

Abschlussbericht “Intelligentes Lernen”

Forschungsprogramm InnoProfile

Zuwendungsempfänger: Bauhaus-Universität Weimar
Förderkennzeichen: 03IP704
Vorhabenbezeichnung: Intelligentes Lernen
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2007 – 31.10.2012

Ansprechpartner: Dr. Matthias Hagen
Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Medien
Bauhausstraße 11
99423 Weimar
Tel. 03643 / 583720
matthias.hagen@uni-weimar.de



Beteiligte Professuren:
Content Management und Web-Technologien
Systeme der Virtuellen Realität
Bauphysik

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

INNOPROFILE
UNTERNEHMEN
Die BMBF-Innovationsinitiative
Neue Länder REGION

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurze Darstellung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Voraussetzungen	3
1.3	Planung und Ablauf	4
1.4	Wissenschaftlich-technischer Stand	6
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
2	Eingehende Darstellung	9
2.1	Verwendung der Zuwendung im Einzelnen	9
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	62
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	62
2.4	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertung	62
2.5	Fortschritte bei anderen Stellen	63
2.6	Veröffentlichungen	64
	Literaturverzeichnis	73

1 Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Unsere Gesellschaft ist geprägt durch einen hohen Grad an Mobilität und den Anspruch eines lebenslangen Lernprozesses. Im Fokus des Projektes “Intelligentes Lernen” steht dabei die Entwicklung von informationstechnischen Werkzeugen und Algorithmen für das moderne Wissensmanagement mit Schwerpunkt auf dem intuitiven orts- und zeitunabhängigen Zugang zu digitalen Lerninhalten. Besondere Herausforderungen werden an die simulations- und planspielbasierte Wissensvermittlung sowie das Retrieval, die Extraktion und Visualisierung extrem großer Dokumentkollektionen aus dem E-Learning-Kontext gestellt.

Ziel ist es, E-Learning-Umgebungen mit aus dem Projekt resultierenden neuen Informationstechnologien deutlich leistungsfähiger und besser bedienbar zu machen. Das Projekt umfasst vier Schwerpunkte, die jedoch nicht isoliert stehen, sondern vor allem im Hinblick auf das Lernen und das Wissensmanagement eng ineinander greifen:

- Suche und Aufbereitung
- Interaktion im 3D und im XHD-Lernraum
- Planspiele
- Verknüpfung

1.2 Voraussetzungen

Zu Projektbeginn war im E-Learning-Bereich eine deutliche Lücke zwischen dem technisch Machbaren und den tatsächlich eingesetzten Technologien erkennbar. Unser Projekt widmete sich daher den technischen Herausforderungen und behandelt die Entwicklung, den Einsatz und die Möglichkeiten modernsten IKT im E-Learning und Wissensmanagement. Aktuelle E-Learning-Plattformen und Wissensmanagementsysteme orientierten sich bezüglich ihrer Funktionalität an konventionellen Content-Management-Systemen (CMS). Das bedeutete, dass sie Dienste zur Verwaltung von Inhalten anboten, erweitert um Funktionen zur Kommunikation. Dokumente wurden linear archiviert und abgearbeitet, die Kommunikationsmittel boten konventionelle Möglichkeiten für Fragen, Rücksprachen und Diskussionen. Diese Basisfunktionalität ist weiterhin notwendig, aber die Herausforderungen zukünftiger E-Learning-Plattformen und Wissensmanagementsysteme sind wesentlich vielfältiger, wobei wir uns auf die folgende drei Kernbereiche konzentriert haben.

(1) Die Erweiterung grundlegender Möglichkeiten zur Verwaltung von Lerninhalten um neue Technologien zur Verarbeitung, Aufbereitung und visuellen Analyse und Exploration digitaler Medien. Schwerpunkt dabei sind Technologien aus dem Bereich des Information Retrieval, der automatischen Wissensextraktion und -verknüpfung sowie der Informationsvisualisierung.

(2) In der Wirtschaft sind Planungs- und Handlungsabläufe stark vernetzt und interdisziplinär: Fachleute verschiedener Richtungen bringen ihr Spezialwissen ein, um gemeinsam eine Lösung zu entwickeln oder ein Produkt zu optimieren. Um vernetztes Denken und Planen zu üben und anzuwenden, müssen domänenspezifische Planspiel-, Simulations- und Visualisierungskomponenten für E-Learning-Systeme entwickelt werden, die diese Form des Arbeitens und Lernens fördern.

(3) Das Arbeiten mit E-Learning-Umgebungen ist zumeist auf den konventionellen Desktop ausgelegt. Neu entwickelte Technologien der virtuellen Realität erlauben das Lernen anhand realistischer räumlicher Darstellungen von Anwendungsszenarien, die mehrere Nutzer gemeinsam interaktiv explorieren und manipulieren. Neben diesen neuartigen Lernräumen für räumliche Daten (3D-Lernraum) bieten Lernräume mit extrem hoch aufgelösten Datenprojektionen (XHD-Lernraum) den intuitiven Umgang mit modernen Informationsvisualisierungstechniken. Lerninhalte müssen auch auf allen Arten von mobilen Geräten, wie etwa Mobiltelefonen, verfügbar sein. Die Nutzung dieser Plattformen erfordert den Umgang mit beschränkten Ressourcen und geeigneten, intuitiven Benutzungsschnittstellen und Eingabetechnologien.

In der Region Jena-Weimar-Erfurt spielt die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) eine für den Wirtschaftsstandort entscheidende Rolle. Die Bereiche des produzierenden Gewerbes und der verarbeitenden Industrie sind hier schwach ausgeprägt, und das wirtschaftliche Potential liegt vorwiegend im Dienstleistungssektor. Laut Thüringer Landesamt für Statistik machte der Dienstleistungssektor mit einem Zuwachs von 38% zwischen 1991 und 2005 zu Projektbeginn den Hauptanteil an der Wirtschaft (43%) aus. In diesem Bereich hat der IKT-Sektor eine bedeutende Stellung eingenommen, denn in der Region Jena-Weimar-Erfurt hat sich in den letzten Jahren vor Projektbeginn eine große Zahl junger Unternehmen gegründet, die vor allem Speziallösungen anbieten und sich mit großer Innovationskraft behaupten. Neben wenigen großen Hardwareproduzenten existiert eine Vielzahl kleiner und mittelständischer Unternehmen, die sich auf Marktnischen und Zukunftsmärkte konzentrieren. Als solider Stamm für neue Keimzellen hatte sich dabei das Unternehmen Intershop AG hervorgetan. Rund um das Unternehmen sind etwa 20 IKT-Unternehmen im JenTower angesiedelt.

Der Bereich des E-Learnings gehört zum globalen Markt der Online-Bildung, der von Projektbeginn von insgesamt 9,4 in 1999 auf 53,3 Milliarden USD in 2003 gestiegen war und sich damit mehr als verfünffacht hatte. Für die Zukunft wurden weitere exponentielle Steigerungsraten erwartet (Merrill Lynch und OECD [Nag05]). Führend war dabei die USA; dort wurde ein Anstieg bei E-Learning-Simulationen von 6,1 (2006) auf 37 Milliarden USD (2011) prognostiziert. Im Bereich des IKT Marktes entwickelte sich der globale Markt des Semantic Web mit jährlichen Wachstumsraten zwischen 60 und 70% mit besonderer Dynamik [Lee05]. Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung hatte dem E-Learning-Bereich eine besondere Bedeutung zugemessen. Nach Beginn der Förderung 1999 mit 390 Mio. DM im Rahmen des Projektes “Neue Medien in der Lehre” folgten zahlreiche weitere Programme, die sowohl grundständige Ausbildung als auch Weiterbildung, Fortbildung und lebenslanges Lernen zum Ziel hatten. Auch landespolitisch liegt hier ein Schwerpunkt, der sich z.B. in dem Slogan “Denkfabrik Thüringen” zeigt. Dabei nimmt E-Learning einen besonderen Stellenwert ein, dokumentiert u.a. mit dem Bildungsportal Thüringen oder zahlreichen durch das Land kofinanzierten Projekten.

1.3 Planung und Ablauf

Der Arbeitsplan unseres Projektes organisiert anstehende Arbeiten in die vier Module “Intelligente und automatisierte Suche und Aufbereitung”, “Effiziente Interaktion mit zwei- und dreidimensionalen Inhalten”, “Wissensvermittlung am Beispiel der Bauphysik” und “Verknüpfung” mit jeweils zwei bis vier Arbeitspaketen. Die einzelnen Module und ihre Technologien stehen nicht isoliert, sondern greifen unter dem Blickwinkel des Lernens und des Wissensmanagements eng ineinander.

Insgesamt sieben Meilensteine nach 1,5 Projektjahren, weitere zehn Meilensteine nach drei Projektjahren, fünf Meilensteine nach vier Projektjahren und sechs Projektzielmeilensteine nach fünf Projektjahren dienen der Erfolgskontrolle und gezielten Steuerung der Arbeitsabläufe in den einzelnen Arbeitspaketen und Arbeitspaket-übergreifend:

- Meilensteine nach 1,5 Jahren:
 - M1. Retrieval-Algorithmen für vertikale Suche realisiert (AP A1).
 - M2. Retrieval-Algorithmen mit Experten (mindestens 5 Personen) evaluiert (AP A1).

- M3. Soft- und Hardware-Infrastruktur für XHD-Lernraum mit 6 HD-Projektoren eingerichtet und nutzbar (AP B1).
- M4. Initiale Hardware-Infrastruktur für 3D-Lernraum für mindestens 3 Personen eingerichtet (AP B2).
- M5. Konzeptuelles Modell und Aufgabenkollektion für fallbasiertes Lernen in technischen Domänen entwickelt (AP C1).
- M6. Testkollektion mit Lernmaterial im ausgewählten und angepassten XML-Austauschformat erstellt (AP D1).
- M7. Parser für XML-Austauschformat entwickelt (AP D1).
- Meilensteine nach 3 Jahren:
 - M8. Dokument(retrieval)modell für ausgewählte Lernmaterialtypen entwickelt (AP A2).
 - M9. Ähnlichkeitsmaß und Dokumentfiltertechnologie für E-Learning-Dokumente entwickelt (AP A2).
 - M10. Ergebnisse einer vergleichenden Evaluierung für das E-Learning-spezifische Retrieval auf Grundlage der Testkollektionen dokumentiert (AP A2).
 - M11. Use-Cases für Informationsvisualisierung im E-Learning konzipiert (AP A4).
 - M12. Hardware- und Software-Infrastruktur für 3D-Lernraum für mindestens 3 Personen nutzbar (AP B2).
 - M13. Realistische Szenarien für die Lernräume entwickelt und evaluiert (AP B2).
 - M14. Technische Grundlagen für mobile Lernszenarien geschaffen (AP B3).
 - M15. Spezialisiertes Framework zur Definition von Planspielaufgaben im Einsatz (AP C2).
 - M16. Copy/Paste- und Plagiatanalyse für das Lernmaterial entwickelt (AP C3).
 - M17. Testkorpus mit plagiierten Lernmaterialien veröffentlicht und Algorithmen hierauf bezüglich unterschiedlicher Kriterien evaluiert (AP C3).
- Meilensteine nach 4 Jahren:
 - M18. Informationsextraktion im E-Learning: ausgewählte Algorithmen zur Antwortgenerierung evaluiert und angepasst (AP A3).
 - M19. Anwendung der Informationsvisualisierung für E-Learning Daten demonstrierbar (AP A4).
 - M20. Mobile Lernszenarien für prototypischer Hardware verfügbar (AP B3).
 - M21. Fallbasierte Antwortanalyse für ausgewählte Lerninhalte entwickelt (AP C3).
 - M22. Middleware-Framework zur Service-Integration lauffähig (AP D2).
- Projektzielmeilensteine nach 5 Jahren:
 - M23. Verfahren der Informationsextraktion im E-Learning-spezifischen Retrieval integriert, E-Learning-spezifisches Retrieval als Komponente verfügbar (AP A1, A2, A3).
 - M24. Informationsvisualisierungstechniken als Komponente für entsprechende Aufgaben aus dem E-Learning verfügbar (AP A4).
 - M25. Mobiles und verteiltes Lernen in realistischen Szenarien evaluiert und dokumentiert (AP B3, B4).
 - M26. Planspiel und Simulation für E-Learning in der Bauphysik verfügbar (AP C2).

- M27. Fallbasierte Antwortanalyse für die E-Learning-Plattform fertig gestellt und im Bereich der Bauphysik evaluiert (AP C3).
- M28. Softwarekomponenten zur Suche und Plagiatanalyse als Web-Services zugänglich (AP D2).

Alle Meilensteine wurden im Laufe des Projektes erfolgreich und im Zeitplan erreicht; in der eingehenden Darstellung wird bei den konkreten Arbeitspaketen darauf Bezug genommen.

Über die konkret erzielten Ergebnisse wurden die Projektpartner auch auf den jährlich stattfindenden Statusseminaren informiert. Die wissenschaftlichen Ergebnisse haben wir jeweils auf hochrangigen internationalen Tagungen oder in Fachzeitschriften publiziert. Die Nachwuchsforscher stellten die Forschungsgruppe auf den entsprechenden Konferenzen jeweils mit Vorträgen, Demonstrationen und Postern vor. Auch auf Veranstaltungen der Universität und in der Öffentlichkeitsarbeit durch Pressemitteilungen und Medienpräsenz in Zeitungen, Radio oder Lokalfernsehen haben wir das Projekt der breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand

Der nachhaltige Erfolg von E-Learning und Wissensmanagement ist von enormer Bedeutung für unseren Wirtschaftsstandort. Das ist vor unserem Projektantrag erkannt worden und wichtige Fragen hierzu beschäftigten sich unter anderem mit der Effektivität von E-Learning-Formen, mit ökonomischen Fragen bei der Entwicklung und Organisation von E-Learning-Angeboten, oder mit Fragen der Didaktik und der Kompetenzentwicklung bei Lehrenden [Sch05]. Abgrenzend und ergänzend hierzu haben wir unser Forschungsprojekt als “Technologie-getrieben” verstanden.

Die Organisation von herkömmlichen E-Learning-Kursen und -Studiengängen und die Verwaltung zugehöriger Lernmaterialien war zu Projektbeginn weitestgehend geklärt. Lernmanagementsysteme boten entsprechende Funktionen zur Verwaltung verschiedenster Lerninhalte an [Sch03, Hef06]. Durch standardisierte und offene Schnittstellen auf XML-Basis waren grundlegende Strukturen für das Ablegen von Lerninhalten zusammen mit semantischen Daten angelegt [AD06]. Sie ermöglichten auch den Datenaustausch von Inhalten über Plattformgrenzen hinweg [Sch00]. Im Bereich der multimedialen Aufbereitung von Lerninhalten existierten verschiedene Möglichkeiten, um Sachverhalte mit Hilfe von Animation und Interaktion zu verdeutlichen. Die direkte Kommunikation wurde darüber hinaus mit verschiedenen Ansätzen unterstützt [Sch05].

Um E-Learning effizienter und erfolgreicher zu machen, mussten Lerninhalte allerdings zum Antragszeitpunkt “intelligenter” werden [ADD04, KG07]. Hierzu gehört z.B. die Forderung, dass sie sich leichter kombinieren, personalisieren, erweitern und für bestimmte Kontexte anpassen lassen müssen (Stichworte: Learning Objects, Mobile Learning) [TG06, CSS06]. Dringender – weil schwieriger zu beheben – war das technologische Defizit: die Informationstechnologie im Bereich der digitalen Medien hatte sich in den letzten Jahren vor Antragstellung enorm weiterentwickelt. Entwicklungen aus dem Bereich des Information Retrieval, der virtuellen Realität oder der Display- und Interaktionstechnologie hatten gar nicht oder nur sehr beschränkt Einzug in den Bereich des E-Learning und des Wissensmanagements gefunden [AGTDG05, Lei03, GSW01]. Analysiert man die einschlägigen Tagungen aus dem letzten Jahr vor Antragstellung, so sieht man, dass das Bewusstsein für diese Defizite langsam wuchs, aber man sieht auch, dass die entsprechenden Entwicklungen erst begonnen hatten.

Genau hier hat unser Antrag angesetzt. Aktuelle und zukünftige Schlüsseltechnologien sollten im Bereich des E-Learning zur Verfügung gestellt und in realistischen Szenarien evaluiert werden. Dabei haben wir uns insbesondere auf das Information Retrieval, die Informationsvisualisierung, sowie modernste Interfaces und Algorithmen für die Wissensvermittlung konzentriert. Neue Lösungen und Anwendungen sollten vor allem auf dem Wissensgebiet der Bauphysik evaluiert werden, weil hier viele Anforderungen an zukünftige Systeme in natürlicher Weise zusammentreffen. Die drei an dem Antrag beteiligten Professuren haben schon vor Projektbeginn seit Jahren auf diesen Gebieten gearbeitet und entsprechende Expertise aufgebaut und den Stand der Technik zu Projektbeginn mit geprägt.

Professur Content Management und Web-Technologien Im Zentrum der Vorarbeiten der Professur “Content Management und Web-Technologien” (Prof. Dr. Benno Stein) stand die Modellierung und Lösung wissensintensiver Probleme der Informationsverarbeitung. Wichtiger Anwendungsschwerpunkt ist dabei die Entwicklung von Methoden, mit denen sich die wachsende Informationsflut bewältigen lässt; es entstanden Forschungsbeiträge zum Text-basierteren Information Retrieval [SP07], zum Data-Mining [SN99] und zur Informationsvisualisierung [NST01].

So wurde mit AIssearch eine Meta-Suchmaschine für das World Wide Web entwickelt, die eine automatische Kategorisierung der Suchergebnisse in Echtzeit realisiert. Als zentraler Aspekt hatte sich dabei die Einschätzung von Informationsart und -qualität heraus kristallisiert, um dem Informationsbedürfnis von Suchenden möglichst nahe zu kommen [MS04]. In Zukunft sollte es dann möglich sein, komplexe Zusammenfassungen (halb-)automatisch auf Basis einer vertikalen Internetsuche zu generieren [SMGW05]. Die entsprechenden Forschungsergebnisse stellten eine wichtige Basis zum E-Learning-spezifischen Retrieval dar. Ergänzende Forschungen behandeln effiziente Algorithmen zur Schreibstilanalyse und zur Plagiatsuche in großen Dokumentkollektionen [MS06a, Ste05].

Weiterhin beschäftigte sich die Professur mit algorithmischen Grundlagen zur Wissensverarbeitung; diese Erfahrung [Ste03, SH01] hat unmittelbar im Projektmodul “Wissensvermittlung” Verwendung gefunden. Die Professur war auch vor Projektbeginn schon bei einschlägigen Tagungen und Workshops engagiert und im Bereich der simulationsbasierten E-Learning-Technologie beratend tätig [MS06b].

Professur Systeme der Virtuellen Realität Die Forschung der Professur “Systeme der Virtuellen Realität” an der Fakultät Medien (Prof. Dr. Bernd Fröhlich) beschäftigte sich mit User-Interface Technologie, stereoskopischer Display-Technologie, Informationsvisualisierung, Wissenschaftlicher Visualisierung und Real-Time-Rendering. Es wurden innovative Interfaces für komplexe zwei- und dreidimensionalen Aufgaben entworfen, z.B. [FHS06, FP00]. In diesem Bereich existierten auch eine Reihe von Patenten und Patentanträgen. Die Forschung im Bereich der Display-Technologie konzentrierte sich auf stereoskopische Mehrbenutzer-Displays, die es erlauben, mehrere Benutzer mit perspektivisch korrekten Bildern zu versorgen [FBS⁺05]. Diese Systeme ermöglichten das gemeinsame Arbeiten und Interagieren mit dreidimensional dargestellten Objekten. Im Bereich des Real-Time-Rendering und der wissenschaftlichen Visualisierung fokussierte die Arbeitsgruppe auf die Echtzeitdarstellung großer multi-attributierte Datensätze, wie sie zum Beispiel bei seismischen Untergrunddatenerhebungen [PTCF02] oder in exakten Simulationen von Wärmeverteilungen in Gebäuden auftreten. Die Entwicklungen unmittelbar vor Projektbeginn im Bereich der Informationsvisualisierung konzentrierten sich auf neuartige Darstellungs- und Interaktionskonzepte für Topic Maps [HWF05] und Energieflussdiagramme [RHF05].

Professur Bauphysik Die Professur “Bauphysik” an der Fakultät Bauingenieurwesen (Prof. Dr. Oliver Kornadt) hatte sich in den letzten Jahren vor Projektbeginn stark auf dem Gebiet des E-Learnings und Wissensmanagements engagiert. Unter anderem wurde in Kooperation mit anderen Bauphysik-Lehrstühlen das Lernnetz Bauphysik aufgebaut (www.lernnetz-bauphysik.de) und ein weiterbildendes E-Learning-Studium der Bauphysik konzipiert und entwickelt. Besonderer Wert wurde dabei auf die innovative Vermittlung aktueller Planungsgrundlagen und bauphysikalischer Zusammenhänge gelegt, unter starker Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten der neuen Medien. Deshalb konzentrierte sich unser Projektvorhaben auch auf innovative E-Learning-Anwendungen mit einer exemplarischen Fokussierung auf das ingenieurwissenschaftliche Gebiet der Bauphysik. Die Bauphysik eignete sich hierfür besonders, weil dort ein wirklicher Mehrwert im Vergleich zu herkömmlichen Lernmethoden erreicht werden kann [GBK07]. Das hat mehrere Gründe, die zum einen im Fachgebiet selbst begründet sind und zum anderen aus der hohen Vernetzung der Bauphysik mit anderen Gewerken resultieren [KG04]. Verschiedene E-Learning-Entwicklungen wurden deshalb in der Bauphysik bereits angegangen, die sich mit der Vermittlung technischer und physikalischer Zusammenhänge befassen. Beispielsweise wurde das Schalldämm-Maß einer bestimmten Konstruktion auralisiert, also für den Lernenden hörbar gemacht und so das Verständnis für schallschutztechnische Auswirkungen deutlich verbessert.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Projektzeitraum haben wir mit vielen regionalen Partnerfirmen (zumeist KMU) zusammengearbeitet. Einige Partnerfirmen waren nur in eher kurzen Zeiträumen beteiligt oder schieden durch Insolvenzen oder Übernahmen aus. Eine stabile Zusammenarbeit bei FuE-Fragen fand mit den folgenden sieben Projektpartnern statt:

- metacoön / metaVentis GmbH, Weimar
- incowia GmbH, Ilmenau
- Fraunhofer IDMT, Ilmenau
- Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena
- JAVIDO Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen bR, Weimar
- the agent factory / match2blue software development GmbH, Jena
- DYNARDO GmbH, Weimar

Darüber hinaus haben wir auch mit anderen Forschergruppen beispielsweise im Rahmen der drei durchgeführten Auslandsaufenthalte kooperiert. Auch der jährlich von uns mitorganisierte Plagiatsuchewettbewerb PAN ist durch Kollegen aus Spanien, Griechenland, der Schweiz und den USA unterstützt worden. Im Rahmen kleinerer Forschungsfragen haben wir auch gezielt in kurzfristigeren Zeiträumen mit Kollegen z.B. von der TU Delft in den Niederlanden zusammengearbeitet.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung im Einzelnen

Die Arbeiten im Projektzeitraum gliederten sich in die folgenden vier Module:

- Modul A: Intelligente und automatisierte Suche und Aufbereitung (vier Arbeitspakete A1–A4)
Dieses Modul behandelt die Suche in riesigen Dokumentkollektionen.
- Modul B: Effiziente Interaktion mit zwei- und dreidimensionalen Inhalten (vier Arbeitspakete B1–B4)
Dieses Modul behandelt Schnittstellentechnologie, um intuitiv und effizient mit komplexen zwei- und dreidimensionalen Lehr- und Lerninhalten umzugehen.
- Modul C: Wissensvermittlung am Beispiel der Bauphysik (vier Arbeitspakete C1–C4) Dieses Modul behandelt neue Lernansätze für komplexe und praktisch orientierte Inhalte der Bauphysik unter starker Nutzung der neuen Such-, Aufbereitungs- und Visualisierungstechnologien.
- Modul D: Verknüpfung (zwei Arbeitspakete D1–D2) Dieses Modul dient der Verknüpfung der in den anderen Modulen entstandenen Werkzeuge und gewonnenen Ergebnissen.

Die Verwendung der Zuwendung wird im Folgenden anhand der einzelnen Arbeitspakete dargestellt.

Arbeitspaket A1: Vertikale Suche

Beschreibung: Hierunter versteht man Such- und Crawling-Ansätze für riesige Dokumentkollektionen, die in der Lage sind, thematisch zielgerichtet Informationen zu finden. Ausgangspunkt einer vertikalen Suche kann ein bestimmtes E-Learning-Dokument sein, in dem charakteristische Begriffe identifiziert und für eine Tiefensuche eingesetzt werden. Wichtige Technologie in diesem Zusammenhang ist die automatische Schlüsselwortextraktion. Diese kann noch um externes Wissen, das aus Thesauri und Ontologien stammt, ergänzt, variiert und verallgemeinert werden. Zur Verbesserung der vertikalen Suche soll in diesem Projekt insbesondere Vorwissen über das Kommunikationsverhalten und die Inhalte in bestimmten Nutzergruppen, den sogenannten Web-Communities, ausgenutzt werden.

Abschlussbericht: Es wurde der Prototyp einer vertikalen Suchmaschine für die Domäne Bauphysik konzipiert und implementiert, der aktuelle Technologien zum Crawlen und Suchen einsetzt. Die Suchmaschine ist für Personen optimiert, die im Bereich der Bauphysik lernen, arbeiten und recherchieren. Der konzeptuelle Aufbau dieser Suchtechnologie ermöglicht sowohl die Verwendung unabhängig von einer bestimmten Domäne, als auch die Personalisierung, d.h. die Anpassung der Suchergebnisse auf die Bedürfnisse konkreter Benutzer. Einzelne Komponenten des Prototyps wurden im Rahmen der Projektgruppe “Entwurf und Implementierung einer vertikalen Suchmaschine” entwickelt, die 2008 stattfand und von Maik Anderka und Nedim Lipka betreut wurde (Teilnehmer: Carsten Tetens, Roman Reichel und Tsvetomira Palakarska).

Die Kernkomponenten entsprechen dem Stand der Technik und Forschung. Aus den E-Learning-Dokumenten der Professur Bauphysik wurde ein Thesaurus zur automatischen Schlüsselwortextraktion erstellt. Die Schlüsselwortextraktion berechnet eine semantische Anreicherung einer Suchanfrage, die in einer Metasuche (= Suche in verschiedenen Dokument-Indexen) zum Finden potenziell relevanter Dokumente eingesetzt wird. Um zu entscheiden, ob ein Dokument tatsächlich für einen Benutzer relevant ist, setzen wir ein maschinelles

Lernverfahren ein, das aus Beispieldokumenten das Konzept (hier Bauphysik) lernt. Um die Performanz des Lernverfahrens zu steigern, wird die Menge der Beispieldokumente dynamisch angepasst (z.B. durch Benutzerpräferenzen) und durch einen Webcrawler induktiv erweitert. Induktive Erweiterung heißt, dass der Webcrawler charakteristische Begriffe identifiziert und damit neue Dokumente in Kollektionen findet, wobei er ständig die thematische Zugehörigkeit zur Zieldomäne überprüft.

Die entwickelten Suchtechnologien wurden an verschiedenen Stellen im Projekt eingesetzt und weiter optimiert bzw. für den jeweiligen Zweck angepasst; z.B. in Arbeitspaket A3 im Webservice Opipar. Somit wurde Meilenstein M1 (Retrieval-Algorithmen für vertikale Suche realisiert) plangemäß erfüllt. Zur Evaluierung der entwickelten Retrieval-Algorithmen wurden die Suchergebnisse des Prototypen durch Experten aus dem Bereich der Bauphysik bewertet. In verschiedenen Testreihen konnte die vertikale Suchmaschine vielversprechende Ergebnisse erzielen, die vor allem in Bezug auf die Vollständigkeit domänenspezifischer Suchergebnisse herkömmlichen Suchmaschinen überlegen ist. Somit wurde auch Meilenstein M2 (Retrieval-Algorithmen mit Experten evaluiert) plangemäß erfüllt.

Arbeitspaket A2: E-Learning-spezifisches Retrieval

Beschreibung: Grundlegende Herausforderung dieses Arbeitspakets ist die automatische Klassifikation von Textsorten. In diesem Zusammenhang wird unter anderem zwischen wissenschaftlichen Ausarbeitungen, Diskussions- und Kommentardokumenten und Übersichtsdokumenten unterschieden. Auf Basis einer solchen Einteilung lässt sich heuristisch die Wissenschaftlichkeit eines Textes, seine Nützlichkeit für den Lernenden und seine Verwertbarkeit in Hinsicht auf die automatische Erstellung von Zusammenfassungen einschätzen. Bei der Realisierung sollen modernste Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens und der Web-basierten Genre-Analyse zum Einsatz kommen. Bei diesen Aufgaben besteht eine enge Verbindung zum Arbeitspaket “Informationsvisualisierung”.

Abschlussbericht: Der Journal-Artikel [SML10] fasst die wichtigsten Arbeiten zu dem Punkt der Genre-Analyse in diesem Arbeitspaket zusammen. Es wurden Merkmale entwickelt, die für die Genre-Analyse im Allgemeinen geeignet sind. Die Merkmale berücksichtigen die Verteilung und Konzentration von speziellen Vokabularen innerhalb eines Textes und sind effizient berechenbar. Diese Vokabulare enthalten jeweils Terme, die typisch für ein Genre sind, und können automatisch erstellt werden. Hierfür wurde ein eigenes Verfahren entwickelt. Darüber hinaus wurden Evaluierungsmaße entwickelt, um den wichtigen Aspekt der Generalisierbarkeit in der Genre-Analyse zu untersuchen. Verfahren zur Genre-Analyse, die mit Hilfe maschinellen Lernens erstellt werden, benötigen Trainingskorpora. Die Kernfrage ist, wie robust die Performanz eines solchen Verfahrens ist, wenn die zu analysierenden Texte stark von denen des Trainingskorpus abweichen. Aktuelle Arbeiten befassen sich mit der Anwendung und Evaluierung der entwickelten Technologie bezüglich der Unterscheidung zwischen wissenschaftlichen Ausarbeitungen, Diskussions- und Kommentardokumenten und Übersichtsdokumenten. Im Rahmen des Projektes wurden für zwei konkrete Anwendungen Lösungen und Technologien konzipiert und entwickelt, die Bausteine für das E-Learning-spezifische Retrieval darstellen: 1. Schreibunterstützung mit Netspeak und 2. Filtertechnologie basierend auf Qualitätsmetriken.

Schreibunterstützung mit Netspeak: Dokumentationen und Veröffentlichungen wissenschaftlicher Texte werden meist in englischer Sprache verfasst. Auch die Kommunikation zwischen Kollegen erfolgt oft in Englisch. Das Tool Netspeak unterstützt Menschen beim Schreiben englischer Texte, indem die “Gebräuchlichkeit” von Phrasen überprüft wird. Die Gebräuchlichkeit der verwendeten Phrasen eines Textes kann auch als Heuristik für die Zuweisung zu einem bestimmten Genre verwendet werden sowie als Indikator für die Qualität eines Textes. Die Benutzer können ihre Unsicherheiten bei der Formulierung als Anfrage mit Hilfe einfacher Befehle ausdrücken und die Anfrage an den Netspeak-Online-Service unter <http://www.netspeak.cc> schicken. Durch die zurückgelieferten Ergebnisse können sie einschätzen, ob ihre Formulierung passend war oder eine alternative Formulierung gebräuchlicher ist. Netspeak bietet zu diesem Zweck ein Webinterface an (vgl. Abbildung 2.7a Arbeitspaket A4). Im Rahmen des Arbeitspaketes A4 (Informationsvisualisierung) wird an einer weiteren Visualisierungsmöglichkeit gearbeitet (vgl. die dortigen Erläuterungen). Netspeak wurde in

den Jahren 2008 und 2009 mit Hilfe von wissenschaftliche Hilfskräften und im Rahmen einer Bachelorarbeit entwickelt. Es arbeitet auf Grundlage eines Korpus mit etwa 3.8 Milliarden Sätzen aus dem englischsprachigen Web. Durch entwickelte Index-Technologie werden Netspeak-Anwortzeiten im Millisekundenbereich ermöglicht. Die Kernideen und Komponenten werden in der Veröffentlichung [SPT10] beschrieben.

Filtertechnologie basierend auf Qualitätsmetriken: In der Projektgruppe “Informationsqualität in Wikipedia” unter der Leitung von Maik Anderka (Teilnehmer: Katja Müller, Daniel Wäger und Matthias Lang) wurden automatischen Verfahren zur Bewertung der Informationsqualität von Texten entwickelt. Die Verfahren wurden am Beispiel der freien Enzyklopädie Wikipedia erforscht und evaluiert. Wikipedia eignet sich sehr gut für diese Zwecke, da eine hohe strukturelle Ähnlichkeit zu Lerninhalten besteht, viele Wissensgebiete abgedeckt werden und alle Daten frei verfügbar sind. Die Qualitätsmetriken, die in diesem Projekt entwickelt wurden, können eingesetzt werden, um die Nützlichkeit sowie die Wissenschaftlichkeit von Texten zu beurteilen. Dadurch wird eine spezifische Suche ermöglicht, die den Lernenden dabei unterstützt, die für ihn relevanten Informationen zu finden.

Diese Idee wurde in der Arbeit “Identifying Featured Articles in Wikipedia: Writing Style Matters” [LS10] fortgeführt und weiter ausgebaut. In der Arbeit wird ein Dokumentfiltertechnologie vorgestellt, die für einen gegebenen Wikipedia Artikel klassifiziert, ob er von hoher Qualität ist. Die Dokumentfiltertechnologie besteht aus einem Klassifizierer und einem Dokumentmodell. Diese Kombination ermöglicht eine implizite Analyse des Schreibstils in Texten, der durch das hier vorgestellte Dokumentmodell erfassbar wird. Das Dokumentmodell ist generisch und kann im Kontext wissenschaftlicher Texte und Lernmaterialtypen eingesetzt werden, sofern eine Sammlung von Texten von hoher Qualität im Vorhinein gegeben ist. In der Arbeit wurde das darin vorgestellte Verfahren im Kontext von Wikipedia-Artikeln mit anderen Verfahren verglichen, die ebenso nicht inhaltsbezogen sind. Es zeigt sich eine signifikante Verbesserung in der Genauigkeit der Analyse bei geringerem Rechenaufwand. Für die Evaluierung wurden zwei Testkollektionen erstellt, bestehend aus 360 englischen Biologie-Artikeln und 400 englischen Geschichts-Artikeln. Außerdem wurde eine Bachelorarbeit mit dem Titel „Featured Article Identification in Wikipedia“ vergeben, die vom Studenten Christian Fricke durchgeführt und von Maik Anderka betreut wurde.

Damit wurden die Meilensteine M8 (Dokumentmodell für ausgewählte Lernmaterialtypen entwickelt), M9 (Ähnlichkeitsmaß und Filtertechnologie für E-Learning-Dokumente entwickelt) und M10 (Evaluierung des E-Learning-spezifischen Retrievals auf Grundlage von Testkollektionen) planmäßig erfüllt.

Arbeitspaket A3: Informationsextraktion

Beschreibung: Gefundene Dokumente dienen als Ausgangspunkt, um hochwertige und personenspezifische Antworten zu konstruieren. Basis hierfür sind die aktuellen Forschungen auf dem Gebiet der automatischen Satzextraktion. Neben Standardverfahren des Information Retrieval kommen dabei Basismethoden der natürlichen Sprachverarbeitung (NLP) zum Einsatz.

Abschlussbericht: Die automatische Generierung von Antworten setzt eine Vielzahl an Technologien aus den Bereichen Informationsextraktion, Information Retrieval, natürliche Sprachverarbeitung und maschinelles Lernen voraus. Im ersten Schritt in diesem Arbeitspaket beschäftigten wir uns mit den Bereichen maschinelles Lernen und natürliche Sprachverarbeitung.

Die Projektgruppe “Live Retrieval on Twitter” (Teilnehmer: Arnd Oberländer, Johannes Kiesel, Tsvetomira Palakarska, Andreas Eiselt und Carsten Tetens) die von Nedim Lipka betreut wurde, beschäftigte sich mit der Extraktion der Stimmung, die in getwitterten Meinungen über Filme ausgedrückt wird. Stimmungsanalyse ist ein idealer Bereich, um Technologien, die für die Antwortgenerierung wichtig sind, zu erforschen. Obwohl die Antwortgenerierung ungleich schwieriger ist, kann man bereits hier (im Bereich der Stimmungsanalyse) feststellen, welche Methoden das Potential haben, in der Antwortgenerierung erfolgreich sein zu können.

Konkret wurden folgende Technologien implementiert und eingesetzt:

- Natürliche Sprachverarbeitung. Für die Verarbeitung von besonders kurzen Texten ist es wichtig, Namen zu erkennen und zuzuordnen. Im Projekt wurde ein Klassifikationsverfahren erstellt, das feststellt, ob es sich bei dem vorkommenden Namen um einen Filmtitel handelt oder nicht. Dies ist häufig problematisch, da Filmtitel kurz und allgemein sind. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Filmtitel in einem anderen Kontext eine andere Bedeutung hat, ist hoch. Darüber hinaus gibt es oftmals Bücher, Video-spiele, etc. die den selben Titel haben.
- Maschinelles Lernen (Active Learning). Eine aktive Lernstrategie hilft informative Tweets zu finden, die von einem Menschen als positiv oder negativ annotiert werden. Der Vorgang des Annotierens ist kostspielig und teilweise fehlerhaft. Ziel ist es, die Anzahl der notwendigen Annotationen zu minimieren. Diese Problematik taucht vor allem auch in der Informationsextraktion und der natürlichen Sprachverarbeitung auf und ist damit äußerst relevant für dieses Arbeitspaket.
- Maschinelles Lernen (Textclassification). Ein Textklassifizierer lernt aus einer annotierten Datenmenge, um Texte zu filtern, zu sortieren oder um bestimmte Elemente zu extrahieren. Im folgenden Schritt, bei der Entwicklung eines Verfahrens zur Antwortanalyse, sind Textklassifizierer demnach Hauptbestandteil.
- Amazon Mechanical Turk. Mit Hilfe des Amazon Mechanical Turk Service können große Datenmengen durch Menschen annotiert werden. Dies wird für den weiteren Verlauf bei der Bearbeitung dieses Arbeitspakets wichtig sein. Es wurden verschiedene Verfahren erprobt, um sicherzustellen, dass die Annotationen mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt sind. Desweiteren wurden Strategien studiert, wie die Annotationsaufgaben gestaltet werden sollten, um mit hohen Erfolgchancen korrekte Annotationen zu erzielen. Dies wird beispielsweise durch das Aufgabendesign und das Preismanagement beeinflusst.

Das Ergebnis dieses Projekts ist ein Webservice (vgl. Abbildung 2.1), der die aktuellen Kinofilme präsentiert und zeigt, welches Stimmungsbild über die Filme in Twitter herrscht.

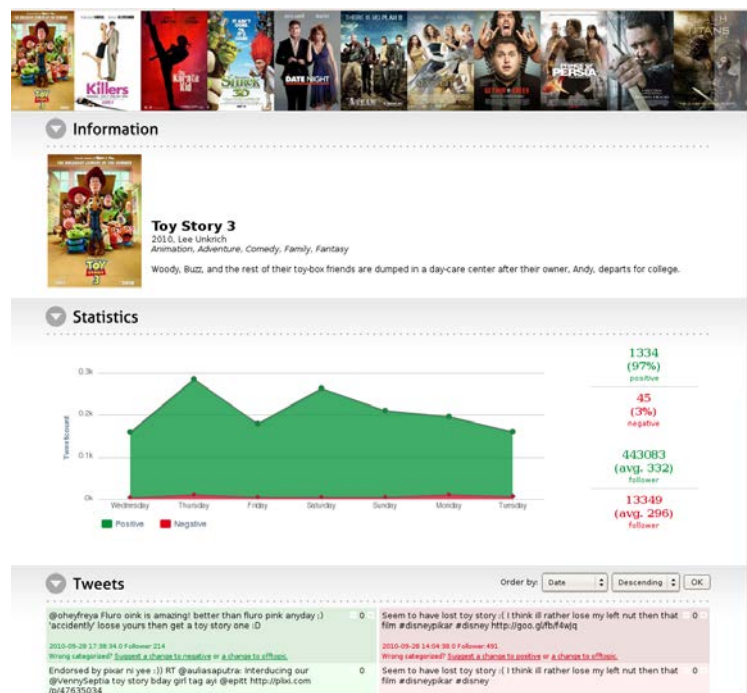


Abbildung 2.1: Web-Oberfläche der Stimmungsanalyse von Tweets zu Filmen.

Opipar: Eine Hauptkomponente der automatischen Generierung von Antworten ist die automatische Satzextraktion. Um automatisiert eine Antwort zu generieren, müssen zunächst die relevanten Sätze bzw. Phrasen

in einer Menge von Texten gefunden und extrahiert werden (Information Retrieval + Satzextraktion) und dann zusammengefasst präsentiert werden.

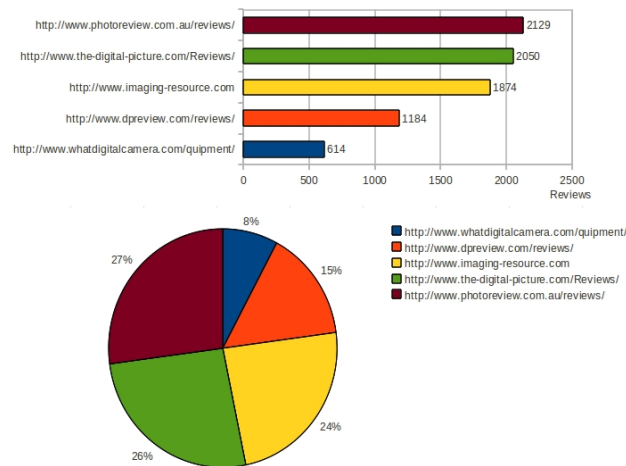


Abbildung 2.2: Anzahl und Verteilung der geladenen Webseiten aus verschiedenen Digitalkamera-Domains in unserem Opipar-Korpus.

Die Projektgruppe “Opipar” (Teilnehmer: Katharina Spiel, Matthias Busse, Claudia Sichtung, Heinrich Schilling) die von Maik Anderka und Nedin Lipka betreut wurde, wendet Technologien aus den Bereichen Information Retrieval, Satzextraktion und der Erstellung von Zusammenfassungen an. Opipar ist ein Webservice, der Produktvergleiche extrahiert und strukturiert darstellt. Der Benutzer spezifiziert ein Produkt P und bekommt eine Auswahl an Konkurrenzprodukten präsentiert, mit denen P verglichen werden kann. Opipar findet die Attribute, auf die sich die Vergleiche beziehen, und generiert eine Tabelle, die die vergleichenden Sätze sortiert nach den Attributen darstellt. Der entwickelte Prototyp beschränkt sich auf die Produktkategorie “Kameras”.

Um eine Basis an Texten zu schaffen, die Kamera-Vergleiche enthalten, wurde eine Recherche von Webseiten gemacht, die sich hauptsächlich mit der Bewertung von Digitalkameras befassen. Diese Bewertungen werden teils professionell, teils durch normale Endverbraucher erstellt. Wir haben uns auf die Webseiten photoreview.com, the-digital-picture.com, imaging-resource.com, dpreview.com und whatdigitalcamera.com beschränkt.

Um diese Seiten lokal suchbar zu machen, werden sie geladen und indiziert. Dieser Prozess verwendet folgende Technologien: Um möglichst viele Webseiten von den oben genannten Domains zu laden, kommt der Open-Source Web-Crawler Heritrix zum Einsatz, der vom Internet Archive entwickelt und verwendet wird. Der Crawler verfolgt die Linkstruktur innerhalb einer Domain, um deren Webseiten bis zu einer vorgegebenen Tiefe zu erschließen. Die Webseiten werden vollständig geladen (inklusive Markups etc.) und in einem Archiv komprimiert gespeichert. Im nächsten Schritt wird ein Verfahren der Informationsextraktion eingesetzt, um den relevanten Inhalt einer Webseite zu extrahieren. Das Ziel ist es, Strukturelemente, wie beispielsweise Inhaltsverzeichnisse oder Werbeflächen, zu ignorieren. Dieser Forschungsbereich ist ein Teilgebiet der Informationsextraktion und wird als “Main Content Extraction” bezeichnet. Die extrahierten Texte werden ohne Markup in einzelne Sätze und Satzpaare aufgeteilt und mit dem Open-Source Index Apache Lucene indiziert, womit sie effizient suchbar sind. Abbildung 2.2 beschreibt die Größenverhältnisse des erstellten Indexes.

In den Einträgen des Lucene-Indexes werden die vorkommenden Attributen markiert, d.h. die Einträge werden um die Information angereichert, welches Kameraattribut enthalten ist und welche Synonyme das jeweilige Attribut hat (vgl. Abbildung 2.3).

Für die Anreicherung extrahiert ein Part-of-Speech-Tagger alle Nomen aus dem Index und ein statistisches Verfahren ermittelt die Nomen, die besonders häufig in den gecrawlten, aber selten in normalen Texten

der Attribute und ihrer Synonyme ermittelt, die in den Treffern vorkommen. Die Menge der Treffer wird nun so geclustert, dass die Treffer eines Clusters dieselben Attribute bzw. Synonyme enthalten.

3. Abschließend werden die Treffer mit einem Near-Spanquery-Verfahren gerankt. D.h. Treffer in denen die Produktbezeichner und Attribute nahe zusammen auftauchen, werden höher gerankt.
4. Opipar präsentiert die Ergebnisse der Satzextraktion sortiert nach den Attributen in einer Tabelle (vgl. Abbildung 2.5).

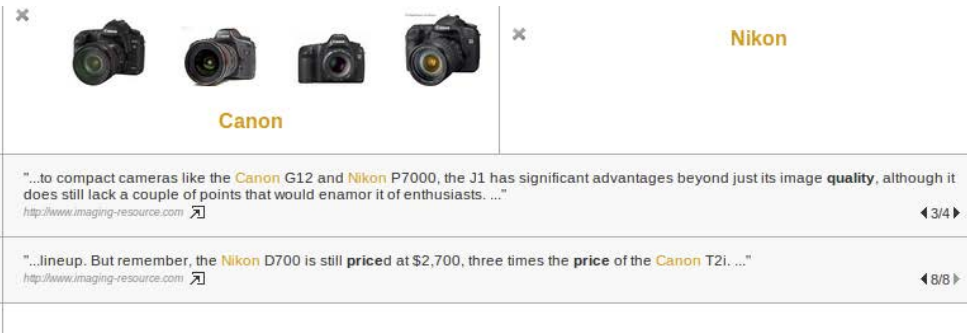
	
quality	"...to compact cameras like the Canon G12 and Nikon P7000, the J1 has significant advantages beyond just its image quality, although it does still lack a couple of points that would enamor it of enthusiasts. ..." http://www.imaging-resource.com
price	"...lineup. But remember, the Nikon D700 is still priced at \$2,700, three times the price of the Canon T2i. ..." http://www.imaging-resource.com
Add an attribute ... Add	

Abbildung 2.5: Ausgabe von Opipar. Der Benutzer sieht Textsnippets, die Kameravergleiche bezüglich bestimmter Attribute (z.B. quality) beinhalten. Die Oberfläche ermöglicht es, dass Attribute hinzugefügt und entfernt werden können. Der Benutzer kann hier die Auswahl der Kameras verändern.

Active Learning: Aktives Lernen ist ein maschinelles Lernverfahren. Diese sind häufig Bestandteil von Informationsextraktions-Verfahren. Ein aktives maschinelles Lernverfahren hat das Ziel, die Kosten, die durch das Labeln von Trainingsbeispielen entstehen, zu minimieren. Ein neues Verfahren zum aktiven Lernen wurde während des Auslandsaufenthalts von Nedim Lipka entwickelt. Siehe hierzu auch den entsprechenden Reisebericht.

Co-Stemming: Co-Stemming ist ein neues Verfahren für die Erstellung von Repräsentationen für Texte, um diese in einem Vektorraum darzustellen. Das Besondere an dem Verfahren ist, dass der Schreibstil, der in den Texten enthalten ist, extrahiert wird und für maschinelle Lernverfahren oder auch Verfahren des Data Minings erfassbar wird.

Co-Stemming wurde auf der European Conference on Information Retrieval 2012 in Dublin mit der Veröffentlichung [LS11] vorgestellt. Das Verfahren verwendet einen beliebigen Stemming-Algorithmus, der den Wortstamm für ein gegebenes Wort ermittelt. Wird der Wortstamm entfernt, bleiben ein oder mehrere Co-Stems übrig, die entweder Präfixe, Suffixe oder Infixe sind. In der Evaluierung in [LS11] kamen Stemming-Algorithmen zum Einsatz, die Co-Stems erzeugen, die Suffixe sind. Suffixe sind stark abhängig von den Wortflexionen, die Autoren individuell verwenden, und sind damit ein geeignetes Stilmerkmal.

Für die Evaluierung von Co-Stemming wurden mehrere Klassifikationsaufgaben untersucht, wie beispielsweise die Autorenschaftsanalyse, Web-Genre-Analyse, Textkategorisierung, Spam-Erkennung etc. Es wurde gezeigt, dass Co-Stems insbesondere bei Klassifikationsaufgaben, bei denen bekannt ist, dass Stilmerkmale einflussreich sind, eine erhebliche Rolle spielen.

Co-Stemming ist effizient berechenbar und universell einsetzbar. Daher wurde hier eine Repräsentation entwickelt, die unter anderem in der Informationsextraktion einsetzbar ist.

Anfrageunterstützung: Um aus einer großen Menge von Dokumenten, wie etwa dem Web, für einen Informationsbedarf passende Dokumente herauszufiltern, nutzen die meisten Menschen die Schnittstellen von Suchmaschinen. Nach Eingabe einiger Schlüsselworte listet eine Suchmaschine relevante Treffer gerankt nach ihrer Wichtigkeit auf. Dies stellt somit auch eine Form der Informationsextraktion aus großen Datenmengen

dar. Für viele “einfache” Anfragen funktionieren die großen bekannten Suchmaschinen auch sehr verlässlich. Wir haben aber die nicht zu vernachlässigenden Fälle im Auge, bei denen die originalen Anfragen der Nutzer nicht direkt passende Treffer liefern. Wir haben dazu Verfahren entwickelt, die in einer Suchanfrage zusammengehörige Wortgruppen (wie etwa `new york`) identifizieren. Die Hervorhebung solcher Wortgruppen (bei den meisten Suchmaschinen durch doppelte Anführungsstriche) präzisiert meist deutlich die Suchanfrage und verbessert so die Ergebnisse. Jedoch enthalten die wenigsten Suchanfragen wirklich solche hervorgehobenen Wortgruppen, so dass algorithmische Lösungen notwendig sind.

Der von uns entwickelte Ansatz ist sehr einfach und sehr schnell, so dass er die Interaktion mit Suchmaschinen nicht behindert. Trotzdem ist die Qualität der gefundenen Wortgruppen besser als die vieler vorher dazu vorgeschlagener Algorithmen. Die entsprechende Arbeit wurde auf der weltweit bedeutendsten Web-Konferenz, der WWW, vorgestellt [HPSB11] und später auf der Konferenz CIKM noch verfeinert [HPBS12].

Außerdem interessant für eine automatische Unterstützung von Nutzern bei der Informationsextraktion aus dem Web durch Suche sind sogenannte Suchsitzungen. Eine Suchsitzung enthält die Suchanfragen eines Nutzers, die dieser für einen bestimmten Informationsbedarf gestellt hat. Da heutige Websuchmaschinen oft sehr gut arbeiten, sind die meisten Suchsitzungen kurz: gute Treffer werden gleich für die erste Anfrage angezeigt. Wenn aber ein Nutzer viele thematisch zusammenhängende Anfragen stellen muss, deutet das darauf hin, dass er von der Suchmaschine nicht gut genug für seinen Informationsbedarf unterstützt wird. Wir haben ein schnelles automatisches Verfahren entwickelt, dass solche Suchsitzungen erkennen kann. Für diese kann dem Nutzer dann eine bessere Hilfestellung angeboten werden, als nur die übliche Textbox zum Eintragen einer Anfrage. Die entsprechende Forschung wurde auf der Konferenz CIKM, einer sehr großen Konferenz zum Thema Information Retrieval und Knowledge Management, vorgestellt [HSR11].

Durch die in diesem Arbeitspaket erstellten Algorithmen und deren Evaluation, wurde der Meilenstein M18 erfüllt.

Ein-Klassen-Klassifikationsensembles: Eine weitere Komponente zur Informationsextraktion im E-Learning-spezifischen Retrieval ist ein Klassifikationsverfahren, das für die Extraktion relevanter Inhalte geeignet ist. Hierfür wurden Ein-Klassen-Klassifikationsensembles entwickelt und erforscht. Ein-Klassen-Klassifikationsverfahren sind geeignet, um mit den gewünschten Dokumenten bzw. Inhalten trainiert zu werden, um weitere ähnliche Dokumente zu extrahieren. Beispielsweise können diese Verfahren effizient dazu eingesetzt werden, Dokumente über Baustoffe zu extrahieren. Eine Schwäche von Ein-Klassenklassifikations-Verfahren ist, dass die Dokumente der Zielklasse einer einfachen Verteilung bezüglich ihrer Textrepräsentation entstammen müssen.

Mit dem Einsatz des neuen Ein-Klassen-Klassifikationsensembles ist dies nicht mehr zwingend notwendig und es können multimodale Verteilungen berücksichtigt werden. Das Verfahren arbeitet in zwei Schritten, um dies zu ermöglichen. Im ersten Schritt werden die Trainingsdokumente, die die zu extrahierenden Inhalte enthalten, in Subthemen aufgeteilt. Dies geschieht automatisiert mit Hilfe eines Clustering-Verfahrens. Die Auswahl eines geeigneten Cluster-Algorithmus ist dem Benutzer freigestellt. Im zweiten Schritt wird für jedes Subthema jeweils ein Ein-Klassen-Klassifizier trainiert. Die verschiedenen einzelnen Klassifizierer werden im Verbund eingesetzt, um für ein Dokument zu entscheiden, ob dieses relevante Informationen zur Extraktion beinhaltet. Die Forschung und Entwicklung dieses Verfahrens wurde auf der Konferenz SIGIR 2012 in Portland, USA, vorgestellt.

Zusammenfassung: Die Komponenten für die Informationsextraktion, die in den Projekten “Live Retrieval on Twitter” und “Opipar” eingesetzt wurden, sind zusammen mit dem Ein-Klassen-Klassifikationsensembles in einer Software-Library verfügbar gemacht worden und können übergreifend verwendet werden aber auch als Webservice eingesetzt werden.

Der Meilenstein M23 ist damit erfüllt. Die entwickelten Verfahren und Algorithmen der Informationsextraktion sind im E-Learning-spezifischen Retrieval integriert und in verschiedenen Bereichen (Meinungs- und Stimmungsanalyse über Filme und Produkte) eingesetzt worden. Das E-Learning-spezifische Retrieval ist als Komponente verfügbar.

Arbeitspaket A4: Informationsvisualisierung

Beschreibung: Aufbauend auf den Ergebnissen des *Arbeitspakets B1: XHD-Lernraum* wurden Ansätze aus dem Bereich der Informationsvisualisierung zur visuellen Darstellung inhomogener Daten und deren Verknüpfungen sowie Techniken der wissenschaftlichen Visualisierung zur Darstellung sehr großer Messdatensätze eingesetzt. Hier sollten neue Techniken entwickelt werden, die auf den dynamisch generierten Strukturen aus dem E-Learning-spezifischen Retrieval arbeiten und es ermöglichen, diese Ergebnisse interaktiv und visuell zu analysieren, Anfragen zu verfeinern und deren Ergebnisse kontinuierlich in die Darstellungen zu integrieren. Zusätzlich wurden basierend auf den durch 2D-/3D-Scans bzw. 3D-Vibrometer-Messungen gewonnenen Daten Visualisierungen der gefundenen Assoziationen entwickelt und ggf. abstrahierte Darstellungen der gemessenen Daten generiert. Diese Techniken müssen bezüglich der verfügbaren Bandbreite, Auflösung und Rechenleistung skalierbar sein, um möglichst auch mit mobilen Plattformen, wie PDAs und Mobiltelefonen, optimal zu funktionieren.

Abschlussbericht: Zur Entwicklung und Evaluierung berührungsgesteuerter Mehrbenutzer-Interaktionen wurden zwei XHD-Display mit einer Auflösung von 3840x2400 Bildpunkten erworben. Diese Displays wurden zusätzlich mit einem berührungsempfindlichen Rahmen bedeckt, welcher neuartige Eingabemethoden ermöglicht. Gegenüber den bereits vorhandenen berührungsempfindlichen XHD-Displays erlaubt der neue Aufbau, durch die Möglichkeit bis zu 32 Berührungspunkte gleichzeitig zu erkennen und zu verfolgen, deutlich komplexere Eingabegesten für mehrere Benutzer. Das Vorhandensein eines weiteren berührungsempfindlichen Displays erlaubt uns darüber hinaus, neben der Erforschung von grundlegenden Interaktionstechniken auf großen Multi-Touch Geräten und der Erprobung verschiedener Interaktionswerkzeuge für den Umgang mit komplexen Informationsmengen, die Entwicklung von Visualisierungs- und Interaktionstechniken zur Darstellung und Exploration sehr großer und hochauflösender 2D- und 3D-Messdaten.

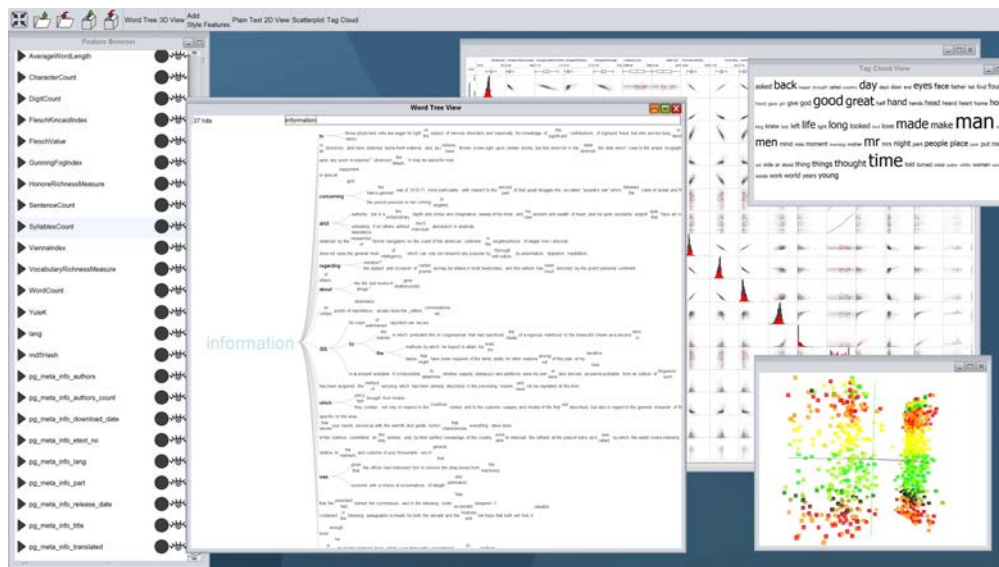


Abbildung 2.6: Visual Data Mining Framework mit verschiedenen Visualisierungen zu demselben Datensatz.

Visual Data Mining Framework: Um die Ergebnisse von E-Learning-spezifischen Retrieval-Algorithmen oder anderer hochkomplexer Datenstrukturen interpretieren zu können, sind entsprechende Visualisierungsmethoden nötig. Das Framework bietet Entwicklern die Möglichkeit, Visualisierungskomponenten standardisiert zu entwickeln, mit denen verschiedene Datenformate, zum Beispiel das XML-Format für E-Learning (vgl. *Arbeitspaket D1*), dargestellt werden. Im Rahmen studentischer Projekte ist ein Framework gereift, mit dem man multidimensionale Daten aus verschiedenen Berechnungen auf großen Datenmengen (z.B. Textkorpora), auf verschiedenste Weise darstellen kann. Die Visualisierungen reichen von einfachen Wordclouds über

Wortbäume bis zu parallelen Koordinaten und Scatterplotmatrizen. So können auch verschiedene Algorithmen verdeutlicht und deren Auswirkungen auf die Daten überprüft werden. Das Framework ist inzwischen ausgereift und wird heute von Studierenden eingesetzt. Während der Entwicklung des *Visual Data Mining Framework* wurden verschiedene Use-Cases für Informationsvisualisierung im E-Learning konzipiert (Meilenstein M11) und eine wichtige Anwendung der Informationsvisualisierung für E-Learning Daten demonstriert (Meilenstein M19). Viele dieser Entwürfe und Use-Cases wurden dann als *Netspeak Wordgraph*, *Product Explorer* und *Large Image Rendering* (siehe folgende Abschnitte) umgesetzt, womit Informationsvisualisierungstechniken als Komponenten für entsprechende Aufgaben aus dem E-Learning verfügbar gemacht wurden (Meilenstein M24).

Netspeak Wordgraph Visualisierung: Für den im Rahmen des *Arbeitspaketes A2: E-Learning-spezifisches Retrieval* entwickelten Schreibassistenten Netspeak existierte bereits ein textbasiertes Web-Interface, in das die Anfrage, ähnlich einer Onlinesuche, eingetragen werden kann. Die Ergebnisse werden dann in Form einer Liste geliefert, die nach den Häufigkeiten der Antworten sortiert sind (vgl. Abbildung 2.7a). Zusätzlich wird im Rahmen des *Arbeitspaketes A4* eine zweite Visualisierung entwickelt, die alle Antworten in Form eines Graphen zusammenfasst (vgl. Abbildung 2.7b). Es ist möglich, mit modernen Interaktionsparadigmen den Graphen zu explorieren und zu erweitern, um so den gewünschten Ausdruck einzugrenzen und auszuwählen.

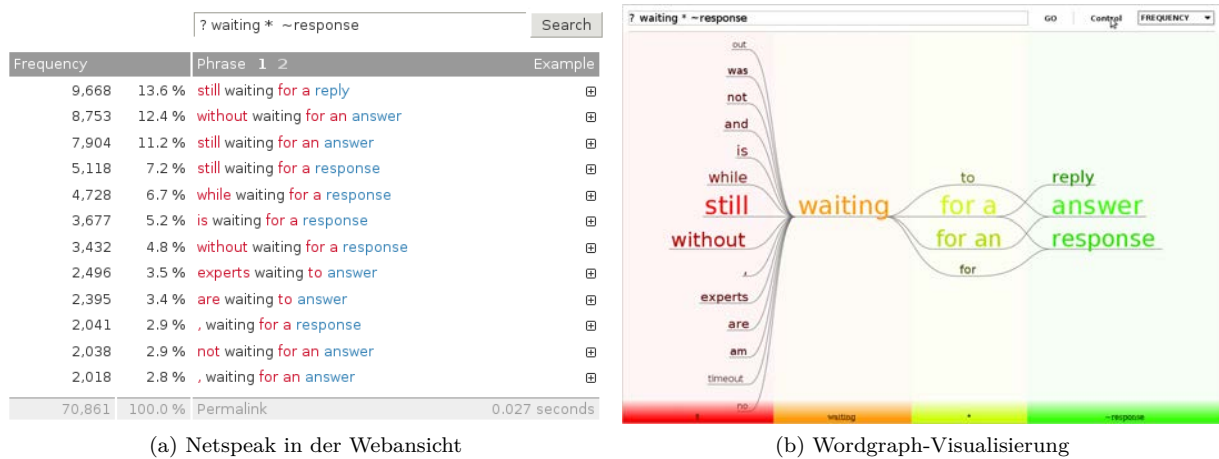


Abbildung 2.7

Beide Ansichten haben unterschiedliche Vorteile. So ist die Textansicht besser geeignet, um einfache Phrasen auf ihre Richtigkeit zu überprüfen und ggf. Alternativen zu finden. In der Visualisierung lassen sich Zusammenhänge einfacher erkennen und abschätzen, als dies in der Textansicht möglich ist. Des Weiteren kann mit einer sogenannten Stitching-Technik eine Phrase um weitere Wörter ergänzt werden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden im Rahmen des Papers “The NETSPEAK WORDGRAPH: Visualizing keywords in context” auf der PacificVis-Konferenz im März 2011 in Hongkong veröffentlicht, welches zudem den Preis für die beste Veröffentlichung gewinnen konnte [RGF⁺11]. Aufgrund dieses Erfolges wurden die beteiligten Autoren aufgefordert, eine erweiterte Version des Papers beim renomierten Journal “Transaction on Visualization and Computer Graphics” einzureichen [RGP⁺12].

Zusätzlich zum bestehenden Prototypen wurde innerhalb einer Bachelorarbeit die Implementierung einer neuen Version begonnen, welche ohne Webbrowser-Plugins (in unserem Fall Java) auskommen wird. Dies vereinfacht eine zukünftige Veröffentlichung des Wordgraphen und verbreitert die Menge potentieller, zukünftiger Nutzer. Die Neuimplementierung soll dann zusätzlich zum schon öffentlichen Netspeak-Web-Interface angeboten werden.

Product Explorer Die besondere Darstellungsform der Parallelen Koordinaten ist insbesondere für hochdimensionale Daten, die sehr viele Attribute enthalten, sehr gut geeignet. Ein Datum wird dabei durch einen

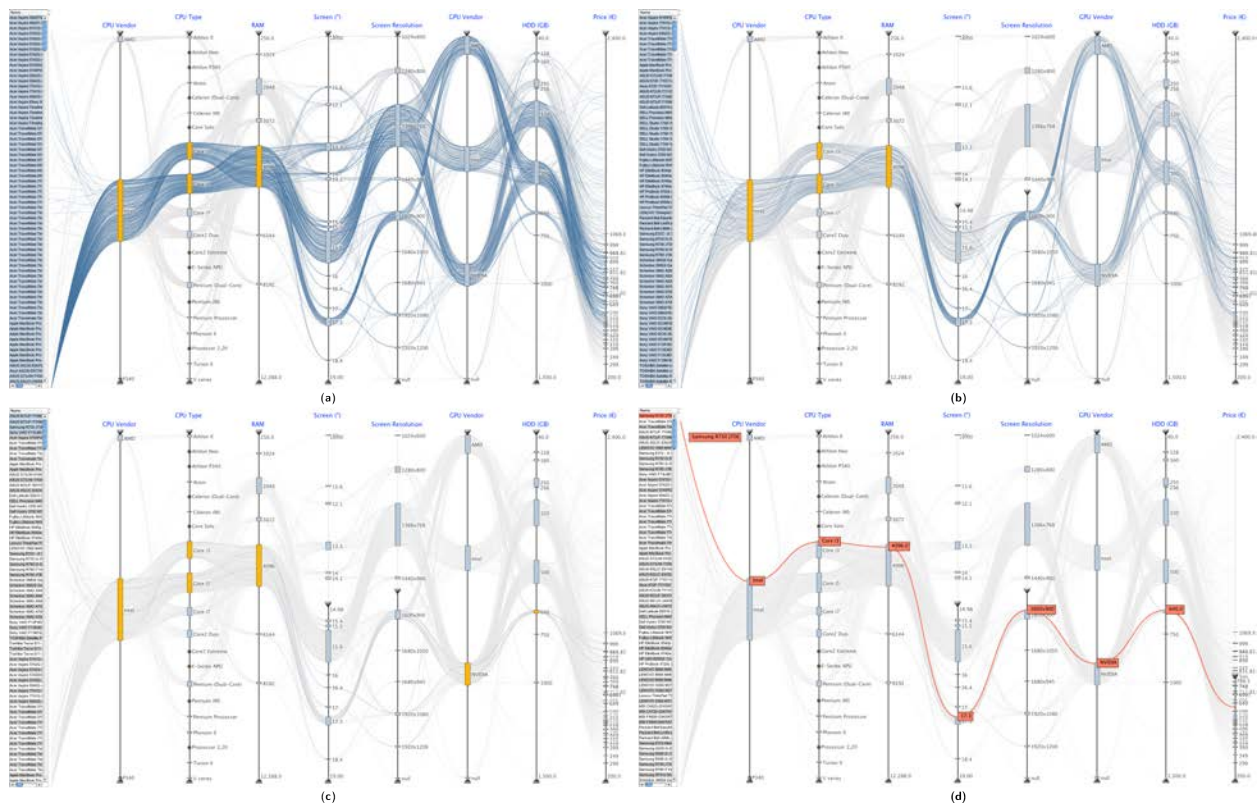


Abbildung 2.8: Verschiedene Stufen einer Produktauswahl mit dem Product Explorer.

Linienzug in horizontaler Richtung dargestellt. Dieser Pfad schneidet die vertikal ausgerichteten, parallelen Achsen jeweils in dem Punkt, der dem Wert des Datums für dieses Attribut entspricht (siehe Abbildung 2.8).

Die klassischen Parallelen Koordinaten wurden weiterentwickelt, um einen Produkt-Explorer zu entwickeln. Fast alle Entscheidungen, die zum Erwerb eines Produktes, sei es privater oder geschäftlicher Natur, getroffen werden müssen, sind mit multidimensionalen Datensätzen verknüpft, meist ohne, dass sich die entscheidende Person sich dessen bewusst ist. Alle Produkte haben verschiedene Eigenschaften oder Attribute, die gewichtet und verglichen werden müssen, um zu einer tragfähigen Entscheidung zu gelangen. Eine sinnvolle Visualisierung mit ansprechenden Interaktionen wäre sehr hilfreich. Die Parallelen Koordinaten sollen als Ausgangsbasis dienen, um eine solche zu implementieren. Es soll somit eine Alternative zu bestehenden Produktübersichts- und -suchsystemen in Online-Shops entstehen. Große Datenmengen können mit dem Product Explorer sehr schnell visuell durchsucht und gefiltert werden, indem die einzelnen Bereiche auf den Attribut-Achsen den Vorgaben des Benutzers entsprechend ausgewählt oder eingeschränkt werden. Mit Hilfe dieser neuen Interaktionstechnik kann die ursprünglich große Produktmenge schnell auf einzelne in Frage kommende Exemplare verkleinert werden, ohne dabei die Gesamtübersicht zu verlieren (siehe Abbildung 2.8).

Nach Abschluss der Bachelorarbeit zum Product Explorer wurden zusätzliche wesentliche Features implementiert und in einer Nutzerstudie getestet. Die daraus resultierende Version konnte als Paper bei einer der wichtigsten internationalen Konferenzen zu den Themen graphische Benutzeroberflächen und Informationsvisualisierung, der AVI12, platziert werden.

Die Darstellungsmethoden und grundlegenden Auswahltechniken sollen, wenn möglich, patentiert werden. Entsprechende Schritte zur Anmeldung eines diesbezüglichen Patentes wurden eingeleitet. In enger Kooperation mit der Firma Dynardo wurde eine Masterarbeit begonnen, die sich mit der Visualisierung zeitveränderlicher Simulationsdaten auf Basis von Parallelen Koordinaten beschäftigt (siehe Abbildung 2.9).

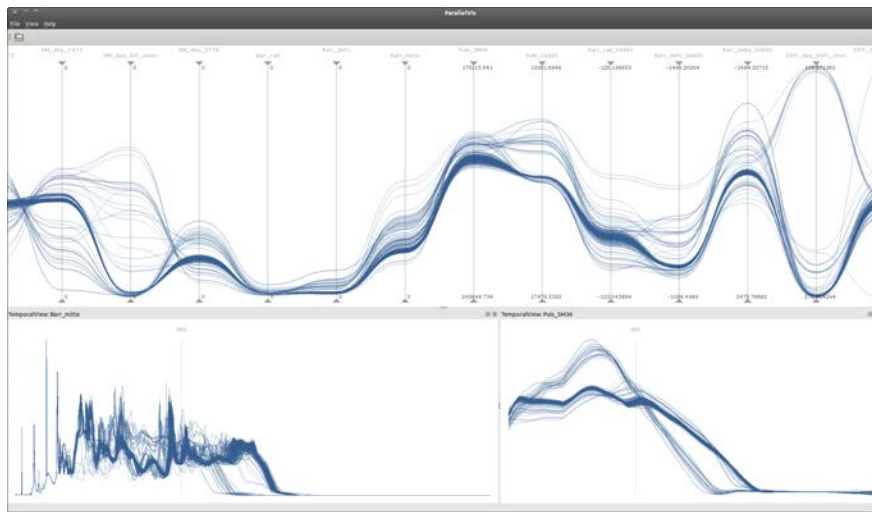


Abbildung 2.9: Erste Tests von zeitveränderlicher Simulationsdaten in Kombination mit Parallelen Koordinaten.

Large Image Rendering: In vielen medizinischen Bereichen werden mikroskopische Untersuchungen von speziell eingefärbten Gewebeschnitten für schnelle Befundung durchgeführt. Slide-Scanner erlauben die Erfassung solcher Schnitte für die digitale Verarbeitung. Typischerweise besitzen diese Aufnahmen extrem hohe Auflösungen im Bereich von 100.000×100.000 Pixel und bieten somit extrem detaillierte Einblicke in die gescannten Daten (siehe Abbildung 2.11). Jedoch benötigen derartige Aufnahmen mehrere Gigabyte Speicherplatz und passen nicht in die lokalen Hauptspeicher herkömmlicher Computer. Deshalb werden für die flüssige Darstellung und Interaktion mit den darzustellenden Bildern spezielle Out-of-Core Techniken benötigt. Im Rahmen des Projektes werden die Bilder auf hochauflösenden XHD-Displays ausgegeben, um den hohen Detailgrad bestmöglich zu reproduzieren. In Kooperation mit unseren Projektpartnern von der Zeiss MicroImaging GmbH entwickelten wir ein erstes Labormodell für die Darstellung einzelner extrem großer Bilddatensätze basierend auf hochauflösenden Scans mikroskopischer Proben. Durch aufbauende Mitarbeiter- sowie studentische Projekte und Bachelorarbeiten wurden neue Technologien zur gleichzeitigen Darstellung mehrerer großer Bilddatensätze erarbeitet.

Bei einer Präsentation auf der weltgrößten Messe für optische Technologien, der LASER World of PHOTONICS hat der XHD-Multitouch-Tisch bereits für reges Interesse gesorgt (siehe Abbildung 2.10).

Im Projekt entstanden verschiedene Abschlussarbeiten, die einzelnen Facetten des gesamten Themas vertiefen. So wurde z.B innerhalb einer Arbeit die Konzeption und die Implementierung einer direkten Benutzerschnittstelle basierend auf berührungsempfindlichen XHD-Displays zur Interaktion und Manipulation besagter hochauflöster Bilder bearbeitet. Diese Arbeit greift zum Teil Ideen auf, die im Bereich der *Multi Touch Widgets* in Arbeitspaket *B1 XHD-Lernraum* entwickelt wurden.

Weiterführend wurde im Rahmen einer Masterarbeit ein neuer Arbeitsplatz auf Basis eines Stift-Displays zur Bildanalyse immunhistochemischer Präparate entwickelt. Die Interaktion mit dem Arbeitsplatz wurde für die Stifteingabe optimiert (siehe Abbildung 2.13). Darüber hinaus liefert das zugrundeliegende Rendingsystem eine konstante Bildwiederholfrequenz von 60 Bildern pro Sekunde, was sehr wichtig für flüssige, unterbrechungsfreie Arbeitsabläufe ist. Für diese Projektarbeit wurden 20 immunhistochemische Schnittpräparate durch unsere Projektpartner der Zeiss MicroImaging GmbH zur Verfügung gestellt. Jede dieser Proben weist ein anderes Antigen durch ein braunes Farbprodukt nach und beinhaltet zusätzlich eine blaue Kontrastfärbung. Die braun und blau eingefärbten Strukturen bilden sich an verschiedenen Positionen im Gewebe unterschiedlich stark aus, wie in Abbildung 2.12 zu sehen ist.

Die Analyse hochauflösender Gewebeschnitte wurde in Hinblick auf die Möglichkeiten der Überlagerung meh-



Abbildung 2.10: Präsentation des XHD-Multitouch-Tisches auf der weltgrößten Messe für optische Technologien, der LASER World of PHOTONICS, im Mai 2011. Es wurde die Visualisierung extrem hochauflöster Scans mikroskopischer Proben am Stand der Projektpartner von der Zeiss MicroImaging GmbH demonstriert.

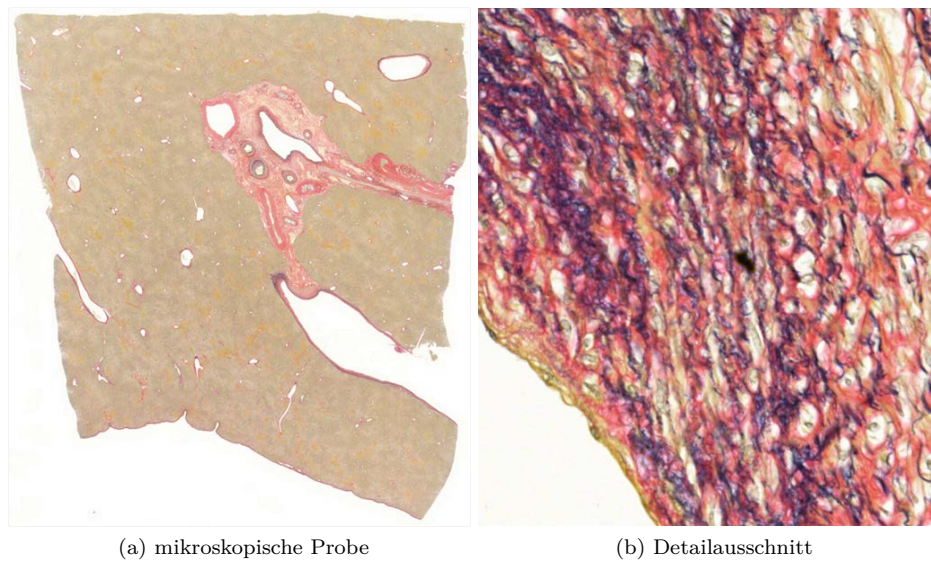


Abbildung 2.11: Diese Bilder zeigen eine typische mikroskopische Probe. Das rechte Bild zeigt den hohen Detailgrad in den digitalen Scans solcher Proben.

rerer korrelierender Präparate betrachtet. Entscheidend bei einer Untersuchung solcher Präparate ist eine quantitative Analyse der Daten, bei der die Anzahl und die Lokalität sowie die Kolokalisation unterschiedlicher Strukturen im Fokus stehen. Damit eine direkte Überlagerung der Präparate sinnvoll geschehen kann, wurden Segmentierungsalgorithmen auf Basis von Gradient-Joint-Histogrammen entwickelt. Diese Algorithmen erlauben das interaktive Extrahieren und Umfärben markanter Geweberegionen. Für die Überlagerung bzw. Verknüpfung mehrerer Präparate wurden verschiedene Operationen implementiert, welche bisher nicht mögliche Visualisierungen mikroskopischer Präparate ermöglichen.

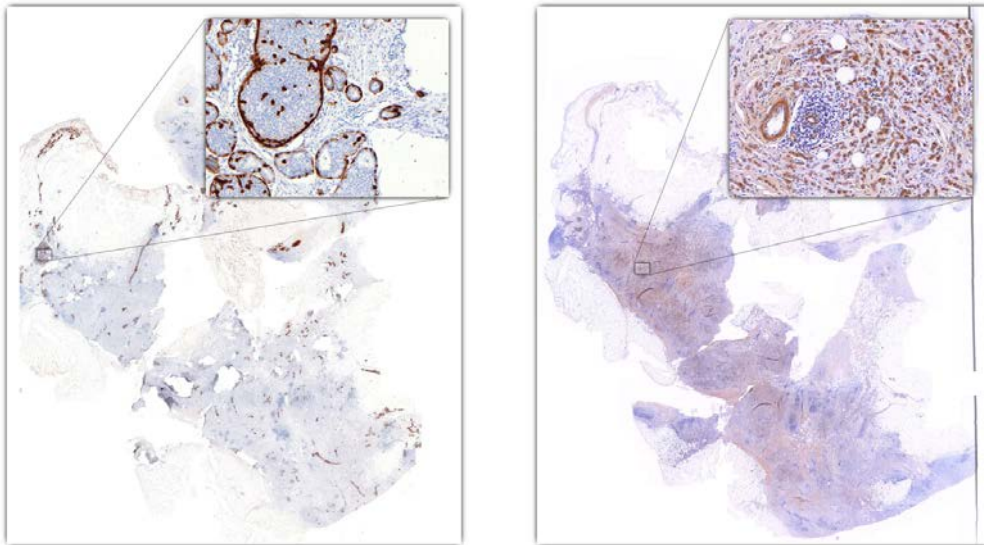


Abbildung 2.12: Diese Bilder zeigen zwei immunhistochemische Antikörperfärbungen: Auf der linken Seite (KRT5) bildete sich ein braunes Farbprodukt an den umschließenden und auf der rechten Seite (MMP1) an den eingebetteten Strukturen aus.



Abbildung 2.13: Hier ist exemplarisch der Aufbau eines neuen Arbeitsplatzes auf Basis eines Stift-Displays zur Bildanalyse immunhistochemischer Präparate dargestellt. Dieser Arbeitsplatz soll Ideen für zukünftige Arbeit mit digitalisierten mikroskopischen Präparaten aufzeigen.

Arbeitspaket B1: XHD-Lernraum: Interaktion

Beschreibung: Der “Extra High Definition”-Lernraum schafft neue Möglichkeiten für Lerngruppen, um mit komplexen Themen und umfangreichen Daten zu interagieren und sie zu explorieren. Die Benutzer, Lehrende und Lernende, können durch Multitouch-Eingaben direkt mit den dargestellten Inhalten interagieren. Die Größe eines XHD-Panels sorgt in diesem Zusammenhang für eine gute Übersichtsdarstellung aus der Ferne, während die hohe Auflösung des Displays eine geeignete Detaildarstellung erlaubt. Im Arbeitspaket

B1 realisierten wir grundlegende Technologien für die folgende Arbeit in der Paketen *A4 Informationsvisualisierung*, *B3 Mobile Lernszenarien* und *C4 Wissenschaftliche Visualisierung*.

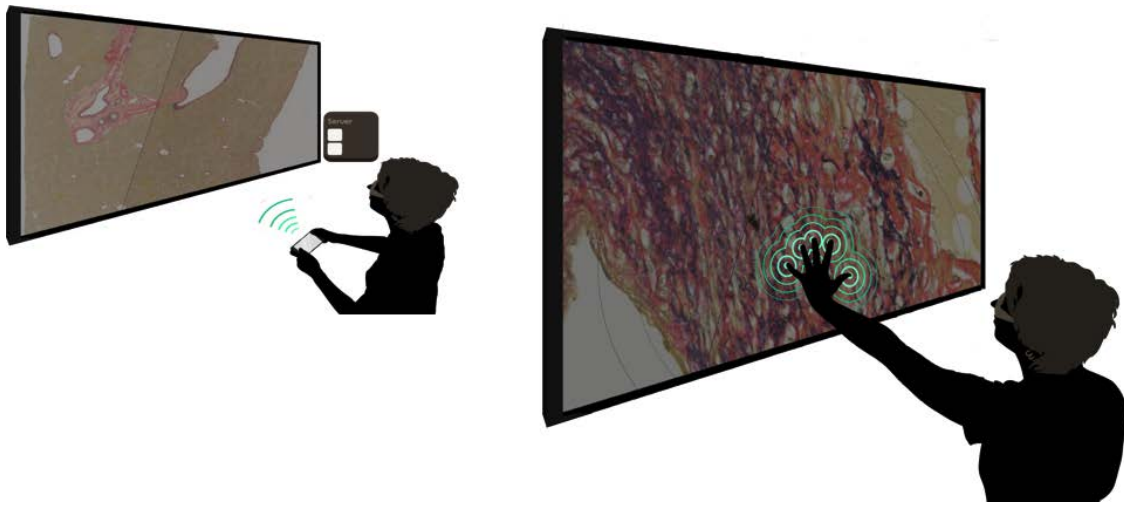


Abbildung 2.14: Entwürfe von berührungsempfindlichen und mobilen Benutzerschnittstelle zur Interaktion mit großen Bildern im Hinblick auf die Anforderungen der Medizin und der Biologie insbesondere für mikroskopischen Bilddaten.

Abschlussbericht: Zur Entwicklung und Evaluierung berührungsgesteuerter Mehrbenutzer-Interaktionen wurden drei XHD-Displays mit einer Auflösung von 3840x2400 Bildpunkten erworben. Das Vorhandensein mehrerer Displays erlaubte uns die Strategie der parallelen Entwicklung und Erprobung unterschiedlicher Anwendungsszenarien.

Alle Displays sind mit berührungsempfindlichen Rahmen bedeckt, und erlauben damit direkte Manipulation der Inhalte durch Fingerbewegungen und Gesteneingaben. Zwei Displays wurden vertikal aufgestellt, während das dritte Gerät als hochauflösender Tisch verwendet wird. Alternative Nutzungen verschiedener Displays erlaubten uns im Rahmen des Projektes die schnelle prototypische Realisierung verschiedener Interaktionswerkzeuge für den Umgang mit komplexen und großen Informationsmengen.

Im Rahmen des Projektes realisierten wir zudem zwei Eigenbauten von Multi-Touch-Tischen (siehe Abbildung 2.15). Beide nutzen Rückprojektion zur Darstellung der Inhalte und Infrarotkameras zur optischen Messung von Nutzereingaben. Diese beiden Systeme ermöglichten uns auch die Entwicklung verbesserter Trackingtechnologien [EKF12]. Die experimentellen Aufbauten dienten uns auch als Plattform zur Integration erweiterter Technologien, ohne die Arbeit an der Anwendungsentwicklung zu stören. So konnte beispielsweise in einer Diplomarbeit ein System zur Unterscheidung der Eingaben mehrere Nutzer entwickelt werden. Zu diesem Zweck installierten wir zusätzliche Kameras an der Decke über dem Arbeitsplatz. Die am Tisch stehenden Personen können damit aufgenommen und verfolgt werden [SYG⁺13].

Parallel zum Aufbau des XHD-Lernraumes wurden im Rahmen von Mitarbeiterprojekten, studentische Projekte und Bachelorarbeiten zur Erprobung von Multiuser-Lernszenarien durchgeführt.

Visual Data Mining: Um die Ergebnisse von E-Learning-spezifischen Retrieval-Algorithmen oder anderer hochkomplexer Datenstrukturen interpretieren zu können, sind entsprechende Visualisierungsmethoden nötig. In einem Lehrprojekt entwickelten wir mit Studenten ein Framework zur standardisierten Entwicklung von Visualisierungskomponenten. Verschiedene Datenformate wie das weit verbreitet XML-Format für E-Learning (siehe Arbeitspaket D1), können durch das Framework direkt interpretiert und für verschiedene Anwendungen verwendet werden. Siehe dazu auch *Arbeitspaket A4*.

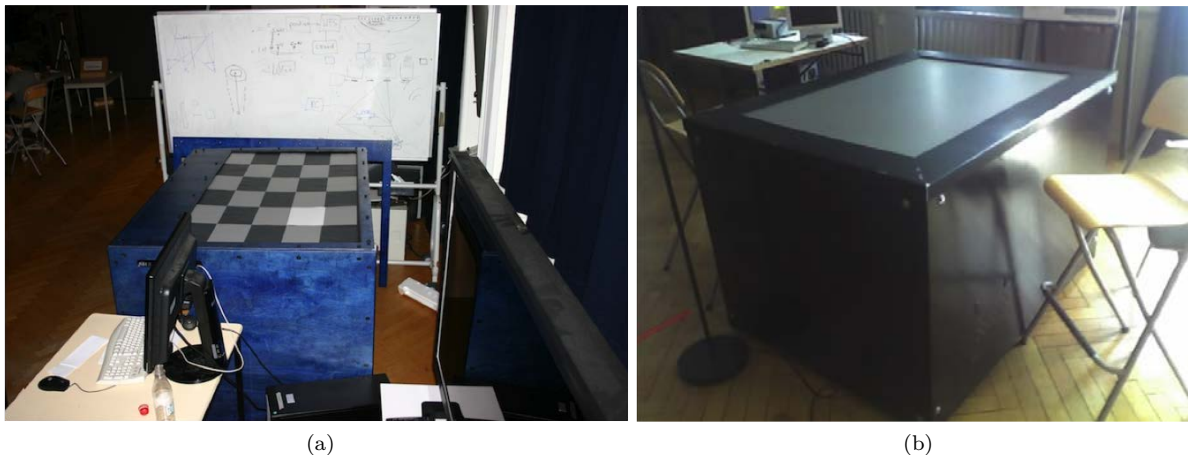


Abbildung 2.15: Multi-Touch-Tische, die während der Projektlaufzeit gebaut wurden.

Large Image Rendering: Im medizinischen Bereich werden mikroskopische Untersuchungen von Gewebeschnitten für schnelle Befundung durchgeführt. Mit speziellen Scannern werden Bilder von Schnitten erfasst, die sehr hohe Auflösungen im Bereich von 100.000 x 100.000 Pixel haben und somit nicht in die Arbeitsspeicher herkömmlicher Computer passen. Im Rahmen des Projektes benötigten wir Techniken die derart große Bilddaten zudem auch auf hochauflösenden XHD-Displays anzeigen können und dabei eine flüssige Interaktion gewährleisten. Wir entwickelten ein Rendersystem basierend auf neuen Out-of-Core Renderingtechniken, die wir direkt für diese Anwendung entwickelten. Das Thema *Large Image Rendering* wurde in Arbeitspaket A4 *Informationsvisualisierung* weitergeführt.

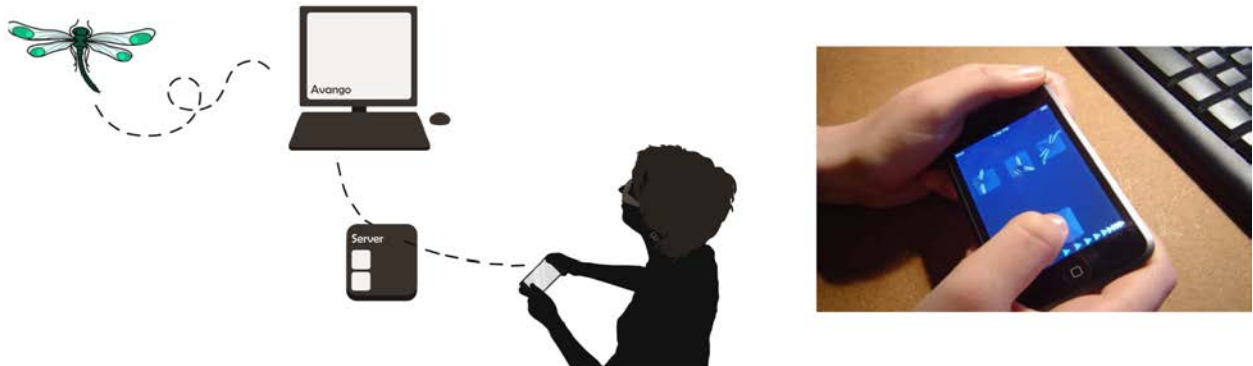


Abbildung 2.16: Labordemonstrator von Remote Control Techniken, mit mobilen Geräten.

Mobile Multi Touch und Remote Control Techniken: Ergänzend zur Multi-Touch-Interaktion an den Bildschirmen wird an einem Framework zum Einsatz von drahtlosen Eingabegeräten gearbeitet, die ebenfalls in der Lage sind, Anwendungen auf den XHD-Displays “fernzusteuern”. Erste Tests an Standardbildschirmen sind bereits erfolgreich verlaufen. Dieses Framework erweitert das Mehrbenutzerszenario an einem berührungsempfindlichen Tisch oder Panel zu einem Lernszenario mit zusätzlichen mobilen Eingabegeräten. So kann eine Lerngruppe zum Beispiel aus der Ferne einen Gesamtüberblick gewinnen und dabei die Anwendung entfernt steuern, um danach am Display selbst die Details zu betrachten. Besonders bei Gruppenbesprechungen an großen Bildschirmen sind Fernsteuerungseinheiten zur Interaktion oft sehr hilfreich. Dies gilt speziell für die Systemsteuerung, da die teilweise notwendigen Anpassungen des Systems oft nicht für die ganze Gruppe relevant sind und vom eigentlichen Arbeitsziel ablenken. Wir arbeiteten daher an verschiedenen Ansätzen, verschiedene Varianten der Fernsteuerung in die Infrastruktur des XHD-Lernraumes zu integrieren.

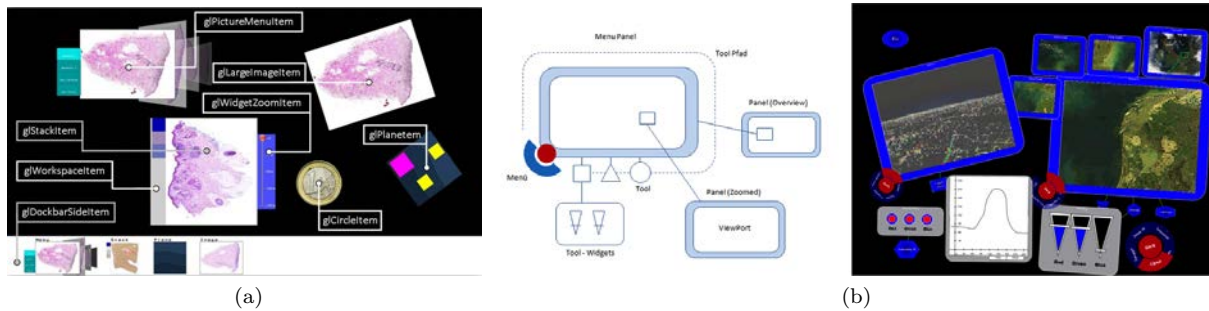


Abbildung 2.17: Elemente von Benutzerschnittstelle zum effizienten Umgang mit großen Bildern

Multi Touch Widgets: Die Multi-Touch-Eingabetechnologien der großen Bildschirme im XHD-Lernraum stellten uns vor neue Herausforderungen für die Gestaltung und technische Umsetzung effektiver Benutzerschnittstellen. Wir untersuchten verschiedene Ansätze, diesen Anforderungen zu entsprechen. Im Szenario einer Bildbearbeitungsanwendung wurden unterschiedliche Schnittstellen-Elemente (Interface Widgets) implementiert und mit interessierten Benutzern evaluiert (siehe Abbildung 2.17).

Insgesamt wurde die notwendige Soft- und Hardware-Infrastruktur für den XHD-Lernraum entwickelt und eingerichtet und somit Meilenstein M3 erfüllt (anstelle der geplanten Projektoren kamen QuadHD-Displays zum Einsatz). Viele technische Voraussetzung für den Meilenstein M14 (Arbeitspaket B3) wurden bereits in diesem Arbeitspaket erreicht.

Arbeitspaket B2: 3D-Lernraum: Grundlagen

Beschreibung: Der 3D-Lernraum ermöglicht mehreren Personen, dreidimensionale Inhalte, wie beispielsweise Architektur- und Produktentwürfe, gemeinsam zu erleben und zu diskutieren. Jedem Nutzer wird basierend auf seiner Position vor der Projektionsfläche ein perspektivisch korrektes Stereobild angezeigt. Ändert der Nutzer seine Position wird entsprechend die Perspektive auf die virtuelle Szene angepasst. Die Betrachter erleben die Illusion einer dreidimensionalen Realität. Zusätzlich wurde der 3D-Lernraum mit einem Soundsystem ausgestattet, das dreidimensionale Höreindrücke für mehrere Nutzer durch Wellenfeldsynthese erzeugen kann.

Damit ermöglicht es unser Mehrbenutzerprojektionssystem mehreren Nutzern im 3D-Lernraum die dargestellte Computergrafik aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und in der gemeinsam erlebten Raumsimulation natürlich zu agieren. Interaktive Computergrafik bietet aber auch zusätzliche Möglichkeiten der Visualisierung und der Manipulation, die in Realität nicht möglich wären. Das Design unserer Eingabegeräte und Interaktionstechniken zielt darauf ab, realistische Rauminteraktion und erweiterte Funktionalitäten derartig miteinander zu verknüpfen, dass mehrere Benutzer aus unterschiedlichen Fachbereichen effektiv und ohne zusätzlichen Lernaufwand im 3D-Lernraum miteinander arbeiten können.

Abschlussbericht: *3D-Lernraum – Projektionssystem:* Das Herzstück des 3D-Lernraums ist eine Mehrbenutzer-Projektionswand. Sechs lichtstarke HD-Videoprojektoren (1920 × 1080 Pixel) sind auf eine 3 × 2 Meter große halbtransparente Bildleinwand ausgerichtet. Deren projizierte Bilder überlagern sich auf der Leinwand und können von der gegenüberliegenden Seite betrachtet werden. Dadurch kann drei Nutzern gleichzeitig ein perspektivisch korrektes Bildpaar zur stereoskopischen Wahrnehmung einer dreidimensionalen Szene angezeigt werden. Der Aufbau als Rückprojektion stellt sicher, dass die Nutzer keine Schatten auf die Leinwand werfen (vgl. Abbildung 2.18). Im April 2009 konnten wir das Mehrbenutzer-Projektionssystem in Betrieb nehmen (Meilenstein M4: Initiale Hardware Infrastruktur). Im weiteren Verlauf des Jahres wurde sowohl die Hardware weiterentwickelt als auch eine Softwareinfrastruktur geschaffen, um Anwendungsdemonstratoren

umzusetzen. Ende 2009 konnten wir erste Anwendungen für 3 Benutzer präsentieren (Meilenstein M12). Im Folgenden werden die Komponenten des 3D-Lernraums genauer vorgestellt.



Abbildung 2.18: Zwei Nutzer untersuchen und diskutieren die räumliche Aufteilung des Motorraums eines PKWs im 3D-Lernraum. Das Foto wurde ohne Shutter vor der Kamera aufgenommen, daher sind zwei Stereo-Bildpaare gleichzeitig sichtbar.

3D-Lernraum – Shutterbrillen: Zur Separation der verschiedenen Stereobildpaare der Nutzer wurden kabellose Shutterbrillen entwickelt und iterativ verbessert. Ein Framework zur Ansteuerung der Brillen wurde realisiert. Die Brillen müssen untereinander sowie mit dem Projektionssystem synchronisiert sein, um ein Übersprechen der Bilder für andere Nutzer auszuschließen. Diese Synchronisation muss zwingend kabellos realisiert werden, damit sich die Nutzer ohne physikalische Einschränkungen vor der Projektion und damit auch innerhalb der Szene bewegen können. Die Shutterbrillen wurden in mehreren Iterationen weiterentwickelt. Mit einfachen, handelsüblichen Shutterelementen, die wir zunächst einsetzten, war ein störendes Übersprechen (Ghosting) der verschiedenen Bilder zu beobachten. Das heißt, die Nutzer sahen durch die 3D-Brillen nicht nur die Bilder für ihre individuelle Perspektive, sondern auch teilweise jene für weitere Nutzer. Durch den Einsatz von speziell für unseren 3D-Lernraum gefertigten Doppelshuttern mit einem gesteigerten Kontrastverhältnis (bis zu 25.000 : 1) konnten wir dieses Übersprechen in der Wahrnehmung der Nutzer eliminieren.

Bei der Entwicklung der kabellosen Synchronisation testeten wir zunächst eine Funkverbindung. Aufgrund von Schwierigkeiten, diese Synchronisation kontinuierlich beizubehalten und mit dem Ziel, die technische Komplexität zu reduzieren, setzten wir nach den anfänglichen Experimenten auf Infrarot. Dazu nutzen wir den Infrarotblitz des optischen Trackingsystems. Doch diese Lösung bot keine Flexibilität zur Nutzung in wechselnden Umgebungen und mit unterschiedlichen Bildschirmen. Daher intensivierten wir zuletzt die Anstrengungen zur Entwicklung einer adäquaten Funklösung. Die aktuell eingesetzten Shutterbrillen (Abbildung 2.20) sind im Vergleich zu den frühen Prototypen, die wir in Zwischenberichten zeigten, wesentlich ergonomischer und flexibler einsetzbar. Durch den Einsatz eines eigenen Funkprotokolls ist die Brille in wechselnden Umgebungen einsetzbar und kann während der Benutzung vom System neu konfiguriert werden. Dies ist vor allem beim Einsatz mehrerer heterogener Bildschirmsysteme von Vorteil. Auch der Stromverbrauch der Funkübertragung auf Grundlage des IEEE 802 Standards ist gering.

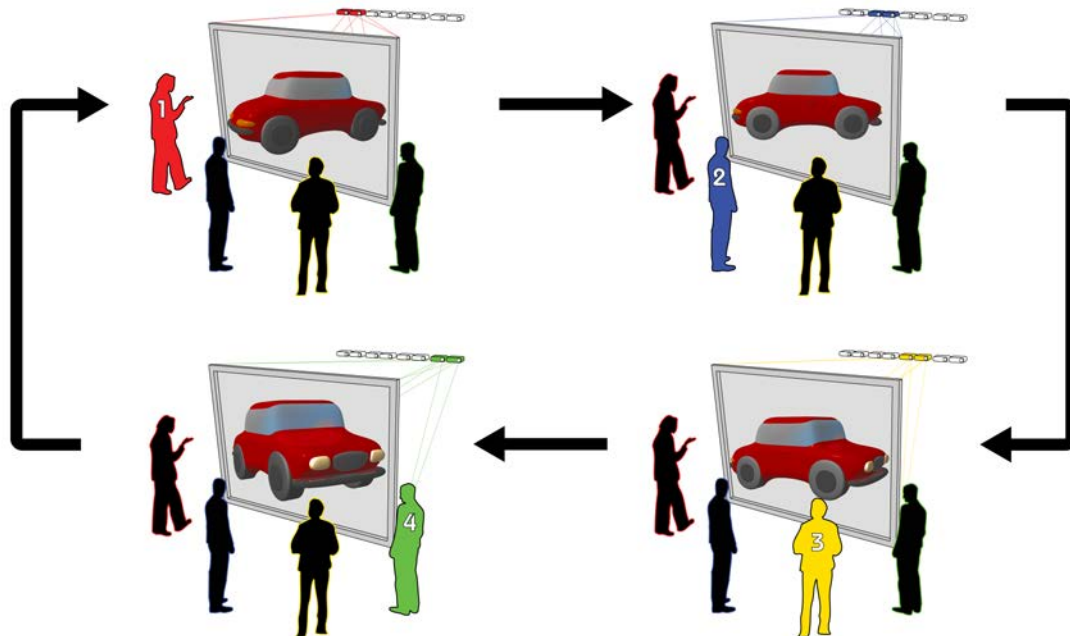


Abbildung 2.19: Prinzipzeichnung der sequentiellen Präsentation unterschiedlicher Bilder für mehrere Benutzer auf einer gemeinsamen Leinwand. Mit diesem Prinzip können perspektivisch korrekte Darstellungen einer gemeinsamen dreidimensionalen Szene für mehrere Nutzer realisiert werden und der Eindruck einer konsistenten dreidimensionalen Szene entsteht.

3D-Lernraum – Auralisierung: Zum Verständnis von Raumstrukturen ist das Erlebnis von deren Klangeigenschaften oft sehr hilfreich. Die Wahrnehmung der Ausmaße und der Atmosphäre eines gotischen Kirschenschiffes werden beispielsweise durch den Hall des Kirchenschiffes viel deutlicher. Allein aus diesem Grund ist die Erzeugung dreidimensionaler Klangbilder im 3D-Lernraum ein wichtiger Schritt in Richtung glaubwürdiger Raumsimulationen. Im spezifischen Fall der Bauklimatik ist es besonders nützlich, simulierte Klangeigenschaften geplanter Architekturen hörbar machen zu können.

Wir haben im Rahmen des InnoProfile Projektes “Intelligentes Lernen” ein Wellenfeldsynthese (WFS)-System angeschafft (vgl. Abbildung 2.21). Dieses macht 3D-Auralisierungen in Korrespondenz zur visuellen Simulation von Räumen möglich. Das besondere an dem in Weimar installierten System ist die Kombination mit einer Rückprojektionsleinwand als Mehrbenutzer 3D-Bildschirm. Dieser Aufbau erforderte eine neue Konfiguration der WFS-Panels bei der die Lautsprecher um den Bildschirm herum statt dahinter angeordnet sind. Das Fraunhofer Institut in Ilmenau (IDMT) entwickelte dafür in Zusammenarbeit mit der Firma IOSONO aus Erfurt eine neue Ansteuerung.

Arbeitspakt B2: 3D-Lernraum: Anwendungsszenarien und Interaktionstechniken

Beschreibung: Für die kollaborative Interaktion im 3D-Lernraum entwickelten wir Gestaltungskonzepte und implementierten diese in neuartigen Benutzerschnittstellen realistischer Anwendungsszenarien (Meilenstein M13: Anwendungsszenarien). Unser Hauptaugenmerk lag dabei auf folgenden Aspekten:

1. Interaktionskonzepte / Gestaltungsrichtlinien für kollaborative Anwendungen,
2. Techniken zur gegenseitigen Referenzierung von Objektdetails (Zeigen),
3. Navigationstechniken für die gemeinsame virtuelle Begehung architektonischer Modelle,



Abbildung 2.20: Kabellose Shutterbrille mit funkbasierter Ansteuerung und Synchronisation

4. komplementäre Eingabewerkzeuge zur Kollaboration bei der Objektmanipulation sowie
5. gegenseitige Wahrnehmung bei der Anpassung abstrakter Simulationsparameter.

Abschlussbericht: *3D-Lernraum – Interaktionskonzepte:* Die Grundidee des 3D-Lernraums ist die realitätsnahe Simulation dreidimensionaler Räume und Objekte. Dem Paradigma einer virtuellen Realität folgend müssen grundlegende Interaktionsformen selbstverständlich auch ihrer Referenz in Realität entsprechen. Beispielsweise können Objekte im 3D-Lernraum direkt durch Kopfbewegung von verschiedenen Seiten betrachtet werden. Die perspektivisch korrekte Darstellung für mehrere Beobachter erzeugt einen konsistenten dreidimensionalen Raum in dem Nutzer direkt mit Zeigegesten über die gezeigten Inhalte kommunizieren können.

Der offensichtliche Vorteil realitätsbasierter Techniken ist ihre intuitive Nachvollziehbarkeit. Realismus als Gestaltungsprinzip – siehe [JGH⁺08] – begrenzt aber auch die funktionalen Möglichkeiten des Computers und die Expressivität von Nutzereingaben. Die Reversibilität von Ereignissen, die Skalierbarkeit von Objekten und die Möglichkeit verlustfreier Kopien sind etablierte Beispiele “unnatürlicher” Computerfunktionen, die sicher kein Nutzer mehr missen möchte.

Für ihre Bedienung kann es keine natürliche Referenz geben. Also werden sie mit abstrakten Eingaben gesteuert. Die Erlernbarkeit dieser Aktionen als auch ihre Konsistenz in unterschiedlichen Kontexten ist eine Grundvoraussetzung für computerbasierte Lern- und Arbeitsplätze, die dem Nutzer vollständigen Fokus auf den Inhalt seiner Anwendungen erlauben. Die Problematik der Bedienkonsistenz zwischen unterschiedlichen Kontexten ist von besonderer Relevanz in vernetzten Systemen die unterschiedliche Lernplattformen, hier 3D, XHD und Mobil, miteinander verbinden.

Zum Ziel solcher Schnittstellenkonsistenz arbeiteten wir an der Erweiterung von Gestaltungsprinzipien für 3D- und 2D-Computerinteraktion. Den Umfang von Funktionsprinzipien basierend auf physikalischer Realität versuchen wir mit klar benennbaren “magischen” Funktionalitäten zu erweitern. Viele Computerfunktionalitäten sind, wenngleich mit konkreter Materie nicht möglich, trotzdem klar vorstellbar. Wenn es also kein materielles Vorbild gibt, dann folgt die Interaktion also einer Reihe ideeller Prinzipien wie beispielsweise Skalierung oder Referenzierung. Wir sehen den Schlüssel zu plattformübergreifender Konsistenz von Computerschnittstellen in der konsistenten Interpretation “realistischer” und “magischer” Prinzipien [Kul09].

3D-Lernraum – Gestaltung von Interaktionsgeräten: Für Mehrbenutzerinteraktion im 3D-Lernraum entwickelten wir folgende spezielle Gestaltungsprinzipien für Eingabegeräte und ihre Bedienung im Mehrbenutzerkontext:



Abbildung 2.21: WFS-System integriert in Multi-User Projektionswand

1. Realistische Handhabung von Werkzeugen

Die Steuerung geometrischer Manipulationen sollte möglichst vergleichbaren Aktivitäten mit physischen Artefakten entsprechen. Die Form von Handwerkzeugen dafür sollte die Bedienung und mögliche Funktionalitäten sowohl visuell als auch haptisch bestmöglich kommunizieren. Dieser Fokus auf physikalisch basierter Interaktion vereinfacht nicht nur das Verständnis des Bedienenden sondern steigert auch die gegenseitige Wahrnehmbarkeit individueller Eingaben im Sinne der gegenseitigen Beobachtung.

2. Dedizierte Geräte

Die Forderung nach adäquaten Geräteformen aus Prinzip 1 impliziert bereits unterschiedliche Geräte für verschiedene Aktivitäten wie Zeigen, Greifen, Drehen, usw. Im Mehrbenutzerkontext gibt es weitere Gründe, Funktionalitäten auf verschiedene Geräte zu verteilen. Für Funktionen die mehrere Nutzer gleichzeitig bedienen können, beispielsweise Objektmanipulation, kann eine Vielzahl von Geräten bereitgestellt werden. Andere wie z.B. Gruppennavigation können nur von einer Person allein bedient werden. Also steht dafür auch nur ein Werkzeug zur Verfügung. Zudem können komplementäre Teilaktivitäten besser unter den Beteiligten aufgeteilt werden.

3. Kombinierbarkeit

Komplexe Aktionen können durch die Kombinierbarkeit einzelner Gerätefunktionalitäten umgesetzt werden. Auch als Alternative zu Moduswechseln ist die Kombination von Werkzeugen sinnvoll einsetzbar. Dadurch lässt sich die Anzahl der nötigen Geräte minimieren, während gleichzeitig gegenseitige Unterstützung von Kollegen gefördert wird.

4. Grundfunktionalitäten für alle Beteiligten

Elementare Funktionalitäten wie die Anpassung des individuellen Blickpunktes und Zeigen müssen zu jeder Zeit allen Benutzern zur Verfügung stehen. Je nach Anwendung muss der Umfang dieser Grundfunktionalitäten erweitert werden.

Interaktionstechniken zum Zeigen und “Durchsehen”: Im 3D-Lernraum wird mehreren Nutzern ihre geometrisch korrekte Perspektive auf den gemeinsam betrachteten Raum angezeigt. Dies ermöglicht es Lern- und Arbeitsgruppen, natürliche Zeigegesten zur Kommunikation über Raumstrukturen zu verwenden. Nutzer können sich also wesentliche Punkte und Bereiche direkt zeigen – ganz wie gewohnt aus der realen Welt.

In Räumen mit hoher Objektdichte und bei vielen Nutzern sind allerdings natürliche Zeigegesten nur begrenzt einsetzbar. Oft ist das Gezeigte nicht von überall her sichtbar, sondern wird in der Perspektive Anderer verdeckt. Dann bleibt nur über die Schulter des Zeigenden zu schauen, um eine ähnliche Perspektive einzunehmen. Das zwingt mehrere Personen, sich auf geringem Raum zu drängen, was nicht nur physisch begrenzt, sondern oft auch sozial nicht erwünscht ist. Wir entwickelten für den 3D-Lernraum die Visualisierungstechnik “Show Trough”, die ausgewählte Objekte aus allen Perspektiven sichtbar macht. Gezeigte Objekte scheinen damit durch die verdeckende Geometrie hindurch. In einer formalen Nutzerstudie konnten wir Vorteile dieses Ansatzes, vor allem in der Akzeptanz der Anwender, nachweisen [AKKF10].

Nicht nur für das gegenseitige Zeigen verdeckter Objekte ist dieser Ansatz interessant. Objekte können auch anders ausgewählt werden, um durch verdeckende Geometrie hindurch sichtbar zu werden: z.B. aus Listen und über definierte Eigenschaften. Im Bereich der Bauphysik kann vor allem Letzteres interessant sein, z.B. wenn simulierte Quellobjekte für Klimaveränderungen oder Lärm verdeckt sind, aber zur direkten Manipulation sichtbar gemacht werden sollen.

Gruppennavigation durch Architektursimulationen: Der 3D-Lernraum ermöglicht die interaktive Exploration von virtuellen Architekturmodellen in Originalgröße mit einer Gruppe von bis zu 6 Personen. Durch die 1:1 Darstellung ist eine realitätsnahe Einschätzung der Raumsituation, sowie von Größen- und Platzverhältnissen möglich. Problematisch hierbei ist, dass der physikalische Raum vor der Projektionsleinwand praktisch nie der Größe und der Form der dargestellten virtuellen Raumsituation entspricht. Dies führt zu den folgenden zwei Problemsituationen.

Erstens ist der physische Raum vor der Leinwand, den die Nutzer durchlaufen können, um das Modell aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, auf wenige Quadratmeter begrenzt. Zusätzliche Navigationsmöglichkeiten werden benötigt, um die Gruppe weiter durch die Architektur, beispielsweise in einen anderen Raum oder eine andere Etage des Gebäudes, bewegen zu können. Zur Gruppennavigation wird der im Rahmen dieses InnoProfils vorgestellte Spheron genutzt. Der Spheron bietet 6 Freiheitsgrade zur Navigation an. Er wird von einer Person bedient, welche die Navigationseingaben für die gesamte Gruppe vorgibt. Durch seine zentrale Positionierung vor der Leinwand (vgl. Abbildung 2.22) ist der Spheron von vielen Seiten erreichbar und ermöglicht einen raschen Wechsel der steuernden Person.

Zweitens können Nutzer über die Begrenzungen des virtuellen Raumes hinausgehen, also praktisch durch Wände laufen. Dies ist kein größeres Problem, solange diese Situationen vom Nutzer kontrolliert werden können, er also aktiv selbst bestimmen kann, ob er durch Wände hindurchgeht oder nicht. Bei der Gruppennavigation ist dies nicht immer der Fall, da alle Gruppenmitglieder von einer Person gesteuert werden. Idealerweise wird die steuernde Person einen Weg wählen, welcher aus seiner Position zu keinen Kollisionen mit der Umgebung führt (roter Pfad in Abbildung 2.23). Solange alle Gruppenteilnehmer sich in unmittelbarer Nähe zu dieser Person aufhalten, werden sie ebenfalls einen kollisionsfreien Bewegungsablauf erfahren. In der Praxis schränken formale Richtlinien und soziale Protokolle die Annäherung von Personen zueinander stark ein und führen dazu, dass die Nutzer einen hinreichend großen Privatbereich um sich herum wahren und sich gleichmäßig vor der Projektionswand verteilen. Beim Durchqueren eines virtuellen Hindernisses können daher nicht immer alle Personen kollisionsfrei durch dieses hindurch bewegt werden. Problematisch sind hierbei vor allem enge Durchgänge wie Treppen, Türen und Korridore.

Wir verfolgen zwei Ansätze, um die ungewollte Kollision mit Hindernissen zu vermeiden. Zum Einen kann die virtuelle Kameraposition eines jeden Nutzers entsprechend verändert werden, um ihn kollisionsfrei um das Hindernis zu führen. Ein einfacher Ansatz besteht darin, den individuellen Bewegungspfad eines jeden Nutzers in Richtung der steuernden Person hin zu verschieben (vgl. Abbildung 2.23), da diese sich höchstwahrscheinlich kollisionsfrei bewegt.

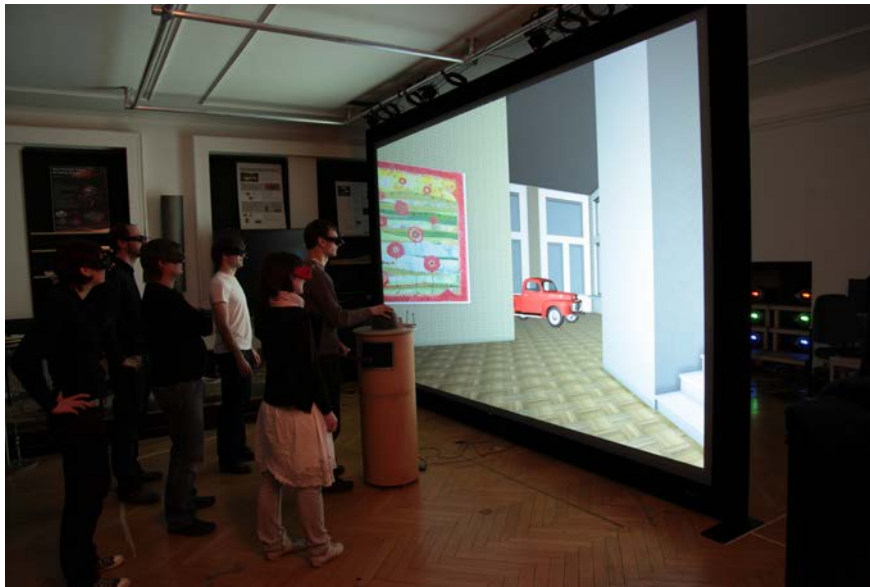


Abbildung 2.22: Gruppennavigation mit dem Spheron durch eine virtuelle Gebäudesimulation.

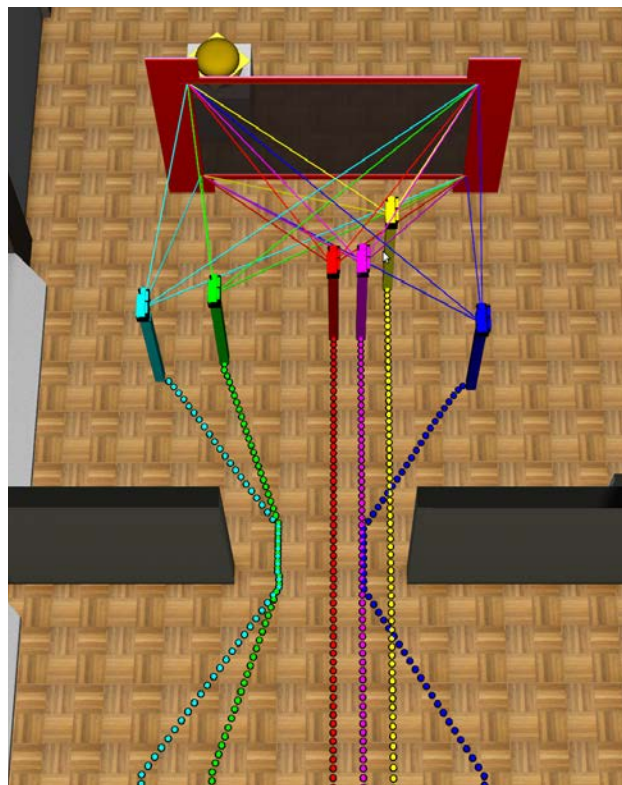


Abbildung 2.23: Gruppennavigation durch ein Engstelle mit individueller Pfadkorrektur. Die steuernde Person (rot) wählt einen Pfad ohne Kollision durch das Hindernis. Die Perspektive der restlichen Gruppenteilnehmer wird ggf. variiert (türkis, grün und blau), um Kollisionen zu vermeiden.

Ein anderer Ansatz besteht darin, die Hindernisse auf dem Bewegungspfad eines jeden Nutzers auszublenden.

Dabei wird entsprechend des individuellen Abstandes jedes Nutzers zum Hindernis das Hindernis semitransparent dargestellt (vgl. Abbildung 2.24). Bei weiterer Annäherung an das Hindernis wird der Grad der Transparenz erhöht. Bei vollständiger Annäherung erscheint das Hindernis schließlich komplett unsichtbar.



Abbildung 2.24: Ausblenden von Hindernissen bei deren Annäherung.

Beide Techniken zur Vermeidung von Kollisionen wurden in einer Pilotstudie positiv aufgenommen und von Nutzern gegenüber der naiven Durchquerung von Wänden stark bevorzugt. Die Vor- und Nachteile der Varianten müssen in Abhängigkeit des Anwendungsfalls ausgewählt werden. Die automatische Ausweichtechnik wurde von vielen Nutzern kaum wahrgenommen. Allerdings waren sie sich dadurch auch nicht der Inkonsistenz ihrer wahrgenommenen Geometriepositionen bewusst. Zeigegesten können während eines Ausweichvorgangs kaum verstanden werden.

Das Ausblenden von Modellbestandteilen hat den Vorteil, dass die geometrische Konsistenz der Gruppenkonstellation im 3D Raum erhalten bleibt und dadurch die gestenbasierte Kommunikation weitgehend unbeeinträchtigt bleibt. Allerdings wird dabei das Erscheinungsbild der Architektur stark verändert. Zur Evaluierung dessen bietet sich die Technik also nicht an. Einige Nutzer meinten, dass in manchen Fällen keine der “magischen” Techniken verwendet werden sollte, sondern statt dessen die Kollision eines Nutzers mit einer Wand die gesamte Gruppe zum Stopp zwingen sollte und letztlich erfordert, dass alle Nutzer physisch ausweichen. Tatsächlich entspricht dies der realistischen Darstellung der Situation, allerdings erzeugt es auch die meisten Umstände.

Kollegen der Fakultät Architektur nutzen den 3D-Lernraum in Studentenprojekten zur Evaluierung architektonischer Entwürfe. Wir entwickelten dafür eine Reihe von Testanwendungen auf Grundlage der Gruppennavigationstechniken (Meilenstein M13: Realistische Nutzungsszenarien). Vor allem bietet das System erstmals die Möglichkeit zur Untersuchung der räumlichen Nachvollziehbarkeit großer Gebäudekomplexe aus Nutzerperspektive.

Kollaborative Objektmanipulation: Virtuelle Objekte können nicht immer im Greifraum der Anwender dargestellt werden, vor allem sind sie für mehrere Nutzer gleichzeitig besser mit etwas mehr Entfernung sichtbar. In Entfernung können wir allerdings nicht exakt hantieren. Die gemeinsame Handhabung von virtuellen Objekten ist auch schwierig, weil diese anders als reale Objekte die Manipulationskräfte mehrerer Nutzer nicht gegenseitig übertragen. Der Einsatz physischer Requisiten (Props) im Greifraum der Nutzer kann hier Abhilfe schaffen.

Props sind physische Artefakte, deren Bewegung auf virtuelle Objekte übertragen wird. Eines der bekanntesten Beispiele hierfür ist die Computermaus zur Steuerung des grafischen Auswahlzeigers auf dem Bildschirm. Die Bewegung des Zeigers kann damit durch Einsatz der Feinmotorik sehr genau gesteuert werden. Der Zugriff auf ein solches Eingabegerät definiert zudem sehr deutlich welcher Nutzer den Zeiger steuert und es kann einfach an andere weiter gegeben werden.

Damit die Übertragung der physischen Mausbewegung auf den virtuellen Zeiger nachvollziehbar ist, muss auch die virtuelle und die physische Umgebung als Referenzpaar vorliegen. Die physische Tischplatte ent-

spricht hier dem virtuellen Desktop. Für den 3D-Lernraum haben wir dieses Prinzip auf die Notwendigkeiten einer zusätzlichen Dimension angepasst. Die Referenzumgebung kann also keine 2D-Ebene mehr sein. Die Begrenzung auf die Fläche entfällt und so kann nur noch ein Punkt im Raum als Referenz dienen. Hierfür verwenden wir den Mittelpunkt des Spheron 3D-Trackballs. Bewegungen von Props in Relation zum Spheron werden als Bewegungen virtueller Objekte in Relation zum Mittelpunkt der Leinwand interpretiert (vgl. Abbildung 2.25).

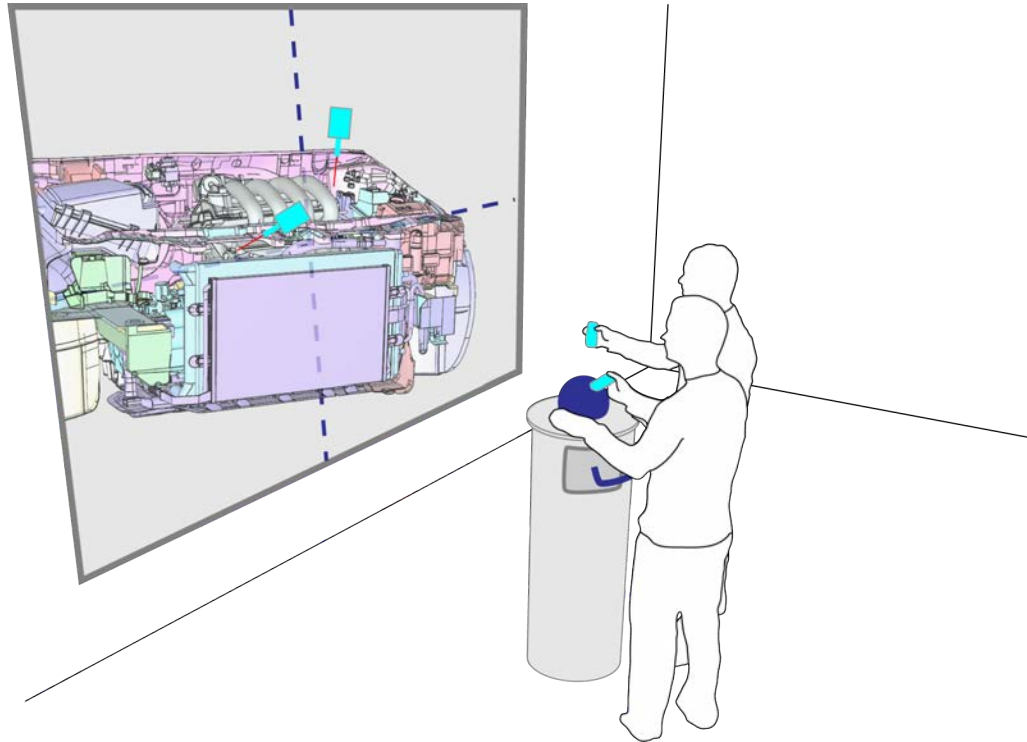


Abbildung 2.25: Zwei Anwender im 3D-Lernraum nutzen Prop-basierte Manipulation im Referenzsystem des Spheron.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit versuchten wir weitere Interaktionstechniken auf Grundlage dieser Technik zu entwickeln. Das physikalische Referenzobjekt, ob Kugel, Würfel oder eine andere Geometrie, könnte nicht nur einen Referenzpunkt, sondern auch taktiles Feedback bieten – wenn es formal dem entsprechenden virtuellen Objekt entspricht oder die geometrischen Unterschiede durch Verzerrung des virtuellen Raumes angepasst werden. Beispielsweise können die Seitenflächen, Kanten und Eckpunkte eines Würfels dazu dienen, um am physischen Referenzobjekt (Prop) erfüllt und angetippt zu werden und die entsprechenden Aspekte virtueller Objekte auszuwählen.

Die Bereitstellung eines identischen Props für jedes dargestellte virtuelle Objekt ist sicherlich nicht praktikabel. Wir untersuchten daher die Realisierung generalisiert einsetzbarer Prop-Formen. Zunächst beschränkten wir uns dabei auf dieselbe Topologie zwischen Prop und virtuellem Objekt. So kann ein Würfel-Prop zum Beispiel auf beliebig proportionierte Quader gemappt werden (vgl. Abbildung 2.27).

Um die Korrespondenz zwischen einem generalisierten Prop und dem virtuellen Objekt sicher zu stellen, muss die Abweichung des virtuellen Objekts von der physikalischen Grundform des Props erfasst und ausgeglichen werden. Dazu werden ausgewählte Objektpunkte, hier die Eckpunkte, des realen und des virtuellen Objekts in Relation gesetzt und der Raum um das virtuelle Objekt entsprechend verformt (vgl. Abbildung 2.28).

Informelle Studien zeigten schnell, dass diese Art der Geometrieselektion sehr gut funktioniert, solange die Unterschiede minimal bleiben. Je größer jedoch die Abweichung, desto mehr verwirrt die Technik die

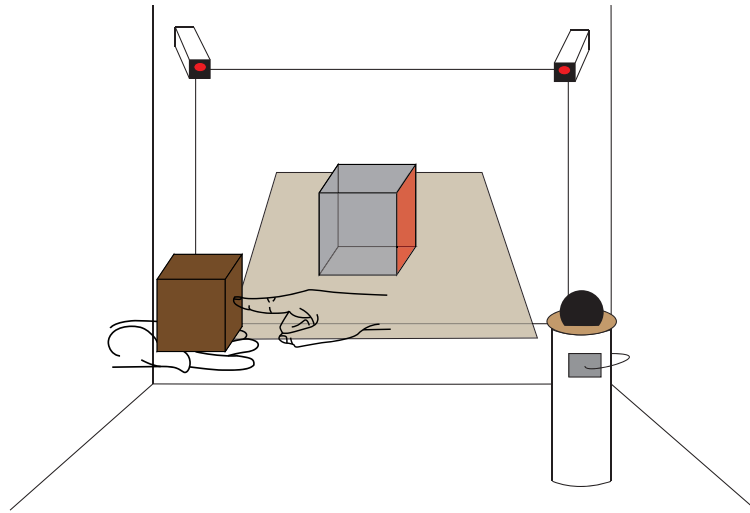


Abbildung 2.26: Würfelprop zur Interaktion mit einem identisch dimensionierten Würfel. Die ausgewählte Seite (rot) des virtuellen Würfels entspricht der berührten Fläche am Prop.

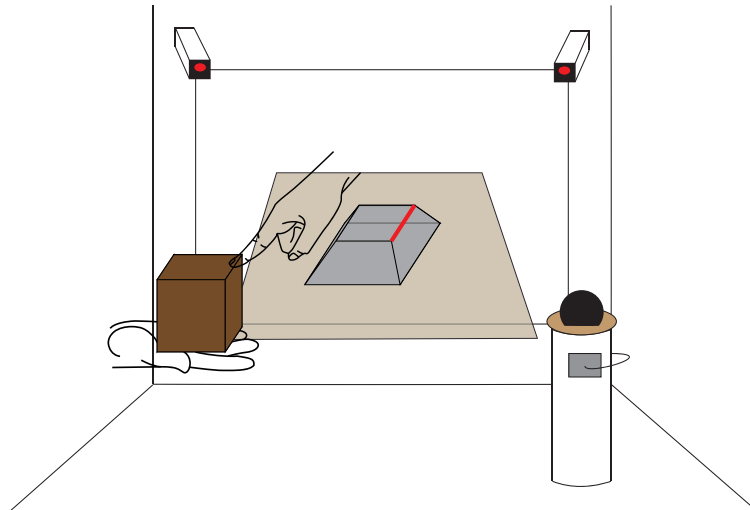


Abbildung 2.27: Würfelprop zur Interaktion mit strukturähnlichen Objekten. Die ausgewählte Kante (rot) des virtuellen Trapez entspricht der berührten Kante am Prop.

Nutzer. Die Wahrnehmungsschwelle der Unterschiede ist zu fein, als dass eine solche Technik in realen Nutzungsszenarien praktikabel wäre.

In Nutzertests beobachteten wir zudem, dass die indirekten Manipulationstechniken im Allgemeinen eine sehr effiziente Kontrolle über Objektmanipulationen bieten. Ein wesentlicher Nachteil ist jedoch, dass der Zusammenhang zwischen motorischem Eingaberaum (bezüglich des Spheron) und visuellem Aktionsraum für Außenstehende schwer nachvollziehbar ist. Der jeweils aktive Nutzer nimmt beide Räume gleichzeitig wahr – den einen propriozeptiv, den anderen visuell. Alle anderen Nutzer müssen versuchen, die Aktionen des Operierenden und die Auswirkungen dessen gleichzeitig aber an unterschiedlichen Positionen visuell wahrzunehmen. In aktuellen Arbeiten untersuchen wir derzeit Möglichkeiten und Potentiale, die physikalische Referenz auch visuell zu unterstützen (vgl. Abbildung 2.29).

Anpassung abstrakter Parameter: In Simulationen müssen auch immer wieder abstrakte Parameter eingestellt

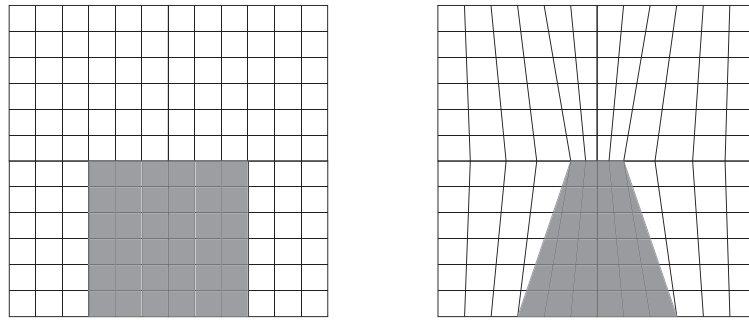


Abbildung 2.28: Prop-Objekt Korrespondenz bei abweichender Objektform.

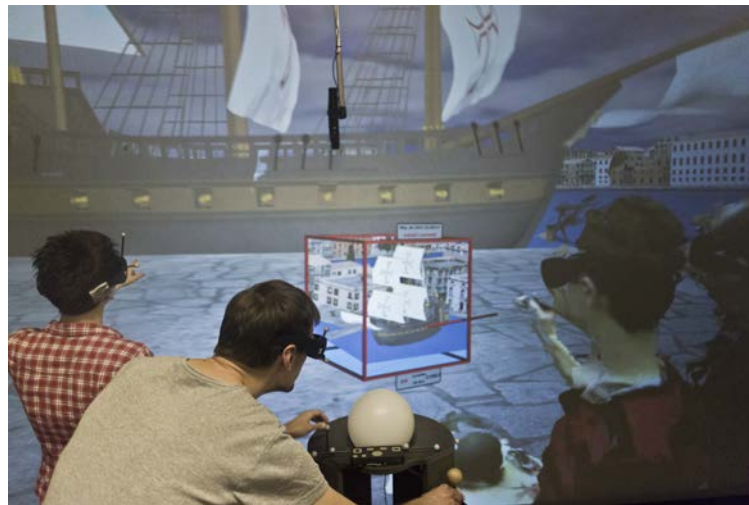


Abbildung 2.29: Referenzbasierte Manipulation eines virtuellen Bootsmodells mit Unterstützung durch visuelles und propriozeptives Feedback.

werden, beispielsweise Objektfarben oder auch die Lautstärke und Klangfarbe von Schallquellen. Zur Anpassung dieser Eigenschaften gibt es keine adäquate 3D-Interaktion. Daher wird dies auch in Anwendungen von 3D-Computergrafik üblicherweise mit 2D-Menüs realisiert.

In projektionsbasierten Systemen werden diese dann meist direkt mit dem Zeigestrahl auf dem Bildschirm bedient. Dieser etablierte Ansatz birgt jedoch eine Reihe von Problemen. Die 2D-Menüoberflächen verdecken den eigentlichen Inhalt der Anwendung, beispielsweise 3D-Objekte deren Eigenschaften angepasst werden sollen. Werden die Menüs klein dargestellt, um Verdeckung zu vermeiden, sind sie mit dem Strahl auf Entfernung kaum noch genau genug zu bedienen. In Mehrbenutzeranwendungen wie unserem 3D-Lernraum entsteht zudem das Problem, dass der eine Anwender aus der Perspektive der anderen mit seinem Zeigestrahl in Richtung der Szene hantiert, aber nicht genau nachvollziehbar ist, was dort passiert. Wird das Menü für alle Anwesenden angezeigt, so verdeckt es auch allen die Sicht. Wird es zudem in gleicher Ausrichtung präsentiert wie dem Bedienenden, dann macht die Richtung seiner Handbewegungen zwar Sinn, aber die Menüeinträge sind möglicherweise durch die perspektivische Verzerrung kaum noch lesbar.

Wir entwickelten ein neues Menüsystem für den 3D-Lernraum, das diese Probleme löst. Pie Slider Menüs werden rund um das virtuelle Zielobjekt angezeigt und verdecken es dadurch nicht [KKLF09]. Insoweit entspricht der Pie Slider dem bekannten Konzept der Pie Menus [CHWS88]. Neu am Pie Slider sind zwei Konzepte. Die umlaufenden Ringsegmente können nicht nur diskret ausgewählt werden. In ihnen können gleich Einstellungen auf einer kontinuierlichen Skala vorgenommen werden. Außerdem gibt es eine haptische

Referenz für das ringförmige Menü auf einer Fernbedienung. Der Anwender kann somit seine Feinmotorik einsetzen, wenn er mit dem Daumen über das runde Touchpad fährt (vgl. Abbildung 2.30).

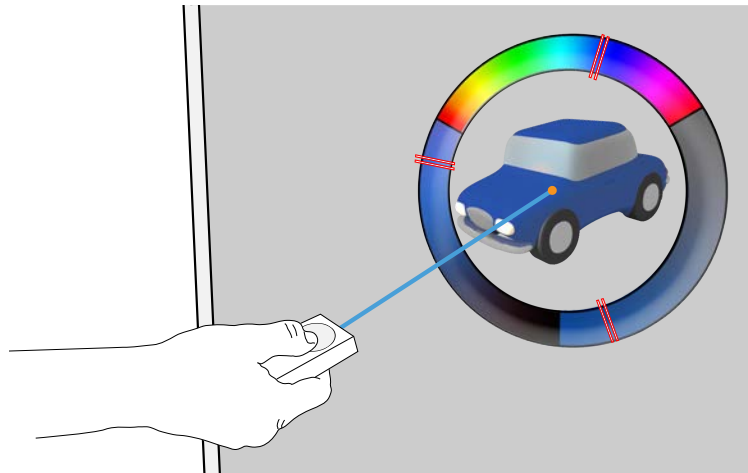


Abbildung 2.30: Pie Slider Menuinteraktion

Arbeitspakt B3: Mobile Lernszenarien

Beschreibung: Das Lernen mit mobilen Geräten wird in der Zukunft eine immer größere Rolle spielen. Aktuelle Benutzungsschnittstellen und Eingabetechnologien, wie die Tastaturen der Mobiltelefone, eignen sich aber nur beschränkt für den Umgang mit interaktiven Lerninhalten. In diesem Arbeitspaket wurden neuartige Interfacekonzepte für den mobilen Bereich entwickelt, realisiert und evaluiert. Ergänzend wurde an einem Framework zum Einsatz der portablen Geräte als Fernbedienung für Anwendungen des XHD Lernraums gearbeitet. Wir entwickelten zudem neue Sensortechnologien, um Schwachstellen aktueller Systeme im mobilen Kontext zu überwinden (Meilenstein M20: mobile Szenarien und prototypische Hardware).

Abschlussbericht: *Hold and Move - eine neue Eingabemethode für Multi-touch-Geräte:*

Die Eingabemetapher *Hold and Move* vereinfacht die implizite Unterscheidung des Eingabekontextes im Sinne von hierarchisch strukturierten Manipulationsebenen (z.B.: Vorder- und Hintergrund, Ebenen im Szenegraphen). Das Grundprinzip ist ähnlich wie beim Schreiben mit Stift auf Papier. Eine Hand / ein Finger / ... fixiert den Hintergrund, um Bewegungseingaben in diesem Kontext zu vereinfachen. Da die implizite Erkennung der Manipulationsebene für eine Eingabe auf Grundlage der Position der Berührung bzw. Aktivierung nicht immer möglich ist, entwickelten wir eine Erkennung auf Grundlage der zeitlichen Reihenfolge von Bewegungseingaben. Unsere neue Geste ist von anderen etablierten Mehrpunkt-Eingabegesten leicht zu unterscheiden und ihr Einsatz korrespondiert zu Erfahrungen in der physischen Realität. Die Erkennungsllogik basiert auf der Beobachtung, dass Menschen beide Hände synchron einsetzen, um ein integrales Objekt an zwei Stellen gleichzeitig zu greifen (synchrone zweihändige Aktivität), während bei asynchronen zweihändigen Aktivitäten die non-dominante Hand in der Regel den Aktivitäten der dominanten Hand vorrausgeht [3]. Der Einsatz der non-dominanten Hand als Referenzrahmen für Manipulationen der dominanten Hand ist ein typisches Beispiel dafür.

Zur Bedienung grafischer Benutzerschnittstellen mit Bewegungseingaben wird in der Regel die Startposition einer Bewegung als Kontextinformation mit einbezogen. Sind beispielsweise mehrere virtuelle Interaktionsobjekte über eine grafische Benutzeroberfläche verteilt, so werden die Bewegungseingaben eines Nutzers auf die Objekte angewandt, deren Position auf dem Bildschirm mit der Startposition der Bewegungseingabe korreliert. Die Zuordnung zu verschiedenen Hierarchieebenen der dargestellten Interaktionsobjekte ist in



Abbildung 2.31: Ein Schachtrainer als Testanwendung zur Evaluierung von *Hold and Move*.

dieser Form jedoch nicht immer möglich. Sind mehrere Objekte gruppiert, (z.B.: Elemente einer Internetseite, grafische Primitive, die zusammen eine integrale neue Form ergeben, oder Buchstaben, die zusammen ein Wort ergeben), so werden Bewegungseingaben meist auf die Gruppe angewandt, um die Integrität der Gruppe nicht aufzulösen. Als Standard wird also eine primäre Manipulationsebene von der Nutzereingabe beeinflusst.

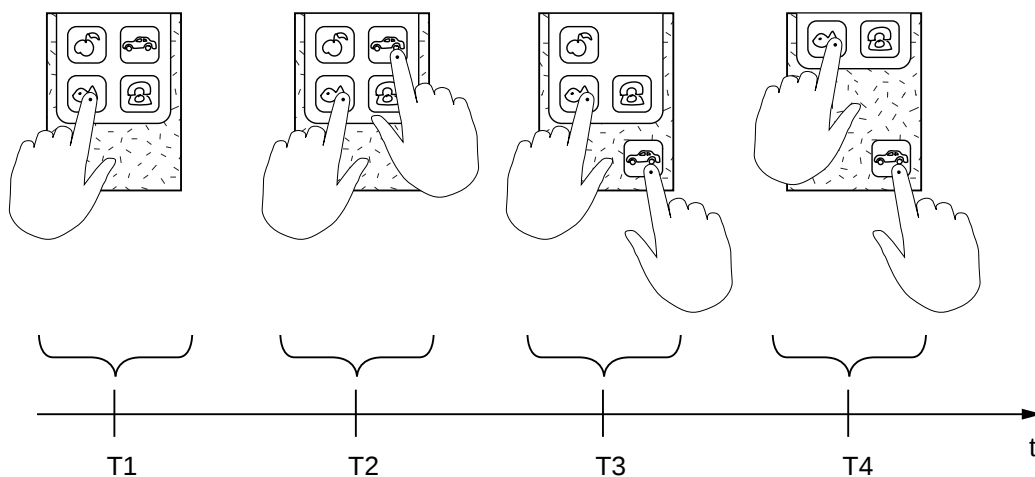


Abbildung 2.32: Illustration des zeitlichen Ablaufs einer *Hold and Move* Eingabe auf zwei Manipulationsebenen am Beispiel eines Multitouch Gerätes.

Es kann allerdings auch notwendig sein, auf einer tiefer liegenden Manipulationsebene zu arbeiten und z.B. innerhalb einer Gruppe ein Objekt relativ zu den anderen Objekten zu verschieben. Die implizite Auswahl der Manipulationsebene ist ein technisches Problem, welches unsere Erkennungslogik löst. Im konkreten Fall berührungssensitiver mobiler Computergeräte (z.B.: Smartphones, Tablet-PCs) ist dieses Problem der Unterscheidung verschiedener Manipulationsebenen im Sinne der Unterscheidung zwischen Navigation und Manipulation besonders deutlich. Navigation bedeutet hierbei, die Bewegung einer Gruppe grafischer Inhalte (z.B. Website) mit dem Ziel, weitere Bereiche sichtbar zu machen, die sich vor dem Navigationsvorgang außerhalb der Bildschirmgrenzen befinden. Manipulation bezieht sich auf die Auswahl und Bewegung einzelner Objekte (z.B.: Auswahl von Textabschnitten, Verschieben von Icons oder Bildern).

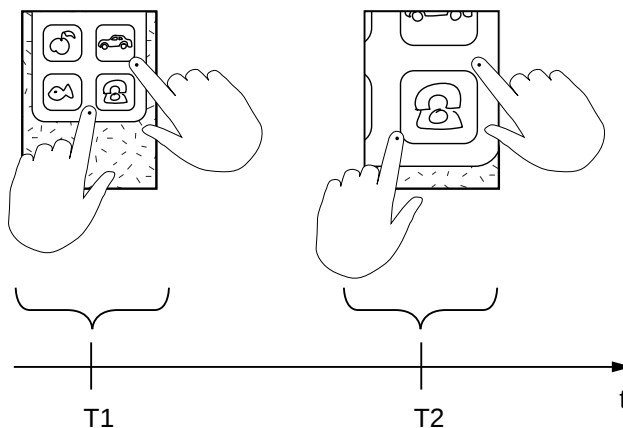


Abbildung 2.33: Illustration der etablierten Bewegungseingabe zur Skalierung des gesamten Bildschirm-inhaltes (Navigation) am Beispiel eines Multi-Touch Gerätes.

Unsere neue Gestenerkennung bietet dafür die implizite Festlegung der Manipulationsebene, in welcher Bewegungseingaben angewandt werden sollen. Werden zwei Eingabepositionen gleichzeitig (im Rahmen einer Toleranzschwelle) aktiviert, so werden beide Bewegungseingaben im gleichen Kontext interpretiert. Werden sie stattdessen nacheinander aktiviert, so wird die zunächst aktivierte Eingabe im aktuellen Kontext (z.B. Navigation, Bewegung einer Gruppe) interpretiert, während die später aktivierte Eingabe auf Einzelobjekte im Rahmen des hierarchisch spezifischeren Kontextes angewendet wird (z.B. die Bewegung einzelner Objekte der Gruppe). Dadurch können auch Objekte auf beiden Manipulationsebenen parallel zueinander verschoben werden (siehe Abbildung 2.32).

Bei Multi-Touch Benutzerschnittstellen kann beispielsweise die Eingabe einer Hand, bzw. eines Fingers immer zur Navigation dienen und gleichzeitig eine Referenz für Einzelobjektbewegungen (Manipulation) mit einer weiteren Hand (eines weiteren Fingers) bieten. Während z.B. der zuerst aufgesetzte Finger weiterhin alle Objekte als Gruppe bewegt (Navigation) ist mit dem zweiten Finger das Manipulieren einzelner Objekte möglich. Trotzdem können zwei Eingabekanäle durch gleichzeitige Aktivierung auch für Eingaben im gleichen Kontext / in der gleichen Manipulationsebene (z.B. Skalierung) angewandt werden.

Die neue Eingabemethode *Hold and Move* wurde zum Patent angemeldet. In einer formalen Benutzerstudie konnten wir klare Vorteile gegenüber etablierten Methoden zum Moduswechsel nachweisen. Die Ergebnisse wurden als Publikation bei der MobileHCI2012 präsentiert.

Der MessageAssistant zur Vereinfachung von Texteingaben

Ein weiteres Projekt widmet sich der Adaption und Erweiterung der *Netspeak Wordgraph*-Visualisierung auf Smartphones mit berührungsempfindlicher Oberfläche. Die Herausforderungen bestehen dabei in der Anpassung auf das verkleinerte Display und die Umsetzung der vorher mausbasierten Gesten in Berührungsgesten.



Abbildung 2.34: Der *MessageAssistant* als Schreibhilfe für englischsprachige Kurznachrichten.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde die Anwendung *MessageAssistant* entwickelt (siehe Abbildung 2.34), die eine neue Texteingabemethode für mobile Touchgeräte umsetzt. Statt Nachrichten wie bisher buchstabenweise einzutippen, lassen sich mithilfe des *MessageAssistant* Kurznachrichten aus vorgeschlagenen Wörtern und Wortsequenzen zusammensetzen. Diese Wortvorschläge basieren auf Häufigkeitsanalysen eines Webseiten-Korpus, welche extern von der Retrieval-Engine des Dienstes *Netspeak* durchgeführt werden. Bei einer Nutzerstudie wurde der erste *MessageAssistant*-Prototyp insgesamt als intuitiv bedienbar wahrgenommen. Weitere automatisierte Belastungstests des *MessageAssistant*-Prototypen zeigten allerdings auch, dass für das Funktionieren des Konzepts der Webseiten-Korpus des *Netspeak*-Online-Angebotes nicht ausreicht, sondern ein anwendungsspezifischer Kurznachrichten-Korpus benötigt wird. Aus beiden Teilen der durchgeführten Evaluierung konnten wichtige Problemstellen für die Weiterentwicklung identifiziert werden.

Touch- und Stiftinteraktion auf beliebigen Oberflächen:

Computereingaben mit Stift und Fingern auf Eingabeflächen sind en vogue. Nicht nur im mobilen Kontext, sondern auch unsere Forschung im XHD-Lernraum baut stark auf das Potential berührungssensitiver Bildschirme. Die freie Gestaltbarkeit der grafischen Benutzeroberflächen vereinfacht die Anpassung der Schnittstelle an die Anwendungen und die Benutzer. Der physische Kontakt mit der Interaktionsoberfläche gibt dem Benutzer dabei ein konkretes Feedback seiner Eingaben und sorgt damit für Bedienungssicherheit. Die genaue Unterscheidung der Berührung einer Oberfläche von einem Schwebezustand des Fingers bzw. Stiftes darüber bieten derzeit jedoch nur kapazitive und resistive Sensoroberflächen auf kleinen Mobilgeräten. Auf großen Bildschirmen lassen sich diese Technologien derzeit nicht realisieren. Hier werden stattdessen optische Verfahren angewendet, deren Messgenauigkeit nicht zur Unterscheidung einer Berührung von dem Schwebezustand darüber ausreicht.

Optische Messsysteme bieten allerdings den Vorteil einer enormen Flexibilität. Im 3D-Lernraum können sowohl beliebige Objekte als auch Hände und Finger im Raum verfolgt und somit für diese Art der Eingabe verwendet werden. Wie in allen optischen Systemen wird dabei nicht die tatsächliche Berührung einer Eingabefläche sondern nur die ungefähre Annäherung gemessen. Die resultierende Diskrepanz führt leicht zu Fehleingaben wenn beispielsweise das Schweben (hover) über einer virtuellen Taste diese bereits auslöst oder das Zeichnen einer Linie nicht genau dort endet, wo der Stift abgesetzt wird. Bei der Berührung einer Oberfläche als auch beim Gleiten darüber entstehen allerdings messbare Vibrationen. Durch Integration dieser Zusatzinformation kann die Diskrepanz überwunden werden, so dass die taktile Wahrnehmung des Nutzers mit der Eingabeinterpretation der Computeranwendung übereinstimmt.

In einem Lehrprojekt mit Studenten untersuchten wir die Möglichkeiten, Nutzereingaben auf Oberflächen im Sinne der entstehenden Vibrationen zu messen und zu interpretieren. Durch optische Trackingsysteme werden ad-hoc beliebige Oberflächen zur Eingabe mit Fingern und Stiften einsetzbar, allerdings mit geringer Genauigkeit. Durch die Integration der Kollisionserkennung konnte die Bediensicherheit solcher Systeme verbessert werden. In einer Reihe von Experimenten untersuchten wir den Einsatz der Vibrationssensoren zur Messung von Fingertippen auf beliebigen Geräteoberflächen, den Einsatz in einem digitalen Stift zum Einsatz mit Kamera-Projektor-Systemen sowie die Grenzen der Unterscheidbarkeit mehrerer Erschütterungen auf einer Oberfläche, wie sie im Kontext von Multi-Touch vorkommen.

Einfaches Tippen und Ziehen des Fingers auf der Oberfläche von Eingabegeräten lässt sich hervorragend messen und auch von anderen Fingerbewegungen (z.B. beim Umgreifen) unterscheiden. Dadurch lassen sich jegliche Objekte schnell als Eingabegeräte für viele Anwendungen nutzbar machen. Einzig die Platine zur kabellosen Vibrationsmessung und Datenübertragung muss daran befestigt werden, um Nutzereingaben zu messen.

Auch die Anwendung im Stift war vielversprechend. Stiftbewegungen über einer Interaktionsfläche konnten von Bewegungen darauf unterschieden werden (vgl. Darstellung 2.35) und ermöglichten den ad-hoc Aufbau einer digitalen Zeichentafel. Die Differenzierung mehrerer Tippeingaben auf einer Oberfläche gelang uns jedoch nicht zufriedenstellend. Unser Ansatz sah vor, mit mehreren Vibrationssensoren an unterschiedlichen Stellen zu messen und die Kollisionspunkte aus Laufzeitunterschieden abzuleiten (ähnlich seismischen Messungen). Dies misslang jedoch, da die Vibrationen zu lang im Material nachschwingen und sich gegenseitig überlagern. Unser Fazit ist, dass die Genauigkeit optischer Messsysteme durch Vibrationsmessungen verbessert, Multi-Touch damit jedoch nicht unterstützt werden kann.

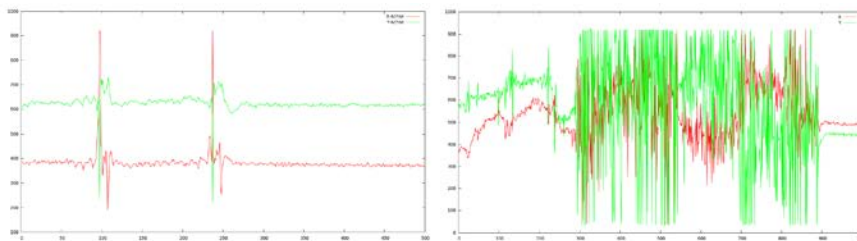


Abbildung 2.35: Messungen von Tippen mit einem Stift auf eine Eingabefläche (links) und Reibung darauf (rechts).

Erweiterte Multi-Touch-Sensorik:

Multi-Touch bietet vielfältige Eingabemöglichkeiten. Neben der direkten Auswahl von Bildelementen können verschiedene Gesten erkannt und je nach Anzahl der involvierten Finger auch unterschiedlich interpretiert werden. Daher lassen sich mit Multi-Touchsensorik ausdrucksstärkere Benutzerschnittstellen realisieren als mit der schon deutlich länger etablierten Computermouse.

Noch ausdrucksstärkere Eingaben lassen sich realisieren, wenn man unterscheiden kann, welcher Nutzer, welche Hand und welcher Finger die Eingabe jeweils auslöst. Dieses Problem haben wir im Projekt auf mehreren Ebenen bearbeitet. Zur Identifikation der Nutzer entwickelten wir mit Kollegen des Fraunhofer FIT ein Multi-Touch System, bei dem die Nutzer mit einer zusätzlichen Kamera von oben erfasst und ihre Eingaben entsprechend zugeordnet werden [SYG⁺13]. Zur Unterscheidung der Hände entwickelten wir im Rahmen einer Masterarbeit einen Touchererkennung für optischen Multi-Touch-Systemen. Durch den Einsatz des Maximally Stable Extremal Regions Algorithmus werden Touchpunkte implizit mit den dazugehörigen Fingern und Händen hierarchisch verbunden. Erste Versuche, unter definierten Bedingungen auch konkrete Finger und Hände zu erkennen, verliefen erfolgreich (vgl. Abbildung 2.36). Die Arbeit wurde auf der renommierten Konferenz ACM Interactive Tabletops and Surfaces (ITS) 2012 veröffentlicht [EKF12].

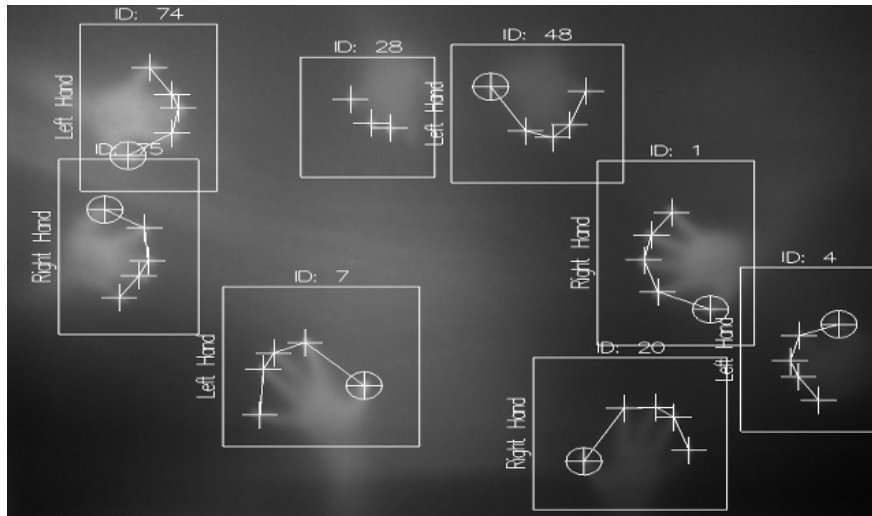


Abbildung 2.36: Erkennung von Fingern und Händen mit unserer neuen Technologie zur Toucherkennung mit optischen Systemen.

Für die Identifikation von Fingern werden Tiefeninformationen benötigt, die aktuell nur von kamerabasierten Sensoraufbauten für Multi-Touch-Tische geliefert werden. Für den mobilen Einsatz muss die Technologie in kleinerem Formfaktor realisiert werden. In einer Kooperation mit der Cornell Universität in Ithaca, USA begannen wir die Arbeit an entsprechender Sensorelektronik. Ziel ist die Realisierung beliebig großer flexibler Multi-Touchfolien, die mit optischen Sensoren auch Tiefeninformationen liefern. Zu diesem Zweck arbeitete Alexander Kulik vom 06.08. zum 26.10. 2012 mit dem Team von Professor Francois Guimbretiere in Ithaca, USA. Dabei wurde verschiedene elektronische Grundbausteine auf ihre Brauchbarkeit getestet und Steuer-elektronik und Software entwickelt. Derzeit laufen erste Tests zur Datenaufnahme und Verarbeitung mit den Demonstratoren.

Insgesamt konnten in diesem Paket Meilenstein M14 (Technische Grundlagen für mobile Lernszenarien, teilweise schon in Arbeitspaket B1 erfüllt) abgeschlossen werden. Zudem konnten prototypischer, mobiles und verteiltes Lernen in realistischen Szenarien evaluiert und dokumentiert werden (Meilenstein M25).

Arbeitspaket B4: Räumlich verteiltes Lernen

Beschreibung: In unserer globalisierten Wissensgesellschaft wird Telekommunikation immer relevanter. Auch ist zu beobachten, dass Online-Vorlesungen an Bedeutung gewinnen. In Zukunft sollen auch solche Fernbildungsangebote die direkte Interaktion zwischen Lernenden und Lehrenden ermöglichen. Bisherige Technologien sind allerdings auf die Übertragung zweidimensionaler Bilder aus einer festen Perspektive limitiert. Vor allem nonverbale Kommunikation, ist dadurch stark eingeschränkt. Augenkontakt ist gänzlich unmöglich. Unser Ziel ist es, diese Situation vor allem für Gruppen von miteinander Lernenden zu verbessern. Unser Programm lässt sich zusammenfassen als Weiterentwicklung der Telekommunikation zur Telepräsenz.

Abschlussbericht: Unser Mehrbenutzer-VR System [KKB⁺11] bietet in Kombination mit Tiefenkameras die idealen Voraussetzungen für das Lernen in mehreren räumlich verteilten Lerngruppen. Reale Objekte und Personen können dreidimensional erfasst und in Echtzeit an entfernten Orten als dreidimensionale Rekonstruktionen wiedergegeben werden. Zusätzlich lässt die Integration dreidimensionaler Computergrafik in einem gemeinsamen virtuellen Interaktionsraum neue Arten der Kollaboration zu. Zum Beispiel kann

eine Gruppe von Fachplanern und Wissenschaftlern aus dem Bauingenieurwesen Gruppen von Studenten durch digitale Gebäudemodelle führen. Anhand des konkreten Beispiels können komplexe bauklimatische Zusammenhänge anschaulich erläutert werden, obwohl sich sowohl alle virtuell anwesenden Gruppen als auch die Beispiellarchitektur an unterschiedlichen Orten der Welt befinden (Abbildung 2.37).

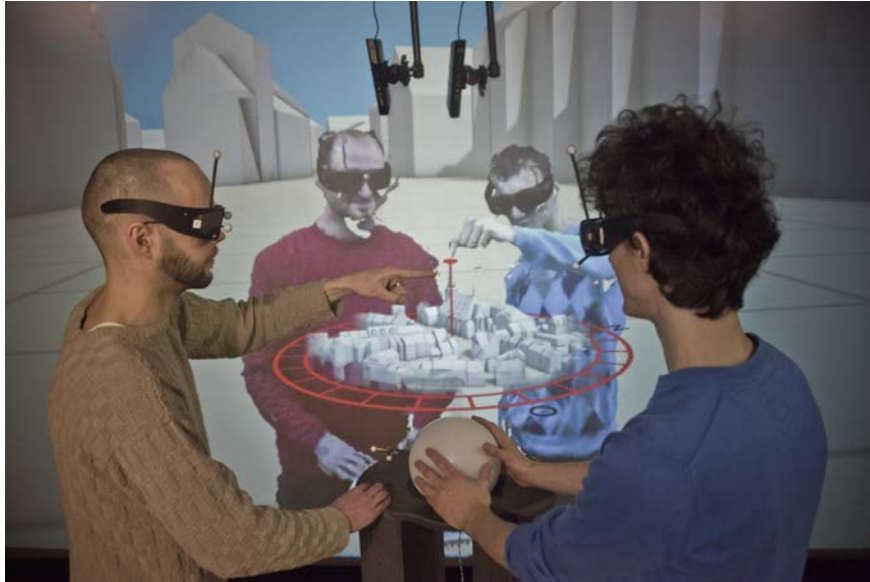


Abbildung 2.37: Eine Gruppe lokaler Nutzer plant mit zwei Kollegen eine Tour durch ein Stadtmodell. Die beiden Telekommunikationspartner werden dabei als 3D-Videoavatare repräsentiert. Zur besseren Planung dient ein Miniaturmodell der virtuellen Umgebung.

Im Rahmen des Projektes Intelligentes Lernen realisierten wir einen Funktionsdemonstrator für die Telepräsenzsysteme der Zukunft. Zu diesem Zweck koppelten wir zwei Mehrbenutzer VR-Systeme zur gemeinsamen Exploration einer virtuellen Umgebung. Mehrere Tiefenkameras in Kombination mit Videokameras erfassen alle Teilnehmer von mehreren Seiten dreidimensional und in Echtzeit. Die Daten werden im Netzwerk verschickt und als lebensgroße 3D-Videoavatare zur Darstellung in gemeinsamen virtuellen Umgebungen rekonstruiert.

Pilotstudien zeigten, dass die visuelle Qualität der Rekonstruktionen auch in diesem frühen Entwicklungsstadium bereits gut genug ist, dass Zeigegesten der Telekommunikationspartner so gut verständlich sind wie die von lokal anwesenden Teilnehmern. Anhand des Nutzungsszenarios virtueller Architektur- bzw. Stadtrundgänge entwickelten wir kollaborative Interaktionstechniken zur Tourplanung und Gruppennavigation (Abbildung 2.37 bis 2.39). Die innovative Technologie wurde auf der weltweit wichtigsten Konferenz zu virtuellen Umgebungen, der IEEE VR (2013) vorgestellt und dort mit dem Best Paper Award ausgezeichnet [BKKF13].

Arbeitspaket C1: Fallbasiertes Lernen

Beschreibung: Anhand tatsächlicher oder konstruierter Problemstellungen lernt der Teilnehmer neues Wissen aktiv und eigenverantwortlich anzuwenden oder eignet sich im Laufe des Lösungsweges das notwendige Wissen an. Im bauphysikalischen Bereich sind Planer in besonderem Maße mit solchen Problem- oder Entwicklungsfällen konfrontiert, wie zum Beispiel die Untersuchung von Schadensfällen, die Lösung technischer Details oder die Entwicklung größerer Planungsprojekte. Für die Bearbeitung solcher Fälle gibt es in der Regel keine linearen und idealen Lösungen. Zur Unterstützung des Lernprozesses muss daher eine flexible



Abbildung 2.38: Auf einer entsprechenden Skalierungsstufe des Umgebungsmodells können sich die Teilnehmer als verkleinerter 3D Videoavatar in Echtzeit betrachten.

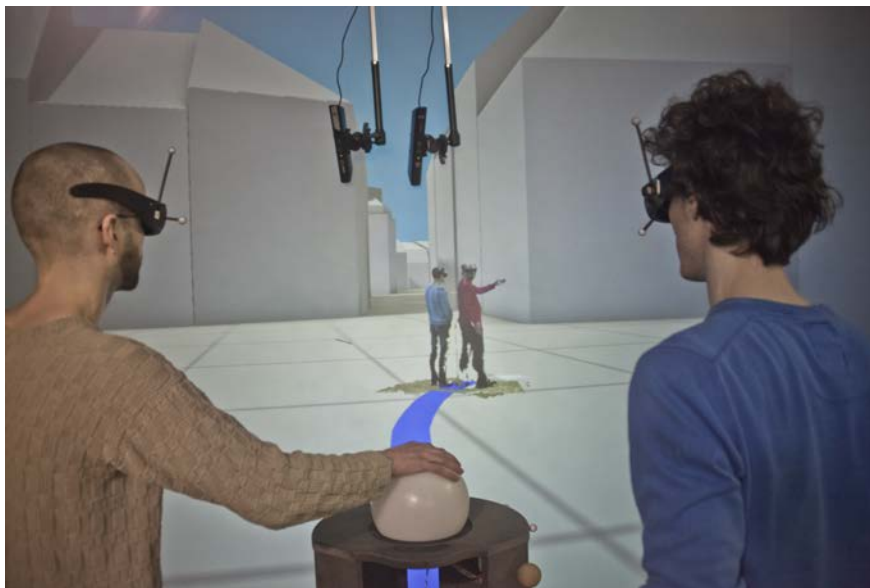


Abbildung 2.39: Für die Navigation durch die gemeinsame Umgebung entwickelten wir verschiedene Techniken der individuellen und gemeinsamen Navigation. Hier folgt die lokale Gruppe der Fahrt ihrer Telekommunikationspartner.

und netzartige Aufgaben- und Inhaltstruktur hinterlegt werden, die auf die unterschiedlichen Entscheidungen des Lernenden ausgelegt ist.

Abschlussbericht: Zur Entwicklung einer netzartigen Fallstruktur wurde eine einfache bauphysikalische Fallsammlung konkreter baulicher Zusammenhänge mit Musterlösungen angelegt. Enthaltene Fälle sind dabei beispielsweise:

- Auswirkungen von Fensterflächenausrichtung auf den Energiebedarf,
- Bedeutung von klimatischen Außenbedingungen für den Energiebedarf,
- Einfluss von Wärmebrücken auf das Energiesystem Gebäude,
- Einflussfaktoren auf den sommerlichen Wärmeschutz.

Aus dem Aufbau und den wesentlichen Zusammenhängen der Einzelbeispiele wurde ein allgemein verwendbarer Fallaufbau abgeleitet. Im Rahmen eines E-Learning-Seminars wurden die vorhandenen Fallbeispiele von Studenten bearbeitet, indem Auswirkungen einzelner veränderter Parameter ermittelt, die Ergebnisse analysiert und Rückschlüsse auf die zugrunde liegenden Zusammenhänge gezogen wurden. In einem weiteren Schritt wurde die Anwendbarkeit der gegebenen Struktur zur Entwicklung weiterer Fälle geprüft.

Die erarbeitete Fallstruktur erlaubt die Abbildung/Zerlegung bauphysikalischer Fälle in standardisierte Elemente. Auf der Basis gleicher Parameter in einer Fallstruktur lassen sich Verknüpfungen zwischen einzelnen Fällen herstellen, was komplexe und zusammenhängende Fallaufbauten ermöglicht. In der Auseinandersetzung mit der problembasierten Wissensvermittlung hat sich jedoch gezeigt, dass die Entwicklung einzelner und damit begrenzter Problemfälle wichtige Aspekte integrierter Planungsszenarien nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand berücksichtigt werden kann. Die Entwicklung eines Einzelfalles mit einer entsprechenden Zielsetzung bedeutet, dass dieser aus einem Kontext herausgelöst werden muss, da der planerische Kontext und seine Wechselwirkungen nur bis zu einem bestimmten Punkt abgebildet werden können. Die Entwicklung komplexer Fälle bedeutet daher nicht nur eine steigende Vernetzung der Bearbeitungsparameter, sondern auch eine steigende Anzahl von Schnittstellen zum Gesamtkontext, die unberücksichtigt bleiben müssen. Gleichzeitig sind solche Fälle sehr spezifisch und bieten trotz eines hohen Entwicklungsaufwandes nur wenig Möglichkeiten, die Variabilität der Ursachen von Problemfällen abzubilden.

Aus diesen Erkenntnissen heraus werden die vorhandenen Fallstrukturen für die Entwicklung eines umfassenderen Modells genutzt, dass die Einbettung von Fällen in einen konkreten Gebäudekontext ermöglicht. Die Bewertung von Problemen aus einer Nutzerperspektive und die Festlegung von Parameterbereichen ermöglicht hier eine automatische Entstehung authentischer Fälle. Über ein Parameternetz, das auf den bisherigen Fallstrukturen aufbaut, lassen sich aus dem Gesamtmodell gezielt bestimmte Fälle generieren, ohne sie vollständig isolieren zu müssen. Zusätzlich sollen reale Messdaten in dieses Modell eingebunden werden können.

Auf Basis der nutzerperspektivischen Fallbewertung und der Festlegung von Parameterbereichen ist ein einfacher Prototyp entwickelt worden, der die Funktionsweise einer automatischen Fallgenerierung demonstriert, die grundlegende Vorgehensweise bei der Bearbeitung bauphysikalischer Fälle vom Lernenden einfordert und diesen Lernprozess mit konventionellen Lerninhalten hinterlegt. Damit wurde Meilenstein M5 (Konzeptuelles Modell und Aufgabenkollektion für Fall-basiertes Lernen) erreicht.

Arbeitspaket C2: Planspiele und Simulation

Beschreibung: Eine weitere sehr effiziente Lehrmethode zur Vermittlung des vernetzten Vorgehens bei technisch interdisziplinären Planungsvorgängen sind Planspiele und Simulationen. Im Unterschied zum linearen Aufbau konventioneller E-Learning-Inhalte steht bei Planspielen die Wechselwirkung der am Planungsprozess Beteiligten im Vordergrund. Simulationen verdeutlichen technische und physikalische Zusammenhänge an dynamischen Modellen.

Im Bereich der Simulation sollen Lernmethoden zur Vermittlung technisch sehr komplexer Problemstellungen entwickelt werden. Im bauphysikalischen Bereich handelt es sich dabei um akustische und thermische

Fragestellungen. Um praxistypische Probleme zu verdeutlichen, müssen reale Situationen mit den stets vorhandenen Bauteilvarianzen und Messfehlern aufgemessen werden. Diese werden im 3D-Lernraum und mit Hilfe des Vibrometers und an der Bauhaus-Universität vorhandener Mess- und Simulationssoftware zur Verfügung gestellt und müssen entsprechend vom Lernenden interpretiert werden. Dies ist vor allem für das Verständnis der Schadensanalyse und die Entwicklung von Detaillösungen von besonderer Relevanz.

Für die Förderung des Verständnisses interdisziplinärer Planungsprozesse sollen weiterhin Konzepte für rollenverteilte Planspiele entwickelt werden. Dabei sollen die planerischen und technischen Zusammenhänge visualisiert und an entsprechenden Planungsstationen mit Hintergrundinformationen verknüpft und hinterlegt werden. Schwerpunkt ist dabei die Realisierung der Interaktion der einzelnen Beteiligten an der Gesamtsituation, auf Basis der technisch bedingten Interdependenzen.

Anwendung findet dies zum Beispiel im Bereich der energetischen Gebäudeplanung. Für die Berechnung spielen neben technischen Randbedingungen auch die Einflüsse der verschiedenen Baubeteiligten eine große Rolle. Planspiele ermöglichen hier ein stark verbessertes Verständnis für die Ziele der einzelnen Beteiligten sowie deren Auswirkungen und Wechselwirkungen auf die Gesamtplanung. Fundierte Vorarbeit aus den vorhandenen E-Learning-Projekten schafft die Voraussetzung zu deren Entwicklung.

Abschlussbericht: Aus dem Modell für den Aufbau bauphysikalischer Fälle (*Arbeitspaket C1: M5*) wurden die Grundlagen für ein Simulations- und Planspiel entwickelt; sowohl von konzeptioneller als auch technischer Seite.

Spielkonzept: Für die Entwicklung eines Spielkonzepts für fortgeschrittene Studenten wurden die heutigen Anforderungen an Ingenieure identifiziert und der Stand der Forschung im Bereich der Lernpsychologie und der Ingenieurausbildung ermittelt, um die benötigten Fähigkeiten zu vermitteln. Ergänzt wurden diese Ergebnisse aus den Erfahrungen aus Entwicklung und Betreuung des E-Learning-Studiengangs E-Learning Bauphysik. Als zentrales Element trat hierbei das situierte Lernen hervor. Es fordert authentische Lernszenarien zu denen insbesondere Lernprozesse in Gemeinschaften gezählt werden. Methoden dieser Art des Lernens sind z.B. Problem- oder Projekt-basierte Lernszenarien und das Prinzip der Communities of Practice, in denen sich Lernende mithilfe der Gemeinschaft von der Peripherie des Wissensgebietes zu dessen Zentrum vorarbeiten.

Das Konzept für ein bauphysikalisches Simulationsspiel basiert auf den Prinzipien heutiger Internet-basierter Multiplayer-Spiele. In diesen Spielen finden sich die wesentlichen Elemente situierten Lernens für das Computer-basierte Lernen wieder. Sie bieten innerhalb einer authentischen virtuellen Welt Aufgaben, Kommunikationsmittel und Organisationsstrukturen, die die Zusammenarbeit und Kommunikation von Spielern fördern.

Um neben konkreten, abgegrenzten Lernaufgaben auch freies und selbstgesteuertes Spielen und Lernen zu fördern wurde ein Konzept entwickelt, dass für einen beständigen Entwicklungsdruck auf die Spieler sorgt: Dieser Druck entwickelt sich aus dem Zusammenspiel von individualisierten Gebäudenutzern, einem Pool von unterschiedlichen Gebäuden und sich fortentwickelnden technischen und gesetzlichen Anforderungen; einer Umgebung mit der Ingenieure ständig konfrontiert werden. Sie stellt hohe Anforderungen an das Verständnis von Zusammenhängen und die Zusammenarbeit mit anderen Fachrichtungen. In diesem realistischen Kontext muss der Spieler allein oder zusammen mit anderen Spielern die Hintergründe bauphysikalischer Probleme durch virtuelle Messgeräte, eigene Schlussfolgerungen, etc. entschlüsseln und entsprechende Lösungswege dafür entwickeln. Dabei muss er grundsätzlich zwischen unterschiedlichen Interessenlagen und Anforderungen abwägen und Entscheidungen für eine bestimmte Lösung fällen.

Die Faszination virtueller Welten oder Multiplayerspiele lebt von der Beteiligung anderer menschlicher Spieler. Durch die verschiedenen individuellen Ziele der Spieler kommt es zu Interessenkonflikten, aus denen sich Spielergemeinschaften entwickeln. Die informellen Lernprozesse in diesen Gemeinschaften fördern nicht nur kommunikative und organisatorische Fähigkeiten, sondern auch solche, die Merkmale wissenschaftlichen Arbeitens aufweisen

Lernszenarien Nach der Entwicklung der methodischen und technischen Grundlagen für Spiel-basierte Lernszenarien wurden die folgenden konkreten Lernszenarien umgesetzt:

Residential Lab Das Spielkonzept 'Residential Lab' liefert ein Spielkonzept, das die Spieler mit offenen, fachlichen Problemen aus der Bauphysik konfrontiert. In der konventionellen Lehre sind Aufgaben in der Regel so ausgelegt, dass der Lernende sich mit den bauphysikalischen Eigenschaften eines Gebäudes auseinandersetzen muss. Die Rahmenbedingungen für die Umgebung oder das Nutzerverhalten sind normiert und daher – im Gegensatz zur Realität – nicht veränderlich. Das Spiel nähert sich realen Situationen an, indem es die Zahl möglicher Ursachen auf alle beteiligten Elemente einer Situation erweitert. Im Gegensatz zu den geschlossenen, akademischen Aufgaben müssen die Spieler zuerst herausfinden was die Problemursache ist. Die Spieler müssen unter Berücksichtigung ihrer Ressourcen Entscheidungen für den Umbau des jeweiligen Gebäudes und das Lösen der Probleme treffen.

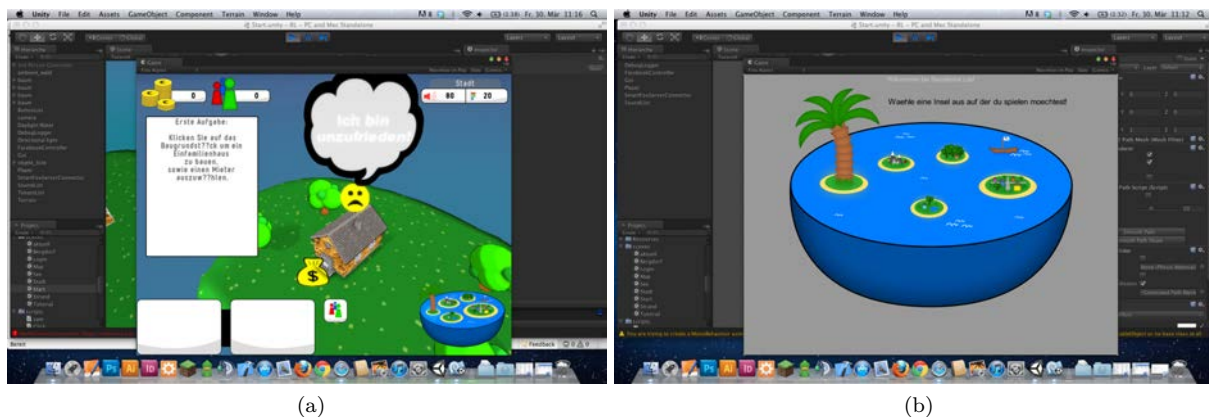


Abbildung 2.40: Screenshot 'Residential Lab' in der Entwicklungsumgebung von Unity3D: Problemstellung im Tutorial (a) und unterschiedliche Umgebungsbedingungen (b)

Das Spiel liefert daher verschiedene Umgebungen für Gebäude mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen. Auf der Grundlage individueller Gebäudenutzer sind außerdem das Nutzerverhalten und die Nutzererwartungen verschieden. Der Spieler muss daher für jeden Problemfall von Neuem herausfinden, was die tatsächliche Ursache für einen bauphysikalischen Problemfall ist und eine entsprechende Lösung durch den Austausch von Gebäudeteilen erreichen.

Easy Gold Wir haben die technischen Grundlagen geschaffen, um für gemeinschaftliches Lernen auf die Strukturen existierender Social Networks zurückzugreifen. Das von uns entwickelte Multiple-Question-Spiel 'Easy Gold' nutzt diese Möglichkeiten. Es erlaubt das Üben von Faktenwissen und ermöglicht den fachlichen Austausch, Hilfestellung durch 'Freunde', etc. bei Problemen und Hindernissen innerhalb der Gruppe der Spieler.

Nachdem in 2011 ein über Facebook zur Verfügung stehender Prototyp des Simulationsspiels (BuildVille) erfolgreich getestet wurde (und damit Meilenstein M26 erreicht wurde), wurde in 2012 der Test, die Erweiterung und die konzeptionelle Detaillierung des Prototypen vorangetrieben. Für den Test erwies sich eine Entkopplung der Szenarien und der unterfütternden Spiel-Infrastruktur als hilfreich. Im Mini-Spiel Easy Game wurden die Szenarien ersetzt durch Multiple-Choice-Fragen, die in der Erstellung wesentlich weniger aufwändig sind.

Szenarien 'Social Gaming'

Beginnend in 2009 haben sogenannte „Social Network Games“(SNG) rasant an Bedeutung gewonnen im Bereich der Computerspiele. SNGs sind Computerspiele auf Basis von und integriert in Social Network Services (SNS) wie beispielsweise Facebook, die mehr den Gelegenheitsspieler ansprechen, d.h. sich durch



Abbildung 2.41: Screenshot 'Easy Gold': Spieloberfläche (a) und Präsentation einer Multiple Choice Question (b)

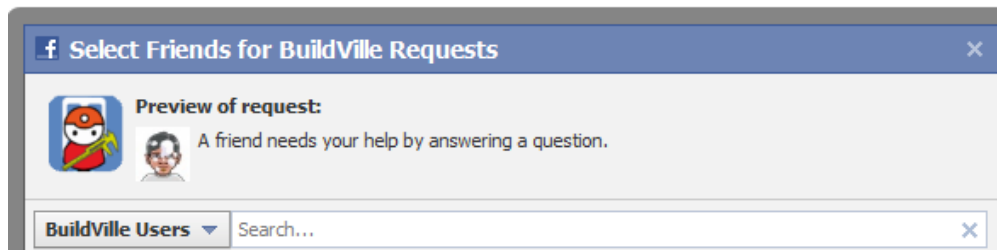


Abbildung 2.42: Screenshot Facebook Wall-Post durch Buildville

kürzere Spielzyklen auszeichnen. Zu den Vorteilen dieser Spiele zählen die geringeren Herstellungskosten, das Erschließen einer neuen Spielerschaft sowie das Aufsetzen auf schon vorhandenen Gemeinschaften. Perspektivisch verwachsen SNS, Lernplattform und Educational Games miteinander.

Aus diesen Gründen wurden SNGs innerhalb des Projektes „Intelligentes Lernen“ in einigen Szenarien untersucht.

- Der Prototyp der Spieleroberfläche (s.u.) wurde in Facebook integriert und um typische Spielmechaniken von SNGs erweitert. Zu diesen Spielmechaniken gehört beispielsweise das Absetzen von Hilfeforderungen des Spielers als (Facebook-)Wall Posts.
- Das Mini-Spiel „Easy Gold“ (siehe oben) benutzt im hohen Maße Spielmechaniken erfolgreicher SNGs.
- Untersuchung des Social Games „Fliplife“ als E-Assessment-Tool: Das Spiel beruht auf relativ einfachen Spielmechaniken, und erfreut sich dennoch großer Beliebtheit. Von deutschen Konzernen wie Bayer und Daimler wird es als Marketing-Plattform eingesetzt. Des weiteren gibt es Berichte darüber, dass es auch als Rekrutierungsplattform genutzt wird. Es wurde untersucht, wie E-Assessment in diesem Spiel funktioniert. Durch Filterung der durch Spieler erzeugten Spieldaten lässt sich deren Spielverhalten analysieren und bewerten. Die Ergebnisse dieser Arbeit flossen in ein Konzept zur Spielerverhaltensanalyse in unserem Spiel ein.

Schnittstelle für eine übergreifende Erfassung von Kenntnissen und Fähigkeiten Im Rahmen formeller und informeller Lernprozesse werden unterschiedliche Fähigkeiten und Kenntnisse entwickelt. Um diese Leistungen auch zwischen den verschiedenen entwickelten Lösungen austauschbar zu machen, ist es notwendig sie zentral zu erfassen. Damit ist es möglich, Leistungen in einem Bereich auch in anderen Lernszenarien zu nutzen; unabhängig davon ob es sich um Klausuren, Seminare, E-Learning-Einheiten oder Spiele handelt. Als Basis haben wir dafür einen Lernzielkatalog aufgebaut, der es ermöglichen soll, fachspezifische Kenntnisse und Fähigkeiten zu erfassen.

Für die bereits entwickelten Mini Games wurde eine Anbindungs- und Integrationsschnittstelle geschaffen. Diese besteht aus einer Integration in die Oberfläche sowie einem gemeinsamen Spielermodell (Badges, Coins und XPs). Sie wurde prototypisch getestet mit dem Mini-Game „Easy Gold“(Abb. 2.41a). Die Schnittstelle erlaubt die modulare Entwicklung zusätzlicher kleinerer Spiele, die Einfluss auf Lernprozesse haben und könnte auf der Basis des Lernzielkatalogs durch fachspezifische Leistungen erweitert werden.

Alternative Lösungsansätze Eine Schwierigkeit bei der Erstellung von fachspezifischen Simulationsspielen ist der hohe Aufwand, der für ein attraktives Spiel anfällt. Aus diesem Grund wurde auch eine Reihe von weiteren Ansätzen überprüft, die bestehende kommerzielle Spiele und Entwicklungsplattformen einschließen. Der Vorteil eines Vorgehens, in dem der zu vermittelnde Inhalt in ein kommerzielles Spiel eingebettet werden kann, ist der wesentlich geringere Erstellungs-Aufwand sowie die Nutzung bewährter Spielmechaniken. Die Schwierigkeit dieses Ansatzes ist jedoch ein passendes Spiel zu finden. Es konnten eine Reihe von Spielen identifiziert werden (u.a. SimCity, JuraShooter und Triviador), die zu diesem Zweck eingesetzt werden können.

Spezialisiertes Framework zur Definition von Planspielaufgaben

Um das komplexe Wirkungsgefüge einer für ein Simulationsspiel typischen virtuellen Welt zu implementieren und die Möglichkeit zu bieten, es zu erweitern oder wissenschaftlichen Erkenntnissen anzupassen, wurde ein modulares, erweiterbares Framework unter dem Titel „bausim:phy“entwickelt. Dafür wurden wesentliche Simulationselemente identifiziert: Grundobjekt ist das Szenario, das um hierarchisch aufgebaute Simulationselemente und Parameter ergänzt werden kann. Zusätzlich sind Aktionen, mit denen der Spieler Einfluss auf das Szenario nehmen kann, und Ereignisse, die das Szenario von Systemseite ändern, implementiert.

Simulationselemente und Parameter werden jeweils durch ein spezielles Modul beigesteuert (Abb. 2.43). Beispiel: Das Modul Wärme enthält u.a. das Simulationselement „Heizkörper“und den Parameter „Raumtemperatur“. Module haben eine wohldefinierte Abhängigkeitsstruktur, d.h. sie benennen genau ihre vorausgesetzten Module (Abb. 2.44). Durch diese Modulstruktur ist das Framework hochgradig erweiterbar.

Zu den Fähigkeiten des mit einer Verwaltungs- und Testoberfläche (Abb. 2.44) versehenen Prototypen gehören:

- Bereitstellung, Darstellung und Ablaufen von Szenarios
- Grafische Darstellung der Entwicklung von Parameterwerten
- Änderung an Parameterwerten
- Änderung von Simulationselementen (zum Beispiel Austausch)
- Prototypisch entwickelte Fachmodule (schwerpunktmäßig aus dem Bereich der Bauphysik), mit deren Hilfe ein Wirkungsnetz entsteht:
 - Gebäude
 - Akustik
 - Wärme
 - Vertrag

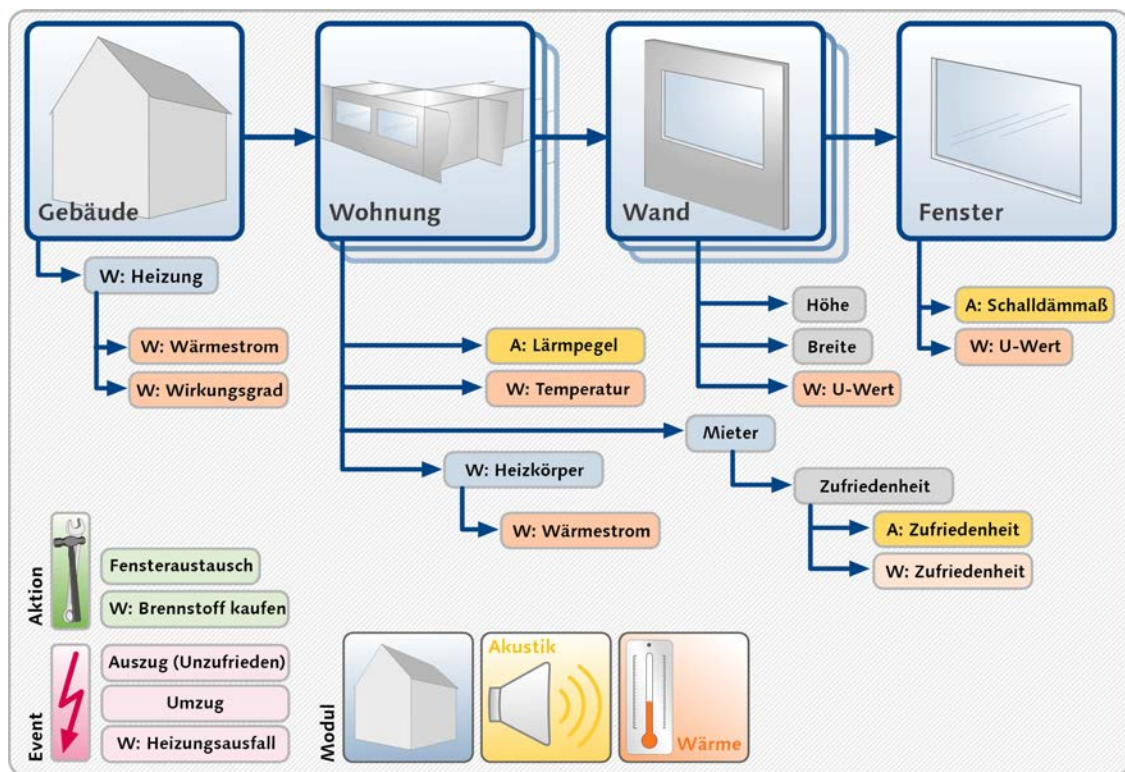


Abbildung 2.43: Darstellung eines beispielhaften Wirkungsnetzes

Der Simulationskern besitzt ebenso ein Skill- und Assessment-System. Diese Komponente dient der Steuerung des Spielerfokus und gewährleistet, dass sich der Spieler immer in der Zone der nächsten Entwicklung (Zone of proximal Development) (Vygotsky) befindet. D.h. er ist weder unterfordert und langweilt sich noch überfordert und frustriert. Er bekommt Aufgaben, für deren Lösung er sich anstrengen muss, dabei aber immer die Hoffnung hat, eine solche finden zu können.

Planspiel und Simulation für E-Learning

Für ein simulationsbasiertes Planspiel für E-Learning in der Bauphysik wurden verschiedene Systemkomponenten zu einem lauffähigen Gesamtsystem in Form eines vertikalen Prototypen miteinander verbunden. Der Prototyp beruht auf dem Simulationsframework auf Eclipse RCP auf dem Server, einer MySQL-Datenbank, einem Unity3D basierendem Gaming Client sowie der bausim:phy-Verwaltungs Oberfläche („Scenario-Editor“). Die Kommunikation zwischen Clients, Server und Datenbank wird koordiniert durch die Middleware SmartFoxServer, einem Standard im Bereich der Spielentwicklung mit Unity3D und Java-Anbindung.

Mit Hilfe der Entwicklungsumgebung Unity3D wurde eine 3D-Welt mit bauphysikalischen Inhalten geschaffen. Darin können sich die Spieler frei bewegen und die vorhandenen Gebäude erkunden. Die Entwicklung einer Schnittstelle zwischen 3D-Welt und Simulations-Framework ermöglicht den Austausch von Simulationsdaten zwischen beiden Seiten. Über die Spieloberfläche können Eigenschaften abgefragt und Aktionen ausgeführt werden, die Auswirkungen auf die weitere Berechnung der Situation haben.

Die Clientsoftware wurde in Facebook integriert, so dass auf bestehenden sozialen Netzwerken aufgebaut werden kann. Der komplette vertikale Prototyp wurde auf einem Server der Hochschule installiert, ein Zugriff auf BuildVille setzt lediglich einen Facebook-Account sowie die (geführte) Installation eines Browser-Plugins voraus.

Entwicklung einer virtuellen Thermografiekamera

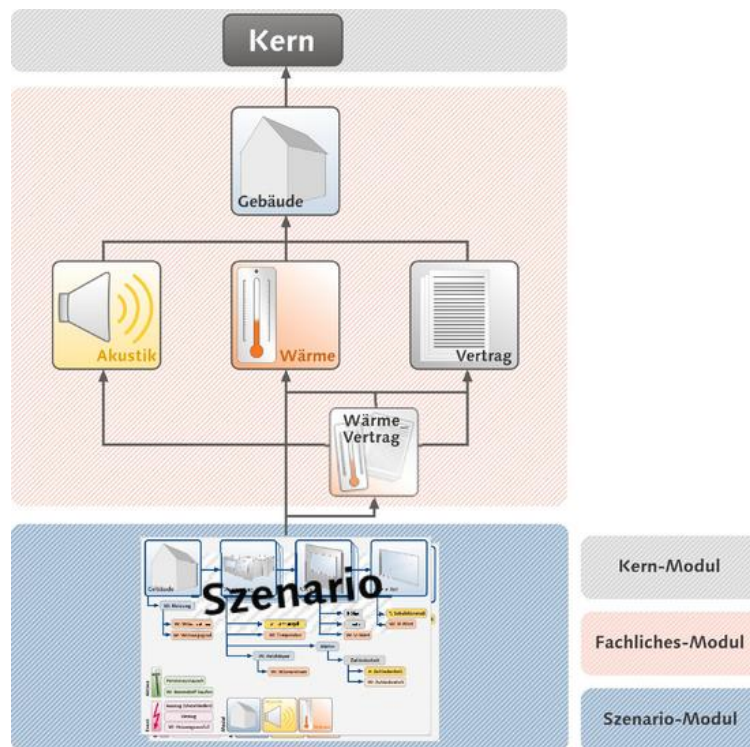


Abbildung 2.44: Übersicht der bisher erstellten fachlichen Module

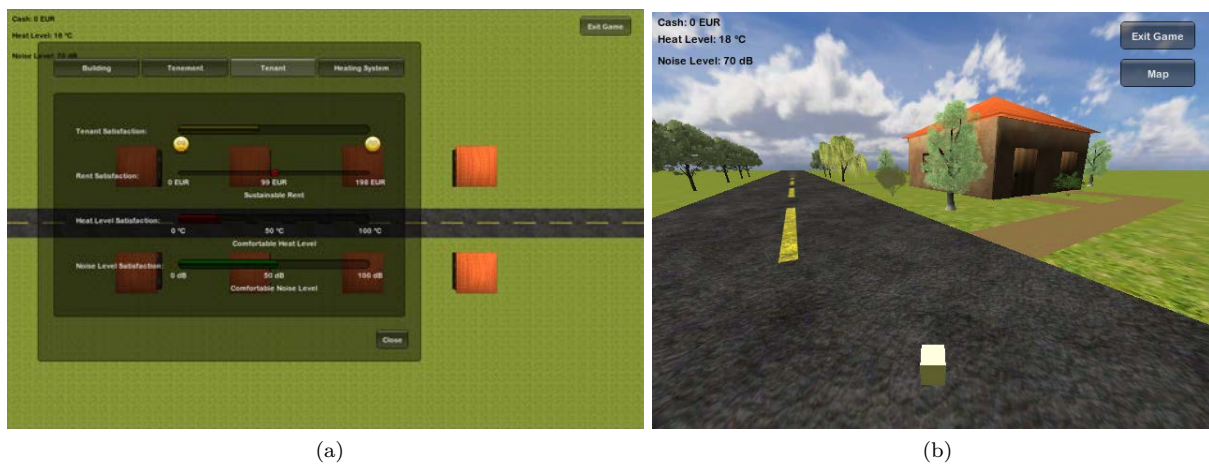


Abbildung 2.45: Spieloberfläche: Vogelperspektive auf die Gebäude mit Gebäudeeigenschaften (a) und 3D-Darstellung eines Gebäudes (b)

Um innerhalb des Simulationsspiels bauphysikalische Parameter und Ergebnisse sichtbar zu machen, werden virtuelle Werkzeuge benötigt. Diese Werkzeuge sind jedoch nicht nur für den Einsatz in einem solchen Lernspiel geeignet, sondern es ist auch denkbar, sie einzeln in Lehre, Weiterbildung und Forschung einzusetzen.

Es existieren zwar Programme und Rechenkerne, diese sind jedoch meist nicht in der Lage, die Daten in der notwendigen Genauigkeit in Echtzeit zu berechnen und darzustellen. Um jedoch den reibungslosen Ablauf eines solchen Spiels gewährleisten zu können, ist es erstrebenswert entsprechende Visualisierungen nahe

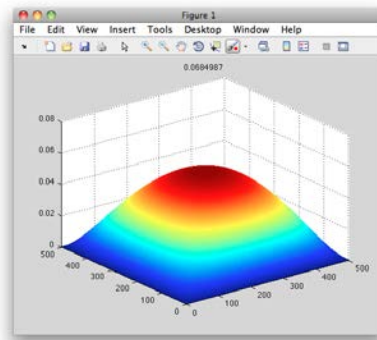


Abbildung 2.46: Visualisierung der Berechnung von Temperaturverteilungen in einer Ebene

Echtzeit zu generieren. Vorhandene Algorithmen wurden unter verschiedenen Gesichtspunkten theoretisch und experimentell untersucht und den Bedürfnissen des Projektes angepasst. Da viele der benötigten Berechnungen massiv parallel ausgeführt werden können, fiel die Entscheidung, die entsprechenden Algorithmen auf der Grafikkarte anstelle der CPU zu implementieren. Da Grafikkarten die Möglichkeit bieten, parallele Berechnungen unter bestimmten Bedingungen deutlich schneller durchzuführen.

Als erstes virtuelles Werkzeug in diesem Zusammenhang wurde eine virtuelle Thermografiekamera entwickelt. Ein erster Prototyp einer solchen Thermografiekamera erlaubt die Echtzeitberechnung und Visualisierung einfacher thermischer Szenarien (Abb. 2.46).

Zunächst wurde ein Algorithmus zur Berechnung und Darstellung von Wärmeströmen für zweidimensionale Szenarien erprobt und beispielhaft für den Einsatz auf Grafikkarten umgesetzt. Hierfür zerlegt der Algorithmus den Raum mittels eines äquidistanten Gitters in einzelne Zellen. Jeder Zelle wird zu Beginn der Berechnung eine Reihe von Eigenschaften wie Temperatur, Nachbarschaft und Material zugeordnet. In Abhängigkeit dieser Eigenschaften erfolgt dann die Berechnung der Temperaturänderungen im Laufe beliebigen Anzahl von Zeitschritten.

Verschiedene Experimente haben gezeigt, dass die Umsetzung des Algorithmus auf der GPU statt auf der CPU es ermöglicht wesentlich feinere und detailreichere Gitter und Szenarien in Echtzeit zu berechnen. Um die virtuelle Thermografiekamera in einem Lernspiel möglichst realitätsnah einsetzen zu können, ist es jedoch notwendig die Berechnungen auch für dreidimensionale Objekte und Szenarien in Echtzeit durchführen zu können. Die Erweiterung um eine Dimension ist nicht nur algorithmisch interessant, sondern erfordert auch unterschiedliche mathematische Betrachtungen. Die mathematischen Betrachtungen sind sowohl für die zweidimensionale, als auch die dreidimensionale Umsetzung wichtig. Denn sie bilden die Grundlage für die Einordnung der Ergebnisse zum Beispiel in Bezug auf Stabilität und Genauigkeit.

Weitere Theoretische Untersuchungen, die in die Umsetzung mit einfließen, beschäftigen sich mit einer sinnvollen Gitterstruktur. Bei der Generierung des Gitters für die Berechnung der Temperaturen an den verschiedenen Punkten des Raumes wurde berücksichtigt, dass es aus mathematischer Sicht nicht notwendig ist, eine äquidistante Auflösung zu benutzen. Große plane Flächen, wie zum Beispiel die Mitte einer Wand, können grob aufgelöst werden, geometrische und bauphysikalische Besonderheiten, wie zum Beispiel Ecken, müssen jedoch in feinerer Auflösung betrachtet werden, da sich hier die Meßwerte in kleineren Schritten ändern.

Um mit der Kamera durch den virtuellen Raum laufen zu können, wird zunächst der gesamte Raum in ein grobes Gitter zerlegt und die Messwerte an diesem Gitter vorberechnet. Zeigt der Nutzer mit der Kamera dann auf eine bestimmte Stelle, wird das Gitter auf Grundlage des groben Gitters verfeinert und an der entsprechenden Stelle neu berechnet. Hierbei kommen sogenannte Mehrgitterverfahren zum Einsatz. Gleiches erfolgt auch beim Schwenken der Kamera, wenn der Nutzer benachbarte Gebiete untersuchen möchte. Auf

diese Weise werden nur Gebiete hoch aufgelöst, die auch von großem Interesse sind. Dies ist eine weitere Methode, die zum Einsatz kommt um Rechenzeit einzusparen.

Datenaufnahme mit dem 3D-Laser-Doppler-Vibrometer

Für die Anreicherung von Spielsituationen mit realen Daten wurden Daten im akustischen Bereich mit dem 3D-Laser-Doppler-Vibrometer (3D-LDV) aufgenommen. Sie visualisieren die Schwingungseigenschaften von Bauteilen abhängig von der Frequenz in allen drei Schwingungsrichtungen. Hierbei sollen Lernenden die besonderen Problempunkte und mögliche Schallbrücken bei Bauteilen deutlich gemacht werden.

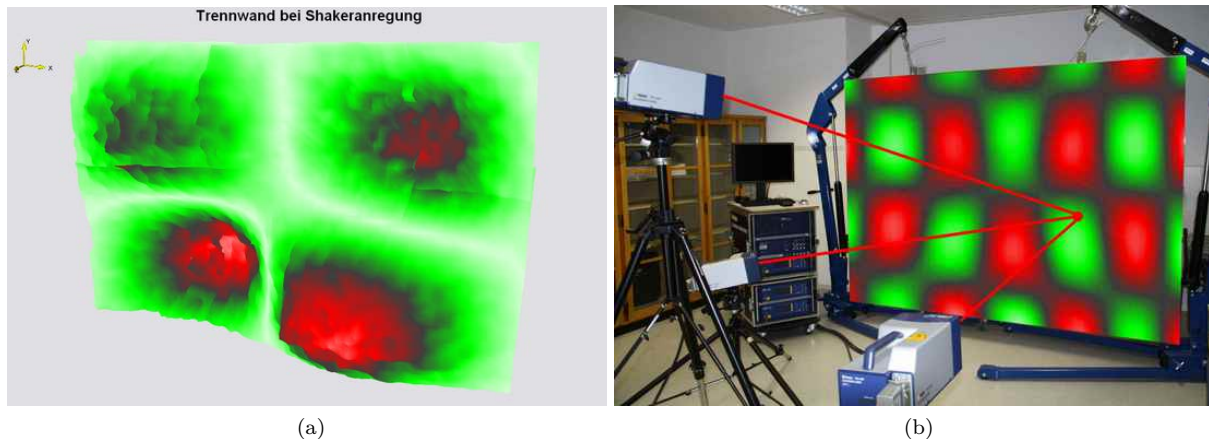


Abbildung 2.47: Eigenmode einer Trennwand in z-Richtung bei 98,8 Hz(a) und Fotomontage der Messvisualisierung durch das 3D-LDV (b)

Nachdem am Akustikprüfstand erste Messerfahrten gesammelt wurden, konnte das 3D-LDV bei Untersuchungen in einem Universitätsgebäude eingesetzt werden. Dabei wurde die Übertragung von Körperschall durch Massivwände detailliert untersucht. Als Maß zur Beschreibung des Schallübertragungsverhaltens wurde die Übertragungsfunktion zwischen einer direkten Krafteinleitung zur Oberflächenschwingung der Gebäudestruktur bestimmt. Mit dieser Größe lässt sich bestimmen, welche Gebäudeschwingungen zum Beispiel während des Betriebs von haustechnischen Anlagen erzeugt werden. Daraus kann anschließend auch das Luftschallfeld und eine damit verbundene Störwirkung prognostiziert werden. Dies ist besonders für Skelett- und Leichtbaukonstruktionen relevant, da für diese Bauweisen keine geeigneten Prognoseverfahren existieren.

Des weiteren wurden mithilfe des 3D-LDV Schwingungen von plattenförmigen Bauteilen aufgemessen. Dabei zeigte sich, dass die experimentell bestimmten Schwingungsbilder FEM-Simulationen von schwingenden Platten gleichen. Es wurden insbesondere die schwingenden Plattenränder aufgenommen und dieses Schwingungsverhalten erstmalig sichtbar und quantifizierbar gemacht. Die Schwingungsbilder erlauben dabei einen Einblick in die komplexe Übertragungssituation von Bauteilschwingungen bei unterschiedlichem Anschluss der Platten an angrenzende Bauteile. Hierdurch können Phänomene der Körperschallübertragung über die Flanken von Bauteilen erstmalig sichtbar und quantifizierbar gemacht werden. Bisherige Verfahren, die auf dem so genannten Empfangsplattenverfahren beruhen, gehen bei solchen Situationen von einer senkrechten Krafteinleitung aus. Die untersuchte plattenförmige Struktur wurde mit schrägen Kraftkomponenten zum Schwingen angeregt und mit dem LDV vermessen. So konnten auch die Schwingungskomponenten in-plane sichtbar gemacht und quantifiziert werden.

Erreichte Meilensteine:

- *M15: Spezialisiertes Framework zur Definition von Planspielaufgaben im Einsatz*
- *M26: Planspiel und Simulation für E-Learning in der Bauphysik verfügbar*

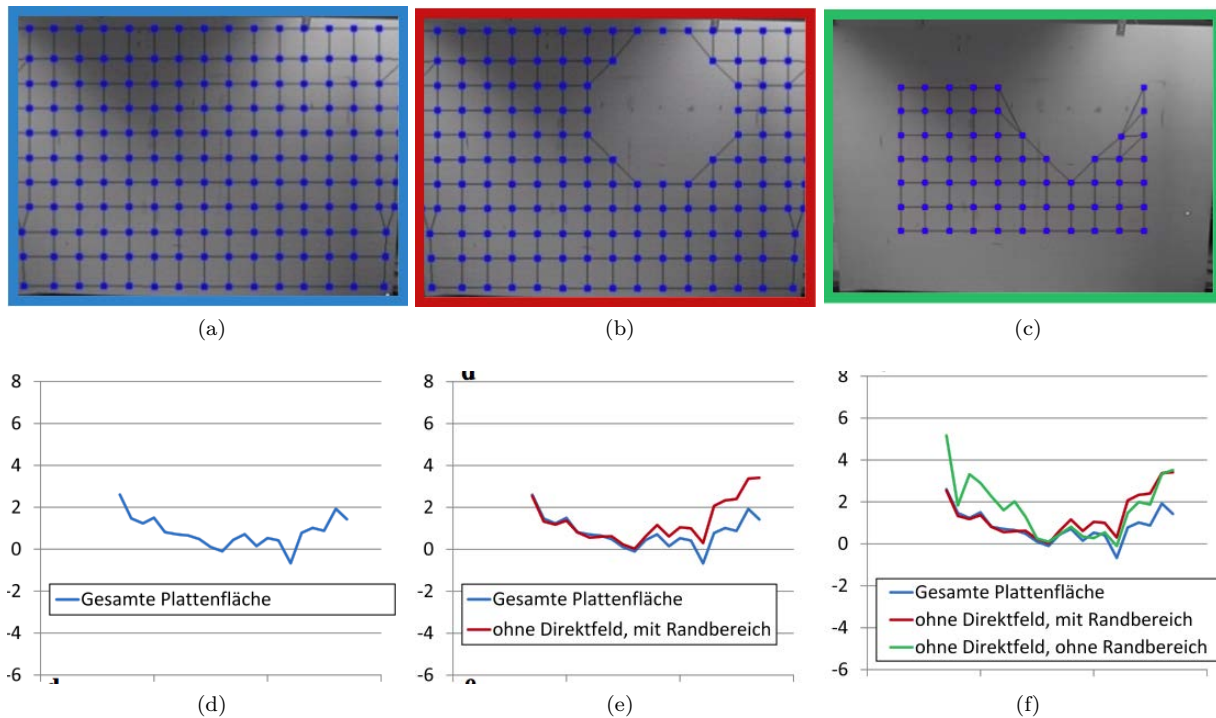


Abbildung 2.48: Messergebnisse und Darstellung der Messpunkte des Laser-Doppler-Vibrometers: Pressspanplatte 22 mm Leistungsunterschiede (a) über ganze Platte verteilt, (b) ohne Shaker-Direktfeld, (c) ohne Direktfeld und Randbereich. Leistungsunterschiede für die Oberflächenschnellen in Abhängigkeit vom Messraster (d-f)

Arbeitspaket C3: Plagiat- und Antwortanalyse

Beschreibung: Der Antwortanalyse kommt bei der Wissensvermittlung eine Schlüsselrolle zu: sie bestimmt die Komplexität und den Anspruch, mit der die Überprüfung erlernter Inhalte erfolgt. Ein besonderer Aspekt der Antwortanalyse ist die Entdeckung von plagiierten Texten und kopierten Lösungen. Sie gewinnt in zukünftigen E-Learning-Umgebungen eine wichtige Rolle: Die Komplexität der auswertbaren Antworten steigt u.a. aufgrund der Informationsquelle World Wide Web. Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist u.a. die Entwicklung von Plagiatanalyseverfahren und deren Adaption auf den E-Learning-Kontext.

Abschlussbericht: *Semantische und sprachübergreifende Ähnlichkeitsanalyse:* Für den inhaltlichen Vergleich zweier Textdokumente bzw. einer erhaltenen und einer gespeicherten Antwort steht eine Vielzahl von verschiedensten Verfahren zur Verfügung. Viele dieser Verfahren werden auch in der Plagiatanalyse eingesetzt und wurden bereits im Rahmen des von uns mitorganisierten PAN-Wettbewerbs evaluiert und weiterentwickelt. Der Großteil der existierenden Verfahren berechnet die Ähnlichkeit zweier Dokumente auf der Basis der Informationen, die in den Dokumenten enthalten sind, wie z.B. die Verteilungen der Wörter. Allerdings ist es möglich, dass zwei Texte inhaltlich ähnlich sind, jedoch nur wenige oder sogar keine gemeinsamen Wörter haben, wie z.B. die Texte „Die neue Mercedes A-Klasse hat einen geringen Benzinverbrauch“ und „Das neueste Modell des größten deutschen Autoherstellers ist sehr sparsam“.

Die Explicit Semantic Analysis (ESA) ist ein relativ neues Verfahren zur semantischen Ähnlichkeitsanalyse von Dokumenten, das nicht auf den im Dokument enthaltenen Informationen basiert. Bei diesem Verfahren wird externes Wissen aus einem Referenzkorpus verwendet, um die zwei zu vergleichende Dokumente zu repräsentieren. In den im Projekt entstandenen Arbeiten „The ESA Retrieval Model Revisited“ [AS09] und

„Insights into Explicit Semantic Analysis“ [GAS11] wird das ESA-Modell erstmals theoretisch betrachtet und unter anderem die Auswirkungen des Referenzkorpus untersucht. Es wird sowohl theoretisch als auch experimentell gezeigt, in welchem Ausmaß bestimmte Eigenschaften des Referenzkorpus die Genauigkeit der Ähnlichkeitsanalyse beeinflussen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind nicht nur für die Plagiat- und Antwortanalyse von Bedeutung, sondern können in einer Vielzahl von Problemfeldern, in denen das ESA-Modell mittlerweile eingesetzt wird, zur Verbesserung der Ergebnisse führen.

Das Prinzip, eine Referenzkollektion zu verwenden, um Textdokumente zu repräsentieren, kann nicht nur für praktische Anwendungen, wie z.B. Plagiat- und Antwortanalyse, genutzt werden, sondern bietet auch Potential für theoretische Analysen. Es wurde ein theoretisches Framework entwickelt, das es ermöglicht, verschiedene Dokumentmodelle des Information Retrievals zu beschreiben und zu vergleichen. Das Framework und die daraus resultierenden Erkenntnisse wurden in der Arbeit „Collection-Relative Representations: A Unifying View to Retrieval Models“ [SA09] veröffentlicht. Der Fokus liegt auf sogenannten „kollektionsrelativen Dokumentmodellen“, die maßgeschneidert für eine spezielle Domäne erstellt werden können, indem eine domänenspezifische Dokumentkollektion als externe Wissensquelle verwendet wird. Zu Testzwecken kam hier die Dokumentkollektion mit Lernmaterial aus der Bauphysik zum Einsatz, die in *Arbeitspaket D1* erstellt wurde. Kollektionsrelative Dokumentmodelle sind für die Plagiat- und Antwortanalyse von entscheidender Bedeutung, da sie eine effiziente und präzise Ähnlichkeitsanalyse von Textdokumenten, z.B. Antworten von Übungsaufgaben, ermöglichen.

Da ein großer Teil der Plagiate entsteht, indem Inhalte aus einer fremden Sprache übersetzt werden, wurde bereits im ersten Projektjahr ein Verfahren zur sprachübergreifenden Ähnlichkeitsanalyse entwickelt und in der Arbeit „A Wikipedia-Based Multilingual Retrieval Model“ [PSA08] veröffentlicht. Das Verfahren nutzt eine mehrsprachige Referenzkollektion, z.B. die freie Enzyklopädie Wikipedia, um ein gegebenes Textdokument in einer sprachunabhängigen Konzeptrepräsentation darzustellen. Basierend auf der Konzeptrepräsentation lässt sich die Ähnlichkeit zweier verschiedensprachiger Textdokumente bestimmen; die somit auf plagierte Textstellen untersucht werden können. In der Arbeit „Cross-language High Similarity Search: Why no Sub-linear Time Bound can be Expected“ [ASP10] wird die Laufzeitkomplexität von einer speziellen Klasse von Verfahren zur sprachübergreifenden Ähnlichkeitsanalyse untersucht. Es wird sowohl theoretisch als auch experimentell gezeigt, dass für diese Verfahren keine sublineare Laufzeit zu erwarten ist. Neben dem theoretischen Beitrag sind die Erkenntnisse auch von praktischer Relevanz, da sie zeigen, dass bei der sprachübergreifende Plagiatanalyse ein linearer Scan der Dokumentkollektion unumgänglich ist.

Neben den theoretischen Analysen wurde das entwickelte Verfahren zur sprachübergreifende Ähnlichkeitsanalyse im Rahmen des Cross-Language Evaluation Forum (CLEF) empirisch evaluiert [ALS10]. CLEF ist eine renommierte Konferenz, die standardisierte Testdatensätze und entsprechende Bewertungsmechanismen zur Verfügung stellt. Die Ergebnisse der Evaluierung sind sehr vielversprechend und belegen die Anwendbarkeit des Verfahrens in der Praxis. Sowohl die theoretischen Arbeiten als auch die empirische Evaluierung trugen zu Erfüllung des Meilensteins M17 (Algorithmen zur Plagiatanalyse bezüglich unterschiedlicher Kriterien evaluiert) bei.

Plagiat-Wettbewerb PAN: Die Organisation des jährlich stattfindenden Wettbewerbs PAN (Uncovering Plagiarism, Authorship and Social Software Misuse) wurde aktiv unterstützt. Insbesondere wurden Evaluierungskorpora für die interne und externe Plagiatanalyse entwickelt, die in dem Wettbewerb zum Einsatz kamen. In weiteren Auflagen wurden neue Evaluierungskorpora für die interne und externe Plagiatanalyse entwickelt, die in dem Wettbewerb zum Einsatz kamen. Die sich im Wettbewerb herauschälenden „besten“ Verfahren wurden von uns im Rahmen des Projektes weiter getestet und im Prototypen zur Plagiaterkennung eingesetzt. Durch den Wettbewerb wurden sowohl ein Korpus zum Testen von Plagiatanalyseverfahren entwickelt (Meilenstein M17) als auch gleichzeitig unsere Entwicklung guter Verfahren zum Aufspüren plagiierter Stellen in Dokumenten unterstützt (Meilenstein M16). Beide gesetzten Meilensteine wurden dadurch im Jahr 2010 erfüllt. Obwohl die Meilensteine bereits erfüllt wurden, arbeiteten wir danach auch weiter an der Organisation des PAN-Wettbewerbes mit, um die Plagiatanalyse- und Evaluierungsverfahren weiter zu verbessern.

PAN’11 wurde im Rahmen der Konferenz CLEF 2011 in Amsterdam durchgeführt. Es wurden neue Evaluierungskorpora für die Plagiatanalyse sowie für die Autorenschaftanalyse entwickelt. Wie bereits in den vorherigen Jahren nahmen an dem Wettbewerb Wissenschaftler aus aller Welt teil. Die 500 Euro Preisgeld, gestiftet von Yahoo! Research, gingen an ein Forscherteam aus Chile. Die vielversprechendsten Verfahren wurden von uns erneut im Rahmen des Projektes weiter getestet und in den Prototypen zur Plagiaterkennung integriert. PAN’12 wurde im Rahmen der Konferenz CLEF 2012 in Rom durchgeführt. Eine innovative Neuerung, neben überarbeiteten Evaluierungskorpora und Evaluierungsmaßen, war der erstmalige Einsatz des Middleware-Frameworks TIRA (das in *Arbeitspaket D2* beschrieben wird). Auch kam dieses Jahr ein weiterer Wettbewerb hinzu, der sich mit der, im Folgenden beschriebenen, automatisierten Erkennung von Qualitätsmängeln beschäftigt.

Erkennung von Qualitätsmängeln: Ein bisher wenig beachtetes Problem in Bezug auf die automatisierte Antwortanalyse ist die Erkennung von Qualitätsmängeln in Antworten. Dies geht über die zuvor erwähnte Ähnlichkeitsanalyse hinaus und bezieht Aspekte wie den Stil, den Umfang und die Struktur einer Antwort in die Analyse mit ein. Um ein breiteres wissenschaftliches Spektrum abzudecken, haben wir die Problemstellung verallgemeinert und betrachten im Folgenden die automatische Erkennung von Qualitätsmängeln in Textdokumenten (Antworten können in diesem Zusammenhang als kurze Textdokumente aufgefasst werden). Die zu entwickelnden Erkennungsverfahren sollten in beliebigen Themengebieten und für alle Arten von Qualitätsmängeln anwendbar sein. Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens erfüllen diese Anforderungen, da sie durch eine entsprechende Auswahl von Beispieldokumenten für den jeweiligen Kontext „trainiert“ werden können. Da eine manuelle Erstellung von Beispieldokumenten für verschiedene Themengebiete mit erheblichem Aufwand verbunden ist, haben wir uns dafür entschieden, die freie Enzyklopädie Wikipedia sowohl als Quelle für Beispieldokumente als auch als Testumgebung zur Evaluierung unserer Erkennungsverfahren zu verwenden. Wikipedia zählt zu den größten und populärsten nutzergenerierten Projekten im World Wide Web und umfasst mittlerweile über 34 Millionen Artikel in mehr als 285 Sprachen. Neben unterschiedlichen Themen aus der Bauphysik enthält Wikipedia so gut wie alle Themengebiete des menschlichen Wissens. Weitere Gründe für die Verwendung von Wikipedia sind die frei Benutzbarkeit der Inhalte und die Tatsache, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Wikipedia-Artikel verschiedenste Qualitätsmängel aufweist, die von Nutzern manuell mit sogenannten Cleanup-Tags markiert wurden.

In unserem Forschungsbeitrag „Towards Automatic Quality Assurance in Wikipedia“ [ASL11b] werden die existierenden Qualitätsmängel in der englischsprachigen Edition von Wikipedia analysiert. Die Analysen beschränken sich auf eine Teilmenge von 70 Qualitätsmängeln. Von den fast 3 Millionen englischen Wikipedia-Artikeln sind 8,52% mit einem Cleanup-Tag markiert, das sich auf einen der 70 Qualitätsmängel bezieht. Um generelle Aussagen über die Situation der Qualitätsmängel in Wikipedia treffen zu können, wurden die 70 Mängel zehn allgemeinen Mangelklassen zugeordnet. Die Mangelklassen und deren Verteilung in Wikipedia sind in Abbildung 2.49 dargestellt. Interessanterweise besitzen 70,8% der markierten Artikel einen Mangel, der sich auf die Verifizierbarkeit des Artikels bezieht – eine der wichtigsten Eigenschaften einer Enzyklopädie. In dem Forschungsbeitrag wird außerdem die erste Version eines maschinellen Lernverfahrens zur Erkennung von Qualitätsmängeln vorgestellt. In der Arbeit „A Breakdown of Quality Flaws in Wikipedia“ [AS12a] haben wir die Analyse der Qualitätsmängel weiter vertieft. Es wird beispielsweise die Verteilung von Mängeln über bestimmte Arten von Wikipedia-Artikeln sowie die Verteilung über verschiedene Themengebiete untersucht. Weiterhin wurde die Menge der zu analysierenden Qualitätsmängel auf 388 erweitert. Weitere interessante Frage, die auch im Bereich der Antwortanalyse eine wichtige Rolle spielen, beziehen sich auf die Entstehung bzw. die Entwicklung von Qualitätsmängeln. Unser Forschungsbeitrag „On the Evolution of Quality Flaws and the Effectiveness of Cleanup Tags in the English Wikipedia“ [ASB12] beschäftigt sich mit diesen Aspekten, wiederum am Beispiel der freien Enzyklopädie Wikipedia. Außerdem wurde eine Bachelorarbeit mit dem Titel „Die Entwicklung von Qualitätsmängeln in der Wikipedia anhand von Wartungsbausteinen“ vergeben, die vom Studenten Matthias Busse durchgeführt und von Maik Anderka betreut wurde. Die durchgeführten Analysen sind Vorarbeiten zur automatisierten Erkennung von Qualitätsmängeln in Textdokumenten (bzw. in Antworten) und tragen damit zur Erfüllung des Meilensteins M21 bei.

Die Erkennung von Qualitätsmängeln wird dadurch erschwert, dass zum Trainieren der entsprechenden Lernverfahren nur Beispieldokumente aus einer Klasse zur Verfügung stehen: nämlich Dokumente, die einen

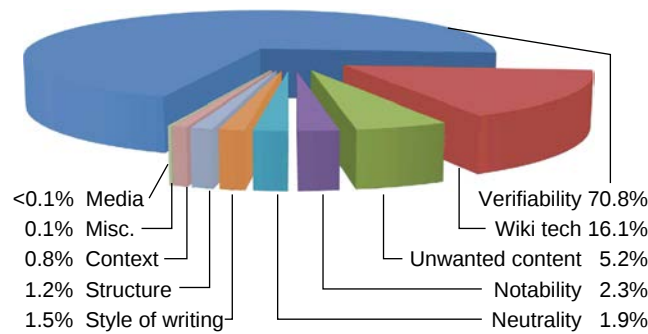


Abbildung 2.49: Zehn generelle Klassen von Qualitätsmängeln und deren Verteilung in der englischsprachigen Edition der freien Enzyklopädie Wikipedia.

bestimmten Mangel enthalten. Bei traditionellen Klassifikationsproblemen ist (mindestens) noch eine weitere Klasse mit Gegenbeispielen gegeben. Eine solche Klasse kann in dieser Situation jedoch nicht definiert werden, da es nicht möglich ist, eine repräsentative Stichprobe von allen Textdokumenten dieser Welt zu erstellen, die einen bestimmten Qualitätsmangel *nicht* enthalten. In solchen Fällen spricht man von einem Ein-Klassen-Klassifikationsproblem. In unserer Arbeit „Detection of Text Quality Flaws as a One-class Classification Problem“ [ASL11a] wird diese Problematik behandelt und ein entsprechendes Lernverfahren vorgestellt. Weiterhin wurde ein Testkorpus mit Beispieldokumenten aus Wikipedia erstellt und eine Evaluierungsumgebung entworfen, um die bisher entwickelten sowie zukünftige Erkennungsverfahren zu testen. Bei ersten Tests konnte das in der oben genannten Arbeit entwickelte Lernverfahren vielversprechende Ergebnisse erzielen, beispielsweise können vier der zehn häufigsten Qualitätsmängel in Wikipedia-Artikeln mit einer sehr hohen Genauigkeit erkannt werden. In dem Forschungsbeitrag „Predicting Quality Flaws in User-generated Content: The Case of Wikipedia“ [ASL12] haben wir das Erkennungsverfahren weiter ausgebaut und umfangreich evaluiert. Bei der Evaluierung wird besonderer Wert auf die praktische Einsetzbarkeit und die Anwendbarkeit in unterschiedlichen Kontexten gelegt. Somit wurde Meilenstein M21 (fallbasierte Antwortanalyse für ausgewählte Lerninhalte) wie geplant erfüllt. Dabei ist die entwickelte Technologie nicht auf spezielle Lerninhalte beschränkt, sondern kann für jegliche Art von Inhalten „trainiert“ werden.

Im Rahmen der zuvor erwähnten Competition PAN’12 wurde neben Plagiaterkennung durch uns auch der erste internationale Wettbewerb zu Erkennung von Qualitätsmängeln in Wikipedia durchgeführt [AS12b]. Für den Wettbewerb wurde ein einheitlicher Evaluierungskorpus, der über 1,5 Millionen Wikipedia-Artikel aus unterschiedlichen Themenbereichen enthält, erstellt. Außerdem wurden entsprechende Maße zur Bewertung der Erkennungsverfahren entwickelt. An dem Wettbewerb nahmen Wissenschaftler aus aller Welt teil. Die eingereichten Erkennungsverfahren können einzelne Mängel mit teilweise sehr hoher Genauigkeit erkennen. Die 200 Euro Preisgeld für das beste Erkennungsverfahren, gestiftet von Wikimedia Deutschland e.V., gingen an ein Forscherteam aus Argentinien, Mexiko und Spanien.

Somit wurde Meilenstein M27 (fallbasierte Antwortanalyse fertig gestellt und im Bereich der Bauphysik evaluiert) wie geplant erfüllt. Bei der Evaluierung haben wir uns jedoch nicht auf das Thema Bauphysik beschränkt, sondern decken mit dem oben genannten Evaluierungskorpus eine Vielzahl von Themenbereichen (einschließlich Bauphysik) ab.

Suchanfragegenerierung: Für die Analyse ob in zwei gegebenen Dokumenten sehr ähnliche Textpassagen enthalten sind, die dann potenziell als Plagiat angesehen werden könnten, stehen eine Reihe interessanter Ansätze zur Verfügung. Viele dieser Verfahren wurden auch beim PAN-Wettbewerb getestet und weiterentwickelt. Die meisten Verfahren lassen sich einfach auf den Fall erweitern, dass man ein gegebenes „verdächtiges“ Dokument mit einer Reihe von potenziellen „Plagiatquellen“ vergleicht und im verdächtigen Dokument Stellen finden möchte, die aus einer der Quellen entnommen wurden. Gegen eine bestimmte kontrollierte (und nicht zu große) Kollektion von Dokumenten kann das Finden von Plagiaten also als mehr oder weniger „gelöstes“ Problem angesehen werden. Mehr oder weniger bedeutet dabei, dass es keine Garantien gibt und

dass es noch nicht wirklich klar ist, in welchen Situationen welches Verfahren eingesetzt werden sollte. Es ist daher immer noch sinnvoll, nach besseren Verfahren zu suchen. Erschwerend kommt jedoch auch noch hinzu, dass heutzutage die vorrangige Quelle von Plagiaten das Internet ist und dieses alles andere als eine “kontrollierte” Dokumentkollektion darstellt. Schon durch die schiere Größe ist es ausgeschlossen, ein verdächtiges Dokument mit allen Dokumenten des Internets vergleichen zu können. Es müssen Wege gefunden werden, aus dem Internet eine überschaubare Anzahl an Dokumenten auszuwählen, so dass man sich nach einem Vergleich mit diesen einigermaßen sicher sein kann, keine Plagiatstellen im verdächtigen Dokument übersehen zu haben.

Für diese Problemstellung entwickeln wir geeignete Technologien. Die Idee ist dabei die folgende: Aus dem verdächtigen Dokument werden eine Reihe von Schlüsselphrasen extrahiert, die den Inhalt gut beschreiben. Mit diesen Phrasen werden Anfragen an Standardinternetsuchmaschinen (etwa Google oder Bing) gestellt und Dokumente gesucht, die möglichst viele der Phrasen des verdächtigen Dokumentes enthalten. Die Annahme dabei ist dann, dass die gefundenen Dokumente ein ähnliches Thema wie das verdächtige Dokument behandeln und deshalb wahrscheinlichere Plagiatquellen sind, als Dokumente eines völlig unverwandten Inhalts. Leider kosten Suchanfragen jedoch Zeit (und evtl. sogar Geld) und simple Strategien der Anfragegenerierung sind wenig erfolgversprechend. Es ist z.B. nicht angebracht, jede der extrahierten Schlüsselphrasen einzeln als Anfrage zu stellen und dann einfach jeweils nur die ersten Dokumente der potenziell Millionen Treffer für einen Vergleich auszuwählen. So müsste man sich auf die Rankingalgorithmen der Suchmaschinen verlassen, die aber nicht auf das Finden von Plagiaten ausgelegt sind. Wir entwickeln daher intelligentere Strategien, um aus Schlüsselbegriffen Anfragen zu generieren, die jeweils nur so viele Treffer liefern, dass alle mit vertretbarem Zeitaufwand mit dem verdächtigen Dokument auf Plagiatstellen verglichen werden können.

Die im Jahr 2009 entwickelten ersten noch recht primitiven Ansätze zur Kombination von Schlüsselphrasen zu guten Suchanfragen wurden weiterentwickelt und mit anderen Strategien verglichen, ein erstes Paper wurde veröffentlicht [HS10a] und die entsprechenden Forschungen wurden von uns noch weiter fortgesetzt und auf der hochrangigen Konferenz SPIRE veröffentlicht [HS11b]. Die Strategien nutzen dabei Wissen über Worthäufigkeiten aus, um potenzielle Anfragen als gut oder schlecht klassifizieren zu können. In einem Studentenprojekt wurde dabei noch analysiert, wie Anfragen geeignet spezifischer zu machen sind, und gleichzeitig weniger aber bessere Dokumente zurückgeliefert werden. Wir haben dazu eine Hypothese entwickelt, dass die “besten” Anfragen die sind, die nur ungefähr soviele Resultate liefern, wie auf Nutzerseite (Plagiatanalysesystem, menschlicher Nutzer, ...) verarbeitet werden können. Eine Publikation der Hypothese und geeigneten Experimente um diese zu bestätigen wurden im Rahmen des Projektes auf wichtigen Information Retrieval Konferenzen erreicht [SH11, HS11a].

Um eine solche Situation des Suchens im Web nach guten Kandidatendokumenten auch im PAN-Wettbewerb nachstellen zu können, haben wir eine eigenen Suchmaschine (genannt ChatNoir von franz. “schwarze Katze”) für einen 12TB großen statischen Webausschnitt entwickelt [PHS⁺12]. Im Jahr 2012 wurde ChatNoir im PAN-Wettbewerb eingesetzt.

Es ergeben sich für unsere Anfragestrategien zur Plagiatanalyse in abgewandelter Form auch noch andere Anwendungsgebiete, um normale Nutzer bei der Websuche zu unterstützen. Auch dazu haben wir 2010 publizieren können [HS10b, SH10] und die entsprechenden Forschungen auf der hochangesehenen Evaluierungskonferenz TREC in den folgenden Jahren fortsetzen können [HGMS11, HPB⁺12]. Interessant ist das Zusammenstellen von guten Anfragen aus gegebenen Phrasen z.B. wenn durch das Beobachten eines Nutzers einer Lerndatenbank oder einer Suchmaschine festgestellt werden kann, dass er einige Anfragen in kurzen Abständen sendet. Das lässt häufig darauf schließen, dass der Nutzer noch nicht die richtigen Kombinationen von Worten oder Phrasen probiert hat und die von uns im Rahmen der Plagiaterkennung entwickelten Strategien können geringfügig abgewandelt bei solchen Suchsituationen unterstützend mit geeigneten Anfragevorschlägen eingreifen. Auch wenn ein Nutzer ein bereits einmal gesehenes Dokument in einer Kollektion (etwa von Lernmaterialien) wiederfinden will, können unsere Strategien helfen. Erinnert der Nutzer beispielsweise nur noch Fragmente des Titels und einige Schlagwörter, so können unsere Verfahren diese zu guten Anfragen kombinieren, die dann helfen, das gesuchte Dokument in der Kollektion zu finden.

Durch die Arbeit an diesen nutzerorientierten Anfrageszenarien, haben wir festgestellt, dass die Suchanfragen oft noch deutlich bessere Performance mit gängigen Suchmaschinen erzielen können, wenn enthaltene Phrasen der Suchmaschine bekannt gemacht werden (durch den Einsatz von Anführungsstrichen). Da die meisten Nutzer dies aber nicht wissen, haben wir ein automatisches Verfahren entwickelt, das eine Anfrage in die enthaltenen Konzepte zerlegen kann und diese der Suchmaschine bekannt gibt, ohne jedoch Dokumente tatsächlich analysieren zu müssen [HPSB10]. Auch an diesem Verfahren haben wir kontinuierlich weiter gearbeitet, und robustere und performantere Versionen auf wichtigen Web-Konferenzen veröffentlicht [HPSB11, HPBS12].

Arbeitspakt C4: wissenschaftliche Visualisierung

Beschreibung: Aufbauend auf den Ergebnissen des Bereichs Visualisierung werden bauphysikalische Mess- und Simulationsdaten in Form von umfangreichen Oberflächen- und Volumenmodellen zwei- und dreidimensional visualisiert. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Möglichkeit, die Simulationsdaten interaktiv zu manipulieren und zu explorieren. Dazu müssen Aspekte der assoziierten Datenunsicherheiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Datenerzeugungsmethodik betrachtet werden. Beispielhaft für die Anwendung solcher Visualisierungen ist die Darstellung von Temperatur- und Strömungsprofilen im Raum, beeinflusst durch Heizung, Lüftung sowie interne/externe Lasten sowie von Schallwellen an den Raumbegrenzungsflächen, die durch äußere Schallquellen verändert werden. Interaktive Eingriffe erlauben die Beurteilung resultierender Veränderungen. Für die Darstellung solcher multi-attributierter und zeitveränderlicher Daten werden neuartige Visualisierungs- und Interaktionsmethoden entworfen und implementiert.

Abschlussbericht: Für die Visualisierung mehrerer Volumendatensätze wurde ein GPU-basiertes Volumen-Raycasting-Verfahren entwickelt. Das Verfahren erlaubt die echtzeitfähige Darstellung mehrerer sich beliebig überlappender Volumendatensätze, wobei ein einzelner dieser Datensätze bereits mehrere Gigabyte Speicher belegen kann. Das System ist durch ein effizientes Ressourcenmanagement in der Lage, mehrere große Volumendatensätze simultan darzustellen (vgl. Abbildung 2.50). Mit Hilfe einer Binary-Space-Partitioning

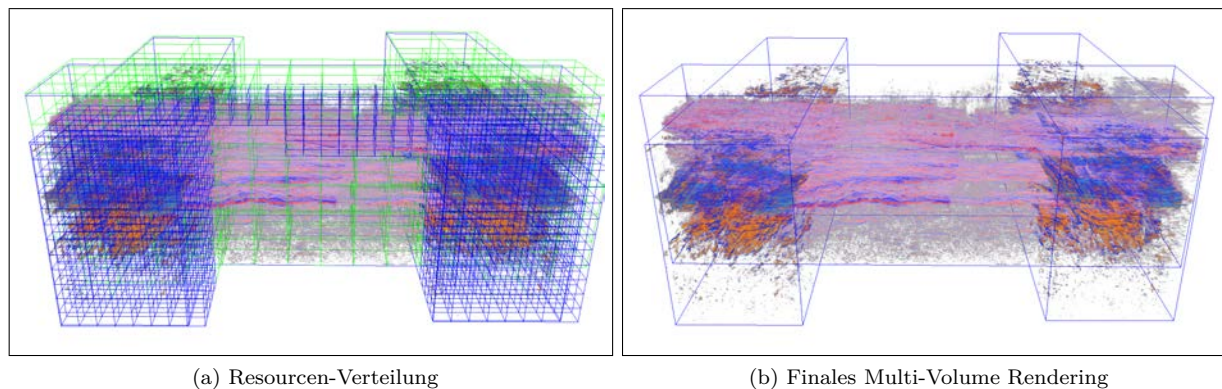


Abbildung 2.50: Diese Bilder zeigen eine exemplarische Szene mit drei sich teilweise überlappenden seismischen Volumendatensätzen. Im linken Bild ist die verteilte Ressourcenverwaltung aufgezeigt. Im rechten Bild ist die finale Volumendarstellung mit korrekter Vermischung in den Überlappungsbereichen zu sehen.

Methode werden überlappende und nicht-überlappende Volumenregionen identifiziert. Diese Unterteilung erlaubt es, die entstehenden Volumenfragmente speziell zu behandeln und somit die Effizienz des Renderingalgorithmus deutlich zu erhöhen. Der Partitionierungsalgorithmus arbeitet dabei nur auf den Hüllkörpern der einzelnen Volumen und muss nur aktualisiert werden, wenn sich Volumen in Relation zueinander

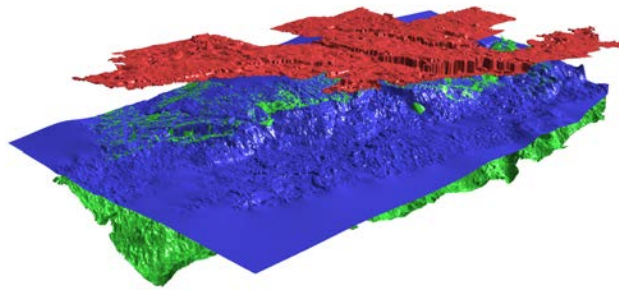


Abbildung 2.51: Dieses Bild zeigt drei unterschiedliche Höhenfelder eines geologischen Datensatzes. Während das obere Höhenfeld (Rot) räumlich isoliert ist überlappen sich die beiden unteren Oberflächen (Grün und Blau) teilweise. Die Auflösung der zugrundeliegenden Daten beträgt 6870x14300 Punkte.

bewegen. Dies stellt gegenüber bestehenden Verfahren einen großen Vorteil dar. Diese Arbeit wurde auf dem “5. International Symposium on Visual Computing (ISVC)” in Las Vegas präsentiert [LF09]. Die aktuellen Experimente wurden mit Hilfe großer seismischer Volumendatensätze durchgeführt. Die erlangten Ergebnisse sind sehr vielversprechend und bestätigen die Anwendbarkeit der entwickelten Techniken.

Stacked Out-of-Core Height Fields: Es wurden neuartige Verfahren zur GPU-beschleunigten Darstellung extrem detaillierter, gestapelter Höhenfelder entwickelt, wie sie in geologischen Modellen auftreten (siehe Abbildung 2.51).

Durch die fortwährende Entwicklung von Aufnahmefethoden für geologische Daten wachsen auch die Anforderungen an ein Visualisierungssystem. Aktuelle Methoden erlauben sehr detaillierte Aufnahmen des Erduntergrunds. Diese Aufnahmen erfordern mehrere Gigabyte Speicherplatz und passen nicht in die lokalen Haupt- beziehungsweise Grafkspeicher herkömmlicher Computer. Somit wurde das entstandene Renderingssystem basierend auf einem gemeinsamen Out-of-Core Datenmanagement entwickelt. Dieses erlaubt den Zugriff auf die zugrunde liegenden extrem großen Datensätze zu virtualisieren. Was für Nutzer des Systems bedeutet, dass sie mit den darzustellenden Daten umgehen können wie mit gewöhnlichen Bilddaten, obwohl diese zu keinem Zeitpunkt vollständig in den Speicher des Visualisierungssystems geladen wurden. Für die Darstellung der gestapelten Höhenfelder erlaubt dieser Ansatz die Repräsentation der zugrundeliegenden Daten mit unterschiedlichen lokalen Detailstufen (Levels-of-Detail). Eine blickpunktabhängige Anpassung der verwendeten Detailstufen erfolgt über einen Feedback-Mechanismus, welcher Informationen über die aktuell benötigten Detailstufen direkt während des Renderings sammelt und auswertet. Diese Herangehensweise erlaubt einen sehr einfachen Umgang mit Verdeckungen verschiedener Höhenfelder in einem Stapel, ohne die Anwendung aufwändiger Occlusion-Culling-Techniken.

Die Darstellung kompletter Stapel von Höhenfeldern erfolgt durch einen Raycasting-Algorithmus, welcher in nur einem Rendering-Pass das finale Ergebnis liefert. Dieser Algorithmus basiert auf einer zweistufigen Beschleunigungsstruktur. Für effiziente Strahlschnitttests kombiniert diese Struktur einen Minimum-Maximum-Quadtree und sortierte Tiefen-Intervall-Listen für das schnelle Überspringen leeren Raums entlang eines Sichtstrahls und die Beschränkung der finalen Schnitttests auf relevante Tiefen-Intervalle.

Eine erste exemplarische Implementierung zeigt, dass die Visualisierung gestapelter, sehr detaillierter Höhenfelder auf aktueller Graphikhardware mit interaktiven Frameraten möglich ist. Durch das zugrundeliegende Out-of-Core Datenmanagement besitzt das Renderingsystem nur moderate Anforderungen was den benötigten Haupt- beziehungsweise Graphikspeicher betrifft.

Arbeitspakt D1: XML für E-Learning

Beschreibung: Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Entwicklung eines flexiblen Austauschformates für

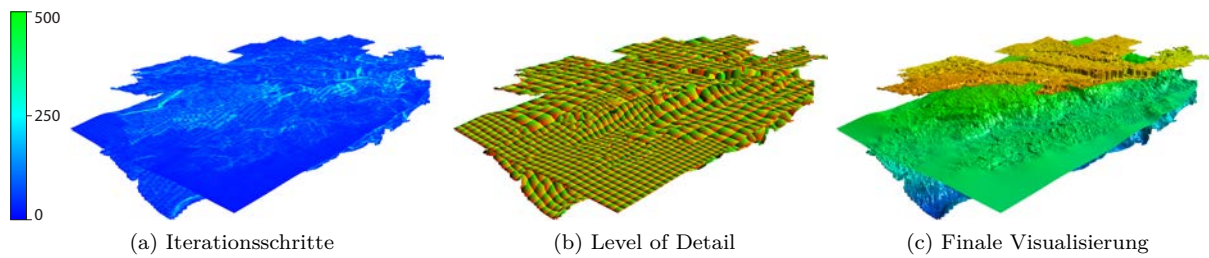


Abbildung 2.52: Diese Bilder zeigen drei unterschiedliche, sich teilweise überlappende Höhenfelder eines geologischen Datensatzes. Die Auflösung der zugrundeliegenden Daten beträgt 6870x14300 Punkte. Das linke Bild zeigt die Anzahl der Iterationsschritte für die Schnitttests der Sichtstrahlen mit den Höhenfeldstapel. Das mittlere Bild zeigt die aktuell gewählten Detailstufen (Höhenfeldkacheln). Das rechte Bild zeigt das finale Ergebnis der Visualisierung mit einer Farbkodierung der ursprünglichen Höhenwerte.

jegliche Art von digitalen Lerninhalten sowie robuster Zugriffs- und Verarbeitungswerkzeuge

Abschlussbericht: Basierend auf der erweiterbaren Auszeichnungssprache XML wurde ein allgemeines Format zur Repräsentation und Beschreibung von Lerninhalten entwickelt. Das XML-Format orientiert sich an den aktuellen Entwicklungen des Marktes und ist mit den gängigen Standards und Spezifikationen aus dem Bereich des E-Learning kompatibel, wie z.B. DublinCore, LOM oder SCORM. Es ist jedoch nicht auf einen speziellen Standard oder eine bestimmte Lernumgebung festgelegt, was für einen hohen Grad an Flexibilität und Erweiterbarkeit sorgt. Diese Eigenschaften werden nicht zuletzt durch die Verwendung von XML unterstützt, so dass eine Wissenspflege und -erweiterung durch Dritte problemlos möglich ist. Weiterhin wurde ein Parser für das XML-Format entwickelt, der einen effizienten Zugriff auf die Inhalte ermöglicht. Um zusätzlich mit fremden Austauschformaten kompatibel zu sein, wurden weitere Parser für gängige Formate, wie z.B. XCAS, implementiert. Hierzu werden Parser-Technologien eingesetzt, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, wie z.B. SAX und StAX.

Das Austauschformat und die entsprechenden Parser wurden in der vertikalen Suche (Arbeitspaket A1) eingesetzt. In diesem Zusammenhang wurde eine Testkollektion mit Lernmaterial der Bauphysik in das neue Format konvertiert. Außerdem wurde eine Bachelorarbeit mit dem Titel „Knowledge Representation for E-Learning supporting Information Retrieval“ vergeben, die vom Studenten Michael Geiße durchgeführt und von Maik Anderka (und zu Beginn Christiane Hadlich) betreut wurde. Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde an verschiedenen Fallbeispielen gezeigt, dass das Austauschformat zur Repräsentation von Lerninhalten geeignet ist und spezielle Inhalte mittels Techniken des Information Retrieval automatisiert generiert werden können.

Damit wurden die Meilensteine, die diesem Arbeitspaket zugeordnet sind (M6 und M7), bereits vorzeitig erreicht. Weiterhin verwenden viele der Algorithmen, die im Rahmen dieses Projektes entwickelt wurden, das Austauschformat.

Arbeitspaket D2: Middleware-Framework

Beschreibung: Für die entstandenen Werkzeuge wird eine „leichtgewichtige“ Plattform zur Verknüpfung einzelner Services geschaffen. So wird garantiert, dass bestimmte Komponenten nur einmal entwickelt und gemeinsam zwischen Arbeitsgruppen genutzt werden können. Dieses Middleware-Framework soll auch dazu dienen, die im Projekt zusammengestellten Korpora unkompliziert auswerten zu können.

Abschlussbericht: TIRA (Testbed for Information Retrieval Algorithms) ist ein Middleware-Framework, welches zusätzlich einen Webservice anbietet, der die Konfiguration und Ausführung von Information-Retrieval- und Data-Mining-Experimenten ermöglicht. Der Benutzer hat die Möglichkeit, auf ein Repertoire von Algorithmen und Prozessen zurückzugreifen, die innerhalb des Projektes “Intelligentes Lernen” entwickelt wurden. Er kann sowohl aus verschiedenen Dokumentkollektionen auswählen als auch eigene Kollektionen hochladen, auf denen die konfigurierten Prozesse evaluiert werden.

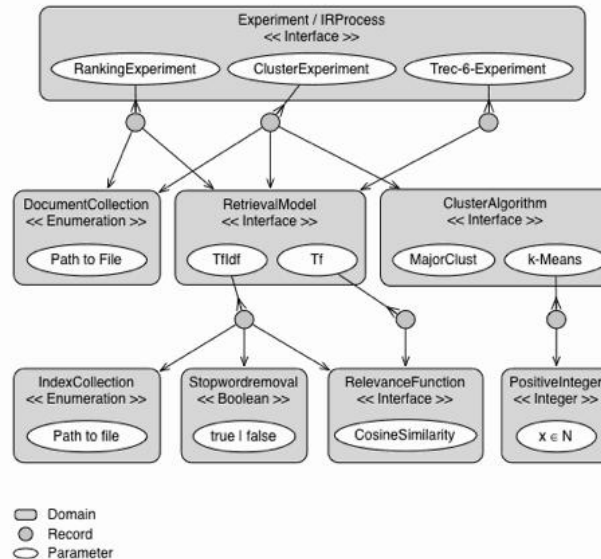


Abbildung 2.53: Konfigurationsraum in TIRA. Der dargestellte Graph kann in TIRA mithilfe einer Web-basierten Nutzeroberfläche konfiguriert werden. Der Graph zeigt die notwendige Parametrisierung, um vordefinierte Experimente ausführen zu können.

Abbildung 2.53 zeigt eine Übersicht des Konfigurationsraums. Hier ist zu erkennen, dass im ersten Level (Experiment/IRProcess) bereits Ranking- als auch Clustering-Experimente vordefiniert sind. Der Benutzer ist nicht auf diese Auswahl beschränkt. Wird in diesem Level eine Auswahl getroffen, wird automatisch der Konfigurationsraum auf die Parameter eingeschränkt, die noch spezifiziert werden müssen. Für ein Ranking-Experiment wäre beispielsweise die Auswahl einer Dokumentkollektion und eines Retrieval-Modells; Retrieval-Modelle fordern weiterhin eine Relevanz-Funktion etc. Die Konfiguration eines Experiments kann über eine Web-basierte Nutzeroberfläche getätigt werden.

Sobald alle Parameter eines Experiments spezifiziert wurden, kann es ausgeführt werden. TIRA überprüft, ob Ergebnisse mit der gleichen Experiment-Konfiguration in der Datenbank vorhanden sind, ansonsten wird eine Evaluierung angefordert. Hierfür ist ein Task-Scheduling-Modul notwendig, dass die Ausführung auf dem Innoprofile-Computer-Cluster verteilt. Eine Verteilung ist dann sinnvoll, wenn an bestimmten Stellen der Konfiguration Wertebereiche angegeben sind. Beispielsweise kann ein Clustering-Verfahren gleichzeitig auf mehreren Korpora evaluiert werden. Die Ergebnisse einer Evaluierung werden bei dem Webservice als eine Webseite angezeigt. Damit wurde der Meilenstein M22 erfüllt.

TIRA wurde als Webservice bereitgestellt, womit der Meilenstein M28 erfüllt wurde. Darüber hinaus wurde TIRA als Evaluierungswebservice bei dem PAN 2012 Lab verwendet. Bei dem PAN Lab wurden mehrere Aufgaben bereitgestellt, wie beispielsweise die Zuweisung von Autoren zu einer Menge von Texten. Forschungsteams können Algorithmen entwickeln, um die Aufgaben zu lösen, wobei die Güte der Lösungen anhand eines Testsets in einem Experiment ermittelt wird. Anstatt die Resultate des Experimentes einzureichen, wurde der jeweilige Code bei dem von uns organisierten PAN Lab eingereicht. TIRA wurde eingesetzt, um die Algorithmen auszuführen und zu bewerten. Es hat sich dabei bewährt und wird auch bei kommenden PAN-Editionen eingesetzt werden.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

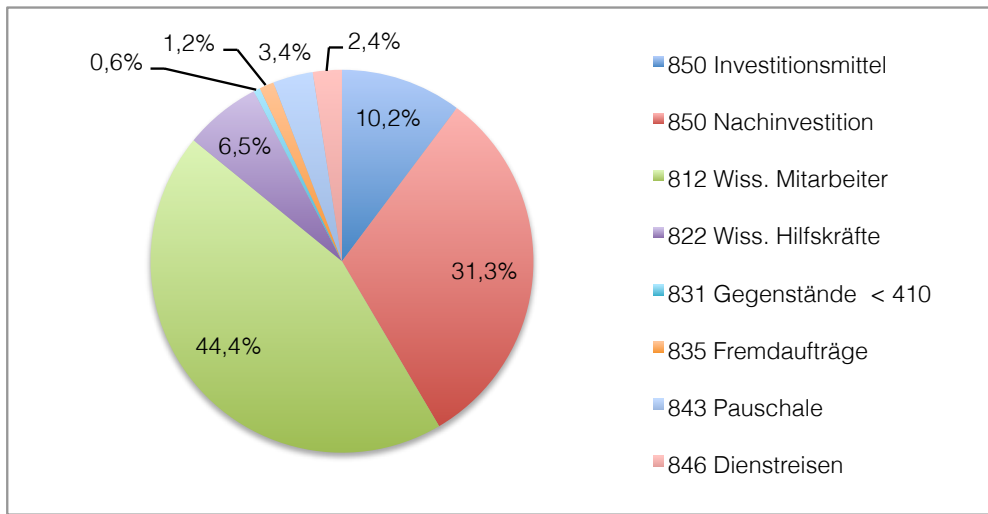


Abbildung 2.54: Gesamte Kostenverteilung

Wie Abbildung 2.54 zeigt, entfallen die größten Kostenanteile auf die Ausgabearten 812 (Wissenschaftliche Mitarbeiter) und 850 (Investitionsmittel und Nachinvestition). Der hohe Anteil der Investitionsmittel an den Gesamtkosten ist auf die Bewilligung des Nachinvestitionsantrags *Akquisition der realen Welt* zurückzuführen. Die nächsthöchste Ausgabeart bilden die Ausgaben für wissenschaftliche Hilfskräfte (822), die sehr zielgerichtet für Zuarbeiten für die wissenschaftlichen Mitarbeiter eingesetzt wurden.

In Ausgabeart 843 (Pauschale) wurden in der über die gesamte Laufzeit der Initiative hauptsächlich Verbrauchsmaterial, Elektronikbauteile und Befestigungsmaterialien für den Aufbau und zum Betrieb des 3D- und des XHD-Lernraumes beschafft. Fremdaufträge (835) wurden nur dann vergeben, wenn die notwendigen Bauteile nicht selbst gefertigt werden konnten.

Insgesamt sind unsere Ausgaben geringfügig niedriger ausgefallen als ursprünglich geplant.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die in den einzelnen Arbeitspaketen durchgeführten Arbeiten sowie die getätigten Investitionen waren notwendig und angemessen. Die im Projektantrag geplanten Arbeitsschritte mit den entsprechenden Meilensteinen und Ergebnissen wurden eingehalten, so dass die geplanten Aufgaben erfolgreich bearbeitet werden konnten. Mit einer kleineren Forschungsgruppe oder weniger Investitionsmitteln wären die geplanten Arbeiten nicht im abgesteckten Zeitrahmen und nicht in vollem Umfang durchführbar gewesen.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertung

Die im Laufe der Initiative erzielten Ergebnisse und strukturellen Maßnahmen bilden ein wichtiges Standbein, um durch deren Nutzen bzw. Verwertung die Verstetigung der entsprechenden Forschungen und Entwicklungen nachhaltig sicherzustellen.

So befinden sich beispielsweise aktuell zwei Patentanmeldungen noch in der Prüfungsphase beim Deutschen Patent- und Markenamt.

Patentanmeldung DE 10 2012 104 331.0: Verfahren und Vorrichtung zur interaktiven Auswahl aus mehreren Konfigurationen eines Produktes

Patentanmeldung DE 10 2011 056 940.5: Verfahren zum Betrieb einer mehrfachberührungsfähigen Anzeige und Vorrichtung mit einer mehrfachberührungsfähigen Anzeige

Beide Patentanmeldungen bieten vielfältige Verwertungsmöglichkeiten; für beide liegen auch schon Nutzungsanfragen seitens der Industrie vor.

Ein weiterer wichtiger Punkt sind die von uns während der Projektlaufzeit ausgebildeten Absolventen, von denen mehr als die Hälfte ihren ersten Arbeitgeber nach Studienabschluss in der Region findet. Dies bedeutet besonders für unsere Projektpartner einen erheblichen Wettbewerbsvorteil da sie bereits jetzt von aktueller Forschung und Lehre in unseren Forschungsgebieten profitieren konnten.

Die von uns im Rahmen des Projektes entwickelten Technologien haben Anregungen und Fragen der Projektpartner aufgegriffen, und sind kontinuierlich mit diesen abgestimmt worden. Unsere jährlichen Firmenworkshops haben gerade auch Nicht-Projektpartnerfirmen die Möglichkeit eröffnet, von unseren Entwicklungen zu erfahren und entsprechende Inspirationen aufzunehmen. Entsprechende Technologien sind schon von mehreren Projektpartnern angepasst und eingesetzt worden. Daneben bot unser Arbeitsprogramm auch Potenzial für eine Firmenneugründung. Das Start-up Picapica, bestehend aus Mitarbeitern und Absolventen, hat noch zur Laufzeit des Projektes einen Antrag für das EXIST-Förderprogramm gestellt, der zum April 2013 bewilligt wurde.

Das hohe wissenschaftliche Niveau der geleisteten Forschung in der Initiative „Intelligentes Lernen“ schlug sich in Publikationen auf international hochrangigen Konferenzen und in wichtigen Zeitschriften nieder. Die Doktoranden der Nachwuchsforschergruppe wurden dadurch während ihres Promotionszeitraumes an ein hohes internationales wissenschaftliches Niveau herangeführt. Da die Projektmitarbeiter kontinuierlich in Kontakt zu lokalen Unternehmen standen und auch an aktueller Forschung im Bereich der Informationstechnologien beteiligt waren, eröffneten sich ihnen vielfältige Tätigkeitsfelder im Anschluss. Manche streben eine weitere wissenschaftliche Karriere an, andere zogen den Übergang zu einer forschungs- oder entwicklungsorientierten Tätigkeit in Industrie-IT-Abteilungen vor. Insgesamt hat die Nachwuchsforschergruppe mit ihrer Arbeit wichtige Beiträge in den Bereichen Forschung und Lehre geleistet und damit das Wissenschafts- und Ausbildungsprofil der Bauhaus-Universität nachhaltig geschärft. Im beantragten Fortsetzungsprojekt im Rahmen des InnoProfile-Transfer-Programms sollen diese Erfolge gesichert und weiter verstetigt werden.

Die in der Arbeitsgruppe erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse haben neben dem Know-How-Transfer in die regionalen Partner auch bestehende Kollaborationen mit anderen Wissenschaftlergruppen im In- und Ausland etabliert und es sind vor der InnoProfile-Förderung nicht existierende Kollaborationen entstanden. Ein Beispiel ist die Kooperation mit Forschern in Spanien und Griechenland zur Textwiederverwendungserkennung, die sich in gemeinsamen Publikationen und der jährlichen gemeinsamen Organisation des PAN-Wettbewerbes zeigt.

2.5 Fortschritte bei anderen Stellen

Da sich unsere Nachwuchsforschergruppe mit aktuellsten Entwicklungen in den Bereichen Visualisierung sowie Retrieval und Mining beschäftigt hat, sind im Projektzeitraum natürlich auch viele verwandte Arbeiten von internationalen Forschergruppen veröffentlicht worden. Interessant ist dabei jedoch, dass wir gerade in den für uns besonders relevanten Bereichen weltweit führend sind.

So hat unsere Nachwuchsgruppe in Zusammenarbeit mit dem EU-Projekt IMVIS ein bislang noch weltweit einzigartiges projektionsbasiertes 3D Stereo-Display entwickelt, das bis zu sechs Benutzern gleichzeitig perspektivisch korrekte Stereobildpaare anzeigt. Diese Technologie stellt einen Meilenstein im Bereich der 3D Displays dar. Das große Interesse von Forscherkollegen aber auch aus der Industrie deutet darauf hin, dass es

sehr bald reproduziert werden wird. Auch der von uns entwickelte Product Explorer zur multidimensionalen Analyse großer Datenmenge ist bisher einzigartig und zum Patent angemeldet.

Auch im Bereich des Retrievals sind wir mit den aktuell weltweit schnellsten und effektivsten Verfahren zum Segmentieren von Suchanfragen oder zum Erkennen von Suchmissionen wissenschaftlich führend. Unsere Sicht, algorithmische Effizienz und Effektivität gleichzeitig zu betrachten, beginnt auch dabei, sich in der Forschungs-Community durchzusetzen.

Im Bereich der Textähnlichkeit bzw. Textwiederverwendungs- oder Autorenschaftserkennung sind wir durch die jährliche Ausrichtung des PAN-Wettbewerbes zum Innovationsmotor geworden und können dadurch die Ausrichtung und Entwicklung deutlich beeinflussen. Gleichzeitig entwickeln wir auf diesen Gebieten Technologie und können durch die Wettbewerbe zeigen, dass unsere Verfahren mit an der Weltspitze liegen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass im Laufe der Projektzeit auch andere internationale Forschungsgruppen die von uns bearbeiteten Fragestellungen aufgegriffen und bearbeitet haben. Nichtsdestotrotz sind wir auf vielen Bereichen weltweit führend und es sind keine Fortschritte von anderer Stelle bekannt geworden, die unsere Ergebnisse in Frage stellen würden.

2.6 Veröffentlichungen

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

1. Maik Anderka, Benno Stein. Overview of the 1st International Competition on Quality Flaw Prediction in Wikipedia. In Pamela Forner, Jussi Karlgren, Christa Womser-Hacker, editors, CLEF 2012 Evaluation Labs and Workshop - Working Notes Papers, September 2012. ISBN 978-88-904810-3-1.
2. Maik Anderka, Benno Stein, Nedim Lipka. Predicting Quality Flaws in User-generated Content: The Case of Wikipedia. In Bill Hersh, Jamie Callan, Yoelle Maarek, Mark Sanderson, editors, 35th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 12), pages 981-990, Portland, Oregon, August 2012. ACM. ISBN 978-1-4503-1472-5.
3. Nedim Lipka, Benno Stein, Maik Anderka. Cluster-Based One-Class Ensemble for Classification Problems in Information Retrieval. In Bill Hersh, Jamie Callan, Yoelle Maarek, Mark Sanderson, editors, 35th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 12), pages 1041-1042, Portland, Oregon, August 2012. ACM. ISBN 978-1-4503-1472-5.
4. Maik Anderka, Benno Stein, Matthias Busse. On the Evolution of Quality Flaws and the Effectiveness of Cleanup Tags in the English Wikipedia. In Wikipedia Academy 2012, Berlin, Germany, July 2012.
5. Maik Anderka, Benno Stein. A Breakdown of Quality Flaws in Wikipedia. In Carlos Castillo, Zoltan Gyongyi, Adam Jatowt, Katsumi Tanaka, editors, 2nd Joint WICOW/AIRWeb Workshop on Web Quality (WebQuality 12), pages 11-18, 2012. ACM. ISBN 978-1-4503-1237-0.
6. Thomas Gottron, Maik Anderka, Benno Stein. Insights into Explicit Semantic Analysis. In Bettina Berendt, Arjen de Vries, Wenfei Fan, Craig Macdonald, Iadh Ounis, Ian Ruthven, editors, 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 11), pages 1961-1964, 2011. ACM. ISBN 978-1-4503-0717-8.
7. Maik Anderka, Benno Stein, Nedim Lipka. Detection of Text Quality Flaws as a One-class Classification Problem. In Bettina Berendt, Arjen de Vries, Wenfei Fan, Craig Macdonald, Iadh Ounis, Ian Ruthven, editors, 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 11), pages 2313-2316, 2011. ACM. ISBN 978-1-4503-0717-8.

8. Maik Anderka, Benno Stein, Nedim Lipka. Towards Automatic Quality Assurance in Wikipedia. In Sadagopan Srinivasan, Krithi Ramamritham, Arun Kumar, M. P. Ravindra, Elisa Bertino, Ravi Kumar, editors, 20th International Conference on World Wide Web (WWW 11), pages 5-6, 2011. ACM. ISBN 978-1-4503-0637-9.
9. Maik Anderka, Benno Stein, Martin Potthast. Cross-language High Similarity Search: Why no Sub-linear Time Bound can be Expected. In C. Gurrin et al., editors, Advances in Information Retrieval. 32nd European Conference on Information Retrieval (ECIR 10), 5993 of Lecture Notes in Computer Science, pages 640-644, 2010. Springer. ISBN 978-3-642-12274-3.
10. Maik Anderka, Nedim Lipka, Benno Stein. Evaluating Cross-Language Explicit Semantic Analysis and Cross Querying at TEL@CLEF 2009. In Carol Peters, Giorgio Di Nunzio, Mikko Kurimo, Thomas Mandl, Djamel Mostefa, Anselmo Peñas, Giovanna Roda, editors, Multilingual Information Access Evaluation I: Text Retrieval Experiments. Selected papers of the 10th Cross-Language Evaluation Forum (CLEF 09), 6241 of Lecture Notes in Computer Science, pages 50-57, 2010. Springer. ISBN 978-3-642-15753-0.
11. Benno Stein, Maik Anderka. Collection-Relative Representations: A Unifying View to Retrieval Models. In A Min Tjoa and Roland Wagner, editors, 6th International Workshop on Text-Based Information Retrieval (TIR 09) at DEXA, pages 383-387, September 2009. IEEE. ISBN 978-0-7695-3763-4. ISSN 1529-4188.
12. Maik Anderka, Benno Stein. The ESA Retrieval Model Revisited. In Mark Sanderson, ChengXiang Zhai, Justin Zobel and James Allan and Javed A. Aslam, editors, 32th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 09), Boston, USA, pages 670-671, July 2009. ACM. ISBN 978-1-60558-483-6.
13. Martin Potthast, Benno Stein, Maik Anderka. A Wikipedia-Based Multilingual Retrieval Model. In Craig Macdonald, Iadh Ounis, Vassilis Plachouras, Ian Ruthven, Ryen W. White, editors, Advances in Information Retrieval. 30th European Conference on IR Research (ECIR 08), 4956 of Lecture Notes in Computer Science, pages 522-530, 2008. Springer. ISBN 978-3-540-78645-0.
14. Matthias Hagen, Martin Potthast, Anna Beyer, Benno Stein. Towards Optimum Query Segmentation: In Doubt Without. 21th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 12) (to appear), 2012. ACM.
15. Martin Potthast, Tim Gollub, Matthias Hagen, Jan Graßegger, Johannes Kiesel, Maximilian Michel, Arnd Oberländer, Martin Tippmann, Alberto Barron-Cedeno, Parth Gupta, Paolo Rosso, Benno Stein. Overview of the 4th International Competition on Plagiarism Detection. In Pamela Forner, Jussi Karlgren, Christa Womser-Hacker, editors, CLEF 2012 Evaluation Labs and Workshop - Working Notes Papers, September 2012. ISBN 978-88-904810-3-1.
16. Martin Potthast, Matthias Hagen, Benno Stein, Jan Graßegger, Maximilian Michel, Martin Tippmann, Clement Welsch. ChatNoir: A Search Engine for the ClueWeb09 Corpus. In Bill Hersh, Jamie Callan, Yoelle Maarek, Mark Sanderson, editors, 35th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 12), Portland, Oregon, August 2012.
17. Claudia Hauff, Matthias Hagen, Anna Beyer, Benno Stein. Towards Realistic Known-Item Topics for the ClueWeb. In Jaap Kamps, Wessel Kraaij, Norbert Fuhr, Elaine Toms, Kal Järvelin, Max Wilson, Paul Thomas, editors, Fourth Information Interaction in Context Symposium (IiX 12), Nijmegen, The Netherlands, August 2012.
18. Matthias Hagen, Jakob Gomoll, Benno Stein. Improved Cascade for Search Mission Detection. In Ben Carterette, Evangelos Kanoulas, Paul D. Clough, Mark Sanderson, editors, ECIR 12 Workshop on Information Retrieval over Query Sessions (SIR 12), 2012.

19. Andre Schmidt, Michael Rzanny, Astrid Schmidt, Matthias Hagen, Eileen Schütze, Erika Kothe. GC content-independent amino acid patterns in Bacteria and Archaea. *Journal of Basic Microbiology*, 52 (2) : 195-205, 2012.
20. Matthias Hagen, Jan Graßegger, Maximilian Michel, Benno Stein. Webis at the TREC 2011 Sessions Track. In Ellen M. Voorhees and Lori P. Buckland, editors, 20th International Text Retrieval Conference (TREC 11). National Institute of Standards and Technology (NIST).
21. Matthias Hagen, Benno Stein. Candidate Document Retrieval for Web-Scale Text Reuse Detection. In Roberto Grossi, Fabrizio Sebastiani, Fabrizio Silvestri, editors, 18th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 11), volume 7024 of Lecture Notes in Computer Science, pages 356-367, 2011.
22. Matthias Hagen, Benno Stein, Tino Rüb. Query Session Detection as a Cascade. In Bettina Berendt, Arjen de Vries, Wenfei Fan, Craig Macdonald, Iadh Ounis, Ian Ruthven, editors, 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 11), pages 147-152, 2011. ACM. ISBN 978-1-4503-0717-8.
23. Matthias Hagen, Benno Stein. Applying the User-over-Ranking Hypothesis to Query Formulation. In Giambattista Amati and Fabio Crestani, editors, *Advances in Information Retrieval Theory*. 3rd International Conference on the Theory of Information Retrieval (ICTIR 11), volume 6931 of Lecture Notes in Computer Science, pages 225-237, 2011.
24. Matthias Hagen, Benno Stein, Tino Rüb. Query Session Detection as a Cascade. In Ben Carterette, Paul D. Clough, Evangelos Kanoulas, Mark Sanderson, editors, ECIR 11 Workshop on Information Retrieval over Query Sessions (SIR 11), 2011.
25. Benno Stein, Matthias Hagen. Introducing the User-over-Ranking Hypothesis. In Paul Clough, Colum Foley, Cathal Gurrin, Gareth J. F. Jones, Wessel Kraaij, Hyowon Lee, Vanessa Murdock, editors, *Advances in Information Retrieval*. 33rd European Conference on IR Research (ECIR 11), volume 6611 of Lecture Notes in Computer Science, pages 503-509, 2011.
26. Matthias Hagen, Martin Potthast, Benno Stein, Christof Bräutigam. Query Segmentation Revisited. In Sadagopan Srinivasan, Krithi Ramamritham, Arun Kumar, M. P. Ravindra, Elisa Bertino, Ravi Kumar, editors, 20th International Conference on World Wide Web (WWW 11), pages 97-106, 2011.
27. Andre Schmidt, Matthias Hagen, Eileen Schütze, Astrid Schmidt, Erika Kothe. In silico prediction of potential metallothioneins and metallothiostins in actinobacteria. *Journal of Basic Microbiology*, 50 (6) : 562-569, 2010.
28. Matthias Hagen, Benno Stein, Michael Völske. Webis at the TREC 2010 Sessions Track. In Ellen M. Voorhees and Lori P. Buckland, editors, 19th International Text Retrieval Conference (TREC 10). National Institute of Standards and Technology (NIST).
29. Matthias Hagen, Benno Stein. Search Strategies for Keyword-based Queries. In A Min Tjoa and Roland Wagner, editors, 7th International Workshop on Text-Based Information Retrieval (TIR 10) at DEXA, pages 37-41, 2010. IEEE. ISBN 978-0-7695-4174-7.
30. Matthias Hagen, Benno Stein. Capacity-constrained Query Formulation. In Mounia Lalmas, Joemon M. Jose, Andreas Rauber, Fabrizio Sebastiani, Ingo Frommholz, editors, *Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. 14th European Conference (ECDL 10), volume 6273 of Lecture Notes in Computer Science, pages 384-388, 2010. Springer. ISBN 978-3-642-15463-8.
31. Benno Stein, Matthias Hagen. Making the Most of a Web Search Session. In IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT 10), pages 90-97, August 2010.

32. Matthias Hagen, Martin Potthast, Benno Stein, Christof Bräutigam. The Power of Naive Query Segmentation. In Hsin-Hsi Chen, Efthimis N. Efthimiadis, Jaques Savoy, Fabio Crestani, Stephane Marchand-Maillet, editors, 33rd International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 10), pages 797-798, July 2010. ACM. ISBN 978-1-4503-0153-4.
33. James Shanahan, Nedim Lipka, Dirk Van den Poel. Learning to active learn with applications in the online advertising field of look-alike modeling. In Online proceedings of the Direct/Interactive Marketing Research summit, 2011.
34. Benno Stein, Nedim Lipka, Peter Prettenhofer. Intrinsic Plagiarism Analysis. *Language Resources and Evaluation (LRE)*, 45 (1) : 63-82, 2011.
35. Nedim Lipka, Benno Stein. Robust Models in Information Retrieval. In A Min Tjoa and Roland Wagner, editors, 8th International Workshop on Text-Based Information Retrieval (TIR 11) at DEXA, pages 185-189, 2011. IEEE. ISBN 978-0-7695-4486-1.
36. Nedim Lipka, Benno Stein. Classifying with Co-Stems: A New Representation for Information Filtering. In Paul Clough, Colum Foley, Cathal Gurrin, Gareth J. F. Jones, Wessel Kraaij, Hyowon Lee, Vanessa Murdock, editors, *Advances in Information Retrieval. 33rd European Conference on IR Research (ECIR 11)*, volume 6611 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 307-313, 2011.
37. Martin Potthast, Benno Stein, Fabian Loose, Steffen Becker. Information Retrieval in the Comment-sphere. *Transactions on Intelligent Systems and Technology (ACM TIST)*, 3 (4) : article 68, 2012.
38. Elisabeth Lex, Michael Völske, Marcelo Errecalde, Edgardo Ferretti, Leticia Cagnina, Christopher Horn, Benno Stein, and Michael Granitzer. Measuring the Quality of Web Content using Factual Information. In Carlos Castillo, Zoltan Gyongyi, Adam Jatowt, and Katsumi Tanaka, editors, 2nd Joint WICOW/AIRWeb Workshop on Web Quality (WebQuality 12), pages 7-10, 2012. ACM. ISBN 978-1-4503-1237-0.
39. Steven Burrows, Benno Stein, Jörg Frochte, David Wiesner, and Katja Müller. Simulation Data Mining for Supporting Bridge Design. In Peter Christen, Jiuyong Li, Kok-Leong Ong, Andrew Stranieri, and Peter Vamplew, editors, 9th Australasian Data Mining Conference (AusDM 2011), pages 163-170, December 2011. ACM. ISBN 978-1-921770-02-9.
40. Martin Potthast and Teresa Holfeld. Overview of the 2nd International Competition on Wikipedia Vandalism Detection. In Vivien Petras, Pamela Forner, and Paul D. Clough, editors, *Notebook Papers of CLEF 11 Labs and Workshops*, September 2011. ISBN 978-88-904810-1-7.
41. Martin Potthast, Andreas Eiselt, Alberto Barron-Cedeno, Benno Stein, and Paolo Rosso. Overview of the 3rd International Competition on Plagiarism Detection. In Vivien Petras, Pamela Forner, and Paul D. Clough, editors, *Notebook Papers of CLEF 11 Labs and Workshops*, September 2011. ISBN 978-88-904810-1-7.
42. Martin Potthast and Steffen Becker. Opinion Summarization of Web Comments. In C. Gurrin et al., editors, *Advances in Information Retrieval: Proceedings of the 32nd European Conference on Information Retrieval, ECIR 2010, Milton Keynes, UK, 5993 of Lecture Notes in Computer Science*, pages 668-669, 2010. Springer. ISBN 978-3-642-12274-3.
43. Martin Potthast, Martin Trenkmann, and Benno Stein. Netspeak: Assisting Writers in Choosing Words. In C. Gurrin et al., editors, *Advances in Information Retrieval. 32nd European Conference on Information Retrieval (ECIR 10)*, 5993 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 672, 2010. Springer. ISBN 978-3-642-12274-3.
44. Benno Stein, Martin Potthast, and Martin Trenkmann. Retrieving Customary Web Language to Assist Writers. In C. Gurrin et al., editors, *Advances in Information Retrieval. 32nd European Conference on Information Retrieval (ECIR 10)*, 5993 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 631-635, 2010. Springer. ISBN 978-3-642-12274-3.

45. Benno Stein, Sven Meyer zu Eißén, Nedim Lipka. Genres on the Web, volume 42 of Text, Speech and Language Technology, chapter Web Genre Analysis: Use Cases, Retrieval Models, Implementation Issues, pages 167-190, 2010. Springer. ISBN 978-90-481-9177-2.
46. Nedim Lipka, Benno Stein. Identifying Featured Articles in Wikipedia: Writing Style Matters. In Michael Rappa, Paul Jones, Juliana Freire and Soumen Chakrabarti, editors, 19th International Conference on World Wide Web (WWW 10), pages 1147-1148, April 2010. ACM. ISBN 978-1-60558-799-8.
47. Martin Potthast, Benno Stein, and Teresa Holfeld. Overview of the 1st International Competition on Wikipedia Vandalism Detection. In Martin Braschler, Donna Harman, and Emanuele Pianta, editors, Notebook Papers of CLEF 10 Labs and Workshops, September 2010. ISBN 978-88-904810-2-4.
48. Martin Potthast, Alberto Barron-Cedeno, Andreas Eiselt, Benno Stein, and Paolo Rosso. Overview of the 2nd International Competition on Plagiarism Detection. In Martin Braschler, Donna Harman, and Emanuele Pianta, editors, Notebook Papers of CLEF 10 Labs and Workshops, September 2010. ISBN 978-88-904810-2-4.
49. Martin Potthast, Martin Trenkmann, and Benno Stein. Using Web N-Grams to Help Second-Language Speakers. SIGIR 10 Web N-Gram Workshop, pages 49-49, July 2010.
50. Alberto Barron-Cedeno, Martin Potthast, Paolo Rosso, Benno Stein, and Andreas Eiselt. Corpus and Evaluation Measures for Automatic Plagiarism Detection. In Nicoletta Calzolari, Khalid Choukri, Bente Maegaard, Joseph Mariani, Jan Odijk, Stelios Piperidis, Mike Rosner and Daniel Tapias, editors, 7th Conference on International Language Resources and Evaluation (LREC 10), May 2010. European Language Resources Association (ELRA). ISBN 2-9517408-6-7.
51. Martin Potthast, Benno Stein and Steffen Becker. Towards Comment-based Cross-Media Retrieval. In Michael Rappa, Paul Jones, Juliana Freire and Soumen Chakrabarti, editors, 19th International Conference on World Wide Web (WWW 10), pages 1169-1170, April 2010. ACM. ISBN 978-1-60558-799-8.
52. Alberto Barron-Cedeno and Andreas Eiselt and Paolo Rosso. Monolingual Text Similarity Measures: A Comparison of Models over Wikipedia Articles Revisions. In D. M. Sharma and V. Varma and R. Sangal, editors, Proceedings of ICON'09: 7th International Conference on Natural Language Processing, pages 29-38, December 2009. Macmillan Publishers. ISBN 978-0230-32845-7.
53. Martin Potthast, Benno Stein, Andreas Eiselt, Alberto Barron-Cedeno, and Paolo Rosso. Overview of the 1st International Competition on Plagiarism Detection. In Benno Stein, Paolo Rosso, Efstathios Stamatatos, Moshe Koppel, and Eneko Agirre, editors, SEPLN 09 Workshop on Uncovering Plagiarism, Authorship, and Social Software Misuse (PAN 09), pages 1-9, September 2009. CEUR-WS.org. ISSN 1613-0073.
54. Benno Stein and Sven Meyer zu Eißén. Retrieval Models for Genre Classification. Scandinavian Journal of Information Systems (SJIS), 20 : 1, pages 91-117, 2008. ISBN 0905-0167.
55. Fabian Loose, Steffen Becker, Martin Potthast, and Benno Stein. Retrieval-Technologien für die Plagiaterkennung in Programmen. In J. Baumeister and M. Atzmüller, editors, Workshop Special Interest Group Information Retrieval (FGIR 08), pages 5-12, October 2008. University of Würzburg.
56. Benno Stein, Nedim Lipka, Sven Meyer zu Eißén. Meta Analysis within Authorship Verification. In A. M. Tjoa and R. R. Wagner, editors, 5th International Workshop on Text-Based Information Retrieval (TIR 08) at DEXA, pages 34-39, September 2008. IEEE. ISBN 978-0-7695-3299-8. ISSN 1529-4188.
57. Benno Stein and Sven Meyer zu Eißén. Weighted Experts: A Solution for the Spock Data Mining Challenge. In Klaus Tochtermann and Hermann Maurer, editors, 8th International Conference on Knowledge Management (I-KNOW 08), Journal of Universal Computer Science, pages 358-365, September 2008. Springer. ISSN 0948-695x.

58. Jörg Arnold, Karin Gorges, Oliver Kornadt. eLearning-Bauphysik - Onlinebasierte, berufsbegleitende Weiterbildung. In DAGA 2008, Dresden.
59. Thomas Bröker, Oliver Kornadt. Purposeful Problem Generation in Simulation Games - An approach to extend the target group of complex simulation games in engineering education in 3rd European Conference on Games Based Learning. Graz, Austria, pages 62-67, 2009.
60. Karin Gorges, Thomas Bröker. eLBau live 1 Format, 3 Funktionen in GML2 - Grundfragen multimedialen Lehrens und Lernens. Berlin, 2009.
61. Christiane Hadlich, Heinrich Söbke, Oliver Kornadt. 2010. The need for a black box for Building Physics Gaming. In: Hambach S, Martens A, Tavangarian D, Urban B eLearning Baltics 2010 - Proceedings of the 3rd International eLBA Science Conference. Rostock: Fraunhofer Verlag; 2010: 377.
62. Jörg Arnold, Oliver Kornadt, 2011. Messtechnische Ermittlung von Übertragungsfunktionen in Massivbauten. In DAGA 2011, Düsseldorf.
63. Thomas Bröker, Heinrich Söbke, Oliver Kornadt, 2011. Close the gap - Obstacles and solutions for the missing educational games in graduate education. In 5th European Conference on Games Based Learning. Athens, Greece, pages 74-80.
64. Heinrich Söbke, Janina Held, Thomas Bröker, Christiane Hadlich. Bauphysik goes Facebook: Lernbegleitung mit Hilfe von Social Networks. In Oliver Kornadt, editor, Weimarer Bauphysiktagung. Bauhaus-Universität Weimar, pages 133-135.
65. Heinrich Söbke, Christiane Hadlich, Thomas Bröker, Oliver Kornadt. Concept of a Gaming Platform for Domain-Specific User-Created Content. In 5th European Conference on Games Based Learning. Athens, Greece, 2011.
66. Heinrich Söbke, J.A. Corredor, Oliver Kornadt. Learning, Reasoning and Modeling in Social Gaming. In Sybille Hambach, Alke Martens, Bodo Urban, editors, eLearning Baltics 2011 - 4th International eLBA Science Conference. Stuttgart, Fraunhofer, pages 106-122.
67. Karin Gorges, Oliver Kornadt, 2011. Student ist nicht gleich Student - die Bedeutung der Zielgruppenorientierung bei der Konzeption und Durchführung von eLearning-Weiterbildungsangeboten. In Sybille Hambach, Alke Martens, Bodo Urban, editors, eLearning Baltics 2011 - 4th International eLBA Science Conference. Stuttgart, Fraunhofer, pages 182-197.
68. Karin Gorges, Thomas Bröker. eLearning Bauphysik - Nachhaltigkeit durch Flexibilität. In GML2 - Grundfragen multimedialen Lehrens und Lernens, 2012. Berlin, pages 94-106.
69. Thomas Bröker, Karin Gorges. Dynamische und flexible Betreuung - Ein erweitertes Split-Tutor-Konzept. In DGWF Jahrestagung 2012. München: Deutsche Gesellschaft für wissenschaftliche Weiterbildung und Fernstudium (DGWF).
70. Heinrich Söbke, Christiane Hadlich, Oliver Kornadt. Social Game Fliplife: Digging for Talents - an Analysis. In 6th European Conference in Games Based Learning 2012. Cork, Ireland.
71. Heinrich Söbke, Thomas Bröker, Oliver Kornadt. Social Gaming: Just Click & Reward? In 6th European Conference in Games Based Learning 2012. Cork, Ireland.
72. Thomas Bröker, Heinrich Söbke, Oliver Kornadt. Engineering habits in virtual worlds. In 6th European Conference in Games Based Learning 2012. Cork, Ireland.
73. Alexander Kulik, Jan Dittrich, Bernd Fröhlich. The Hold-and-Move Gesture for Multi-touch Interfaces. In MobileHCI 2012. September 21-24, 2012.
74. Alexander Kulik, Andre Kunert, Anke Huckauf, Bernd Fröhlich. The Groovepad: Ergonomic Integration of Isotonic and Elastic Input for Efficient Control of Complementary Subtasks. In APCHI 2012, The 10th Asia-Pacific Conference on Computer-Human Interaction. August 28-31, 2012.

75. Patrick Riehmann, Jens Opolka, Bernd Fröhlich. The Product Explorer: Decision Making with Ease. In Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI), Capri, Italy, pages 423-432, May 2012.
76. Christopher Lux, Bernd Fröhlich. GPU-Based Ray Casting of Stacked Out-of-Core Height Fields. In Proceedings of the 7th International Symposium on Visual Computing, LNCS vol. 6938, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pages 269-280, October 2011.
77. Alexander Kulik, Andre Kunert, Stephan Beck, Roman Reichel, Roland Blach, Armin Zink, and Bernd Fröhlich. C1x6: A Stereoscopic Six-User Display for Co-located Collaboration in Shared Virtual Environments. In Proceedings of the 2011 SIGGRAPH Asia Conference (SA '11). ACM, New York, NY, USA, Article 188, 12 pages.
78. Patrick Riehmann, Henning Gruendl, Bernd Fröhlich, Martin Potthast, Martin Trenkmann, Benno Stein. The NETSPEAK WORDGRAPH: Visualizing Keywords in Context. IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis), pages 123-130, March 2011 (Best Paper Award).
79. Ferran Argelaguet, Alexander Kulik, Andre Kunert, Carlos Andujar, Bernd Fröhlich. See-through Techniques for Referential Awareness in Collaborative Virtual Reality. In International Journal of Human-Computer Studies (IJHCS), Volume 69, Issue 6, pages 387-400, June 2011.
80. Martin Reichl, Robert Dünger, Alexander Schiewe, Thomas Klemmer, Markus Hartleb, Christopher Lux, Bernd Fröhlich. GPU-based Ray Tracing of Dynamic Scenes In Journal of Virtual Reality and Broadcasting 7 (2010), no. 1, Gi VR/AR Workshop 2008 Special Issue, July 2010.
81. Ferran Argelaguet, Andre Kunert, Alexander Kulik, Bernd Fröhlich. Improving Collaboration in Co-located Interactions with Show-Through Techniques. In Proceedings of IEEE Symposium on 3D User Interfaces (IEEE 3DUI), Waltham, Massachusetts, pages 55-62, March 2010 (Honorable Mention Award (Runner-up Best Paper)).
82. Andre Kunert, Alexander Kulik, Christopher Lux, and Bernd Fröhlich. Facilitating system control in ray-based interaction tasks. In Proceedings of the 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Kyoto, Japan, November 18 - 20, 2009. pages 183-186.
83. Alexander Kulik. Building on Realism and Magic for Designing 3D Interaction Techniques. In IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 29, no. 6, pages 22-33, Nov./Dec. 2009.
84. Christopher Lux, Bernd Fröhlich. GPU-based Ray Casting of Multiple Multi-Resolution Volume Datasets. In Proceedings of the 5th International Symposium on Visual Computing, LNCS vol. 5876, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pages 104-116, November 2009.
85. Alexander Kulik, Andre Kunert, Christopher Lux, Bernd Fröhlich. The Pie Slider: Combining Advantages of the Real and the Virtual Space In Proceedings of the 10th international Symposium on Smart Graphics, LNCS vol. 5531, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pages 93-104, 2009.
86. Alexander Kulik, Jan Hochstrate, Andre Kunert, and Bernd Fröhlich. The Globefish: A 3D Motion Controller. In Proceedings of the 2009 IEEE Virtual Reality Conference, pages 299-30, 2009.
87. Alexander Kulik, Jan Hochstrate, Andre Kunert, Bernd Fröhlich. The Influence of Input Device Characteristics on Spatial Perception in Desktop-Based 3D Applications. In Proceedings of the 2009 IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2009 (3DUI), pages 59-66, 2009.
88. Martin Reichl, Robert Dünger, Alexander Schiewe, Thomas Klemmer, Markus Hartleb, Christopher Lux, Bernd Fröhlich. GPU-based Ray Tracing of Dynamic Scenes. Proceedings 5. Workshop Virtuelle und Erweiterte Realität der GI-Fachgruppe VR/AR, pages 245-260, 2008 (2nd best Paper award).

89. Daniel Kurz, Christopher Lux, Springer, J. P., Bernd Fröhlich. Improving Interaction Performance for Ray Tracing. In Eurographics'08, Annex to the Conference Proceedings, Short Papers, pages 283-286, 2008. Martin Hachet, Alexander Kulik. Elastic Control for Navigation Tasks on Pen-based Handheld Computers. In Proceedings of the IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2008 (3DUI), pages 91-96, 2008.
90. Jan Springer, Christopher Lux, Dirk Reiners, Bernd Fröhlich. Advanced Multi-Frame Rate Rendering. In Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2008 Conference, pages 177-184, 2008.

Nichtwissenschaftliche Veröffentlichungen

1. Alexander Kulik, Anke Huckauf, Bernd Fröhlich. You Do What Happens. form+zweck 22: Die Fühlbarkeit des Digitalen - The Tangibility of the Digital. pp. 48-53. Berlin 2008. ISBN 978-935053-18-1
2. Spock-Challenge-Sieger: Uni Weimar gewinnt Wettbewerb der Personensuchmaschine. Internet World Business. Ausgabe 8 vom 14.04.2008.
3. Mehr als Namen: Wie das Semantic Web mehr Informationen über Personen liefern kann. Deutschlandradio. 06.09.2008.
4. Thomas Bröker. Intelligentes Lernen. der bogen 2009, page 13.
5. Digitale Plagiate: Bester Erkennungsalgorithmus aus Deutschland. heise online. 20.06.2009
6. Plagiatsfinder erschweren das Abschreiben. In Franken. 22.02.2011
7. Weimarer entwickeln Software zum Aufspüren von Plagiaten. Thüringer Landeszeitung. 22.02.2011
8. Beitrag und Interview zu Plagiaten. Fernsehen MDR Hier ab Vier. 22.02.2011
9. Beitrag und Interview zu Plagiaten. Radio MDR Jump. 22.02.2011
10. Beitrag und Interview zu Plagiaten. Fernsehen MDR Aktuell. 23.02.2011
11. Plagiatssuche an Thüringens Hochschulen. Freies Wort. 23.02.2011
12. Picapica lehrt Abschreiber das Fürchten. Ostthüringer Zeitung. 23.02.2011
13. Picapica lehrt Abschreiber das Fürchten. Thüringer Allgemeine. 23.02.2011
14. Netspeak: Check Proper Word Usage (ESL). Make us of. 21.05.2011
15. minutes.io, FeedsAPI, Netspeak. Netzwertig.de. 21.05.2011
16. Netspeak füllt Lücken in englischen Texten. Spiegel online. 21.05.2011
17. Englische Texte wie ein Muttersprachler schreiben. Thueringenweb.de. 23.05.2011
18. Netspeak: Online-Hilfe fürs Englisch-Texten. Silicon.de. 23.05.2011
19. Übersetzung auf englisch leicht gemacht - Neuer Web-Dienst der Bauhaus-Uni. Thüringer Allgemeine. 25.05.2011
20. Suchmaschine hilft bei Englisch-übersetzungen. Frankfurter Neue Presse. 25.05.2011
21. Netspeak, ou rediger des textes en anglais aussi bien qu'un locuteur natif. Bulletins Electroniques. 25.05.2011
22. Elektronischer Lektor. Telepolis. 22.08.2011
23. Mit Wikipedia zum Diplom. Berliner Zeitung. 10.10.2011
24. Netzrätsel: Hast du Worte?. Frankfurter Allgemeine Zeitung. 24.02.2012

25. Suchportal für Essensgäste. Thüringer Allgemeine. 06.08.2012
26. Virtuelles Händeschütteln dank Bauhaus-Universität. TLZ Weimar. 04.04.2013
27. Weimarer Forschung zu 3D-Telepräsenztechnologien erhält Best Paper Award in Florida. Bauhaus Journal Online. 02.04.2013
28. Virtual traveller: Beam a live, 3D you into the world. Newscientist.com. 11.04.2013
29. Virtuelle Welten Versteckspiel mit der 3D-Brille. Newscientist.de. 12.04.2013
30. Virtual traveller: Beam a live, 3D you into the world. telepresenceoptions.com. 16.04.2013
31. Digital Creative Review DP04241304. bellmedia.ca. 25.04.2013

Literaturverzeichnis

- [AD06] H. Al-Khalifa und H. Davis. The evolution of metadata from standards to semantics in e-learning applications. In *Proceedings of HYPERTEXT '06*, 2006.
- [ADD04] Rakesh Agarwal, Amrita Deo und Swati Das. Intelligent agents in e-learning. *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, 29(2):1–1, März 2004.
- [AGTDG05] Marco Arrigo, Manuel Gentile, Davide Taibi und Onofrio Di Giuseppe. Specialized search engines for e-learning, 2005.
- [AKKF10] F. Argelaguet, A. Kunert, A. Kulik und B. Froehlich. Improving collaboration in co-located interactions with show-through techniques. In *3D UI '10: Proceeding of the 2010 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. IEEE, 2010.
- [ALS10] Maik Anderka, Nedim Lipka und Benno Stein. Evaluating Cross-Language Explicit Semantic Analysis and Cross Querying at TEL@CLEF 2009. In Carol Peters, Giorgio Di Nunzio, Mikko Kurimo, Thomas Mandl, Djamel Mostefa, Anselmo Peñas und Giovanna Roda (Hrsg.), *Multilingual Information Access Evaluation I: Text Retrieval Experiments. Selected papers of the 10th Cross-Language Evaluation Forum (CLEF 09)*, Band 6241 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 50–57. Springer, Oktober 2010.
- [AS09] Maik Anderka und Benno Stein. The ESA Retrieval Model Revisited. In Mark Sanderson, ChengXiang Zhai, Justin Zobel, James Allan und Javed A. Aslam (Hrsg.), *32th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 09)*, Seiten 670–671. ACM, Juli 2009.
- [AS12a] Maik Anderka und Benno Stein. A Breakdown of Quality Flaws in Wikipedia. In Carlos Castillo, Zoltan Gyongyi, Adam Jatowt und Katsumi Tanaka (Hrsg.), *2nd Joint WICOW/AIRWeb Workshop on Web Quality (WebQuality 12)*, Seiten 11–18. ACM, April 2012.
- [AS12b] Maik Anderka und Benno Stein. Overview of the 1st International Competition on Quality Flaw Prediction in Wikipedia. In Pamela Forner, Jussi Karlgren und Christa Womser-Hacker (Hrsg.), *Working Notes Papers of the CLEF 2012 Evaluation Labs*, September 2012.
- [ASB12] Maik Anderka, Benno Stein und Matthias Busse. On the Evolution of Quality Flaws and the Effectiveness of Cleanup Tags in the English Wikipedia. In *Wikipedia Academy 2012*. Wikipedia, Juli 2012.
- [ASL11a] Maik Anderka, Benno Stein und Nedim Lipka. Detection of Text Quality Flaws as a One-class Classification Problem. In Bettina Berendt, Arjen de Vries, Wenfei Fan, Craig Macdonald, Iadh Ounis und Ian Ruthven (Hrsg.), *20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 11)*, Seiten 2313–2316. ACM, Oktober 2011.
- [ASL11b] Maik Anderka, Benno Stein und Nedim Lipka. Towards Automatic Quality Assurance in Wikipedia. In Sadagopan Srinivasan, Krithi Ramamritham, Arun Kumar, M. P. Ravindra, Elisa Bertino und Ravi Kumar (Hrsg.), *20th International Conference on World Wide Web (WWW 11)*, Seiten 5–6. ACM, März 2011.

- [ASL12] Maik Anderka, Benno Stein und Nedim Lipka. Predicting Quality Flaws in User-generated Content: The Case of Wikipedia. In Bill Hersh, Jamie Callan, Yoelle Maarek und Mark Sanderson (Hrsg.), *35th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 12)*, Seiten 981–990. ACM, August 2012.
- [ASP10] Maik Anderka, Benno Stein und Martin Potthast. Cross-language High Similarity Search: Why no Sub-linear Time Bound can be Expected. In Cathal Gurrin, Yulan He, Gabriella Kazai, Udo Kruschwitz, Suzanne Little, Thomas Roelleke, Stefan M. Rüger und Keith van Rijsbergen (Hrsg.), *Advances in Information Retrieval. 32nd European Conference on Information Retrieval (ECIR 10)*, Band 5993 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 640–644. Springer, März 2010.
- [BKKF13] Stephan Beck, Andre Kunert, Alexander Kulik und Bernd Froehlich. Immersive group-to-group telepresence. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(4):616–625, April 2013.
- [CHWS88] J. Callahan, D. Hopkins, M. Weiser und B. Shneiderman. An empirical comparison of pie vs. linear menus. In *CHI '88: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seiten 95–100, New York, NY, USA, 1988. ACM.
- [CSS06] Alexandra Cristea, Craig Stewart und Spiros Sirmakessis. Adaptivity, personalization, and the semantic web. In *Proceedings of the joint international workshop on Adaptivity, personalization & the semantic web*, APS '06, Seiten 1–2, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [EKF12] Philipp Ewerling, Alexander Kulik und Bernd Froehlich. Finger and hand detection for multi-touch interfaces based on maximally stable extremal regions. In *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces*, ITS '12, Seiten 173–182, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [FBS⁺05] Bernd Fröhlich, Roland Blach, Oliver Stefani, Jan Hochstrate, Jörg Hoffmann, Karsten Klüger und Matthias Bues. Implementing multi-viewer stereo displays. *WSCG (Full Papers)*, Seiten 139–146, 2005.
- [FHSH06] Bernd Froehlich, Jan Hochstrate, Verena Skuk und Anke Huckauf. The globefish and the globemouse: two new six degree of freedom input devices for graphics applications. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '06, Seiten 191–199, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [FP00] Bernd Fröhlich und John Plate. The cubic mouse: a new device for three-dimensional input. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '00, Seiten 526–531, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [GAS11] Thomas Gottron, Maik Anderka und Benno Stein. Insights into Explicit Semantic Analysis. In Bettina Berendt, Arjen de Vries, Wenfei Fan, Craig Macdonald, Iadh Ounis und Ian Ruthven (Hrsg.), *20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 11)*, Seiten 1961–1964. ACM, Oktober 2011.
- [GBK07] Karin Gorges, Thomas Bröker und Oliver Kornadt. elearning als weiterbildungschance für ingenieure. *Bauphysik*, 29(2):138–141, 2007.
- [GSW01] François Guimbretière, Maureen Stone und Terry Winograd. Fluid interaction with high-resolution wall-size displays. In *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '01, Seiten 21–30, New York, NY, USA, 2001. ACM.
- [Hef06] M. Hefke. Im wissensnetz – vernetzte informationsprozesse in forschungsverbünden: Arbeitspaket 1. Technischer Bericht, Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe, Information Process Engineering, 2006.

- [HGMS11] Matthias Hagen, Jan Graßegger, Maximilian Michel und Benno Stein. Webis at the TREC 2011 Sessions Track. In Ellen M. Voorhees und Lori P. Buckland (Hrsg.), *20th International Text Retrieval Conference (TREC 11)*. National Institute of Standards and Technology (NIST), November 2011.
- [HPB⁺12] Matthias Hagen, Martin Potthast, Matthias Busse, Jakob Gomoll, Jannis Harder und Benno Stein. Webis at the TREC 2012 Sessions Track. In Ellen M. Voorhees und Lori P. Buckland (Hrsg.), *21st International Text Retrieval Conference (TREC 12)*. National Institute of Standards and Technology (NIST), November 2012.
- [HPBS12] Matthias Hagen, Martin Potthast, Anna Beyer und Benno Stein. Towards Optimum Query Segmentation: In Doubt Without. In Xuewen Chen, Guy Lebanon, Haixun Wang und Mohammed J. Zaki (Hrsg.), *21st ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 12)*, Seiten 1015–1024. ACM, Oktober 2012.
- [HPSB10] Matthias Hagen, Martin Potthast, Benno Stein und Christof Bräutigam. The Power of Naïve Query Segmentation. In Fabio Crestani, Stéphane Marchand-Maillet, Hsin-Hsi Chen, Efthimis N. Efthimiadis und Jacques Savoy (Hrsg.), *33rd International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 10)*, Seiten 797–798. ACM, Juli 2010.
- [HPSB11] Matthias Hagen, Martin Potthast, Benno Stein und Christof Bräutigam. Query Segmentation Revisited. In Sadagopan Srinivasan, Krithi Ramamritham, Arun Kumar, M. P. Ravindra, Elisa Bertino und Ravi Kumar (Hrsg.), *20th International Conference on World Wide Web (WWW 11)*, Seiten 97–106. ACM, März 2011.
- [HS10a] Matthias Hagen und Benno Stein. Capacity-Constrained Query Formulation. In Mounia Lalmas, Joemon M. Jose, Andreas Rauber, Fabrizio Sebastiani und Ingo Frommholz (Hrsg.), *Research and Advanced Technology for Digital Libraries. 14th European Conference on Digital Libraries (ECDL 10)*, Band 6273 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 384–388. Springer, September 2010.
- [HS10b] Matthias Hagen und Benno Stein. Search Strategies for Keyword-based Queries. In A Min Tjoa und Roland Wagner (Hrsg.), *7th International Workshop on Text-Based Information Retrieval (TIR 10) at DEXA*, Seiten 37–41. IEEE, September 2010.
- [HS11a] Matthias Hagen und Benno Stein. Applying the User-over-Ranking Hypothesis to Query Formulation. In *Advances in Information Retrieval Theory. 3rd International Conference on the Theory of Information Retrieval (ICTIR 11)*, Band 6931 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 225–237. Springer, 2011.
- [HS11b] Matthias Hagen und Benno Stein. Candidate Document Retrieval for Web-Scale Text Reuse Detection. In *18th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 11)*, Band 7024 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 356–367. Springer, 2011.
- [HSR11] Matthias Hagen, Benno Stein und Tino Rüb. Query Session Detection as a Cascade. In Bettina Berendt, Arjen de Vries, Wenfei Fan, Craig Macdonald, Iadh Ounis und Ian Ruthven (Hrsg.), *20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 11)*, Seiten 147–152. ACM, Oktober 2011.
- [HWF05] T. Hofmann, H. Wendler und B. Froehlich. The i-disc - a tool to visualize and explore topic maps. In *Proceedings of the Seventh Joint Eurographics / IEEE VGTC conference on Visualization*, EUROVIS’05, Seiten 45–52, Aire-la-Ville, Switzerland, Switzerland, 2005. Eurographics Association.

- [JGH⁺08] Robert J.K. Jacob, Audrey Girouard, Leanne M. Hirshfield, Michael S. Horn, Orit Shaer, Erin Treacy Solovey und Jamie Zigelbaum. Reality-based interaction: a framework for post-wimp interfaces. In *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Seiten 201–210, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [KG04] Oliver Kornadt und Karin Gorges. Lernnetz bauphysik - auralisierungen als lernhilfe. *Bauphysik*, 26(3):153–156, 2004.
- [KG07] Oliver Kornadt und Karin Gorges. elearning in building construction: approach to reduce defects. In *High Education Days*, 16th - 20th Nov. 2007 2007.
- [KKB⁺11] Alexander Kulik, André Kunert, Stephan Beck, Roman Reichel, Roland Blach, Armin Zink und Bernd Froehlich. C1x6: a stereoscopic six-user display for co-located collaboration in shared virtual environments. In *Proceedings of the 2011 SIGGRAPH Asia Conference*, SA '11, Seiten 188:1–188:12, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [KKLF09] André Kunert, Alexander Kulik, Christopher Lux und Bernd Fröhlich. Facilitating system control in ray-based interaction tasks. In *VRST '09: Proceedings of the 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, Seiten 183–186, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [Kul09] Alexander Kulik. Building on realism and magic for designing 3d interaction techniques. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 29(6):22–33, 2009.
- [Lee05] Yvonne L. Lee. Apps make semantic web a reality, 2005. SD Times.
- [Lei03] P. Leibl. Virtual reality in web-based training programs. In *Proceedings of the workshop on Virtual environments 2003*, EGVE '03, Seiten 311–312, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [LF09] Christopher Lux und Bernd Fröhlich. GPU-based Ray Casting of Multiple Multi-Resolution Volume Datasets. In *5th International Symposium on Visual Computing, LNCS vol. 5876*, Lecture Notes in Computer Science, Seiten 104–116. Springer-Verlag, November 2009.
- [LS10] Nedim Lipka und Benno Stein. Identifying Featured Articles in Wikipedia: Writing Style Matters. In Michael Rappa, Paul Jones, Juliana Freire und Soumen Chakrabarti (Hrsg.), *19th International Conference on World Wide Web (WWW 10)*, Seiten 1147–1148. ACM, April 2010.
- [LS11] Nedim Lipka und Benno Stein. Classifying with Co-Stems: A New Representation for Information Filtering. In *Advances in Information Retrieval. 33rd European Conference on IR Research (ECIR 11)*, Band 6611 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 307–313. Springer, April 2011.
- [MS04] Sven Meyer zu Eißén und Benno Stein. Genre Classification of Web Pages: User Study and Feasibility Analysis. In Susanne Biundo, Thom Frühwirth und Günther Palm (Hrsg.), *Advances in Artificial Intelligence. 27th Annual German Conference on AI (KI 04)*, Band 3228 LNAI aus *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Seiten 256–269, Berlin Heidelberg New York, September 2004. Springer.
- [MS06a] Sven Meyer zu Eißén und Benno Stein. Intrinsic Plagiarism Detection. In Mounia Lalmas, Andy MacFarlane, Stefan Rüger, Anastasios Tombros, Theodora Tsikrika und Alexei Yavlinsky (Hrsg.), *Advances in Information Retrieval. 28th European Conference on IR Research (ECIR 06)*, Band 3936 LNCS aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 565–569, Berlin Heidelberg New York, 2006. Springer.
- [MS06b] Sven Meyer zu Eißén und Benno Stein. Realization of Web-based Simulation Services. *Computers in Industry: Special Issue on Advanced Computer Support of Engineering and Service Processes of Virtual Enterprises*, 57(3):261–271, April 2006.
- [Nag05] Attila Nagy. E-content report 6 (merrill lynch and oecd report), 2005. ACTeN (Hrsg.).

- [NST01] Oliver Niggemann, Benno Stein und Jens Tölle. Visualization of Traffic Structures. In *IEEE International Conference on Communications (ICC 01)*, Band 5, Seiten 1516–1521, Piscataway, New York, Juni 2001. IEEE.
- [PHS⁺12] Martin Potthast, Matthias Hagen, Benno Stein, Jan Graßegger, Maximilian Michel, Martin Tippmann und Clement Welsch. ChatNoir: A Search Engine for the ClueWeb09 Corpus. In Bill Hersch, Jamie Callan, Yoelle Maarek und Mark Sanderson (Hrsg.), *35th International ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 12)*, Seite 1004. ACM, August 2012.
- [PSA08] Martin Potthast, Benno Stein und Maik Anderka. A Wikipedia-Based Multilingual Retrieval Model. In Craig Macdonald, Iadh Ounis, Vassilis Plachouras, Ian Ruthven und Ryen W. White (Hrsg.), *Advances in Information Retrieval. 30th European Conference on IR Research (ECIR 08)*, Band 4956 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 522–530. Springer, 2008.
- [PTCF02] John Plate, Michael Tirtasana, Rhadamés Carmona und Bernd Fröhlich. Octreemizer: a hierarchical approach for interactive roaming through very large volumes. In *Proceedings of the symposium on Data Visualisation 2002, VISSYM '02*, Seiten 53–ff, Aire-la-Ville, Switzerland, Switzerland, 2002. Eurographics Association.
- [RGF⁺11] Patrick Riehmann, Henning Gruendl, Bernd Fröhlich, Martin Potthast, Martin Trenkmann und Benno Stein. The NETSPEAK WORDGRAPH: Visualizing keywords in context. In *Pacific Visualization Symposium (PacificVis), 2011*, Seiten 123–130. IEEE, March 2011.
- [RGP⁺12] P. Riehmann, H. Gruendl, M. Potthast, M. Trenkmann, B. Stein und B. Froehlich. Wordgraph: Keyword-in-context visualization for netspeak’s wildcard search. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 18(9):1411–1423, 2012.
- [RHF05] Patrick Riehmann, Manfred Hanfler und Bernd Froehlich. Interactive sankey diagrams. In *Proceedings of the Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Information Visualization, INFOVIS '05*, Seiten 31–, Washington, DC, USA, 2005. IEEE Computer Society.
- [SA09] Benno Stein und Maik Anderka. Collection-Relative Representations: A Unifying View to Retrieval Models. In A Min Tjoa und Roland Wagner (Hrsg.), *6th International Workshop on Text-Based Information Retrieval (TIR 09) at DEXA*, Seiten 383–387. IEEE, September 2009.
- [Sch00] R. Schulmeister. Selektions- und entscheidungskriterien für die auswahl von lernplattformen und autorenwerkzeugen. Gutachten für das BM:BWK Lernplattformen., 2000.
- [Sch03] R. Schulmeister. *Lernplattformen für das virtuelle Lernen*. Oldenbourg, 2003.
- [Sch05] R. Schulmeister. Zur didaktik des einsatzes von lernplattformen. Lernplattformen. Web-based Training., 2005.
- [SH01] Benno Stein und Uwe Husemeyer. Generierung heuristischer Modelle zur Diagnose. In Klaus Panreck und Frank Dörrscheidt (Hrsg.), *15th Symposium Simulationstechnik (ASIM 01)*, Frontiers in Simulation, Seiten 107–112, Ghent, Belgium, September 2001. SCS Publishing House.
- [SH10] Benno Stein und Matthias Hagen. Making the Most of a Web Search Session. In *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT 10)*, Seiten 90–97, Los Alamitos, California, August 2010. IEEE.
- [SH11] Benno Stein und Matthias Hagen. Introducing the User-over-Ranking Hypothesis. In *Advances in Information Retrieval. 33rd European Conference on IR Resarch (ECIR 11)*, Band 6611 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 503–509. Springer, April 2011.
- [SMGW05] Benno Stein, Sven Meyer zu Eißén, Gernot Gräfe und Frank Wißbrock. Automating Market Forecast Summarization from Internet Data. In Pedro Isaías und Miguel Baptista Nunes (Hrsg.), *4th International Conference on WWW/Internet*, Seiten 395–402. IADIS Press, Oktober 2005.

- [SML10] Benno Stein, Sven Meyer zu Eißén und Nedim Lipka. *Genres on the Web*, Band 42 aus *Text, Speech and Language Technology*, Kapitel Web Genre Analysis: Use Cases, Retrieval Models, and Implementation Issues, Seiten 167–190. Springer, 2010.
- [SN99] Benno Stein und Oliver Niggemann. On the Nature of Structure and its Identification. In Peter Widmayer, Gabriele Neyer und Stefan Eidenbenz (Hrsg.), *Graph-Theoretic Concepts in Computer Science*, Band 1665 LNCS aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 122–134, Berlin Heidelberg New York, Juni 1999. Springer.
- [SP07] Benno Stein und Martin Potthast. Putting Successor Variety Stemming to Work. In Reinhold Decker und Hans J. Lenz (Hrsg.), *Advances in Data Analysis. Selected papers from the 30th Annual Conference of the German Classification Society (GFKL 06)*, Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization, Seiten 367–374, Berlin Heidelberg New York, 2007. Springer.
- [SPT10] Benno Stein, Martin Potthast und Martin Trenkmann. Retrieving Customary Web Language to Assist Writers. In Cathal Gurrin, Yulan He, Gabriella Kazai, Udo Kruschwitz, Suzanne Little, Thomas Roelleke, Stefan M. Rüger und Keith van Rijsbergen (Hrsg.), *Advances in Information Retrieval. 32nd European Conference on Information Retrieval (ECIR 10)*, Band 5993 aus *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 631–635. Springer, März 2010.
- [Ste03] Benno Stein. *Logic versus Approximation*, Band 3075 LNCS aus *Lecture Notes in Computer Science*, Kapitel Engineers Don’t Search, Seiten 120–137. Springer, Berlin Heidelberg New York, Oktober 2003.
- [Ste05] Benno Stein. Fuzzy-Fingerprints for Text-Based Information Retrieval. In Klaus Tochtermann und Hermann Maurer (Hrsg.), *5th International Conference on Knowledge Management (I-KNOW 05)*, Journal of Universal Computer Science, Seiten 572–579, Graz, Austria, Juli 2005. Know-Center.
- [SYG⁺13] Markus Schlattmann, Yuelong Yu, Nils Gründl, Manfred Bogen, Alexander Kulik, David d’Angelo, Bernd Fröhlich und Reinhard Klein. User awareness for collaborative multi-touch interaction. In *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Graphics Theory and Applications*, GRAPP ’13, Seiten 359–366, 2013.
- [TG06] Chao Boon Teo und Robert Kheng Leng Gay. A knowledge-driven model to personalize e-learning. *J. Educ. Resour. Comput.*, 6(1), März 2006.