evolution, Transformation und Integration von Schemata) bündelt Verfahren und Ansätze zur Datenintegration, Datentransformation und Schemaevolution.

Bei der Weiterentwicklung von Anwendungen besteht die Aufgabe der Schemaevolution und Datenmigration in neue Versionen. Hierzu wurden am Lehrstuhl Evolutionssprachen für flexible Datenformate wie XML- und JSON-Dokumente entwickelt [Kle07][SKS13] und Update-Operationen für die Daten abgeleitet. Im Prozess der Anwendungsevolution wird die Konsistenzhaltung von Schema und zugeordneten Daten über verschiedene Versionen gesichert. Viele agile Anwendungen setzen NoSQL-Datenbanken zur Speicherung heterogener Daten ein, in diesen sind Daten ohne explizite Schemainformationen gespeichert. Für die konsistente Evolution der Datenbanken und für die Integration der Daten in andere Anwendungen benötigt man jedoch Informationen über deren strukturelle

Merkmale. Die Schemaextraktion ermöglicht das nachträgliche Ableiten eines Schemas aus vorhandenen Daten [KSS15], das Verfahren wurde auch für sehr große Datenbestände optimiert.

In [FHLM96] wurde die Idee der *inversen Schemaabbildungen* bereits für die Integration heterogener Datenbanken eingeführt. Diese Idee wurde in [SBLH14] auf neuere Entwicklungen in der Theorie inverser Schemaabbildungen angepasst. Dabei wurden die klassischen Schemaabbildungen verallgemeinert auf den Fall, dass nicht alle relevanten Daten im (relationalen) Schema repräsentiert werden können, sondern zusätzlich auf Instanzebene erfasst werden müssen. Diese zusätzlichen Annotationen helfen bei der inversen Abbildung verdichteter Daten. Im Gegensatz zur traditionellen Datenintegration sollen Anfragen im integrierten System bei diesem Ansatz nicht an das globale Schema gestellt werden, sondern weiterhin an die lokalen Schemata, wobei diese um Daten aus anderen Quellen erweitert werden. Dieser Ansatz wird als *Global-as-Local-View-Extension* (GaLVE) bezeichnet.

Da der Lehrstuhl durch das Graduiertenkolleg MuSAMA das Problem der Verarbeitung der Sensordaten und die Ableitung von Situations-, Aktivitäts- und Intentions-Modellen kennengelernt hatte, wurde in letzter Zeit auch das *Provenance Management*, die Rückverfolgbarkeit von Analyseergebnissen bis hin zu den Original-Sensordaten, als Forschungsthema interessant. *Inverse Schema-Instanz-Abbildungen* von GaLVE werden auch für die Invertierung, also Rückverfolgung, von Analyseprozessen, also allgemeineren Datenbankanfragen, benötigt. Bisher wurden allerdings für die Datenbankintegration nur einfache Anfragen, bestehend aus Selektion, Projektion und Verbund, berücksichtigt (*conjunctive queries*). Analyseprozesse erfordern eine Erweiterung auf statistische Funktionen (skalare Funktionen, Aggregatfunktionen, OLAP) und allgemeine Workflows. Hier muss ermittelt werden, welche Zusatzinformationen zur Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit erfasst werden müssen.

PARADISE: Im Langzeitprojekt PARADISE (Privacy AwaRe Assistive Distributed Information System Environment) [Heu15] werden unter anderem die Arbeiten im Graduiertenkolleg MuSAMA (siehe oben) in zwei Aspekten unterstützt: Einerseits soll die Privatheit der Nutzer von Assistenzsystemen gewährleistet bleiben, so dass Privatheitseinstellungen und Ziele des Assistenzsystems gegeneinander abgeglichen werden müssen [GH14] [Gru14]. Andererseits wollen wir durch Abbildung von Machine-Learning-Algorithmen, die zur Bestimmung von Situation, Handlung und Intention von Nutzern eines Assistenzsystems eingesetzt werden, auf parallele Datenbank-OLAP-Anfragen eine performante Unterstützung der Assistenzsystem-Entwickler erreichen.

HyDRA: Digitale Bibliotheken und Archivsysteme enthalten oft hochgradig vernetzte Strukturen und komplexe, dynamische Dokumente. Im Rahmen des Langzeitprojekts HyDRA (a HYpergraph of Documents in a Relational Archive) werden typisierte, gerichtete Hypergraphen zur Modellierung dieser hochvernetzten Dokumentmengen untersucht. Forschungsgegenstand ist auch die Anfrageverarbeitung/-optimierung, die Entwicklung effizienter Speicherungsformen und die Umsetzung mit objekt-relationalen Systemen, hier

PostgreSQL. Hypergraphen werden auch in der analogen Langzeitsicherung untersucht, sowie zur Umsetzung konzeptueller Modelle wie CIDOC/CRM und LIDO benötigt, die in digitalen Archiven, Bibliotheken und Museen eine zentrale Rolle bei der Anwendungsentwicklung spielen [MSS14].

3.2 Schwerpunkte in der Forschung

Betrachtet man nun die 50 Forschungsvorhaben der vergangenen 20 Jahre, so lassen sich folgende Schwerpunkte in der Grundlagenforschung und in den unterstützten Anwendungen feststellen.

Grundlagenorientierte Schwerpunkte: Startend mit der *Anfrageverarbeitung und -optimierung* für verschiedene Datenbankmodelle beschäftigte sich der LS DBIS mit *Suchmaschinen, Text Retrieval* und der Kopplung von Retrieval-Methoden mit Datenbank-Anfragen. *Föderierte Datenbanken* und *Datenbankintegration* waren in vielen Projekten ein Schwerpunkt, wie auch das Thema der Verarbeitung digitaler Dokumente in *Digitalen Bibliotheken*. Durch die Verarbeitung von Dokumenten wurde auch *XML und Datenbanken* ein Schwerpunktthema, um auch semistrukturierte Daten verarbeiten zu können. Schließlich wurden in Projekten von MoVi über den Landesforschungsschwerpunkt *Mobile Assistenzsysteme* bis zu *MuSAMA mobile Datenbanken*, insbesondere Replikations- und Reduktionstechniken (etwa zur *Datensparsamkeit*) betrachtet.

Die aktuellen Forschungsschwerpunkte in den drei Langzeitprojekten sind *Schemaabbildungen, Schemaevolution* und *Provenance* auch für Prozesse und Workflows in METIS, die Unterstützung von *Assistenzsystemen* mit Privatheitsgarantien und effizienter Verarbeitung großer Datenmengen in *PARADISE*, sowie die Themenbereiche *Digitale Bibliotheken, Hypergraphen, Multimedia-Anfragen und -Retrieval* in HyDRA.

Anwendungsorientierte Schwerpunkte: Im Bereich mobiler Assistenzsysteme wurden Techniken für Anwendungen in Pflegeinformatik, Tourismus, Instandhaltung und Ambient Assisted Living (AAL) entwickelt. Die Zusammenführung heterogener Daten durch Informationsintegration wurde in den Anwendungsszenarien Bioinformatik und Medizin auch für semistrukturierte Daten benötigt. Adaptive, transaktionale Workflows wurden speziell in digitalen Bibliotheken, klinischen Prozessen und der Pflegeinformatik eingesetzt. Ein großer Anwendungsschwerpunkt für Digitale Bibliotheken sind die *eHumanities*, hier insbesondere die kulturhistorischen Anwendungsszenarien wie historische Notenhandschriften, historische Jahrbücher, Volkskunde-Archive bis hin zu virtuellen Museen. Die Modellierung von Multimedia-Anwendungen wurde insbesondere in Assistenzsystemen und der Pflegeinformatik benötigt. Anfragen in XML für hochvernetzte Daten spielten in der Volkskunde, in der Bioinformatik und bei sozialen Netzwerke eine Rolle.

4 Datenbanken in der Lehre: Bologna invers

Der Lehrstuhl DBIS beteiligt sich an der Bachelor- und Master-Ausbildung der Informatik-, Wirtschaftsinformatik, Informationstechnik/Technische-Informatik-Studiengänge der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik (IEF) als auch mit Modulen für *Informatik im Nebenfach*, die etwa von Mathematikern, Biologen, Wirtschaftswissenschaftlern und Umweltingenieuren besucht werden. Alle Module im Bachelor oder Master haben sechs Leistungspunkte.

Beteiligung in Bachelor-Studiengängen: Für Informatik- und Wirtschaftsinformatik-Studenten ist das Modul *Datenbanken I* im dritten Semester eine Pflichtveranstaltung, in der die Themen Modellierung, Entwurf, Anfragen und Updates, insgesamt also der Entwurf und die Nutzung von relationalen Datenbanksystemen im Fokus stehen. Der Umfang ist an das Lehrbuch [SSH13] angelehnt.

Im vierten Semester wird für diese Studiengänge als Wahlveranstaltung das Modul *Datenbanken II* angeboten, in dem Dateistrukturen, Indexstrukturen, Optimierung, Transaktionen und Concurrency Control, insgesamt also Implementierungstechniken und Tuning relationaler Datenbanksysteme im Fokus stehen. Der Umfang ist an das Lehrbuch [SSH11] angelehnt.

Im fünften Semester steht als Wahlveranstaltung das Modul *Informationssysteme und -dienste* bereits, das überblicksmäßig auf relationalen Datenbanken aufbauend die Themen XML-Datenbanken, Digitale Bibliotheken, Information Retrieval, Data Warehouses, Data Mining und verteilte Datenbanken vermittelt.

Im sechsten Semester wird das Modul *Datenbankanwendungsprogrammierung* als Wahl angeboten, mit den Themen Call Level Interfaces, JDBC, Embedded SQL, SQLJ, Stored Procedures, SQL/PSM, Hibernate und JDO.

Beteiligung in Master-Studiengängen: In den Master-Studiengängen der IEF werden folgende Wahlmodule angeboten, die für Informatik-Studenten in der Vertiefung *Informationssysteme* gebündelt werden:

- *Objektorientierte und dokumentenzentrierte Informationssysteme* mit der Vorstellung der postrelationalen Datenbankmodelle und ihrer Integration in den SQL-Standard ab SQL:1999
- *Digitale Bibliotheken und Multimedia-Information-Retrieval* mit grundlegenden Techniken wie Information Retrieval, Suchmaschinen und Verwaltung von Multimedia-Daten
- *Theorie relationaler Datenbanken* mit den theoretischen Grundlagen für Datenbankmodelle, Anfragen, Datenbankentwurf, Optimierung, Schemaintegration und -evolution. Zur behandelten Theorie zählen hier beispielsweise Tableaus, CHASE, Schemaabbildungen und View-Update-Techniken

- *Datenbanken III* mit wechselnden Themen wie Verteilte Datenbanken, parallele Datenbanken, Datenbankintegration, NoSQL und Big Data Analytics, höhere Transaktionskonzepte und Workflows

Weiterhin werden im Bereich der Weiterbildung Kurse durchgeführt, so etwa im Themenbereich *Ambient Assisted Living* [BHK⁺15].

Langfristprojekte am Lehrstuhl: Verknüpfung von Lehre und Forschung Die studentische Beteiligung an den Langzeitprojekten wird als neue Form einer Projektveranstaltung durchgeführt, die im Sommer und im Winter unter jeweils wechselnden Vorzeichen angeboten wird. Dabei sollen generische Module, die in verschiedenen Phasen des Studiums im Bachelor oder im Master gewählt werden können, zu einer Veranstaltungsform zusammengeführt werden. In unserem Fall betraf dies zwei verschiedene Projektmodule im Bachelor und eine experimentelle Lehrveranstaltung mit Seminar- oder Projektcharakter im Master.

Durch den Bologna-Prozess sind solche integrierenden, virtuellen Veranstaltungen, die mehrere generische Module aus verschiedenen Studiengängen zusammenführen, kaum möglich. Insbesondere gibt es Regeln, dass keine Veranstaltung gleichzeitig als Bachelor- und als Master-Veranstaltung in einem konsekutiven Studiengang angeboten werden darf. Trotzdem ist es uns gelungen, Studenten vom 3. Semester des Bachelor-Studiums bis zur Master-Arbeit in einer Projektgruppe zu sammeln und zusammenarbeiten zu lassen, aber die geleisteten Arbeiten als ganz verschiedene Modulleistungen je nach Bedarf des Studenten anrechnen zu können (wir nennen das Prinzip *Bologna invers*). Alle betroffenen Module haben sechs Leistungspunkte, so dass zumindest von dieser Seite her die Kompatibilität gewahrt bleibt.

Diese virtuelle Integration von Projekt-Veranstaltungen ist der Versuch, ein sehr altes Konzept von studentischen Projektgruppen (beispielsweise IRIS und OSCAR vom Beginn dieses Artikels) trotz Bologna-Überregulierung als sinnvolles Studienelement wieder aufleben zu lassen.

5 Personelle Zusammensetzung und Arbeitsumgebung

Der Lehrstuhl Datenbank- und Informationssysteme bestand zum 1.1.2015 aus dem Lehrstuhlinhaber und seinem Stellvertreter (Andreas Heuer und Holger Meyer), einer fachlich assoziierten Privatdozentin des Instituts für Informatik (Meike Klettke) sowie zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern (Ilvio Bruder, Thomas Nösinger). Neben einer Sekretärin (Sigrun Hoffmann) und einem Systemingenieur (Donald Reeb) arbeiten derzeit noch drei Mitarbeiter (teilweise anteilig) in drittmittelfinanzierten Forschungsprojekten (Andreas Finger, Ammar Balouch, Alf-Christian Schering) und zwei Stipendiaten eines Graduiertenkollegs (Hannes Grunert, Dennis Marten) am LS DBIS.

Seit 2011 ist die Heimat des LS DBIS das neue Konrad-Zuse-Haus in der Rostocker Südstadt (siehe Abbildung 2), das als Institutsgebäude der Rostocker Informatik nun ideale



Abbildung 2: Das Konrad-Zuse-Haus: Heimat des Lehrstuhls seit 2011

Voraussetzungen für Lehre und Forschung, auch in Kooperationsprojekten mit benachbarten Arbeitsgruppen des Instituts für Informatik, bietet.

Weiterführende Informationen zum Lehrstuhl, sowohl zu Forschungsprojekten und Publikationen als auch zu Lehrveranstaltungen, finden sich unter <http://www.ls-dbis.de>.

Literatur

- [BBW10] Thomas Beer, Ilvio Bruder und Martina Weicht. ConstructFinder: web site interaction made easier. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 2010, Samos, 2010*.
- [BHK⁺15] Ilvio Bruder, Andreas Heuer, Thomas Karopka, Juliane Schuldt und Kerstin Kosche. Experiences in Developing and Testing an Ambient Assisted Living Course for Further Education. In Xiao-Xia Yin, Kendall Ho, Daniel Zeng, Uwe Aickelin, Rui Zhou und Hua Wang, Hrsg., *Health Information Science - 4th International Conference, HIS 2015, Melbourne, Australia, May 28-30, 2015, Proceedings*, Jgg. 9085 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 154–164. Springer, 2015.
- [BIM04] Ilvio Bruder, Temenushka Ignatova und Lars Milewski. Knowledge-Based Scribe Recognition in Historical Music Archives. In *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, 8th European Conference, ECDL 2004, Bath*, Seiten 304–316, 2004.

- [BKSM11] Markus Bandt, Robert Kühn, Sebastian Schick und Holger Meyer. Beyond Flexibility — Workflows in the perioperative Sector of the Healthcare Domain. *ECEASST*, 37, 2011.
- [BZM⁺04] Ilvio Bruder, Andre Zeitz, Holger Meyer, Birger Hänsel und Andreas Heuer. FLY-INGDOC: An Architecture for Distributed, User-friendly, and Personalized Information Systems. In Z. Meral Özsoyoglu und Stanley B. Zdonik, Hrsg., *Proceedings of the 20th International Conference on Data Engineering, ICDE 2004, 30 March - 2 April 2004, Boston, MA, USA*, Seite 849. IEEE Computer Society, 2004.
- [dBH93] Jan Van den Bussche und Andreas Heuer. Using SQL with object-oriented databases. *Inf. Syst.*, 18(7):461–487, 1993.
- [DLMH97] Antje Düsterhöft, Uwe J. Langer, Holger Meyer und Andreas Heuer. SWING: Konzept einer Suchmaschine für das regionale Informationssystem MV-Info. In *Grundlagen von Datenbanken*, Seiten 11–15, 1997.
- [FBH⁺14] Andreas Finger, Ilvio Bruder, Andreas Heuer, Martin Klemkow und Steffen Konerow. PageBeat - Zeitreihenanalyse und Datenbanken. In *Proceedings of the 26th GI-Workshop Grundlagen von Datenbanken, Bozen-Bolzano*, Seiten 53–58, 2014.
- [FHLM96] Guntram Flach, Andreas Heuer, Uwe Langer und Holger Meyer. Transparente Anfragen in föderativen Datenbanksystemen. In *Proceedings zum Workshop Föderierte Datenbanken*, Seiten 45–49, 1996.
- [FM96] Guntram Flach und Holger Meyer. Integration of Load Measurement Parameters into the Cost Evaluation of Database Queries. In Ronald Morrison und Jessie B. Kennedy, Hrsg., *Advances in Databases, 14th British National Conferenc on Databases, BNCOD 14, Edinburgh, UK, July 3-5, 1996, Proceedings*, Jgg. 1094 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 134–151. Springer, 1996.
- [FM97] Guntram Flach und Holger Meyer. Projekt DICE: Transaktionssteuerung in einer verteilten, kooperativen CSCW-Anwendungsumgebung. *Datenbank Rundbrief*, 19:51–52, 1997.
- [GH14] Hannes Grunert und Andreas Heuer. Big Data und der Fluch der Dimensionalität: Die effiziente Suche nach Quasi-Identifikatoren in hochdimensionalen Daten. In Friederike Klan, Günther Specht und Hans Gamper, Hrsg., *Proceedings of the 26th GI-Workshop Grundlagen von Datenbanken, Bozen-Bolzano, Italy, October 21st to 24th, 2014.*, Jgg. 1313 of *CEUR Workshop Proceedings*, Seiten 29–34. CEUR-WS.org, 2014.
- [GJK⁺08] Andrea Gaal, Gerhard Jaworek, Joachim Klaus, Martina Weicht, Frank Zenker, Ilvio Bruder, Antje Düsterhöft und Andreas Heuer. Towards an Open Source Screen Reader: Screenreader Usability Extensions (SUE). In *Computers Helping People with Special Needs, 11th International Conference, ICCHP 2008, Linz*, Seiten 797–800, 2008.
- [GKG⁺97] Torsten Grust, Joachim Kröger, Dieter Gluche, Andreas Heuer und Marc H. Scholl. Query Evaluation in CROQUE - Calculus and Algebra Coincide. In Carol Small, Paul Douglas, Roger G. Johnson, Peter J. H. King und G. Nigel Martin, Hrsg., *Advances in Databases, 15th British National Conferenc on Databases, BNCOD 15, London, United Kingdom, July 7-9, 1997, Proceedings*, Jgg. 1271 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 84–100. Springer, 1997.
- [Gru14] Hannes Grunert. Distributed Denial of Privacy. In Erhard Plödereder, Lars Grunske, Eric Schneider und Dominik Ull, Hrsg., *44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Informatik 2014, Big Data - Komplexität meistern, 22.-26. September 2014 in Stuttgart, Deutschland*, Jgg. 232 of *LNI*, Seiten 2299–2304. GI, 2014.

- [Heu15] Andreas Heuer. METIS in PARADISE: Provenance Management bei der Auswertung von Sensordatenmengen für die Entwicklung von Assistenzsystemen. In *Lecture Notes in Informatics, Band 242, BTW 2015 Workshop-Band*, 131 – 135, 2015.
- [HFW90] Andreas Heuer, Jürgen Fuchs und U. Wiebking. OSCAR: An Object-Oriented Database System with a Nested Relational Kernel. In Hannu Kangassalo, Hrsg., *Proceedings of the 9th International Conference on Entity-Relationship Approach (ER'90), 8-10 October, 1990, Lausanne, Switzerland.*, Seiten 95–110. ER Institute, 1990.
- [HK96] Andreas Heuer und Joachim Kröger. Query Optimization in the CROQUE Project. In Wagner und Thoma [WT96], Seiten 489–499.
- [HL96] Andreas Heuer und Astrid Lubinski. Database Access in Mobile Environments. In Wagner und Thoma [WT96], Seiten 544–553.
- [HMB14] Andreas Heuer, Holger Meyer und Ilvio Bruder. Das digitale Gedächtnis erhalten. *Transfer — Das Steinbeis Magazin*, 14(4), 2014.
- [HMPT00] Andreas Heuer, Holger Meyer, Beate Porst und Patrick Titzler. BlueView: Virtual Document Servers for Digital Libraries. In *Proceedings of IEEE Advances in Digital Libraries 2000 (ADL 2000), Washington, DC, USA, May 22-24, 2000*, Seiten 207–217. IEEE Computer Society, 2000.
- [HP00] Andreas Heuer und Denny Priebe. Integrating a Query Language for Structured and Semi-Structured Data and IR Techniques. In *11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'00), 6-8 September 2000, Greenwich, London, UK*, Seiten 703–707. IEEE Computer Society, 2000.
- [HS89] Andreas Heuer und Peter Sander. Semantics and Evaluation of Rules over Complex Objects. In *DOOD*, Seiten 473–492, 1989.
- [HS91] Andreas Heuer und Marc H. Scholl. Principles of Object-Oriented Query Languages. In *BTW*, Seiten 178–197, 1991.
- [HS93] Andreas Heuer und Peter Sander. The LIVING IN A LATTICE rule language. *Data Knowl. Eng.*, 9:249–286, 1993.
- [JPD⁺10] Susanne Jürgensmann, Sören Pekrul, Martin Düffer, Holger Meyer und Andreas Heuer. Datenschutz und Suche in digitalen sozialen Netzwerken. *Datenbank-Spektrum*, 10(1):25–39, 2010.
- [KIRH99] Joachim Kröger, Regina Illner, Steffen Rost und Andreas Heuer. Query Rewriting and Search in CROQUE. In Johann Eder, Ivan Rozman und Tatjana Welzer, Hrsg., *Advances in Databases and Information Systems, Third East European Conference, ADBIS'99, Maribor, Slovenia, September 13-16, 1999, Proceedings*, Jgg. 1691 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 288–302. Springer, 1999.
- [KIWB08] Mathias Köhnke, Temenushka Ignatova, Martina Weicht und Ilvio Bruder. Identifying Semantic Constructs in Web Documents to Improve Web Site Accessibility. In *Web Information Systems Engineering - WISE 2008 Workshops, Auckland*, Seiten 92–101, 2008.
- [Kle07] Meike Klettke. Modellierung, Bewertung und Evolution von XML-Dokumentkollektionen, 2007. Habilitationsschrift, Logos Verlag.
- [KM02] Meike Klettke und Holger Meyer. *XML & Datenbanken — Konzepte, Sprachen und Systeme*. dpunkt.verlag, 2002.

- [KSS15] Meike Klettke, Uta Störl und Stefanie Scherzinger. Schema Extraction and Structural Outlier Detection for JSON-based NoSQL Data Stores. In Thomas Seidl, Norbert Ritter, Harald Schönig, Kai-Uwe Sattler, Theo Härder, Steffen Friedrich und Wolfram Wingerath, Hrsg., *Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW), 16. Fachtagung des GI-Fachbereichs "Datenbanken und Informationssysteme"(DBIS), 4.-6.3.2015 in Hamburg, Germany. Proceedings*, Jgg. 241 of *LNI*, Seiten 425–444. GI, 2015.
- [Lan97] Uwe J. Langer. *Parallelisierung und Optimierung von Anfrageplänen im heterogenen verteilten, relationalen Datenbanksystem HEAD*. Dissertation, Universität Rostock, Ingenieurwissenschaftliche Fakultät, 1997.
- [LBB⁺00] Wolfgang Lindner, Henrike Berthold, Frank Binkowski, Andreas Heuer und Klaus Meyer-Wegener. Enabling Hypermedia Videos in Multimedia Database Systems Coupled with Realtime Media Servers. In Bipin C. Desai, Yasushi Kiyoki und Motomichi Toyama, Hrsg., *2000 International Database Engineering and Applications Symposium, IDEAS 2000, September 18-20, 2000, Yokohoma, Japan, Proceedings*, Seiten 327–336. IEEE Computer Society, 2000.
- [LKBH12] Dortje Löper, Meike Klettke, Ilvio Bruder und Andreas Heuer. Integrating Healthcare-Related Information Using the Entity-Attribute-Value Storage Model. In Jing He, Xiaohui Liu, Elizabeth A. Krupinski und Guandong Xu, Hrsg., *Health Information Science - First International Conference, HIS 2012, Beijing, China, April 8-10, 2012. Proceedings*, Jgg. 7231 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 13–24. Springer, 2012.
- [LPH10] Dortje Löper, André Peters und Andreas Heuer. Home Care Support from the Database Point of View. In Wolf-Tilo Balke und Christoph Lofi, Hrsg., *Proceedings of the 22nd Workshop "Grundlagen von Datenbanken 2010", Bad Helmstedt, Germany, May 25-28, 2010*, Jgg. 581 of *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS.org, 2010.
- [Lub98] Astrid Lubinski. Security Issues in Mobile Database Access. In Sushil Jajodia, Hrsg., *Database Security XII: Status and Prospects, IFIP TC11 WG 11.3 Twelfth International Working Conference on Database Security, July 15-17, 1998, Chalkidiki, Greece*, Jgg. 142 of *IFIP Conference Proceedings*, Seiten 223–234. Kluwer, 1998.
- [Lüt02] Frank Lützenkirchen. MyCoRe - Ein Open-Source-System zum Aufbau digitaler Bibliotheken. *Datenbank-Spektrum*, 4:23–27, 2002.
- [MBFH15] Holger Meyer, Ilvio Bruder, Andreas Finger und Andreas Heuer. Building digital archives: Design decisions — A best practice example. In *Emerging Trends and Technologies in Libraries and Information Services (ETTLIS), 2015 4th International Symposium on*, Seiten 59–64, Januar 2015.
- [MBHW02] Holger Meyer, Ilvio Bruder, Andreas Heuer und Gunnar Weber. The Xircus Search Engine. In Norbert Fuhr, Norbert Gövert, Gabriella Kazai und Mounia Lalmas, Hrsg., *Proceedings of the First Workshop of the INitiative for the Evaluation of XML Retrieval (INEX), Schloss Dagstuhl, Germany, December 9-11, 2002*, Seiten 119–124, 2002.
- [MSJS14] Holger Meyer, Christoph Schmitt, Stefanie Janssen und Alf-Christian Schering, Hrsg. *Corpora ethnographica online — Strategien der Digitalisierung kultureller Archive und ihrer Präsentation im Internet*, Jgg. 5 of *Rostocker Beiträge zur Volkskunde und Kulturgeschichte*. Waxmann, 2014.
- [MSS14] Holger Meyer, Alf-Christian Schering und Christoph Schmitt. WossiDiA — The Digital Wossidlo Archive. In Meyer et al. [MSJS14], Seiten 61–84.

- [MSW09] Holger Meyer, Maik-Jens Springmann und Horst Wernicke, Hrsg. *Die Lagomar Haffe: Einzigartige maritime Kulturlandschaften im wissenschaftlichen Diskurs und interdisziplinären Vergleich*. Steffen Verlag, 2009.
- [NKH13a] Thomas Nösinger, Meike Klettke und Andreas Heuer. A Conceptual Model for the XML Schema Evolution. In Kai-Uwe Sattler, Stephan Baumann, Felix Beier, Heiko Betz, Francis Gropengießer und Stefan Hagedorn, Hrsg., *Proceedings of the 25th GI-Workshop "Grundlagen von Datenbanken 2013", Ilmenau, Germany, May 28 - 31, 2013*, Jgg. 1020 of *CEUR Workshop Proceedings*, Seiten 28–33. CEUR-WS.org, 2013.
- [NKH13b] Thomas Nösinger, Meike Klettke und Andreas Heuer. XML Schema Transformations - The ELaX Approach. In Hendrik Decker, Lenka Lhotská, Sebastian Link, Josef Basl und A Min Tjoa, Hrsg., *Database and Expert Systems Applications - 24th International Conference, DEXA 2013, Prague, Czech Republic, August 26-29, 2013. Proceedings, Part I*, Jgg. 8055 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 293–302. Springer, 2013.
- [PH11] André Peters und Andreas Heuer. BlueS: usability of semantic caching approaches in pervasive ad-hoc scenarios. In Margrit Betke, Ilias Maglogiannis und Grammati E. Pantziou, Hrsg., *PETRA 2011, The 4th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, Crete, Greece, May 25-27, 2011*, Seite 33. ACM, 2011.
- [RH96] Holger Riedel und Andreas Heuer. Evaluation and Optimization of the LIVING IN A LATTICE Rule Language. In Stanley Y. W. Su, Hrsg., *Proceedings of the Twelfth International Conference on Data Engineering, February 26 - March 1, 1996, New Orleans, Louisiana*, Seiten 318–325. IEEE Computer Society, 1996.
- [SBB⁺99a] Steffen Staab, Christian Braun, Ilvio Bruder, Antje Düsterhöft, Andreas Heuer, Meike Klettke, Günter Neumann, Bernd Prager, Jan Pretzel, Hans-Peter Schnurr, Rudi Studer, Hans Uszkoreit und Burkhard Wrenger. GETESS - Searching the Web Exploiting German Texts. In Matthias Klusch, Onn Shehory und Gerhard Weiß, Hrsg., *Cooperative Information Agents III, Third International Workshop, CIA' 99, Uppsala, Sweden, July 31 - August 2, 1999, Proceedings*, Jgg. 1652 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 113–124. Springer, 1999.
- [SBB⁺99b] Steffen Staab, Christian Braun, Ilvio Bruder, Antje Düsterhöft, Andreas Heuer, Meike Klettke, Günter Neumann, Bernd Prager, Jan Pretzel, Hans-Peter Schnurr, Rudi Studer, Hans Uszkoreit und Burkhard Wrenger. A System for Facilitating and Enhancing Web Search. In José Mira und Juan Vicente Sánchez-Andrés, Hrsg., *Engineering Applications of Bio-Inspired Artificial Neural Networks, International Work-Conference on Artificial and Natural Neural Networks, IWANN '99, Alicante, Spain, June 2-4, 1999, Proceedings, Volume II*, Jgg. 1607 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 706–714. Springer, 1999.
- [SBJ⁺11] Alf-Christian Schering, Ilvio Bruder, Susanne Jürgensmann, Holger Meyer und Christoph Schmitt. From Box to Bin — Semi-automatic Digitization of a Huge Collection of Ethnological Documents. In Chunxiao Xing, Fabio Crestani und Andreas Rauber, Hrsg., *Digital Libraries: For Cultural Heritage, Knowledge Dissemination, and Future Creation - 13th International Conference on Asia-Pacific Digital Libraries, ICADL 2011, Beijing, China, October 24-27, 2011. Proceedings*, Jgg. 7008 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 168–171. Springer, 2011.
- [SBK⁺12] Sebastian Schick, Gregor Buchholz, Meike Klettke, Andreas Heuer und Peter Forbrig. iETL: Flexibilisierung der Datenintegration in Data Warehouses. In *Proceedings of the 24th GI-Workshop "Grundlagen von Datenbanken 2012", Lübbenau, Germany, May 29 - June 01, 2012*, Seiten 59–64, 2012.

- [SBLH14] Georgi Straube, Ilvio Bruder, Dortje Löper und Andreas Heuer. Data Integration in a Clinical Environment Using the Global-as-Local-View-Extension Technique. In Yan-chun Zhang, Guiqing Yao, Jing He, Lei Wang, Neil R. Smalheiser und Xiao-Xia Yin, Hrsg., *Health Information Science - Third International Conference, HIS 2014, Shenzhen, China, April 22-23, 2014. Proceedings*, Jgg. 8423 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 148–159. Springer, 2014.
- [Sch12] Sebastian Schick. *Flexible, datengetriebene Workflows für den Publikationsprozess in digitalen Bibliotheken*. Dissertation, Universität Rostock, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, 2012.
- [SDFB09] Alf-Christian Schering, Martin Dueffer, Andreas Finger und Ilvio Bruder. A mobile tourist assistance and recommendation system based on complex networks. In *Proceeding of the ACM First International Workshop on Complex Networks Meet Information & Knowledge Management, CIKM-CNIKM*, Seiten 81–84, 2009.
- [SKS13] Stefanie Scherzinger, Meike Klettke und Uta Störl. Managing Schema Evolution in NoSQL Data Stores. In Todd J. Green und Alan Schmitt, Hrsg., *Proceedings of the 14th International Symposium on Database Programming Languages (DBPL 2013), August 30, 2013, Riva del Garda, Trento, Italy.*, 2013.
- [SSH11] Gunter Saake, Kai-Uwe Sattler und Andreas Heuer. *Datenbanken - Implementierungstechniken (3. Aufl.)*. MITP, 2011.
- [SSH13] Gunter Saake, Kai-Uwe Sattler und Andreas Heuer. *Datenbanken - Konzepte und Sprachen (5. Aufl.)*. MITP, 2013.
- [UHBK09] Tobias Umbria, Albert Hein, Ilvio Bruder und Thomas Karopka. MARIKA: A Mobile Assistance System for Supporting Home Care. In *MobiHealthInf 2009 - 1st International Workshop on Mobilizing Health Information to Support Healthcare-related Knowledge Work, Porto*, 2009.
- [WBH03] Gunnar Weber, Ilvio Bruder und Andreas Heuer. Suchmaschinen. In Erhard Rahm und Gottfried Vossen, Hrsg., *Web & Datenbanken. Konzepte, Architekturen, Anwendungen*, Seiten 251–292. dpunkt.verlag, 2003.
- [WH05] Gunnar Weber und Andreas Heuer. WebDBSearch - Eine Suchmaschine zum Auffinden relevanter Informationseinheiten in Web-Datenbanken. In *Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web, 11. Fachtagung des GI-Fachbereichs "Datenbanken und Informationssysteme", Karlsruhe*, Seiten 305–324, 2005.
- [WHH00] Gunnar Weber, Andreas Heuer und Claudia Herzig. Das Zusammenspiel von Agenten- und Föderationstechniken innerhalb von BUSINESS-MV. In *Grundlagen von Datenbanken*, Seiten 106–110, 2000.
- [WHMH11] Dagmar Waltemath, Ron Henkel, Holger Meyer und Andreas Heuer. Das Sombi-Framework zum Ermitteln geeigneter Suchfunktionen für biologische Modelldatenbanken. *Datenbank-Spektrum*, 11(1):27–36, 2011.
- [WT96] Roland Wagner und Helmut Thoma, Hrsg. *Database and Expert Systems Applications, 7th International Conference, DEXA '96, Zurich, Switzerland, September 9-13, 1996, Proceedings*, Jgg. 1134 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 1996.