

3.3 Die Entwicklung der GDV aus einer allgemeineren Deutschen Sicht

von Professor Dr. Heinrich Müller, Professor Dr. Dietmar Saupe, Professor Dr. Wolfgang Straßer



Professor Dr. Heinrich Müller,
Informatik VII, Universität
Dortmund



Professor Dr. Dietmar Saupe,
Institut für Informatik,
Universität Leipzig



Professor Dr. Wolfgang
Straßer, Graphisch-
Interaktive Systeme,
Universität Tübingen

Inhalt

1. Einleitung
2. Stand und Entwicklungsgeschichte im Überblick
3. Die Entstehung in den Siebzigerjahren
4. Der Aufbruch in den Achtzigerjahren
5. Die Expansion in den Neunzigerjahren
Forschung an Universitäten und Großforschungseinrichtungen;
DFG-Forschungsverbünde,
BMBF/BMWi-Verbundprojekte der GDV
6. GI-Fachausschuss 4.1 (Graphische Datenverarbeitung)
7. Schluss

Anhang:

Universitätsprofessoren;
SIGGRAPH-Beiträge mit Autoren aus Deutschland;
Beiträge deutscher Wissenschaftler in IEEE Computer Graphics & Applications,
Bilder

1. Einleitung

In den letzten 25 Jahren wuchs in Deutschland das Interesse an Computergraphik, Animation, Kunst, Visualisierung und Graphik-Hardware beständig. War zu Beginn der 80-er Jahre die Entwicklung der ersten Forschergruppen zur Computergraphik an den Universitäten noch langsam, so beschleunigte sie sich in den 90-er Jahren vehement. Seit dieser Zeit ist ein Lehrstuhl für Computergraphik fast flächendeckend Bestandteil von Informatikinstituten. Neben den Lehr-

stühlen an den Universitäten existieren zahlreiche Forschungseinrichtungen des Bundes oder der Industrie, die eng zusammen arbeiten.

In diesem Beitrag soll eine Übersicht der Entwicklung der graphischen Datenverarbeitung (GDV) in Deutschland gegeben werden. Dies erweist sich aus verschiedenen Gründen als nicht einfach. Ein Grund ist die Definition und Abgrenzung von GDV. Unbestreitbar ist die Bildsynthese ein Kerngebiet der GDV, aber letztendlich strahlt sie in zahlreiche andere Gebiete aus beziehungsweise besetzt diese: das stark mathematisch geprägte *Computer-Aided Geometric Design (CAGD)* als Teil des weiten Gebiets des *Computer-Aided Design*, die *Datenvisualisierung*, die ein wichtiges Hilfsmittel in der Statistik und Kartographie ist, »*Multimedia*«, wo Aspekte wie *Content-Based Retrieval*, *Video Conferencing* und *Compression* auch für die Computergraphik relevant sind, *Mensch-Maschine-Interaktion*, die sich mit der Ergonomie (Usability) auseinandersetzt und bei der die Graphik eine Interaktionsmodalität ist, die *digitale Bildverarbeitung*, deren Methoden etwa für Sensoren der Interaktion mit graphischen Systemen, aber auch bei der Bildbearbeitung eine Rolle spielen, die *Computational Mathematics/Physics/Chemistry*, in der die wissenschaftliche Visualisierung ein wichtiges Hilfsmittel ist und die *Medizintechnik und -informatik*, in der bildgebende Verfahren und davon abgeleitete Diagnose- und Therapierverfahren zunehmend Verbreitung finden. All dies kann hier nicht in voller Breite abgedeckt werden. Vielmehr wird eine Konzentration auf Aktivitäten stattfinden, die explizit unter dem Begriff der »graphischen Datenverarbeitung« stattgefunden haben, wobei allerdings ab

und an die breitere Sicht nicht ganz aufgegeben wird. Es gibt verschiedene Sichten auf die Entwicklung eines Gebiets: die Akteure, bestehend aus Personen und Einrichtungen, die Aktionen und Ergebnisse in Forschung- und Entwicklung sowie die übergreifende fachliche Organisation. An diesen ist dieser Beitrag ausgerichtet. In Kapitel 2 wird eine kurze Übersicht zur Entwicklung der GDV an Universitäten und Forschungsinstituten gegeben, die Ausgangspunkt für die Ausführungen im Detail ist. Diese folgen dann in den drei darauffolgenden Kapiteln: Kapitel 3, das die Phase der Entstehung in den Siebzigerjahren zum Gegenstand hat, Kapitel 4, das den Übergang zur »Neuzeit« beschreibt, der Mitte der Achtzigerjahre anzusiedeln ist, und Kapitel 5, das die Expansion und den heutigen Stand umfaßt. Dabei können natürlich nicht alle die heute stattfindenden Aktivitäten vollständig berücksichtigt werden. Dazu sei auf die recht umfassende Sammlung von Verweisen auf die Internet-Seiten deutscher Computergraphikeinrichtungen verwiesen, die unter <http://is7-www.informatik.uni-dortmund.de/cgotn> zu finden ist.

Kapitel 6 ist dem Fachausschuss 4.1 der Gesellschaft für Informatik (GI) gewidmet, der die graphische Datenverarbeitung innerhalb der GI vertritt.

2. Stand und Entwicklungsgeschichte im Überblick

Eine Möglichkeit, ein Gebiet als eigenständige Disziplin zu definieren, ist, dass es durch Hochschullehrer vertreten wird, deren Professur die entsprechende Denomination hat. In diesem Sinne ist die GDV seit den

Siebzigerjahren in Deutschland vertreten. Wie Tabelle 1 zeigt, verlief die weitere Entwicklung bis etwa 1990 eher langsam. Seit den Neunzigerjahren ist ein Boom an neu eingerichteten Professuren festzustellen, der zeigt, dass die Graphische Datenverarbeitung nun zu den fest, nahezu flächendeckend etablierten Teildisziplinen der Informatik gehört.

Eine entsprechende Entwicklung ist auch an den Fachhochschulen wahrzunehmen. Die Anzahl von Professoren, die dort die GDV oder verwandte Gebiete vertreten, dürfte ähnlich hoch sein. Da die Themenvielfalt von Professuren an Fachhochschulen höher und damit recht unübersichtlich ist, fällt eine entsprechende Zuordnung schwer. Aus diesem Grund ist keine explizite Statistik aufgeführt.

Auch in außeruniversitären Forschungsinstituten ist die graphische Datenverarbeitung ein Thema. Hier sind das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (FhG IGD) in Darmstadt (Encarnaçao) und das es umgebende INI-GraphicsNet, die Hauptabteilung »Computergraphik« des Max-Planck-Instituts für Informatik in Saarbrücken (Seidel), die Abteilung »Intelligente Visualisierung und Simulation« des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz in Kaiserslautern (Hagen), die Abteilung »Virtual Environments« der GMD, Sankt Augustin (zunächst Krüger, dann Göbel) und die Abteilung »Visualisierung und Paralleles Rechnen« des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik (ZIB), Berlin (Hege) zu nennen.

1972	1
1975	2
1978	3
1986	4
1988	5
1990	6
1992	10
1993	14
1994	18
1996	20
1999	24
2000	28
2001	31

Tab. 1:
Entwicklung
der Anzahl
von Professoren
für Graphische
Datenverarbeit-
ung in
Deutschland

Forschung auf einem Gebiet ist nicht notwendigerweise auf die Hochschullehrer beschränkt, deren Stelle entsprechend bezeichnet ist. Dies trifft in besonderer Weise für die GDV zu. Wie auch anderswo in der Informatik beobachtbar, ist die Mathematik ein Gebiet, das der GDV nahe steht. Hier sind Böhm (Braunschweig), Hoschek (Darmstadt) und Degen (Stuttgart) zu nennen, die auf dem Gebiet der geometrischen Modellierung geforscht haben. Auch aus den Ingenieurwissenschaften kommen Beiträge zum CAD-Aspekt der graphischen Datenverarbeitung, z. B. von Nowacki (Berlin), Spur (Berlin) oder Krause (Berlin). Zur GDV im Kontext der Mensch-Rechner-Interaktion

sind Bullinger und sein Institut (Stuttgart), Gorny (Oldenburg) und Alfred Schmitt (Karlsruhe) zu nennen. In der Medizininformatik haben Höhne (Hamburg), Lemke (Berlin), Männer (Mannheim), Meinzer (Heidelberg), Pöpl (Lübeck) und Tönnies (Magdeburg) der GDV besonders Rechnung getragen. In der Elektrotechnik gibt es Nähe zur GDV über die Display-Technologie und Telekommunikation. So finden etwa am Heinrich-Hertz-Institut in Berlin Forschung und Entwicklung mit Bezug zur GDV statt. Ein Indikator für die internationale Sichtbarkeit eines Fachgebiets ist das Auftreten von Wissenschaftlern auf den führenden Konferenzen und die Publikation in den führenden Zeitschriften eines Gebiets. Für die graphische Datenverarbeitung ist sicherlich die ACM SIGGRAPH-Konferenzserie das weltweit wichtigste Podium, das das Gebiet in voller Breite abdeckt. Der erste SIGGRAPH-Beitrag aus Deutschland stammt von W.K. Giloi und wurde auf der zweiten SIGGRAPH-Konferenz 1975 präsentiert. 1978 gab es einen Beitrag von Gerd Wötzel von der GMD. 1980 trat die deutsche GKS-Gruppe mit einem Beitrag auf, der das Workstation-Konzept von GKS mit dem des GPSC Core-Systems vergleicht. Bis 1990 gab es dann nur zwei weitere Beiträge mit deutscher Beteiligung. In den Neunzigerjahren ist die Dichte der SIGGRAPH-Beiträge ständig wachsend, und seit 1997 sind regelmäßig mindestens zwei Beiträge auf der SIGGRAPH zu finden, die in Deutschland entstanden sind. Tab. 2 zeigt die detaillierte Statistik. Die Beiträge sind im Anhang zusammengestellt.

Blickt man auf Europa, so ist dort die EUROGRAPHICS-Konferenzserie das entsprechende Gegenstück. Die EUROGRAPHICS-Statistik in Tabelle 3 zeigt naturgemäß eine höhere Beteiligung deutscher Wissenschaftler. Auch hier ist eine Steigerungsrate in den letzten Jahren festzustellen. Neben diesen beiden Konferenzen gibt es eine Reihe internationale Konferenzen zu speziellen Themen. In den USA sind dies die von ACM oder IEEE veranstalteten Symposien, beispielsweise das über Scientific Visualization, bei dem deutsche Computergraphiker durch Beiträge und in organisatorischer Funktion signifikant vertreten sind. In Europa sind die EUROGRAPHICS Workshop-Serien zu nennen und unter diesen insbesondere der Hardware-Workshop und der Rendering-Workshop, auch diese mit regelmäßiger deutscher Beteiligung in Beiträgen und Organisation.

Das Gebiet der graphischen Datenverarbeitung hat eine Reihe von internationalen Zeitschriften hoher Qualität aufzuweisen, beispielsweise ACM Transactions on Graphics, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, The Visual Computer und IEEE Computer Graphics & Applications. In diesen wird von Wissenschaftlern aus Deutschland regelmäßig publiziert. Im Anhang sind exemplarisch die Beiträge mit Autoren aus Deutschland in IEEE Computer Graphics & Applications seit Entstehung der Zeitschrift bis 2000 aufgeführt. Diese Zeitschrift wurde deswegen dafür ausgewählt, weil sie vor allem Einführungen und Übersichten zu aktuellen Forschungsthemen präsentiert und dabei Grundlagen- und Anwendungsforschung gleichermaßen Rechnung trägt.

1975	1
1978	1
1980	1
1982	1
1988	1
1991	1
1993	2
1995	2
1997	2
1998	4
1999	2
2000	4
2001	3

Tab. 2:
Anzahl der
SIGGRAPH-
Beiträge mit
Autoren aus
Deutschland

»Universität« bedeutet nicht nur Forschung, sondern auch Lehre. Natürlich gibt es an allen Orten, an denen GDV vertreten ist, Lehrveranstaltungen zu diesem Thema. Üblicherweise gibt es eine einführende Vorlesung in die graphische Datenverarbeitung, der dann Vorlesungen, Seminare, Praktika und Diplomarbeiten zu speziellen Themen folgen. Als Lehrmaterial dienen üblicherweise eigene Skripten, die sich an internationalen Lehrbüchern orientieren. Unter anderem aus solchen Skripten sind eine Reihe von Lehrbüchern deutscher Autoren entstanden. In Tabelle 4 ist eine Reihe solcher Bücher zusammengestellt, die »Computergraphik« im Titel tragen und eine Einführung in das

1980	?
1981	12
1982	?
1983	?
1984	?
1985	?
1986	?
1987	2
1988	?
1989	13
1990	?
1991	4
1992	2
1993	?
1994	5
1995	5
1996	4
1997	4
1998	8
1999	8
2000	9
2001	11

Tab. 3:
Anzahl der
EUROGRAPHICS-
Beiträge mit
Autoren aus
Deutschland

H.-J. Bungartz, M. Griebel, C. Zenger, Einführung in die Computergraphik, Vieweg, 1996
 J.L. Encarnação, Computer-Graphics: Programmierung und Anwendung von graphischen Systemen, Oldenbourg, 1975
 J. Encarnação, W. Straßer, Computer Graphics, Oldenbourg, 1987
 J. Encarnação, W. Straßer, R. Klein, Graphische Datenverarbeitung I/II, Oldenbourg, 1996
 G. Enderle, G. Kansy, G. Pfaff, Computer Graphics Programming, Springer-Verlag, 1984
 W.D. Fellner, Computergrafik, BI-Wissenschaftsverlag, 1988, 1992
 W.K. Giloi, Interactive Computer Graphics, Prentice-Hall, 1978
 A.I. Grieger, Grafische Datenverarbeitung, Springer-Verlag, 1992
 D. Jackèl, Graphik Computer, Springer-Verlag, 1992
 A. Janser, W. Luther, W. Otten, Computergraphik und Bildverarbeitung, Vieweg, 1996
 J. Plate, Computergrafik, Franzis Verlag, 1987
 J. Pöpsel, U. Claussen, R.-D. Klein, J. Plate, Computergafik, Springer-Verlag, 1994
 H. Schumann, H. Meißner, Rastergraphik, Akademie-Verlag, 1991
 G. Schrak, Graphische Datenverarbeitung, BI-Wissenschaftsverlag, 1978
 K.D. Tönnies, H.U. Lemke, 3D-Computergraphische Darstellungen, Oldenbourg, 1994
 R. Zavodnik, H. Kopp, Graphische Datenverarbeitung – Grundzüge und Anwendungen, Hanser, 1995

Tab. 4: Lehrbücher der Graphischen Datenverarbeitung von deutschen Autoren

Gebiet geben. Nicht aufgeführt sind Lehrbücher zu speziellen Themen, wie beispielsweise der geometrischen Modellierung, von denen es einige weitere gibt. Aus inhaltlicher Sicht läßt sich die Entwicklung der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der graphischen Datenverarbeitung in Deutschland im wesentlichen in drei Phasen gliedern: *die Phase der Entstehung* von Anfang der Siebzigerjahre bis etwa Anfang der Achtzigerjahre, die *Phase des Aufbruchs* in der Mitte der Achtzigerjahre und die *Phase der Expansion* seit Anfang der Neunzigerjahre. Diese sicherlich subjektive, aber für das folgende zweckmäßige Strukturierung bezieht sich auf das, was heute der »Kerncomputergraphik« zuzurechnen ist. Die vielen anderen, oben erwähnten Felder haben eigene Entwicklungslinien aufzuweisen. Als Beispiel sei das Feld des CAD mit dem Schwerpunkt CAGD (»Geometrische Modellierung«) genannt, das dabei unberücksichtigt bleibt, sofern es nicht im Kontext der Kerncomputergraphik betrieben wird. CAGD ist in Deutschland mit Namen wie Böhm, Braunschweig, und Hoschek, Darmstadt, verbunden ist. Die Genannten haben das Gebiet der Modellierung mit Freiformflächen zu jener Zeit auch international signifikant vorangetrieben und in der Form mitetabliert, wie es heute betrieben wird.

3. Die Entstehung in den Siebzigerjahren

Die wesentliche Wurzel der Computergraphikforschung in Deutschland mit großer Folgewirkung sind die von Wolfgang Giloi gestarteten Aktivitäten am Heinrich-Hertz-Institut, Berlin. Giloi, dessen Namen

man eher mit der Architektur von Rechnersystemen verbindet, hat den ersten deutschen SIGGRAPH-Beitrag geschrieben, der den Titel »On high-level programming systems for structured display programming« trägt. Dieser Titel charakterisiert ganz gut die damalige Forschungsausrichtung, die Hard- und Software gleichermaßen Rechnung trug. Die Arbeit wurde von einer Reihe von Wissenschaftlern mitgetragen, die zum Teil später entscheidend zur Entwicklung der GDV in Deutschland beigetragen haben. Trotz der beschränkten Rechnerressourcen war die dreidimensionale Computergraphik zu dieser Zeit schon ein Thema. Eines der zentralen Probleme von dreidimensionaler Liniengraphik, die zu dieser Zeit die Basistechnologie darstellte, war damals und ist noch heute die Elimination von verdeckten Linien. Diese Aufgabe fand vielfältiges Forschungsinteresse. Bei Giloi wurde ebenfalls am Hidden-Line-Problem gearbeitet, und zwar von José L. Encarnação. Dessen Dissertation hatte dieses Problem zum Gegenstand. J. L. Encarnação hat in der Folge den Aspekt des »high level programming« von graphischen Systeme weiterverfolgt. Mit ihm als treibende Kraft hat eine Reihe von Wissenschaftlern unterschiedlicher Einrichtungen (u. a. Enderle (KFZ Karlsruhe), Kansy (GMD St. Augustin), Schlechtendahl (KFZ Karlsruhe), Wißkirchen (GMD Sankt Augustin) wesentliche Beiträge zur Abstraktion graphischer Systeme gemacht, diese in den internationalen GKS-Standard (Graphisches Kernsystem) eingebracht und umgesetzt. Die entstandene Philosophie des Aufbaus von graphischen Systemen war auch für spätere Standards und Systemarchitekturen prägend. GKS dominierte die deutsche Computergraphik der

frühen Achtzigerjahre. GKS und die Entwicklung graphisch-interaktiver Systeme in diesem Zusammenhang waren der Schwerpunkt der Arbeit der Arbeitsgruppe Graphisch-Interaktive-Systeme an der TH Darmstadt, die von Encarnação nach seiner Berufung 1975 etabliert wurde, bis in die Achtzigerjahre. Es folgte eine thematische und institutionelle Verbreiterung, die über das Zentrum für Graphische Datenverarbeitung, die Arbeitsgruppe Graphische Datenverarbeitung, das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung mit Ausstellen in verschiedenen Ländern hin zum INI-GraphicsNet führte, das heute die GDV mit besonderem Schwerpunkt auf die anwendungsorientierte Forschung in praktisch voller Breite vertritt. Eine weitere Entwicklungsrichtung, die von Wolfgang Giloi zur damaligen Zeit initiiert wurde, war die Einrichtung einer Informatik-Forschungsgruppe Computer Graphics an die TU Berlin im Rahmen des ersten DV-Förderprogramms der Bundesregierung. Allerdings gelang es in den ersten fünf Jahren nicht, die Professur zu besetzen, sodass der erste Assistentenjahrgang die professoralen Arbeiten leisten musste. Zu diesen Assistenten gehörte auch Wolfgang Straßer. Interessant ist, dass Jim Foley als Gastprofessor in dieser Zeit in Berlin war und als internationaler Gesprächspartner zur Verfügung stand. Nachdem die erste Assistentengeneration ausgeschieden war, wurde Heinz Lemke 1975 auf die Computergraphikprofessur berufen. Entsprechend seinem Interesse an medizinischen Problemstellungen wurde die Forschungsarbeit im Grenzbereich Bildverarbeitung-Computergraphik angesiedelt. Lemke ist unter anderem durch die von ihm etablierte jährliche internationale CAR-Konferenz (Computer-Assisted Radiology)

bekannt geworden. Ferner wurde dort 1985 der erste Hardware-Volume-Renderer, PARCUM, der von Dietmar Jackel gebaut. Diesem folgte später der erste Hardware-Phong-Shader, der kurz darauf auf Bump-Mapping erweitert. Diese Arbeiten fanden Eingang in Produkte bei 3D-Labs und Nvidia. Jackel wurde 1994 auf einen Lehrstuhl für Computergraphik an der Universität Rostock berufen.

Vor seinem Weggang nach Saarbrücken hat Wolfgang Gilo ein Projekt des damaligen Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) an das Heinrich-Hertz-Institut geholt. Der Titel des Projekts war »PDV-Kommunikationssysteme: Grundlagen für den Bildschirmeinsatz«. In diesem Projekt wurden die ersten Rasterdisplays in Europa gebaut. Wenig bekannt ist, dass damals von Wolfgang Straßer in seiner Dissertation die Z-Puffer-Idee geboren wurde, deren Bedeutung jedoch nicht erkannt wurde. Niemand konnte sich damals vorstellen, dass Speicher einmal im Überfluss vorhanden sein würde. Die Resultate dieses Projekts wurden leider nur in einem PDV-Bericht des damaligen Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) und auf GI-Tagungen vorgestellt, so dass sie international nicht beachtet werden konnten. W. Straßer wurde 1978 an die TH Darmstadt und 1986 an die Universität Tübingen berufen. Er ist einer der wenigen international angesehenen europäischen Vertreter der hardware-orientierten Computergraphik, die vor allem durch die USA, aber auch durch Japan dominiert wird. Er hat damit die hardware-orientierte Linie der Arbeitsgruppe weitergeführt. Wie J. L. Encarnação haben er und seine Mitarbeiter sich später auch weiteren Themen der Computergraphik zuge-

wandt. Im Bereich der Graphik-Hardware ist unter anderem der erste Hardware-Volume-Renderer in PC-Karten-Realisierung, VIZARD I, zu nennen, der von Knittel in Tübingen entwickelt wurde.

4. Der Aufbruch in den Achzigerjahren

Die zweite Phase, der Aufbruch, ist durch den Einsatz der Möglichkeiten der Rastergraphik und dabei insbesondere der realitätsnahen Darstellung gekennzeichnet. Das Revolutionäre zumindest aus deutscher Sicht zu jener Zeit war, dass vordergründig die Bedürfnisse von Kunst und Unterhaltung zur Triebkraft von Forschung und Entwicklung wurden. Zwar gab es auch zu dieser Zeit graphische Computerkunst in Deutschland, aber eher als Abfallprodukt denn als Aktivität, die von einem signifikanten Teil der Wissenschaftsgemeinschaft ernst genommen wurde. »Vordergründig« meint, dass es sich schnell gezeigt hat, dass die entwickelten Techniken auch in »ernsten« Bereichen hohen Nutzen haben.

Diese kurze zweite Phase wurde unter anderem durch folgende Gruppen und Projekte geprägt, die zu der damaligen Zeit neben den bereits etablierten Gruppen aus der ersten Phase besondere Aufmerksamkeit erfahren haben:

Bremer Visualisierung von Fraktalen und Chaos in den 80er-Jahren

Vor 20 Jahren wurde in der Computergraphik damit begonnen, prozedurale Methoden zur Simulation komplexer 3D Szenen zu entwickeln, die anfangs auch unter dem Stichwort »database amplification« (Alv

Ray Smith) liefen. Eine spezielle solche Technik, basierend auf Prinzipien der wesentlich von B. Mandelbrot geprägten fraktalen Geometrie, lieferte ganz besonders bemerkenswerte Bilder (Bild 1). Diese Entwicklung führte zu einem lange anhaltenden Interesse in der Computergraphik, welches auch durch die von 1986 bis Mitte der Neunziger Jahre regelmäßig stattgefundenen SIGGRAPH Tutorials zu diesem Thema dokumentiert ist. Hier engagierte sich insbesondere die Bremer Arbeitsgruppe von H.-O. Peitgen, die zuvor bei der Einführung von Computergraphik zum Zweck der interaktiven Steuerung von numerischen Algorithmen und zur Visualisierung mathematischer Strukturen wie etwa von Lösungsmannigfaltigkeiten nichtlinearer Gleichungen in Deutschland Schrittmacherdienste geleistet hatte. In Bremen entstand zu dem Zweck das erste größere Computergrafiklabor. Die Universität Bonn und die Technische Universität München folgten alsbald mit der Einrichtung ähnlicher Labore. Neben Techniken zu zufälligen Fraktalen u.a. wurde in Bremen hauptsächlich an neuen Verfahren zum Rendern sogenannter deterministischer Fraktale wie zum Beispiel Julia- und Mandelbrotmengen gearbeitet. Die Ergebnisse fanden ihren Niederschlag in zwei weltweit sehr beachteten Büchern, »The Beauty of Fractals« (H.-O. Peitgen, P. Richter, Springer-Verlag, 1986) und »The Science of Fractal Images« (H.-O. Peitgen, D. Saupe, eds., Springer-Verlag, 1988). Die Bremer Werke waren mit dafür Ursache, dass Fraktale und Chaos eine Welle von Aufmerksamkeit nicht nur in den Wissenschaften sondern auch in der Öffentlichkeit erzeugten. So zeigte das Goethe-Institut über viele Jahre eine Ausstellung »Frontiers of Chaos« der

Bremer Computergrafiken in zwei Exemplaren auf allen Kontinenten. Was ist nach den 10 bis 20 Jahren von allem geblieben? In Bremen wurden die Arbeiten an der Erforschung komplexer mathematischer Systeme fortgeführt. Außerdem motivierten die Fraktale grundlegend neue Methoden zur Bildverarbeitung in der medizinischen Diagnostik, die in einem neu gegründeten Forschungsinstitut (MeVis – Centrum für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung GmbH) entwickelt wurden. In der Arbeitsgruppe von D. Saupe, die von Bremen nach Freiburg und Leipzig wechselte, entstanden mannigfache und fundamentale Beiträge zur fraktalen Bildkompression, eines der »hot topics«, die aus der Bewegung zu Fraktalen und Chaos entstanden waren. Heute gehören fraktale Analyse- und Visualisierungsverfahren in den Natur- und Ingenieurwissenschaften zum Standard und in fast allen Lehrbüchern zur Computergrafik findet sich ein Kapitel oder Abschnitt zu Fraktalen. Nicht zuletzt sollte erwähnt werden, dass etliche Computergraphiker in Industrie und an Universitäten den Zugang zur Computergrafik durch eigenes Experimentieren mit Algorithmen zu fraktalen Strukturen gefunden haben.

Computeranimation bei Mental Images, Berlin, und an der Universität Karlsruhe

Mitte der Achtzigerjahre war die Rastergraphik im Prinzip so weit, dass sie zur Generierung realitätsnaher Computeranimationen eingesetzt werden konnte. Allerdings waren zu dieser Zeit entsprechende Modellier- und Bildsynthese-Verfahren und -Systeme nur eingeschränkt vorhanden und fortgeschrittene Möglichkeiten noch Gegenstand der Forschung und Entwicklung. Relevan-

te Forschungsthemen waren Simulationsverfahren von physikalischen Vorgängen sowie effiziente Algorithmen und Datenstrukturen zur Beschleunigung der zeitaufwendigen Berechnungen. Diese Themen wurden zu jener Zeit von zwei Gruppen besonders betrieben, *Mental Images* und dem *Lehrstuhl für Dialogsysteme an der Universität Karlsruhe*.

Mental Images ist eine Unternehmung, die Mitte der Achtzigerjahre von einer Gruppe von Physikern (u.a. Hege, Herken, Krüger) gegründet wurde. *Mental Images* ist damals durch den Film »mental images« bekannt geworden, der u.a. den Prix Ars Electronica 1987 (neben Luxo Jr von John Lasseter) bekommen hat. Dieser Film zeichnete sich damals auf technischer Seite durch eine Reihe physikalischer Effekte aus, beispielsweise der Simulation von Regen und Wasser, sowie realitätsnahem Rendering durch intensiven Einsatz von Texturen. Entsprechende Software wurde bei *Mental Images* selbst entwickelt. Ausgangspunkt der Arbeiten am *Lehrstuhl für Dialogsysteme an der Universität Karlsruhe* (Alfred Schmitt) waren das Hidden-Line-Problem. Vor dem Hintergrund der damals aufkommenden diskreten algorithmischen Geometrie hat A. Schmitt diverse Alternativen für die effiziente Berechnung von verdeckten Linien entwickelt und deren Berechnungskomplexität analysiert. Die Ergebnisse wurden auf der EUROGRAPHICS-Konferenz 1981 präsentiert. Dieser Beitrag hat eine Reihe von Folgearbeiten ausgelöst. Er gehört noch heute zur Standardreferenz fast jeder Publikation, die sich mit dem nach wie vor, aus Theorie und Praxis, nicht umfassend gelösten Problem befasst.

1982 fand der Einstieg in die Rastergraphik statt. Die Arbeiten reichten von der Entwicklung eines kostengünstigen Bildwiederholerspeichers über Painting-Software bis hin zur fotorealistischen Bildsynthese. Ein herausragendes Ergebnis dieser Arbeit ist die 1987 produzierte fünfminütige Computeranimation »Occurus Cum Novo« (Bild 2). Diese Computeranimation wurde vollständig mit dem selbst entwickelten Raytracer VERA generiert, dessen erste Versionen auf das Jahr 1983 zurückgehen. Die Berechnung erfolgte verteilt auf einem Workstation-Netz, wozu die entsprechende Verteilungssoftware selbst entwickelt wurde. Die Bedeutung dieses Projekts liegt in der Effizienz der entwickelten Software, die dadurch demonstriert wurde, dass zu dieser Zeit, soweit bekannt, nur eine weitere Computeranimation ähnlicher Länge existierte, die vollständig mit dem Strahlverfolgungsverfahren generiert wurde. Das Projekt ist in einem »Buch zum Film« dokumentiert (W. Leister, H. Müller, A. Stöber, Fotorealistische Computeranimation, Springer-Verlag, 1991). Im Rahmen dieses Projekts wurden von Heinrich Müller eine Reihe von alternativen Ray-Tracing-Verfahren entwickelt (z. B. Ray-Z-Buffer, Ray-Pakete für Vektorrechner) sowie eine Worst-Case-Aufwandsanalyse der Strahlverfolgung durchgeführt – Dinge, die später von anderen Wissenschaftlern aufgegriffen, weiterentwickelt und zum Teil bis in die jüngere Zeit auch wiedererfunden wurden (H. Müller, Realistische Computergraphik, Informatik-Fachbericht 163, Springer-Verlag, 1988).

Medizinische Bildverarbeitung und Visualisierung an Universität Hamburg-Harburg

Die Arbeitsgruppe am Institut für Mathematik und Datenverarbeitung in der Medizin (IMDM) der Universität Hamburg-Harburg hatte sich Anfang der Siebzigerjahre aus einer Kooperation des Universitätsklinikums mit dem Deutschen Elektronensynchrotron gebildet. Sie entwickelte anfangs neuartige Verfahren und auch Hardware-Systeme zur Visualisierung und Quantifizierung von Bildfolgen in der Nuklearmedizin und der Röntgendiagnostik. Das dabei entwickelte Verfahren der Computerangiographie erlaubte die Beurteilung von dynamischen Vorgängen aus statischen Funktionsbildern (Bild 3a). Das später als digitale Subtraktionsangiographie bekannt gewordene Verfahren war dabei sozusagen nur ein Nebenprodukt.

Im Jahre 1985 wandte sich die Arbeitsgruppe der Entwicklung von Verfahren der 3D-Rekonstruktion aus Schnittbildserien zu. Im Gegensatz zu den damals ausschließlich benutzten oberflächenbasierten Verfahren wurde das Ziel verfolgt, innere Strukturen des Menschen realistisch sichtbar zu machen. Einen Durchbruch stellte dabei die Entwicklung des Grauwert-Gradienten-Verfahrens zur Schätzung von Oberflächennormalen dar (Höhne, Bernstein: *IEEE Trans. Med. Imaging MI-5*, 1, 1986). Mit der dadurch erreichten unübertroffenen Bildqualität ist das Verfahren zu einem Standard für die Visualisierung von Oberflächen aus Volumendaten geworden (Bild 3b). Voraussetzung für eine detaillierte Darstellung war allerdings die Segmentierung der Bildaten in einzelne Organe. Hierfür entwickelte Verfahren führten 1987 zur ersten 3D-Visualisierung des Gehirns (Bild 3c) und 1988 des ersten schlagenden

Herzens (Bild 3d) eines lebenden Menschen überhaupt (Höhne et al., *Radiology* 165, P (1987), 420; Bomans et al., *Proc. 9. DAGM-Symposium*, Springer-Verlag, Berlin, 1987, 231-235; Höhne et al., *Radiology* 169, P (1988), 472). Die im VOXEL-MAN-Programm mögliche Kombination verschiedener Verfahren zur Volumenvisualisierung (Tiede et al., *IEEE Comput. Graphics Appl.* 10, 2 (1990), 41-53; Höhne et al., *Visual Comput.* 6 (1990), 28-36) erlaubte erstmalige Pilotanwendungen in der Radiologischen Diagnostik und Chirurgieplanung, aber auch in nichtmedizinischen Anwendungen (Bild 3e) (Pommert, in: *Drenkhahn et al. (eds.): Mumie und Computer*, Kestner Museum, Hannover, 1991, 19-20, ISBN 3-924029-17-2).

Die Arbeitsgruppe suchte sich zu Beginn der neunziger Jahre in der Erstellung von generellen Modellen (»Atlanten«) des menschlichen Körpers eine neue Herausforderung. Hierzu wurde das Konzept des »intelligenten Volumens« entwickelt, einer Datenstruktur, die ein Bildvolumen und kongruente durch Segmentierung (Höhne et al., *J. Comput. Assist. Tomogr.* 16, 2 (1992), 285-294) gewonnene Objektmarkenvolumina mit einem semantischen Netzwerk verbindet, das die Objekte und ihre Relationen beschreibt (Pommert et al., *Proc. SPIE* 2359, 412-423; Höhne et al., *Nat. Med.* 1, 6 (1995), 506-511). Hierdurch ergaben sich neue Möglichkeiten der Interaktion mit den Modellen. Objekte können so sowohl im bildlichen Kontext (durch Mausclick) als auch über ihren Namen angesprochen werden und Visualisierungsoperationen gleichermaßen wie Abfrageoperationen spezifiziert werden. Diese neue Funktionalität wurde zunächst in den 3D-Atlanten VOXEL-MAN/brain and

skull (Bild 3f) für LINUX/UNIX Workstations und VOXEL-MAN 3D Navigator/brain and skull (für PCs) implementiert und als CD publiziert (Tiede et al., *Am. J. Neuroradiology* 14, 3 (1993), 551-559; Karl Heinz Höhne (ed.): *Springer-Verlag Electronic Media*, Heidelberg, 1996 (CD-ROM, ISBN 3-540-14584-2); Karl Heinz Höhne (ed.): *Springer-Verlag Electronic Media*, Heidelberg, 1998 (CD-ROM, ISBN 3-540-14676-8)). Schließlich wurden für eine realistischere Interaktion neue Algorithmen (Pfleßer et al., *Proc. MICCAI '98. LNCS 1496*, Springer-Verlag, Berlin, 1998, 853-860) für das freihändige Schneiden und die Bewegung von Teilobjekten entwickelt (Bild 3g).

Der Schritt zur photorealistischen Visualisierung menschlicher Anatomie gelang schließlich Ende der neunziger Jahre mit der Entwicklung von Verfahren zur Segmentierung und Visualisierung (Höhne et al., *Nat. Med.* 1, 6 (1995), 506-511) von multiparametrischen (mehrere Bildquellen) und multiattributierten (Vielzahl von nach verschiedenen Gesichtspunkten segmentierten Objekten) Bildvolumina wie des Visible Human Datensatzes. Insbesondere die Subvoxelgenaue Visualisierung (Tiede et al., *Proc. IEEE Visualization '98*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 1998, 255-262) führte zu einer bisher unübertroffenen Bildqualität (Bild 3h). Ein auf dieser Basis entstandener Atlas der inneren Organe, VOXEL-MAN 3D-Navigator/Inner Organs, wurde kürzlich veröffentlicht (Pommert et al., *Med. Image Anal.* 5, 3 (2001), 221-228; Höhne et al., *Springer-Verlag Electronic Media*, Heidelberg, 2000. (3 CD-ROMs, ISBN 3-540-14759-4)).

Weitere Forschungsziele sind die Entwicklung von Verfahren der realistischen Interaktion (Verformung, Haptik, Visualisierung von Funktionen), sowie eine der Komplexität des Aufbaus und der Funktion des menschlichen Körpers entsprechende symbolische Beschreibung.

Modellierung und Visualisierung an der Universität Kaiserslautern

Etwa Mitte der Achtzigerjahre wurde die Bedeutung von Visualisierung in den Natur- und Ingenieurwissenschaften verstärkt erkannt. In den USA führte dies zu der NSF-Initiative »Scientific Visualization«, die die Etablierung eines eigenständigen Forschungsgebiets dieses Namens zur Folge hatte. Ein Bereich, in dem die Visualisierung besondere Bedeutung erhielt, ist das Computer-Aided-Geometric Design. Zunächst in Braunschweig, dann in Kaiserslautern, befassten sich auch Hans Hagen und seine Arbeitsgruppe zu dieser Zeit mit der Entwicklung und dem Einsatz von Visualisierungsmethoden beim Entwurf von Freiformflächen (vgl. z. B. die Übersicht: H. Hagen et al., Curve and Surface Interrogation, in: Focus on Scientific Visualization, H. Hagen et al. (eds.), Springer-Verlag, 1992). Diese Arbeiten fanden hierzulande großes Interesse, insbesondere auch bei Anwendern, und haben zur Etablierung beigetragen. Sie waren Ausgangspunkt für zwei weitere Entwicklungsrichtungen des Instituts, der Verbesserung der Qualität von Freiformflächen mit Methoden der Variationsrechnung (H. Hagen, G.P. Bonneau, Variational Design of Smooth Rational Bézier Curves, CAGD (1991) 393-400) und die Analyse von Vektor- und Tensorfeldern, etwa im Zusammenhang

mit der Analyse von Strömungen, die damals angegangen wurden und die auch heute noch in Kaiserslautern, unter mehreren anderen, betriebene Forschungsrichtungen sind. Weiteres zu den aktuellen Arbeiten ist in Kap. 5.1 aufgeführt.

Visualisierung und Responsive Workbench bei der GMD Sankt Augustin

Eine wesentliche Quelle von Modellen und Methoden für die GDV ist die Physik. Diese Einsicht prägten die Arbeiten von Wolfgang Krüger in den Achtzigerjahren und später nach seinem Wechsel zur GMD. Zu nennen sind hier die Resultate, die in zwei SIGGRAPH-Beiträgen dokumentiert sind. Die Beiträge betreffen die Modellierung komplexer Oberflächen für die Computergraphik. Eine andere wesentliche Arbeit Krügers war der Einsatz von Methoden der Transporttheorie zur Visualisierung spezifischer Eigenschaften von Volumendaten (z. B. W. Krüger, Visualisierung und Hervorhebung spezifischer Eigenschaften von Volumendaten, in: Visualisierung von Volumendaten (M. Frühauf, M. Göbel, Hrsg.), Springer-Verlag, 1991). Anfang der Neunzigerjahre wurde in den USA die CAVE als eine projektionsbasierte Alternative zu Head-Mounted-Displays vorgestellt. Wie sich später gezeigt hat, lässt sich die projektionsbasierte Darstellung dreidimensionaler Welten auch noch auf vielfältig andere, auch kostengünstigere Weise erreichen. Ein solches Beispiel war die Responsive Workbench, die von Wolfgang Krüger und seiner Arbeitsgruppe bei der GMD zu dieser Zeit entwickelt wurde (W. Krüger, B. Fröhlich, The responsive workbench, IEEE Computer Graphics &

Appl. 14(3) (1994) 12-15). Die Responsive Workbench ist heute weit verbreitet und in unterschiedlichen Varianten existent.

Krüger war einer der kreativen Wissenschaftler der Computergraphik jener Zeit. Er konnte seine Arbeiten aufgrund seines frühen Todes nicht weiterführen.

5. Die Expansion in den Neunzigerjahren

In der dritte Phase, Expansion, hat sich die Computergraphikforschung in Deutschland nun in nahezu voller Breite etabliert und sie ist in vielen Ausprägungen und in vielen Themengebieten international präsent. Von deutschen Wissenschaftlern wurden bedeutende Beiträge gemacht. Dies wird unter anderem durch die Publikationstätigkeit unterstrichen, auf die in Kap. 2 schon eingegangen wurde.

Dadurch, dass die GDV inzwischen ein etabliertes Gebiet ist, liegt die Neuheit meist in Fortschritten im Hauptstrom aktueller Themen, jedoch nicht mehr in großen Sprüngen zu ganz neuen Themen, wie dies in der Frühphase der Siebziger- und frühen Achtzigerjahre fast in jedem Jahr der Fall war. Dieser Fortschritt besteht in vielen Einzelergebnissen und vieles ist noch in Entwicklung. Die Vielfalt wird im folgenden durch die Darstellungen der Forschungsthemen einzelner Forschungseinrichtungen und Verbundprojekten, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beziehungsweise Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) gefördert werden und in denen die GDV eine wichtige Rolle einnimmt, deutlich.

Forschung an Universitäten und Großforschungseinrichtungen

Die folgende Aufstellung ist nach Städten alphabetisch geordnet. Natürlich ist es unmöglich, alle Einrichtungen aufzuführen. Das World-Wide-Web bietet die Möglichkeit zur weiteren Information: unter <http://is7-www.informatik.uni-dortmund.de/cgotn/> ist eine recht umfassende Sammlung von Verweisen zu diesen und weiteren Forschungsgruppen zu finden.

Komplexe 3D-Modelle in Aachen

Die Forschungsprojekte in Aachen (Prof. Leif Kobbelt) beschäftigen sich mit der Erzeugung, Rekonstruktion, Modifikation, Speicherung und Übertragung von 3D-Modellen hoher Komplexität. Solche Modelle können durch explizite mathematische Beschreibungen (z. B. Splines), prozedurale Beschreibungen (subdivision surfaces) oder Polygongitter dargestellt werden, ebenso sind implizite Beschreibungen durch Volumendaten oder unstrukturierte Punktwolken üblich. Die Herausforderung bei der Bearbeitung solcher Daten besteht im Entwurf skalierbarer Algorithmen. Solche Modelle werden gut durch hierarchische Datenstrukturen beschrieben, die es erlauben, die Komplexität des Modells an die Anforderungen an Qualität und Hardware anzupassen. Die Forschung konzentriert sich dabei auf die Triangulation von Punktwolken, Polygonreduktion, subdivision surfaces, Fairing von Polygongittern, hierarchische Modellierung und die effiziente Bearbeitung von Polygongittern.

WEB: www.informatik.rwth-aachen.de/l8

Visualisierung und Interaktive Bildsynthese in Aachen

Die Lehr- und Forschungsaktivitäten des LuFG »Visualisierung von numerischen Simulationen« liegen in den Bereichen »Wissenschaftliche Visualisierung« und »Interaktive Bildsynthese«.

Im Bereich der wissenschaftlichen Visualisierung werden verschiedene Aspekte untersucht, die im Zusammenhang stehen mit der visuellen Aufbereitung hochaufgelöster skalarer oder vektorieller Datensätze aus technisch-wissenschaftlichen Experimenten oder Simulationen. Dazu werden sowohl bekannte Verfahren der Computergrafik als auch völlig neue, speziell auf die konkreten Anforderungen zugeschnittene Methoden angewandt. Aktivitäten konzentrieren sich hierbei auf interaktive Verfahren zur Darstellung von Volumendaten, Verfahren zur Rekonstruktion von Flächen aus Volumendaten, Parallelisierungsstrategien für Visualisierungsalgorithmen und Hardware-unterstützte Techniken.

Die interaktive 3D Bildsynthese ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt am LuFG. In diesem Bereich werden generelle Konzepte und Verfahren für die Echtzeitsimulation- und Darstellung natürlicher Phänomene entwickelt und hinsichtlich ihrer Eignung zur praktischen Anwendung in der Virtuellen Realität und in Computerspielen untersucht. In diesem Kontext werden spezielle Algorithmen erforscht, die dedizierte PC- und Grafik-Hardware ausnutzen, um interaktive Darstellungsraten zu gewährleisten. Anwendungsbeispiele hierfür sind die Simulation und Darstellung von Flüssigkeiten und gasförmigen Strukturen.

WEB: www.vis.rwth-aachen.de

Wissenschaftliche Visualisierung in Berlin

Die Abteilung für wissenschaftliche Visualisierung am Konrad-Zuse-Zentrum in Berlin (ZIB) entwickelt und implementiert neue Visualisierungstechniken auf der Basis von graphischen und numerischen Algorithmen (Hans-Christian Hege). Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der Entwicklung neuer Methoden zur Visualisierung von Skalaren, Vektor- und Tensorfeldern, der Bildanalyse und der geometrischen Rekonstruktion gewidmet. Der aktuelle Schwerpunkt liegt bei der Anwendung dieser Techniken in Medizin, Biologie, Biochemie und Physik. Dafür wurden interaktive Software-Systeme entwickelt, die Bildsegmentierung und -analyse, Flächenerzeugung, numerische Simulation und Visualisierung verbinden. Die Grundlage dafür bildet AMIRA, ein Softwaresystem zu Segmentierung, Geometrierekonstruktion und Datenvisualisierung. Die Abteilung leistete einen wesentlichen Beitrag bei der Entwicklung der Linienintegral-Faltung zur Vektorfeld-Darstellung. So wurde diese zweidimensionale Methode auf beliebige Flächen im Raum erweitert. Auch die Berechnung beleuchteter Feldlinien von 3D Vektorfeldern wurde dort entwickelt und bildet den Ausgangspunkt zur Erweiterung von Hardware beschleunigten Schattierungs- und Beleuchtungsmodellen.

WEB: www.zib.de/visual

D. Stalling, H.-C. Hege: Fast and Resolution-Independent Line Integral Convolution, SIGGRAPH '95 Conference Proceedings pp. 249-256.

D. Stalling, M. Zöckler, H.-C. Hege: Fast Display of Illuminated Field Lines, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 3:2 (1997), pp. 118-128.

Computergraphik in Bonn

Die Computergraphik Gruppe an der Universität Bonn wurde im Oktober 2000 von Prof. Reinhard Klein gegründet. Die Gruppe besteht aus 10 Forschern die sich mit Grundlagen und Anwendungen von Multiskalendarstellungen, Echtzeit-Renderingalgorithmen und Kollisionsdetektion von 3D-Modellen beschäftigen. Insbesondere wird an Algorithmen zum Tessellieren und effizienten Rendering getrimmter NURBS-Flächen, an Verfahren zum Editieren von Polygonnetzen, an Algorithmen zur Rekonstruktion aus Punktwolken, an Verfahren zum 3D-Objektvergleich und -Retrieval sowie an Algorithmen zur Polygonreduktion und -Kompression gearbeitet. Dabei werden insbesondere auch Oberflächeneigenschaften wie Rauigkeit, Textur- und Reflektionsverhalten physikalisch erfasst oder auch modelliert und mit berücksichtigt. Mit Hilfe der bei der Polygonreduktion erzeugten hierarchische Datenstrukturen wird versucht, während des Renderings die Komplexität des Modells so zu reduzieren, dass mit möglichst geringem Verlust der Darstellungsqualität optimale Renderingleistung erzielt werden kann. Seit 2001 ist die Computergraphik in Bonn durch eine weitere Professur mit Schwerpunkt Multimedia (Prof. Weber) ergänzt.
WEB: <http://cg.cs.uni-bonn.de>

Computergraphik und digitale Bibliotheken in Braunschweig

Das Braunschweiger Institut für Computergraphik wurde im Mai 1998 gegründet und wird von Prof. Dieter W. Fellner geleitet. Die Hauptforschungsrichtungen werden durch die graphischen Aspekte von

Multimedia Informationssystemen, Software-Architekturen für integriertes Modellieren und Rendern und effiziente Algorithmen zur photorealistischen Darstellung und Visualisierung gebildet.

Graphische Aspekte von Internet basierenden Multimedia Informationssystemen: Das Institut leitet momentan das 6-jährige Schwerpunktprogramm »Digitale Bibliotheken« der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Diese Initiative besteht aus einer Gruppe von 50 Forschern, die an Methoden zu verschiedenen Medien wie 3D Graphik, Ton- und Filmdokumente und Animationen in Zusammenhang mit in digitalen Archive arbeiten.

Datenstrukturen und Software-Architekturen für die Computergraphik: Die Arbeit des Institutes konzentrierte sich in den letzten Jahren auf die Unterstützung und Verbreiterung von Computergraphik durch Modularisierung und angepasste Software-Architekturen. Speziell die Anpassung und Konsistenz von Benutzeroberflächen, Konfiguration von Visualisierungssystemen und preiswerte (halb-)immersive Projektionsysteme waren dabei Schwerpunkt der Arbeit. Der große Vorteil solcher modularen Werkzeuge besteht in der Möglichkeit zur Modellierung komplexer Szenen, dabei werden Engpässe zwischen Modellierung und Visualisierung beseitigt. Die Ergebnisse dieser Arbeit umfassen ein Modell- und Energie-basiertes System für heterogene Gitter in Radiosity-Algorithmen sowie ein nahezu interaktives Simulationswerkzeug für die Fortpflanzung von Radiowellen in Städten, dass für den Aufbau von Mobilfunk-Stationen genutzt wird.
WEB: <http://graphics.tu-bs.de>

Computergraphik in Darmstadt

Darmstadt ist das Zentrum des INI-GraphicsNet, einer internationalen Vereinigung von Computergraphik Instituten. In Darmstadt selbst befinden sich die Gruppe für Graphisch-interaktive Systeme (GRIS) als Teil des Instituts für Informatik der Technischen Universität Darmstadt, das Zentrum für Graphische Datenverarbeitung (ZGDV) und das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD). Außerdem befinden sich dort zahlreiche Firmen, die von Forschern dieser Institute gegründet wurden.
WEB: www.inigraphics.net

Die Hauptaufgabe des GRIS besteht in der Grundlagenforschung und Lehre. Die Forschungsgebiete reichen von sprachgestützten Nutzerschnittstellen über multimedial gestütztes Lehren und Lernen, Informationsdarstellung, Morphing bis hin zur Modellierung.
WEB: www.gris.informatik.tu-darmstadt.de

Das ZGDV ist eine gemeinnützige Organisation zur Förderung der Computergraphik. Es hat mehr als dreißig bekannte Einrichtungen aus Industrie, Wirtschaft und Forschung als Mitglieder. Neben dem Standort Darmstadt existieren weitere Zentren für Computergraphik in Rostock und Coimbra (Portugal).
WEB: www.zgdv.de

Das Spektrum der Studien am IGD reicht von anwendungsspezifische Grundlagenforschung, also Algorithmen für die Erzeugung von Anwendungsprototypen und -systemen (Hardware und Software) bis zu ihrer Anpassung an spezifische Kundenwünsche. Überall in der Welt hilft das Institut durch diese Arbeit, Com-

putergraphik als technologisches Werkzeug zu etablieren und die Entwicklung mit seinen eigenen Methoden und Produkten zu beeinflussen. Die Forschungsprojekte haben stets einen direkten Bezug zu Problemen der Industrie, des Handels, des Verkehrs oder des Dienstleistungssektors.

WEB: www.igd.fhg.de

Zahlreiche Firmen sind aus dieser Forschungstätigkeit hervorgegangen. Eine der ersten Firmen, die aus dem INI-GraphicsNet hervorgegangen ist, ist die CAPCom Technology Consulting, Development and Distribution GmbH. Sie hilft bei der Vermarktung von neuen Forschungsergebnissen durch junge Firmen. So konzentriert sich MediaSec Technologies LLC auf Probleme der Datensicherheit bei Multimedia-Projekten, MedCom hat sich auf medizinische Fragestellungen spezialisiert (hervorzuheben wäre hier die InVivo-Produktfamilie mit TeleVivo einem im Rahmen des EU IST-Programmes ausgezeichnetem Projekt), oder vrcom das Virtual Reality Lösungen anbietet.

WEB: www.capcom.com, www.mediasec.com, www.medcom-online.com, www.vrcom.com

M. Alexa, D. Cohen-Or, D. Levin: As-Rigid-As-Possible Shape Interpolation, ACM SIGGRAPH 2000 Conference Proceedings (pp. 157-164)

Algorithmen und Datenstrukturen für die Graphik in Dortmund

Die Computergraphik Gruppe an der Universität Dortmund wurde im Oktober 1992 von Prof. Heinrich Müller gegründet. Der Forschungsschwerpunkt liegt dort auf der Entwicklung effizienter Algorithmen und Datenstrukturen für die Computergraphik und

umfasst Geometrische Modellierung, Flächenrekonstruktion, Flächeneinpassung, computergesteuerte Produktion, Rendering, Visualisierung und Bildanalyse. Ein Teil der Forschung wird im Rahmen von Anwendungsszenarien durchgeführt. Ein aktuelles Projekt ist der Grid Based Modeller (GBM). Der GBM ist ein Gitter- und Volumen-orientiertes Modellierungssystem das die effiziente Manipulation großer Modelle und ihre Darstellung in einem virtuellem Nutzerinterface (Stereoprojektion) unterstützt. Ein zweites System ist das Vision-based Tracking Module (VTM), dabei handelt es sich um ein Software-Modul, für die Wechselwirkung von Computer und Mensch auf der Basis von Überwachungskameras. Es wurde auf der Grundlage der in den letzten sieben Jahren gesammelten Erfahrungen mit anderen Systemen entwickelt.

Die Pharao-Abbildung zeigt ein Beispiel eines oberflächen-orientierten Algorithmus zur Flächenrekonstruktion aus einer Punktmenge (links). Als erster Schritt wird der Oberflächen-Graph bestimmt (Mitte) in einem zweiten Schritt wird dieser Graph dann inkrementell trianguliert (rechts). Diese Methode ist besonders für Datensätze mit grober Auflösung geeignet und kann auch zur Modellierung von Flächen auf der Basis von Punkten genutzt werden. Die Eigenschaften des Algorithmus wurden auch theoretisch untersucht und überprüft.

WEB: www.ls7.informatik.uni-dortmund.de/

Computer-generierte Pflanzen und Landschaften in Dresden

Künstlich erzeugte Pflanzen werden oft benötigt, um Bilder von Landschaften zu erzeugen. Das betrifft sowohl Spezialeffekte für die Unterhaltungsindustrie und Werbung als auch die Simulation von Landschaften für Architektur und Landschaftsgestaltung. An der Technischen Universität Dresden (Prof. Oliver Deussen) wird daran gearbeitet, realistische Ökosysteme zu modellieren. Dabei sind eine schnelle Darstellung der komplexen Geometrie, Sichtbarkeitstests und hierarchische Verfeinerung der algorithmisch generierten Modelle wesentlich. Neben einer möglichst realistischen Darstellung sind auch skizzenhafte Zeichnungen der Pflanzen von Interesse.

WEB: www.inf.tu-dresden.de/cgm

O. Deussen, P. Hanrahan, M. Pharr, B. Lintermann, R. Mech, P. Prusinkiewicz: Realistic Modeling and Rendering of Plant Ecosystems, SIGGRAPH 98 Conference Proceedings, pp. 275-286.

O. Deussen, T. Strothotte: Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration of Trees, SIGGRAPH 2000 Conference Proceedings, pp. 13-18.

Computer Aided Face Engineering in Freiburg

Die Forschungsgruppe an der Universität Freiburg (Prof. Thomas Vetter) arbeitet am Konzept des Korrespondenz-basierten Flächenraums. Diese Technik generiert ein flexibles Flächenmodell mit dem es möglich ist, realistische 3D-Modelle des menschlichen Gesichts zu erzeugen. Man erhält das bewegliche Modell durch einen Lernalgorithmus, der mit Gesichtern aus einer Datenbank trainiert wird. Der Lernalgorithmus extrahiert die gemeinsamen Strukturen aller Gesichter des Gesichtsprototyps und kodiert die Mimik als

Abweichung von diesem Prototyp. Das Modell basiert im wesentlichen auf der Linearkombination der Beispiele.
WEB: <http://graphics.informatik.uni-freiburg.de/CAFE.html>

V. Blanz, T. Vetter: A Morphable Model for the Synthesis of 3D Faces, ACM SIGGRAPH'99 Conference Proceedings (pp. 87-194)

Wissenschaftliche Visualisierung und Geometrische Modellierung in Kaiserslautern

In Kaiserslautern befinden sich das Computergraphik-Institut der Universität Kaiserslautern und die Abteilung für Intelligente Visualisierungs- und Simulationssysteme (IVS) des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz. Beide werden von Professor Hans Hagen geleitet.

Das Computergraphik-Institut der Universität Kaiserslautern beschäftigt sich mit Grundlagen- und angewandter Forschung zum geometrischen Modellieren und zur wissenschaftlichen Visualisierung. Die geometrische Modellierung konzentriert sich auf Variationsmethoden, physikalische und Simulations-basierende Modellierung, Triangulationsalgorithmen, Scattered-Data-Methoden und hierarchisches Modellieren. Es kooperiert dabei mit verschiedenen Firmen, besonders in der Kraftfahrzeugindustrie und hat zu mehreren Firmengründungen geführt. Die Gruppe zur wissenschaftlichen Visualisierung beschäftigt sich mit der Darstellung großer unstrukturierter Daten, hierarchischer Visualisierung, Web-basierender Visualisierung und Vektor- und Tensorfeldvisualisierung. Die Abbildung zeigt eine Darstellung eines komplexen Moleküls. Die Arbeitsgruppe hat wesentliche Beiträge zur topologischen Analyse und Visualisierung von

Vektor- und Tensorfeldern geleistet, z. B. beim Erkennen von geschlossenen Feldlinien, oder bei der topologischen Darstellung von zeitabhängigen Feldern.

WEB: <http://davinci.informatik.uni-kl.de>

Die Abteilung für Intelligente Visualisierung und Simulation (IVS) des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) entwickelt interaktive Techniken zur Visualisierung von Gegenständen in Konzepten der künstlichen Intelligenz und in technischen Simulationen, spezielles Interesse gilt der Nutzung von Methoden der virtuellen Realität die auf Probleme der medizinischen Operationsplanung und medizinischen Informationssysteme angewendet werden.

Das Hauptarbeitsgebiet des IVS ist die Entwicklung von intelligenten Kontrolleinheiten für Visualisierungssysteme, die zur Laufzeit alle Systemkomponenten kontrollieren und abstimmen. Dazu wird eine komponentenbasierende Implementation und eine multi-Agenten Technologie verwendet. Auf dem Gebiet der Medizininformatik werden Medizinische Informationssysteme, elektronische Patientendatenbanken, Bildverarbeitung und Visualisierungsaufgaben bearbeitet. Die Gruppe zur anatomischen Modellierung verwendet menschliche Computermodelle zum Test von Produkten, eine Auswahl solcher Computermodelle kann dazu benutzt werden, die Nutzbarkeit von Produkten einzuschätzen. Im IVS werden die Modelle des menschlichen Körpers weiterentwickelt und verfeinert.
WEB: www.dfki.de/livs2/IVS_English

Ebert, M. Bender, H. Barthel, A. Divvier: Tuning a Component-based Visualization System.

Architecture by Agents, International Symposium on Smart Graphics, (in cooperation with ACM SIGGRAPH) IBM T.J. Watson Research Center, Hawthorne, New York, USA, 2001.

T. Wischgoll, G. Scheuermann: Detection and Visualization of Closed Streamlines in Planar Flows, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 7:2 (2001)

Informationsvisualisierung an der Universität Konstanz

Am Informatik Institut der Universität Konstanz konzentriert sich die Forschung auf Techniken zur Visualisierung von Wissen und Informationen aus großen Datenbanken (Prof. Daniel Keim). Im Mittelpunkt des Forschungsprogramms steht visuelles Data-Mining, Visualisierung von Graphen und die Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer. Die Forschung erfolgt im engen Austausch mit international angesehenen Forschungseinrichtungen und Industriepartnern wie HP, AT&T sowie anderen Anwendern. Momentan ist die Anschaffung einer hochauflösenden Multiprojektionswand geplant.

WEB: www.inf.uni-konstanz.de/

Bildverarbeitung und Computergrafik in Leipzig

Die Leipziger Arbeitsgruppe von Professor Dietmar Saupe wurde 1998 anlässlich der Einführung der Studienrichtung »Medizinische Informatik« an der Universität Leipzig eingerichtet, in der die Bild- und Signalverarbeitung eine wichtige Komponente darstellt. In der Forschung werden Projekte aus der Bildverarbeitung in der Medizin und der Bioinformatik durchgeführt, zumeist in Kooperation mit Partnern in Kliniken

und im Max-Planck-Institut für kognitive Neuropsychologie in Leipzig. Ein anderes Hauptthema der Leipziger Forschung liegt in Bild- und Datenkompression mit Schwerpunkt in fraktalen und Wavelet-basierten Methoden. Als Service für die wissenschaftliche Gemeinde wurde ein umfassender Literaturserver zu fraktaler Kompression aufgebaut. Neben Grundlagenforschung wurden auch Anwendungen von Kompression in den Geowissenschaften (digitale modellbasierte Atlanten, Projekt ATLAS2000), in der Meteorologie (Kooperation mit dem DWD) und in der Medizin entwickelt. Neuerdings werden die Arbeiten in Richtung optimaler Fehlerschutz in gestörten Kanälen erweitert. Die Forschungsthemen in dem Bereich Grafik und Visualisierung betreffen implizit definierte Flächen, effiziente Verfahren zur Extraktion von Visualisierungen aus Volumendaten, sowie Visualisierung in Zusammenhang mit dem Computeralgebrapaket »Mathematica«. Auch wird an Methoden zur Geometrikompression und zum 3D-Retrieval gearbeitet. WEB: <http://www.informatik.uni-leipzig.de/cgip/>

Visuelle Kommunikation und Information in Magdeburg

Die Abteilung für graphische und interaktive Systeme an der Universität Magdeburg wurde im Oktober 1993 gegründet und wird von Prof. Thomas Strothotte geleitet. Das Ziel der Tätigkeit dort ist es, durch computer-generierte Bilder ein flexibles Kommunikationsmedium zu entwickeln. Dieses erfordert Werkzeuge zum Erstellen ausdrucksstarker Bilder und einen klaren Bezug zum Text. Die Forschung konzentriert sich auf

das Rendering (besonders nicht-photorealistische Darstellung), visuelle Kommunikation (Bild-Text Zusammenhang) und spezielle Nutzerschnittstellen (berührungsempfindliche Graphik und synthetische Holographie). Zur Untersuchung des Verhältnisses von Bild und Sprache werden Bilder erzeugt, die dem sprachlichen Ausdruck nahe kommen. Besonders Bilder deren Eigenschaften leicht und adäquat vom Nutzer beschrieben werden können sind dabei interessant. WEB: <http://isg.www.cs.uni-magdeburg.de/graphik>

Modellierung und Visualisierung in Rostock

Die Computergraphik an der Universität Rostock hat eine lange Tradition, die ihren Anfang in einer kleinen Gruppe von Wissenschaftlern nahm, die Anfang 1969 damit begann, sich mit Problemen der graphischen Datenverarbeitung zu befassen. Heute wird das Institut von Prof. Dietmar Jackel geleitet. Die Forschung konzentriert sich auf die Visualisierung großer Datenmengen, adaptive Bilderzeugung, -übertragung und -darstellung und auf physikalische Modellierung und Animation. Drei Beispiele sollen erwähnt werden. Ein skalierbares System zur Informationsdarstellung aus großen, heterogenen Informationsräumen wurde entwickelt. Es erlaubt verschiedenen Detailstufen, die Aufbereitung der Daten und die Kombination mit verschiedenen graphischen Oberflächen.

Die Fokus- und Kontext-Technik für eine mobile Anwendung spart Platz auf dem Bildschirm und Bandbreite bei der Übertragung.

Als zweites Beispiel soll ein neues anforderungsorientiertes Bildübertragungsschema für mobile Anwendungen mit kleiner Bandbreite erwähnt werden. Dieses Schema arbeitet mit verschiedenen Auflösungsstufen der relevanten Regionen und verbindet sie über die Fokus- und Kontext-Technik, um sie auch auf kleinen Bildschirmen darzustellen. Ein weiteres System ermöglicht die Modellierung realistischer Objektbewegungen auf der Grundlage physikalischer Eigenschaften durch einfache Benutzerangaben. Es basiert auf der Methode der Lagrange-Faktoren und ermöglicht eine Vielzahl von Steuerungs- und Interaktionsmöglichkeiten. WEB: www.icg.informatik.uni-rostock.de

Forschung am Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken

Das Max-Planck-Institut für Informatik (MPI) gehört zu den international führenden Instituten auf dem Gebiet der Informatik und Informationstechnologie. Die Gruppe für Computergraphik wurde 1999 gegründet, mit Prof. H.-P. Seidel als wissenschaftlichem Direktor. Die Gruppe besteht aus 3 festen Mitarbeitern, 6 Post-Docs und 17 weiteren Forschern.

Das MPI ist forschungsorientiert und offen für anwendungsspezifische Forschung auf dem Gebiet der Informatik. Es ist Teil der deutschen Infrastruktur zur Informatik, die auch das internationale Konferenz- und Forschungszentrum für Informatik in Dagstuhl (IBFI), das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) und das große Informatik Institut an der Universität des Saarlandes (alle Institute liegen nahe beieinander) umfasst. Bei einer kürzlichen Evaluation

aller deutschen Informatik-Institute unter der Leitung des Zentrums für Hochschulentwicklung (HE) durch externe Fakultätsmitglieder wurden die Forscher am MPI und des Informatik-Instituts der Universität des Saarlandes als führend in Deutschland eingeschätzt. Das MPI wurde von der Europäischen Gemeinschaft als Marie Curie Ausbildungsstätte ausgewählt und nimmt an zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsprojekten teil, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Europäischen Gemeinschaft (EU), dem Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), der NATO, der Deutsch-Israelischen Gesellschaft (GIF) und anderen Einrichtungen finanziert werden. Die Gruppe arbeitet auch mit verschiedenen Industriepartnern zusammen wie z. B. BMW, Mercedes, Motorola und Siemens. Die Forschungstätigkeit der Gruppe konzentriert sich auf geometrische Modellierung, Freiformkurven und -flächen, Flächenrekonstruktion, effiziente Polygongitter, Polygonreduktion, hierarchische Modellierung, Bildsynthese, globale Beleuchtungsberechnungen, Visualisierung komplexer medizinischer und technischer Daten, 3D-Bildanalyse und -Synthese und auf die Grundlagen der virtuellen Realität. Der Wirkungskreis des MPI ist international, die Gruppe ist permanent auf allen wichtigen Computergraphikveranstaltungen vertreten (SIGGRAPH-Konferenzen, EUROGRAPHICS-Konferenzen, ...). In diesem Zusammenhang seien drei typische Veröffentlichungen erwähnt, die sich mit hardware-beschleunigten Rendern, eigen-schaftsbezogener Datenanalyse und wahrnehmungs-abhängiger globaler Beleuchtung beschäftigen.
WEB: www.mpi-sb.mpg.de/units/ag4

W. Heidrich, H.-P. Seidel: Realistic, Hardware-accelerated Shading and Lighting, SIGGRAPH '99 Proceedings, 1999, pp. 171-178.
L. Kobbelt, M. Botsch, U. Schwanecke, H.-P. Seidel: Feature sensitive surface extraction from volume data, Proc. SIGGRAPH '01, 2001
K. Myszkowski, T. Taware, H. Akamine and H.-P. Seidel: Perception-Guided Illumination Solution for Animation Rendering, Proc. SIGGRAPH '01, 2001.

Interaktives Raytracing in Saarbrücken

Der Lehrstuhl für Computergraphik der Universität des Saarlandes in Saarbrücken wurde von Prof. Philipp Slusallek im Oktober 1999 gegründet. Seine Arbeitsgruppe besteht aus sieben Forschern, die sich hauptsächlich mit Echtzeit-Raytracing, schnellen globalen Beleuchtungsmodellen für das Mischen von Real- mit synthetischen Bildern und verteilter Multimedia Software beschäftigen. Die Hauptforschungsrichtung besteht in der Verwendung von Raytracing für interaktive 3D Graphik. Die Gruppe hat den schnellsten Raytracer der Welt implementiert, der auf einer Mischung von neuen Algorithmen zur besseren Nutzung der Kohärenz in der Szene, einer besseren Nutzung des Caches, der SIMD Erweiterungen der aktuellen CPUs und einer Verteilung der Daten und Berechnungen in einem Cluster von Workstations basiert. Selbst auf einer einzelnen Maschine übertrifft das interaktive System andere Software-Raytracer und ist für komplexe Szenen um den Faktor 15 schneller als die beste Graphik-Hardware. Ein weiteres Projekt ist der Entwurf einer verteilten Multimediainfrastruktur, der von Motorola unterstützt wird. Dieses System kann Multimediageräte nutzen, die in einem Intranet verteilt sind, selbst die Nutzung über das Internet ist möglich. Diese Multimedia-Infra-

struktur bildet auch die Basis für weitere Forschungen zur globalen Beleuchtung für virtuelle Studios und ähnliche Anordnungen. Die Herausforderung besteht dabei im Messen, Neuberechnen und Anwenden der Beleuchtung in Echtzeit. Dies muss sowohl für die realen als auch für die virtuellen Szenen geschehen um eine konsistente Beleuchtung zu garantieren.
WEB: <http://graphics.cs.uni-sb.de/>

L. Wald, P. Slusallek, C. Benthin, M. Wagner: Interactive Rendering with Coherent Ray-Tracing. Computer Graphics Forum 20(3) (Proc. EUROGRAPHICS 2001), 2001, 153-164.

Virtuelle Umgebungen bei der GMD Sankt Augustin

Das Kompetenzzentrum für Virtuelle Umgebungen (VE) hat seinen Ursprung in der VMSD Forschungsgruppe, die von Wolfgang Krüger gegründet wurde, heute wird sie von Dr. Martin Göbel geleitet. Im Mittelpunkt der Forschungen stehen Systementwicklung, Eingabewerkzeuge, interaktive Techniken, Display-Technologien, Visualisierung, Sonification, verteilte virtuelle Welten sowie Art and Story Telling Installationen. Die Entwicklungen der GMD basieren auf dem objekt-orientierten Entwicklungssystem AVANGO. AVANGO setzt auf SGIs Performer Bibliothek und OpenGL auf. Es ist für IRIX und Linux verfügbar und unterstützt alle VR-typischen Ein- und Ausgabegeräte. AVANGO basiert auf der Szenenbeschreibung der Performer Bibliothek mit einem feldbasierenden Interface. Zusätzlich stellt es eine Skript-Sprache für die schnelle Entwicklung von VR-Anwendungen zur Verfügung und unterstützt verteilte Anwendungen durch Dupli-

zieren der Szene und feldbasierende Synchronisation. Die Responsive Workbench, eine frühe Entwicklung der GMD Gruppe für virtuelle Umgebungen, ist zu einem Standardsystem für Virtual Reality Anwendungen geworden. Zusammen mit der deutschen TAN Projektionstechnologie Firma wurde 1997 die zweiseitige L-förmige Responsive Workbench entwickelt. Dieses Display erweitert die Anwendungsmöglichkeiten deutlich, da es einen großen Arbeitsraum bereitstellt, dabei aber die Tischplatten-Metapher erhält. Die aktuelle Entwicklung ist ein zylindrisches 230° Display, das zusammen mit Barco entwickelt wurde. Das Display hat einen Durchmesser von 6,5 Metern und eine Höhe von 2,8 Metern und ist mit vier Projektoren ausgestattet. Um gute akustische Eigenschaften zu gewährleisten, ist es in 5° Schritte unterteilt, um parallele Flächen zu vermeiden. Ein weiterer Schwerpunkt der Forschung ist die Entwicklung akustischer Anzeigen.

Die Cubic Mouse der GMD ist ein neues Eingabegerät für die intuitive Steuerung von VR-Anwendungen, das dreidimensionale Koordinatensystem kann so vollständig gesteuert werden. Ein Zeichenwerkzeug zur Unterstützung der dreidimensionalen Flächenmodellierung in virtuellen Umgebungen wird gerade entwickelt. Über viele Jahre sind technische Visualisierungen in virtuellen Umgebungen entwickelt worden, das geschieht in Zusammenarbeit mit der Automobil-, Öl- und Gasindustrie. Digitale VR-Installationen der GMD basieren auf der CAVE-ähnlichen, vollständig immersiven CyberStage-Umgebung. CyberStage wurde in Kooperation mit RMH und Vertigo Systems entwickelt, zwei Ausgründungen der Virtual Reality Arbeits-

gruppe. Aus der Zusammenarbeit sind zahlreiche CyberStage-Produktionen für verschiedene Industriepartner entstanden. Künstlerische Installationen mit kombinierten visuellen und akustischen Effekten haben die technische Entwicklung dabei in den vergangenen Jahren inspiriert.

WEB: <http://imk.gmd.de>

W. Krüger, B. Fröhlich: The Responsive Workbench, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 12-15, May 1994.

Wissenschaftliche Visualisierung in Stuttgart

Die Gruppe für Visualisierung und interaktive Systeme (VIS) von Prof. Thomas Ertl an der Universität Stuttgart beschäftigt sich mit wissenschaftlicher Visualisierung, Computergraphik und Computer-Mensch Wechselwirkung. Oft geschieht das in Zusammenarbeit mit der Industrie wie BMW und Siemens. Einige der zahlreichen Themen, mit denen sich die Arbeitsgruppe beschäftigt sind interaktives Volumen-Rendering mit 3D-Texturen und moderner PC-Hardware, Volumen-Rendering mit Zellprojektion und für nicht-konvexe Tetraeder-Gitter, hardware-beschleunigte Registrierung und Segmentierung, Visualisierung medizinischer Daten, interaktive web-basierende Visualisierung, Visualisierung von Strömungen für hierarchische Gitter, Visualisierung von crash-Tests, Geländedarstellung, Visualisierung und Steuerung von chemischen und physikalischen Berechnungen und Leistungsvergleiche von OpenGL und den OpenGL-Erweiterungen.

Die spezielle Relativitätstheorie von Einstein wird oft als schwer verständlich angesehen. Ein wesentlicher Grund dafür besteht darin, dass für hohe Geschwindigkeiten die Eigenschaften von Raum und Zeit sich in

der relativistischen Physik deutlich von der Galileischen Beschreibung unterscheiden. Computersimulationen sind die einzige Möglichkeit das Reich der speziellen Relativitätstheorie zu erkunden. Sie ermöglichen es, Phänomene wie die Lorentzkontraktion, Zeitdilatation, Aberration und die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit darzustellen. In Stuttgart wurden einige neue Rendering-Techniken für Systeme zur speziellen Relativitätstheorie entwickelt.

WEB: www.vis.informatik.uni-stuttgart.de/eng

R. Westermann, T. Ertl: Efficiently Using Graphics Hardware in Volume Rendering Applications, Proceedings SIGGRAPH'98 (1998) 169-179.

D. Weiskopf, U. Kraus, H. Ruder: Searchlight and Doppler Effects in the Visualization of Special Relativity: A Corrected Derivation of the Transformation of Radiance, ACM Transactions of Graphics 18,3, July 1999, 278-292.

Computergraphik in Tübingen

Der zweite Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung in Deutschland wurde an der Universität Tübingen 1986 von Prof. Wolfgang Straßer gegründet. Heute arbeiten am WSI/GRIS mehr als 20 wissenschaftliche Mitarbeiter. Herausragende Forschungsergebnisse waren unter anderem ein neuartiger Zugang zur Spline-Theorie, Antialiasing- und Hochleistungsgraphikhardware, anisotrope Texturfilterung (Footprint-Assembly), Hardware für Volume-Rendering, u.a. der erste PCI-basierte Echtzeitrenderer für Volumendaten, Textilmmodellierung und -simulation, Multi-resolution-Modeling, Netzsimplifizierung, der Randomized Z-Buffer und Multimediasysteme zur Graphikausbildung. Die Ergebnisse konnten auf SIGGRAPH-Konferenzen und in renommierten Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Seit 1986 veranstaltet Straßer die erfolgreiche

Serie von »EUROGRAPHICS/SIGGRAPH Workshops on Graphics Hardware«. Das WSI/GRIS finanziert sich vorwiegend aus Mitteln der DFG, der EU und der Industrie.

Ein Forschungsschwerpunkt am WSI/GRIS sind intelligente Algorithmen zur Darstellung sehr komplexer Szenen. Eine Möglichkeit besteht in der Datenreduktion durch View-Frustum- und Occlusion-Culling. Das GRIS hat Beiträge zum Occlusion Culling geleistet, bei denen die OpenGL-Architektur erweitert wird, um die Rasterisierung verdeckter Objekte zu vermeiden. Eine weitere Möglichkeit besteht im Multiresolution-Modelling, wobei der Detaillierungsgrad abhängig vom Blickpunkt in Echtzeit berechnet wird. Ebenso wichtig ist die Datenkompression, wozu das GRIS die Cutborder Mesh Compression beigetragen hat. Eine völlig andere Vorgehensweise nutzt der Randomized z-Buffer, der durch geeignete Punktabtastungstechniken die zu verarbeitende Datenmenge drastisch reduziert (siehe Abb. 1). Auf dem Gebiet der Animation wird die langjährige Erfahrung in der physikalisch basierten Modellierung in einem nationalen Industrieprojekt umgesetzt, in dem ein e-Commerce System für virtuelle Textilien entwickelt wird.

Das WSI/GRIS hat viele Ergebnisse in Spin-off-Companies wie z.B. egisysAG, GWI-MAVIS und DDT überführt.

WEB: www.gris.uni-tuebingen.de/

S. Gumhold, W. Straßer: Real Time Compression of Triangle Mesh Connectivity, SIGGRAPH '98 Proceedings, 1998.
M. Wand, M. Fischer, I. Peter, F. Meyer auf der Heide, W. Straßer: The Randomized z-Buffer Algorithm: Interactive Rendering of Highly Complex Scenes, SIGGRAPH '2001 Proceedings, 2001.

5.2 DFG-Forschungsverbünde

Die DFG bietet eine Reihe von Förderungsformen für Forschung an: Projekte im Normalverfahren, Paketanträge, Forschergruppen, Sonderforschungsbereiche (SFBs), Schwerpunktprogramme (SPPs) und Graduiertenkollegs (GKs). Computergraphiker sind an all diese Formen der Förderung mehr oder weniger stark beteiligt. Im folgenden sind einige Beispiele für Forschungsverbünde aufgeführt, in denen die GDV starkes Gewicht hat.

Sonderforschungsbereich 1663: Modellbasierte Analyse und Visualisierung komplexer Szenen und Sensordaten, Universität Erlangen-Nürnberg
Der SFB 1663 untersucht im Zusammenspiel von Visualisierung und Sensordateninterpretation Grundlagenprobleme, die durch Fragestellungen in den Bereichen Technik und Medizin motiviert werden. Kernthemen sind modellbasierte Ansätze, Optimierungsverfahren, Auflösungshierarchien und Fusion von Sensordaten. Dabei arbeiten auf methodischer Seite Wissenschaftler mit den Schwerpunkten Mustererkennung, Nachrichtentechnik und GDV zusammen. Ziel ist die Entwicklung einer umfassenden, einheitlichen und praktisch erprobten Methodik für Analyse und Entwurf von Systemen, die Bilder, Sensordatensätze und Szenenbeschreibungen von realistischer Komplexität interpretieren und visualisieren. Projekte der Computergraphik betreffen u.a. Grundlagen und Einsatz von lichtfeldbasierten Bildsynthesemethoden und die Rekonstruktion glatter Flächen aus diskreten Daten.

Sonderforschungsbereich 382: Verfahren und Algorithmen zur Simulation physikalischer Prozesse auf Höchstleistungsrechnern, Universitäten Tübingen und Stuttgart

Ziel des SFBs ist die Entwicklung effizienter numerischer Methoden zu einer optimalen Nutzung verfügbarer Supercomputerleistung, um so Forschung von einer neuen Qualität für physikalische Problemstellungen zu ermöglichen. Dazu arbeiten Wissenschaftler aus den Bereichen Computational Physics, Numerische Mathematik und Informatik zusammen. Projektbereiche sind Teilchensimulation und Molekulardynamik, Geometrische Differentialgleichungen und numerische Relativitätstheorie, Numerische Methoden und skalierbare Algorithmen sowie Computergraphik und Visualisierung. Die Projekte der Computergraphik betreffen objektorientierte Graphik, interaktive parallele Visualisierung, Visualisierung vierdimensionaler gekrümmter Raumzeiten, hierarchische Visualisierungsverfahren und Volumenvisualisierung mit Hardware-Beschleunigung.

Schwerpunktprogramm 1041: Verteilte Verarbeitung und Vermittlung digitaler Dokumente (V3D2)

Das Schwerpunktprogramm umfaßt 23 Forschungsprojekte aus folgenden zentralen Themenbereichen:

1. Verwaltung und Vermittlung digitaler Dokumente;
2. Erstellung, Kompression und Datenübertragung;
3. Multimediale Lehr- und Lernsysteme;
4. Gemeinsame Forschung mit den Bibliotheken;
5. Neue Anwendungen und neue Nutzungsaspekte.

Der Schwerpunkt der GDV-Beteiligung liegt im zweiten Themenbereich. Projektthemen sind: robuste Übertragung und Darstellung von 3D-Modellen, chemische Visualisierungen im Internet: eingebettete dynamische und interaktive Hochleistungsgraphik in digitalen Dokumenten zur Visualisierung komplexer Sachverhalte, Modellierung von und Navigation in 3D-Dokumenten, Einbettung von digitalen Wasserzeichen in Text-, Bild- und Videodokumente, Entwicklung neuer Datenzugriffs-, Visualisierungs- und Aufbereitungstechniken zum Einsatz in digitalen Atlanten der Zukunft, Effiziente Speicherung, Kompression und Übertragung komplexer polygonaler 3D-Modelle, begehbare 3D-Szenen in digitalen Dokumenten: effiziente Repräsentation und Visualisierung durch geometriebasiertes Sampling der plenoptischen Funktion sowie Auffinden von 3D-Objekten in digitalen Archiven.

5.3 BMBF- und BMWi -Verbundprojekte

Zur Förderung der Zusammenarbeit der Forschungsinstitute mit der Industrie unterstützt das Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) Großprojekte auf dem Gebiet der Computergraphik. Im folgenden wird eine Reihe solcher Projekt beschrieben.

EMBASSI

EMBASSI ist ein Gemeinschaftsprojekt von 19 Partnern aus Industrie und Wissenschaft. Es beschäftigt sich mit der Entwicklung neuer Paradigmen und Architekturen für den Umgang mit technischer Infrastruktur des täglichen Lebens, wie z. B. Heimelektronik, Nutzerterminals und Verkehrslenkungssystemen.

EMBASSI möchte die Nutzbarkeit dieser Systeme erhöhen indem es qualifizierte Unterstützung, vielfältige Nutzung und menschenähnliche Nutzerschnittstellen in einem allgemeinen Kontext zur Verfügung stellt. Die technische Entwicklung in EMBASSI basiert auf einem zentralen Nutzerbezug und schließt die ergonomische und psychologische Forschung ein.

Das primäre Ziel ist es, ein »EMBASSI layer« zu entwickeln, welches zu nutzerbezogenen, ziel-orientierten Wechselwirkungen führt, dabei werden wissensbasierte Systeme der künstlichen Intelligenz und geräteorientierte Befehls- und Kontrollstrukturen verschmolzen. Die existierenden Netzwerkstandards HAVi, UpnP oder Konnex sollen dabei weiterentwickelt werden. Der »EMBASSI layer« erlaubt eine Vereinheitlichung des Nutzerinterfaces und soll eine natürliche und intuitive Arbeit ermöglichen und es dem Nutzer ersparen seine Handlungen in Gerätefunktionen umzusetzen.

WEB: www.embassi.de/

ARVIKA

Das ARVIKA Projekt soll Augmented-Reality-Technologien (AR) erforschen und entwickeln. Diese Technologien sollen die Entwicklung, Produktion und den Service für komplexe technische Produkte in nutzer- und anwendungsorientierter Weise unterstützen. Durch die optische Überlagerung realer und computer-generierter Objekte ist es für die Augmented Reality möglich, sich sehr realitätsnah zu verhalten.

Die Ideen des Projektes werden im Fahrzeug-, Flugzeug-, Maschinen- und Kraftwerksbau angewendet. All diese Bereiche sind von großer Bedeutung für die deutsche Wirtschaft. Die Möglichkeiten dieser Technologie sind

besonders für mittelständische Unternehmen vielversprechend. Durch die verbesserten Diagnose- und Servicemöglichkeiten wird ein flexibleres Handeln und Reagieren im globalen Wettbewerb möglich.

WEB: www.arvika.de

MAP

Die Arbeitsumgebung, besonders Computer-Arbeitsplätze haben sich dramatisch verändert. Während die Großrechner noch von Experten bedient werden mussten, hat sich die Situation in den 80er und 90er Jahren deutlich verändert, und heute werden die meisten Computer von Einzelpersonen benutzt. In Zukunft wird die direkte Nutzung des Computers verdrängt werden und an diese Stelle wird eine weitestgehend selbständige Erfüllung von Aufgaben treten. Der Computer wandelt sich vom Werkzeug zum Assistenten.

Diese neue Rolle des Computers steht im Mittelpunkt des MAP-Projekts. Zusammen mit neuen Arbeitsstrukturen, die zu einer erhöhten Mobilität der Tätigkeit führen, gilt es Aufgabenverteilung, Unterstützung für den Nutzer und die Einbeziehung mobiler Geräte und Netzwerke in den Computer zu integrieren. Ein Ziel des MAP-Projekts ist die Entwicklung eines Kern-Systems, das die Agenten-Technologie beinhaltet und darüber hinaus neue Mensch-Computer Wechselwirkungen, die Integration von Sicherheitsmechanismen, die Unterstützung mobiler Geräte und ein kontextsensitives Arbeiten vereint. Das MAP-Konsortium besteht aus 10 Industriepartnern, einschließlich SMEs und 6 Forschungseinrichtungen.

WEB: www.map21.de

- GI-FA 4.1: Graphische Datenverarbeitung: Encarnaçao, Straßer, Müller, Saupe
- GI-FG 4.1.1: Grundlagen und Systeme der Graphischen Datenverarbeitung: Wißkirchen, Fellner
- GI-FG 4.1.2: Imaging und Visualisierungstechniken: Müller
- GI-FG 4.1.3: Graphische Benutzungsoberflächen: Röhrich, Wüthrich
- GI-FG 4.1.4: Graphischen Simulation und Animation: Krömker, Deussen
- GI-FG 4.1.5: German Chapter of Eurographics: Encarnaçao, Fellner
- GI-FG 4.1.6: Geometrisches Modellieren: Roller

- Farin, Hagen, Nolte, Geometric Modeling, 01.-05.07. 1991
- Hagen, Müller, Nielson, Scientific Visualization, 26.-30.08.1991
- Strasser, Wahl, Graphics and Robotics, 19.-22.04.1993
- Farin, Hagen, Nolte, Geometric Modeling, 28.06.-02.07.1993
- Hagen, Müller, Nielson, Scientific Visualization, 23.-27.05.1994
- Encarnaçao, Foley, Hertwich, Fundamentals and Perspectives of Multimedia Systems, 04.-08.07.1994
- Brunet, Roller, Rossignac, CAD Tools for Products, 04.-08.09.1995
- Bieri, Brunnett, DeRose, Geometric Modeling, 27.-31.05.1996
- Hanrahan, Müller, Puech, Rendering, 10.-14.06.1996
- Hagen, Nielson, Post, Scientific Visualization, 09.-13.06.1997
- Gross, Müller, Schröder, Seidel, Hierarchical Methods in Computer Graphics, 25.-29.05.1998
- Brunet, Hoffmann, Roller, CAD Tools and Algorithms for Product Design, 15.-20.11.1998
- Bieri, Brunnett, Farin, Geometric Modeling, 16.-21.05.1999
- Bonneau, Nielson, Post, Scientific Visualization, 21.-26.05.2000
- Cohen, Müller, Puech, Seidel, Image Synthesis and Interactive 3D Graphics, 18.-23.06.2000
- Sbert, Purgathofer, Shirley, Stochastic Methods in Rendering, 10.-15.06.2001

Tab. 5:
GI-FA 4.1 und seine
Fachgruppen Bezeich-
nung und bisherige
Sprecher

Open SG

Nachdem die Kooperation von SGI und MicroSoft zur Definition des Plattform unabhängigen Scene-Graph API's Fahrenheit im Sommer 1999 ergebnislos beendet wurde, soll OpenSG diese Lücke schließen. Die Abteilung Visualisierung und Virtuelle Realität des Fraunhofer IGD beschloss ein solches Scene-Graph API zu implementieren. Dieses Interface soll den aktuellen und zukünftigen Anforderungen für VR-Anwendungen gerecht werden. Das schließt eine leicht nutzbare Unterstützung für verteilte Anwendungen und Multiprozessorsysteme, eine leichte Erweiterbarkeit und eine leichte Anpassbarkeit an die sich entwickelnde Graphik-Hardware ein.

Das Projekt wurde als Open Source Entwicklung organisiert. Damit ist es jedem Nutzer möglich, die Quelltexte zu nutzen, zu erweitern und selbst zur Entwicklung beizutragen. Um die Entwicklung entsprechend der Nutzerwünsche zu steuern und um eine finanzielle Basis für eine kontinuierliche Entwicklung zu ermöglichen, wurde im Januar des Jahres 2000 das OpenSG Forum gegründet. Das Forum ist ein Zusammenschluss von Firmen und Organisationen, die die OpenSG Initiative unterstützen und leiten, es besteht aus ca 20 Mitgliedern aus Industrie, Forschung und Wissenschaft. Um die Nutzung von OpenSG im akademischen Bereich zu fördern und schnell neue Forschungsergebnisse zu integrieren wurde das OpenSG PLUS Projekt ins Leben gerufen.

Tab. 6:
Dagstuhl-Seminare
zur Graphischen
Datenverarbeitung

Das Projekt vereint einen großen Anteil der deutschen Forschergemeinschaft auf dem Gebiet der Computergraphik und teilt sich in die Gebiete:

- *Low-level: Hardware-Unterstützung;*
- *Große Szenen: Methoden um große Szenen darzustellen;*
- *Objekte hoher Abstraktion: Methoden zur Unterstützung von Objekten höherer Ordnung, wie NURBS-Flächen, subdivision surfaces und Volumendaten;*
- *Schattierung: Methoden zur Unterstützung komplexer Beleuchtungs- und Reflexionsmodelle wie BRDFs.*

Die Ergebnisse dieser Bemühungen werden während der jährlichen OpenSG-Arbeitstagungen vorgestellt, zusammen mit anderen Arbeiten im Zusammenhang mit OpenSG.

WEB: www.opensg.org

6. Der GI-Fachausschuss 4.1 (Graphische Datenverarbeitung)

Zielsetzung und Aufgabenbereich des GI-FA 4.1 sind die Gemeinschaft der Fachexperten für GDV zu vereinigen, ein Forum für Fachdiskussionen auf Expertenebene zu schaffen und die Aktivitäten in Deutschland nach Möglichkeit zu koordinieren. Am 11.11.1982 hat der Fachbereich 4 der GI die Gründung des GI-FA 4.1 beschlossen. Die Gründung erfolgte am 18.02.1983 in Darmstadt. Gründungssprecher und Sprecher über zehn Jahre war J. L. Encarnação. Ihm folgten W. Straßer, H. Müller und D. Saupe.

Ausgehend von zwei Fachgruppen und einem Arbeitskreis hat der GI-FA 4.1 inzwischen sechs Fachgruppen, die in Tabelle 5 zusammengestellt sind. Dem GI-FA 4.1 gehören u.a. die praktisch alle Hochschullehrer der GDV an Universitäten sowie einige aus Fachhochschulen in Deutschland an.

Die Arbeit der Fachgruppen wird ganz wesentlich durch Tagungen sichtbar, die von ihnen initiiert beziehungsweise unterstützt werden. Neben einer großen Anzahl von Veranstaltungen zu einzelnen Themen, die über die Jahre stattgefunden haben, haben sich erfolgreiche Tagungsserien entwickelt: die Workshopserie »Bildverarbeitung in der Medizin«, die 1993 begann und nun zusammen mit der GMDS durchgeführt wird sowie die Tagungsserie »Sichtsysteme«, die vor über 10 Jahren von der GI-FG 4.1.4 ins Leben gerufen wurde. Aus dem Sonderforschungsbereich 1663 der Universität Erlangen-Nürnberg ist die Workshop-Reihe »Vision, Modeling, and Visualization (VMV)« hervorgegangen, die von der GI-FG 4.1.2 unterstützt wird und die sich inzwischen zu einer internationalen Tagungsserie entwickelt hat.

Im Rahmen der GI-Arbeit sind auch die Dagstuhl-Seminare angesiedelt. Das Internationale Begegnungs- und Forschungszentrum Schloss Dagstuhl bietet eine Plattform für internationale Forschungsseminare hohen Rangs nach dem Vorbild von Oberwolfach in der Mathematik. Die graphische Datenverarbeitung spielt dort eine bedeutende Rolle. Es finden unter anderem regelmäßig Seminare zu den Themen Geometric Modeling, Scientific Visualization und Rendering mit wechselnder Schwerpunktsetzung statt.

Tabelle 6 zeigt eine Liste der bisherigen Seminare.

7. Schluss

Wie diese Übersicht zeigt, hat sich die graphische Datenverarbeitung in Deutschland als eigenständiges, sehr aktives Forschungs- und Lehrgebiet mit internationaler Ausrichtung etabliert. Die Darstellung der Entwicklung kann nur als ein erster Versuch bezeichnet werden. Es müßte sehr viel mehr Zeit und Platz investiert werden, um allem, was in der Vergangenheit geleistet wurde, Rechnung zu tragen. Insbesondere wäre es auch interessant, die jetzt ausgeschlossenen benachbarten Gebiete und der Einfluss auf die Entwicklung etwas genauer zu beleuchten. Dennoch glauben wir, dass diese Darstellung der jungen Generation von Computergraphikern, die die Entstehung nicht miterlebt haben, etwas Einblick über die Entwicklung ihres Gebiets auch aus deutscher Sicht geben kann.

Danksagungen

Für die Übersetzung von ursprünglich englischsprachigen Textteilen danken wir Jens-Peer Kuska. Kapitel 5 basiert auf den Beitrag »Saupe, D., Alexa, M.: Computer Graphics in Germany, ACM SIGGRAPH Computer Graphics, August 2001, zu dem Mark Alexa insbesondere die Übersicht zu den Großprojekten beigetragen hat.

Anhang

Universitätsprofessoren

1972

J. L. Encarnação
Assistenzprofessur, Universität des Saarlandes,
Saarbrücken

1975

J. L. Encarnação
Lehrstuhl für graphisch-interaktive Systeme,
Fachbereich Informatik, TH Darmstadt

Heinz U. Lemke

Professur für graphische Datenverarbeitung,
Fakultät für Elektrotechnik und Informatik,
TU Berlin

1978

Wolfgang Straßer
Professur für Praktische Informatik,
Fachbereich Informatik, TH Darmstadt

1986

Hans Hagen
Professur für Computergraphik,
TU Braunschweig

Wolfgang Straßer

Lehrstuhl für Graphisch-Interaktive Systeme
im Wilhelm-Schickard-Institut für Informatik,
Universität Tübingen

1987

J. L. Encarnação
Fraunhofer-Arbeitsgruppe Graphische
Datenverarbeitung, Darmstadt

1988

Hans Hagen
Lehrstuhl für graphische Datenverarbeitung und
Computergeometrie, Universität Kaiserslautern

Heinrich Müller

Professur für Praktische Informatik mit dem
Schwerpunkt Graphische Datenverarbeitung,
Universität Freiburg

1990

Hartmut Prautzsch
Professur für Algorithmen der Rechnergraphik
am Institut für Betriebs- und Dialogsysteme,
Abteilung für graphisch-geometrische
Datenverarbeitung, Universität Karlsruhe

1992

J. L. Encarnação
Fraunhofer-Institut für Graphische
Datenverarbeitung, Darmstadt

Dieter Fellner
Professur für Computergraphik,
Universität Bonn

Heinrich Müller
Lehrstuhl »Graphische Systeme«,
Universität Dortmund

Hans-Otto Peitgen
CeVis – Center for Complex Systems and
Visualization, Fachbereich 3,
Universität Bremen

Dieter Roller
Lehrstuhl »Graphische Ingenieursysteme«,
Universität Stuttgart

Heidi Schumann
Lehrstuhl Computergraphik,
Universität Rostock

Hans-Peter-Seidel
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung,
Technische Fakultät,
Universität Erlangen-Nürnberg

1993

Guido Brunnett
Professur für CAD und Algorithmische Geometrie,
Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern

Gitta Domik
Professur für Computergrafik, Visualisierung
und Bildverarbeitung, UGH Paderborn

Dietmar Saupe
Professur für Praktische Informatik mit dem
Schwerpunkt Graphische Datenverarbeitung,
Universität Freiburg

Thomas Strothotte
Professur für Computergraphik und interaktive
Systeme, TU Magdeburg

1994

Markus Groß
Professor und Direktor des Computer Graphics
Laboratory am Departement,
Informatik der Universität Zürich

Thomas Ertl
Professur für Visualisierung,
Universität Erlangen-Nürnberg

Dietmar Jackel
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung,
Universität Rostock

Franz-Erich Wolter
Professur für Angewandte Mathematik (CAD),
Universität Hamburg

Charles Wüthrich
Lehrstuhl Graphische Datenverarbeitung,
Bauhaus-Universität Weimar

1995

Franz-Erich Wolter
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung,
TU Hannover

1996

Beat Brüderlin
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung,
TU Ilmenau

Hans-Otto Peitgen
MeVis: Center for Medical Diagnostic Systems
and Visualization an der Universität Bremen

Martin Rumpf
Professor für Numerische Mathematik
an der Universität Bonn

1998

Dieter Fellner
Lehrstuhl für Computergraphik,
Universität Braunschweig

Dietmar Saupe
Professur für Bildverarbeitung und
Computergrafik, Leipzig

1999

Guido Brunnett
Professur für Graphische Datenverarbeitung
und Visualisierung,
Fakultät für Informatik, TU Chemnitz

Thomas Ertl
Professur für Praktische Informatik,
Visualisierung und interaktive Systeme (VIS),
Universität Stuttgart

Hans Hagen
Wissenschaftlicher Direktor am DFKI,
Abteilung Intelligente Visualisierung
und Simulation, Kaiserslautern

Reinhard Klein
Professur »Graphische Datenverarbeitung«
an der TU Darmstadt
verbunden mit einer Abteilungsleitung
»Animation und Bildkommunikation« im
Fraunhofer Institut für Graphische
Datenverarbeitung (IGD)

Leif Kobbelt
Forschungsgruppenleiter »Geometrische
Modellierung« am Max-Planck-Institut
für Informatik, Saarbrücken

Detlef Krömker
Professur für Graphische Datenverarbeitung,
Fachbereich Biologie und Informatik,
Johann Wolfgang Goethe-Universität,
Frankfurt am Main,
und Fraunhofer-Anwendungszentrum
Computergraphik in Chemie und Pharmazie,
Frankfurt am Main

Hans-Peter Seidel
Direktor der Hauptabteilung Computergraphik am
Max-Planck-Institut für Informatik, Saarbrücken

Philipp Slusallek
Professur für Computergraphik,
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Thomas Vetter
Professur für Graphische Datenverarbeitung,
Universität Freiburg

2000

Oliver Deussen
Professur für Computergraphik und Mediendesign,
TU Dresden

Günther Greiner
Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung,
Technische Fakultät, Universität Erlangen-Nürnberg

Daniel Keim
Lehrstuhl für Informationsverarbeitung,
Schwerpunkt Visualisierung und Data Mining,
Universität Konstanz

Reinhard Klein
Lehrstuhl für »Computer Graphik/Praktische
Informatik«, Rheinische Friedrich Wilhelm
Universität, Bonn

Philipp Slusallek
Lehrstuhl für Computergraphik,
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Rüdiger Westermann
Professor für wissenschaftliche Visualisierung
und Imaging, RWTH Aachen



2001

Bernd Fröhlich
Lehrstuhl für Systeme der Virtuellen Realität,
Bauhaus-Universität Weimar

Leif Kobbelt
Lehrstuhl für »Computergraphik und Multimedia«,
RWTH Aachen

Martin Rumpf
Lehrstuhl Numerische Mathematik und
Wissenschaftliches Rechnen,
Universität Duisburg

Andreas Weber
Professur für Angewandte Informatik
mit Schwerpunkt Multimedia,
Universität Bonn

SIGGRAPH-Beiträge mit Autoren aus Deutschland

- 1975
W. K. Giloi (Berlin): On high-level programming systems for structured display programming.
- 1978
Gerd Wötzel (GMD St. Augustin): A fast and economic scan-to-line-conversion algorithm.
- 1980
J. L. Encarnação (TU Darmstadt), G. Enderle (KFZ Karlsruhe), E.G. Schlechtendahl (KFZ Karlsruhe), K. Kansy (GMD St. Augustin), P. Wißkirchen (GMD Sankt Augustin), G. Nees, J. Weiss: The workstation concept of GKS and the resulting conceptual differences to the GSPC Core System.
- 1982
D.S.H. Rosenthal, G. Pfaff (TU Darmstadt): The detected semantics of graphics input devices.
- 1988
W. Krüger (Berlin): Intensity fluctuations and material texturing.
- 1991
A. Schilling (U Tübingen): A new, simple and efficient anti-aliasing with subpixel masks.
- 1993
A. Schilling, W. Straßer (U Tübingen): EXACT: Algorithm and hardware architecture for an improved A-buffer.
- P. Hanrahan, W. Krüger (GMD St. Augustin): Rejection from layered surfaces due to subsurface scattering.
- 1995
G. Sakas, S. Walter (FhG IGD Darmstadt): Extracting surfaces from fuzzy 3D-ultrasound data.
- D. Stalling, H.-C. Hege (Zuse-Zentrum Berlin): Fast and resolution-independent line integral convolution.
- 1997
A. Keller (U Kaiserslautern), Instant Radiosity
- M. Agrawal, B. Fröhlich (GMD St. Augustin), P. Hanrahan: The two-user responsive workbench: support for collaboration through independent views of a shared space.
- 1998
L. Kobbelt, S. Campagna, J. Vorsatz, H.-P. Seidel (U Erlangen): Interactive multi-resolution modeling on arbitrary meshes.
- S. Gumhold, W. Straßer (U Tübingen): Real-time compression of triangle mesh connectivity.
- R. Westermann, T. Ertl (U Erlangen): Efficiently using graphics hardware to volume rendering approaches.
- O. Deussen (TU Magdeburg), P. Hanrahan, B. Lintermann (U Karlsruhe): Realistic modeling and rendering of plant ecosystems.

1999

W. Heidrich, H.-P. Seidel (U Erlangen): Realistic, hardware accelerated shading and lighting.

V. Blanz, T. Vetter (MPI Tübingen): A morphologic model for the synthesis of 3D-faces.

2000

M. Alexa (IGD Darmstadt), D. Cohen-Or, D. Levin: As-rigid-as possible shape interpolation.

O. Deussen (TU Magdeburg), T. Strothotte (TU Magdeburg): Computer-generated pen-and-ink illustration of trees.

L. Kobbelt (MPI Saarbrücken), sqrt(3) Subdivision
W. Heidrich (MPI Saarbrücken), K. Daubert (MPI Saarbrücken), H.-P. Seidel (MPI Saarbrücken): Illuminating Micro Geometry Based on Pre-Computed Visibility.

2001

L. Kobbelt (RWTH Aachen), M. Botsch, U. Schwanecke, H.-P. Seidel (MPI Saarbrücken): Feature sensitive surface extraction from volume data.

K. Myszkowski (MPI Saarbrücken) T. Taware, H. Akamine, H.-P. Seidel (MPI Saarbrücken): Perception-guided illumination solution for animation rendering.

M. Wand, M. Fischer, J. Peter (U Tübingen), F. Meyer auf der Heide (UGH Paderborn), W. Straßer (U Tübingen): The randomized z-buffer algorithm: interactive rendering of highly complex scenes.

Beiträge deutscher Wissenschaftler in IEEE Computer Graphics & Applications

1984

M. E. Mehl, S.J. Noll:
A VLSI support for GKS,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.4, no.8,
Aug. 1984, pp. 52-5, USA.

1986

M. Göbel, D. Krömker:
A multi-microprocessor GKS workstation,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.6, no.7,
July 1986, pp. 54-60.

J. Schönhut:

Are PHIGS and GKS necessarily incompatible?
(graphics standards),
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.6, no.7,
July 1986, pp. 51.

1987

H. Grabowski, R. Glatz:
IGES Model Comparison Systems: a tool for testing
and validating IGES processes,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.7, no.11,
Nov. 1987, pp. 47-57.

1988

J. Raczkowski, K. H. Mittenbühler:
Simulation of cameras in robot applications,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.9, no.1,
Jan. 1989, pp. 16-25.

1990

U. Tiede, K. H. Höhne, M. Bomans, A. Pommert,
M. Riemer, G. Wiebecke:
Investigation of medical 3D-rendering algorithms,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.10, no.2,
March 1990, pp. 41-53.

L. Adams, W. Krybus, D. Meyer-Ebrecht, R. Rueger,
J. M. Gilsbach, R. Mösges, G. Schlöndorff:
Computer-assisted surgery,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.10, no.3,
May 1990, pp. 43-51.

1991

H.-P. Meinzer, K. Meetz, D. Scheppelmann,
U. Engelmann, H. J. Baur:
The Heidelberg ray tracing model.

1992

K.H. Hohne, M. Bomans, M. Riemer, R. Schubert,
U. Tiede, W. Lierse:
A volume-based anatomical atlas,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.12, no.4,
July 1992, pp. 72.

H. Hagen, S. Hahmann, T. Schreiber, Y. Nakajima,
B. Wordenweber, P. Hollemann-Grundstedt:
Surface interrogation algorithms,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.12, no.5,
Sept. 1992, pp. 53-60.

1993

H.-P. Seidel:
An introduction to polar forms,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.13, no.1,
Jan. 1993, pp. 38-46.

W.-F. Riekert:
Extracting area objects from raster image data,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.13, no.2,
March 1993, pp. 68-73.

R. Denzer:
Graphics for environmental decision making,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.13, no.2,
March 1993, pp. 58-64.

J.-P. Muller, P. Eales, T. Day, L. Kellgren, A. Mandanayake,
A. Newton, D. Rees, S. Richards, K. Tildsley, G.
Schreier, H. Craubner, H. Hoffmann, R. Meisner, P.
Schickl, A. Schnagl:
Global change video: visualization freeze-frames,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.13, no.3,
May 1993, pp. 11-13.

M. Jager, U. Osterfeld, H.-J. Ackermann, C. Hornung:
Building a multimedia ISDN PC,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.13, no.5,
Sept. 1993, pp. 24-33.

1994

J. L. Encarnação, M. Gobel, L. Rosenblum:
European activities in virtual reality,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.14, no.1,
Jan. 1994, pp. 66-74.

G. Greiner, H.-P. Seidel:
Modeling with triangular B-splines,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.14, no.2,
March 1994, pp. 56-60.

J. L. Encarnação, J. Foley, S. Bryson, S. K. Feiner,
N. Gershon:
Research issues in perception and user interfaces,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.14, no.2,
March 1994, pp. 67-9.

G. M. Nielson, P. Brunet, M. Gross, H. Hagen,
S. V. Klimenko:
Research issues in data modeling for scientific
visualization,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.14, no.2,
March 1994, pp. 70-3.

W. Krüger, B. Fröhlich:
The Responsive Workbench (virtual work environ-
ment),
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.14, no.3,
May 1994, pp. 12-15.

D. A. Keim, H.-P. Kriegel:
VisDB: database exploration using multidimensional
visualization,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.14, no.5,
Sept. 1994, pp. 40-9.

1995

D. Ruprecht, H. Müller:
Image warping with scattered data interpolation,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.15, no.2,
March 1995, pp. 37-43.

G. Sakas, L.-A. Schreyer, M. Grimm:
Preprocessing and volume rendering of 3D ultrasonic
data,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.15, no.4,
July 1995, pp. 47-54.

X. Sheng, I. R. Meier:
Generating topological structures for surface models,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.15, no.6,
Nov. 1995, pp. 35-41.

1996

A. Wahle, H. Oswald, E. Fleck:
3D heart-vessel reconstruction from biplane angiograms,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.16, no.1,
Jan. 1996, pp. 65-73.

M. Göbel:
Projects in VR: industrial applications of VEs,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.16, no.1,
Jan. 1996, pp. 10-13.

U. Tiede, T. Schiemann, K. H. Hohne:
Visualization blackboard: visualizing the visible human,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.16, no.1,
Jan. 1996, pp. 7-9.

A. Schilling, G. Knittel, W. Straßer:
Texram: a smart memory for texturing,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.16, no.3,
May 1996, pp. 32-41.

B. Eberhardt, A. Weber, W. Straßer:
A fast, flexible, particle-system model for cloth
draping,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.16, no.5,
Sept. 1996, pp. 52-9.

1997

M. R. Macedonia, S. Noll:
A transatlantic research and development environment
3D virtual graphics,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.17, no.2,
March-April 1997, pp. 76-82.

G. Wesche, J. Wind, M. Göbel, L. Rosenblum,
J. Durbin, R. Doyle, D. Tate, R. King, B. Frohlich,
M. Fischer, M. Agrawala, A. Beers, P. Hanrahan,
S. Bryson:
Applications of the Responsive Workbench,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.17, no.4,
July-Aug. 1997, pp. 10-15.

H. Theisel, G. Farin:
The curvature of characteristic curves on surfaces,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.17, no.6,
Nov.-Dec. 1997, pp. 88-96.

1998

P. Slusallek, M. Stamminger, W. Heidrich, J.-C. Popp,
H.-P. Seidel:
Composite lighting simulations with lighting networks,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.18, no.2,
March-April 1998, pp. 22-31.

S. Kuschfeldt, M. Holzner, O. Sommer, T. Ertl:
Efficient visualization of crash-worthiness simulations,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.18, no.4,
July-Aug. 1998, pp. 60.

M. Schütz, T. Reuding, T. Ertl:
Analyzing engineering simulations in a virtual environ-
ment,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.18, no.6,
Nov.-Dec. 1998, pp. 46-52.

1999

B. Lintermann, O. Deussen:
Interactive modeling of plants,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.19, no.1,
Jan.-Feb. 1999, pp. 56-65, Publisher: IEEE, USA.

O. Benedens:
Geometry-based watermarking of 3D models,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.19, no.1,
Jan.-Feb. 1999, pp. 46-55.

C. Busch, W. Funk, S. Wolthusen:
Digital watermarking: from concepts to real-time video
applications,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.19, no.1,
Jan.-Feb. 1999, pp. 25-35.

A. Hinneburg, D. A. Keim, M. Wawryniuk:
HD-Eye: visual mining of high-dimensional data,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.19, no.5,
Sept.-Oct. 1999, pp. 22-31.

J. R. Brown, A. van Dam, R. Earnshaw, J. L. Encarnação,
R. Guedj, J. Preece, B. Shneiderman, J. Vince:
Human-centered computing, online communities, and
virtual environments,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.19, no.6,
Nov.-Dec. 1999, pp. 70.

2000

J. L. Encarnação:
Computer graphics in Europe,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.20, no.1,
Jan.-Feb. 2000, pp. 62.

E. Berndt, J. Carlos:
Cultural heritage in the mature era of computer
graphics,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.20, no.1,
Jan.-Feb. 2000, pp. 36.

R. Schubert:
Using a flatbed scanner as a stereoscopic near-field
camera,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.20, no.2,
March-April 2000, pp. 38-45.

B. Fröhlich, J. Plate, J. Wind, G. Wesche, M. Göbel:
Cubic-Mouse-based interaction in virtual environ-
ments,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.20, no.4,
July-Aug. 2000, pp. 12-15, Publisher: IEEE, USA.

L. M. Encarnação, R. J. III. Barton, O. Bimber,
D. Schmalstieg:
Walk-up VR: virtual reality beyond projection screens,
IEEE Computer Graphics & Applications, vol.20, no.6,
Nov.-Dec. 2000, pp. 19-23, Publisher: IEEE, USA.