

# 10 Jahre VIS 3 Jahre VISUS



Institut für Visualisierung  
und Interaktive Systeme



Visualisierungsinstitut  
der Universität Stuttgart



---

## Broschüren des Informatik-Forum Stuttgart e.V.

10 Jahre VIS

3 Jahre VISUS

---

Broschüren des  
Informatik-Forum Stuttgart e. V.





Institut für Visualisierung  
und Interaktive Systeme

10 Jahre VIS

3 Jahre VISUS



Visualisierungsinstitut  
der Universität Stuttgart

Broschüren des

Informatik-Forum Stuttgart e. V.

Redaktion Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme:  
Prof. Dr. Rul Gunzenhäuser und Christine Schütz

V.i.S.d.P.: Prof. Dr. Thomas Ertl

Gestaltung, Layout und Umschlagentwurf durch Dr. Jürgen Dammert.  
Gesetzt in Adobe Garamond Pro und Myriad Pro.

Druck: Druckhaus Waiblingen  
Auflage: 1500

© 2010 Informatik-Forum Stuttgart e. V.

Informatik-Forum Stuttgart e. V.  
c/o Prof. Dr. L. Hieber  
Universität Stuttgart  
Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik  
Universitätsstraße 38  
70569 Stuttgart  
[infos@informatik.uni-stuttgart.de](mailto:infos@informatik.uni-stuttgart.de)  
[www.infos.informatik.uni-stuttgart.de](http://www.infos.informatik.uni-stuttgart.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Grußwort des Dekans</b> . . . . .	<b>iii</b>
<b>Vorwort des infos-Vorstands</b> . . . . .	<b>v</b>
<b>1 Vorwort</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 Darstellung von VIS / VISUS</b> . . . . .	<b>3</b>
2.1 10 Jahre VIS – 3 Jahre VISUS . . . . .	3
2.2 Abteilung „Visualisierung“ . . . . .	10
2.3 Abteilung „Intelligente Systeme“ . . . . .	16
2.4 Abteilung „Visual Computing“ . . . . .	21
2.5 Forschungsgebiet „Interaktive Systeme“ . . . . .	29
<b>3 Aktuelle Forschungsvorhaben</b> . . . . .	<b>33</b>
3.1 Exzellenzcluster Simulation Technology . . . . .	33
3.2 Graduate School for advanced Manufacturing Engineering . . . . .	40
3.3 Sonderforschungsbereich 627: Umgebungsmodelle für Mobile Kontextbezogene Systeme . . . . .	43
3.4 Sonderforschungsbereich 716: Dynamische Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen . . . . .	50
3.5 Sonderforschungsbereich Transregio 75: Tropfendynamische Prozesse unter extremen Umgebungsbedingungen. . . . .	58
3.6 Schwerpunktprogramm (SPP 1335) Scalable Visual Analytics . . . . .	61
3.7 Personalized Environmental Service Configuration and Delivery Orchestration (PESCaDO). . . . .	67
3.8 Photo-realistische und interaktive Darstellung astronomischer Objekte für digitale Planetarien . . . . .	69
3.9 Semiüberwachte Koreferenzerkennung (SüKRE). . . . .	72
3.10 HyperBraille – Flächiger Zugang zu grafischen Oberflächen für Blinde . . . . .	75
3.11 Kognitive Aspekte in der Visualisierung . . . . .	78
3.12 Many Core Simulation and Visualization (MCSimVis) . . . . .	81
3.13 Assistenz für sensorisch Behinderte an der Universität Stuttgart (ASBUS) . . . . .	83
3.14 Interaktiver Informationszugriff im Semantic Web . . . . .	86
3.15 Visuelle Analytik für Genexpressionsdaten . . . . .	90

---

3.16	Relativistische Visualisierung . . . . .	93
3.17	Information at your fingertips – Interaktive Visualisierung für Gigapixel-Displays . . . . .	95
3.18	Visualisierung auf großen Displays . . . . .	98
3.19	Parallele Visualisierung auf GPU-Clustern . . . . .	100
3.20	Visualisierung in der Systembiologie . . . . .	103
3.21	Visualisierung dynamischer Graphen und Hierarchien . . . . .	105
<b>4</b>	<b>Multimodal Computing and Interaction . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>5</b>	<b>„Interaktive Systeme“ in der Stuttgarter Informatik von 1970 bis 1999. . . . .</b>	<b>111</b>
<b>Anhang A</b>	<b>Arbeitsgruppe . . . . .</b>	<b>123</b>
<b>Anhang B</b>	<b>Alumni . . . . .</b>	<b>125</b>
<b>Anhang C</b>	<b>Projekte . . . . .</b>	<b>127</b>
<b>Anhang D</b>	<b>Publikationen und Abschlussarbeiten . . . . .</b>	<b>129</b>
D.1	Publikationen (begutachtet) 2000 bis 2009 . . . . .	129
D.2	Abschlussarbeiten 2000 bis 2009. . . . .	130
<b>Anhang E</b>	<b>Habilitationen und Dissertationen. . . . .</b>	<b>131</b>
<b>Anhang F</b>	<b>Preise und Auszeichnungen. . . . .</b>	<b>133</b>

# Grußwort des Dekans

**der Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik**  
**Prof. Dr. Erhard Plödereder**

„*Tempus fugit.*“ So kommt es mir vor, wenn ich an dieser Stelle das VIS im Teenager-Alter begrüßen darf. Haben wir doch vor nicht allzu langer Zeit die Gründung des Instituts erlebt oder erst vor kurzem die langen Transparente am Informatikbau bewundert, auf denen der Welt mit großen Lettern die erfolgreichen Bleibeverhandlungen verkündet wurden, die zur Gründung des VISUS führten. Und doch, sieht man die SFB-Beteiligungen, die tragende Rolle im Exzellenzcluster SimTech, die Forschungsverbünde mit benachbarten Universitäten und der Welt, so ist die Zeit nicht zerronnen. Sie wurde hervorragend genutzt, um einen Leuchtturm der Stuttgarter Forschung aufzubauen, der international das Licht der Exzellenz in Visualisierung und benachbarten Themen erstrahlen lässt. Die Details werden in dieser Festschrift beschrieben, so dass ich hierzu keine lange Aufzählung verfassen möchte. Vieles ist geschaffen und geschafft worden, um nicht nur die Fachwelt, sondern auch die Öffentlichkeit in das dreidimensionale Bild der Zukunft schauen zu lassen. Relativistisches Radeln durch Tübingen oder das Greifen nach dreidimensionalen Projektionen von Sternenclustern in unserem visualisierungsbetonten Hörsaal haben viel dazu beigetragen, den zukünftigen Studierenden und ihren Eltern das Interesse an der Informatik und die Begeisterung für sie zu vermitteln.

Nebenbei hat Thomas Ertl auch viel für die Gemeinschaft der Universität getan, ob das die Mitwirkung in der Vorbereitung der Exzellenzinitiativen der Universität ist oder die vier Jahre als Prodekan der Fakultät, in der ich das Vergnügen hatte, mit ihm zusammen ein wenig Einfluss auf die Zukunft der Fakultät und des Fachbereichs Informatik auszuüben.

Mit dem Ausbau der Visualisierungsforschung in Stuttgart kamen hoch qualifizierte Kollegen zu uns. In kurzen Abständen konnten wir die Professoren Heidemann, Weiskopf und Dachsbacher bei uns begrüßen und, wofür ich die Daumen halte, bald einen weiteren Kollegen für die Mensch-Computer-Interaktion. Jedes Mal erweiterte sich die Palette der Forschung zu einem immer umfassender werdenden Kaleidoskop für Studierende, Doktoranden und Fachkollegen.

Rechtzeitig für die Jahresfeier ist auch das VISUS-Gebäude bezugsfertig geworden, so dass provisorische Unterbringungen ein Ende nehmen bis zur nächsten Expansion, die wohl auch schon absehbar ist. „*Patria est ubicumque est bene.*“ findet man irgendwo bei Cicero. Möge es VIS und VISUS in dieser Heimat weiterhin so gut gehen wie bisher, so dass wir uns noch lange an den Erfolgen der Truppe um Thomas Ertl freuen und sie uns auf das Stuttgarter Banner heften können.

# Vorwort des infos-Vorstands

Mit der Abteilung für Visualisierung und interaktive Systeme (VIS) und – ab dem Jahr 2002 – dem gleichnamigen Institut hat vor etwas mehr als zehn Jahren das neue Forschungs- und Lehrgebiet der Visualisierung in der Stuttgarter Informatik Einzug gehalten. Unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Thomas Ertl stellten sich rasch Erfolge ein. Zahlreiche Forschungsprojekte wurden eingeworben und von der Industrie, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und weiteren Drittmittelgebern gefördert. Die erfolgreiche Beteiligung am Exzellenz-Cluster SimTech der Universität Stuttgart und an drei Sonderforschungsbereichen sind Höhepunkte in der Instituts-geschichte. Das Fachgebiet wurde in der akademischen Lehre, der Ausbildung von Diplominformatiker(inne)n und in der neuen Ausbildung von Bachelor- und Master-studierenden fest verankert.

Die in dieser Broschüre aufgeführten umfangreichen Projektergebnisse und Publikationen, die zahlreichen in VIS erreichten Diplome und Promotionen und nicht zuletzt hochrangige internationale Auszeichnungen dokumentieren diese Erfolge auf eindrückliche Weise.

Im Jahre 2006 wurde auf Grund der erfolgreichen Arbeit von VIS – auf Antrag von Prof. Ertl - das Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart (VISUS) gegründet. Es konnte Anfang 2007 mit seiner Arbeit beginnen. Zunächst war es im Technologiezentrum TTI untergebracht. Es konnte aber jetzt im Mai 2010 ein neues Institutsgebäude beziehen, das grundlegend erneuerte und erweiterte frühere Hysolar-Gebäude im Allmandring. Das Institut freut sich auf eine neue Großbildprojektion dort, wie sie zunächst einmalig in Deutschland sein wird.

Auf Initiative von Prof. Dr. Rul Gunzenhäuser erscheint diese Publikation „10 Jahre VIS – 3 Jahre VISUS“ als infos-Broschüre. Mit dieser Broschüre möchte das Informatik-Forum Stuttgart e.V. Herrn Prof. Dr. Thomas Ertl auch für seine langjährige Mitwirkung im Kuratorium von infos herzlich danken.

Die vorliegende infos-Broschüre will für die Mitglieder von infos, für die Studierenden und für die Lehrenden der Stuttgarter Informatik wichtige Eckpunkte der Entwicklung der Institute VIS und VISUS festhalten. Diese Erfolgsgeschichte – insbesondere die Berichte über die zahlreichen Projekte – wird aber auch für die früheren, die jet-

zigen und die künftigen Projektpartner sowie für die engagierten Drittmittelgeber von großem Interesse sein.

Die redaktionelle Vorbereitung, das Layout und die Bearbeitung der Grafiken bringen viel Arbeit mit sich. Für seine Arbeit danken wir daher besonders Herrn Dr. Jürgen Dammert, dem langjährigen infos-Vorstandsmitglied.

Prof. Dr. Ludwig Hieber

Vorsitzender des Informatik-Forums Stuttgart e.V. (infos)

# 1 Vorwort

Liebe Freunde von VIS und VISUS,

auch wenn wir alle oft durch die vor uns liegenden Aufgaben getrieben sind, muss doch manchmal Zeit sein, zurück zu blicken und sich über das Erreichte zu freuen. Daher nehmen wir den Umzug von VISUS in das rundum erneuerte und erweiterte ehemalige HYSOLAR-Gebäude im Allmandring zum Anlass, zehn Jahre Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS) und drei Jahre Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart (VISUS) in einer Broschüre zu dokumentieren.

Dabei wollen wir vor allem einen Einblick in die aktuelle Forschung an den beiden Instituten geben. Ich danke den Kollegen und allen Mitarbeitern, die in kompakter Form die Schwerpunkte der Abteilungen sowie laufende Projekte und Forschungsvorhaben beschrieben haben. Ich danke natürlich auch den Ehemaligen, die als Kollegen oder Gastwissenschaftler, als Postdocs oder Doktoranden eine Phase ihres Lebens am Institut verbracht haben und zum wissenschaftlichen Erfolg und zu den vielfältigen Lehraufgaben des Instituts beigetragen haben. Sie wurden bestens unterstützt durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Sekretariaten und im technischen Dienst, aber auch durch den Institutsverbund Informatik und die zentrale Verwaltung der Universität; ihnen allen gilt mein besonderer Dank.

Die Gründung von VISUS konnte nur aufgrund großer Unterstützung durch das Rektorat der Universität Stuttgart und das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg erfolgen. Dafür bedanke ich mich recht herzlich und hoffe, dass die positive Entwicklung der ersten Jahre von VISUS das in mich gesetzte Vertrauen rechtfertigen.

Diese Broschüre entstand auf Initiative meines Vorgängers, Herrn Prof. Rul Gunzenhäuser, dem ich auch für sein Engagement in den vergangenen Jahren danke. Ohne die redaktionelle Hilfe von Frau Christine Schütz und ohne die professionelle Gestaltung durch Herrn Dr. Jürgen Dammert wäre dieses Buch nicht rechtzeitig fertig geworden. Ich danke dem Vorstand von Infos, Herrn Prof. Hieber, dass es in der Broschürenreihe des Informatik-Forums Stuttgart erscheinen konnte. Ich freue mich auch über die Grußworte und den Gastbeitrags meines Kollegen Hans-Peter Seidel.

Thomas Ertl



## 2 Darstellung von VIS / VISUS

### 2.1 10 Jahre VIS – 3 Jahre VISUS

**Prof. Dr. Thomas Ertl**

Der Umzug des Visualisierungsinstituts der Universität Stuttgart (VISUS) aus der inzwischen zu eng gewordenen Zwischenlösung im TTI Technologiezentrum in das neue Institutsgebäude, das rundum erneuerte und erweiterte ehemalige HYSOLAR-Gebäude im Allmandring im Mai 2010 ist ein guter Grund, auf die ersten drei Jahre VISUS zu blicken. Das Institut wurde zwar formal schon im Februar 2006 vom Senat der Universität Stuttgart eingerichtet, die Räume in der Nobelstraße wurden aber erst zum darauf folgenden Jahreswechsel bezogen und die neuen Professuren erst im Laufe des Jahres 2007 besetzt. Gleichzeitig ist dies ein passender Zeitpunkt, ein weiteres, auch etwas unscharfes Jubiläum zu begehen: zehn Jahre Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS) in der Stuttgarter Informatik. Dieses Institut wurde zwar formal erst im Rahmen der Fakultätsumstrukturierungen im Oktober 2002 gegründet, die Abteilung gleichen Namens gibt es aber schon drei Jahre länger.

Als ich im Juni 1999 die Professur für Praktische Informatik in der Fakultät für Informatik der Universität Stuttgart übernehmen durfte, war mein Vorgänger Prof. em. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Rul Gunzenhäuser schon fast ein Jahr im Ruhestand und die Abteilung Dialogsysteme des Instituts für Informatik mit fünf festen Mitarbeitern wurde von Prof. Dr. Egbert Lehmann kommissarisch geleitet. Da innerhalb kurzer Zeit zehn Mitarbeiter aus meiner früheren Arbeitsgruppe an der Universität Erlangen mit nach Stuttgart wechselten, schloss die Abteilung bald wieder an ihre frühere Größe an, allerdings mit einer deutlich anderen inhaltlichen Orientierung. Während vorher interaktive Systeme, also insbesondere Benutzungsschnittstellen (auch für Hör- und Sehbehinderte) im Vordergrund standen, kam nun mit der computergraphischen Visualisierung ein neues Forschungs- und Lehrgebiet in die Stuttgarter Informatik. Da ich das Thema Mensch-Computer-Interaktion aber als äußerst wichtig erachtete und in gewissem Rahmen fortführen wollte, war der neue Name der Abteilung offensichtlich: Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS).

Visualisierung hat das Ziel, abstrakte Informationen durch graphische Methoden sichtbar zu machen und dabei die enormen Fähigkeiten der menschlichen visuellen Wahrnehmung zu nutzen. Obwohl die Menschheit im Lauf ihrer kulturellen Entwicklung

Bilder, Zeichnungen und Diagramme natürlich schon lange einsetzt, führte das Zusammentreffen von zwei Entwicklungen im Bereich der Computertechnik dazu, dass sich die Visualisierung Ende der 1980er Jahre zu einer eigenständigen wissenschaftlichen Disziplin entwickelte. Auf der einen Seite war es die enorme Datenflut, die die immer leistungsfähigeren Supercomputer und Messgeräte (von Computertomographen bis zu Satellitenteleskopen) erzeugten, die neue Wege bei der Datenpräsentation erforderten. Zum anderen war es die dynamische Entwicklung der modernen Computergraphik, die innerhalb weniger Jahre den Stiftplotter im Rechenzentrum durch farbige Rastergraphik an jedem Arbeitsplatzrechner ersetzte. Anfang der 1990er Jahre führten dann erste Fachkonferenzen weltweit zum Aufbau universitärer Visualisierungsarbeitsgruppen innerhalb der Informatik. So war die Professur, auf die ich 1994 an die Universität Erlangen-Nürnberg berufen wurde, eine der ersten in Deutschland, die speziell der Visualisierung gewidmet war.

Die Forschungsschwerpunkte während der ersten Jahre der jungen Abteilung VIS im Informatikgebäude in der Breitwiesenstraße waren durch heute als klassisch geltende Themen der wissenschaftlichen Visualisierung geprägt. Im Rahmen von BMBF-Projekten (AutoBench und AUTO-OPT) und direkten Kooperationen mit der Automobilindustrie ging es darum, die Simulation bei der Fahrzeugentwicklung mit neuen graphisch-interaktiven Software-Werkzeugen zu unterstützen. Die Entwicklungen im Bereich Strömungsvisualisierung für Aerodynamikberechnungen und Preprocessing von Finite-Elemente-Modellen für virtuelle Crashtests stießen auf großes Interesse bei den industriellen Partnern und wurden später erfolgreich in kommerzielle Produkte umgewandelt. Im Bereich der medizinischen Visualisierung von 3D-Tomographie-daten wurde die Kooperation mit dem Neurozentrum der Universität Erlangen weitergeführt und machte die Stuttgarter Gruppe als Spezialisten für Volume Rendering international bekannt. Während im Bereich der Ingenieurvisualisierung zu diesem Zeitpunkt noch teure Graphikworkstations eingesetzt wurden und die Ergebnisse spektakulär in Stereo auf einer 2002 beschafften PowerWall demonstriert wurden, setzten wir im Bereich der Volumenvisualisierung schon ab dem Jahr 2000 auf die aufkommenden programmierbaren PC-Graphikkarten. Die dafür von den Mitarbeitern neu entwickelten Algorithmen und Programmiertechniken sind heute Standard in den medizinischen Workstations aller großen Hersteller und führten zu ausgezeichneten und vielfach zitierten Publikationen.

Gleichzeitig verbreiterte die Gruppe sich sowohl methodisch als auch in den Anwendungsbereichen. In einem Projekt des SFB 382 („Verfahren und Algorithmen zur Simulation physikalischer Prozesse auf Höchstleistungsrechnern“) standen numerisch

orientierte Methoden für hierarchische Datenstrukturen und adaptive Visualisierungstechniken im Vordergrund. Im DFG-Schwerpunktprogramm „Verteilte Verarbeitung und Vermittlung Digitaler Dokumente“ ging es um Chemische Visualisierung im Internet, in einem Landesforschungsschwerpunkt um Stadt- und Terrainvisualisierung. An die Tradition der Arbeitsgruppe im Bereich rechnergestütztes Lehren und Lernen knüpfte das BMBF-Projekt Information Technology Online an, in dem Web-basierte Graphik für Lehrmaterialien – insbesondere auch für Sehbehinderte – weiterentwickelt wurde.

Als im Rahmen der Zusammenführung von Informatik und Elektrotechnik zu einer neuen Fakultät der Universität Stuttgart auch die Institutsstruktur der Informatik neu gestaltet wurde, ging im Herbst 2002 die Abteilung VIS (gestärkt auch durch erfolgreiche Bleibeverhandlungen) in das Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme über. Der Umzug in das neue Informatikgebäude im Herzen des Vaihinger Campus gab ab dem Jahre 2003 auch Raum für die bis dahin auf ca. 20 Mitarbeiter angewachsene Arbeitsgruppe. Ein erfolgreiches Projekt zur Visualisierung auf mobilen Geräten in der DFG Forschergruppe Nexus ermöglichte die Mitwirkung an einer erfolgreichen SFB-Initiative. Seit 2003 ist VIS mit zwei Teilprojekten am SFB 627 („Umgebungsmodelle für kontextbezogenen Systeme“) beteiligt. Neben einem Teilprojekt im Bereich Augmented Reality konnten wir in einem anderen Teilprojekt an den hervorragenden Ruf der Arbeitsgruppe von Prof. Gunzenhäuser im Gebiet Informatik für sensorisch Behinderte anschließen und ein Navigations- und Orientierungssystem für Blinde entwickeln, das international auf großes Interesse stößt und seit 2009 durch das ASBUS-Projekt auch an der Universität Stuttgart eingeführt wird.

Trotz dieser Ausweitung der Aktivitäten in den Bereich Mensch-Computer-Interaktion blieb die Visualisierung, insbesondere auch der Einsatz der immer leistungsfähigeren Graphikprozessoren (GPUs), auch in den folgenden Jahren im Zentrum der Forschungen des Instituts. In einem Projekt des DFG-Schwerpunktprogramms „Bildgebende Messverfahren der Strömungsanalyse“ beschäftigten wir uns mit der Extraktion und Verfolgung von Strömungsmerkmalen wie Wirbelkernen. Im BMBF-Projekt OpenSG Plus stellten wir Hardware-beschleunigte Volumenvisualisierung in einer Open Source Graphik-Bibliothek auch einem breiteren Anwenderkreis zur Verfügung. In einer von der amerikanischen National Science Foundation geförderten Kooperation arbeiteten wir mit der Purdue University an funktionalen Datenkodierungen für die Visualisierung. Ein von der Landesstiftung Baden-Württemberg gefördertes Projekt zur Visualisierung von Molekulardynamik-Simulationen legte die Grundlagen für unsere Beteiligung an einem weiteren SFB.

2006 war für VIS ein äußerst ereignisreiches Jahr. Ende Januar entschied ich mich nach langen Verhandlungen einen Ruf nach Darmstadt abzulehnen und in Stuttgart zu bleiben. Das mir unterbreitete Angebot, mit VISUS ein forschungsorientiertes Visualisierungsinstitut als zentrale Einrichtung der Universität aufzubauen, erschien als konsequente Fortsetzung der bisherigen Aktivitäten von VIS und als eine gute Struktur, um die Visualisierung als interdisziplinären Kooperationspartner auf breiterer Basis in der Universität zu verankern. Mit großzügiger Unterstützung durch das Ministerium stellte die Universität dafür eine neue Professur und eine Juniorprofessur sowie entsprechende Mitarbeiterstellen, Investitionsmittel und eine Institutsinfrastruktur zur Verfügung. Bei der Vorstellung des neuen Instituts vor der Landespressekonferenz präsentierte Minister Frankenberg auch gleich das erste Projekt des neuen Instituts: Im Rahmen eines durch die Landesstiftung geförderten BW-FIT-Verbundvorhabens erforscht VISUS seitdem zusammen mit weiteren Baden-Württembergischen Universitäten neue Visualisierungsverfahren für Gigapixel-Displays. Eine solche hochauflösende Stereorückprojektion mit fast 100 Millionen Pixel soll im Lauf des Sommer 2010 im VISUS-Neubau installiert und zur offiziellen Gebäudeübergabe im Herbst 2010 der Öffentlichkeit vorgeführt werden.

Wurde mit dem ehrenvollen Ruf die Forschungsleistung der VIS-Arbeitsgruppe auf nationaler Ebene gewürdigt, so erfolgte die internationale Anerkennung zwar ohne direkten Bezug doch bald nach der VISUS-Gründung. Mit dem Outstanding Technical Contribution Award 2006 der Eurographics Association und dem Technical Achievement Award 2006 des IEEE Visualization and Graphics Technical Committee gingen die beiden höchsten Auszeichnungen, die in der Visualisierungsforschung zu vergeben sind, nach Stuttgart.

Im Sommer 2006 konnte die nach Eintritt von Prof. Lehmann in den Ruhestand vakante Professur für Intelligente Systeme mit Professor Dr. Gunther Heidemann neu besetzt werden. Herr Heidemann hatte sich in Bielefeld habilitiert und war anschließend an die Florida State University gewechselt. Da seine Forschungsschwerpunkte in den Bereichen Computer Vision, maschinelles Lernen und multimodale Interaktion liegen, entschloss er sich, seine Abteilung dem VIS-Institut anzuschließen. Dieses Zusammengehen war eine zukunftssträchtige Stärkung des Instituts, wurde damit doch die in Fachkreisen schon seit einiger Zeit mit dem Begriff Visual Computing bezeichnete methodische Konvergenz von Computergraphik und Computer Vision auch in Stuttgart strukturell verankert.

Im Herbst 2006 erfolgte die erfolgreiche Begehung des neuen SFB 716 („Dynamische Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen“), an dem das neugegründete VISUS inzwischen mit drei Visualisierungsprojekten beteiligt ist. Nach dem überraschenden Ausscheiden des Gründungssprechers Anfang 2007 wechselte dann auch die Geschäftsstelle des SFB an das VISUS. Das Jahr 2007 war auch geprägt durch das Stuttgarter Exzellenz-Cluster Simulation Technology. Die Bewilligung im Herbst war nach dem enormen Aufwand, den vor allem das Direktorium des SRC SimTech in die Antragstellung und Begutachtung investiert hatte, eine wohlverdiente Forschungsperspektive. Auch an SimTech ist VISUS nunmehr mit drei Projekten beteiligt.

Im Sommer 2007 nahm Prof. Dr. Daniel Weiskopf den Ruf auf die bei VISUS angesiedelte neue W3-Professur für Visualisierung an. Herr Weiskopf hatte sich 2005 in Stuttgart für Informatik habilitiert und dann zwei Jahre als Assistant Professor an der Simon Fraser University in Vancouver gewirkt. Mit ihm konnte ein in der Visualisierung breit und international ausgewiesener Wissenschaftler an die Universität zurückgeholt werden. Im Herbst folgte dann die Berufung von Jun.-Prof. Dr. Carsten Dachsbacher auf die W1-Professur für Visual Computing. Der für seine Arbeiten in der Echtzeit-Computergraphik bekannte Nachwuchsforscher kam von einer Postdoc-Stelle in einem INRIA-Labor bei Nizza nach Stuttgart. Um beide Professuren, die ja an einer zentralen Einrichtung der Universität angesiedelt sind, in die Lehre des Fachbereichs Informatik zu integrieren, wurden sie über virtuelle Abteilungen auch in das Fakultätsinstitut eingebaut. Damit hat das Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme nun vier Abteilungen: Graphisch-Interaktive Systeme (Ertl), Intelligente Systeme (Heidemann), Visualisierung (Weiskopf) und Visual Computing (Dachsbacher).

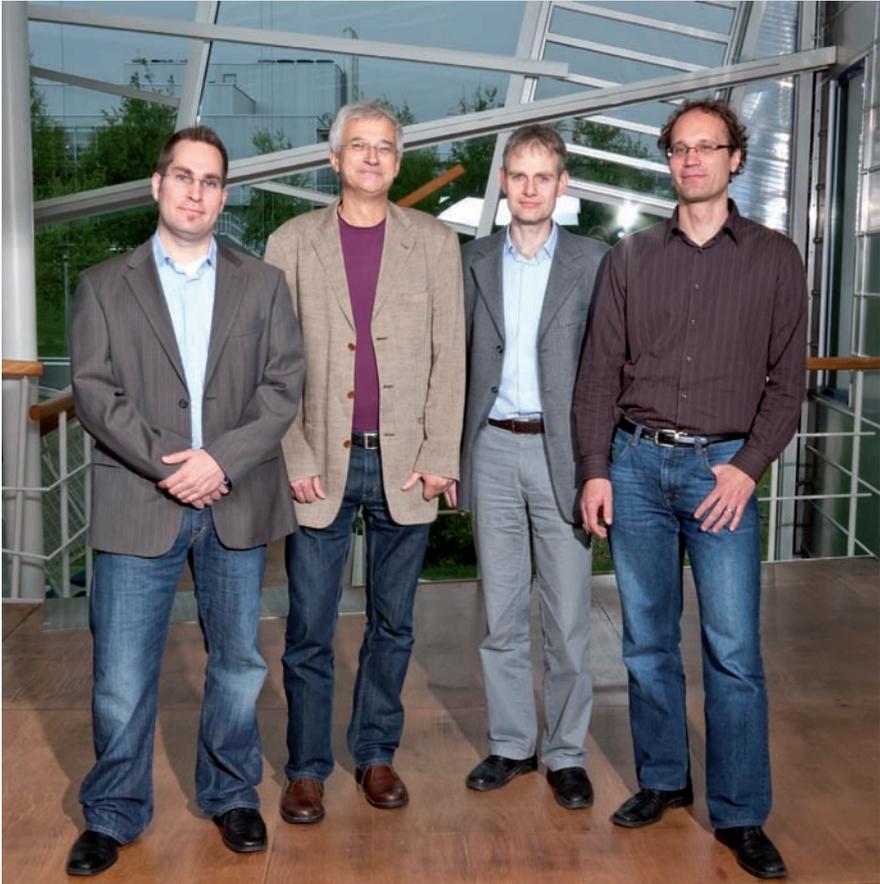
Auch die neuen Arbeitsgruppen sind seit ihrer Einrichtung schnell und erfolgreich gewachsen, so dass an den beiden Instituten VIS und VISUS nun fast 50 Personen tätig sind. Eine Darstellung der aktuellen Arbeitsschwerpunkte der Abteilungen sowie der einzelnen Projekte und Forschungsthemen findet sich in weiteren Beiträgen in dieser Publikation. Hier möchte ich diesen einleitenden Abschnitt mit einem Blick nach vorne beenden.

Die Bewältigung der Datenflut war das Ziel, mit dem die Visualisierung vor über 20 Jahren angetreten ist, und dieses Thema ist weiterhin hoch aktuell. Im Bereich des High Performance Computing steht nach Erreichen der Peta-Flop-Leistung die Exascale Ära vor der Tür. Gleichzeitig nehmen die numerischen Algorithmen an Komplexität zu. Hochparallele, adaptive Simulationsverfahren stellen völlig neue Anforderungen an

die Visualisierung, unsere aktuellen SimTech-Projekte sind dafür gute Beispiele. Die Datenvielfalt kann sich aber auch über viele Modellierungsskalen erstrecken. Ein interaktiver, auf Simulations- und Messdaten basierender visueller Zoom von der Ebene der Moleküle über Proteine und Zellen bis hin zu Organen bleibt wahrscheinlich noch einige Jahre Zukunftsmusik. Trotzdem liefert unsere Visualisierung von Proteintransportvorgängen in Zellen unseren Kollegen aus der Systembiologie schon heute unerwartete Einsichten.

Noch stärker wächst die Gesamtheit der digital gespeicherten Information, aktuelle Schätzungen sprechen von einem Zeta-Byte pro Jahr. Ob dies soziale Netzwerke im Internet oder Finanztransaktionen, Medikament-Datenbanken oder Kulturarchive sind, die Daten sind zu umfangreich, als dass sie visuell dargestellt werden können. Hier müssen durch Such- und Analyseverfahren zunächst relevante Informationen und semantische Zusammenhänge extrahiert werden, bevor der Mensch mit einer abstrakten Darstellung der Ergebnisse interagieren kann. Diese enge Kopplung von Datenklassifikation, Visualisierung und Interaktion wird seit einigen Jahren als Visual Analytics bezeichnet. An einem neuen DFG-Schwerpunktprogramm zu diesem Thema ist VIS mit Projekten zur visuellen Analyse von Patentdatenbanken und zur Video-Visualisierung beteiligt. Gerade die interaktive Videoanalyse profitiert von der engen Kooperation von Fachleuten für Bildverstehen und für Bilderzeugen im selben Institut. Mit den unermesslichen Bild- und Videosammlungen auf Flickr und YouTube erschließen sich den Mustererkennungs- und Lernverfahren in intelligenten Systemen völlig neue Ansätze.

Realistische Darstellungen virtueller Welten, das bestätigen aktuelle Blockbuster und Computerspiele, üben eine enorme Faszination aus und erfordern auch in Zukunft weitere Fortschritte in der Computergraphikforschung, speziell bei den Echtzeitanforderungen. Spiele sind aber auch ein gutes Beispiel dafür, wie stark der Erfolg einer Software von der guten Bedienbarkeit abhängt. Daher freuen wir uns, dass die Aktivitäten von VIS im Bereich Mensch-Computer-Interaktion in Stuttgart bald von einer neuen Professur in diesem Gebiet verbreitert werden.



**Abb. 2.1:** v.l.n.r.: Jun.-Prof. Dr. Carsten Dachsbacher, Prof. Dr. Thomas Ertl, Prof. Dr. Gunther Heidemann, Prof. Dr. Daniel Weiskopf

## 2.2 Abteilung „Visualisierung“

**Prof. Dr. Daniel Weiskopf**

Die Arbeitsgruppe „Visualisierung“, geleitet von Prof. Dr. Daniel Weiskopf, entwickelt und erforscht Methoden der Datenvisualisierung. Bei den vielschichtigen Problemen der Visualisierung steht in den meisten Fällen die interaktive Darstellung der Daten im Vordergrund, was unter anderem zur Frage nach der Effizienz der Visualisierungsmethoden führt. Die Forschungsaktivitäten werden zum großen Teil durch Drittmittel gefördert.

Die Forschungsthemen lassen sich grob gliedern als:

- Wissenschaftliche Visualisierung (SFB 716, Teilprojekt D5, DFG-Exzellenz-Cluster Simulation Technology)
- Visual Analytics (DFG Schwerpunktprogramm 1335, EU VismasterCA, COST Action IC0903)
- Relativistische und astrophysikalische Visualisierung (DFG-Projekt Astrographik)
- Parallelisierung auf Cluster-Computern, Darstellungs- und Visualisierungsmethoden für umfangreiche Daten (DFG-Projekt Astrographik)
- Simulations- und Visualisierungsworkflows (DFG-Exzellenz-Cluster Simulation Technology)
- Computergraphik und interaktive Systeme auf mobilen Geräten, ubiquitäre Computergraphik (SFB 627, Teilprojekt C5)
- Signalverarbeitung und Methoden der angewandten Mathematik im Rahmen der Visualisierung und Computergraphik
- Wahrnehmungsorientierte und nichtphotorealistische Darstellungsverfahren

### 2.2.1 *Abbildungsverfahren für die wissenschaftliche Visualisierung*

Visualisierungs- und Abbildungstechniken für Daten aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften spielen in der Visualisierungsforschung traditionell eine wichtige Rolle. Insbesondere entwickeln wir effiziente Darstellungsmethoden für Skalar- und Vektorfelder. Typischerweise werden hierfür Methoden untersucht, die auf moderner Graphikhardware (GPU: Graphics Processing Unit) schnell ausgeführt werden können. Ein Beispiel ist die texturbasierte Strömungsvisualisierung, wie in Abb. 2.2 gezeigt. Die Anwendungsgebiete der wissenschaftlichen Visualisierung reichen von der Strömungs-

mechanik über die Astrophysik und Relativitätstheorie bis hin zur medizinischen Visualisierung.



**Abb. 2.2:** Texturbasierte Strömungsvisualisierung auf gekrümmten Oberflächen.  
[Quelle: D. Weiskopf and T. Ertl. A Hybrid Physical/Device-Space Approach for Spatio-Temporally Coherent Interactive Texture Advection on Curved Surfaces. Proceedings of Graphics Interface 2004, 263-270, 2004]

### 2.2.2 Strukturelle wissenschaftliche Visualisierung

Mit größer und komplexer werdenden Datensätzen stellt sich das Problem, dass eine direkte visuelle Repräsentation zu einer Informationsüberflutung führen würde. Dieses Problem kann gelöst werden, indem relevante strukturelle Informationen aus den Daten zunächst maschinell extrahiert werden, um diese kompakte Repräsentation anschließend zu visualisieren. Als Beispiele für diesen Visualisierungsansatz wurden Verfahren für die Extraktion von Wirbelkernlinien sowie von Scherschichten in Strömungsfeldern entwickelt. Ein weiteres Beispiel ist die Erkennung von zusammenhängenden

Bereichen in symmetrischen Tensorfeldern zweiter Stufe durch die Bestimmung von kohärenten Lagrange-Strukturen. Diese neue Tensorfeldvisualisierungsmethode zielt auf die Darstellung von Diffusionstensordaten aus der medizinischen Bildgebung. Der Ansatz der kohärenten Lagrange-Strukturen wurde ebenfalls für die Untersuchung von Daten aus der Strömungsmechanik eingesetzt. Zukünftig sollen weitergehende strukturelle Eigenschaften modelliert und effizient identifiziert werden.

### 2.2.3 *Parallele Visualisierung und Computergraphik*

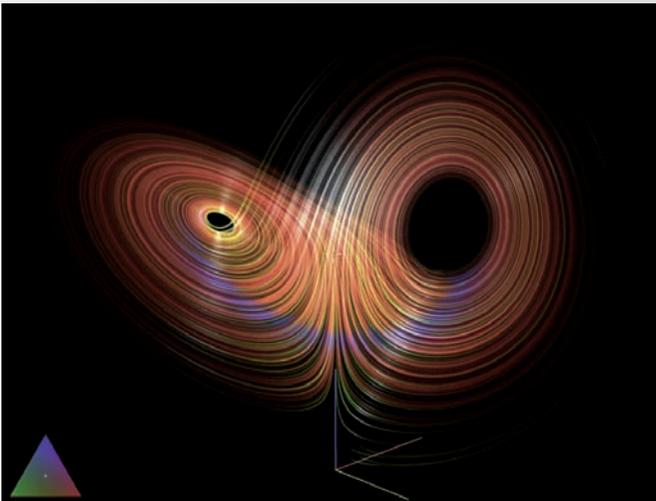
Für viele Visualisierungs- und Computergraphikanwendungen reicht die Darstellungsgeschwindigkeit aus, die mit Hilfe von geeigneten Algorithmen und unter Ausnutzung der hohen Rechengeschwindigkeit von modernen Graphikchips erreicht wird. Für sehr große Datensätze und Szenen stößt man aber an Grenzen. Hier kann die Parallelisierung auf GPU-Clustern eingesetzt werden, um die Darstellungsgeschwindigkeit und die unterstützte Größe der Daten weiter zu steigern. Das typische Problem ist hierbei die Entwicklung geeigneter Partitionierungsstrategien, mit denen die Berechnungslast gut auf die zahlreichen Rechen- und Graphikknoten eines Cluster-Computers verteilt werden kann. Wir konzentrieren uns im Wesentlichen auf die Parallelisierung von Methoden zur Volumenvisualisierung und Strömungsvisualisierung.

### 2.2.4 *Signalverarbeitung für die Visualisierung*

Eine geeignete Datenrepräsentation und -filterung ist für eine effiziente und akkurate Visualisierung essentiell. Beispielweise profitiert die Volumenvisualisierung von Methoden der Signalverarbeitung. So kann die benötigte Abtastrate für Sichtstrahlen bei der Volumendarstellung abgeschätzt werden, um zu einer adaptiven Schrittweitenkontrolle für die direkte Volumenvisualisierung zu gelangen. Eine andere Abtastproblematik ist die optimale Datenrepräsentation auf Gittern. Für Volumendaten sind Gitter mit kubisch innenzentrierter Struktur (BCC: Body Centric Cubic) am besten geeignet. In diesem Zusammenhang wurde die Qualität der BCC-Repräsentation für die Isoflächenvisualisierung untersucht und effiziente BCC-Verfahren zur 3D-Rekonstruktion in Tomographie-Anwendungen der Medizin entwickelt. Zukünftig sollen Methoden der Signalverarbeitung bei Texturfilterungsverfahren ausgenutzt werden, was beispielsweise der Verbesserung der Strömungs- oder Tensorfeldvisualisierung dienen kann.

### 2.2.5 Kopplung von Informationsvisualisierung und wissenschaftlicher Visualisierung

Simulations- und Messdaten aus wissenschaftlichen Anwendungen besitzen typischerweise mehrere Datendimensionen (z.B. mehrere Datenattribute) und können deshalb nur teilweise mit traditionellen Methoden der wissenschaftlichen Visualisierung behandelt werden. Deshalb ist die Kopplung mit Informationsvisualisierungstechniken, die höherdimensionale Daten darstellen können, sinnvoll. Typische Beispiele für geeignete Informationsvisualisierungstechniken sind Streudiagramme und Diagramme mit parallelen Koordinaten. Ein Schwerpunkt ist die Erweiterung dieser Ansätze auf kontinuierliche und große Daten. In diesem Kontext werden auch alternative Informationsvisualisierungstechniken untersucht, Interaktionstechniken betrachtet und skalierbare und adaptive Darstellungstechniken entwickelt. In Zukunft sollen verstärkt Hierarchien und Netzwerke berücksichtigt werden. Abb. 2.3 zeigt ein Beispiel eines 3D-Streudiagramms, bei dem die räumliche Struktur durch Beleuchtung hervorgehoben wird.



**Abb. 2.3:** Beleuchtung eines 3D-Streudiagramms zur Visualisierung der räumlichen Struktur und Orientierung der Daten. Es wird der Lorenz-Attraktor gezeigt.

[Quelle: H. Sanftmann, D. Weiskopf. Illuminated 3D Scatterplots, Computer Graphics Forum, Vol. 28, No. 3, 751-758, 2009]

### 2.2.6 *Visual Analytics*

Visual Analytics ist eine erst kürzlich etablierte Forschungsrichtung, die auf eine enge Kopplung von Visualisierung, Interaktionstechniken und maschineller Wissensextraktion abzielt. Unser Schwerpunkt bei Visual Analytics liegt auf der Analyse von großen Videostreamen, z.B. von Überwachungskameras oder Sportaufnahmen. Hierbei werden Computer-Vision-Methoden mit der interaktiven raumzeitlichen Visualisierung der Videos kombiniert; bis dato wurde die computerbasierte Klassifikation von Aktionen und Bewegungen von gefilmten Personen in die Videovisualisierung erfolgreich integriert. Ein anderes Anwendungsgebiet liegt in den Lebenswissenschaften, beispielsweise bei der Analyse von Genexpressionsdaten. Darüber hinaus können Textanalysemethoden bei der Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP: Natural Language Processing) durch Visual Analytics untersucht und verbessert werden.

### 2.2.7 *Perzeptionsmodelle und nichtphotorealistische Darstellungstechniken*

Die Effektivität von graphischen Repräsentationen hängt direkt mit der visuellen Wahrnehmung dieser Repräsentationen zusammen. Perzeptionsmodelle sind deshalb ein sinnvoller Ansatz für die Erzeugung geeigneter Darstellungen. Dieser Weg wurde erfolgreich für die Anpassung der Raumfrequenzen in animierten Vektorfeldvisualisierungen eingeschlagen, indem Eigenschaften der Kontrastempfindlichkeitsfunktion in Abhängigkeit von den Raumfrequenzen der Texturen berücksichtigt wurden. Ein anderes Beispiel ist das automatische Design von Farbpaletten, die auf der Grundlage von perzeptuell uniformen Farbsystemen eine optimale Erkennbarkeit von graphischen Benutzungsschnittstellen oder 2D-Graphiken bei der gleichzeitigen Minimierung des Energieverbrauchs des Displays erlauben. Ein weiteres Beispiel ist ein neu entwickeltes lokales nichtphotorealistisches Beleuchtungsmodell, das besonders für die Visualisierung und visuelle Inspektion von Oberflächen geeignet ist. Zudem wurden nichtphotorealistische Darstellungstechniken erfolgreich eingesetzt für die Illustration von komplexen dreidimensionalen Geometrien, beispielsweise durch Imitation von Schnittzeichnungen oder angepasste Modelle der Semitransparenz. Aufgrund der hohen Relevanz der visuellen Wahrnehmung wird dieses Thema auch in Zukunft eine wichtige Rolle in der Visualisierung und Computergraphik spielen.

### 2.2.8 Ubiquitäre Informationssysteme

Ubiquitäres Computing wird durch die wachsende Verbreitung von mobilen Geräten (Mobiltelefonen, PDAs, mobilen Rechnern etc.) zukünftig eine steigende Relevanz aufweisen. Dieser Trend wirkt sich auch auf die Forschung in der Computergraphik aus. Zum einen stellt sich die Frage nach der Entwicklung von Darstellungsverfahren für mobile Geräte, die typischerweise weniger leistungsfähig als Arbeitsplatzrechner sind. Unter anderem wurden bisher ein direktes Volumenvisualisierungsverfahren für mobile Geräte und eine virtualisierte Darstellungspipeline für ein flexibles und lastbalanciertes Client-Server-Rendering entwickelt. Zum anderen untersuchen wir die graphisch-interaktive Unterstützung von Informationssystemen für komplexe Workflows, wie sie beispielsweise im Simulationsumfeld auftreten. Abb. 2.4 zeigt ein typisches Beispiel der ubiquitären Visualisierung.



**Abb. 2.4:** Ubiquitäre Visualisierung auf einem mobilen Gerät. In diesem Beispiel wird ein 3D-Höhenfeld gemeinsam mit der Strömungsvisualisierung durch Strombänder gezeigt. [Quelle: M. Eissele, D. Weiskopf, T. Ertl. Interactive Context-Aware Visualization for Mobile Devices. Proceedings of Smart Graphics 2009, 167-178, 2009]

### 2.3 Abteilung „Intelligente Systeme“

**Prof. Dr. Gunther Heidemann**

Die Programmierung künstlicher intelligenter Systeme gehört zweifellos zu den ehrgeizigsten Zielen der Informatik. Nur – was ist Intelligenz eigentlich? Dummerweise können wir nicht einmal für uns Menschen selbst präzise formulieren, was wir unter Intelligenz verstehen – obwohl es uns sicher nicht an Vertrauen in unsere Intelligenz mangelt! Trotz des Fehlens einer Definition umfasst der Begriff „Intelligenz“ aber eine ganze Reihe von Teilaspekten, über die man sich weitgehend einig ist. Die Abteilung Intelligente Systeme beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit drei dieser Aspekte: Erstens zeichnen sich intelligente Wesen dadurch aus, dass sie Muster erkennen können, zum Beispiel visuell, akustisch oder taktil. „Erkennen“ bedeutet dabei zweierlei: Das Wiedererkennen von Mustern, insbesondere auch unter veränderten Bedingungen, und die Unterscheidung zwischen „Muster“ und „Nicht-Muster“. Zweitens ist Intelligenz adaptiv, ein „statisches“ Lebewesen hätte in einer sich wandelnden Umgebung keine Chance (schon gar nicht die Chance, durch Intelligenz aufzufallen). Drittens haben intelligente Wesen die Fähigkeit zur Interaktion, gerade hier wird die ganze Bandbreite von Intelligenzleistungen ausgespielt.

In den Anfängen der künstlichen Intelligenz (KI) in den 40er, 50er und 60er Jahren setzte man sich Ziele, anhand derer die KI ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen sollte. Dazu gehörte etwa das Schachspiel. Da Schach für Menschen eine besonders schwierige und anstrengende Denkaufgabe darstellt, so die Überlegung, hätte ein Computer, der gut Schach spielen kann, doch wohl das Maximum menschlicher Intelligenz erreicht. Alles andere dagegen, etwa Alltagsaufgaben, wären ein Kinderspiel. Die KI zielte also auf „logisches Denken“ und versuchte dies durch das explizite Aufstellen großer Systeme von Regeln zu erreichen. Verblüffenderweise hatte man damit großen Erfolg – Computer spielen heute besser Schach als Menschen. Leider erwiesen sich aber die Voraussetzungen als falsch: Schach ist gerade deshalb ein relativ leichtes Problem, weil es sich in formalisierten Regeln fassen lässt und der Computer damit seine überlegene Rechenpower ausspielen kann. Aber bis heute ist die KI von den einfachsten menschlichen Alltagsleistungen meilenweit entfernt: Bilder erkennen, sich die Schuhe zubinden, „unscharfe“ Begriffe wie „ziemlich groß“ verstehen – all das lässt sich eben nicht durch klare Regeln erfassen.

Die moderne KI stellt daher ganz andere Fragen in den Mittelpunkt als die klassische KI. Ein Kernbereich ist der Übergang von der subsymbolischen Signalebene zur symbolischen Ebene der Konzepte. Wie kann aus den Schwingungen einer Mikrofon-

membran auf ein gesprochenes Wort geschlossen werden? Wie erkennt man in den ca. 104 bis 107 Werten eines CCD-Chips ein menschliches Konzept wie ein Objekt oder eine Szene? Wie wird aus den Werten der Drucksensoren einer Roboterhand auf eine Oberfläche geschlossen? Und umgekehrt: Wie werden die Motoren der Hand angesteuert, um ein Objekt zu greifen? An diesen Fragen wird deutlich, dass die Mustererkennung – einer der Schwerpunkte der Abteilung „Intelligente Systeme“ – eine zentrale Rolle spielt.

Das Problem der Mustererkennung ist, dass sich ein Konzept (Symbol) in einer Vielzahl unterschiedlicher (subsymbolischer) Signale ausdrückt. Das Konzept „Vase“ umfasst nicht nur sämtliche Vasen von der Antike bis zur Neuzeit, sondern auch sämtliche denkbaren Abbildungen jeder einzelnen Vase auf einen CCD-Chip, das heißt, unter allen möglichen Blickwinkeln, Beleuchtungen, Störungen, in allen denkbaren Szenarien – im Schrank stehend, im Museum, oder nach Zerstörung der Erde frei im Weltall schwebend.

Während die klassische KI versuchen würde, das Wesentliche eines Objekts durch Regeln zu erfassen, will die moderne KI ein lernendes System bauen, das aus einer Menge von Bildbeispielen das typische Aussehen von Objekten erlernt. Damit wird die Verbindung zum zweiten Schwerpunkt der Abteilung klar, der Untersuchung adaptiver Systeme. Allerdings ist die bis hier skizzierte und in der Forschung noch weit verbreitete Art des visuellen Lernens dem Problem nicht ganz angemessen. Ein Baby lernt seine Umgebung nicht kennen, indem die Eltern einige tausend gelabelte Bilder von Vasen zur Verfügung stellen! Vielmehr bildet das menschliche Denken von selbst viele Konzepte oder Vorstufen davon, die a posteriori in der Interaktion mit anderen Menschen benannt, korrigiert und integriert werden. Der selbstorganisierte Teil des Konzeptlernens ist dabei nicht nur als Vorstufe anzusehen, der durch die Kommunikation vervollkommen wird. Vielmehr ist selbstorganisiertes Konzeptlernen unbedingte Voraussetzung für das Zustandekommen jeglicher Kommunikation, eine Kommunikation auf der Basis unverarbeiteter Sensorsignale erscheint unmöglich.

Aus diesem Grund werden in den Arbeiten der Abteilung „Intelligente Systeme“ die Themen Mustererkennung, Adaptivität und Interaktion kombiniert. Die langfristige Vision ist ein Mustererkennungssystem, das sich einer Domäne selbständig insofern anpassen kann, als es selbstorganisierend wiederkehrende Strukturen erkennt und damit erste Konzepte bildet. Es wäre falsch, bereits auf dieser Ebene eine direkte Entsprechung zu menschlichen Konzepten zu erwarten. Es ist aber durchaus möglich, erlernte (Teil-) Konzepte zu visualisieren und damit dem Menschen die Möglichkeit zu geben,

Konzepte zu erweitern, zusammenzuführen und letztlich zu benennen oder auch als unbrauchbar zu verwerfen.

Dieser Ansatz liegt dem Teilprojekt „Modellaktualisierung und Kontextgenerierung“ des SFB 627 NEXUS zugrunde, in dem ein Computer Vision System für Webcams entwickelt wird. Das System soll zukünftige kontextbasierte Systeme und insbesondere mobile Systeme mit beobachtbarem Kontext aus Webcams versorgen. Unter „Kontext“ werden in diesem Zusammenhang Informationen verstanden, die aus Sensordaten extrahiert werden kann. Während heutige Vision-Systeme gewöhnlich von Experten unter hohem Aufwand konfiguriert werden müssen, soll hier ein System entstehen, das von Laien nach kurzer Einarbeitung auf eine Aufgabe hin konfiguriert werden kann. Dies soll durch die teilweise Selbstorganisation in Verbindung mit neuen Visualisierungs- und Interaktionsmethoden erreicht werden. Damit wird es der „Community“ möglich, eigene Erkennungssysteme zu erstellen.

Die Erkennung natürlicher Sprache hat als Teilgebiet der Mustererkennung ähnliche Probleme wie Computer Vision. Auch hier können leistungsfähige Erkennungssysteme nur auf der Basis großer, gelabelter Stichproben erstellt werden. Das manuelle Labelling von Stichproben ist jedoch nicht nur unnatürlich, sondern es stößt auch recht schnell an die Grenzen des Realisierbaren. Im Projekt SÜKRE (Semi-Überwachte KoReferenz Erkennung) wird daher gemeinsam mit dem Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung untersucht, wie das bislang manuelle Labelling von Sprachdaten teilautomatisiert werden kann, indem ebenfalls ein teilweise auf Selbstorganisation beruhender Ansatz verfolgt wird. Hierzu werden zu labelnde Sprachdaten zunächst mit unüberwachten Methoden in Kategorien vorstrukturiert. Weiter werden graphische Interaktionsmethoden entwickelt, die ein manuelles – jetzt aber viel effizienteres – Labelling der gebildeten Kategorien erlauben.

Sowohl das Projekt im SFB NEXUS als auch SÜKRE entwickeln Lernverfahren, die in Interaktion mit dem Menschen Wissensakquisition für die Maschine leisten, mit dem Ziel, dass die Maschine Mustererkennungsaufgaben schließlich selbständig lösen kann. Es ist aber klar, dass viele für die Praxis relevante Aufgaben in absehbarer Zeit nicht rein maschinell lösbar sein werden. Das noch relativ junge Gebiet „Visual Analytics“ trägt dem Rechnung, indem die „Aufgabenteilung“ zwischen Mensch und Maschine verändert wird. Visual Analytics löst Mustererkennungsaufgaben, indem die Maschine lediglich die Teilaufgaben der Mustererkennung übernimmt, die für Maschinen lösbar, für Menschen aber zu umfangreich sind. Die gefilterten Daten werden dann visualisiert und vom Menschen analysiert. Dieser Ansatz erscheint auf den ersten Blick weni-

ger ehrgeizig als die rein maschinelle Mustererkennung, erlaubt aber die Bearbeitung erheblich schwierigerer Probleme, da sie den Menschen als Bestandteil des Systems sieht und seine weit überlegenen Fähigkeiten in der Mustererkennung nutzt. Gemeinsam mit der Abteilung Visualisierung werden im DFG Schwerpunktprogramm Visual Analytics Verfahren zu Analyse von Videodaten entwickelt, die auf Computer Vision Techniken zur „Filterung“ und neuartigen Visualisierungen zur Darstellung des „Filtrats“ beruhen.



**Abb. 2.5:** Merkmalsvisualisierungen helfen bei der Benutzung von CBIR-Systemen, geeignete Vorgabebilder (sog. Query-Bilder) auszuwählen. Die untere Bildreihe zeigt die Visualisierung von Farbhistogrammen, die ein Standardmerkmal in CBIR-Systemen darstellen.

Visual Analytics wird in unserer Abteilung auch auf dem Gebiet des Content Based Image Retrieval (CBIR) eingesetzt. CBIR bezeichnet die inhaltsbasierte Suche in Bilddatenbanken, das heißt ohne Verwendung einer manuellen Indizierung. Bisherige CBIR-Systeme bieten dem Menschen relativ wenig Interaktionsmöglichkeiten, in diesem Sinne folgen sie noch stark dem Schema der „klassischen“ Mustererkennung, die die komplette Erkennungsleistung der Maschine übertragen will. Eine Interaktion ist schon deshalb kaum möglich, weil CBIR-Systeme quasi eine „Black Box“ darstellen, die kein Feedback über das Zustandekommen von Suchergebnissen liefert. Deshalb werden Visualisierungen der Merkmale entwickelt, die CBIR-Systeme bei der Suche einsetzen. Mit dieser Analytics Methode wird das System transparent, so dass der Mensch Suchergebnisse besser verstehen und Anfragen besser formulieren kann.

Neben den anwendungsorientierten Arbeiten wird in der Abteilung „Intelligente Systeme“ nach Möglichkeit auch Grundlagenforschung betrieben. Eine der grundlegenden Fragen der Mustererkennung ist die nach übergeordneten Prinzipien, die allen Mustererkennungsprozessen zugrunde liegen. Während heutige Erkennungssysteme hoch spezialisiert sind und ihre Entwicklung noch in hohem Maße den Charakter des „Bastelns“ hat, erhebt sich die Frage, ob ein universelles Maß der Muster-Ähnlichkeit existiert, das ohne jede Vorverarbeitung, Merkmalsdefinition oder Adaption auf allen Signaltypen einsetzbar ist. Aus einem solchen Ähnlichkeitsmaß könnten möglicherweise wichtige Grundprinzipien der Erkennung verstanden werden. Ein guter Kandidat ist hierfür die sogenannte Normalized Compression Distance (NCD). Sie basiert auf der Beobachtung, dass praktisch alle Mustererkennungssysteme, biologische wie technische, auf einer komprimierten Darstellung des Inputs arbeiten. Die NCD verzichtet daher jede vordefinierte Merkmalsextraktion und macht den Grad der Komprimierbarkeit zum alleinigen Erkennungskriterium. Die Merkmale ergeben sich direkt aus den komprimierbaren Musteranteilen. Erstaunlicherweise erreicht diese äußerst simple Methode gute Ergebnisse für viele verschiedene Mustertypen, beispielsweise Text oder Bilddaten. Da der Erfolg der NCD bislang nicht verstanden wurde, untersuchen wir Visualisierungen der automatisch durch die Kompression gebildeten Merkmale, wobei eine gewisse Verwandtschaft zur eher technisch motivierten Merkmalsvisualisierung bei CBIR Systemen besteht. Damit sollen die Grundlagen der Merkmalsbildung erforscht werden, um in Zukunft nicht nur bessere, sondern auch besser verstandene Mustererkennungssysteme entwickeln zu können.

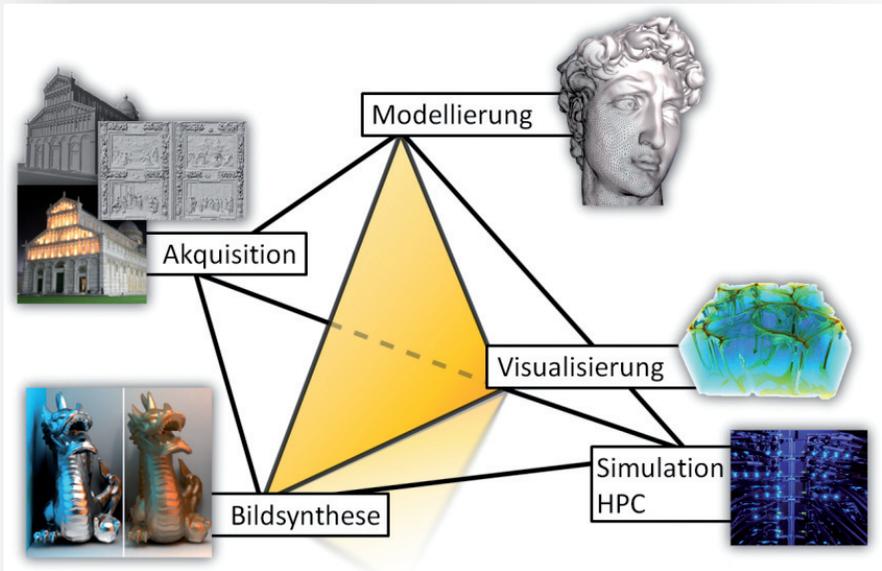
## **2.4 Abteilung „Visual Computing“**

**Juniorprofessor Dr. Carsten Dachsbacher**

Visual Computing ist eine – im positiven Sinne – oft strapazierte Bezeichnung, die die Konvergenz und die methodischen Ähnlichkeiten der Forschungsbereiche Computergrafik, Bildverstehen und Mensch-Maschine-Interaktion ausdrückt. Natürlich gibt es individuelle Interpretationen dieses Begriffs und unterschiedliche Schwerpunkte in den Visual Computing Abteilungen der Universitäten und Forschungseinrichtungen dieser Welt. Dieser Beitrag stellt die Ausrichtung der gleichnamigen Abteilung am Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart vor.

Im Zentrum der Forschung steht die klassische Computergrafik, die sich mit der Erzeugung von Bildern, Beschreibung und Modellierung von virtuellen Szenen und der Visualisierung beschäftigt. Die Brücke zum Bildverstehen schlagen Verfahren, die Daten aus der realen Welt akquirieren, analysieren und mit dem Ziel einer realistischen Bildsynthese einsetzen. Solche Daten beinhalten beispielsweise Geometrie, Materialeigenschaften, Beleuchtungsinformation oder Bewegungsabläufe (Motion Capturing). Die Datenmengen bei der Akquisition, die aufwändigen Berechnungen bei der Verarbeitung der Geometrie und Erzeugung der Bilder, und natürlich auch die Anforderungen an Qualität und Interaktivität, machen den Einsatz von modernen Hardwarearchitekturen notwendig.

Die Abteilung Visual Computing am Visualisierungsinstitut hat im Oktober 2007 ihre Arbeit aufgenommen. Anfänglich mit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter, besteht Sie inzwischen aus vier Mitarbeitern, einem externen Mitarbeiter und einer noch nicht besetzten Projektstelle. Exemplarisch werden im Folgenden einige Forschungsprojekte vorgestellt, an denen die Gruppe in den vergangenen zweieinhalb Jahren gearbeitet hat, die die oben skizzierten Forschungsthemen abdecken. Den Studenten/innen der Universität Stuttgart wurde das Thema Visual Computing in einer Vorlesung in der Vertiefungslinie „Visualisierung und Interaktive Systeme“ in den Studiengängen Softwaretechnik und Informatik angeboten.



**Abb. 2.6:** Visual Computing am Visualisierungsinstitut: klassische Computergrafik, Akquisition von realen Daten, und effiziente Verarbeitung und computergrafische Simulationen.

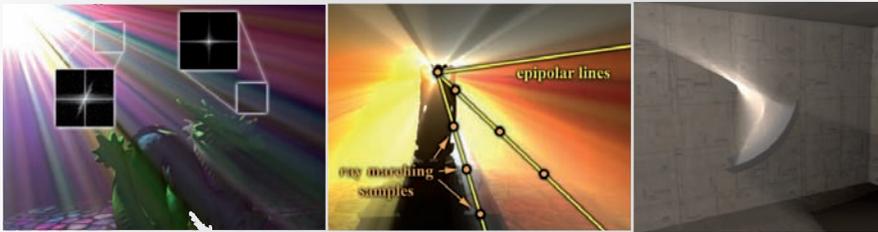
#### 2.4.1 Physikalisch-basierte Beleuchtungssimulation

Das Ziel der physikalisch-basierten Beleuchtungssimulation ist die Berechnung der Lichtausbreitung in virtuellen Szenen am Computer, so wie sie in der realen Welt von statten geht. Einige Forscher auf dem Gebiet der Computergrafik behaupten, dass dies ein gelöstes Problem sei. Und sie haben insofern recht, dass wir seit geraumer Zeit wissen, wie man die Lichtausbreitung berechnen, und die unterschiedlichen Methoden formal beschreiben kann. Allerdings bedeutet dies keineswegs, dass praktikable, robuste und vor allem schnelle Verfahren zur Verfügung stehen! Schnell bedeutet in diesem Kontext die Lösung in weniger als 200 Millisekunden zu berechnen, so dass der Benutzer mit der virtuellen Szene interagieren kann. Das eigentliche Ziel sind aber Verfahren, die „in Echtzeit“ arbeiten und ca. 15 bis 30 Millisekunden für die Simulation und Darstellung eines Bildes benötigen.

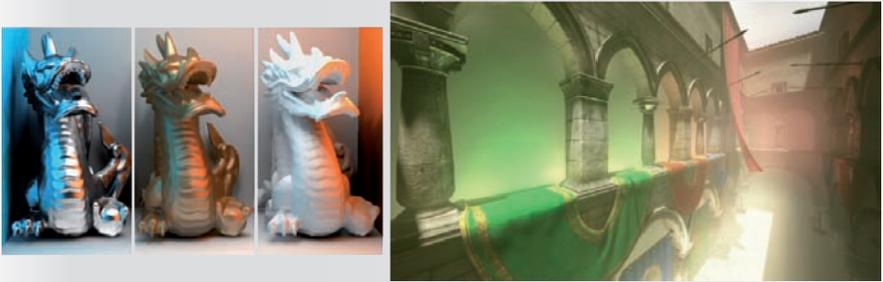
Zu den wichtige Schritten hin zu solchen Methoden zählen ein genaues Verständnis der Prozesse beim Lichttransport, bei der Interaktion von Licht und Materie, und eine geschickte Durchführung der inhärent aufwändigen Berechnungen. Ebenso können

Umwege über physikalisch nicht existente Pfade zu korrekten Ergebnissen führen und so konnten wir u.a. zeigen, dass Verschattung beim Lichttransport durch das Propagieren von „negativem Licht“ erreicht werden kann.

Oft ist es auch von Erfolg gekrönt, einzelne Lichttransportphänomene isoliert zu betrachten und für diese Teilaspekte einen speziellen Lösungsweg zu entwickeln. Abb. 2.7 zeigt zwei solche Beispiele: einfache Lichtstreuung in homogenen Medien und Kaustiken (Muster durch Lichtbündelungen). Natürlich ist moderne Grafik-Hardware heutzutage nicht mehr wegzudenken. Solche Architekturen – gepaart mit speziell dafür entwickelten Datenstrukturen und Algorithmen – erlauben dann qualitativ hochwertige Darstellungen in interaktiver Geschwindigkeit, die vorher mehrere Minuten für ein einziges Bild benötigten (siehe Abb. 2.8).



**Abb. 2.7:** Echtzeit-Verfahren: Streuung des Lichts einer Punktlichtquelle in homogenen Medien. Die Beobachtung der Phänomene führt zu einem effizienten Abtastschema des Signals (links, mitte). Selbst Reflexionen an vermeintlich einfachen Oberflächen erzeugen komplexe Kaustiken (rechts)



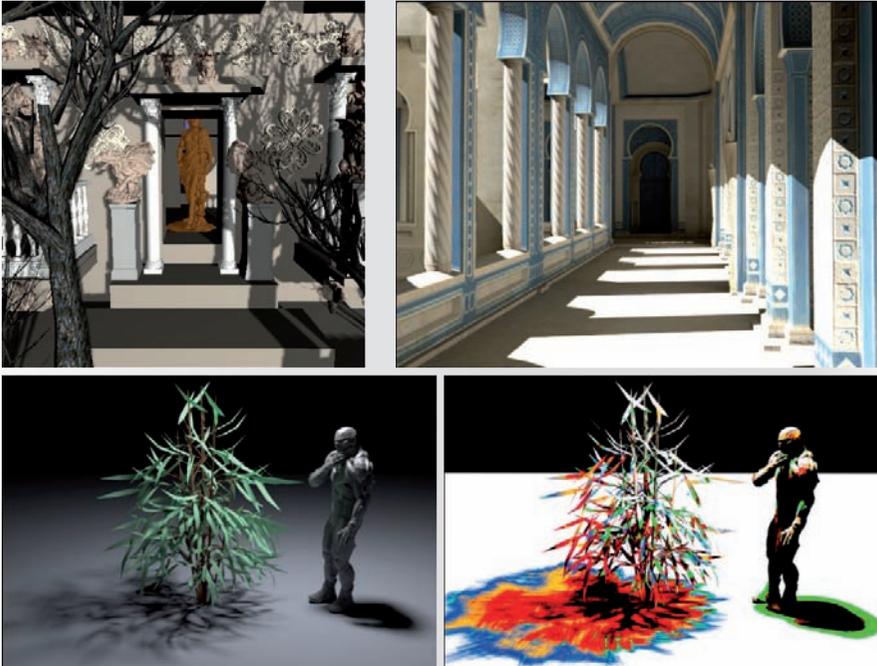
**Abb. 2.8:** Ein paralleles Verfahren für das so genannte „Final Gathering“ – das Einsammeln von Licht aus der Umgebung – erlaubt die Berechnung qualitativ hochwertiger Beleuchtungssimulationen in interaktiver Geschwindigkeit (links). Das rechte Bild zeigt ein Echtzeit-Verfahren entwickelt in Kooperation mit der Crytek GmbH: die approximative Berechnung der Lichtausbreitung benötigt weniger als 30 Millisekunden und die Darstellung des Resultats mit Lichtstreuung im Nebel erfordert weitere 18 Millisekunden.

#### 2.4.2 Perzeptive Computergrafik

Es gibt viele interessante Beispiele, die zeigen mit welchen Tricks und optischen Täuschungen die menschliche Wahrnehmung in die Irre geführt werden kann. Längst sind nicht alle Prozesse von der Reizauslösung an den Rezeptoren im Auge bis hin zur „Bildentstehung“ im Gehirn verstanden. Aber einiges ist bekannt über die „Vorverarbeitungsschritte“ der rezeptiven Felder im Auge und viele Stärken und Schwächen unserer Wahrnehmung wurden bereits untersucht. Ganz ähnlich zu den psychoakustischen Modellen, wie sie beispielsweise bei der Kompression für MP3-Dateien verwendet werden (salopp formuliert werden Töne, die der Mensch nicht hört einfach weggelassen), existieren solche Modelle auch für die Wahrnehmung. Das Ziel der perzeptiven, oder auch wahrnehmungsbasierten, Grafik ist es Phänomene und Details einfach nicht zu berechnen, deren Fehlen der Mensch ohnehin nicht bemerken würde. Allerdings ist das trotz der vorhandenen Modelle nicht so trivial wie es erscheint: bei der Kompression von Audiodateien liegt die Referenz (die Eingabedaten) vor und die Daten werden reduziert. Müsste in einer interaktiven Simulation erst die tatsächliche Lösung berechnet werden, besteht keine Notwendigkeit mehr eine reduzierte Variante zu erstellen – die Lösung ist schließlich bekannt und kann dargestellt werden!

Es bleiben aber zwei Möglichkeiten: Entweder werden die Vorgänge bei der Bildentstehung vorab analysiert, beispielsweise anhand von Informationen über Beleuchtung und Oberflächen in einer virtuellen Szene, und die Berechnung nur mit der benöti-

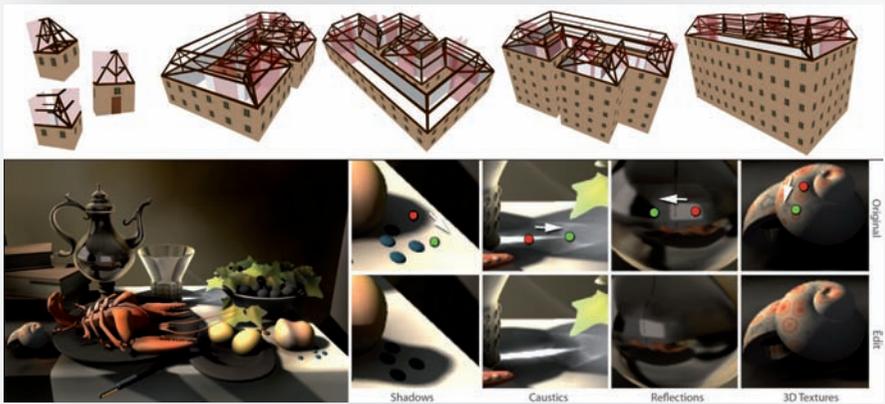
gen Genauigkeit durchgeführt – oder die Berechnung muss Teile der Lösung (z.B. die Darstellung einzelner 3D Objekte) immer wieder mit der Referenzlösung vergleichen und entsprechend steuernd eingreifen. Abb. 2.9 zeigt mehrere Beispiele für perzeptive Verfahren.



**Abb. 2.9:** Eine virtuelle Szene mit starken Maskierungseffekten: der Kontrast und die hohen Frequenzen der Schatten macht es einem menschlichem Betrachter schwer die geometrischen Details der Ornamente zu erkennen (oben-links). Die benötigte Genauigkeit für Verdeckungsrechnungen bei der Simulation des (indirekten) Lichts wurde analysiert und die Ergebnisse anhand von Benutzerstudien verifiziert (oben-rechts). Eine einfache Szene mit einem Busch und einer Flächenlichtquelle (unten-links). Eine Analyse der Verschattung (farbkodiert, unten-rechts) mit perzeptiven Modellen und neuronalen Netzen gestattet es, die (numerische) Integration für die Beleuchtungsberechnung zu optimieren.

2.4.3 Modellieren von virtuellen Szenen

Neben der Bilderzeugung zählt auch das Modellieren von 3D Szenen zu den Säulen der klassischen Computergrafik. Traditionell bezieht sich dieses Modellieren auf das Erstellen und Verändern der Geometrie und der Texturen. Neben der mathematischen Beschreibung, z.B. von Kurven und Flächen, ist es wichtig interaktive Werkzeuge für die Erstellung solcher Objekte zu entwickeln. Abb. 2.10 zeigt ein einfach zu bedienendes System, mit dem aus wenigen Mausklicks komplexere Objekte aus einfachen Bauteilen zusammengesetzt werden. Der Clou: Deformationen des Modells erfolgen strukturerhaltend, d.h. wird das Gebäude verlängert oder verkürzt bleiben beispielsweise die Winkel der Balken im Dachstuhl erhalten. Ebenso werden die Texturen automatisch angepasst, z.B. Fenster vervielfacht und stochastische Anteile synthetisiert. Modellierung kann aber auch noch einen Schritt weiter gehen: mit dem Einzug der komplexen Beleuchtungssimulationen in Filmproduktionen ist es wünschenswert in die Ausbreitung des Lichts künstlerisch eingreifen zu können und beispielsweise Schatten und Kaustiken einfach zu verschieben (Abb. 2.10 zeigt ein solches System).



**Abb. 2.10:** Oben: Mit wenigen Mausklicks werden komplexere Gebäude aus wenigen Bauteilen zusammengesetzt und Deformationen erhalten automatisch Strukturen. Unten: nach der Beleuchtungssimulation kann der Benutzer das Resultat beeinflussen und Schatten, Kaustiken, Reflexionen und Texturen auf Oberflächen intuitiv per Drag-and-Drop verschieben.

#### 2.4.4 *Prozedurale Modelle und computergraphische Simulationen*

Im Rahmen des Teilprojekts C7 des SFB 627 beschäftigt sich ein Mitarbeiter der Abteilung mit dem Abgleich der Ergebnissen von prozeduralen und computergraphischen Modellen mit Sensordaten aus der realen Welt. Sowohl Sensordaten, als auch „synthetisierte Informationen“, können dieselben Prozesse erfassen (z.B. Lichtausbreitung), allerdings unter unterschiedlichen Voraussetzungen: Sensordaten weisen Ungenauigkeiten auf oder erfassen einen Prozess nur teilweise, z.B. nur Bildausschnitte, wohingegen Modelle und Simulationen oft auf vereinfachenden Annahmen basieren und deshalb nur eine Untermenge der realen Vorgänge erfassen können. Das Ziel dieses Projekts ist beide Datenquellen zu kombinieren und somit verlässlichere Informationen zu erzeugen.

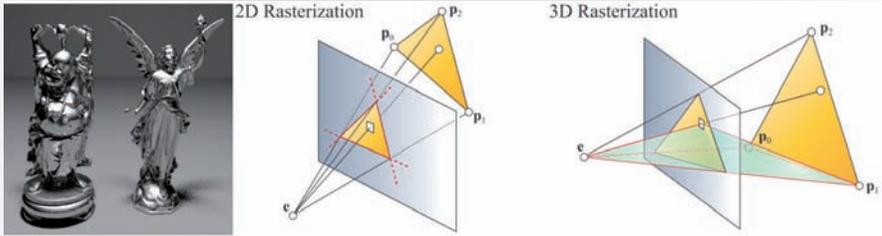
#### 2.4.5 *General Purpose Computation on GPUs (GPGPU)*

Auch Simulationen im Bereich des Hochleistungsrechnen – insbesondere unter Einsatz von Grafik-Hardware und Cluster-Computern – sind Gegenstand der Forschung. Hierzu wurde zusammen mit anderen VIS/US Abteilungen das CUDASA-System entwickelt, das aufwändige Berechnungen, nahezu ohne Zutun des Programmierers, automatisch auf verfügbare Grafik-Hardware Ressourcen in einem Cluster verteilt. Im SimTech Projekt „Light+Sound Simulation“ wird ein ähnliches System mit Unterstützung von Work-Flow Mechanismen entwickelt.

#### 2.4.6 *Effiziente Bildsynthese*

Das Erzeugen der Bilder, die der Betrachter letztendlich am Bildschirm sieht, ist offensichtlich eine zentrale Disziplin der Computergrafik, und effiziente Algorithmen sind die Voraussetzung für interaktive Programme. Dementsprechend wurde diesem Gebiet in den vergangenen Jahrzehnten viel Aufmerksamkeit gewidmet, aber dennoch birgt es noch großes Potential. Exemplarisch sollten hier drei Beispiele genannt werden. Entscheidend ist zunächst, dass Berechnungen nur für 3D-Objekte ausgeführt werden, die tatsächlich am Ende auch am Bildschirm erscheinen. Die so genannten „Culling“-Techniken entfernen alle nicht benötigten Teile einer virtuellen Szene. Ein von uns entwickeltes Verfahren erlaubt es, die Sichtbarkeit von Objekten effizient, feingranular und vor allem schnell vorzunehmen. Auch die Rasterisierung der Geometrie, d.h. die Bestimmung welche Bildpunkte von einem geometrischen Primitiv bedeckt werden, ist besonders Performance-kritisch. Wir konnten ein verallgemeinertes Verfahren entwickeln, das die beiden klassischen Verfahren zur Darstellung von Geometrie – Raste-

risierung und Ray Tracing – als Spezialfälle beinhaltet (Abb. 2.11). Ebenso steht die Qualität der Bildsynthese im Vordergrund: Techniken, die vor wenigen Jahren noch dem Offline Rendering in der Filmindustrie vorbehalten waren, sollen in den Videospielen der nächsten Generationen, d.h. in Echtzeitanwendungen, eingesetzt werden. Diese Möglichkeiten werden in einem Forschungsprojekt mit der Crytek GmbH untersucht.



**Abb. 2.11:** Rasterisierung bestimmt für jedes Primitiv welche Bildpunkte es bedeckt, Ray Tracing für jeden Bildpunkt welches Primitiv sichtbar ist. „3D Rasterisierung“, entwickelt zusammen mit Prof. Slusallek und seiner Arbeitsgruppe an der Universität des Saarlandes, schlägt die Brücke zwischen beiden Verfahren und eröffnet neue Möglichkeiten für die Bildsynthese.

## 2.5 Forschungsgebiet „Interaktive Systeme“

**Dr. Thomas Schlegel**

### Interaktive Systeme

Interaktion ist ein zentrales Thema unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Kaum ein Unternehmen bietet heute Produkte oder Dienstleistungen an, die ohne interaktive Systeme auskommen. Ebenso haben sich interaktive Systeme im privaten Umfeld, wie z.B. im Auto, beim Einkauf (Bahntickets), im Unterhaltungsbereich, bei der Kommunikation mit anderen Menschen (Telefon, Chat, SMS) und beim Informationszugriff (Internet) mittlerweile als fester Bestandteil des Alltags etabliert.

Auch in der Forschung ist das Thema „interaktive Systeme“ in einer spannenden und dynamischen Entwicklung begriffen. Denken wir beispielsweise an ubiquitäre – also „allgegenwärtige“ – interaktive Systeme, die z.B. im Sonderforschungsbereich NEXUS eine wichtige Rolle spielen. Systeme werden immer öfter in die Umgebung eingebettet, z.B. in Wände, Geräte, Möbel oder Fahrzeuge. Mobile Endgeräte stellen immer weitere Funktionen bereit und kaum sichtbare Kameras und Sensoren bevölkern mittlerweile Gebäude, Fahrzeuge und Plätze. Daher stehen immer weniger Fragen der technischen Realisierbarkeit als der für den Menschen hilfreichen und positiv wahrgenommenen Funktionalität im Vordergrund.

Mit multimodalen Oberflächen erforschen wir hier, wie die Interaktion nach „Maus, Tastatur, Bildschirm“ aussehen kann. Gemeinsames Arbeiten mit Händen und Gegenständen auf unserem interaktiven Tisch „Microsoft Surface“ oder die Einbeziehung von blinden Menschen in die Arbeit mit grafischen Schnittstellen mit Hilfe unserer HyperBraille Stiftplatte (Dipl.-Inf. Christiane Taras) und die kognitiven Hintergründe dieser Interaktion (Dipl.-Phys. Michael Raschke) sind hier ebenso Beispiele wie die Erkennung von interagierenden Menschen und Gegenständen in einem gewöhnlichen Raum mit einer „Matrix-Kamera“ oder wiederum die Navigationsunterstützung für Blinde (Dipl.-Inf. Bernhard Schmitz).

Häufig wird allerdings vom „Usability-Eisberg“ gesprochen, bei dem nur zehn Prozent der für die Mensch-System-Interaktion verantwortlichen Teile sichtbar sind. Wichtig sind also auch die nicht direkt sichtbaren Systembestandteile für die Interaktion. Hier zeigt sich auch, dass der Bedarf an benutzergerechten Zugriffsmöglichkeiten auf zunehmend komplexe und heterogene Informationsräume vor allem für Unternehmen und Organisationen stetig steigt. So können Patentinformationen heute kaum mehr

ohne Hilfsmittel erschlossen werden, so dass neue Möglichkeiten der visuellen und interaktiven Arbeit mit Patentinformationen (Dipl.-Inf. Steffen Koch) dringend gebraucht werden. Dieses Problem der visuellen und interaktiven Analysemöglichkeiten (Visual Analytics) stellt sich auch in vielen weiteren Bereichen wie verteilten und heterogenen meteorologischen Daten (M. Sc. Harald Bosch).

Bereits besser vorstrukturierte Informationen wie semantische Modelle und das Semantic Web bieten schon heute einen globalen „Informationsschatz“, der in seiner Heterogenität und in seinem enormen Umfang allerdings nur mit entsprechenden visuellen Werkzeugen (Philipp Heim) für den Benutzer interaktiv zugänglich wird. Auch in produzierenden Unternehmen werden heute umfangreiche Datenmengen erzeugt und häufig auch gesammelt, werden aber in ihrer Komplexität erst mit interaktiven Werkzeugen für Visual Analytics in der Produktion (Michael Wörner) einer Auswertung zugänglich. So erzeugen optimierte interaktive Systeme und Usability einen Mehrwert für ihre Benutzer, für Unternehmen und für die Gesellschaft.

### **Im Folgenden soll über Forschung und Entwicklung modellbasierter Benutzungsschnittstellen berichtet werden**

iPhone & Co. haben uns wieder einmal gezeigt: Entscheidend für den Erfolg eines interaktiven Produkts ist häufig nicht die Menge der technischen Möglichkeiten, sondern ein in Design, Ansprache und Gesamtkonzept auf den Benutzer abgestimmtes System. Daher sind (1) der Gestaltungs- und Entwicklungsprozess für ein interaktives System, (2) die Interaktionsmöglichkeiten und -formen sowie (3) die „Intelligenz“ wie Anpassung und Konsistenzsicherung auch in dynamischen Umfeldern Kernpunkte für moderne interaktive Systeme. Ziel der Arbeiten ist es, interaktive Systeme mit Hilfe modellbasierter Benutzungsschnittstellen so zu gestalten, dass diese Punkte adressiert werden.

Obwohl sie für den Erfolg interaktiver Systeme äußerst wichtig sind, scheitern nutzerzentrierte Entwicklungsmethoden häufig bereits an mangelnder Integration mit anderen Prozessen und Aktivitäten der Softwareentwicklung. Hier sind gemeinsame und integrierte Modelle und Prozesse wichtig.

Mit den InteractionCases wird die in der Wirtschaft gängige Modellierungsmethode der UML-Use-Cases um interaktions- und nutzerzentrierte Modellaspekte erweitert. Dabei ist ein inkrementelles Vorgehen von einer am runden Tisch diskutierten Papiervariante bis zu detailliert modellierten und strukturierten Interaktionsabläufen

möglich. Eine dezentrale Prozessumgebung ermöglicht zudem die Integration und gemeinsame Ausführung von übergeordneten Prozessen und spezialisierten Aktivitäten unterschiedlicher Stakeholder mit einem gemeinsamen Prozessmodell.

Basierend auf solchen Modellen werden generative Verfahren entwickelt, die Benutzungsschnittstellen zur Entwicklungszeit, oder in unserem Fall sogar zur Laufzeit modellgestützt erzeugen können. Das hierzu entwickelte, objektorientierte Metamodell ermöglicht eine kontextbasierte Erzeugung von Interaktionen aus einer Prozessinstanz heraus. Beispielsweise erhält ein Mitarbeiter in einem Verbundprojekt eine Aufgabe zugewiesen, für die in seinem Unternehmen keine Definition vorhanden ist. Mit Hilfe des Metamodells kann jedoch die Prozessdefinition interpretiert und durch eigene Eingaben direkt ergänzt werden.

Wie dies für eine „Cloud“ von Logistik-Service-Providern eingesetzt werden kann, zeigen wir derzeit in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Kirn von der Universität Hohenheim. Dabei wird die Laufzeitmodellierung von Prozessen für ein Logistiknetzwerk adaptiert, um interaktiv Logistikprozesse erfolgreich auszuführen und zu vernetzen.

Solche allgegenwärtigen Prozesse und Interaktionen führen zur Interaktion mit ubiquitären Systemen. Hier sind Erkenntnisse über multimodale und kontextbasierte Interaktionen ebenso wichtig wie Grundlagen der Interaktion von Menschen und Systemen. So wird mit der „Matrix-Kamera“ derzeit ein System entwickelt, das aus unterschiedlichen Winkeln Gegenstände und Personen erkennt, um Interaktionen und Gesten frei in einem Raum erkennen und erforschen zu können. Weitere Eingabemodalitäten wie berührungsempfindliche Oberflächen oder die Interaktion mit anderen Gegenständen fließen hier ebenfalls ein.

Ergänzt werden sollen diese Eingabeformen zukünftig durch passende nicht-visuelle Ausgabeformen wie 3D-Audio, Sonification z.B. mit sogenannten Sound-Icons, und andere Modalitäten wie taktiles Feedback.

Wie stark die drei Gebiete zusammengehören und -wirken, zeigt sich auch in den jüngst abgeschlossenen und aktuellen Diplomarbeiten wie der Entwicklung einer ergonomischen und intuitiv bedienbaren Oberfläche für die Navigation mit Smartphones oder einer verteilten, interaktiven Prozessumgebung, mit der Softwareprojekte auch mit wechselnden Nutzern und Unternehmen trotzdem einem anspruchsvollen und dynamisch erweiterbaren Entwicklungsprozess folgen können. Aktuell wird eine Entwicklungsumgebung erstellt, mit der Benutzer auf einer Multi-Touch-Plattform

selbständig Lösungen für Aufgabenstellungen entwickeln können, die direkt als Anwendung auf dem Multi-Touch-Tisch ausführbar sind. Auch für die InteractionCases wird eine integrierte Entwicklungsumgebung erstellt, so dass begleitend zu iterativen Entwicklungsprozessen wie dem User Centered Design Process (ISO 13407) Anforderungen für interaktive Systeme erhoben und über die Entwicklung konsistent bis hin zum Anwendungstest weitergeführt werden können.

Mit zunehmender Komplexität, Vernetzung und Dynamik aktueller und zukünftiger Informationsräume und interaktiver Systeme sind monolithische, zentrale und nicht adaptierbare Systeme häufig schon jetzt überfordert und schränken Nutzer in ihren Möglichkeiten zu stark auf vordefinierte Muster ein. So ergeben sich bereits heute und auch zukünftig viele weitere Einsatzgebiete und Entwicklungsmöglichkeiten für modellbasierte Benutzungsschnittstellen.

# 3 Aktuelle Forschungsvorhaben

## 3.1 Exzellenzcluster Simulation Technology



**Projektträger** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**Laufzeit** 2008 bis 2012

Die Universität Stuttgart konnte bei der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder erfolgreich den Exzellenzcluster „Simulation Technology“ (SimTech) einwerben. Dieser wird seit Ende 2007 für fünf Jahre gefördert; eine Verlängerung bei der nächsten Runde der Exzellenzinitiative wird angestrebt. Numerische Simulationen sind ein wichtiges Werkzeug in der Forschung und werden auch heute schon in vielen Bereichen der Industrie eingesetzt. Sie können aufwendige, kostspielige oder auch undurchführbare Experimente ersetzen. Mit weit über 70 Teilprojekten ist eine große Anzahl von Instituten der Universität Stuttgart an SimTech beteiligt. Die Chancen des Clusters liegen insbesondere in der engen interdisziplinären Zusammenarbeit der Teilprojekte, dem aktiven Wissensaustausch zwischen den Disziplinen und den sich daraus ergebenden Synergieeffekten. Gemeinsam wird an der Entwicklung neuer Ansätze geforscht um die numerische Simulation effizienter und robuster zu machen und ihren Einsatz auch in neuen Bereichen sowie komplexeren Szenarien zu ermöglichen. Eines der Hauptziele des Exzellenzclusters ist die Verschmelzung der Einzel-Strategien und Konzepten aus den verschiedenen Disziplinen zur neuen Klasse einer integrativen Simulationsumgebung. Ein Kernpunkt ist hierbei die Entwicklung einer integrierten Simulationsumgebung für die im Cluster entstehenden Simulationen und wissenschaftliche Anwendungen. Interaktive Visualisierung spielt in dieser Umgebung eine wichtige Rolle. Durch sie wird die Analyse und Auswertung der von Simulationen generierten großen Datenmengen erleichtert oder erst möglich.

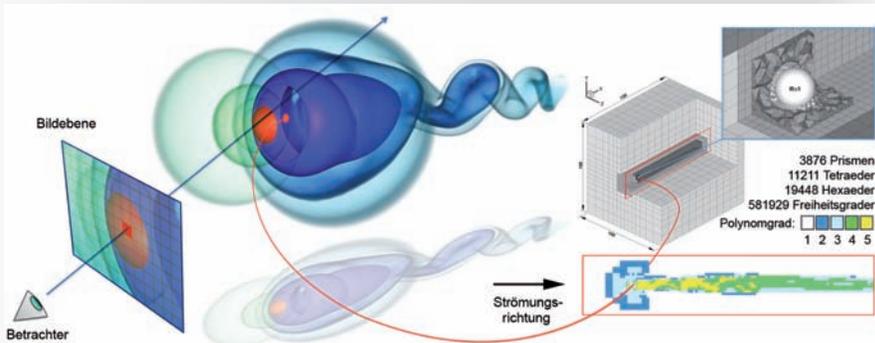
VISUS ist in SimTech mit drei Projekten vertreten, deren Forschungsthemen im Bereich der Visualisierung angesiedelt sind und die zunächst für drei Jahre bewilligt wurden. Durch die Mitgliedschaft in der dem Exzellenzcluster angegliederten Graduiertenschule sind die bearbeitenden Doktoranden dabei eng in SimTech eingebunden. So wird über die Kooperationen innerhalb der Projekte hinaus der interdisziplinäre Wissensaustausch gefördert. Auch weitere Mitarbeiter von VISUS, die kein Projekt in SimTech bearbeiten, sind Mitglieder in der Graduiertenschule und können so sowohl von dem dort vertretenen Wissen profitieren als auch dazu beitragen.

Ein Projekt (Leiter: Prof. Dr. Thomas Ertl, Mitarbeiter: Dipl.-Inf. Markus Üffinger) beschäftigt sich mit neuen Visualisierungstechniken für Daten aus Multi-Skalen- und Multi-Physik-Simulationen. Die Entwicklung effizienter Schnittstellen für die enge Kopplung der numerischen Simulationssoftware mit der interaktiven Visualisierungssoftware ist dabei ein weiterer wichtiger Teilaspekt. Das Projekt „Visualisierung für integrierte Simulationssysteme“ (Leiter: Prof. Dr. Daniel Weiskopf, Mitarbeiter: Dipl.-Inf. Marcel Hlawatsch) konzentriert sich auf Methoden der modularen Visualisierung auf Basis von Workflow-Technologie. Auch die Entwicklung neuer Visualisierungstechniken für Daten aus komplexen Simulationen ist Teil des Projekts, z.B. die Visualisierung unsicherer bzw. unscharfer Daten und Systeme. Dipl.-Phys. Gregor Mückl befasst sich in seinem Projekt (Leiter: Juniorprof. Dr. Carsten Dachsbacher) mit der gekoppelten Simulation von Licht- und Schall-Ausbreitung in komplexen Szenen. Zudem entwickelt er ein Framework, das die Nutzung der Rechenleistung moderner Grafikkarten für aufwändige Simulationen erleichtert. Die einzelnen Projekte werden im Folgenden ausführlicher beschrieben.

### *3.1.1 Teilprojekt: Interaktive Visualisierung von Multi-Skalen- und Multi-Physik-Simulationen*

**Leiter** Prof. Dr. Thomas Ertl  
**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Markus Üffinger

Die Forschung dieses SimTech Teilprojekts knüpft direkt an frühere Arbeiten von VIS und VISUS im Bereich der interaktiven dreidimensionalen Visualisierung von wissenschaftlichen Daten an. Im Folgenden wird ein zentrales Thema des Projektes vorgestellt: Die interaktive Visualisierung von gitterbasierten Simulationsdaten mit komplizierten unstrukturierten Lösungs- und Raumdiskretisierungen. Solche Daten entstehen z.B. bei der Simulation der Luftströmung (Fluid) um ein fahrendes Auto. Vorangegangene Arbeiten befassten sich mit der interaktiven Volumenvisualisierung skalarer Daten (z.B. des physikalischen Dichtefelds des simulierten Fluids) auf strukturierten kartesischen Gittern oder einfachen Tetraedergittern. Die Volumenvisualisierung versucht das Verdeckungsproblem im dreidimensionalen Raum durch eine halbtransparente Darstellung und einer farblichen Klassifizierung der interessanten Strukturen in den Felddaten zu lösen.



**Abb. 3.1:** Volumenvisualisierung des Dichtefelds der Strömung um ein Kugelhinderniss mit einem Higher-Order-Raycasting Ansatz (links). Die Discontinuous Galerkin Simulation (IAG, Institut für Aerodynamik und Gasdynamik) arbeitet mit komplexen adaptiven Gitterdatenstrukturen und Polynomlösungsansätzen, um das physikalische Strömungsproblem numerisch adäquat aufzulösen und effizient behandeln zu können (rechts).

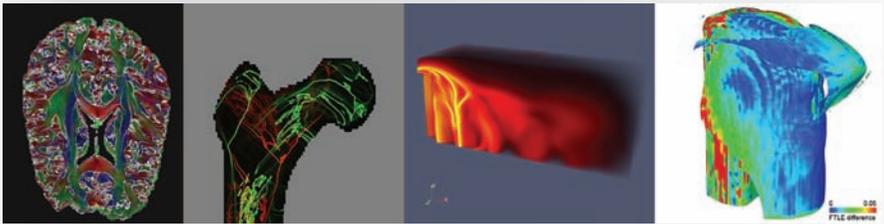
Das ehrgeizige Ziel von SimTech ist die Simulation sehr komplexer Phänomene. Aufgrund begrenzter Rechenkapazitäten ist es üblicherweise allerdings nicht möglich die physikalischen Prozesse hoch aufgelöst, etwa auf der atomaren Skala, auf einem großen räumlichen Gebiet zu simulieren. Auf einer globalen räumlichen Skala wäre dies schon aufgrund der unvorstellbar großen Datenmenge nicht realisierbar. In SimTech wird deshalb an Multi-Skalen- und Multi-Physik-Simulationsmethoden geforscht, die eine intelligente adaptive Herangehensweise verfolgen. Um Rechnerkapazitäten zu sparen wird nur an den wichtigen Stellen, an denen es auf Grund von sonst auftretenden Fehlern in der numerischen Lösung notwendig ist, fein aufgelöst und mit hoher Genauigkeit gerechnet. In anderen Bereichen hingegen kann eine grobe Auflösung oder ein einfaches mathematisches Modell ausreichen, z.B. eines das die zu simulierende Physik auf der makroskopischen anstatt auf der atomaren Ebene beschreibt. Bei der Raumdiskretisierung der Simulation kann sich Adaptivität auch in der lokalen Verfeinerung des verwendeten Simulationsgitters äußern.

Dies ist in der Illustration zu erkennen, in der sowohl das Gitter als auch die Volumenvisualisierung der Dichtefeldlösung einer von einem Fluid umströmten Kugel zu sehen sind. In direkter Nähe, sowie im Nachlauf der Kugel, kommen die relevanten Effekte wie Turbulenz zum Tragen, die sich hier in der schön herausgebildeten Kármánschen Wirbelstraße äußern. In diesen Bereichen ist es notwendig das Gitter fein aufzulösen, außerdem werden dort Polynomlösungsansätze hoher Ordnung angesetzt um die er-

zielte Genauigkeit weiter zu erhöhen. In den äußeren Randgebieten der Simulationsdomäne reicht eine um mehrere Größenordnungen gröbere Gitterstruktur zusammen mit einfachen linearen Ansatzfunktionen aus. Die Interaktive Visualisierung solcher Discontinuous Galerkin Simulationsdaten höherer Ordnung stellt aufgrund ihrer komplexen adaptiven Natur eine besondere Herausforderung dar. Bei verwendeten Raycasting Ansatz werden ausgehend von einem virtuellen Betrachter der 3D Volumenvisualisierung Sichtstrahlen durch das Dichtefeld verfolgt. Erschwert wird dies bei unseren Daten durch das stark unstrukturierte Gitter mit verschiedenen Zelltypen, deren Seitenflächen sogar gekrümmt sein können. Sehr rechenaufwendig ist auch die für die Visualisierung erforderliche Auswertung der Polynomlösungen entlang der Sichtstrahlen. Im Gegensatz zur Simulation unterliegt die Visualisierung außerdem der Anforderung nach Echtzeitberechnung mehrerer Bilder pro Sekunde um eine interaktive Exploration der Felddaten zu ermöglichen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden sind unsere Visualisierungsalgorithmen vollständig auf aktuelle multi-core Grafikkhardware (GPUs) mit ihrer hoch-parallelen Rechenarchitektur abgestimmt. Im Fall großer Discontinuous Galerkin Datensätze erfolgt die Berechnung der Visualisierung sogar verteilt auf mehreren Rechenknoten eines GPU-Clusters.

### 3.1.2 Teilprojekt: Visualisierung für integrierte Simulationssysteme

**Leiter** Prof. Dr. Daniel Weiskopf  
**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Marcel Hlawatsch



**Abb. 3.2:** Von links nach rechts: Visualisierung von kohärenten Strukturen im Diffusionstensorfeld eines Gehirns und im Spannungstensorfeld eines Hüftknochens. Hierarchisch beschleunigte Vektorfeld-Visualisierung eines umströmten Hindernisses. Visualisierte Berechnungsfehler der beschleunigten Methode.

Dieses Projekt ist Teil des Projektnetzwerkes 8 „Integrated data management, workflow and visualization to enable an integrative systems science“ (Integriertes Daten Management, Workflows und Visualisierung um eine integrierte Systemwissenschaft zu

ermöglichen) im SimTech Exzellenzcluster. Das Ziel des Projektnetzwerkes ist es, eine Simulationsumgebung zu schaffen, die den Anwender bei der Handhabung komplexer Simulationen unterstützt. Das System soll dem Anwender unter anderem notwendige, aber lästige Arbeit abnehmen, wie z.B. das Protokollieren der Ergebnisse und mit welchen Parametern und Schritten diese jeweils erzeugt wurden. Auch die Erstellung und Ausführung von Simulationsabläufen soll vereinfacht werden. Basis hierfür ist Workflow-Technologie, wie sie auch im Bereich der Geschäftsprozesse eingesetzt wird. Diese ermöglicht den Aufbau von Simulationen aus modularen Komponenten, die flexibel kombiniert und wiederverwendet werden können. Um dem Anwender ein möglichst effizientes Arbeiten mit Simulationen zu ermöglichen, ist dabei die Integration von Visualisierungskomponenten in dieses System ein wichtiger Teilaspekt des Projekts. Der Anwender hat dadurch über ein einziges System einheitlichen Zugriff auf alle Schritte, die bei der Arbeit mit Simulationen notwendig sind – Entwurf und Planung der Simulation, Durchführung der Simulation und (visuelle) Auswertung der resultierenden Ergebnisse.

Mit der steigenden Komplexität von Simulationen wachsen auch die Anforderungen an die Visualisierung der erzeugten Daten. Die Visualisierung muss dabei für jede Frage- oder Aufgabenstellung „maßgeschneidert“ werden. Häufig tauchen bei der Betrachtung und Analyse von Daten neue Fragestellungen auf. Eine möglichst flexible Visualisierungsumgebung kann dem Anwender dabei helfen, schneller und gründlicher die Ergebnisse der Simulationen zu analysieren. Die dabei benötigte Visualisierung soll daher ebenfalls modular aus verschiedenen Teilkomponenten zusammengesetzt werden können. Bei Simulationen mit hohem zeitlichem Aufwand hat auch die Überwachung des Simulationsablaufs eine große Bedeutung. Visualisierung kann diese Aufgabe, z.B. durch die Darstellung von Teilergebnissen, unterstützen und erlaubt so die frühzeitige Erkennung von Fehlern in der Simulation.

Weiterhin sollen auch neue Visualisierungstechniken für den Bereich Simulationstechnologie entwickelt werden. Dies umfasst zum einen die Visualisierung von unsicheren bzw. unscharfen Daten und Systemen, zum anderen auch Methoden zum visuellen Vergleich verschiedener Simulationsergebnisse. Um einen möglichst umfassenden Einblick in die Daten zu bekommen, ist auch die gleichzeitige Anwendung und Kombination verschiedener Visualisierungsmethoden von Interesse.

Im Rahmen des Projekts wurden unter anderem bereits neue Methoden auf dem Gebiet der Vektor- und Tensorfeld-Visualisierung entwickelt. Eine Methode zur Visualisierung von kohärenten Strukturen in Vektorfeldern konnte auf Tensorfelder übertra-

gen werden. Eine Anwendung hierfür ist z.B. die Visualisierung von Daten, die mit der Diffusions-Tensor-Magnetresonanztomografie gewonnen werden. Unter anderem können hierbei Gebiete mit kohärentem Faserverlauf von Nerven im menschlichen Gehirn visuell voneinander abgegrenzt werden. Auch kohärente Gebiete der Spannungsausbreitung in einem simulierten Hüftknochen konnten so visualisiert werden. Weiterhin konnte der Berechnungsaufwand einiger etablierter Methoden der Vektorfeld-Visualisierung von linearer auf logarithmische Komplexität verringert werden. Eine zeitabhängige Visualisierung in Form einer 3D-Animation konnte mit der beschleunigten Methode z.B. in nur 6 Minuten statt in 3,5 Stunden berechnet werden.

### 3.1.3 Teilprojekt: Gekoppelte Simulation von Licht- und Schallausbreitung in komplexen Szenen

**Leiter** Jun.-Prof. Dr. Carsten Dachsbacher  
**Mitarbeiter** Dipl.-Phys. Gregor Mückl



**Abb. 3.3:** Links: Durch Sonnenlicht beleuchteter Raum. Der Großteil des Raumes wird durch das von der rechten Wand zurück geworfene Licht beleuchtet. Rechts: Durch das Fenster hinter dem Betrachter fällt diffuses Licht in den Raum. Unter den Kisten und Tischen erscheint der Boden dunkler, weil diese Stellen gegenüber großen Teilen der Szene abgeschattet sind.

Die Simulation realistischer Licht- und Schallausbreitung ist sehr rechenaufwändig und es ist auch auf leistungsfähigen Rechnern unter derzeit nur begrenzt möglich, diese Simulationen für einfache Szenen wie einzelne Räume mit interaktiven Geschwindigkeiten laufen zu lassen. Um die Komplexität der interaktiv simulierbaren Szenen steigern zu können, sind neue Algorithmen nötig, die besser mit der Szenenkomplexi-

tät skalieren und sich für den massiv parallele Ausführung auf Clustern von Grafikprozessoren (GPUs) eignen. Dies sind die beiden Ansatzpunkt für dieses SimTech-Projekt.

In diesem Projekt wird unter anderem untersucht, in wie weit sich durch Kopplung der Simulation von Licht- und Schallausbreitung Synergieeffekte ergeben können, die die Komplexität und den Rechenaufwand der Simulation reduzieren. Es werden für beide Arten von Simulationen Algorithmen verwendet, die nahezu direkte Entsprechungen sind (z.B. verschiedene Raytracing-Verfahren). Da das physikalische Verhalten von Licht und Schall im für Menschen wahrnehmbaren Bereich allerdings sehr unterschiedlich ist, müssen die entsprechenden Simulationsverfahren danach evaluiert werden, inwieweit sie in der Lage sind, die für Licht und Schall unterschiedlichen Effekte glaubwürdig zu reproduzieren. Finite Elemente Methoden und Randelement-Methoden sind hierfür vielversprechende Kandidaten, da sie sehr präzise Simulationen ermöglichen. Es muss jedoch noch genauer untersucht werden, inwieweit sich diese Methoden vereinheitlichen lassen und wie stark dadurch der Rechenaufwand gesenkt werden kann.

Weiterhin wird ein Framework entwickelt, um die Nutzung ganzer Cluster von GPUs für numerische Simulationen zu erleichtern. Berechnungen, die auf GPUs ausgeführt werden sollen, müssen vom Entwickler in große Zahl kleine Schritte unterteilt werden, die als einzelne Programme auf den GPUs ausgeführt werden. Unser „SuperGPU“ genanntes Framework unterstützt den Entwickler, indem es die Ausführung dieser Programme übernimmt sowie deren Ein- und Ausgabedaten verwaltet. Mit dem Framework erstellte Programme können ohne weitere Anpassungen auf ganzen Clustern von GPUs ausgeführt werden, wobei die Aufgabenverteilung automatisch so vorgenommen wird, dass die beteiligten GPUs möglichst optimal ausgelastet werden.

Am Ende des Projekts soll ein Demonstrator entstehen, in dem sich u.a. Gebäude virtuell begehen lassen und die Ausleuchtung und Akustik interaktiv begutachtet und angepasst werden können.

### 3.2 Graduate School for advanced Manufacturing Engineering

<b>Projektträger</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>Teilprojekt</b>	Visual Analytics for Industrial Engineering
<b>Leiter</b>	Prof. Dr. Thomas Ertl
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Inf. Michael Wörner
<b>Laufzeit</b>	April 2008 bis April 2012

Die Graduate School for advanced Manufacturing Engineering (GSaME) entstand im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung von Wissenschaft und Forschung an deutschen Hochschulen. Sie wird von der DFG, der Universität Stuttgart sowie Industrie- und Forschungspartnern finanziert. Seit April 2008 arbeiten hier Doktoranden an verschiedenen Forschungsprojekten. Alle Projekte beschäftigen sich mit der Frage, wie Unternehmen turbulenten Märkten, einer zunehmenden Zahl von Produktvarianten und verkürzten Innovationszyklen dynamisch begegnen können. Dabei legt die GSaME großen Wert auf Kooperation und Interdisziplinarität. Die Doktoranden stammen aus unterschiedlichen Fachrichtungen der Bereiche Produktionstechnik, Informationstechnik und Betriebswirtschaftslehre und bearbeiten ihr Forschungsprojekt an einem der Institute der Universität Stuttgart, bei einem der Industriepartner oder an einem Fraunhofer-Institut. Regelmäßige gemeinsame Kolloquien und andere Veranstaltungen ermöglichen den regen Austausch von Wissen und Erfahrungen.

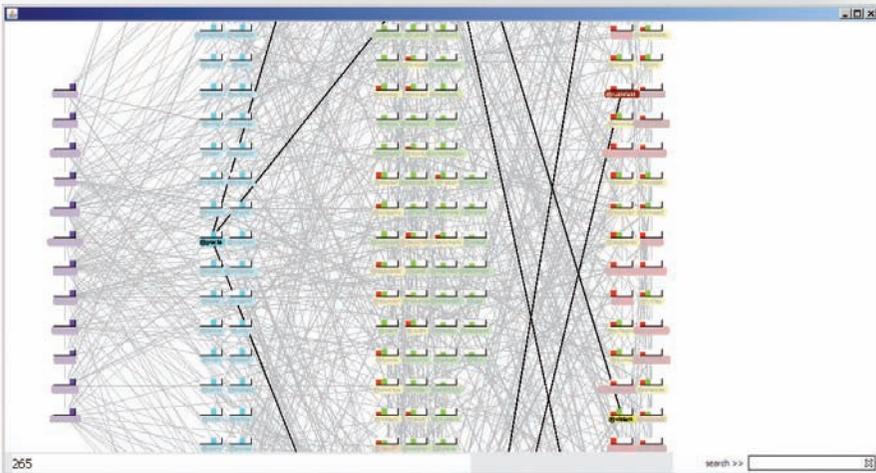
Neben der Betreuung der Forschungsprojekte umfasst die GSaME auch die wissenschaftliche Ausbildung der Doktoranden. Hierdurch soll insbesondere eine Querqualifikation in die Themenbereiche erfolgen, mit denen sich der Doktorand während des eigenen Studiums nicht beschäftigt hat. Doktoranden aus dem Bereich der Informatik erlernen so die Grundlagen der Produktionstechnik und der Betriebswirtschaftslehre.

Die bearbeiteten Forschungsprojekte sind thematisch in acht Clustern organisiert: Das Stuttgarter Unternehmensmodell, digitales und virtuelles Engineering, Material- und Prozessengineering, Netzwerke in der Produktion, Informations- und Kommunikationstechnologien für die Produktion, wissensbasiertes Management, intelligente Produktionseinrichtungen sowie Nachhaltigkeit in der Produktion. Das Institut VIS beteiligt sich im Cluster für digitales und virtuelles Engineering mit einem Forschungsprojekt zum Thema Visual Analytics for Industrial Engineering, das von Michael Wörner bearbeitet wird.

Unter Industrial Engineering ist hierbei die Gestaltung und Organisation von Wertschöpfungsprozessen zu verstehen. Deren Ziel ist es, Strukturen und Abläufe so zu planen oder zu verändern, dass die Produktivität, Qualität und/oder Wirtschaftlichkeit optimiert wird. In diesem Zusammenhang untersucht das vom Institut VIS betreute Forschungsprojekt den Einsatz von Visual Analytics in diesem Umfeld.

Visual Analytics ist eine neue wissenschaftliche Disziplin zwischen Visualisierung, Mensch-Maschine-Interaktion und Datenanalyse. Der Schwerpunkt von Visual Analytics liegt auf der Kombination von automatischen Analysemethoden mit hochinteraktiven visuellen Schnittstellen. Mit den Werkzeugen und Methoden der Visual Analytics wird nutzbares Wissen aus bloßen Informationen gewonnen und werden Erkenntnisse aus umfangreichen, dynamischen und oft widersprüchlichen Datenbeständen abgeleitet.

Im Rahmen des Projekts wurden die Methoden der Visual Analytics bisher erfolgreich auf Problemstellungen aus den Bereichen Sicherheit, Notfallmanagement, Gesundheit, Medienanalyse und soziale Interaktion angewandt. Ebenfalls am Institut VIS erforscht das Projekt PatViz Visual Analytics für Patentdatenbanken.



**Abb. 3.4:** Visuelle Analyse eines sozialen Netzwerks

Die Methoden, Techniken und Werkzeuge im digitalen und virtuellen Engineering sind so vielfältig, dass konventionelle Visualisierungs- und Analysemethoden sich nur

auf isolierte Probleme konzentrieren können. Die neuen Ansätze der Visual Analytics können einen bedeutenden Beitrag dazu leisten, die Informationsüberladung im modernen Engineering als Chance zu sehen.

Das Ziel dieser Arbeit ist daher, Methoden der Visual Analytics für die erfolgreiche Integration in die Prozesse des digitalen und virtuellen Engineerings anzupassen und zu erweitern. Herausforderungen ergeben sich dabei aus der Vielfalt der Datentypen im Bereich der Produktdaten, Prozessdaten, Fabrikdaten sowie Auftrags- und Logistikdaten. Eine bedeutende Rolle spielt auch die Berücksichtigung des Faktors Zeit, die technische Interoperabilität der resultierenden Werkzeuge mit den bestehenden Systemen der digitalen und virtuellen Fabrik sowie die Skalierbarkeit der Lösungen von mobilen Endgeräten bis zu Management-Cockpits auf großen Displays.

Da reale Daten aus der Produktionstechnik bisher nicht im erforderlichen Umfang vorliegen, wurden Visual-Analytics-Methoden zunächst anhand anderer Anwendungsgebiete entwickelt, unter anderem für (soziale) Netzwerke beim IEEE VAST Contest 2009. Im weiteren Verlauf soll nun parallel zu den fortgesetzten Bemühungen zur Akquise realer Daten aus der Industrie verstärkt auch auf Simulationsdaten und Modelle zurückgegriffen werden, um die Methoden der Visual Analytics auch konkret im Kontext des industriellen Engineerings zu demonstrieren und zu evaluieren.

### 3.3 Sonderforschungsbereich 627: Umgebungsmodelle für Mobile Kontextbezogene Systeme

**Projektträger** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**Laufzeit** seit 2003

Der Sonderforschungsbereich SFB 627 NEXUS befasst sich mit der Entwicklung eines globalen Umgebungsmodells, das hoch dynamische, global verteilte und gleichzeitig detaillierte Kontextinformationen zusammenführt und zur Verfügung stellt. Kontextbezogene Systeme beschreiben Anwendungen, die sich abhängig von der Umgebung bzw. der Situation des Anwenders anpassen. Die Entwicklung mobiler kontextbezogener Systeme wurde in den letzten Jahren vor allem durch immer kleinere und günstigere Computersysteme vorangebracht. Die weite Verbreitung von smarten Mobiltelefonen begünstigt die Entwicklung eines globalen Umgebungsmodells, da die verschiedenen Geräte in Zukunft immer stärker untereinander vernetzt sein werden, miteinander kommunizieren und so eine intelligente Umgebung schaffen.

Der SFB 627 konzentriert sich auf die Forschung bezüglich der Kommunikation, der Verwaltung von Umgebungsmodellen, der Modellinteraktion und -aktualisierung sowie auf die Entwicklung von Anwendungen für kontextbezogene Systeme. Zudem werden verschiedene Qualitätsmetriken und -konzepte entwickelt, welche die Genauigkeit und Konsistenz sowie die Vertrauenswürdigkeit von Kontextinformationen beschreiben.

Die Förderperioden für den SFB betragen jeweils vier Jahre. Die zweite Förderperiode läuft bis Ende 2010. Derzeit wird eine dritte Förderperiode beantragt.

#### 3.3.1 Teilprojekt C5: Kontextbasierte mobile Visualisierung

**Leiter** Prof. Dr. Daniel Weiskopf  
**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Harald Sanftmann

Das Teilprojekt C5 hat die kontextbasierte mobile Visualisierung innerhalb des SFB 627 zum Thema. Das Teilprojekt ist insbesondere mit allen Teilprojekten des SFB verknüpft, die Visualisierungskomponenten einsetzen. Es ist seit Beginn der ersten Förderperiode Teil des SFB und hat einen Antrag auf Verlängerung gestellt.

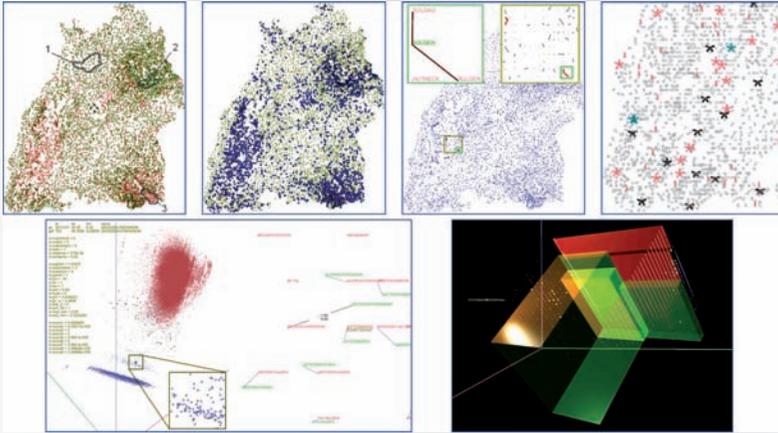
Das Teilprojekt C5 hat das übergeordnete Ziel, die primäre graphische Benutzungs- und Visualisierungsschnittstelle für NEXUS bereitzustellen. Es hat mehrere Aufgaben im Rahmen von NEXUS. Zum einen sollen neue Verfahren entwickelt werden, die Kontextdaten direkt visualisieren oder Kontextdaten bei der Visualisierung berücksichtigen. Zum anderen entstehen im Rahmen von NEXUS mehrfach große Datenmengen, die andere Teilprojekte besser verstehen wollen; hierfür entwerfen wir neue Visualisierungsverfahren.

In der zweiten Förderperiode wurden interaktive und kontextbasierte Visualisierungsverfahren entwickelt, welche die besonderen Anforderungen durch heterogene Datenquellen und Systemarchitekturen sowie mobile Endgeräte erfüllen. Dabei wird anhand von – auch dynamisch veränderlichen – Kontextinformationen (z.B. der aktuellen Genauigkeit des Trackings von sich bewegenden Personen oder Objekten) das am besten geeignete Visualisierungsverfahren automatisch ausgewählt. Darüber hinaus wurden Verfahren zur Darstellung von Konsistenzdaten entwickelt, die beispielsweise zur Repräsentation der Konsistenz von generalisierten Gebäudemodellen oder für die visuelle Analyse von Klassifikatoren für den konsistenten Abgleich von textuellen und geografischen Informationen geeignet sind. Schließlich wurde durch die Entwicklung einer virtualisierten Visualisierungspipeline ein allgemeines Konzept zur skalierbaren Visualisierung realisiert.

Exemplarisch soll auf die visuelle Analyse von Klassifikatoren näher eingegangen werden. Dabei haben wir 3D-Streudiagramme eingesetzt bei der Untersuchung der Konsistenz von Daten mit und ohne Raumbezug in Kooperation mit einem anderen Teilprojekt (geleitet von Prof. Dr. Hinrich Schütze vom Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung). Das Ziel war dabei, die Übereinstimmungen für Positionsdaten für Städte von zwei unterschiedlichen Datenanbietern zu ermitteln. Um die Übereinstimmungen maschinell zu finden, wurde ein Klassifikator mit überwachtem Lernen trainiert. Um die Ergebnisse zu validieren, wurde eine spezielle Glyph-basierte Visualisierung, gekoppelt an eine 2D-Karte, eingesetzt. Der verwendete Klassifikator beruhte auf einem Entscheidungsbaum, für den ebenfalls eine angepasste Darstellung innerhalb der 3D-Streudiagramme erarbeitet wurde (s. Abb. 3.5).

Bisher wurden vor allem Visualisierungsansätze für einzelne Datensätze und Datentypen schon im großen Umfang erfolgreich entwickelt und eingesetzt. Eine offene wissenschaftliche Frage ist jedoch, wie verschiedene Visualisierungsarten kombiniert und heterogene Daten gleichzeitig dargestellt werden können. Dieses grundsätzliche Problem wollen wir in der zukünftigen Arbeit dieses Teilprojekts angehen – insbe-

sondere im Zusammenhang mit der Darstellung von Informationen auf zwei- und dreidimensionalen geographischen Karten.



**Abb. 3.5:** Auf dem ersten Bild sind die Städte von den beiden Datenanbietern als rote und grüne Punkte dargestellt. Auf dem zweiten Bild sehen wir Städte, die keine Korrespondenz haben. Auf dem dritten Bild sind die Korrespondenzen als Linien dargestellt. Auf dem vierten Bild zeigen Glyphen verschiedene Attribute der Klassifikationsfehler. Auf dem fünften Bild zeigt ein 3D-Streudiagramm die Merkmalsvektoren, die vom Klassifikator verwendet werden. Das Streudiagramm ist an die Kartendarstellung (links) gekoppelt. Auf dem letzten Bild sind die Hyperebenen des Entscheidungsbaumes visualisiert

### 3.3.2 Teilprojekt D2: Kontextbasierte Assistenzsysteme für Personen mit sensorischen Einschränkungen

**Leiter** Prof. Dr. Thomas Ertl  
**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Bernhard Schmitz

Im Teilprojekt D2 werden kontextbasierte Anwendungen für Menschen mit sensorischen Behinderungen, insbesondere für Blinde, entwickelt. Ziel ist dabei, die Unabhängigkeit der Nutzer von fremden Hilfsleistungen zu vergrößern und so ihre Lebensqualität zu verbessern. Das Teilprojekt ist dabei als Anwendungsprojekt auf die grundlegenden Arbeiten anderer Teilprojekte angewiesen und dient als Demonstrator für die Funktion grundlegender Konzepte. Seit Beginn der ersten Förderperiode ist das Projekt D2 Teil des SFB. Der Antrag auf Verlängerung wurde gestellt.

Unter den kontextbasierten Anwendungen für sensorisch Behinderte sticht das Ziel der unabhängigen Navigation für Blinde besonders hervor. Während ein Blinder heute ein Mobilitätstraining absolvieren muss, um sich in vorher unbekanntem Umgebungen zurechtzufinden und orientieren zu können, soll es mit Hilfe eines Navigationssystems ermöglicht werden, sich auch in unbekanntem Umgebungen ohne fremde Hilfe bewegen zu können.

Für das Navigationssystem wurden bislang zwei verschiedene Ansätze betrachtet und jeweils Prototypen für diese Ansätze entwickelt. Ein Ansatz geht von einem 3D-Umgebungsmodell aus. Die Position und Blickrichtung des Benutzers kann dann über einen Abgleich des Modells mit den Daten einer an einem Helm befestigten Stereokamera ermittelt werden. Über die Blickrichtung kann dann ermittelt werden, welches Objekt im Umgebungsmodell der Benutzer gerade „ansieht“ und dieses ihm mitgeteilt werden.

Der andere Ansatz basiert auf einem 2D-Umgebungsmodell, d.h. einer detaillierten Karte. Dabei wird die Positionsbestimmung über einen Beschleunigungssensor mit Kompass (in Kombination mit anderen Techniken wie RFID-Tags und GPS) vorgenommen. Durch die Einschränkung des Umgebungsmodells können keine Informationen über konkrete Objekte mehr ausgegeben werden. Daher dient das System insbesondere zur Routenplanung, Zielführung und dazu, eine Vorstellung über die aktuelle Umgebung zu vermitteln. Für letzteres wurde eine pseudotaktile Karte entwickelt, die auch blinden Nutzern den Zugang zu Kartenmaterial ermöglicht. Die Karte besteht aus einem Touchscreen, der zur besseren Orientierung des Benutzers mit taktilen Leitlinien augmentiert ist. Der Benutzer kann durch Berühren jeder beliebigen Fläche des Touchscreens Informationen über die dort hinterlegte Kartenregion erhalten. Dies ermöglicht dem Benutzer, sich eine Vorstellung von einer Kartenregion zu machen, wie es auch ein sehender Benutzer anhand einer Karte tun würde, da er durch die Bewegung des Fingers die räumliche Anordnung der auf der Karte verzeichneten Objekte zueinander und (unterstützt durch die taktilen Leitlinien) gegebenenfalls zu sich selbst erfahren kann.

Für diese grundlegenden Systeme wurden verschiedene Erweiterungen entwickelt, so z.B. ein Langstock, der Richtungsimpulse über Vibrationen an den Benutzer weitergibt und ihn so entlang einer Route führen kann, selbst wenn diese z.B. über einen offenen Platz ohne zusätzliche markante Punkte führt. Für das kamerabasierte System wurde eine Erweiterung entwickelt, die Texte in der Umgebung erkennen und dem Benutzer auf Wunsch vorlesen kann.



**Abb. 3.6:** Test des 2D-basierten Umgebungsmodells mit taktilem Langstock durch einen blinden Teilnehmer der CSUN-Konferenz 2010.

Bisher konzentrierte sich das Teilprojekt D2 eher auf den Aspekt der barrierefreien Darbietung und Nutzung der Kontextdaten, insbesondere zum Zweck der Positionsbestimmung und Zielführung. Dabei wurde ein lokal begrenztes, von Hand erzeugtes und sehr genaues Umgebungsmodell verwendet. Deswegen soll in Zukunft eine Verschiebung des Schwerpunktes hin zu einem barrierefreien Umgebungsmodell selbst stattfinden. Dies soll eine verbesserte Routenplanung und Navigation ermöglichen, aber auch zur Barrierefreiheit anderer kontextbasierter Anwendungen beitragen. Um ein möglichst umfassendes Modell zu erreichen wird dazu ein Community-basierter Ansatz angestrebt. Die Betrachtung der Barrierefreiheit bei Community-basierten Kontextmodellen ist dabei nicht nur Mittel zum Zweck, sondern soll auch darauf hinwirken, zu verhindern, dass die sich schnell verbreitende Community-basierte Kultur bestimmte Nutzergruppen abhängt, wie dies in der Vergangenheit bei ähnlichen Entwicklungen oft der Fall war.

### 3.3.3 Teilprojekt C6: Modellaktualisierung und Kontextgenerierung aus Bilddaten

**Leiter** Prof. Dr. Gunther Heidemann

**Mitarbeiterin** Dipl.-Inf. Julia Möhrmann

Dieses Teilprojekt wird seit 12/2007 als Vorprojekt aus der Ergänzungsausstattung des Sonderforschungsbereichs 627 NEXUS gefördert und soll in der dritten Förderperiode des Sonderforschungsbereichs als reguläres Teilprojekt fortgeführt werden.

Bilder und Videos gehören zu den aktuellsten, umfassendsten und besonders rasch wachsenden Datenquellen im Internet. Die weite Verbreitung von Webcams und Handycams führt dazu, dass Bilddaten in hoher Qualität schnell verfügbar sind. Allerdings können die vorhandenen Datenmengen bislang nicht für die automatische Generierung von Kontext für die NEXUS-Plattform genutzt werden. Im Gegensatz zu physikalischen Sensoren, wie einem Thermometer, liefern Bilder ohne aufwändige Verarbeitung keinerlei Information. Heutige Bilderkennungssysteme sind auf eine Aufgabe spezialisiert und müssen für diese Aufgabe speziell trainiert und konfiguriert werden. Dies erfordert nicht nur großen Aufwand für die Erstellung, sondern auch ein hohes Maß an Fachwissen über die Bilderkennungsaufgabe. In diesem Projekt wird daher ein anderer Ansatz verfolgt: Wenn die Erstellung von aufgabenspezifischen Erkennungssystemen nicht zu vermeiden ist, muss der Entwicklungsprozess einfacher gemacht werden, so dass auch fachfremde Benutzer/innen das System verwenden können. Dies kann erreicht werden, indem Methoden des semiüberwachten Lernens in Verbindung mit neuen Visualisierungs- und Interaktionstechniken eingesetzt werden. Die Daten werden automatisch verarbeitet, nach Ähnlichkeit sortiert und dem/der Anwender/in anschließend präsentiert. Der/die Anwender/in kann in dieser Repräsentation einzelne Datencluster auswählen und ihnen eine Kategorie bzw. ein Label zuweisen. Diese Labels werden anschließend verwendet, um das Bilderkennungssystem, einen sogenannten "Bild-Sensor", zu trainieren, das die vom Anwender gewünschte Aufgabe erfüllt.

Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf der Entwicklung von semiautomatischen Lernverfahren, die für die Vorverarbeitung der Daten eingesetzt werden sollen. Die Schwierigkeit besteht hierbei darin, ein generisches System zu entwickeln, was bedeutet, dass keine Annahmen über die Absichten des Anwenders gemacht werden dürfen, d.h. der zu erkennende Inhalt ist dem System unbekannt.

Im Rahmen des Projekts wurde ein System entwickelt, das die automatische Verarbeitung von Bilddaten ermöglicht und aufgrund der Rückmeldungen des Benutzers die

Relevanz von Merkmalen für die Aufgabe sowie Trainingsmengen für die Klassifikation ableitet. Dieses System wurde bereits eingesetzt um prototypische Aufgaben wie die Erkennung von offenen Fenstern und Türen, sowie für die Erkennung von Bewegungsmustern zu lösen. Zusätzlich wurde ein semiautomatisches Verfahren für das Clustern von Bewegungstrajektorien entwickelt, das die Identifikation von relevanten Bewegungsmustern durch den/die Anwender/in ermöglichen soll. Abb. 3.7 zeigt einige exemplarische Cluster, die mit Hilfe dieses Verfahrens erstellt wurden. Der Interaktionsaufwand durch den Anwender wird enorm reduziert, indem lediglich einzelnen Clustern ein Label zugewiesen werden muss.

Da gerade Bilddaten viele Informationen enthalten, die die Privatsphäre verletzen können, spielen Mechanismen für den Datenschutz eine besondere Rolle. Die rechtlichen und ethischen Aspekte der großflächigen Nutzbarmachung von Bilddaten wurden daher untersucht und geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptabilität solcher Systeme, sowie zur Erhöhung der Datensicherheit vorgestellt.

In Zukunft soll das System soweit ausgebaut werden, dass die “Bild-Sensoren” bisherige physikalische Sensoren ersetzen können. Zudem sollen andere in der NEXUS Plattform vorhandene Kontextdaten genutzt werden, um einen Konsistenzabgleich durchzuführen. Hierdurch kann zum einen die Qualität der vorhandenen Daten verbessert werden, und zum anderen können diese zusätzlichen Daten genutzt werden, um “Bild-Sensoren” automatisch zu trainieren und zu verbessern, beispielweise indem zusätzliche Informationen wie das Wetter verwendet werden, um spezialisierte Sensoren für Sonnenschein, Regen oder Schnee zu erstellen.



**Abb. 3.7:** Farblich markierte Cluster von Trajektorien, die unüberwacht berechnet wurden

### **3.4 Sonderforschungsbereich 716: Dynamische Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen**

**Projekträger** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**Laufzeit** Seit 2007

Im Sonderforschungsbereich SFB 716 haben sich Institute aus dem Maschinenbau, der Physik, der Biochemie und der Informatik zusammengeschlossen, um die Methoden der dynamischen Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen so weiterzuentwickeln, dass ihr Potential in Zukunft auch in der industriellen Forschung und Entwicklung genutzt werden kann. Entscheidend hierfür ist das enge Zusammenwirken von Anwendern aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften mit der Informatik.

Die Simulation und Analyse von Systemen mit sehr großen Teilchenzahlen über viele Zeitschritte hinweg stellt aus der Sicht der Informatik und der Methodenentwicklung eine enorme wissenschaftliche Herausforderung dar. Trotz großer Fortschritte auf vielen Ebenen der Rechnertechnologie stoßen sowohl die Simulationen als auch die Handhabung und Visualisierung der Ergebnisse weiterhin an die Grenzen dessen, was in Bezug auf Rechenleistung, Speicherbedarf und Bandbreite aktuell möglich ist. Durch den Einsatz moderner paralleler Hardware sollen realistische Teilchensimulationen von immer komplexeren Systemen möglich sein. Mit der zunehmenden Rechengeschwindigkeit wachsen auch die anfallenden Simulationsdatenmengen, so dass die interaktive Visualisierung, welche eine effiziente Analyse dieser Ergebnisse ermöglicht, sowohl technisch als auch algorithmisch eine große Herausforderung darstellt. VIS und VISUS beteiligen sich insgesamt mit drei Teilprojekten an diesem Sonderforschungsbereich, welche sich mit der effizienten Visualisierung der Datensätze aus den anderen Teilprojekten befassen. Die enge Zusammenarbeit der drei Projekte untereinander und mit den jeweiligen Anwendern schafft eine ideale Basis für die Erforschung und Entwicklung neuartiger Visualisierungstechniken und innovativer Anwendungen. Ergänzt werden diese internen Zusammenarbeiten durch Kollaborationen mit weiteren nationalen und internationalen Forschergruppen, welche Pionierarbeit im Bereich der Molekulardynamiksimulation und -visualisierung leisten.

Die großen Datenmengen erfordern neue Ansätze, mit denen dynamische Vorgänge in dreidimensionalen Strukturen aus sehr vielen Teilchen sichtbar und damit interpretierbar gemacht werden können. Seit Beginn des Sonderforschungsbereichs wurden bei der direkten interaktiven Visualisierung von großen Teilchendaten enorme Fortschritte erzielt.

Die Visualisierungsprojekte gliedern sich folgendermaßen:

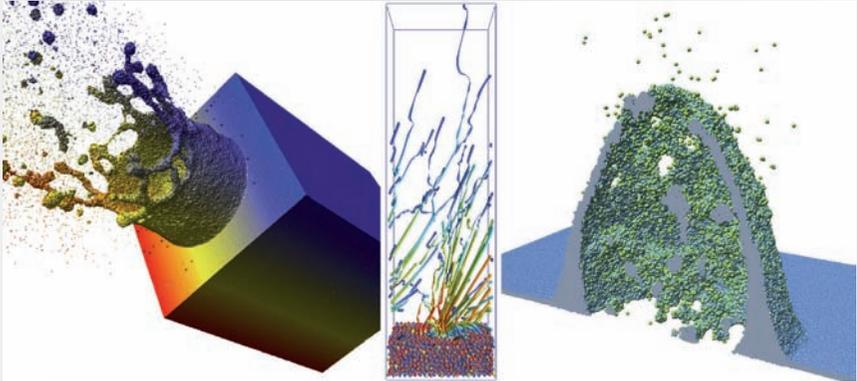
- **D.3**  
Visualisierung von Systemen mit großen Teilchenzahlen (Leiter: Prof. Thomas Ertl); Bearbeiter: Dr. Guido Reina, Dipl.-Inf. Sebastian Grottel
- **D.4**  
Interaktive Visualisierung dynamischer, komplexer Eigenschaften von Protein-Lösungsmittel-Systemen (Leiter: Prof. Thomas Ertl, Prof. Jürgen Pleiss); Bearbeiter: Dipl.-Math. Katrin Bidmon, Dipl.-Inf. Michael Krone
- **D.5**  
Aggregations- und Multiskalentechniken (Leiter: Prof. Daniel Weiskopf); Bearbeiter: Dipl.-Inf. Sven Bachthaler

Der Sonderforschungsbereich 716 wird von der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) seit 2007 finanziert und befindet sich derzeit in der ersten Förderphase. Ein Folgeantrag für eine zweite Förderperiode von 2011 bis 2014 wurde von allen drei Teilprojekten gestellt; die Begutachtung durch die DFG wird im Sommer 2010 stattfinden.

#### 3.4.1 Teilprojekt D.3: Visualisierung von Systemen mit großen Teilchenzahlen

**Leiter** Prof. Dr. Thomas Ertl  
**Mitarbeiter** Dr. Guido Reina, Dipl.-Inf. Sebastian Grottel

Interaktive Visualisierungen und Analyse von Datensätzen mit großen Teilchenzahlen, wie sie beispielsweise durch Simulationen der Molekulardynamik entstehen, stellen wie bereits eingangs erwähnt eine große Herausforderung dar. Durch umfassende Optimierung des Datentransfers zur Graphikhardware moderner Computer im Rahmen dieses Projekts (Grottel, Reina, Ertl, 2009), der Darstellung komplexer, zusammengesetzter Glyphen und der Auswertung der Sichtbarkeit mithilfe räumlicher Datenstrukturen (Grottel, Reina, Dachsbacher, Ertl, 2010) wurden signifikante Fortschritte bei der auf Glyphen (meist Kugeln) basierten Darstellung großer Datensätze erzielt. Abb. 3.8 zeigt Beispiele der so entstandenen Darstellungen. Damit ist die interaktive Visualisierung von Daten mit mehreren Millionen Partikeln (linkes Bild; 48 Millionen Kugeln) für die Forscher der jeweiligen Anwendungsgebiete direkt auf ihren eigenen, handelsüblichen Arbeitsplatzrechnern möglich.



**Abb. 3.8:** Visualisierung von Simulationen aus der Laser-Ablation  
*Links:* ein Datensatz mit 48 Millionen Atomen; *Mitte:* der zeitliche Verlauf einer Simulation direkt in einem einzigen Bild dargestellt; *Rechts:* die qualitativ hochwertige Darstellung erlaubt die visuelle Analyse komplexer innerer Strukturen.

Die Darstellung der Daten, welche üblicherweise Atome oder Moleküle repräsentieren, mittels Partikeln, meist Kugeln, ist in diesem Gebiet üblich, stößt jedoch bei den nun erreichten Datensatzgrößen an ihre Grenzen. Während strukturelle Details auch weiterhin in dieser Darstellung am besten verstanden werden können, leidet der Gesamteindruck und Überblick unter der visuellen Komplexität, die durch die Darstellung mehrerer Millionen Kugeln entsteht. Eine Verbesserung dieser Situation kann durch bessere Bilderzeugung erreicht werden, beispielsweise der Betonung räumlicher Strukturen durch Filterung der Bilddaten (linke Abbildung). Weitergehende Anpassungen der Visualisierungen an die Problemstellungen der jeweiligen Anwendungsgebiete führen jedoch zu deutlich besseren Ergebnissen.

In Kooperation mit anderen Teilprojekten des SFB wurden daher abstrahierte Visualisierungen ausgehend von den originalen Partikeldaten entwickelt, welche durch aussagekräftige Darstellungen die Analyse in den entsprechenden Anwendungsgebieten unterstützen können. Die Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Laser-Ablationsdatensätze (mittlere Abbildung) ist ein Beispiel hierfür, welche die Dynamik eines Datensatzes effizienter wahrnehmen lässt, als es mit der üblichen Methode der Animation möglich ist. Darstellungen für Versetzungs- und Stapelfehler in Kristallen (Grottel, Dietrich, Comba, Ertl, 2010) und die zeitliche Entwicklung von Keimbildungsprozessen beim Phasenübergang von Gasen in die flüssige Phase (Grottel, Reina, Vrabec, Ertl, 2007) sind weitere erfolgreiche Beispiele für anwendungsgetriebene Visualisierungen.

Die Arbeiten aus diesem Projekt wurden auf internationalen Konferenzen bzw. Zeitschriften der jeweiligen Gebiete publiziert und haben positives Echo seitens der Anwender erhalten. Um eine möglichst effiziente Visualisierungsforschung in allen entsprechenden Teilprojekten des SFB 716 zu ermöglichen, und um neue Funktionen möglichst schnell allen Teilnehmern des SFB zukommen lassen zu können, wurde im Rahmen dieses Projekt eine erweiterbare und optimierbare Visualisierungs-Middleware geschaffen, welche auch die Basis für Teile der Arbeiten der Teilprojekte D.4 und D.5 darstellt.

### 3.4.2 Teilprojekt D.4: Interaktive Visualisierung dynamischer, komplexer Eigenschaften von Protein-Lösungsmittel-Systemen

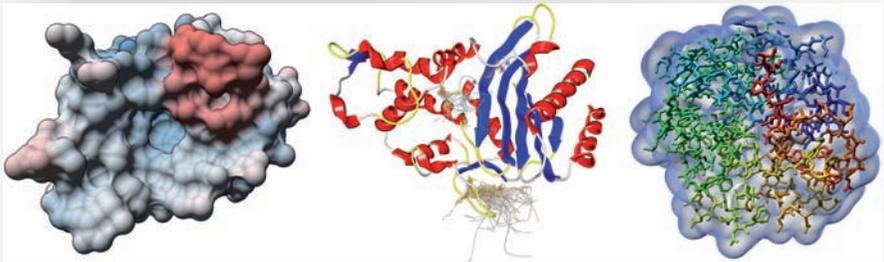
**Leiter** Prof. Dr. Thomas Ertl, Apl. Prof. Dr. Jürgen Pleiss  
**Mitarbeiter** Dipl.-Math. Katrin Bidmon, Dipl.-Inf. Michael Krone

Ziel dieses Projekts ist es, spezialisierte Visualisierungslösungen zur interaktiven Exploration von Protein-Lösungsmittel-Systemen zu entwickeln. Zu diesem Zweck werden neuartige Analysemethoden entwickelt und bestehende Darstellungstechniken verbessert. Durch eine geeignete graphische Darstellung der Simulationsergebnisse wird eine effiziente visuelle Analyse ermöglicht, wodurch die Projektpartner aus den Bereichen Biochemie und Biophysik in ihren Forschungen unterstützt werden. Besonders wichtig sind die Unterstützung großer, zeitabhängiger Datensätze und die Analyse spezifischer, dynamischer Eigenschaften der Proteine und des Lösungsmittels.

Verfügbare Programme zur Visualisierung von Proteinen bieten zwar vielfältige Möglichkeiten zur Darstellung und Analyse, sind jedoch oft nicht für die Verwendung mit den großen Ausgabedaten von Molekulardynamik-Simulation geeignet. Diese sogenannten Trajektorien können mehr als 50.000 Zeitschritte einer Simulation enthalten, wobei jeder Zeitschritt für gewöhnlich mehrere zehn- bis hunderttausend Atome umfasst. Eine Trajektorie kann somit über 20 GB Speicher benötigen. Um neue Visualisierungen und Analysetechniken für diese Daten effizient und flexibel umsetzen zu können wurde ein eigenständiges Programm implementiert. Die Basis hierfür ist das von Teilprojekt D.3 entwickelte *MegaMol*-System, welches auch von Teilprojekt D.5 verwendet wird, wodurch die Kooperation der Projekte vereinfacht wird.

Motiviert durch die Arbeiten der Projektpartner lag der Fokus hauptsächlich auf der direkten Darstellung von Proteinen und dem umgebenden Lösungsmittel. Unter Verwendung von GPU-Raycasting wurden gebräuchliche Darstellungen wie das

Stäbchenmodell, das Kalottenmodell und Moleküloberflächen (Krone, Bidmon, Ertl, 2009) implementiert (siehe Abb. 3.9). Ein weiteres Modell für Proteine, die Cartoon-Darstellung zur Visualisierung der Sekundärstruktur eines Proteins, wurde ebenfalls unter Verwendung aktueller, programmierbarer Graphikhardware umgesetzt (Krone, Bidmon, Ertl, 2008). Zur übersichtlichen Darstellung des Lösungsmittels wurden konfigurierbare Filtermechanismen integriert. Mit den sogenannten Lösungsmittelpfaden wurde eine Visualisierungsmethode zur Untersuchung der Dynamik des Lösungsmittels über eine gesamte Trajektorie entwickelt (Bidmon, Grottel, Bös, Pleiss, Ertl, 2008). Hierbei werden die Bewegung von Lösungsmittelmolekülen in einer bestimmten Region extrahiert und die gefundenen Pfade visualisiert. Eine weitere Arbeit befasste sich mit der Anbindung eines haptischen Eingabegeräts, so dass die Oberflächeneigenschaften eines Proteins ertastet werden können (Bidmon, Reina, Bös, Pleiss, Ertl, 2007). Alle Techniken wurden für die Verwendung mit großen, dynamischen Datensätzen entworfen, um eine interaktive Visualisierung der Simulationsergebnisse zu ermöglichen.



**Abb. 3.9:** Verschiedene Visualisierungen für Protein-Lösungsmittel-Systeme  
*Links:* Oberflächendarstellung; *Mitte:* Cartoon-Darstellung mit Lösungsmittelpfaden; *Rechts:* Stäbchen- und Oberflächen-Darstellung.

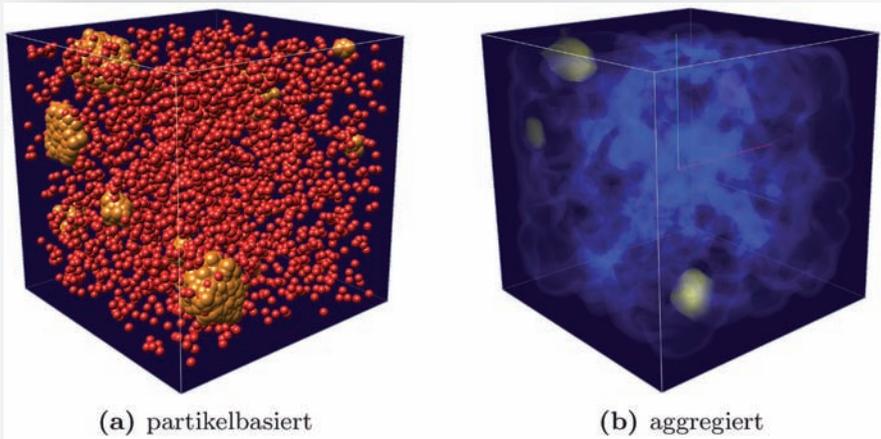
Biomoleküle haben teils komplexe Merkmale, welche sich nicht direkt aus klassischen Molekülmodellen ableiten lassen. Die Extraktion und die geeignete Darstellung dieser Eigenschaften sind Kernpunkte zukünftiger Entwicklungen. Ein Beispiel hierfür ist eine laufende Arbeit, welche sich mit der effizienten Identifizierung, Klassifizierung und Darstellung von Hohlräumen in Proteinen beschäftigt. Außerdem sollen Veränderungen der Proteinstruktur (z.B. das Öffnen von Kanälen) erkannt und visualisiert werden. Durch die Darstellung elektrostatischer Felder soll die Untersuchung davon beeinflusster Phänomene ermöglicht werden.

Von 2007 bis 2008 wurde das Projekt von Dipl. Math. Katrin Bidmon bearbeitet, 2009 wurde es an Dipl. Inf. Michael Krone übergeben. Das Projekt konnte bereits signifikante Beiträge zur Grundlagenforschung im Bereich Proteinvisualisierung leisten. Die neu entwickelten Techniken zur interaktiven Exploration von Primär-, Sekundär- und Oberflächendarstellung (Krone, Bidmon, Ertl, 2009) und zur Analyse von Lösungsmittelpfaden (Bidmon, Grottel, Bös, Pleiss, Ertl, 2008) wurden in den beiden bedeutendsten Zeitschriften des Fachgebiets publiziert.

### *3.4.3 Teilprojekt D.5: Aggregations- und Multiskalentechniken*

**Leiter** Prof. Dr. Daniel Weiskopf  
**Mitarbeiter** Dipl.-Math. Sven Bachthaler

Aus physikalischer Sicht erlaubt die Aggregation den Übergang vom Teilchenmodell der statistischen Physik zu aussagekräftigen thermodynamischen Größen, die dem Verständnis der simulierten Phänomene dienen. Daher ist das langfristige Forschungsziel dieses Teilprojekts die Entwicklung von Techniken zum Aufbau und der Verarbeitung der Multiskalenaggregation sowie zur ihrer interaktiven Visualisierung. Ebenso spielt die Effektivität der Visualisierung eine wichtige Rolle, insbesondere bei zeitabhängigen, großen Datensätzen. Herkömmliche Visualisierungsmethoden stoßen bei immer komplexeren Datensätzen an ihre Grenzen, wodurch es dem Benutzer immer schwerer fällt, eine Visualisierung auszuwerten. Daher sollen diese Visualisierungen durch eine automatische Hervorhebung von interessanten anwendungsspezifischen Merkmalen substantiell verbessert werden. Dabei muss eine Kombination unterschiedlicher Methoden entwickelt werden – abhängig von Datentyp, verwendeter Skala und Zeitabhängigkeit der Daten. Neben Visualisierungsansätzen für Skalarfelder (z.B. Dichteverteilungen), Geschwindigkeitsvektorfeldern (z.B. bei Strömungen) und symmetrischen Tensorfeldern sollen neue Darstellungsmethoden für elektromagnetische Felder entwickelt werden.



**Abb. 3.10:** Aggregations-Beispiel: (a) teilchenbasierte Visualisierung von Argonmolekülen; (b) Volumendarstellung des Dichtefeldes, das durch Aggregation erzeugt wurde. Tröpfchen werden durch die Transferfunktion farblich (gelb) hervorgehoben.

Dieses Teilprojekt wurde ab 2009 in den Sonderforschungsbereich aufgenommen und hat bisher schon international sichtbare Forschungsarbeit im Bereich der interaktiven Visualisierung von multivariaten wissenschaftlichen Datensätzen (Daten mit mehrfachen Attributen) aufzuweisen, was sich in zugehörigen Publikationen in sehr renommierten Zeitschriften des Fachgebiets zeigt (Bachthaler und Weiskopf, 2008; Bachthaler und Weiskopf, 2009; Bachthaler, Frey und Weiskopf, 2009). Abb. 3.10 zeigt ein typisches Beispiel der Aggregation – hier von Argonmolekülen.

### Literatur

- [1] S. Grottel, G. Reina, C. Dachsbacher, and T. Ertl. Coherent Culling and Shading for Large Molecular Dynamics Visualization. *Eurographics/IEEE Symposium on Visualization, EuroVis 2010*, To Appear, 2010.
- [2] S. Grottel, C. A. Dietrich, J. L. D. Comba, and T. Ertl. Topological Extraction and Tracking of Defects in Crystal Structures. *Topological Data Analysis and Visualization: Theory, Algorithms and Applications; Proceedings of TopoInVis 2009*. Springer, 2010. In Druck.
- [3] S. Grottel, G. Reina, and T. Ertl. Optimized Data Transfer for Time-dependent, GPU-based Glyphs. *PACIFICVIS '09: Proceedings of the 2009 IEEE Pacific Visualization Symposium*, S. 65-72, 2009.

- [4] S. Grottel, G. Reina, J. Vrabec, and T. Ertl. Visual Verification and Analysis of Cluster Detection for Molecular Dynamics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(6):1624-1631, 2007.
- [5] K. Bidmon, S. Grottel, F. Bös, J. Pleiss, and T. Ertl (2008). Visual Abstractions of Solvent Pathlines near Protein Cavities. *Computer Graphics Forum*, 27(3), S. 935-942.
- [6] K. Bidmon, G. Reina, F. Bös, J. Pleiss, and T. Ertl (2007). Time-Based Haptic Analysis of Protein Dynamics. *World Haptics Conference*, S. 537-542.
- [7] M. Krone, K. Bidmon, and T. Ertl (2008). GPU-based Visualisation of Protein Secondary Structure. *EG UK Theory and Practice of Computer Graphics*, S. 115-122.
- [8] M. Krone, K. Bidmon, and T. Ertl (2009). Interactive Visualization of Molecular Surface Dynamics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15(6), S. 1391-1398.
- [9] S. Bachthaler, and D. Weiskopf (2008). Continuous Scatterplots. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 14(6), S. 1428-1435.
- [10] S. Bachthaler, and D. Weiskopf (2009). Efficient and Adaptive Rendering of 2-D Continuous Scatterplots. *Computer Graphics Forum*, 28(3), S. 743-750.
- [11] S. Bachthaler, S. Frey, and D. Weiskopf (2009). CUDA-Accelerated Continuous Scatterplots. *VisWeek 2009 (poster session)*.

### **3.5 Sonderforschungsbereich Transregio 75: Tropfendynamische Prozesse unter extremen Umgebungs- bedingungen**

**Projekträger** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**Laufzeit** Seit 2010

#### *3.5.1 Teilprojekt A.3: Interaktive Visualisierung tropfendynamischer Prozesse*

**Leiter** Prof. Dr. Thomas Ertl  
**Mitarbeiter** Dr. Filip Sadlo, Dipl.-Phys. Alexander Seizinger

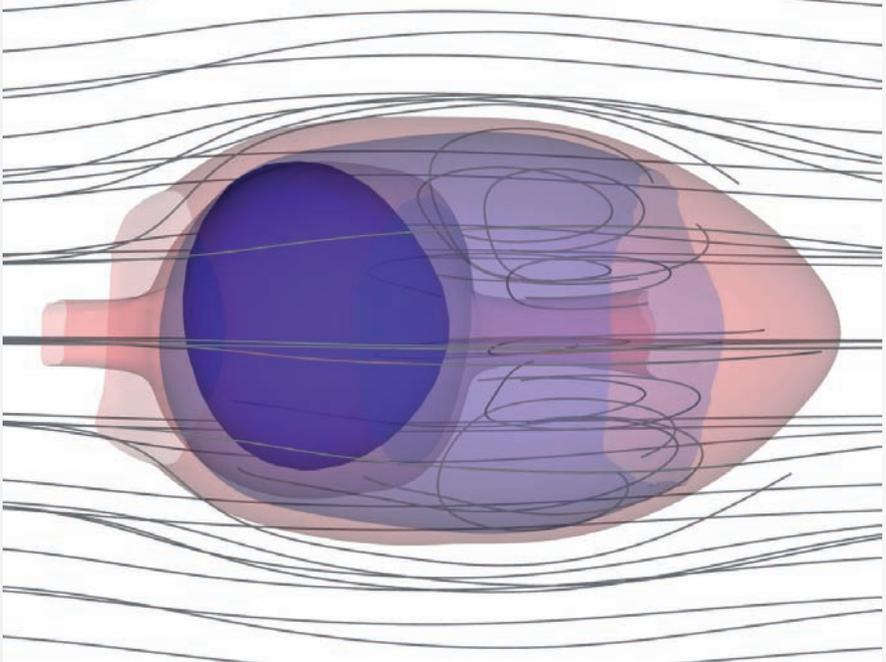
Gemeinsam mit der TU Darmstadt und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Lampoldshausen, erforscht die Universität Stuttgart in diesem Sonderforschungsbereich (SFB) seit dem Januar 2010 die Dynamik von Tropfen. Das Augenmerk liegt dabei auf Tropfen unter extremen Umgebungsbedingungen, wie sie beispielsweise in der Motorentechnik, dem Energietransport und der Luft- und Raumfahrt vorherrschen. Im Wesentlichen sind dies: Tropfen in der Nähe des kritischen Punktes und bei hohen Drücken, in starken Kraftfeldern, im thermodynamischen Nichtgleichgewicht bei extremen Temperaturen und im Kontext extremer Gradienten. 13 Teilprojekte haben die experimentelle, theoretische und simulationstechnische Erforschung der physikalischen Vorgänge zum Inhalt, während das VISUS, gewissermaßen übergreifend, Methoden zur Analyse, Vergleich und Austausch der resultierenden Daten und Modelle erforscht und bereitstellt. Während sich die erste Förderperiode, also die ersten vier Jahre, dieses SFBs auf die Erforschung von Einzeltröpfchen konzentriert, soll in den darauffolgenden Perioden in den Kontext von Tröpfchengruppen und Sprays fortgeschritten werden.

In der ersten Phase dieser Förderperiode befassen sich die anderen Teilprojekte mit dem Aufbau der experimentellen, theoretischen sowie simulatorischen Grundlagen. Für deren Deduktion und Validierung werden Visualisierungsmethoden benötigt, welche Grundlagenanalysen und den Vergleich mit Referenzdaten und –modellen ermöglichen, sowohl quantitativ wie qualitativ. Dies erfordert die Entwicklung maßgeschneiderter Analysemethoden seitens des Instituts VISUS. Allgemein entwickelt das Institut in dieser Zeit die Grundlagen für die Visualisierung der Daten und Modelle, d.h. für deren computergrafisch orientierte Analyse. Dazu wird ein Visualisierungssystem etabliert, welches allen Teilprojekten die Analyse sowie den Vergleich und Austausch ihrer Resultate ermöglicht. In Anbetracht der zu erwartenden großen Datenmengen

sowie ihrer Komplexität und Variabilität sind direkte Analysemethoden typischerweise unzureichend. Ein geeigneter Ansatz sind merkmalsbasierte Visualisierungsverfahren, d.h. Verfahren welche zuvor essenzielle Informationen, häufig in Form von abgeleiteten Größen und insbesondere geometrischer Strukturen, extrahieren und die nachfolgende, typischerweise quantitative, Analyse darauf stützen. Eine weitere Aufgabe in der ersten Förderphase dieses Teilprojekts ist die Entwicklung und Bereitstellung von Methoden, welche die in den nachfolgenden Förderphasen zu erwartenden Problemstellungen und Datenanforderungen erfüllen, sowohl in Betracht derer Größe, wie auch Repräsentation. Ein wichtiges Mittel ist dabei die Parallelisierung der Methoden, sowohl auf mehreren Grafikprozessoren (GPUs), wie auch auf Rechnerverbunden, den sogenannten Clustern. Hierbei ist insbesondere dem Übergang von uniformen zu adaptiven Datengittern aufgrund der Verschiebung des Forschungsaspekts auf Tropfen- und Sprays Rechnung zu tragen.

Die Forschungsschwerpunkte des VIS-Teilprojekts liegen dabei auf der interaktiven Visualisierung großer zeitabhängiger Daten, der Extraktion und Verfolgung von Merkmalen über die Zeit und die Analyse ihrer Dynamik, der Visualisierung von physikalischen Eigenschaften im Tropfenkontext und der vergleichenden Visualisierung von Simulations- und Messergebnissen.

Ein nicht zu unterschätzendes Problem in Projekten mit langer Laufzeit und heterogenem Umfeld ist die Lebensdauer von Software und die Vielfalt der Anforderungen und Präferenzen der Projektpartner. In diesem Fall sind dies 12 Jahre und 15 Arbeitsgruppen, welche die Problemstellung experimentell, theoretisch und numerisch angehen. Das VISUS hat sich deshalb entschieden, die entwickelten Visualisierungsmethoden systemübergreifend bereitzustellen, d.h. sie systemunabhängig zu entwickeln und dann mittels sogenanntem „Wrapping“ in Standardvisualisierungspakete einzubinden. Dies erlaubt den Projektpartnern die Verwendung der Software ihrer Wahl, erhöht somit die Kontinuität und Effizienz ihrer Prozesse und erleichtert die Verwendung der Visualisierungsmethoden auch für zukünftige Visualisierungssysteme. Die Beschleunigung der Visualisierung mittels Parallelisierung auf GPUs und Clustern spielt in den meisten Forschungsschwerpunkten eine wichtige Rolle. Um auch in diesem Punkt die Zukunftssicherheit und Flexibilität zu erhöhen, wird gerade die Programmiersprache OpenCL diesbezüglich evaluiert. Hierbei dient die Methode des finite-time Lyapunov Exponenten (FTLE) als erstes „Leitbeispiel“, für dessen Berechnung zu jedem Abtastpunkt im Raum eine Trajektorie berechnet werden muss. Diese Methode ist somit sehr rechenaufwendig und deshalb ein idealer Kandidat für eine Beschleunigung mittels GPUs (siehe Abb. 3.11).



**Abb. 3.11:** Visualisierung der zeitabhängigen Umströmung eines oszillierenden Tropfens (dunkelblau). Die Hauptströmungsrichtung geht von links nach rechts (Trajektorien). Die Um- und Nachlaufströmung wurde durch Gratflächen im GPU-berechneten finite-time Lyapunov Exponenten visualisiert. Die rote transparente Fläche zeigt die Organisation der Strömung in positiver und die blaue transparente Fläche in negativer Zeitrichtung auf. Die Simulation wurde vom ITLR, Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt, erstellt.

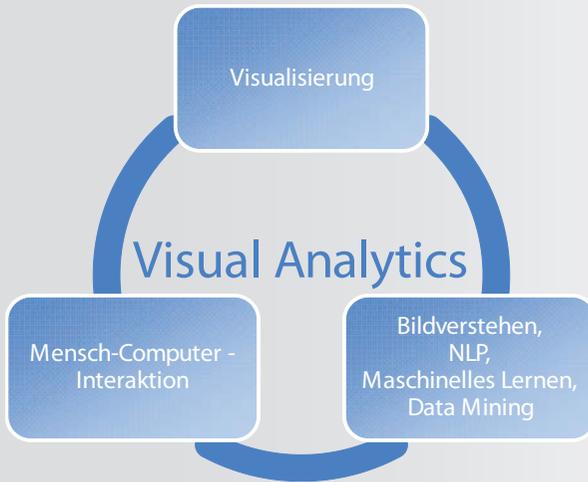
### 3.6 Schwerpunktprogramm (SPP 1335) Scalable Visual Analytics

**Projektträger** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**Laufzeit** Von 2008 bis 2011

In der heutigen computerisierten Gesellschaft fallen enorme Mengen digitaler Daten an. Dies gilt nicht mehr nur für die moderne Arbeitswelt, sondern trifft mittlerweile auch auf nahezu alle anderen Bereiche des täglichen Lebens zu. Bedingt durch die starke Zunahme und die große Dynamik dieses Datenaufkommens entsteht hierbei zusehends eine Kluft zwischen der Speicherung dieser Information und deren effizienter Auswertung. Während man diesem Problem in einigen Bereichen mit automatisierten Auswertungsmechanismen begegnen kann, lassen sich solche Strategien alleine für komplexe Fragestellungen und große Mengen unstrukturierter Daten, wie z.B. Videodaten und digitale Textdokumente, nicht mehr zielführend einsetzen. Um die entstehende Lücke zu schließen, entstand mit „Visual Analytics“ in jüngster Zeit eine Forschungsrichtung, welche die Entwicklung von Methoden zum Ziel hat, mit deren Hilfe sich aus den gespeicherten Datenmengen gezielt und effektiv Nutzen ziehen lässt. Visual Analytics verfolgt hierfür die Strategie, die jeweiligen Stärken von Mensch und Computer auszunutzen. Während die Stärken des Computers in der schnellen und zuverlässigen Berechnung einfacher Merkmale in großen Datenmengen liegt, liegen die Stärken des Menschen in der Mustererkennung und der Ableitung nicht trivialer Hypothesen. Eine geschickte Kombination von Mensch und Maschine kompensiert deren Schwächen durch die Verteilung der Aufgabe an die am Besten dafür geeignete Komponente. Eine solche Vorgehensweise macht jedoch eine Kombination von Verfahren aus unterschiedlichen Bereichen der Informatik erforderlich.

Grundsätzlich umfasst Visual Analytics drei wichtige Bausteine (Abb. 3.12). Durch den Einsatz geeigneter Visualisierungstechniken sollen große Datenbestände begreifbar dargestellt und darin zuvor verborgene Zusammenhänge für Anwender erfassbar und nutzbar gemacht werden. Die bereits angesprochenen automatisierten Verfahren aus Bereichen, wie der natürlichen Sprachverarbeitung, dem Bildverstehen, Data Mining und maschinellen Lernen, bilden einen weiteren wichtigen Baustein für die Auf- und Nachbereitung der zu analysierenden Informationen. Mensch-Computer-Interaktion (Human Computer Interaction) bietet als dritter Baustein die notwendige Verbindung für die Steuerung automatisierter Verfahren mittels visueller Komponenten, Methoden zur Exploration visualisierter Datenräume sowie Möglichkeiten, um Visualisierungen problemgerecht auszuwählen oder anzupassen. Die sich daraus ergebenden Möglichkeiten, komplexe Analyseprobleme zu lösen, sind daher nicht durch einen bestimmten

Aufbau festgelegt, sondern erlauben vielmehr die Entwicklung von an die jeweilige Situation angepassten, iterativen Auswertungsverfahren.



**Abb. 3.12:** Visual Analytics und zugehörige Teilbereiche

Skalierbarkeit stellt in diesem Zusammenhang einer der zentralen Herausforderungen dar. Neben der großen Datenmenge ergeben sich je nach Einsatzbereich Problemstellungen hinsichtlich der Heterogenität und Dimensionalität der Daten, der Verarbeitung von Echtzeitdaten sowie deren Vertrauenswürdigkeit und Vollständigkeit. Abgesehen von der Datenskalierbarkeit müssen die eingesetzten Visualisierungstechniken Skalierbarkeit im Hinblick auf die Verständlichkeit der genutzten visuellen Metaphern, gute Ausnutzung der vorhandenen Anzeigefläche sowie die Bereitstellung geeigneter Interaktionsmechanismen zu deren effizienter Bedienung gewährleisten. Weitere Aspekte sind die Unterstützung unterschiedlicher Benutzergruppen, sowohl im Hinblick auf deren Wissenstand als auch Aufgabengebiet, die Kooperation von Benutzern und der Einsatz unterschiedlicher Endgeräte für Analyseaufgaben.

Im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms „Scalable Visual Analytics“ werden ausgewählte Forschungsprojekte gefördert, die mehrere der oben genannten Forschungsbereiche beinhalten. Das Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme ist mit gleich zwei Projekten am Schwerpunktprogramm beteiligt. Das erste beschäftigt sich mit der Analyse von Videodaten, während im zweiten die Auswertung von Patentinformationen im Mittelpunkt steht. Beide Projekte werden nachfolgend vorgestellt.

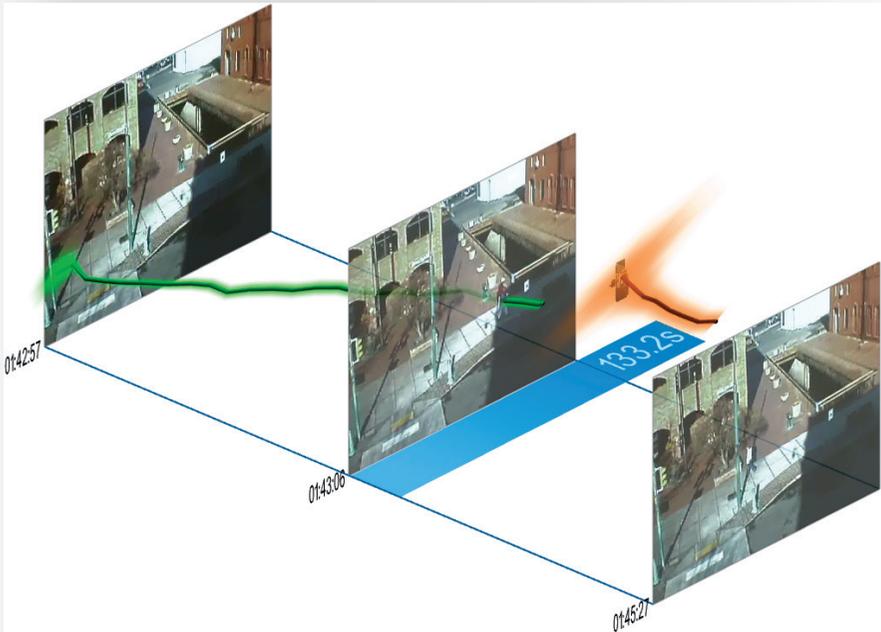
### 3.6.1 Teilprojekt: Skalierbare visuelle Analyse von Videodaten

**Leiter** Prof. Dr. Daniel Weiskopf; Prof. Dr. Gunther Heidemann  
**Mitarbeiter** Dipl.-Ing. Markus Höferlin, Dipl.-Inf. Benjamin Höferlin

Heutzutage machen Videodaten einen Großteil der elektronischen Daten aus. Ein typisches Beispiel für kontinuierliche Daten sind Videostreams von Überwachungskameras (closed circuit television, CCTV). Die gängige Praxis Videos zu analysieren ist diese anzuschauen. Offensichtlich skaliert diese Methode nicht mit dem ansteigenden Videovolumen, da es auch während den größtenteils uninteressanten Videoteilen dauerhafte Aufmerksamkeit erfordert. Das Hauptziel dieses Projektes ist, den Benutzer in seiner interaktiven Videoanalyse zu unterstützen, um effizient normales von abnormalem Verhalten zu unterscheiden. Die Herausforderung hierbei ist, dass vorab keine umfassende Definition von abnormalem Verhalten verfügbar ist. Deshalb können vollautomatische Algorithmen keine tiefgehende Analyse leisten. Eine weitere Herausforderung stellt die Interpretation der Bilddaten komplexer Szenarien dar. Oftmals ist das Bild mit Rauschen überlagert und Szeneninformationen sind aufgrund von Verdeckungen nur teilweise vorhanden. Wir verwenden den Visual-Analytics-Ansatz und kombinieren dafür automatische Bildanalyse mit Visualisierung und Benutzerinteraktion. Somit können Mehrdeutigkeiten und Unsicherheiten der computerbasierenden Videoanalyse durch den menschlichen Benutzer aufgelöst werden, welcher hervorragende Fähigkeiten mitbringt, Bilder zu interpretieren und Strukturen zu identifizieren.

Die Bearbeitung findet im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart (VISUS) und der Abteilung Intelligente Systeme des Instituts für Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS) statt.

Das Ziel dieses Projektes ist ein skalierbares Visual-Analytics-System für Videodaten. Dafür stellen wir dem Benutzer verschiedene Sichten auf Videodaten zur Verfügung, welche mit automatisch extrahierten Merkmalen angereichert werden. Ein Beispiel hierfür ist die dreidimensionale Videovisualisierung mit eingeblendeten Trajektorien sich bewegender Objekte, die in Abb. 3.13 zu sehen ist.



**Abb. 3.13:** 3D Videovisualisierung mit eingeblendeten Trajektorien

Diese Visualisierung wird VideoPerpetuoGram genannt. Um die angestrebte Skalierbarkeit zu erreichen, wird auf die Relevanzbewertung des Benutzers zurückgegriffen, die er innerhalb des Analyseprozesses erarbeitet. Im Beispiel aus Abb. 3.13 wird die Relevanz einer Trajektorie mittels Filter definiert. Irrelevante Videoteile werden ausgelassen und durch einen blauen Balken ersetzt. Diesem Visual Analytics System wurde die Auszeichnung „Outstanding Video Analysis Tool“ der *Video Mini Challenge* des *IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology 2009* verliehen.

### 3.6.2 Teilprojekt: Scalable Visual Patent Analysis

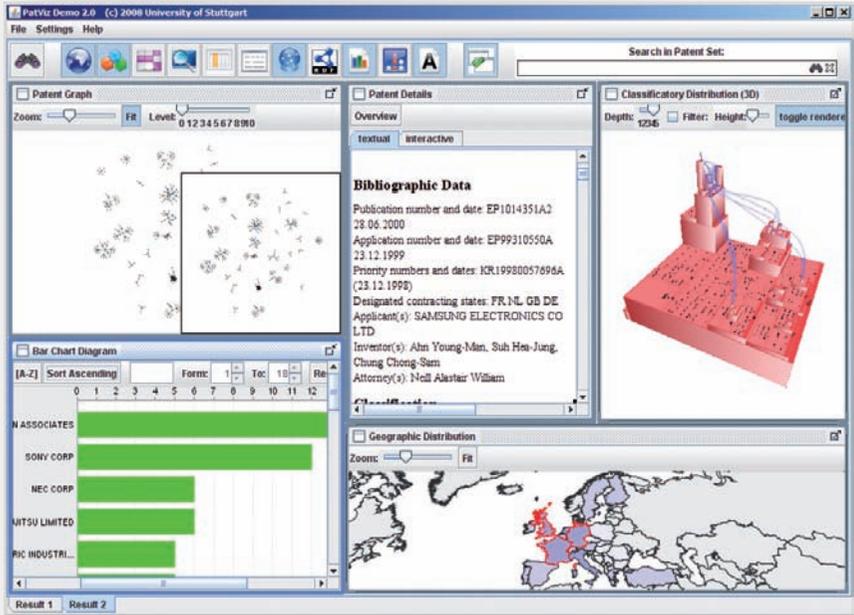
**Leiter** Prof. Dr. Thomas Ertl; Prof. Dr. Hinrich Schütze  
**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Steffen Koch

Patente gewinnen im Zeitalter globalisierter Märkte zunehmend an Bedeutung. Zudem steht mit der großen Anzahl der nicht oder nicht mehr gültigen Patente ein enormer Schatz an technischem Wissen zur Verfügung, der weltweit genutzt werden kann.

Aktuelle und öffentlich zugängliche Patentdatenbanken umfassen weltweit mehr als 60 Millionen Patentedokumente, von denen rund 6,3 Millionen derzeit in Kraft sind, wobei die Zahl von Patentneuanmeldungen weiter zunimmt. Außer für Kanzleien und Patentämter wird der Zugriff auf Patentdaten auch für Forschung und Entwicklung immer wichtiger. Doch obwohl Patentedokumente mit einer Vielzahl an Zusatzinformationen in Datenbanken abgespeichert sind, gestaltet sich insbesondere die Suche nach relevanten Patentinformationen schwierig. Der Einsatz von Such- und Recherchestrategien, wie sie für das Internet zu Verfügung stehen, wird durch Besonderheiten der Patentinhalte erschwert. Zudem sind die Ansprüche an die Suche nach Patentedokumenten deutlich höher als bei der Websuche. Während sich Benutzer eines Internetsuchdienstes üblicher Weise mit wenigen „guten“ Suchergebnissen zufrieden geben, ist es bei der Patentsuche mitunter notwendig alle relevanten Patentedokumente zu finden – andernfalls drohen schwerwiegende finanzielle Konsequenzen.

Innerhalb des Projekts „Scalable Visual Patent Analysis“ richtet sich das Hauptaugenmerk daher auf die Erforschung und Entwicklung neuer Ansätze zur Integration von benutzergesteuerten interaktiven Methoden und hochentwickelten Verfahren für die Textanalyse auf dem Gebiet gewerblicher Schutzrechte. Die Durchführung findet in Kooperation mit dem Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung (IMS) statt. Auf Seite des IMS wird das Projekt von Prof. Ph.D. Hinrich Schütze geleitet, während seitens des Instituts für Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS) Prof. Dr. Thomas Ertl verantwortlich zeichnet. Zudem sind die wissenschaftlichen Mitarbeiter Charles Jochim (IMS) und Steffen Koch (VIS) mit Forschung und Entwicklung innerhalb des Projektes betraut.

Mit dem im Herbst 2008 erfolgreich abgeschlossenen EU-Projekt „PatExpert“ konnte VIS bereits Erfahrungen im Bereich der Patentanalyse und der Visualisierung von Patentdaten sammeln. Innerhalb von PatExpert entstand das Visualisierungswerkzeug „PatViz“, welches es unter anderem erlaubt, die Ergebnisse einer Patentsuchanfrage in unterschiedlichen Ansichten gleichzeitig darzustellen (siehe Abb. 3.14).



**Abb. 3.14:** Unterschiedliche Ansichten auf Patentdokumente

Die in PatExpert erzielten Resultate dienen nun als Forschungsgrundlage, der Fokus ändert sich jedoch hin zu Patent-Klassifikationsproblemen und deren Kombination mit Verfahren der Natürlichen Sprachverarbeitung (NLP). Hauptziel des Projektes ist es, die Basis für eine neue Methodik zur skalierbaren visuellen Analyse von Patentinformationen zu entwickeln. Erfolgreiche Veröffentlichungen (z.B. [1]), sowie öffentliches Interesse dokumentieren, dass die eingeschlagene Richtung stimmt.

Literatur

[1] S. Koch, H. Bosch, M. Giereth, and T. Ertl, "Iterative integration of visual insights during patent search and analysis," in Proc. IEEE Symp. Visual Analytics Science and Technology, 2009. (VAST 2009), Oct. 2009, pp. 203–210

### 3.7 Personalized Environmental Service Configuration and Delivery Orchestration (PESCaDO)



<b>Projektträger</b>	EU-Forschungsrahmenprogramm
<b>Projektpartner</b>	Partner aus Deutschland, Spanien, Italien, Griechenland und Finnland
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Thomas Ertl
<b>Mitarbeiter</b>	M.Sc. Harald Bosch
<b>Laufzeit</b>	1.1.2010 bis 31.12.2012

Im World Wide Web existiert eine unüberschaubare Menge an Umwelt- und Wetterinformationen von verschiedensten Anbietern. So wie beispielsweise heute jeder Videos, Bilder und Kurznachrichten über entsprechende Portale einfach im Web veröffentlichen kann, können Endanwender auch die Daten ihrer privaten Wetterstationen über Dienste wie „Weather Underground“<sup>TM</sup> in Echtzeit zur Verfügung stellen. Aufgrund dieser Menge an verfügbaren Daten entsteht ein wachsender Bedarf an Unterstützung bei persönlichen Entscheidungen, die vom Wetter abhängig sind. Dieser Bedarf begründet sich vor allem darin, dass man häufig die Informationen mehreren Anbietern verknüpfen möchte. Zum einen ist die Qualität der Information ungewiss solange man nur die Aussagen eines Anbieters kennt. Zum anderen findet man nicht immer alle nötigen Informationen wie z.B. Niederschlagswahrscheinlichkeit, Temperatur, Pollenbelastung und Feinstaubkonzentration gleichzeitig bei einem Anbieter. Vor allem wenn sich verschiedenen Quellen widersprechen benötigen Benutzer eine fundierte Entscheidungsgrundlage.

Das Projekt PESCaDO, welches durch das siebte EU-Forschungsrahmenprogramm gefördert wird, soll diesen Bedarf nach personalisierter Entscheidungsunterstützung aufgrund von Umweltinformationen decken. Hierzu sollen zukünftig in einem vorgelegten Schritt die verfügbaren Quellen von Umweltinformationen im Web automatisch gesucht und katalogisiert werden, um für Anfragen von Benutzern zur Verfügung zu stehen, um daraus die benötigten Umweltinformationen zu berechnen. Anschließend wird aus dem Katalog eine geeignete Menge an Informationsquellen ausgewählt und für den Benutzer verknüpft in eine Antwort des Systems transferiert. Das PESCaDO Projekt umfasst fünf Forschungsschwerpunkte:

1. Das Finden von Umweltdiensten im Web, um bessere Alternativen anzubieten oder eine Verkettung von Diensten zu ermöglichen. Damit soll

- die Datengrundlage geschaffen werden, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen oder eigene Dienste anzubieten.
2. Die Bewertung des Vertrauens in die Informationen eines Dienstes und das Erstellen zuverlässiger Metriken zur Beurteilung der Unsicherheit bei komplexen Dienstverknüpfungen.
  3. Das Ermöglichen einer dynamischen Auswahl und Verknüpfung von Dienst-Knoten aufgrund von Qualität, Inhalt oder der Konfiguration des eigenen Dienstes.
  4. Das Integrieren der Benutzer in den gesamten Prozess der Dienst-Orchestrierung und Informationsbeschaffung.
  5. Das Unterstützen der Dienst-Orchestrierung zur Entscheidungsunterstützung.

PESCaDO ist eine Kooperation mit Partnern aus Deutschland, Spanien, Italien, Griechenland und Finnland. Das Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme wird während der Laufzeit von der EU mit 58 Personenmonaten gefördert und wird sich vor allem mit der Integration des Benutzers in den Prozess der Entscheidungsunterstützung und Umweltdienstentwicklung beschäftigen. Hierbei liegt der Fokus auf drei Bereichen: der Entwicklung von Interaktionstechniken zur effizienten Erstellung von Anfragen an das System, der Entwicklung von Feedbackmechanismen, um einen iterativen Analyseprozess zu realisieren, und der Entwicklung von Methoden zur visuellen Analyse von Unsicherheitsmetriken. Da die Berechnungen zur Entscheidungsunterstützung in PESCaDO auf semantischen Strukturen stattfinden, sollten die Anfragen möglichst gut in diese äußerst präzise Repräsentation zu übersetzen sein. Gleichzeitig muss aber die Anfragesprache auch flexibel genug sein, um ein weites Feld von Problemstellungen beschreiben zu können. Um diese Ziele zu verfolgen, benötigt das System ein Bindeglied, welches es den Benutzern erlaubt, einfache, flexible aber trotzdem präzise Anfragen erstellen zu können. Hierfür soll die Arbeit an dem visuellen Anfrageeditor, der von VIS im PATExpert Projekt erstellt wurde, fortgeführt werden. Der zweite Schwerpunkt liegt auf der engen Verbindung von Ergebnispräsentation und Anfrage, da sich bei der Entscheidungsfindung aufgrund der vom System präsentierten neuen Informationen die ursprüngliche Planung schnell verändern kann. Hierfür müssen neue Feedbackmechanismen entwickelt werden, um die in der Antwort präsentierten Aspekte unkompliziert in die Anfrage zu übernehmen und damit einen schnellen und iterativen Interaktionsprozess zu ermöglichen. Etwas von diesem Anwendungsfall entfernt ist der dritte Schwerpunkt, der primär für Anbieter von abgeleiteten Diensten interessant ist. Um die Menge an katalogisierten Umweltdiensten handhaben zu können und die entwickelten Unsicherheitsmetriken zu evaluieren,

sollen neue Methoden der Visuellen Analyse eingesetzt werden. Dazu sind Visualisierungstechniken für Unsicherheitsfaktoren und deren Ursprung nötig sowie Interaktionstechniken, um die aus der Darstellung getroffenen Erkenntnisse in die Parameter der Metriken zu übernehmen. Das Arbeitspaket Visualisierung und Interaktion innerhalb des PESCaDO Projekts wird von Harald Bosch bearbeitet.

### 3.8 Photo-realistische und interaktive Darstellung astronomischer Objekte für digitale Planetarien

<b>Projektträger</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>Projektpartner</b>	Institut für Computergrafik der TU Braunschweig
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Daniel Weiskopf
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Inf. Marco Ament
<b>Laufzeit</b>	2010 bis 2012



**Abb. 3.15:** Links: Reale Aufnahme des Nebels NGC 1999 [1].  
Rechts: 3D-Visualisierung eines künstlichen Nebels [2].

Bei diesem Forschungsprojekt werden Methoden für die naturgetreue und schnelle 3D-Visualisierung von realen astronomischen Objekten entwickelt. Insbesondere wird die räumliche Struktur von planetarischen Nebeln anhand von realen wissenschaftlichen Beobachtungen und mittels physikalischer Randbedingungen rekonstruiert. Dabei muss aus astronomischen 2D-Bilddaten ein physikalisch konsistentes 3D-Mo-

dell berechnet werden und mittels globaler Beleuchtung realistisch dargestellt werden. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, das Verständnis von kosmologischen Phänomenen visuell und wissenschaftlich fundiert einer breiten Öffentlichkeit zu vermitteln durch den Einsatz von hoch aufgelösten Kuppelprojektionen, wie sie in modernen digitalen Planetarien vorhanden sind. Die Herausforderung dabei besteht in der interaktiven Visualisierung mit Multi-Video-Projektionen in Echtzeit, ohne langwierige Vorproduktion einer festgelegten Film-Sequenz.

Das Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen eines Normalverfahrens für einen Zeitraum von drei Jahren finanziell gefördert und wird in Kooperation mit Prof. Dr. Marcus Magnor vom Institut für Computergrafik an der TU Braunschweig durchgeführt. Schwerpunktthema der Arbeitsgruppe in Braunschweig ist die räumliche Rekonstruktion von planetarischen Nebeln aus astronomischen Beobachtungen. Insbesondere werden dabei auch Bilddaten außerhalb des sichtbaren Lichtspektrums verwendet, um ein möglichst detailliertes Modell zu erhalten. Das Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart (VISUS) ist für die realistische Darstellung der rekonstruierten Nebel verantwortlich. Dabei spielt vor allem die Parallelisierung der volumetrischen Beleuchtung auf einem Cluster und mittels moderner Grafik-Hardware (GPU) eine wichtige Rolle, um eine hochaufgelöste Darstellung in Echtzeit zu erreichen. Des Weiteren werden visuelle Einflüsse der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie in die Visualisierung integriert, um weitreichende kosmologische Effekte zu verdeutlichen. Hier gibt es eine enge Kooperation mit dem Projekt „Relativistische Visualisierung“.

Die Darstellung der Nebel erfolgt durch Verfolgung von Lichtstrahlen, auch „Ray Casting“ genannt. Dabei wird für jedes darzustellende Pixel ein Strahl verfolgt, der durch eine physikalische Simulation den jeweiligen Farbwert berechnet. Da dieses Verfahren äußerst rechenaufwendig ist, insbesondere für großflächige und hochaufgelöste Projektionen, kommen moderne Grafikkarten und parallele Cluster zum Einsatz. Die Beschleunigung der Visualisierung wird durch Zerlegung der Bildebene in viele Teilbilder erreicht, mit einem sogenannten „Sort First“-Ansatz. Jedes der Teilbilder wird unabhängig voneinander auf jeweils einem Rechenknoten eines verteilten GPU-Clusters berechnet. Dadurch kann die Gesamtlaufzeit deutlich verbessert werden, da die Einzelbilder parallel verarbeitet werden können. Zuletzt werden die einzelnen Teilbilder zu einem großen Gesamtbild aneinander geordnet, so dass ein nahtloser Übergang entsteht. Als besondere Herausforderung gilt die Beschleunigung der mehrfachen Lichtstreuung in Nebeln, da hier eine Abhängigkeit zwischen den Teilbildern entsteht

und Daten zwischen den einzelnen Rechenknoten ausgetauscht werden müssen, was zu einer verminderten Effizienz führt.

Die volumetrische Nebel-Visualisierung wird durch visuelle Effekte aus der Relativitätstheorie ergänzt, um Bewegungen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit darzustellen oder um den Einfluss sehr massereicher Objekte wie schwarze Löcher zu visualisieren. Die spezielle Relativitätstheorie beschreibt die Beziehung zwischen relativ zueinander bewegten Bezugssystemen und berücksichtigt die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit. Da die spezielle Relativitätstheorie gravitative Effekte nicht berücksichtigt, breiten sich Lichtstrahlen geradlinig aus, so dass bekannte Darstellungsverfahren für Oberflächengeometrie entsprechend erweitert werden können. Die allgemeine Relativitätstheorie beschreibt auch Effekte, die durch die Gravitationskraft von sehr massereichen Objekten auf das Licht wirken. In diesem Kontext breiten sich Lichtstrahlen nicht mehr geradlinig aus, sondern können einen gekrümmten Verlauf entlang einer Geodäten haben, z.B. in der Nähe eines schwarzen Lochs. In diesem Projekt wird vor allem untersucht, welche Erweiterungen erforderlich sind, um volumetrische Daten wie Nebel und punktweise Daten wie Sterne effizient darzustellen [3].

Die Ergebnisse der Rekonstruktion und der Visualisierung werden in ein gemeinsames System integriert und sollen im Planetariumsbetrieb getestet werden, um den praktischen Nutzen zu evaluieren. Im Vergleich zu existierenden Systemen soll eine detaillierte und physikalisch konsistente Visualisierung in Echtzeit gelingen, um beeindruckende und gleichzeitig flexible Präsentationen durchführen zu können.

#### Referenzen:

- [1] NASA/ESA Hubble Heritage Image Gallery. NGC 1999. <http://heritage.stsci.edu/gallery/wallpaper/2000-10/>
- [2] M. Magnor, K. Hildebrand, A. Lintu and A. Hanson. Reflection nebula visualization. In Proc. IEEE Visualization, pages 255-262, Los Alamitos, CA, USA, 2005. IEEE Computer Society.
- [3] T. Müller and D. Weiskopf. Distortion of the stellar sky by a Schwarzschild black hole. American Journal of Physics, vol. 78, pages 204-214, 2010.

### 3.9 Semiüberwachte Koreferenzerkennung (SüKRE)

<b>Projektträger</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Gunther Heidemann
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Inf. André Burkovski
<b>Laufzeit</b>	1.7.2009 bis 30.06.2011

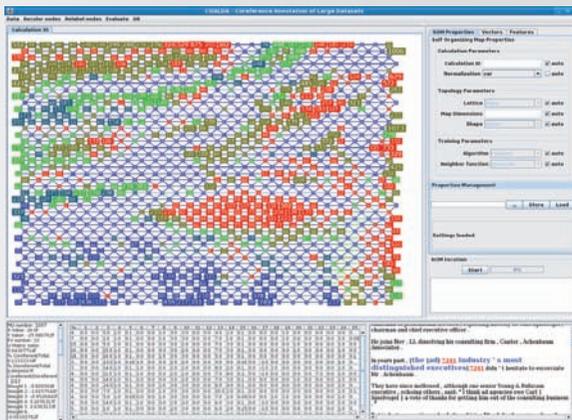
Eine Teildisziplin der Künstlichen Intelligenz (KI) ist die Verarbeitung von natürlich-sprachlichen Texten. Täglich wird man mit Rechtschreibprüfungen, Wörterbüchern für Mobiltelefone (T9) und Übersetzungssoftware konfrontiert; dahinter steckt meist ein statistisches Modell der natürlichen Sprache. Spannend wird es, wenn man sich als nächsthöheres Ziel das Textverstehen setzt. Eine Vielzahl an Werkzeugen und Methoden ist notwendig, um semantische Aussagen über Texte machen zu können. Eines der wichtigsten davon ist die Koreferenzerkennung.

Als Koreferenz bezeichnet man eine Beziehung zwischen zwei Nominalphrasen, bei der die eine Phrase durch die andere Phrase ersetzt werden kann und dabei der semantische Sachverhalt erhalten bleibt. Am Beispiel vom Textausschnitt „Petra findet Informatik toll. Sie wird es studieren.“ kann man das Personalpronomen ‚Sie‘ durch das Nomen ‚Petra‘ und ‚es‘ durch ‚Informatik‘ ersetzen. Dadurch gehören ‚Sie‘ und ‚Petra‘ zu einer sogenannten Entität. Der zweite Satz würde entsprechend „Petra wird Informatik studieren.“ lauten. In der Praxis sind aber die Texte schwieriger zu verstehen als im gegebenen Beispiel. Bis heute gilt Koreferenzerkennung als eines der anspruchsvollsten Probleme in der natürlich-sprachlichen Textverarbeitung.

Eine Herausforderung ist es, maschinelle Lernverfahren für die Koreferenzerkennung zu optimieren. Die meisten Verfahren beruhen auf dem Prinzip des „überwachten Lernens“. Dabei werden Lernverfahren mit Hilfe eines Datensatzes trainiert und anschließend auf einem anderen Datensatz getestet. Die eingesetzten Metriken dienen dazu, die Qualität des Ergebnisses zu bestimmen. Die Lernverfahren haben jedoch ein allgemeines und gemeinsames Problem: Die Menge der Daten zum Trainieren und Testen ist sehr gering. Dadurch entsteht der Effekt, dass Lernverfahren sich an eine bestimmte Datenart gewöhnen und nur für diese gute Ergebnisse liefern. Daten, die vom erlernten Schema abweichen, führen zu fehlerhaften Ergebnissen. Es werden zum Beispiel in der Praxis vorverarbeitete Nachrichtentexte zum Trainieren verwendet. Das hat den Vorteil, dass die Sprache in Nachrichten sehr formal und teilweise einfach strukturiert ist; die Werke von Schiller dagegen haben einen komplett anderen Stil und Wortschatzumfang. Das Problem dabei ist, dass Lernverfahren, welche auf Nachrich-

textente trainiert wurden, für Texte von Schiller sehr schlechte Ergebnisse liefern würden. Es ist daher sehr wichtig, viele unterschiedliche Datenarten für die Lernverfahren einzusetzen, um eine möglichst allgemeine und breite Schicht von Daten abzudecken.

Neue Texte mit Koreferenzinformation zu kennzeichnen ist für den Menschen ein schwieriges Unterfangen. Das wesentliche Problem ist, dass der Mensch sehr viel Zeit braucht, um Texte zu lesen und zu verarbeiten. Die Koreferenzerkennung für eine einzelne Phrase beim Menschen ist jedoch äußerst präzise. In diesem Projekt, gefördert durch die DFG, werden zwei Ziele verfolgt: eine schnelle Konstruktion von Testdaten und die Anwendung eines neuartigen neuronalen Netzes zur Klassifikation. Hier ist die Herausforderung, die langsame aber dafür hochpräzise menschliche Mustererkennung mit geeigneten Methoden aus der Künstlichen Intelligenz und Datenanalyse zu vereinen. Die schnelle Konstruktion von Testdaten wird durch eine Visualisierung von linguistischen Merkmalen erreicht. Die Visualisierung soll den Menschen bei der Koreferenzerkennung unterstützen. Das dabei eingesetzte neuronale Netz, eine Self Organizing Map (Kohonen, 1982), dient dazu, einen hochdimensionalen Merkmalsraum auf einen niedrigdimensionalen Projektionsraum abzubilden. Hierbei werden benachbarte Daten im Merkmalsraum auf benachbarte Stellen im Projektionsraum abgebildet. Durch eine geeignete Wahl von Merkmalen entstehen so klare Gruppen in der Visualisierung. Diese Gruppen können dann mit Koreferenzinformation versehen werden.



**Abb. 3.16:** Die entwickelte Software zur Annotation von großen Datenmengen mit Koreferenzinformation. Die Self Organizing Map erzeugt Cluster von koreferenten (blau) und disreferenten (rot) Daten.

Die Visualisierung dient auch dazu, weitere intelligente Methoden zu entwickeln, die das maschinelle Lernen verbessern. Hier ist es interessant, welche Synergieeffekte bei der Mensch-Maschine-Kommunikation entstehen und wie man diese Effekte in bereits entwickelte Verfahren übertragen kann. Weiter ist es wichtig zu verstehen, welche Merkmale eine wesentliche Rolle bei der Koreferenzerkennung spielen und welche Merkmale verfeinert werden müssen, um eine Verbesserung zu erreichen. Hier werden interdisziplinär in Kooperation mit dem Institut für maschinelle Sprachverarbeitung mehrere neuartige Ansätze verfolgt.

Das große Ziel ist es, mit Hilfe einer semiüberwachten Test- und Trainingsdatengenerierung bestehende Verfahren anzupassen und neue Verfahren zu entwickeln, um das anspruchsvolle Problem der Koreferenzerkennung zu meistern. Von hier aus eröffnen sich neue Wege und Möglichkeiten in der (Computer)Linguistik, Texte zu analysieren und Informationen zu extrahieren.

### 3.10 HyperBraille – Flächiger Zugang zu grafischen Oberflächen für Blinde

<b>Projektträger</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
<b>Projektpartner</b>	Verbundprojekt
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Thomas Ertl
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Inf. Christiane Taras, Dipl.-Phys. Michael Raschke
<b>Laufzeit</b>	01.04.2007 bis 31.12.2010

Die Darstellung von Computeranwendungen hat sich in den vergangenen Jahren drastisch verändert. Musste man sich vor wenigen Jahrzehnten noch mit textbasierten Schnittstellen abmühen, so gibt es heute ansprechende, graphische Darstellungen, die auch die vielfältigsten Funktionen übersichtlich präsentieren. Leider war diese Entwicklung nicht für alle Computerbenutzer positiv. Blinde Menschen, die sich Informationen am Computer mit Hilfe sogenannter Bildschirmvorleseprogramme (engl. screen reader) bisher nur in Textform mit einzeiligen Blindenschriftzeilen oder per Sprachausgabe erschließen können, stoßen durch immer komplexer werdende Oberflächen und Dokumente zunehmend auf Barrieren. Dabei bietet der Computer gerade für Blinde, wie auch andere behinderte Menschen ein großes Potential zur besseren Integration in die Gesellschaft.

Das Projekt „HyperBraille“ stellt sich dieser Herausforderung. Mit der Entwicklung einer flächigen und berührungsempfindlichen taktilen Ausgabe für Blindenschrift und Grafik, der sogenannten Stiftplatte, soll der Zugang zu räumlichen und strukturellen Informationen und damit die mentale Erstellung eines Überblicks ermöglicht werden. So werden auch komplexe Tabellen verständlich und Diagramme oder technische Zeichnungen interaktiv erforschbar. Damit knüpft HyperBraille an die langjährige Tradition der wissenschaftlichen Arbeit zur Unterstützung blinder Menschen am VIS und dessen Vorgänger der Abteilung Dialogsysteme an, in der schon in den 1980er Jahren die erste Stiftplatte entwickelt wurde.

Als bundesdeutsches Gemeinschaftsprojekt vereint HyperBraille Partner aus Bildung, Forschung und Wirtschaft – dabei die Deutsche Blindenstudienanstalt Marburg, die Unternehmen Metec, F.H. Papenmeier und T.O.P., sowie Institute der Universitäten Dresden, Potsdam und Stuttgart. Gemeinsam entwickeln diese eine robuste und portable Hardware und zugehörige kosteneffektive Produktionsprozesse, sowie umfangreiche Softwarekomponenten und neuartige Darstellungs- und Bedienkonzepte. VIS trägt dabei hauptsächlich durch die Aufbereitung von Grafiken durch speziell angepasste Algorithmen und die Entwicklung eines flexiblen Frameworks zur Erzeugung

und Konfiguration der graphisch-taktilen Ausgabe bei, beteiligt sich aber auch durch die Aufbereitung von Mozilla Firefox und die Entwicklung eines graphischen Taschenrechners. Mit HyperBraille wird erstmals der gesamte Bildschirminhalt auf eine graphisch-taktile Ausgabe gebracht. Bisher beschränkte sich die Nutzbarkeit solcher Displays für Blinde auf einzelne Anwendungen, wie etwa Maple und Kartenprogramme.

Das Projekt wurde zunächst für den Zeitraum 01.04.2007 bis 31.03.2010 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Dabei wurden die wesentlichen Projektziele erfüllt. Erste Prototypen der neuen Stiftplatte wurden produziert und erfolgreich eingesetzt. Softwareseitig wurde eine flexible Basisarchitektur geschaffen. Die Anwendungen Word, PowerPoint, Firefox, Internet Explorer und Notepad sowie ein graphischer Taschenrechner und der Windows Desktop sind auf der Stiftplatte darstellbar und bedienbar. Es wurden verschiedene Ansichtsarten definiert und umgesetzt, die den Benutzer in verschiedenen Arbeitssituationen optimal unterstützen – von einer rein textbasierten Ansicht bis hin zu einer rein graphischen Darstellung, die durch eine angepasste Segmentierung im wahrnehmungsorientierten Farbraum Lab, sowie Panning- und Zoom-Operation erforscht werden kann. Erstmals wurde auch eine taktile Widgetbibliothek entwickelt, die dem Benutzer in Anlehnung an visuelle Bedienelemente schnell mitteilt, aus welchen Elementen die Bedienoberfläche aufgebaut ist und somit auch, wie sie zu bedienen ist. Interaktionselemente wie Schalter (Buttons) und Auswahlfelder (Comboboxen) sind so auf eine neuartige Weise taktil bedienbar geworden. Zusätzlich bietet die im Vergleich zu einer Blindenschriftzeile große Ausgabefläche der Stiftplatte die Möglichkeit, verschiedene wichtige Informationen gleichzeitig in verschiedenen Bereichen anzuzeigen. So ist es durch HyperBraille möglich, beispielsweise das Menü einer Anwendung oder eine Toolbar aufzurufen, ohne dabei die Ansicht auf das Dokument, das gerade bearbeitet werden soll, zu verlieren.

Die Entwicklungsarbeit im Projekt wurde von umfassenden Benutzerstudien begleitet. Diese haben gezeigt, dass die Arbeit mit der Stiftplatte schnell erlernbar und nützlich ist. Nicht nur in Bereichen wie grafischen Ausgaben mathematischer Funktionen oder komplexer Tabellen konnten die Vorteile und Möglichkeiten der Stiftplatte gezeigt werden, sondern auch beim einfachen Schreiben von Dokumenten. Hier erwies sich sogar die rein graphische Ausgabe als äußerst nützlich zur abschließenden Kontrolle des Layouts. Aber auch bei der schnellen Bearbeitung des Dokuments brachte die Stiftplatte durch die gleichzeitige Darstellung mehrerer Zeilen deutliche Vorteile.

Aufgrund der positiven Ergebnisse wurde eine Verlängerung bis Ende 2010 genehmigt und ein Folgeantrag zur Verbreitung der Soft- und Hardware in Universitäten auf den Weg gebracht. Die bisherigen Ergebnisse sollen unter anderem zur Erforschung der Wahrnehmung blinder Menschen eingesetzt werden und so dazu beitragen, das Verständnis für kognitive Prozesse voranzubringen.



**Abb. 3.17:** Ein Nutzer bei der Arbeit mit dem neuen berührungsempfindlichen Flächendisplay „BrailleDis 9000“.

### 3.11 Kognitive Aspekte in der Visualisierung

**Mitarbeiter** Dipl.-Phys. Michael Raschke

**Laufzeit** Seit 1.9.2009

Durch die rasant steigende Rechenleistung von PCs, PDAs, Smartphones und Handys sind heute Visualisierungstechniken selbstverständlich geworden, die vor wenigen Jahren nur durch den Einsatz von Hochleistungsrechnern möglich waren. Die Darstellung von großen Datenmengen in Echtzeit ist in vielen Anwendungen auf Standard-PCs schon selbstverständlich. Dabei steigt parallel dazu die von den Displays bereitgestellte Auflösungen und Abmessungen.

Diese Entwicklung führt zu vielen neuen Fragen der Usability, User-Experience und Effizienz der Schnittstellen und Datenvisualisierungen. Eng verknüpft mit Usability sind Fragen zu den kognitiven Prozessen, die es dem Menschen ermöglichen, basierend auf einer Ansammlung von gefärbten Punkten auf einem Bildschirm die dargebotene Information zu entwickeln. Das Ziel einer gut designten Visualisierung ist es, dem Benutzer bei einem gegebenen Kontext und einer gegebenen Datengrundlage möglichst die Informationen zu präsentieren, die dieser benötigt, um einen bestimmten Zusammenhang der Daten erkennen zu können.

Treten wir einen Schritt zurück und betrachten den Visualisierungsvorgang, die Visualisierungspipeline, schematisch, so liegen zunächst nur reine Daten vor. Der Visualisierer verfolgt eine Absicht, diese Daten durch ausgewählte Visualisierungstechniken, Farbkodierungen und geometrische Anordnungen dem Betrachter so zu präsentieren, dass eine „Idee“, ein Verständnis des Inhalts übertragen wird. Die Visualisierungssoftware ist bei diesem Vorhang der Vermittler zwischen Visualisierer und Betrachter. Im Idealfall verwendet dann der Betrachter die gleiche Intention wie der Visualisierer und erkennt alle wichtigen Informationen.

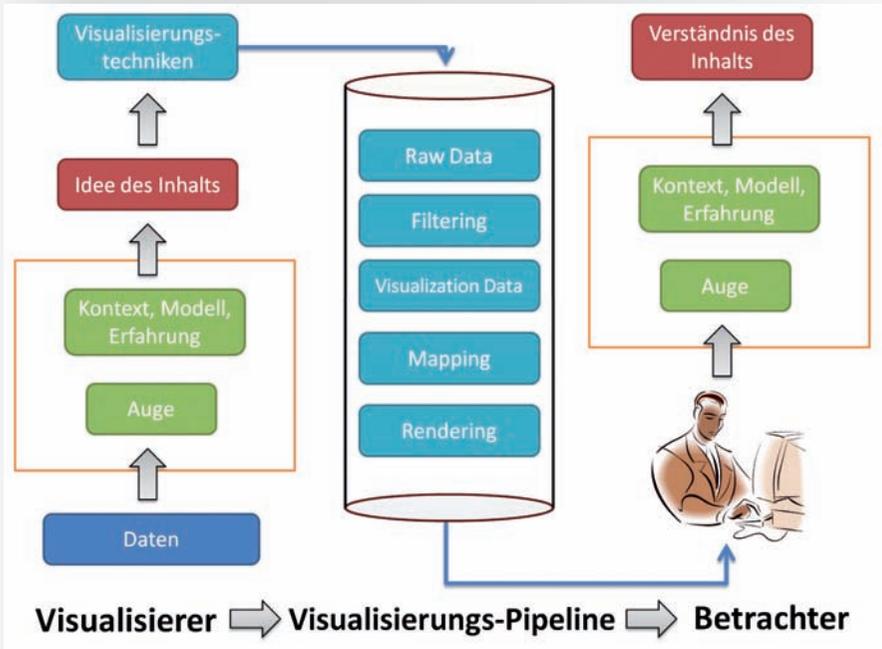
Dieser Vorgang läuft tagtäglich und nicht nur bei computergestützten Visualisierungen ab. Beim morgendlichen Studieren der Wetterkarte oder der Aktienkurse, im Laufe des Tages dann bei der Arbeit am Computer. Dabei verwenden wir während der Interaktion mit grafischen Benutzerschnittstellen selbstverständlich Abstraktionen von alltäglichen Gegenständen wie Knöpfen, Schiebern, Ordnern, greifen auf Diagramme und „virtuelle“ Dokumente am Bildschirm zu.

Verglichen zu den umfangreichen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Visualisierungstechniken steht das Gebiet der Erforschung der kognitiven Grundlagen des Verständnisprozesses beim Betrachten einer Visualisierung aus technisch nutzbarer Sicht noch an den Anfängen. Zum Optimieren der Visualisierungstechnologien am VIS sollen dazu verstärkt Forschungen auf dem Gebiet der perzeptuelle Wahrnehmung und der kognitiven Verarbeitung von Visualisierungen durchgeführt werden.

Dabei wird zum Beispiel die klassische Methode einer Benutzerstudie eingesetzt. In einem ersten Schritt werden Probanden gleichartige Informationen mit verschiedenen Visualisierungstechniken, die teilweise auch neu am VIS entwickelt worden sind, präsentiert und mit Hilfe von bestimmten ausgewählten Aufgaben die Korrektheit und die notwendige Zeitdauer zur Beantwortung von Fragen gemessen. In einem nächsten Schritt werden diese klassischen Studien durch Eye-Tracking-Experimente ergänzt. Dabei werden den Probanden wieder Aufgaben gegeben, die er mit einer vorgegebenen Visualisierungstechnik lösen soll. Während der Proband am Bildschirm arbeitet werden seine Augenbewegungen sowie gleichzeitig seine Aussagen, das sogenannte „laute Denken“ sowie Mausbewegungen aufgenommen. Zusätzlich können am VIS aus Forschungsergebnissen des Projektes HyperBraille Rückschlüsse auf das kognitive geometrische Denken von blinden Menschen gezogen werden. Insgesamt ergeben diese Daten Aufschluss darüber wie ein Proband eine Visualisierung erfasst hat und welchen Lösungsweg er bei einer bestimmten Aufgabe gewählt hat.

Diese Ergebnisse können zum Beispiel bei der Modellierung und Simulation eines virtuellen Betrachters eingesetzt werden. Dieser virtuelle Betrachter könnte teilweise später einen realen menschlichen Betrachter durch eine Computersoftware ersetzen, die auf eine Visualisierung zugreifen kann und deren Inhalt versucht menschenähnlich zu „verstehen“. Das Ziel dabei ist es, dem Visualisierer Hilfestellungen zu geben wie er die Daten in einer möglichst benutzerfreundlichen Weise besser präsentieren kann.

In diesem hochaktuellen Forschungsgebiet der kognitiven Visualisierung treffen Arbeiten aus der klassischen Informatik, Mensch-Maschine-Interaktion, Usability, Psychologie, Künstlichen Intelligenz, Neurowissenschaft, aber auch der Simulation und Optimierung, der Wissenschaftstheorie, Logik und Philosophie zusammen. Die Forschung wird am VIS dabei aus Sicht der Visualisierungstechnik getrieben und ergibt dadurch einen völlig neuen Blickwinkel auf den Einsatz der beteiligten Forschungsgebiete.



**Abb. 3.18:** Durch das Studium der Visualisierungspipeline aus Sicht perceptueller und kognitiver Fragen ergeben sich Aufschlüsse darüber wie Daten kontext- und benutzeroptimiert präsentiert werden können.

### 3.12 Many Core Simulation and Visualization (MCSimVis)

<b>Projektträger</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
<b>Projektpartner</b>	INTES GmbH, Stuttgart; science + computing ag, Tübingen
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Thomas Ertl
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Inf. Daniel Kauker, Dipl.-Inf. Alexandros Panagiotidis
<b>Laufzeit</b>	01.06.2009 bis 01.06.2012

Bedingt durch die immer weitergehende Reduktion der Entwicklungszyklen in der Entwicklung leichterer, energieeffizienterer Produkte gehen die Hersteller auf virtuelle Prototypen über, die z.B. mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) analysiert werden. Um prognosefähig und effizient zu sein, sind hierzu jedoch zunehmend detailliertere Modelle notwendig, was einen überproportional wachsenden Simulationsaufwand mit sich bringt, z.B. sind Modelle mit bis zu 100 Millionen Freiheitsgraden typische Anwenderanforderungen. Die dadurch anfallenden Modellierungs-, Rechen- und Auswertzeiten liegen aber im kritischen Pfad der Entwicklungskette und sind damit nicht kompatibel mit dem Wunsch nach detaillierteren Analysen bzw. nach einer weiteren Reduzierung des Entwicklungszyklus.

Das zentrale Ziel des Projekts ist es daher, die Simulation auf der Basis von *PERMAS* und die Visualisierung mit Hilfe von *VisPER* durch eine gemeinsame Nutzung hybrider Many-Core Architekturen zu beschleunigen. Dabei ergibt sich eine Beschleunigung nicht nur durch die Anpassung der vorhandenen Werkzeuge an neue bzw. zukünftige Hardware-Architekturen. Ein wesentlicher Innovationsschwerpunkt des Projekts ist auch der Aufbau einer gemeinsam genutzten Abstraktionsschicht, welche die Interaktion beider Tools mit der Hardware vereinheitlicht und den gemeinsamen Zugriff auf verteilte bzw. hierarchische Modelldaten erleichtert.

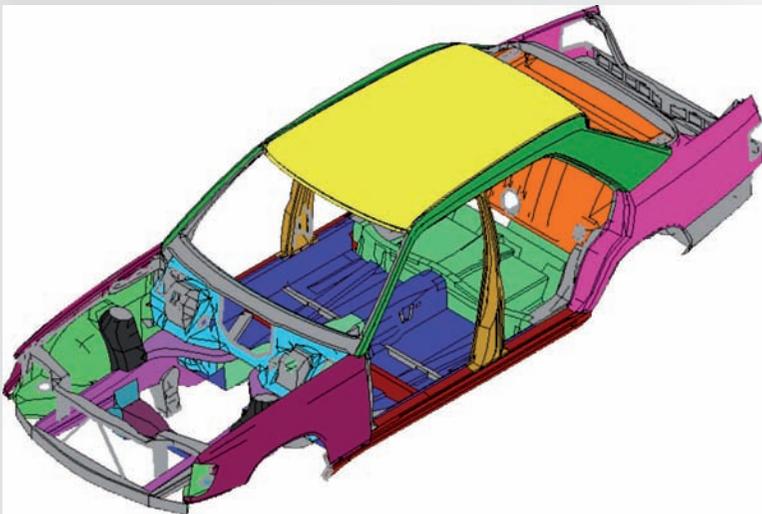
Die gesamte Beschleunigung ermöglicht eine bessere Simulation – nicht nur bezüglich der durch schnellere Turnaround-Zeiten engeren Kopplung an den Konstruktionsprozess, sondern auch, was den Grad der Detaillierung und den Umfang physikalisch abbildbarer Effekte angeht. Eine verbesserte Simulation wiederum gibt der breiten Anwenderbasis die Möglichkeit, ihre Produkte hinsichtlich Materialeinsatz, Leistungsaufnahme, Lebenszeit und Sicherheit so zu optimieren, dass sie im internationalen Wettbewerb ihren Platz in der Technologieführerschaft behalten oder gar ausbauen können.

Die in diesem Projekt entstehende Abstraktionsschicht erlaubt Anwendungen die Nutzung von hybriden Many-Core Architekturen, z.B. GPUs und CPUs, als Hilfsprozess-

soren für rechenintensive Berechnungen. Aufgrund der Flexibilität und Erweiterbarkeit der Abstraktionsschicht ist der Einsatz in nahezu beliebigen Anwendungsgebieten möglich, z.B. die Beschleunigung von biologischen Simulationen oder die Erstellung größerer und komplexerer Visualisierungen.

Das Projekt befindet sich in einer frühen Phase, in der zunächst Konzepte und Entwürfe entwickelt werden. Der Fokus der Arbeiten liegt momentan bei der Abstraktionsschicht, die derzeit implementiert und evaluiert wird. Weitere Arbeiten auf dem Gebiet der FEM-Simulation sowie der parallelen Visualisierung werden diese Abstraktionsschicht verwenden.

Neben der FEM-Simulation lässt sich die Abstraktionsschicht auch für viele weitere Projekte einsetzen. Prinzipiell kann jede Software, die sich sinnvoll parallelisieren lässt, von der Abstraktionsschicht profitieren. Denkbar sind Visualisierungen und Interaktionen mit großen Datenmengen auf Displays, die von mehreren Projektoren getrieben werden. Durch Verteilung der Berechnungen der Abstraktionsschicht in heterogenen Netzwerken soll die Skalierbarkeit, und damit die Unterstützung wachsender Datenmengen, sichergestellt werden. Die Rechenzeit von Anwendungen, deren Benutzer die Ergebnisse schnell benötigen, soll so minimiert werden, z.B. Simulationen komplexer biologischer Systeme oder interaktive medizinische Anwendungen.



**Abb. 3.19:** Fahrzeugmodell (Quelle: INTES GmbH)

### 3.13 Assistenz für sensorisch Behinderte an der Universität Stuttgart (ASBUS)

<b>Projektträger</b>	Universität Stuttgart (über Studiengebühren)
<b>Mitarbeiter</b>	Leiter: Dr. Andreas Hub
<b>Mitarbeiter:</b>	Dipl.-Math. Klaus Bosse und Dipl.-Phys. Lorenz Kley
<b>Laufzeit</b>	ab 1.1.2009

Die aus dem Teilprojekt D2 des Sonderforschungsbereichs 627 hervorgegangenen Assistenzsysteme für Personen mit sensorischen Einschränkungen bieten die Möglichkeit, Studierende mit Sehbehinderungen bei der Navigation im Universitätsgelände zu unterstützen. Mit dem am Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme entwickelten TANIA-System (Tactile Acoustical Navigation and Information Assistant) ist es für blinde Personen möglich, sich auch in unbekanntem Umgebungen zu orientieren und zu gewünschten Zielen führen zu lassen. Hierfür ist eine genaue Kartierung der Umgebung in einem geeigneten Format notwendig.

Ziel des Projekts ist es, diese Kartierung auf die gesamte Universität auszudehnen, um so eine selbständige Navigation in allen öffentlich zugänglichen Bereichen der Universität – entsprechend den UN-Konventionen und den Gesetzen zur Barrierefreiheit – erreichen zu können.

Leiter des Projekts ist Dr. Andreas Hub, der zusammen mit den wissenschaftlichen Mitarbeitern des ASBUS-Teams, die Arbeit von acht studentischen Hilfskräften koordiniert und die entwickelten Assistenzsysteme an die individuellen Bedürfnisse von sehbehinderten Benutzern anpasst. Der Leitung des Projekts ist ein Beirat zur Seite gestellt, in den der Geschäftsführer des Karlsruher Studienzentrums für Sehgeschädigte, Herr Joachim Klaus, seine langjährigen Erfahrungen mit blinden Studierenden einbringt. Außerdem gehören Prof. Dr. Rul Gunzenhäuser, der den Bereich Informatik für Blinde mit begründet und an der Universität Stuttgart etabliert hat, sein Nachfolger Prof. Dr. Thomas Ertl und Prof. Dr. Wolfgang Schlicht dem ASBUS-Beirat an, der das Projekt inzwischen auch durch die Einbringung aktueller Forschungsergebnisse aus Bewegungsanalysen von Menschen mit Behinderungen im Rahmen gemeinsam durchgeführter Forschungsarbeiten unterstützt.

Im Rahmen dieses Projekts werden studienrelevante Informationen in das Assistenzsystem TANIA integriert. Hiermit soll die Basis für eine selbstbestimmte Teilnahme am universitären Leben und ein kontextbezogenes Studieren geschaffen werden, ohne

ständig auf fremde Hilfe angewiesen zu sein. Beispielsweise soll Studierenden mit Sehbehinderungen bereits der Einstieg in das Studium durch ortsbezogene erweiterte Hinweise auf Lehrveranstaltungen erleichtert werden. Sämtliche Informationen dieser Art können sehbehinderten Benutzern des Systems akustisch oder über eine portable Braillezeile übermittelt werden.

Schließlich sollen in das entwickelte Assistenzsystem auch Angebote und Dienstleistungen außeruniversitärer Stellen integriert werden, die zum Beispiel den behindertengerechten und kontextbezogenen Zugriff auf Fahrpläne öffentlicher Verkehrsmittel oder Angebote der Stadt Stuttgart beinhalten.

Bis jetzt wurde folgender Projektfortschritt erzielt: Gemeinsam mit blinden und sehbehinderten Studierenden, Studieninteressierten und wissenschaftlichen Mitarbeitern wurden wichtige Wege abgelaufen (Wege zur S-Bahn-Station, Bushaltestellen, Mensa, Hörsäle etc.) und mit Videoaufnahmen analysiert, um so Bereiche ausfindig zu machen, in welchen eine spezielle Kartierung für sensorisch Behinderte notwendig ist. Das TANIA-System bietet nun zum Beispiel die Möglichkeit, ortsbezogene Navigationshinweise oder Warnungen beim Betreten entsprechender Bereiche akustisch zu übermitteln oder blinde Benutzer über große offene Plätze ohne taktile Leitlinien in einem lokalen Koordinatensystem zu führen. Diese Art der Führung hat sich insbesondere auch in Kreuzungsbereichen und den für Blinde labyrinthähnlichen Säulenordnungen bewährt.

Mit Hilfe der studentischen Hilfskräfte wurden inzwischen vom gesamten Außenbereich der Universität etwa 20 % in das benötigte digitale Kartenformat gebracht. Eine nahezu vollständige Kartierung aller Innenbereiche wird bis voraussichtlich Ende 2011 möglich sein.

Mit dem Studienzentrum für Sehgeschädigte der Universität Karlsruhe wurde eine Kooperation im Rahmen der bundesweiten Orientierungsphase für Studieninteressierte mit Sehbehinderungen begonnen, um eine verbesserte Zusammenführung von technologischer Machbarkeit und den Anforderungen im Studienalltag zu ermöglichen.

Damit auch Studierende mit Gehbehinderungen von den bisherigen Entwicklungen profitieren können, wird nun das Assistenzsystem für Rollstühle angepasst. Durch das Hinzufügen von Routen, die für den Rollstuhl geeignet sind, kann so mit geringem Mehraufwand ein Nutzen auch für Studierende mit Mobilitätseinschränkungen oder Mehrfachbehinderungen erreicht werden.

Das ASBUS-Projekt basiert auf der Vision, mittelfristig allen Studierenden mit Behinderungen, eine für sie optimale Unterstützung anbieten zu können. Hierbei wird auch an chronische Erkrankungen oder Einschränkungen wie Legasthenie und Dyskalkulie gedacht. Inzwischen hat das Projekt zu zahlreichen Berichterstattungen im In- und Ausland geführt und somit auch zur Verbesserung des Images der Universität Stuttgart bezüglich Zugänglichkeit und Barrierefreiheit beigetragen.



**Abb. 3.20:** Das Assistenzsystem TANIA ermöglicht eine schrittgenaue Positionsbestimmung unter Verwendung eines Inertialsensors und genauem Kartenmaterial mit ortsbezogenen Beschreibungstexten. Auf dieser Basis können blinde und sehbehinderte Benutzer des Systems auch innerhalb der komplexen Gebäude der Universität zu gewählten Zielorten geführt und akustisch oder in Braille über Bereiche und Objekte in der Umgebung informiert werden.

### 3.14 Interaktiver Informationszugriff im Semantic Web

**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Philipp Heim

**Laufzeit** Ab 01.05.2009

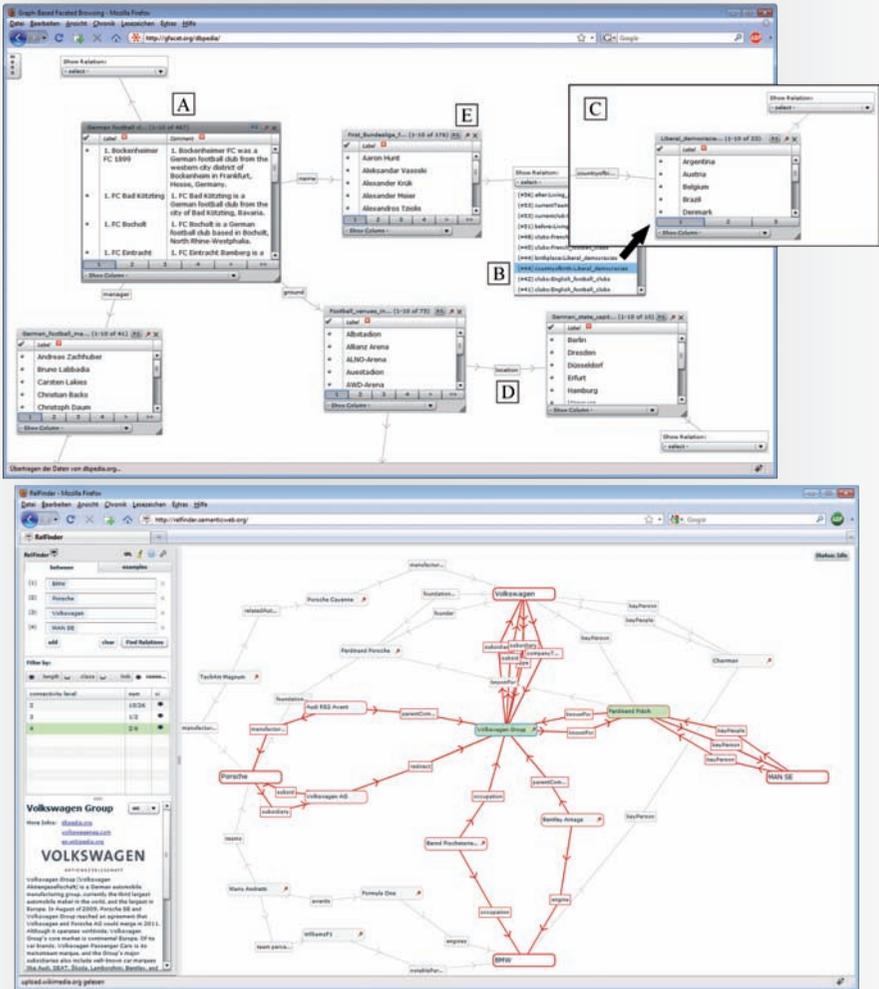
Immer mehr Informationen werden in digitaler Form abgespeichert. Dies hat mehrere Gründe. So können heute schnell und einfach analoge Inhalte, wie z.B. in Büchern, auf Fotos, oder auf analogen Tonträgern vorhanden, in digitale Formate konvertiert werden. Die Speicherung der digitalen Informationen, sowie der schnelle Zugriff darauf ist auf Grund von sehr preiswertem Speicherplatz und der starken Verbreitung von Hochgeschwindigkeitsnetzen kein Problem mehr. Auch werden, hauptsächlich auf Grund der geringen Speicherkosten, im beruflichen, privaten und öffentlichen Leben immer mehr Informationen in digitaler Form festgehalten, was unter Datenschutz-Gesichtspunkten eine bedenkliche Entwicklung ist. Diese Bedenken werden in gewisser Weise jedoch konterkariert durch die Entwicklungen im sogenannten Web 2.0, in dem jeder Nutzer des Internets freiwillig Inhalte über sich, Freunde, Arbeit, Meinungen, Vorlieben und beliebige weitere Themen preisgeben kann. Zusammengenommen lässt sich festhalten, dass ein beachtlicher Teil der in der Welt existierenden Information in digitaler Form abgespeichert ist und sich dieser Anteil ständig vergrößert.

In der großen Menge an digitaler Information liegt ein großes Potential, nämlich jederzeit die Information zu erhalten, die man benötigt. Zugleich erschwert sie aber den gezielten Zugriff auf Informationen, da eine manuelle Suche auf Grund der Menge zeitlich nicht mehr durchführbar ist und eine automatische Suche oftmals nicht zufriedenstellende Ergebnisse liefert. So werden oftmals nicht alle relevanten Informationen gefunden (geringe Trefferquote), gleichzeitig jedoch zusätzlich viele irrelevante Informationen angezeigt (geringe Präzision). Der Hauptgrund für die oftmals geringe Trefferquote und Präzision automatischer Suchverfahren liegt in der Schwierigkeit Daten mit implizierter Bedeutung, wie z.B. natürlich-sprachliche Texte, Bilder oder Musik, automatisch eindeutig zu interpretieren.

Aus diesem Grund wurde das *Semantic Web* erfunden, in dem die Bedeutung jeder Information explizit und damit für den Computer lesbar in semantischen Strukturen abgespeichert wird. Die Strukturen enthalten Aussagen über reale (z.B. „Berlin“ oder „Bundesrepublik Deutschland“) oder virtuelle Objekte, jedes mit einer eindeutigen ID (Identifier), einer zugewiesenen ontologischen Klasse, wie „Stadt“ oder „Land“, und einer beliebigen Anzahl an Eigenschaften die Verbindungen zu anderen Objekten definieren, wie „ist Hauptstadt von“.

Ein wichtiger Vorteil von semantisch annotierten Informationen ist, dass sie nicht mehr nur auf Grundlage der sie repräsentierenden Zeichenketten gefunden werden können, sondern auch auf Grundlage ihrer Bedeutung. Um allerdings die richtigen Informationen zu finden, muss die semantische Bedeutung des Gesuchten möglichst eindeutig durch den Nutzer formuliert sein. Andernfalls nützt die semantische Annotation des Suchraums wenig, da nicht klar ist, wonach gesucht werden soll. Hierzu finden innerhalb der interaktiven Systeme Gruppe am VIS verschiedene Forschungstätigkeiten statt, die Menschen den schnellen, einfachen und präzisen Informationszugriff im Semantic Web ermöglichen sollen. Die Forschungstätigkeiten in diesem Bereich setzen dabei stark auf die Entwicklung geeigneter grafischer interaktiver Benutzungsschnittstellen. Im Folgenden stellen wir beispielhaft hierfür die beiden Tools *gFacet* und *RelFinder* vor.

Das Tool *gFacet* baut auf dem Konzept der facettierten Suche auf, bei dem der Nutzer immer alle noch im Semantic Web verbleibenden Optionen zur Erstellung einer Suchanfrage angezeigt bekommt und diese nur noch auswählen muss, um sie seiner Anfrage hinzuzufügen. Somit werden automatisch ausschließlich bereits semantisch eindeutig definierte Klassen, Objekte und Eigenschaften für die Anfrage verwendet und so Mehrdeutigkeit vermieden. In *gFacet* werden die Facetten als Knoten in einem Graph dargestellt (siehe Abb. 3.21, oben). Die zwischen Facetten und der Ergebnismenge sowie zwischen Facetten und Facetten existierenden, semantischen Verbindungen werden als beschriftete, gerichtete Kanten zwischen den Knoten im Graph visualisiert. Der Nutzer kann interaktiv Facetten hinzufügen und wieder entfernen und dadurch ein individuelles Suchinterface erstellen. Durch Selektion bestimmter Attribute in den Facetten, kann er schrittweise die Ergebnismenge filtern bis er die gesuchten Informationen gefunden hat.



**Abb. 3.21:** gFacet (oben) und RelFinder (unten) unterstützen den interaktiven Informationszugriff im Semantic Web.

Der RelFinder unterstützt das interaktive Auffinden und Verstehen von Zusammenhängen zwischen ausgewählten Objekten. Dafür gibt der Nutzer bestimmte Begriffe in die Eingabefelder rechts oben ein, woraufhin diese semi-automatisch durch eindeutige Objekte des Semantic Web ersetzt werden. Zwischen den Objekten kann dann

automatisch nach Zusammenhängen gesucht werden, die sowohl in einer Detailansicht (Graph), als auch in einer Übersicht (aggregierte Listen) angezeigt werden. Die gefundenen Zusammenhänge können interaktiv durch unterschiedliche Filter- und Markierungs-Optionen exploriert werden. In Abb. 3.21, unten, werden beispielsweise Zusammenhänge zwischen den deutschen Automobilkonzernen BMW, Porsche, Volkswagen und MAN dargestellt. Für einen Analysten, der für einen Kunden Aktien dieser Konzerne verwalten soll, könnte zum Beispiel wichtig sein, welche persönlichen, produktspezifischen oder organisatorischen Abhängigkeiten zwischen den Konzernen bestehen. Mit diesem Wissen wäre eine genauere Einschätzung der Situation möglich und damit eine optimalere Strategie für den Handel der entsprechenden Aktien.

Grundsätzlich bietet das Semantic Web neue Formen für den interaktiven Zugriff auf Informationen. Durch die explizit vorhandene Beschreibung der Bedeutung von abgespeicherter Information können Inhalte schneller und präziser aufgefunden und Informationen unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung dargestellt werden. Damit sind wir auf einem richtigen Weg, um Menschen jederzeit die benötigten Informationen schnell zugänglich machen zu können.

Mehr Informationen zu gFacet gibt es unter: <http://gfacet.semanticweb.org>

Mehr Informationen zum RelFinder gibt es unter <http://relfinder.semanticweb.org>

### 3.15 Visuelle Analytik für Genexpressionsdaten

**Projektpartner** Dr. Kay Nieselt (Universität Tübingen)

**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Julian Heinrich

Speicher der Erbinformation aller Lebewesen auf der Erde ist die *DNA*, welche als lineare Abfolge von *Nukleotiden* vorliegt. Ein DNA-Abschnitt, der in ein Protein übersetzt werden kann, wird *Gen* genannt; die gesamte Erbinformation eines Organismus ist das *Genom*. Aufgrund moderner Hochdurchsatztechnologien sind mittlerweile zahlreiche Genome verschiedenster Organismen vollständig entziffert worden.

Unter *Genexpression* versteht man das Umschreiben (engl. transcription) der DNA in Boten-RNA (mRNA), die dann wiederum in Proteine übersetzt wird. Proteine führen die meisten Funktionen einer Zelle aus. Dabei ist die Genexpression ein hoch komplexer und genau regulierter Prozess, der es der Zelle erlaubt, dynamisch sowohl auf Umweltveränderungen als auch auf ihre eigenen wechselnden Bedürfnisse zu reagieren. Dieser Mechanismus agiert dabei sowohl als “an/aus”-Schalter – um zu kontrollieren, welche Gene in der Zelle exprimiert werden – wie auch als “Lautstärkereglere”, der den Grad der Genexpression erhöht oder verringert.

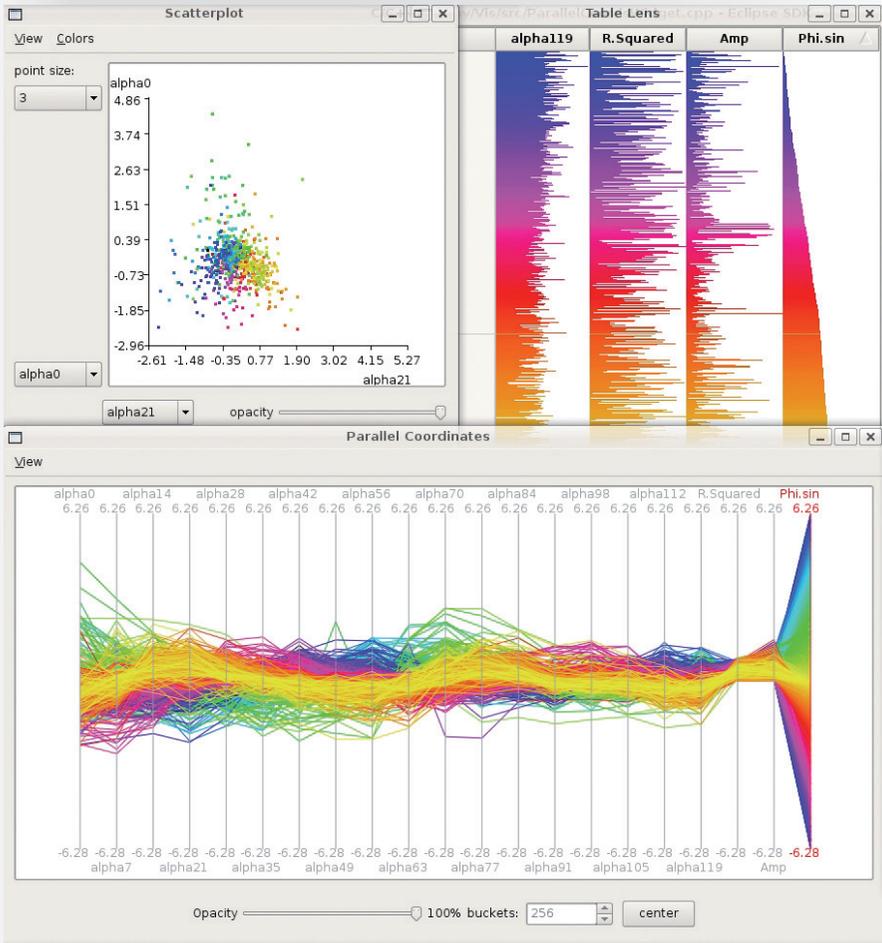
In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Technologien entwickelt, die das parallele Messen der Expression von mRNA und Proteinen auf genomweiter Ebene erlauben. Bekannte Vertreter solcher Technologien sind Microarrays oder moderne Sequenzierverfahren, welche zur Analyse der Expression vieler Gene gleichzeitig verwendet werden können. Ziel solcher Messungen ist oft ein Vergleich der Expression zwischen zwei oder mehreren Zelltypen, beispielsweise zur Untersuchung gewebespezifischer Gene, der Genexpression in gesundem und krankem Gewebe, den Einfluss von Umweltveränderungen auf die Expression oder die Abhängigkeit der Genexpression vom Stadium des Zellzyklus. Als Ergebnis der Messungen erhält man folglich die Expression tausender Gene zu verschiedenen Konditionen, deren manuelle Analyse aufgrund des hohen Datenaufkommens nahezu unmöglich ist.

Ziel dieses Projekts ist daher die Entwicklung computergestützter statistischer und visueller Analysemethoden sowie deren Integration, um die *visuelle Analytik* (engl. visual analytics) von Genexpressionsdaten zu ermöglichen und damit die Wissensfindung in den Lebenswissenschaften zu unterstützen. Visuelle Analytik basiert auf der Visualisierung der Rohdaten (hier beispielsweise die relative Genexpression) in einer für den Menschen verständlichen Art und Weise, um die Mustererkennung des menschlichen

visuellen Systems optimal auszunutzen. Da die Rohdaten jedoch oft mit Fehlern z.B. aus der Messung behaftet sind, müssen außerdem statistische Analysewerkzeuge verwendet werden, um die Daten für die Visualisierung aufzubereiten.

Eines der Ergebnisse dieser Arbeit ist das Softwarepaket *SpRay*, welches die Analyse hochdimensionaler Daten im Allgemeinen und Genexpressionsdaten im Speziellen unterstützen soll. Dabei wurde insbesondere auf die Möglichkeit der gemeinsamen Exploration von original- als auch abgeleiteter statistischer Daten in einem gemeinsamen Datenraum Wert gelegt, um die Integration von Visualisierung und Statistik in einer einzigen Software zu ermöglichen.

Abb. 3.22 zeigt einen beispielhaften Ausschnitt aus SpRay mit unterschiedlichen Darstellungen eines Datensatzes. Die zentrale Visualisierungsmethode in SpRay sind parallele Koordinaten, welche ein weit verbreitetes Verfahren zur Darstellung multidimensionaler Daten sind. In der Bioinformatik – insbesondere in der Genexpressionsanalyse – sind diese auch als Profilplot bekannt und in den meisten Softwarepaketen als solche implementiert. Die gleichzeitige Darstellung vieler Gene in einem Profilplot führt jedoch zu einer starken Überzeichnung der Linien, wodurch die Visualisierung oftmals unbrauchbar wird. In SpRay lässt sich daher die Transparenz der Linien anpassen, wodurch Trends und Gruppierungen ähnlich exprimierter Gene dennoch erkannt werden können, sofern sie in den Daten „vorhanden“ sind. Mindestens ebenso hilfreich ist die Verwendung einer Farbtabelle und einer Zuordnungsvorschrift, sodass Eigenschaften einzelner Gene an der Farbe der zugehörigen Linien sichtbar gemacht werden können.



**Abb. 3.22:** Visualisierung der Expression Zellzyklus-abhängiger Gene der Bäckerhefe (*Saccharomyces cerevisiae*). Durch die Einfärbung der Genprofile in Abhängigkeit eines statistischen Parameters werden die typischen zyklischen Muster erkennbar.

In Zukunft umfasst das Projekt sowohl die Neu- und Weiterentwicklung von Visualisierungen für hochdimensionale Daten als auch deren Integration in SpRay. Des Weiteren sollen Benutzerstudien mit Experten die Anwendung für die visuelle Analytik von Genexpressionsdaten weiter verbessern.

### 3.16 Relativistische Visualisierung

**Mitarbeiter** Dr. Thomas Müller, Prof. Dr. Daniel Weiskopf

Die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie gelten gemeinhin als für den Laien kaum verständlich, da sie einerseits mathematisch sehr komplex sind und andererseits Phänomene beschreiben, die uns aus dem Alltag nicht vertraut sind. So beschreibt die spezielle Relativitätstheorie das Verhältnis zweier Bezugssysteme, die sich relativ zueinander bewegen. Die allgemeine Relativitätstheorie hingegen deutet die Gravitation als eine geometrische Eigenschaft von Raum und Zeit.

In der speziellen wie auch der allgemeinen Relativitätstheorie zeigen sich die vorhergesagten Effekte jedoch erst in Extremsituationen deutlich, wie etwa bei Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit oder wenn die Masse eines Sterns auf die Größe einer Kleinstadt komprimiert wird. Beide Situationen können wir mit heutiger Technologie nicht annähernd selbst erleben. Hier ermöglicht nun die relativistische Visualisierung einen Einblick in die faszinierende Welt von Schwarzen Löchern oder Wurmlöchern, oder erlaubt den rasanten Flug vorbei an Saturn.

Das Projekt „Relativistische Visualisierung“ steht in enger Kooperation mit dem „DFG-Proj. Astro“ innerhalb von VISUS. Hauptziel der relativistischen Visualisierung ist die Entwicklung von interaktiven Anwendungen für pädagogische Zwecke und die breite Öffentlichkeit. Sie kann aber auch zur Modellbildung in der astrophysikalischen Beobachtung eingesetzt werden. In jedem Fall wird eine interaktive Visualisierung angestrebt, um mit den teilweise komplexen Situationen spielerisch umgehen zu können.

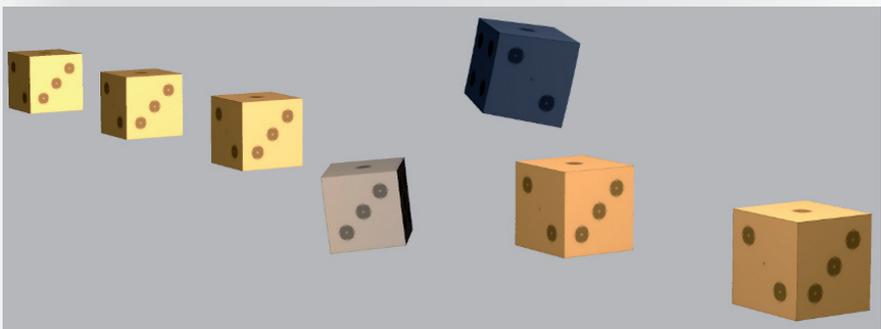
Die relativistische Visualisierung basiert auf unterschiedliche Methoden. Die drei wichtigsten Methoden in der speziellen Relativitätstheorie sind bildbasierte Techniken, Polygon-Rendering und Strahlverfolgung (Ray Tracing) unter Berücksichtigung der endlichen Lichtlaufzeit. Das Standardwerkzeug in der allgemeinen Relativitätstheorie ist das vierdimensionale Ray Tracing, wo neben der endlichen Lichtlaufzeit auch die gekrümmten Bahnen des Lichts berücksichtigt werden müssen. In speziellen Fällen, in denen eine analytische Lösung für die Bewegung von Lichtstrahlen existiert, ist bereits eine interaktive Visualisierung durch Punkttransformationen oder bildbasierte Techniken mit Hilfe vorberechneter Nachschlagetabellen möglich.

Aufgrund der Unabhängigkeit der Lichtstrahlen bei der Bilderzeugung, sind die gängigsten Visualisierungsmethoden sehr gut parallelisierbar. Neben Compute-Clustern

kommt heutzutage insbesondere programmierbare Grafikhardware zum Einsatz. Programmiersprachen wie GLSL und CUDA erleichtern dabei die Umsetzung der parallelen Algorithmen.

Im Rahmen des 100-jährigen Jubiläums der Speziellen Relativitätstheorie waren einige von uns an der inhaltlichen Gestaltung der Einstein-Ausstellungen in Ulm (2004) und Bern (2005) beteiligt. So lieferten wir Bildmaterial für Erklärungsfilme und interaktive Module. Zudem arbeiteten wir bei der Erstellung des Spektrum-Sonderheftes (3/2005) „Was Einstein gerne gesehen hätte“ mit. Zahlreiche weitere populärwissenschaftliche und fachdidaktische Beiträge sowie Fernsehbeiträge im ZDF, 3sat und WDR zeigen das große öffentliche Interesse an der Visualisierung relativistischer Effekte. Aufgrund des interdisziplinären Charakters dieses Projekts können wir eine große Zahl an Fachartikeln sowohl in der Computer-Visualisierung als auch in physikalischen Fachzeitschriften aufweisen.

Die Herausforderung des 21. Jahrhunderts in der Astrophysik ist unter anderem der Nachweis von Gravitationswellen. Deren Natur beruht auf der wellenartigen Ausbreitung von Krüselungen der Raumzeit. Hier könnte die relativistische Visualisierung hilfreich beim Verständnis der optischen Effekte sein. Weitere astrophysikalisch interessante Themen sind rotierende oder auch Mehrfach-Systeme aus z.B. Schwarzen Löchern. Die Herausforderung hierbei ist es, neue interaktive Visualisierungstechniken zu entwickeln, die sich auf gekrümmte Raumzeiten anwenden lassen.



**Abb. 3.23:** Fünf ruhende Würfel und zwei relativistische Würfel mit 60% (unten) bzw. 90% (oben) Lichtgeschwindigkeit. Die bewegten Würfel erscheinen verdreht obwohl sie die gleiche Ausrichtung haben wie die ruhenden Würfel. Der obere Würfel bewegt sich entlang der Würfelkette nach vorne, wohingegen der untere Würfel sich senkrecht dazu nach links bewegt.

### 3.17 Information at your fingertips – Interaktive Visualisierung für Gigapixel-Displays

<b>Projektträger</b>	Förderprogramm Informationstechnik Baden-Württemberg (BW-FIT)
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Thomas Ertl
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Ing. Christoph Müller
<b>Laufzeit</b>	2006 bis 2010

Der kontinuierliche Fortschritt in der Halbleitertechnik und der Sensorik erlaubt es uns, immer größere Mengen digitaler Daten in immer kürzerer Zeit anzuhäufen – Daten, die schon jetzt niemand mehr auch nur ansatzweise überblicken kann. Erzeugt werden diese Datenmengen typischerweise durch computergestützte Simulationen, durch die digitale Abwicklung von Geschäftsprozessen oder auch durch verschiedene Abtastverfahren, wie zum Beispiel Laser-Scanning, Computer- und Magnetresonanztomographien oder einfache Digitalkameras. Schon Einsteigermodelle von Digitalkameras sind heute in der Lage, mehr als zehn Megapixel aufzunehmen, und im professionellen Bereich sind problemlos über einhundert Megapixel pro Foto möglich.

Die digitalen Ausgabemedien auf der anderen Seite können zum jetzigen Zeitpunkt mit dieser Entwicklung momentan kaum Schritt halten: Die größten für Normalverbraucher käuflichen Computerbildschirme können mit gerade einmal vier Megapixeln weniger als die Hälfte des Bilds anzeigen, das mit einer Einsteigerkamera aufgenommen wurde – kosten aber weit über zehnmal so viel. Die Kosten für absolute Spitzenmonitore mit acht Megapixeln liegen heute noch im Bereich eines Kleinwagens. Daher ist der Umgang mit großen visuellen Datenmengen heute vor allem gekennzeichnet durch das Hilfsmittel der Interaktion: der Benutzer muss Bereiche vergrößern und verkleinern und den Fokus des Interesses verschieben. Um dem Ziel schon heute näher zu kommen, den gesamten Datenbereich und alle seine Details gleichzeitig sehen zu können, werden in Wissenschaft und Industrie heute große Display-Wände, so genannte Powerwalls, eingesetzt. Diese werden aus einer großen Zahl von kleineren Ausgabegeräten zusammengesetzt, so dass sie am Ende den Eindruck eines einzelnen, großen Bildschirms erwecken.

Schon der Aufbau und der Betrieb einer Powerwall stellen eine technische Herausforderung dar, schon allein weil ein handelsüblicher PC Versorgung der vielen Ausgabegeräte mit Bildern nicht mehr ausreicht. Wenn die Frage, wie mit Hilfe vieler Computer ein zusammenhängendes Bild für viele Monitore aus wissenschaftlichen, betriebswirtschaftlichen oder Scanner-Rohdaten erzeugt werden kann, ergeben sich

weitere Fragen, zum Beispiel wie ein wandgroßer Bildschirm bedient werden soll. Die Notwendigkeit, sich vor der Wand bewegen zu können, um alle Details wahrzunehmen, schließt nämlich die üblichen Eingabegeräte für Computer, Maus und Tastatur, praktisch aus. Mit all diesen Fragen vom Aufbau und Betrieb hochauflösender Displays über die Verarbeitung der großen Eingabedatenmengen bis zu den Fragen der Interaktion beschäftigt sich das Projekt „Information at your fingertips – Interaktive Visualisierung für Gigapixel-Displays“ aus dem Förderprogramm Informationstechnik Baden-Württemberg (BW-FIT). Organisiert ist das Projekt als Verbund verschiedener Universitäten und Forschungseinrichtungen aus dem ganzen Land, namentlich die Universitäten in Konstanz, Stuttgart, Tübingen und Ulm, das Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen und das Zentrum für Kunst- und Medientechnologie in Karlsruhe.

Aufgrund seiner umfangreichen Erfahrung auf dem Gebiet der Verwendung moderner Graphikhardware für Visualisierungsalgorithmen und insbesondere auch Graphik-Clustern, also Verbänden vieler PCs mit Graphikhardware, übernimmt das Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart im Rahmen des Forschungsverbunds die Entwicklung von Hardware-beschleunigten Algorithmen zur Erzeugung großer Pixelmengen und der Software-Infrastruktur für Graphik-Cluster. Solche Cluster sind heutzutage unerlässlich, um die vorliegenden Datenmengen für die visuelle Darstellung aufzubereiten. Gleichzeitig stellt aber die Programmierung für solche verteilten Systeme eine Hürde dar. Ein am Institut entwickeltes System auf Basis einer speziellen Programmiersprache, welches die gängigen Mechanismen zur Programmierung von Graphikkarten auf ganze Cluster erweitert, soll diese Hürde senken. Durch die Abbildung der Hierarchie der Hardware in entsprechende Software-Strukturen, wird das Problem der Cluster-Programmierung in kleinere, leichter handhabbare Teile zerlegt und die Verteilung des Problems auf viele Rechner vom Programmierer versteckt.

Ein noch allgemeinerer Ansatz, der im Rahmen des Projekts verfolgt wird, ist der Versuch, einen Cluster aus verschiedenen Rechnern zu einer „virtuellen“ Graphikkarte zusammenzufassen. Dabei wird ein Gerätetreiber dazu eingesetzt, einem Gastsystem die Existenz einer nicht vorhandenen Graphikkarte vorzuspiegeln. Statt die Hardware zu verwenden, verschickt der Treiber dann alle Graphikoperationen über das Netzwerk auf den Cluster, wo diese dann durchgeführt werden. Während dieser Ansatz, wie auch die bereits erwähnte Programmiersprache für Graphik-Cluster, eine möglichst allgemeine Lösung für viele graphische Anwendungen liefern soll, erfordern viele Visualisierungsprobleme auch ein weniger allgemeines Vorgehen, um die Fähigkeiten eines GPU-Clusters maximal auszunutzen. So bringen wir die Anwendung der Volu-

menvisualisierung, die beispielsweise für Computertomographiedaten eingesetzt wird, als hochspezialisierte Anwendung auf den Cluster. Dabei können Cluster-Rechner sowohl dazu genutzt werden, viele Pixel zu erzeugen, indem das Rechenproblem im Bildraum aufgeteilt wird, als auch dazu, sehr große Datensätze zu verarbeiten – man spricht dann von einer Objektraumverteilung. Darüber hinaus besteht bei besonders hochauflösenden Anzeigegeräten wie einer Powerwall natürlich der Wunsch, den Berechnungsaufwand für jeden Bildpunkt möglichst gering zu halten. Dem versuchen wir nachzukommen, indem auf der Graphikkarte die Berechnung von Bildbereichen, in denen keine interessanten Daten vorhanden sind, so vereinfacht wird, dass kein Unterschied im Vergleich zu einer vollständigen Verarbeitung aller Daten sichtbar ist.

Die Powerwall im neuen VISUS-Gebäude wird in Zukunft ermöglichen, all diese Ansätze an einer neuen Dimension von Display-Größen anzuwenden, und bietet mit ihrem großen Graphik-Cluster neue Möglichkeiten, Visualisierungsprobleme algorithmisch auf Cluster zu verteilen.

### 3.18 Visualisierung auf großen Displays

**Mitarbeiter** Dr. Guido Reina

Die rasch wachsende Menge digital verfügbarer Daten steht in einem starken Missverhältnis zur aktuell gängigen Displaytechnik. Beispiele für Datenquellen für die wissenschaftliche Visualisierung sind die Simulationen der Projektpartner des Visualisierungsinstituts im Sonderforschungsbereich 716, welche bis zu 100 Millionen Partikel beinhalten, oder bildgebende Methoden wie die Computertomographie in der Medizin oder im Automobilbau. Selbst eine preisgünstige aktuelle Digitalkamera erfasst mit 10 Megapixel die fünffache Menge an Daten, die ein TFT-Monitor aus der gleichen Preisklasse darstellen kann (sog. „full HD“). Im Falle von partikel- oder gitterbasierten Daten aus der wissenschaftlichen Visualisierung ist die direkte Darstellung schwieriger, da ein einzelnes Element in der Regel auf deutlich mehr als nur einem einzelnen Pixel dargestellt werden muss, um mit seinen über die räumliche Position hinausgehenden Eigenschaften für den Benutzer erfassbar zu werden.

Interaktionstechniken erlauben zwar, Ausschnitte solcher Datensätze zu untersuchen, jedoch existieren keine Standardgeräte, die es den Nutzern ermöglichen, solche Datensätze in ihrer Gesamtheit zu darzustellen. Durch Abstraktion kann die erforderliche Displaygröße zwar reduziert werden, jedoch muss diese für jedes Anwendungsgebiet (und eventuell selbst für unterschiedliche beobachtbare Phänomene) angepasst werden und wird von den Benutzern aufgrund des Informationsverlustes dennoch oft als nachteilig empfunden.

Große, hochauflösende Displays bieten erstmals die Möglichkeit, aktuelle Datensätze direkt darzustellen und sich so ein globales Bild der untersuchten Phänomene und Zusammenhänge zu machen. Das Visualisierungsinstitut hat zu diesem Zweck eine stereodarstellungsfähige Powerwall aus zehn hochauflösenden JVC DLA-SH4K-Projektoren konzipiert. Diese Powerwall wird für jedes Auge 44 Megapixel Auflösung auf 6 m × 2.2m Bildfläche bieten. Das Bild ist aufgrund der kleinen Pixel (0,5 mm Kantenlänge) eher mit einem TFT-Monitor als mit herkömmlichen Powerwalls vergleichbar. Auf Grund der hohen Auflösung ist für die räumliche Darstellung eine sehr hohe Qualität zu erwarten.

Trotz seiner Vorteile stellt ein solches System herkömmliche Visualisierungsmethoden vor neue Herausforderungen. Einerseits existiert keine Hardware, mit der sich ein solches Display über ein einzelnes System treiben ließe, andererseits benötigt eine so

hochauflösende Visualisierung deutlich mehr Rechenkapazität als die, die von direkt an die Projektoren angeschlossenen Grafikkarten geliefert werden kann. Aus diesem Grund wird die Powerwall von einem zweistufigen Cluster getrieben, bei dem 10 Knoten mit jeweils zwei Grafikkarten als virtueller Framebuffer dienen. Die Software zum Betrieb dieser Knoten wird im Rahmen des Gigapixel-Projektes entwickelt. Die Displayknoten sind per InfiniBand mit 64 Renderknoten verbunden. In diesen berechnen 128 Grafikkarten über unterschiedliche Verteilungsstrategien Teilbilder, die dann auf die Displayknoten übertragen und dort zu zwei 44-Megapixel-Bildern zusammengesetzt werden. Ist die Visualisierung rechnerisch aufwendig (z.B. iterative Techniken) oder speicherintensiv (z.B. Volumenrendering), bietet sich eine Bildraumunterteilung an; ist die Szenenkomplexität hoch oder übersteigt sogar die Kapazität eines einzelnen Renderknotens, bietet sich eine Objektraumunterteilung an. Ein gemischter Ansatz ist ebenso denkbar: bei den im SFB 716 zum Einsatz kommenden punktbasierten Techniken handelt es sich um einen hybriden Bild- und Objektraumansatz.

Da die Verteilung der Daten über den Raum und über die Fläche der Powerwall nicht gleichförmig ist, kann eine statische Aufteilung der Ressourcen der Renderknoten einer interaktiven Exploration eines Datensatzes nicht gerecht werden. Daher wurden neue Methoden für die dynamische Lastverteilung entwickelt, die sogar auf heterogenen Systemen, wie dem zweistufigen CPU/GPU-Cluster von VISUS, optimale Performance möglich machen. Ein weiterer Aspekt, der die Lastverteilung auf solchen Systemen erschwert, ist die Architektur, die auf zwei Stufen NUMA-Eigenschaften aufweist, da es nicht nur zwischen den Knoten unterschiedliche Zugriffskosten (Latenz und Durchsatz) für Daten gibt, sondern auch zwischen dem GPU-Speicher und dem CPU-Speicher der einzelnen Knoten. Zur Erleichterung der Verteilung von Berechnungsvorgängen und zur Optimierung der Performance auf solchen heterogenen Systemen wurde das PaTraCo-Framework (Frey, Ertl, 2010) am Visualisierungsinstitut entwickelt.

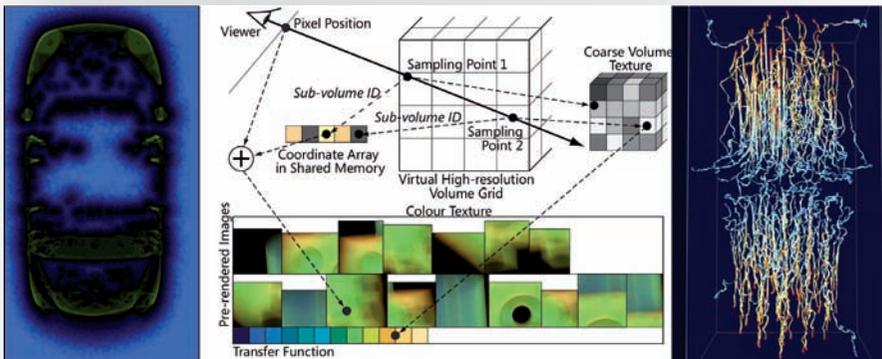
#### Literatur:

- [1] S.Frey and T. Ertl. PaTraCo: A Framework Enabling the Transparent and Efficient Programming of Heterogeneous Compute Networks. Eurographics Symposium on Parallel Graphics and Visualization EGPGV10, To Appear, 2010.

### 3.19 Parallele Visualisierung auf GPU-Clustern

**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Steffen Frey  
**Laufzeit** Ab 15.05.2008

Moderne Grafikkarten(-cluster) bieten viel Rechenleistung für die Verarbeitung und die Visualisierung auch von großen Datenmengen. Um jedoch das vorhanden Potential effizient ausnutzen zu können, müssen ihre besonderen Charakteristiken bei der Entwicklung von Visualisierungsprogrammen berücksichtigt werden. Ziel dieser Arbeit ist es, Techniken zu entwerfen, um die effiziente Verwendung von parallelen Umgebungen insbesondere fuer die Visualisierung über alle Ebenen hinweg zu erreichen – von einer Grafikkarte bis hin zu einer Netzwerkumgebung mit unterschiedlich mit Hardware ausgestatteten Knoten. Es werden sowohl Ansätze für spezifische Probleme als auch allgemein einsetzbare Techniken und Frameworks entwickelt.



**Abb. 3.24:** Paralleler Volume Renderer für die integrierte Darstellung von niedrig- und hochauflösten Volumenblöcken.

Zu den problemspezifischen Ansätzen gehört ein System zur gleichzeitigen Rekonstruktion, Segmentierung und Visualisierung von Daten aus der Computertomographie (CT). Die Rekonstruktion eines hochauflösenden Volumens aus Aufnahmen des CT Scanners nimmt üblicherweise eine lange Zeit in Anspruch. Daher wird zum einen Cluster für die schnelle Berechnung eingesetzt, dessen Ressourcen (GPUs und Mehrkern CPUs) komplett ausgelastet werden, und zum Anderen versorgt das System den Benutzer bereits während der Berechnung mit niedrig aufgelösten vorläufigen sowie bereits fertigen Ergebnissen.

Für das schnelle, interaktive Rendern eines hochaufgelösten Volumendatensatzes ist der Einsatz von Beschleunigungsmethoden erforderlich. Durch ein Verfahren auf der Grafikkarte, das eine vorhergegangene Segmentierung des Datensatzes ausnutzt indem homogene Bereiche gröber abgetastet werden, kann ein deutlicher Geschwindigkeitszuwachs erzielt werden.

Im Gegensatz zu den uniformen Volumen, wie sie aus CT Daten erzeugt werden, gibt es auch unstrukturierte Volumen die beispielsweise das Ergebnis von Strömungssimulation sind. Um diese interaktiv rendern zu können, wird ein verteiltes System für Grafikkartencluster eingesetzt. Jeder Knoten rendert nur einen Teil des gesamten Datensatzes. Da die Kosten der Bilderzeugung durch die Inhomogenität des Datensatzes stark variieren und zudem von der Position des Betrachters abhängen, wird ein Bilanzierungsverfahren eingesetzt, um die anfallende Last gleichmäßig zu verteilen und interaktive Frameraten zu erreichen.

Abgesehen von Volumen sind auch zeitabhängige Punktdatensätze häufig Ergebnisse von Simulationen, wie z.B. im Bereich der Molekulardynamik. Grosse Punktmengen haben sowohl das Problem der Speicherung als auch das der interaktiven Visualisierung und Analyse der Ergebnisse. Zur Reduzierung der Punktmenge wurde ein Verfahren für Grafikkarten entwickelt, das ausgewählte Punktgruppen durch einen Repräsentanten ersetzt werden. Repräsentanten haben die Eigenschaft sowohl die wichtigen Aspekte der Simulation abzubilden als auch über die Zeit kohärent zu sein.

Neben den aufgeführten aufgabenspezifischen Ansätzen werden auch allgemeine Verfahren für die Programmierung einer Grafikkarte bzw. eines Rechnernetzwerkes entwickelt mit dem Ziel Programmierer zu unterstützen und den Programmablauf zu optimieren.

In diesem Rahmen entwickelt ist CUDASA eine Entwicklungsumgebung, die NVDIAs GPU Programmierschnittstelle CUDA von einer Grafikkarte auf mehrere Grafikkarten erweitert. So wird dem Benutzer eine einheitliche Schnittstelle von der Grafikkarten- bis hin zur Clusterprogrammierung geboten.

Während CUDASA auf Grafikkarten und homogene Clusterumgebungen beschränkt ist, kann das nachfolgende Projekt PaTraCo mit jeglicher Art von Berechnungskomponenten umgehen. Es verfügt zudem um einen neu entwickelten Schedulingmechanismus, um den verschiedenen Fähigkeiten und unterschiedlichen Berechnungsgeschwindigkeiten in einer inhomogener Umgebung Rechnung zu tragen.

Das Ziel ist, dass ein Anwender sich auf die Programmierung der anwendungsspezifischen Teile konzentrieren kann, und ihm die Zuweisung von Aufgaben zu Berechnungskomponenten, der Datentransfers (potentiell über das Netzwerk) sowie die Erzeugung der notwendigen Infrastruktur nicht nur abgenommen werden sondern insbesondere auch eine effiziente Ausführung gewährleistet wird. Um dem Scheduler eine notwendige Entscheidungsgrundlage zu geben, werden die Berechnungszeit von Aufgaben auf bestimmten Komponenten sowie Übertragungszeiten zwischen Komponenten gemessen. Diese Informationen werden auch dem Benutzer als grafische Ausgabe zur Verfügung gestellt, so dass er den Programmablauf nachvollziehen und eventuell auftretende Engpässe identifizieren kann.

Für eine effiziente Entwicklung für Grafikkarten ist unter anderem zu beachten, dass Gruppen von 32 Threads (ein Warp) immer dieselben Instruktionen durchführen. In Anwendungen in denen Threads eine unterschiedlich lange Laufzeit haben verbrauchen diese Threads immer noch Prozessorzyklen solange mindestens ein Thread im Warp noch rechnet. Durch ein Framework kann der ineffektive Verbrauch von Zyklen massiv eingeschränkt somit verringert somit die Gesamtausführungszeit verringert werden, indem es Threads die mit ihrer Aufgabe fertig sind ermöglicht wird sich neue Aufgaben aus einem Aufgabenpool zu holen.

Zusammenfassend können für allgemeinere Aspekte der Programmierung paralleler Umgebungen allgemeine Ansätze entwickelt werden, für die problemspezifischen Teile sind jedoch speziell zugeschnittene Algorithmen notwendig. Beide Aspekte werden im Rahmen dieser Arbeit behandelt.

### 3.20 Visualisierung in der Systembiologie

<b>Projektträger</b>	Zentrum für Systembiologie (CSB), Universität Stuttgart
<b>Projektleiter</b>	Prof. Dr. Thomas Ertl
<b>Mitarbeiter</b>	Dipl.-Inf. Martin Falk
<b>Laufzeit</b>	Oktober 2007 bis Dezember 2009

Da Life Sciences auch in den Bereichen der medizinischen Visualisierung, der Strömungsvisualisierung und Visual Analytics seit geraumer Zeit an Bedeutung gewinnen, wurde vor drei Jahren die Arbeitsgruppe Visualisierung in der Systembiologie gebildet. Es bestehen Projekte in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Systembiologie (CSB) und dem Institut für Bioverfahrenstechnik (IBVT) der Universität Stuttgart.

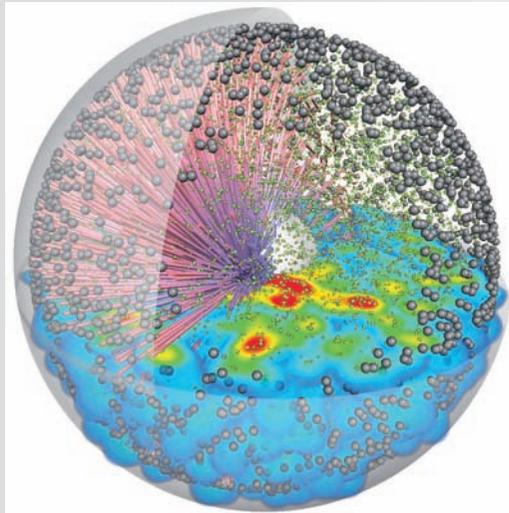
In den letzten Jahren hat sich die Systembiologie als interdisziplinäres Feld etabliert. Sie beschäftigt sich mit den Charakteristiken und komplexen Interaktionen aller Elemente in einem bestimmten biologischen System. Methoden aus der Systemtheorie werden eingesetzt, um mathematische Modelle von Organismen zu erstellen. Die Überprüfung der Modelle wird mittels *in silico* Simulationen oder mittels Heuristiken durchgeführt. Die resultierenden Modellergebnisse werden anschließend mit Daten aus Experimenten abgeglichen und das verwendete Modell entsprechend abgeändert und erneut überprüft.

In der Systembiologie spielen solche Zusammenhänge eine große Rolle. Um diese sichtbar zu machen sind Visualisierungen hervorragend geeignet. Die Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe liegen deshalb in der Visualisierung und der interaktiven Exploration von Daten aus diesem Umfeld. Im Vordergrund steht dabei die Entwicklung von Verfahren, welche auf Grafikprozessoren (engl. Graphics Processing Units, auch GPUs) ausgeführt werden. Durch den Einsatz aktueller Grafikhardware ist es beispielsweise möglich, Proteine, bestehend aus mehreren hunderttausend Atomen, qualitativ hochwertig und interaktiv darzustellen. Ebenso können auch Berechnungen durch die parallele Architektur von GPUs zum Teil erheblich beschleunigt werden.

Das CSB-Projekt beschäftigt sich mit der Signalausbreitung innerhalb einer Zelle. Dabei werden die intrazellulären Transportprozesse untersucht, welche Signalmoleküle von der Zellmembran zum Zellkern transportieren. Es werden insbesondere die Effekte des molekularen Crowdings, der gehinderten Diffusion und der Transport mit Hilfe von Motorproteinen entlang der Filamente des Zytoskeletts untersucht. Hierzu wurde zusammen mit den Projektpartnern aus der Biologie ein vereinfachtes Zellmo-

dell erstellt auf dem teilchenbasierte stochastische Simulationen durchgeführt werden können. Im Gegensatz zu klassischen Ansätzen mittels Differentialgleichungen erlaubt die stochastische Modellierung Asymmetrien innerhalb der Zellarchitektur zu berücksichtigen. Die Visualisierung der Zelle erlaubt die Validierung der Simulation und das Gewinnen neuer Einblicke. Eine Visualisierungsumgebung ermöglicht die interaktive Darstellung der virtuellen Zelle und der Vorgänge darin. So kann beispielsweise der Weg einzelner Moleküle nachverfolgt werden. Für die nahe Zukunft ist geplant, das Zellmodell hinsichtlich der Zellform und des Zellskeletts basierend auf Experimentaldaten anpassbar zu machen. Ebenso sollen Simulation und Visualisierung zu einem interaktiven Explorationswerkzeug verschmolzen werden.

In Zusammenarbeit mit dem IBVT wird in einem kürzlich begonnenen Projekt die Nährstoffausbreitung in Tumoren behandelt. Beim Wachstum eines Tumors ist die Versorgung mit Nährstoffen aus den Blutgefäßen ein wichtiger Faktor. Fehlt diese Versorgung, so sterben Teile des Tumors ab. Der Versorgungsweg über die Blutbahn kann jedoch auch für Medikamente genutzt werden, welche auf Tumorzellen wirken sollen. Der Transport von Nährstoffen und Medikamenten zu den einzelnen Zellen erfolgt außerhalb der Blutgefäße hauptsächlich durch Diffusion. Dieser Transport soll mittels einer Partikelsimulation auf mehreren Skalen erfolgen.



**Abb. 3.25:** Visualisierung der Signalausbreitung in einer virtuellen Zelle.

### 3.21 Visualisierung dynamischer Graphen und Hierarchien

**Mitarbeiter** Dipl.-Inf. Michael Burch  
**Laufzeit** Ab Juni 2010

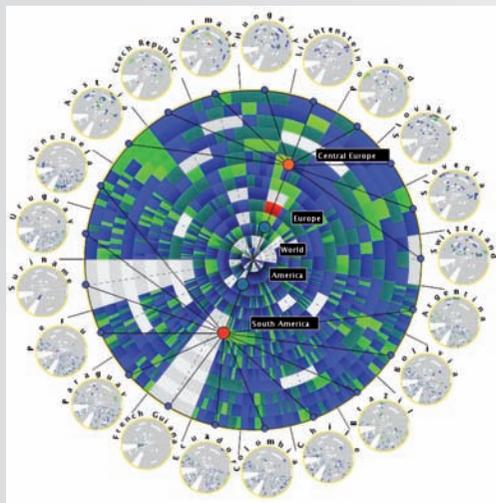
Hierarchische Daten treten in vielen Anwendungsgebieten des täglichen Lebens auf. So arbeiten etwa Softwareentwickler in einem hierarchisch strukturierten System bestehend aus Paketen, Verzeichnissen, Dateien, Funktionen und noch fein-granulareren Software-Artefakten auf Quellcodeebene. In der Biologie werden die Verwandtschaftsgrade verschiedener Species strukturiert durch eine sogenannte Taxonomie oder Phylogenie ausgedrückt. Im Laufe der Zeit wurden für diese Art von Daten bereits zahlreiche Visualisierungstechniken entwickelt, die einerseits die Struktur der Hierarchie gut hervorheben und andererseits besonders platzeffizient sein sollen, um möglichst viele hierarchische Elemente gleichzeitig in einem statischen Bild auf dem Bildschirm darstellen zu können. Leider gibt es einen Zielkonflikt zwischen diesen beiden Darstellungsprinzipien. Nutzt man den Platz ideal aus, kann man zwar ein Maximum an Elementen graphisch am Bildschirm darstellen, jedoch leidet die hierarchische Struktur darunter. Möchte man andererseits die Struktur der Hierarchie besonders gut hervorheben, muss man meistens an der Anzahl der dargestellten Elemente Abstriche machen.

Im Rahmen meiner Forschungsarbeit befasste ich mich mit der effizienten und effektiven Darstellung solcher abstrakter Daten, die somit zweifelsohne dem Gebiet der Informationsvisualisierung zuzuordnen ist. Das Problem der effizienten Hierarchiedarstellung kann leicht erweitert werden, indem man noch zusätzlich gewichtete Relationen zwischen Hierarchieelementen zulässt. In der Graphentheorie spricht man dann von sogenannten Compound-Graphen – Objekte, die miteinander in Beziehung stehen können und die Blattknoten einer weiteren Hierarchie sind. Es gibt also zweierlei Arten von Beziehungen in diesen abstrakten Daten, die vom Betrachter unterschieden werden müssen. Auf der einen Seite hat man es mit sogenannten Adjazenzrelationen zu tun, die auf der anderen Seite völlig disjunkt zur Menge der Hierarchierelationen sind.

Typischerweise verwendet man zur Darstellung solcher relationaler Daten sogenannte Knoten-Kanten Diagramme. Die Problematik dieser Art von Visualisierung wird schnell deutlich, wenn man besonders große und dichte Graphen betrachtet---Knoten-Kanten Diagramme bestehend aus vielen Objekten mit überdurchschnittlich vielen Relationen. Selbst ein optimales Layout der Objekte im zweidimensionalen Raum leidet immer noch unter einem Phänomen, das in der Visualisierung mit dem Begriff

‚Visual Clutter‘, einem visuellen Wirrwarr, bezeichnet wird und durch die zahlreichen Kantenkreuzungen im Layout eines Knoten-Kanten Diagramms hervorgerufen wird.

Ein weiterer Teil meiner Arbeit besteht darin, dynamische Knoten-Kanten Diagramme mit einem Minimum an visuellem Wirrwarr graphisch am Bildschirm darzustellen und mit Interaktionstechniken den Benutzer einer solchen Visualisierungstechnik möglichst viel Unterstützung bei der Analyse der zeitbasierten Daten zu geben. Dynamisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Relationen sich von Zeitpunkt zu Zeitpunkt verändern können. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die traditionellen Knoten-Kanten Diagramme durch radiale matrixähnliche Diagramme ersetzt. Als Seiteneffekt erhält man ästhetisch ansprechende Visualisierungen.



**Abb. 3.26:** Visualisierung dynamischer Compound Graphen

In Zukunft werde ich mich mit der Visualisierung dynamischer Graphdaten befassen, die noch viel größere Datenmengen darstellen können. Dies sollte in Bezug auf die Anzahl der Knoten, die Anzahl der Kanten und die Anzahl der Zeitschritte geschehen. Außerdem befasse ich mich mit Benutzerstudien, die eindeutig feststellen sollen, für welche Aufgabenstellungen eine neue Visualisierung besonders geeignet ist und für welche nicht. Mit speziellen Eyetracking-Verfahren lassen sich auch die Blickbewegungen von Testpersonen untersuchen. Diese zusätzliche Information kann Aufschluss darüber geben, wie ein Benutzer einer Visualisierungstechnik systematisch vorgeht.

# 4 Multimodal Computing and Interaction

**Robust, efficient, and intelligent processing  
of text, speech and visual data**

**Prof. Dr. Hans-Peter Seidel<sup>1</sup>**

## 4.1 At a Glance

The abundance of widely available digital data poses exciting new opportunities. Previously this data was mostly textual, today it includes text, speech, audio, images, video, and other representations. The challenge now is to organize, understand, and search this multimodal information in a robust, efficient and intelligent way, and to create dependable systems that allow natural and intuitive multimodal interaction.

## 4.2 Introduction

The past three decades have brought dramatic changes in the way we live and work. This phenomenon is widely characterized as the advent of the information society. It is fueled by the power of information technology to acquire, store, process and transmit data compactly, inexpensively and at greater speeds than ever before. Ten years ago, most digital content was textual. Today, graphical and audiovisual I/O devices are in widespread use and modern personal computers have multimedia capabilities. As a result, current digital content additionally comprises speech, audio, video and graphics. Ubiquitous sensing devices will further increase the global volume of digital data. The availability of digital content in different modalities and the increasingly pervasive access to the internet combine to make a host of information available to anyone, at anytime.

Given these trends, the challenge is to organize, understand, and search this multimodal information in a robust, efficient and intelligent way, and to create dependable systems that allow natural and intuitive multimodal interaction.

---

<sup>1</sup> Direktor des Max-Planck-Instituts für Informatik, Saarbrücken  
(hpseidel@mpi.sb.mpg.de).

### 4.3 Vision and Goals

Multimodality is an inherent property of human cognition and communication. People perceive with all their senses – vision, hearing, smell, touch, and taste – and express themselves naturally by voice, gesture, gaze, facial expression, body posture, and motion. Information technology is increasingly multimodal: computers acquire, store, process, and display a variety of digital information including text, speech, images, video, 3D graphics, as well as geometry and other high-dimensional data arising from science and engineering. However, humans' ability to handle multimodal data exceeds the ability of existing computer systems. Computers are very efficient at processing large, well-structured data sets, but reach their limits when confronted with certain tasks that are intuitive and easy for humans, such as the production and understanding of natural language and the interpretation of visual and auditory stimuli haven been notoriously difficult for computers. Furthermore, people handle multimodality in a deeply integrated way. In face-to-face communication, people accompany their utterances by facial expressions and gestures, and listeners simultaneously use verbal and non-verbal cues like gaze and facial expression for comprehension.

The goal is to enable natural multimodal interaction with information systems anytime and anywhere, exploiting the wealth of modalities present in everyday human-to-human interaction. Such systems should be naturally accessible for casual users and, for experts, provide novel ways of exploring information. The systems must be aware of each user's environment and situation, must react to speech, text, and gestures and respond with speech, text, video, and virtual characters.

Multimodal interaction has at its counterpart multimodal computing that enhances the abilities of computer systems to acquire, process, and present different modes of data in an efficient and robust way. The goal is to create systems that can analyze and interpret multimodal information even when it is large, distributed, noisy, and possibly incomplete; that can organize the obtained knowledge to enable powerful querying; and that can produce convincing visual output to visualize complex information in real-time.

The envisioned multimodal systems must be available anytime and anywhere, and must be reliable and secure. Therefore, the goal is to develop principles for the design, implementation, and operation of dependable autonomous networked systems. In our vision, these systems will be self-organizing, operate autonomously, and respect users'

legitimate privacy concerns while simultaneously holding them accountable for their actions.

#### 4.4 Future Directions

In order to realize the vision and goals from above, the following key problems need to be addressed:

(i) *Multimodal Knowledge Acquisition, Representation and Retrieval*

We have to derive means to acquire, organize and extract information in improved and novel ways. Today, scientific publications available on the Internet are an important information source for scholars. Online encyclopedias like Wikipedia are a major source for students and the public. Digital libraries and thematic portals combine multiple literature and data collections, but provide little integration among sources. In addition, information searching is limited to keywords and simple metadata. Media like video, images, or speech are currently only searchable through manually created annotations.

In the future, knowledge will be automatically acquired and continuously maintained by a suite of methods for natural-language processing, video-content recognition and analysis, information extraction, relation inference, and semantic disambiguation. The resulting knowledge base will be organized with explicit relations and predicated-argument structures and will thus foster flexible and highly accurate searches. An important application domain for the developed ontologies and knowledge bases will be science and engineering, and in particular the life sciences.

(ii) *Realistic Virtual Environments and Convincing Visualizations*

Here the goal is to create convincing virtual environments for enhanced presentation of multimodal data. The visual aspect of these will be realized by realistic and/or abstract synthesis of technical objects like cars or airplanes; by sophisticated post processing of existing footage like images, video, or 3D scans; or by a combination of these two basic approaches. Required are techniques for combinatorial and geometric computing, and software to realize large-scale, integrated, physically accurate and visually rich virtual environments. A somewhat orthogonal but closely related aspect is the creation of human-like synthetic virtual characters. They should look and speak realistically, show convincing emotions, and mimic

the behavior of real people in an individualistic and characteristic way. Virtual characters provide a powerful system interface, but can also be used to populate virtual or mixed reality environments.

(iii) *Symmetric Multimodal Dialog Systems*

We have to lay the foundation for a new generation of symmetric multimodal dialog systems. These systems will create a natural experience for the user akin to daily human-to-human communication by allowing both the user and the system to combine the same spectrum of modalities for input and for output. An interesting test scenario that is rich yet controllable, are, e.g., drivers and passengers travelling in the car of the future. Here the goal is to develop multimodal in-car dialog systems that enable passengers to interact not only with advanced car services, but also with the environment while in transit. The interactive control of all these services is a rich test bed for multimodal human-to-technology communication. We aim for technologies that comprehend user actions based on computational models of the current task, context, domain, and the user's state and cognitive load to provide appropriate multimodal responses.

(iv) *Autonomous, Dependable Computing and Communication Infrastructure*

We have to develop principles for the design, implementation and operation of dependable, autonomous networked systems that meet the demands of a pervasive multimodal computing and communications infrastructure. Key assets of these systems will be self-organization as well as infrastructure independence, thus providing computing and communication at all times in all places. We aim for systems that operate autonomously, with manual administration limited to the installation and replacement of hardware components. These systems must be capable of delivering personalized, relevant and timely information and communication. Moreover, the systems must be dependable and respect users' legitimate privacy concerns, while simultaneously holding them accountable for their actions. Such systems are a necessary platform for the three previously stated objectives.

# 5 „Interaktive Systeme“ in der Stuttgarter Informatik von 1970 bis 1999

**Prof. Dr. Rul Gunzenhäuser**

Die Erfolgsgeschichte des Instituts für Visualisierung und interaktive Systeme (VIS) ist in der Stuttgarter Informatik beispiellos. Selbst dieser Erfolg hat nicht nur einen Vater, auch wenn Professor Thomas Ertl zu Recht diese Vaterschaft in Anspruch nehmen kann. Sein fundiertes fachliches Wissen, seine große internationale Erfahrung im Bereich der Computergrafik und der Visualisierung sowie seine Ausstrahlung, sein Engagement und sein Geschick, mit Kollegen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Studierenden, Menschen aus dem industriellen Umfeld und Drittmittelgebern umzugehen, bilden das wichtigste Fundament, auf dem sich das Institut VIS gründet und weiterentwickelt.

Aber auch die vielen Doktoranden und Diplomanden im Institut VIS, die vielen in den Forschungsvorhaben engagiert mitwirkenden jungen Forscher und Forscherinnen, und das sonst oft wenig angesprochene „weitere Personal“ wie Sekretärinnen, Techniker, Programmierer und studentische Hilfskräfte tragen zu dieser Erfolgsgeschichte bei. Dabei sind es nicht nur deren Wissen und deren wissenschaftliche Fähigkeiten, die auffallen, sondern auch der hervorragende Teamgeist und der offene, freundschaftliche Umgang der Menschen von VIS und VISUS untereinander, die seit den frühen Anfängen im Institut VIS herrschen. Dies auch als „entpflichteter“ Institutsangehöriger zu erleben, ist nicht nur wohltuend – es erfüllt mich mit großer Freude.

In aller Bescheidenheit möchte ich noch auf ein letztes Fundament dieses Erfolgs hinweisen: Die Einbettung des Instituts VIS und auch des neuen Visualisierungsinstituts VISUS in das breite Aufgabenfeld, in die akademische Lehre und auch in die Geschichte der Stuttgarter Informatik. Diese besteht schon seit 1970, sie ist also knapp 30 Jahre älter als VIS.

In diesem Rahmen kann nur wenig über diese Vorgeschichte des Instituts VIS berichtet werden. Als Schwerpunkt soll daher das Thema „interaktive Systeme“ aus Sicht der Stuttgarter Informatik gewählt werden.

## 5.1 Diplomstudiengang Informatik ab 1970

Mit Beginn des Wintersemesters 1970/71 begann – nach einer zweijährigen Vorgeschichte – in Stuttgart der Diplomstudiengang Informatik mit etwa 70 Studienanfänger(inne)n. Der eilends von Professor Walter Knödel und seinen Mitarbeitern zusammengebaute Studienplan enthielt zu meiner Überraschung ein Pflichtstudienfach „Interaktive Systeme I/II“ im 6. und 7. Fachsemester. Es gab dazu seit 1972 einen Großrechner von Telefunken mit mehr als 50 Sichtbildgeräten (alphanumerischen Terminals vom Typ SIG 50) und zwei graphische Terminals vom Typ SIG 100, die von einem Satellitenrechner versorgt wurden. BASIC war als einzige interaktive Sprache verfügbar.

Man brachte in Erfahrung, dass ich mich in den USA und später an einer deutschen Hochschule mit interaktiver Programmierung und mit „rechnerunterstütztem Lernen (RuL)“ beschäftigt hatte: Daher war ich im Sommersemester 1973 in den Augen der Stuttgarter Fakultät der „ideale“ Dozent für dieses Fach. Es gab durchaus schon Lehrstoff: Interaktive Programmiersprachen wie BASIC und APL, später LISP, interaktive Autorensysteme für RuL, Werkzeuge für interaktive (Programmier-) Systeme wie Debugger und Editoren sowie Interaktionstechniken wie Kommandosprachen, Menutechnik, einfachste Grafik auf dem Bildschirm usw. Für die Studierenden und für den Dozenten gab es viel Neues zu lernen. Bald konnten wir auch gemeinsam einfachere interaktive Anwendungen für Büroarbeiten, für betriebliche Berechnungen, für einfachste Strategiespiele und Programmierbeispiele für den Unterricht an Gymnasien erarbeiten. Informatikunterricht war nämlich seit 1972 an Baden-Württembergischen Schulen möglich.

## 5.2 Studienplan ab 1974 mit Schwerpunkt / Vertiefungslinie Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK)

Das 2. DV-Förderprogramm der damaligen Bundesregierung bescherte ab 1970 der Stuttgarter Informatik mehrere (befristet finanzierte) Forschungsgruppen im Bereich der anwendungsorientierten Informatik, darunter eine mit dem Thema „Rechnerunterstütztes Lehren und Prüfen“. Diese wurde schon 1972 von der Universität Stuttgart in einen (unbefristeten) Lehrstuhl umgewandelt, auf den ich – zu meiner Überraschung und Freude – 1973 berufen wurde, als „Mann für alles Interaktive“, wie die Studierenden scherzten.

Wir werteten es als schönen Erfolg, dass wir für den neuen (damals „endgültig“ genannten) Diplomstudienplan schon 1974 die Fächergruppe „Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK)“ als einen der beiden angewandten Studienschwerpunkte genehmigt bekamen. Begrifflich haben wir uns dabei an einen damaligen Studienplan der ACM angelehnt, die „Man-Machine-Communication“ als Lehrgebiet empfahlen. Bald hielten wir es für besser, „Maschine“ durch „Computer“ einzuschränken und „Kommunikation“ durch „Interaktion“ zu ersetzen, was auch in anderen Ländern als HCI (Human-Computer-Interaction) üblich wurde.

Der Studienschwerpunkt umfasste neben Lehrveranstaltungen über interaktive Systeme auch solche über rechnerunterstütztes Lehren und Lernen, text- und listenverarbeitende Sprachen, natürlichsprachliche Textverarbeitung, Symbolmanipulation und interaktive Programmierung aus unterschiedlichen Perspektiven und für unterschiedliche Anwendungen. Als Programmiersprachen wurden APL, Lisp (in mehreren Varianten), LOGO und PROLOG verwendet, bis dann in den 1980er Jahren das Programmierparadigma der objektorientierten Programmierung auch in der Lehre dominierte.



**Abb. 5.1:** Informatik-Gebäude in der Azenbergstraße 18, Stuttgart

### 5.3 Abteilung Dialogsysteme ab 1976

Das 1972 gegründete Institut für Informatik wuchs rasch, so dass es Anfang 1976 in mehrere Teilinstitute (Abteilungen) zerlegt wurde, die insbesondere in ihren Forschungsaktivitäten und bei der Einwerbung von Drittmittelprojekten weitgehend unabhängig operieren konnten. Der Abteilung Anwendungssysteme, die unter der Leitung von Prof. Dr. E.J. Neuhold und später von Prof. Dr. A. Reuter stand, gelang es beispielsweise rasch, größere Projekte für die Stuttgarter Informatik zu gewinnen. Zunächst war der Bau eines PL/I-Compilers ein wichtiges Thema. Etwas später standen dort u. a. verteilte relationale Datenbanksysteme und verteilte transaktionsverarbeitende Systeme im Vordergrund der sehr erfolgreichen Forschungsarbeiten.

Aus dem Lehrstuhl von Prof. R. Gunzenhäuser wurde das Teilinstitut „Abteilung Dialogsysteme (DS)“. Diese Bezeichnung entstand etwas unter Zeitdruck und sollte als Oberbegriff die – von uns überwiegend technisch gesehenen – „interaktiven Systeme“ umfassen. Wir erinnerten uns dabei an Lehrformen der antiken Philosophie eines Sokrates und vor allem eines Plato, die in ihrer Dialektik die Dialoge in den Mittelpunkt gerückt und zu hoher Vollendung geführt haben. Bald fand man diese Bezeichnung auch im französischen Sprachraum (système dialogue).

Die Abteilung DS wuchs von Jahr zu Jahr, teilweise so stark, dass wir bis 1991 in ständiger Raumnot arbeiten mussten. Der Abteilungsleiter koordinierte die Lehraufgaben von DS sehr strikt, so dass die Abteilung gegenüber den Studierenden und den Kollegen der Stuttgarter Informatik stets als geschlossene Einheit auftreten konnte. Neben dem Studienschwerpunkt „Mensch-Maschine-Kommunikation“ wurden viele Aufgaben in den einführenden Lehrveranstaltungen, bei Praktika und bei Studienprojekten übernommen. Im Bereich der Forschung wurden die (erfahrenen) Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dagegen an einer „recht langen Leine geführt“, was nicht zuletzt zu einer Vielfalt verschiedener Projekte mit teilweise unterschiedlichen fachlichen Grundlagen und angewandten Lösungsverfahren führte. Selbst die Ausstattung mit den benötigten Rechnersystemen und den Software-Werkzeugen wurde den Projektverantwortlichen übertragen.

Warum hat dies funktioniert? Ein Beispiel: Ein junger Kollege, der sich fachlich hervorragend positioniert und sich dabei durch ein langwieriges Habilitationsverfahren „gequält“ hat, will dann (endlich!) zeigen, was er kann, und will dafür Eigenverantwortung haben. Diplomanten und Doktoranten, die ihm bisher nur zugearbeitet haben, will er nun in einem eigenen Projekt fordern und fördern. Gelingt es, diesen jungen

Kollegen noch mehrere Jahre lang in der Abteilung zu halten, profitieren alle von seinem Elan, nicht zuletzt die von ihm betreuten Studierenden.

So ist, im Beispiel der Abteilung DS, den Privatdozenten Dr. Joachim Laubsch, Dr.-Ing. Kenyi Hanakata, Dr. rer. nat. Thomas Strothotte und besonders Dr. rer. nat. Gerhard Fischer zu danken, die über viele Jahre hinweg für die Quantität, vor allem aber für die Qualität der Lehre und Forschung in der Abteilung DS mitverantwortlich waren und dabei sehr erfolgreich wirkten.



**Abb. 5.2:** Informatik-Gebäude in der Breitwiesenstraße 20–22, Vaihingen

## 5.4 Ausgewählte Forschungsvorhaben

Aus der Vielzahl der in der Abteilung DS im Bereich der interaktiven Systeme durchgeführten Forschungsprojekte können hier leider nur wenige erwähnt werden.

Sie reichen von DFG-Einzelvorhaben bis hin zur Beteiligung an zwei großen vom zuständigen Bundesminister geförderten Verbundprojekten und der Mitwirkung bei EU-Projekten.

Initiiert von Frau Dr. Waltraud Schweikhardt begann schon 1978 ein von der DFG gefördertes Projekt über Benutzungsoberflächen (von Kleinrechnern) für Blinde und Sehbehinderte. Dann wurden einfachere Lern- und Übungsprogramme für blinde Schüler entwickelt. Mit dem Aufkommen von Bildschirmtext (BTX), einem Vorläufer des heutigen Word Wide Web, konnte die Nutzung dieses Mediums durch Blinde und Sehbehinderte untersucht und mit Hilfe neu entwickelter taktiler Ausgabegeräte (Braille-Zeile und Braille-Matrix-Display) erheblich verbessert werden. Der erblindete Programmierer Alfred Werner erwies sich als tatkräftige Stütze bei der Entwicklung und Erprobung solcher interaktiver Anwendungen.

In der Abteilung DS begann 1981 auf Initiative von Prof. Dr. G. Fischer das Forschungsvorhaben INFORM. Im Vordergrund standen die Entwicklung und Erprobung neuartiger Benutzungsoberflächen – mit Maus, Fenstertechnik und direkter Manipulation – für so genannte „Informationsmanipulationssysteme“. Die dabei entstandenen neuartigen Interaktionsformen, Benutzermodelle und Hilfesysteme fanden auch internationale Beachtung. Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Mensch-Computer-Interaktion standen im Vordergrund des anschließenden Verbundprojekts WISDOM über „wissensbasierte Bürokommunikation“ in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) in St. Augustin. Allein im Umfeld dieser Vorhaben entstanden mehr als 60 Diplomarbeiten sowie über zehn Promotionen.

Die (interaktive) Generierung von deutschen Texten aus internen sprachlichen Repräsentationen, die aus dem Japanischen gewonnen wurden, stand im Mittelpunkt des Projekts SEMSYN (semantische Synthese von natürlich-sprachlichen Texten), das über mehrere Jahr von den Privatdozenten Dr. Hanakata und Dr. Laubsch geleitet wurde.

Im Jahre 1991 begann ein von der EU im Rahmen des Projekts TIDE gefördertes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben GUIB („Access to textual and graphical user interfaces for the blind“), an dem sieben Institute aus sechs europäischen Ländern mit zwei Industriepartnern zusammenarbeiteten. Ziel waren Konzepte, wie (existierende) graphische Benutzungsoberflächen nachträglich so modelliert und modifiziert werden konnten, dass – für Blinde und Sehbehinderte – eine Integration von akustischen Ausgaben und taktilen Ein- und Ausgaben möglich wurde.



**Abb. 5.3:** Informatikbau in der Universitätsstraße 38, Universitätscampus Vaihingen

Weitere Projekte befassten sich mit der Erstellung von Lernsoftware für Anwendungen in der Schule und der beruflichen Aus- und Fortbildung, mit Möglichkeiten zur Distribution von Lernsoftware über ein öffentliches Kommunikationsmedium (das aus fast allen Institutsrechner gebildet wurde), mit dem interaktiven Erwerb und der wissensbasierten Modellierung von Wissen, mit der Dialog- und Benutzermodellierung in adaptiven Computersystemen, mit der wissensbasierten Planungsunterstützung als Aufgabe der Mensch-Computer-Interaktion und selbst mit wissensbasierten Werkzeugen zum computergestützten Komponieren von Musik. Für Hypertext-Lernumgebungen wurden kritikerbasierte Autorenwerkzeuge konzipiert, zur Koordination nebenläufiger

Interaktion und „undo“ in CSCW-Systemen wurden transformationsbasierte Methoden entwickelt, schließlich wurde für die medizinische Informatik ein interaktives multimediales System zur Verwaltung von Patientendaten entwickelt und erprobt. [1]

Diese Beispiele können nur eine Auswahl darstellen, denn bis 1999 wurden in der Abteilung DS etwa 45 Promotionen und – geschätzt – 350 Diplomarbeiten erfolgreich abgeschlossen. Insgesamt 14 dieser Absolventen/Absolventinnen sind bzw. waren als Professorin / Professor an einer Universität oder einer Hochschule tätig.

## **5.5 Zur Anwendungsorientierung in den Stuttgarter Informatikstudiengängen**

In der Stuttgarter Informatik bildete – seit ihren Anfängen – die Anwendungsorientierung einen wichtigen Pfeiler für die Forschungsarbeit und die Lehre in Studienschwerpunkten wie „Mensch-Computer-Kommunikationen“. Schon in den 1980er Jahren war unstrittig, dass die improvisierten Anfänge der Informations- und Datenverarbeitungstechnik durch methodisch fundierte Entwurfs- und Konstruktionstechniken abgelöst sind – „und zwar in gleichem Maße, wie sich die Informatik von einer Sammeldisziplin verschiedener Ansätze im Bereich der Informationsverarbeitung zu einer Systemwissenschaft mit streng formalisierten Fundamenten und einer ausgearbeiteten Methodenlehre entwickelt hat...“, so schrieb Prof. Andreas Reuter in seinem Vorwort zum Tagungsband der Stuttgarter GI-Jahrestagung 1990.

Die Informatikausbildung an deutschen Hochschulen hat dieser Anwendungsorientierung schon frühzeitig Rechnung getragen durch die Einführung eines Nebenfaches in ihren Diplomstudiengängen. Die GAMM-NTG-Empfehlungen der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik und der Nachrichtentechnischen Gesellschaft von 1968 wie auch deren Fortschreibung als Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V. von 1985 sehen ein obligatorisches Nebenfach im Grund- und Hauptstudium der Informatik vor.

Die Studierenden sollen in ihrem jeweiligen Nebenfach Denkweisen der Anwender und deren Begrifflichkeiten verstehen und lernen, auf Fragen wie die beiden folgenden Antworten zu geben.

In welchen Bereichen werden Informatikmethoden vornehmlich eingesetzt, wo können sie zukünftig eingesetzt werden und mit welchem Erfolg?



**Abb. 5.4:** Das VISUS-Gebäude

In welchen Anwendungsbereichen bestehen noch Defizite in der Methodenentwicklung, d.h. wo dominiert nach wie vor pragmatisches Vorgehen über systematische Entscheidungsfindung durch (interaktive) computergestützte Verfahren?

Die Abteilung DS hat – nicht nur in der Lehre – in der interdisziplinären Zusammenarbeit mit vielen anderen Instituten der Universität Stuttgart große Vorteile gesehen und diese sehr gut genutzt. Zahlreiche Publikationen sind gemeinsam mit Wissenschaftlern aus der Elektro- und Informationstechnik, der Fertigungs- und Verfahrenstechnik, dem Institut für Arbeitswissenschaft, ja sogar der Philosophie und Pädagogik und der Kompositionslehre in der Staatlichen Musikhochschule Stuttgart entstanden.

Mit dem Übergang zum Bachelor-Master-Studium wird in den Stuttgarter Informatikstudiengängen das Nebenfach abgeschafft. Ob und in welchem Umfang es im Rahmen einer Reform dieser Bologna-Reform wieder eingerichtet werden kann, um die erwünschte und in der Abteilung DS vielfach erprobte Anwendungsorientierung zu stärken, ist noch ungewiss. Es wäre zu wünschen.

## 5.6 Nachwort

Auch im Namen aller ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der bis 1999 bestehenden Abteilung Dialogsysteme wünsche ich dem Institut für Visualisierung und interaktive Systeme (VIS) und dem Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart (VISUS) weitere sehr erfolgreiche Jahre und weiterhin eine sehr kollegiale und kreative Zusammenarbeit mit der Stuttgarter Informatik und ihren vielen Projektpartnern.

### [1] Allgemeinverständliche Literatur in Buchform:

- G.Fischer & R. Gunzenhäuser (Herausg.): Methoden und Werkzeuge zur Gestaltung benutzergerechter Computersysteme. Verlag de Gruyter, Berlin + New York, 1986
- H.-J. Bullinger & R. Gunzenhäuser et al: Software-Ergonomie. Expert-Verlag, Sindelfingen 1986
- R. Gunzenhäuser & H.-D. Böcker (Herausg.): Prototypen benutzergerechter Computersysteme. Verlag de Gruyter, Berlin + New York, 1988
- R. Lutze & A. Kohl (Herausg.): Wissensbasierte Systeme im Büro. Ergebnisse aus dem WISDOM-Verbundprojekt. Oldenbourg-Verlag, München 1991
- H.-D. Böcker, W. Glatthaar & Th. Strothotte (Herausg.): Mensch-Computer-Kommunikation – benutzergerechte Systeme auf dem Weg in die Praxis. Springer-Verlag Berlin usw. 1998



**Abb. 5.5:** Die VISUS Räumlichkeiten



# Anhang A Arbeitsgruppe



**Abb. A.1:** Mitarbeiter von VIS und VISUS im Mai 2010

Name, Vorname	Funktion	Institut / Abteilung	Eintritt (seit)
<b>Professoren</b>			
Ertl, Thomas	Prof. Dr.rer.nat.	VISUS / VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	14.07.1999
Dachsbacher, Carsten	Jun.-Prof. Dr.-Ing.	VISUS / Visual Computing	01.10.2007
Heidemann, Gunther	Prof. Dr.-Ing.	VIS / Intelligente Systeme	01.09.2006
Weiskopf, Daniel	Prof. Dr.rer.nat.	VISUS / Visualisierung	01.06.2007
Gunzenhäuser, Rul	Prof. em Dr.phil. Dr.-Ing. E.h.	VIS	01.10.1973
<b>Verwaltung und Technik</b>			
Jungjohann, Marianne	Sekretärin	VISUS	01.08.2007
Ritzmann, Ulrike	Sekretärin	VIS	01.10.2002
Roubicek, Margot	Sekretärin	VIS / Intelligente Systeme	01.09.2008
Schütz, Christine	Sekretärin	VIS	01.09.2009
Bayerlein, Wolfgang	Dipl.-Ing. (FH)	VISUS	01.06.2006
Langjahr ,Andreas	Programmierer	VIS / Intelligente Systeme	01.01.1989
Schmid, Martin	Programmierer	VIS	01.12.1999
Taras, Enrico	Programmierer	VIS	14.10.2009

Name, Vorname	Funktion	Institut / Abteilung	Eintritt (seit)
<b>Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Stipendiaten</b>			
Ament, Marco	Dipl.-Inf.	VISUS / Visualisierung	01.06.2009
Bachthaler, Sven	Dipl.-Inf.	VISUS / Visualisierung	01.10.2007
Bidmon, Katrin	Dipl.-Math.	VISUS	01.10.2002
Bosch, Harald	M.Sc.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	15.02.2008
Bosse, Klaus	Dipl.-Math.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.01.2009
Burch, Michael	Dr.rer.nat.	VISUS/Visualisierung	01.11.2009
Burkovski, André	Dipl.-Inf.	VIS / Intelligente Systeme	01.09.2009
Elleithy, Shymaa	M.Sc.	VIS	01.12.2008
Engelhardt, Thomas	Dipl.-Inf.	VISUS/Visual Computing	01.01.2008
Falk, Martin	Dipl.-Inf.	VISUS	01.06.2007
Frey, Steffen	Dipl.-Inf.	VISUS	15.05.2008
Grave, Frank	Dipl.-Phys.	VISUS	01.07.2007
Grottel, Sebastian	Dipl.-Inf.	VISUS	01.04.2006
Heim, Philipp	Dipl.-Inf.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.05.2009
Heinrich, Julian	Dipl.-Inf.	VISUS / Visualisierung	01.07.2008
Hlawatsch, Marcel	Dipl.-Inf.	VISUS / Visualisierung	01.09.2008
Höferlin, Benjamin	Dipl.-Inf.	VIS / Intelligente Systeme	01.10.2008
Höferlin, Markus	Dipl.-Inf.	VISUS / Visualisierung	01.06.2009
Hub, Andreas	Dr.rer.nat.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.01.2003
Kauker, Daniel	Dipl.-Inf.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.01.2010
Klenk, Sebastian	Dipl.-Inf.	VIS / Intelligente Systeme	01.03.2007
Kley, Lorenz	Dipl.-Phys.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.01.2009
Koch, Steffen	Dipl.-Inf.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.01.2007
Krone, Michael	Dipl.-Inf.	VISUS	01.01.2009
Liktor, Gabor	Dipl.-Inf.	VISUS / Visual Computing	01.10.2009
Möhrmann, Julia	Dipl.-Inf.	VIS / Intelligente Systeme	01.03.2008
Mückl, Gregor	Dipl.-Phys.	VISUS / Visual Computing	25.05.2009
Müller, Christoph	Dipl.-Inf.	VISUS	01.04.2006
Müller, Thomas	Dr.rer.nat.	VISUS	01.07.2006
Nóvak, Jan	Dipl.-Inf.	VISUS / Visual Computing	14.09.2009
Panagiotidis, Alexandros	Dipl.-Inf.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.08.2009
Raschke, Michael	Dipl.-Phys.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.09.2009
Reina, Guido	Dr.rer.nat.	VISUS	11.03.2002
Sadlo, Filip	Dipl.-Inf.	VISUS	01.10.2008
Sanftmann, Harald	Dipl.-Inf.	VIS / Visualisierung	01.04.2008
Schlegel, Thomas	Dr.-Ing.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.10.2008
Schmitz, Bernhard	Dipl.-Inf.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.10.2008
Seitzinger, Alexander	Dipl.-Phys.	VISUS	01.04.2010
Taras, Christiane	Dipl.-Inf.	VIS / Graphisch-Interaktive Systeme	01.06.2006
Üffinger, Markus	Dipl.-Inf.	VISUS	01.05.2008
Wörner, Michael	Dipl.-Inf.	VIS/Graphisch-Interaktive Systeme	01.04.2008

## Anhang B Alumni

Name	Ein- / Austritt
<b>Ehemalige Mitarbeiter</b>	
Dr. Bernd Bohnet	1999 – 2010
Dr. Ralf Botchen	2005 – 2008
Marianne Castro	1986 – 2008
Dr. Joachim Diepstraten	2001 – 2005
Mike Eissele	2003 – 2009
Dr. Klaus Engel	1999 – 2002
Dr. Norbert Frisch	1999 – 2004
Mark Giereth	2002 – 2008
Margarethe Gut	2005
PD Dr. Kenji Hanakata	1972 – 2007
Dr. Matthias Hopf	1999 – 2003
Dr. Sabine Iserhardt-Bauer	1999 – 2004
Dr. Stefan Klatt	2006
Dr. Thomas Klein	2003 – 2008
Alexander Kobus	2005 – 2006
Prof. Dr. Martin Kraus	1999 – 2003
Hermann Kreppein	1979 – 2009
Dr. Dietmar Lippold	2007
Dr. Marcelo Magallon	1999 – 2003
Dr. Andreas Mailänder	1999
Sebastian Niedworok	2000 – 2002
Dr. Matthias Ressel	1988 – 2008
Dr. Friedemann Rößler	2004 – 2009
Prof. Dr. Stefan Röttger	1999 – 2003
Dr. Dirk Rose	2000 – 2005

<b>Name</b>	<b>Ein- / Austritt</b>
Dr. Martin Rotard	2001 – 2007
Dr. Tobias Schafhitzel	2004 – 2008
Dr. Martin Schulz	1999 – 2000
Dr. Waltraud Schweikardt	1976 – 2008
Seyed Abbas Shirazi	2003 – 2004
Dr. Ove Sommer	1999 – 2001
Dr. Simon Stegmaier	2002 – 2005
Dr. Magnus Strengert	2004 – 2008
Dr. Eduardo Tejada	2004 – 2008
Joachim Ernst Vollrath	2006 – 2008
Dr. Manfred Weiler	2001 – 2004
Alfred Werner	1979 – 2006
Prof. Dr. Rüdiger Westermann	1999 – 2001
<b>Ehemalige Mitarbeiter der Erlanger Arbeitsgruppe</b>	
Dr. Roberto Grosso	1994 – 1999
Dr. Peter Hastreiter	1995 – 1999
Dr. Sven Kuschfeldt	1995 – 1998
Prof. Dr. Christoph Lürig	1995 – 1999
Dr. Christian Teitzel	1995 – 1999
<b>Gäste</b>	
Dr. Rita Borgo (Italien)	08 – 12/2004
Prof. Dr. Min Chen (England)	07 – 09/2005
Dr. Joao Gois (Brasilien)	04 – 09/2006
Sang Ok Koo (Korea)	07 – 08/2005
Vinay Mohanty (Indien)	05 – 07/2005
Dr. Paula Novio Mallon (Spanien)	2003 / 2004
Christian Pagot (Brasilien)	10/2008 – 09/2009
Dr. Weibin Shi (China)	03 – 12/2006
Dr. Michael Westenber (Niederlande)	08/2004 – 07/2005

# Anhang C Projekte

<b>Exzellenzinitiative von Bund &amp; Ländern</b>	
Exzellenzcluster EXC 310 Simulation Technology (SimTech)	
	Teilprojekt: Interaktive Visualisierung von Multi-Skalen- und Multi-Physik-Simulationen (2008-2011)
	Teilprojekt: Visualisierung für integrierte Simulationssysteme (2008-2011)
	Teilprojekt: Gekoppelte Simulation von Licht- und Schallausbreitung in komplexen Szenen (2009-2012)
Graduate School GSC 262 Advanced Manufacturing Engineering (GSaME)	
	Teilprojekt: Visual Analytics for Industrial Engineering (2008-2012)
<b>DFG Sonderforschungsbereiche</b>	
SFB 382 Verfahren und Algorithmen zur Simulation physikalischer Prozesse auf Höchstleistungsrechnern: Hierarchische Methoden und Graphik-Cluster	
	Teilprojekt D4: Visualisierung vierdimensionaler gekrümmter Raumzeiten (2003-2006)
	Teilprojekt D6: Hierarchische Visualisierungsverfahren (2000-2006)
	Teilprojekt D8: Visualisierung auf Graphik-Clustern (2003-2006)
SFB 627 Umgebungsmodelle für kontextbezogenen Systeme	
	Teilprojekt C5: Kontextbasierte mobile Visualisierung (2003-2010)
	Teilprojekt D2: Kontextbasierte Assistenzsysteme für Personen mit sensorischen Einschränkungen (2003-2010)
	Teilprojekt C6: Modellaktualisierung und Kontextgenerierung aus Bilddaten (Vorprojekt 2007-2010)
SFB 716 Dynamische Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen	
	Teilprojekt D3: Visualisierung von Systemen mit großen Teilchenzahlen (2007-2010)
	Teilprojekt D4: Interaktive Visualisierung dynamischer, komplexer Eigenschaften von Protein-Lösungsmittel-Systemen (2007-2010)
	Teilprojekt D5: Aggregations- und Multiskalentechniken (2009-2010)
SFB Transregio 75 Tropfendynamische Prozesse unter extremen Umgebungsbedingungen	
	Teilprojekt A1: Interaktive Visualisierung tropfendynamischer Prozesse (2010-2013)
<b>DFG Schwerpunktprogramme</b>	
SPP 1041 Verteilte Verarbeitung und Vermittlung Digitaler Dokumente	
	Teilprojekt Chemische Visualisierung in Internet (1999-2004)
SPP1147 Bildgebende Messverfahren der Strömungsanalyse	
	Teilprojekt Merkmals-Extraktion und -verfolgung (2003-2007)
SPP 1335: Skalierbare visuelle Analysetechniken	
	Teilprojekt Scalable Visual Analytics of Video Data (2009-2011)
	Teilprojekt Scalable Visual Patent Analysis (2009-2011)

<b>DFG Forschergruppen</b>
FOR 372 Nexus: Interaktionstechniken und Visualisierungsverfahren für die Verarbeitung ortsbezogener Daten auf der NEXUS-Plattform (2001-2002)
<b>DFG Normalverfahren</b>
Projekt Astro: Photo-realistische und interaktive Darstellung astronomischer Objekte für digitale Planetarien (2010-2012)
Projekt SüKRE: Semiüberwachte Koreferenzerkennung (2009-2011)
Projekt Texturbasierte Vektorfeldvisualisierung mit Methoden der Signalverarbeitung (2010-2012)
<b>BMBF</b>
Verbundprojekt AUTOBENCH: Integrierte Entwicklungsumgebung für virtuelle Automobil-Prototypen (1999-2000)
Verbundprojekt AUTO-OPT: Interaktives Design von Automobilen und deren numerische Optimierung unter Verwendung von Dataming Techniken (2002-2005)
Verbundprojekt OpenSG PLUS: Eine OpenSource Echtzeit-Rendering-Bibliothek als Standard für VR- und AR-Anwendungen (2001-2003)
Projekt ITO (Neue Medien in der Bildung): Information Technology Online (2001-2003)
Projekt MCSimVis: Many Core Simulation and Visualization (2009-2012)
<b>BMWI</b>
Projekt HyperBraille: Flächiger Zugang zu grafischen Oberflächen zu Blinde (2007-2010)
<b>Land Baden-Württemberg</b>
Landesforschungsschwerpunkt GISMO: Stadt- und Landschaftsvisualisierung (2001-2002)
Landesforschungsschwerpunkt ASPIC: Application Service Providing (2001-2002)
Landesstiftung Eliteförderprogramm für Postdoktoranden: Interaktive Visualisierungsverfahren unter Berücksichtigung von nicht-photorealistischen Darstellungstechniken und perzeptuellen Aspekten (2002-2004)
Landesstiftung: Massiv parallel molekulare Simulationen und Visualisierung für die Keimbildung in Mischungen für skalenergreifende Modelle (2004-2005)
Programmlinie Modularisierung Schlüsselqualifikationen im Bereich Computergraphik und Visualisierung (2005-2006)
Förderprogramm Informationstechnik (BW-FIT): Interaktive Visualisierung auf Gigapixel Displays (2006-2010)
<b>EU</b>
Projekt Lambda: Linear Access to Mathematics for Braille Device and Audio Synthesis (2004-2007)
Projekt PatExpert: Advanced Patent Document Processing Techniques (2006-2009)
Projekt PESCaDO: Personalized Environmental Service Configuration and Delivery Orchestration (2010-2012)
<b>Andere</b>
Bayerischer Forschungsverbund Technisch-Wissenschaftliches Hochleistungsrechnen (FORTWIHR): Visualisierung von Außen aerodynamik (1999-2001)
National Science Foundation NSF-ITR (subaward Purdue University) Teilprojekt Visualization of Radial Basis Function Encoded Data (2004-2005)
Universität Stuttgart: Assistenz für sensorisch Behinderte an der Universität Stuttgart (ASBUS) (2009-2010)

# Anhang D Publikationen und Abschlussarbeiten

## D.1 Publikationen (begutachtet) 2000 bis 2009

Jahr	Buchveröffentlichungen & -Beiträge	Konferenzbeiträge	Zeitschriftenbeiträge / Sonstiges	Publikationen
2000	0	15	3	18
2001	5	17	2	24
2002	5	22	4	31
2003	4	20	5	29
2004	7	32	3	42
2005	4	23	7	34
2006	3	26	5	34
2007	2	26	5	33
2008	2	32	16	50
2009	1	29	11	41
<b>2000-2009</b>	<b>33</b>	<b>242</b>	<b>61</b>	<b>336</b>

## D.2 Abschlussarbeiten 2000 bis 2009

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000 – 2009
Diplomarbeiten	4	6	10	14	10	13	17	25	22	18	<b>139</b>
Master Thesis	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	<b>4</b>
Promotionen	0	0	2	2	4	2	3	0	5	2	<b>20</b>

# Anhang E Habilitationen und Dissertationen

Name, Vorname Datum	Titel	Haupt- berichter
Habilitationen		
Weiskopf, Daniel 2005	GPU-Based Interactive Visualization Technique	Ertl
Dissertationen		
Rößler, Friedemann 18.12.2009	Bringing the Gap between Volume Visuali- zation and Medical Application	Ertl
Iserhardt-Bauer, Sabine 04.12.2009	Standardisierte Protokolle für die medizi- nische Bildanalyse und Bildvisualisierung	Ertl
Schafhitzel, Tobias 16.12.2008	Particle Tracing Methods for Visualization and Computer Graphics	Weiskopf
Botchen, Ralf 19.11.2008	Multi-Field Visualization on Graphics Processing Units	Ertl
Klein, Thomas 16.10.2008	Exploiting Programmable Graphics Hard- ware for Interactive Visualization of 3D Data Fields	Ertl
Reina, Guido 16.09.2008	Visualization of Uncorrelated Point Data	Ertl
Tejada-Gamero, Eduardo 26.03.2008	Towards Meshless Volume Visualization	Ertl
Stegmaier, Simon 13.06.2006	Acceleration Techniques for Numerical Flow Visualization	Ertl
Rose, Dirc 22.02.2006	Methoden zur intuitiven Modifikation und interaktiven Darstellung von großen Finite Element Modellen	Ertl
Diepstraten, Joachim 24.01.2006	Interactive Visualization Methods for Mo- bile Device Applications	Ertl

<b>Name, Vorname Datum</b>	<b>Titel</b>	<b>Haupt- berichter</b>
Weiler, Manfred 27.09.2005	Hardware-beschleunigte Volumenvisualisierung auf adaptiven Datenstrukturen	Ertl
Rotard, Martin 19.07.2005	Standardisierte Auszeichnungssprachen der Computergraphik für interaktive Systeme	Ertl
Röttger, Stefan 02.06.2004	Volumetric Methods for the Real-Time Display of Natural Gaseous Phenomena	Ertl
Hopf, Matthias 27.05.2004	Hierarchical Methods for Filtering and Visualization Based on Graphics Hardware	Ertl
Magallon, Marcelo 05.03.2004	Hardware Accelerated Volume Visualization on PC Clusters	Ertl
Frisch, Norbert 03.02.2004	Neue Verfahren zur Unterstützung der Arbeitsabläufe bei der Crash-Simulation im Fahrzeugbau	Ertl
Sommer, Ove 15.09.2003	Interaktive Visualisierung von Strukturmechaniksimulationen	Ertl
Schulze-Döbold, Jürgen 08.08.2003	Interactive Volume Rendering in Virtual Environments	Ertl
Engel, Klaus 31.05.2002	Strategien und Algorithmen zur interaktiven Volumenvisualisierung in Digitalen Dokumenten	Ertl
Schulz, Martin 13.03.2002	Interaktive Visualisierungssysteme zur beschleunigten Analyse von Simulationsergebnissen im Fahrzeugentwicklungsprozess	Ertl

# Anhang F Preise und Auszeichnungen

## **Ehrungen für Prof. Ertl**

- 2008 Fellow der Eurographics Association
- 2007 Mitglied der Heidelberger Akademie der Wissenschaften
- 2006 Outstanding Technical Contribution Award 2006  
der Eurographics Association
- 2006 Technical Achievement Award 2006  
des IEEE Visualization and Graphics Technical Committee

## **Infos-Preis für ausgezeichnete Dissertationen**

- 2009 Dr. Ralf Botchen
- 2004 Dr. Martin Kraus

## **Dissertationenspreis der Freunde der Universität Stuttgart**

- 2004 Dr. Martin Kraus

## **Rul Gunzenhäuser-Preis für ausgezeichnete Diplomarbeiten**

- 2010 Andre Burkovski
- 2009 Benjamin Höferlin
- 2008 Macus Öffinger
- 2007 Martin Falk
- 2006 Joachim Vollrath
- 2005 Ralf Botchen
- 2004 Harriet Kasper
- 2003 Thomas Klein

## **Wolfgang Heilmann-Preis für die humane Nutzung der Informationstechnologie**

- 2005 (Integrata Stiftung Tübingen)  
Martin Rotard

## **TL-Stiftung Tübingen Förderpreis 2004**

- Magnus Strengert und Sebastian Niedworok

## **„Welt der Zukunft“ 2010**

- Phillip Heim (zweiter Preis)

**Best Paper Award IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology 2009**

Steffen Koch, Harald Bosch, Mark Giereth, Thomas Ertl

**IEEE VAST 2009 Challenge Awards**

Harald Bosch, Julian Heinrich, Benjamin Höferlin, Markus Höferlin, Steffen Koch, Christoph Müller, Guido Reina, Michael Wörner

**Best Paper Award 4th International Conference on Semantic and Digital Media Technologies 2009**

Steffen Lohmann, Philipp Heim, Lena Tetzlaff, Thomas Ertl, Jürgen Ziegler

**Best Paper Award Eurographics/ACM Graphics Hardware Workshop 2001**

Klaus Engel, Martin Kraus, Thomas Ertl

**Best Case Study IEEE Visualization Conference 2000**

Daniel Weiskopf

**Best Paper Award Eurographics/ACM Graphics Hardware Workshop 2000**

C. Rezk-Salama, K. Engel, M. Bauer, G. Greiner, T. Ertl