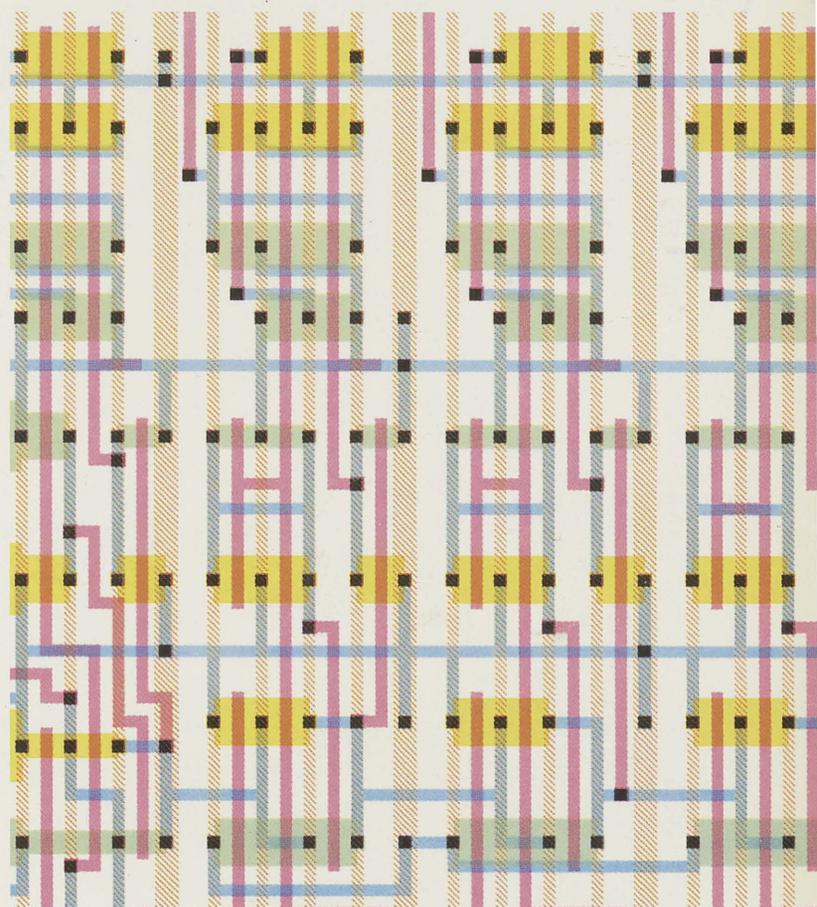


1408

A 355

Wissenschaftsmagazin der
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Forschung Frankfurt



Interdisziplinäre Archäologie: Pliska – Machtzentrum zwischen Byzanz und Abendland ▶ „wir“ und „sie“ – Bilder von Fremden im Schulbuch ▶ Made in Frankfurt: Mit Insekten dem Täter auf der Spur ▶ Neue Impulse für die Frankfurter Informatik: Bioinformatik und andere Zukunftsprojekte ▶ Suche nach dem kürzesten Weg: Anwendungen und Algorithmen ▶ Software entwirft Hardware: Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf mikroelektronischer Systeme ▶ Vernetzung – Quo(S) vadis? Der Kunde will mehr als nur „Best Effort“ ▶ Mehr sehen – sicherer wissen – überzeugender gestalten: Die 3D-Computergrafik erobert den wissenschaftlichen Alltag

Bürger und Unternehmen

schufen in Frankfurt am Main

die erste deutsche Stiftungsuniversität.

Bürger und Unternehmen

sind seit **1914** der Universität

verbunden. Fördern Sie Forschungsprojekte,

Nachwuchswissenschaftler und die

Verbindung der **Universität**

zu Stadt und Region.

Werden Sie **Mitglied** in der

Vereinigung von **Freunden** und Förderern

der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Frankfurt am Main e.V.

Über das Angebot für die
Freunde und Förderer informiert Sie
Sylvie von Ziegesar
Telefon 069/798-23935
Fax 069/798-28064
eMail freunde@vff.uni-frankfurt.de

Interdisziplinäre Archäologie



Pliska – Machtzentrum zwischen Byzanz und Abendland

6

Pliska im Nordosten Bulgariens war im 8. und 9. Jahrhundert Hauptstadt des frühmittelalterlichen Bulgarenreichs. Gehütet als nationales Erbe und identifikationsstiftender Ort auch für andere Länder aus dem slawisch-orthodoxen Kulturkreis des „Dritten Rom“ war Pliska bis vor kurzem für westeuropäische Archäologen eine „verbotene Stadt“. Das änderte sich durch eine Forschungskoooperation zwischen bulgarischen und Frankfurter Forschern in den vergangenen vier Jahren. Nachdem Pliska nun mit den Mitteln der interdisziplinären Großflä-

chenarchäologie untersucht wird, scheint die Geschichte dieser Stadt, die im 8. Jahrhundert gegründet wurde und sich im 11. Jahrhundert über 23 Quadratkilometer ausdehnte, neu geschrieben werden zu müssen: Offensichtlich ist der byzantinische Einfluss auf diese gigantische Stadtanlage deutlich größer als früher angenommen. Der Archäologe *Joachim Henning* berichtet über die neuesten Funde, die durch das Zusammenwirken von Archäologie und Naturwissenschaften gewonnen werden konnten.

Erziehung und Migration



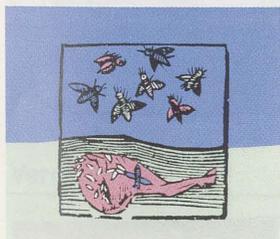
„wir“ und „sie“ – Bilder von Fremden im Schulbuch

16

„Ausländerkinder sitzen zwischen zwei Stühlen“. Ein Bild, das sich im Alltagsgebrauch ebenso wie im Schulbuch entdecken lässt. In Frankfurt untersuchen der Erziehungswissenschaftler *Frank-Olaf Radtke* und seine beiden Mitarbeiter *Thomas Höhne* und *Thomas Kunz*, was es mit diesen Bildern von Fremden auf sich hat. Sie konzentrieren sich hierbei auf deutschsprachige Sach- und Sozialkundebücher aus den Jahren 1981 bis 1997. Das von der Volkswagen-Stiftung geförderte Projekt beschreibt auf Grund seiner diskursanalytischen Ausrichtung in der Schulbuchforschung neue Wege: Die konstruktivistische Perspektive fokussiert ihre Fra-

gen darauf, festzustellen, welche Bilder von Fremden überhaupt in Schulbüchern zu finden sind und nicht und welches die Richtigen wären. Dabei nahmen die Forscher die Interkulturelle Pädagogik, deren Ziel die Erziehung zu Toleranz ist und die in den neunziger Jahren Eingang in Schulbücher gefunden hat, besonders unter die Lupe. Die Thematisierung kultureller Differenz kann sich nicht aus einem Paradox lösen: die Darstellung von Fremden greift auf signifikante Zeichen zu deren Charakterisierung zurück und reproduziert so – trotz aller guten Absichten – gerade jene Stereotypen, zu deren Abbau sie eigentlich angetreten ist.

Forensische Entomologie



Made in Frankfurt
Mit Insekten dem Täter auf der Spur

26

Insekten stellen mit über einer Million beschriebener Arten nicht nur die größte Tiergruppe auf unserem Planeten dar, sondern zeigen auch die größte Vielfalt an Lebensformen. Sie nutzen praktisch jedes Substrat als Nahrung und leben faktisch überall. Ihr Lebensraum reicht von Pilzfruchtkörpern über Blütenköpfe bis hin zu Leichen. Eine Leiche ist aus der Sicht eines Forensischen Entomologen daher auch nichts anderes als ein sich rasch ändernder Lebensraum

mit einer Besiedlungsabfolge (Sukzession) entsprechend spezialisierter Insekten. Über die zahlreichen Möglichkeiten, die sich daraus für die Kriminalistik und Rechtsmedizin ergeben, berichten *Jens Amendt*, *Roman Krettek*, *Constanze Niess*, *Richard Zehner* und *Hansjürgen Bratzke*, Mitarbeiter des Forschungsprojekts „Forensische Entomologie“ des Forschungsinstituts Senckenberg und des Zentrums der Rechtsmedizin der Goethe-Universität.

Arthur Andersen



Partner für den Aufbruch zu neuen Ufern

Berlin · Dresden · Düsseldorf
Eschborn/Frankfurt/M. · Hamburg · Hannover
Köln · Leipzig · München · Stuttgart

Informationen im Internet:
<http://www.arthurandersen.de>

Alles verändert sich. Altgewohntes verliert an Zugkraft, Neues ist mit tausend Unsicherheiten verbunden. Was tun?

Fest steht nur eines: Wenn ein Unternehmen sich nicht mitbewegt, wenn es nicht Neues wagt, dann stehen die Zeichen nicht gut für seine Zukunft.

Wer seine Lage klären, seinen Standort bestimmen, auf die Suche nach neuen Märkten und Möglichkeiten gehen will, braucht dafür qualifizierte Partner.

Partner, die Klarheit schaffen, die die Wahrheit sagen und einen Blick für die Chancen, für das Bessere und das Neue haben. Partner, die den unternehmerischen Erfolg ihrer Auftraggeber an die Spitze aller Analysen und Maßnahmen stellen.

Solch ein Partner ist Arthur Andersen. Weltweit und in Deutschland eine führende Adresse in den Bereichen Prüfung & Risikomanagement, Steuern & Recht, Corporate Finance & Real Estate und Management Beratung. Und im bereichsübergreifenden Einsatz dieser Kompetenzzentren.

Der Weg zur Erfolgspartnerschaft

Arthur Andersen ist immer darauf bedacht, zu den Besten der Branche zu gehören – und offen für neue Partner.

Ist Topleistung und Erfolg auch schon während Ihres Studiums für Sie ein zentrales Thema? Sind Sie bereit zur Erfolgspartnerschaft – mit unseren Mandanten, mit Ihren Team-Kollegen bei Arthur Andersen?

Unsere Spezialisten sind ausgewiesene Partner für den Aufbruch zu neuen Ufern. Sie wollen den Erfolg ihrer Mandanten. So trainieren wir sie und so steuern wir ihren Einsatz – lokal und global.

Wer die „Arthur Andersen Schule“ absolviert hat, ist auf Partnerschaft eingestellt: durch die Qualifikationen, die hier erworben und trainiert werden. Und durch die Motivation, die ein Kennzeichen unserer Arbeit quer durch alle Bereiche und Länder ist.



Dann möchten wir Sie gerne näher kennenlernen: Beschreiben Sie uns Ihre bisherigen Erfolgspartnerschaften.

ARTHUR ANDERSEN
z.H. Herrn Andreas C. Köchling
Mergenthalerallee 10 – 12
65760 Eschborn/Frankfurt/M.
Telefon: (06196) 997-799
E-mail: andreas.c.koechling@de.arthurandersen.com

...where people make the difference

Informatik

35



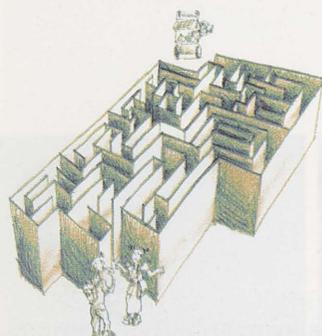
Neue Impulse für die Frankfurter Informatik: Bioinformatik und andere Zukunftsprojekte

Informatik liegt im Trend, das beweisen auch die stetig steigenden Studentenzahlen an der Goethe-Universität: Im vergangenen Wintersemester haben 229 Studierende ihr Studium begonnen, das sind fast doppelt so viele wie vor zwei Jahren. Wie der kleine Fachbereich diesen Ansturm bewältigt und was er für inhaltliche Akzente setzt, darüber

sprach *Ulrike Jaspers* mit dem Dekan *Wolfgang Kunz*. Zur Profilbildung der Informatik gehört neben der Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung auch der neue Studiengang Bioinformatik, der die Zusammenarbeit der Informatiker mit den Biowissenschaftlern an der Universität stärken wird.

Berechnung kürzester Wege

38



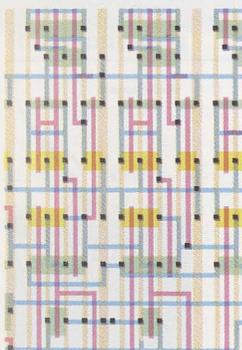
Suche nach dem kürzesten Weg: Anwendungen und Algorithmen

Menschen und Rechner haben gemeinsam, dass sie Algorithmen befolgen. Ein Algorithmus ist ein präzise formuliertes Verfahren, das über einfache Einzelschritte zu einem bestimmten Ziel führt. Der Algorithmus kann in einem Kochrezept, einer Bauanleitung oder der Beschreibung eines komplexen technischen Verfahrens festgelegt sein. Der Frankfurter Informatiker *Torben Hagerup* forscht an

Algorithmen zur Berechnung kürzester Wege zwischen zwei Punkten. Dabei können die Punkte, Wege und Weglängen abstrakte Modelle sein, wodurch das Problem erheblich an Bedeutung gewinnt. Anwendungen von Algorithmen zur Berechnung kürzester Wege reichen von der Produktionsplanung über den Entwurf integrierter Schaltungen bis hin zur DNS-Analyse.

Mikroelektronik

45



Software entwirft Hardware Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf mikroelektronischer Systeme

Immer kürzere Produktzyklen für mikroelektronische Systeme erfordern neue Techniken sowohl bei der Fabrikation als auch dem Entwurf der Hardware. Die Kostensenkung bei der Herstellung reicht für den wirtschaftlichen Erfolg eines mikroelektronischen Produktes nicht aus. Auch die Entwurfsarbeiten müssen zunehmend ökonomisch optimiert werden. Dabei helfen dem Entwickler komplexer Schaltungen moderne rechnergestützte CAD-Werkzeuge (Compu-

ter-Aided-Design). CAD-Werkzeuge für die Mikroelektronik erzeugen aus einer abstrakten Schaltungsbeschreibung automatisch alle für die Herstellung erforderlichen Daten. Dazu müssen allerdings komplexe algorithmische Probleme gelöst werden, für die die Informatik bislang keine allgemein praktikablen Lösungen kennt. Diese Problemstellungen sind deshalb Gegenstand intensiver Forschung, wie *Wolfgang Kunz* vom Fachbereich Informatik berichtet.

Vernetzung

53



Vernetzung – Quo(S) vadis? Der Kunde will mehr als nur „Best Effort“

Im Zuge der allgemeinen Verfügbarkeit und Nutzung vernetzter Systeme stellt sich für viele Anwender nicht nur die Frage danach, ob ein Dienst erbracht wird, sondern vermehrt auch, wie der Dienst erbracht wird. Dabei berührt die Betrachtung der Qualität eines elektronischen Dienstes Faktoren wie Zuverlässigkeit, Antwortzeit oder Sicherheitsniveau. Dienstgüte-Aspekte und deren Durchsetzung sind für viele Anwendungen im e-Commerce, Workflow-Management und auch in der betrieblichen Standardsoftware wichtig und notwendig. Jedoch gibt es in den heute gebräuchlichen Netzen kaum Möglichkeiten, Qualitätsgarantien für die Datenüber-

tragung zu geben, wie die Informatiker *Kurt Geihs* und *Christian Becker* berichten. Beispielsweise arbeitet das Internet bis heute in einem Best-Effort-Modus; erst seit kurzem werden verbesserte Internet-Kommunikationsprotokolle diskutiert, mit denen eine Differenzierung der Datenströme möglich wird. Im Projekt „Service Management in offenen verteilten Systemen“, einem Teilprojekt des Sonderforschungsbereichs „Vernetzung als Wettbewerbsfaktor am Beispiel der Region Rhein-Main“, wird ein generischer Ansatz für die Integration von Qualitätssicherungen in verteilte Anwendungsprogramme erforscht und erprobt.

Arthur Andersen

Informatik

...Informatik und andere Zukunftsprojekte für die Frankfurter Informatik

An unserer Forschung und Entwicklung hängt eine ganze Menge.



Die meisten unserer innovativen Produkte sieht man nicht. Trotzdem spielen sie eine wichtige Rolle im Leben.

Sie geben Kunststoffen Elastizität, Textilien Isolationsfähigkeit und Schnüren Reißfestigkeit.

Und sind überall dort unentbehrlich, wo Menschen und Materialien extremen Bedingungen ausgesetzt werden. Wie hier, wo das Leben an einem dünnen Faden hängt.

Um mit Innovationen immer wieder neue Märkte zu erschließen, investieren wir jedes Jahr rund 5 Prozent unseres Umsatzes in Forschung und Entwicklung.

Mit dem Ergebnis, dass unser Name heute weltweit für innovative Chemie steht. Obwohl auf keinem einzigen Produkt unser Label klebt.

Degussa-Hüls

Your Specialist in Chemistry

E-mail: andreas.koehling@degussa-huels.com
www.degussa-huels.com

...people make the difference

Computergrafik



Mehr sehen – sicherer wissen – überzeugender gestalten
Die 3D-Computergrafik erobert den wissenschaftlichen Alltag

59

Kaum eine Teildisziplin der Informatik hat das äußere Erscheinungsbild von Rechnersystemen so verändert wie die Grafische Datenverarbeitung. Aber auch die Funktion und Rolle von Rechnersystemen wurden durch die Entwicklungen der Computergrafik entscheidend neu geprägt. Ohne grafisch-interaktive Benutzungsschnittstellen wäre die Rechnernutzung nach wie vor eine „Geheimwissenschaft“ für wenige Eingeweihte. Noch vor 20 Jahren war der Text das vorrangige Medium zur Interaktion, vielfach entstellt durch kryptische, fremdsprachliche Abkürzungen und Kunstworte. Die grafisch-interaktiven Benutzungsschnittstellen ermöglichen heute, daß nahezu jedermann einen Rechner benutzen kann. Detlef Krömker, Leiter des Fraunhofer Anwendungszentrums für Computergraphik in Chemie und Pharmazie, berichtet über den Siegeszug grafischer Systeme in den Berufsalltag von Natur- und Geisteswissenschaft-

lern, Kaufleuten und Ingenieuren. Beispiele dafür sind CAD (Computer-Aided Design) in den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauwesen, CAM (Computer-Aided Manufacturing) für die Produktionstechnik, CAMD (Computer Added Molecular Design) in Chemie und Pharmazie und einige weitere CAx-Disziplinen. Virtual Reality, Augmented Reality und intelligente Agenten sind neue Technologien, mit denen sich wiederum viele neue Möglichkeiten eröffnen, insbesondere auch in Traininganwendungen und in der Ausbildung. Entwicklungen aus der Computergrafik beherrschen jedoch auch den Freizeitmarkt. Verschiedene Computerspiele und Spielekonsolen (Spezialcomputer für Videospiele) setzen seit Jahren immer wieder Glanzpunkte des technisch Machbaren. Darüber hinaus profitiert die Filmindustrie von den technischen Neuerungen, wie der Film Titanic eindrucksvoll belegt.

Impressum/Bildnachweis

67

Rückkopplung

68



Quanten sind anders – Über die verborgene Einheit der Welt

Das Buch des Frankfurter Physikers Thomas Görnitz über die verborgene Einheit der Welt ist anders als andere Physikbücher. In mehrfacher Hinsicht hält es, was oft versprochen wird: Die Darstellung einer ganzheitlichen Naturtheorie. Der Autor fügt zusammen, was aus

systematischen Gründen in der Physik zumeist weit von einander liegt - Anschaulichkeit und wissenschaftliche Qualität, Physik und ihre Didaktik, naturwissenschaftliche Erkenntnis und naturphilosophisches Denken. Ein Buch-tipp von Klaus-Jürgen Grün.

Pliska – Machtzentrum zwischen Byzanz und Abendland Neue Wege der Archäologie

von Joachim Henning

Abb. 1: Über ergrabenen Grundmauern rekonstruiertes Osttor der Steinfestungsmauer von Pliska.

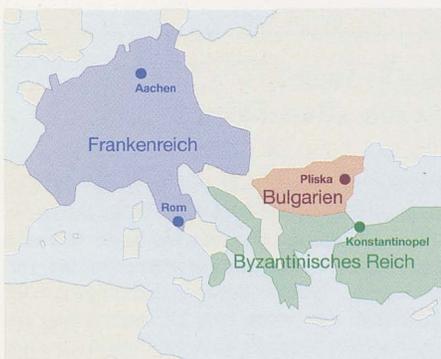


Abb. 2: Bulgarien im frühen 9. Jahrhundert zwischen Byzanz und Frankenreich.

Im Zeitalter Karls des Großen, zwischen dem 8. und dem 9. Jahrhundert, hat sich – fast unreflektiert von der schriftlichen Überlieferung – im Nordosten Bulgariens (Abb. 1 und 2) eine Stadtanlage entwickelt, die allmählich zu riesiger Größe von 23 km² heranwuchs. Bereits seit 100 Jahren bemühen sich Wissenschaftler, die Hauptstadt des frühmittelalterlichen Bulgarenreiches Pliska, die flächenmäßig zweifellos größte Siedlungsagglomeration des frühen Mittelalters im Raum zwischen Byzanz und dem Frankenreich archäologisch zu erforschen. Trotz erheblicher Anstrengungen, dieser Herausforderung mit dem traditionellen Instrumentarium der Archäologie zu begegnen, konnten erst sehr geringe

Teile, vielleicht zwei bis drei Prozent, dieses einzigartigen, im 11. Jahrhundert vollständig zerstörten und dann in Vergessenheit geratenen Siedlungsobjektes aufgedeckt werden. Seit 1997 wird nun ein neuer Weg unter stärkerer Einbeziehung naturwissenschaftlicher Forschungsmethoden eingeschlagen. Erstmals wirken westeuropäische Archäologen auf der Grundlage einer zwischen der Goethe-Universität, der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften sowie den Universitäten Sofia und Šumen geschlossenen Vereinbarung an der Erforschung Pliskas mit. Die neue Forschungsstrategie heißt „interdisziplinäre Großflächenarchäologie“, und es kommen dabei moderne Verfahren wie die geophysikalische Großflächenerkundung und die digitale Luftbildauswertung zum Einsatz. Am 5. September 1997 nahm ein Archäologenteam der Goethe-Universität gemeinsam mit bulgarischen Fachkollegen die Feldforschungen in Pliska auf (Abb. 3 und 4). Zur Grabungsequipe, die nun seit drei Jahren in Pliska arbeitet, gehören auch Doktoranden und Studenten aus Deutschland, Bulgarien, den Niederlanden und Schweden.

Pliska – Schlüssel zur Kultur Osteuropas

Für die slawisch-orthodoxe Welt hat Pliska eine ganz besondere Bedeutung. Es gilt neben den altmährischen Zentren als einer der wichtigsten Orte für die Ausbreitung östlich-slawischer Kirchenliturgie nach byzantinischem Vorbild sowie der kyrillischen Schrift. Hier in Bulgarien wirkten im 9. Jahrhundert Schüler der



Abb. 3: Ausgrabungsschnitt der deutsch-bulgarischen Untersuchungen im Gebiet der Äußeren Stadt von Pliska.



Abb. 4: Bulgarischer Student bei der Freilegung einer Lehmkonstruktion für eine Handdrehmühle (10./11. Jahrhundert).

Slawenapostel Kyrillos und Methodios. Von hier gelangten wohl im Gefolge eines Kriegszuges des Kiewer Fürsten Svjatoslav slawisch-liturgische Aufzeichnungen nach Russland, das im Jahr 988, also erst etwa 124 Jahre nach Bulgarien, die Taufe empfing. Doch die Wurzeln Pliskas reichen aus der frühmittelalterlichen Missionszeit im östlichen Europa noch jahrhundertweit in die dunkle, an schriftlicher Überlieferung arme, heidnische Epoche Südosteuropas zurück. Das bereits um 680 entstandene Donaubulgarische Reich, zu dessen erster Hauptstadt sich Pliska entwickelte, ist eine der ältesten frühstaatlichen Bildungen der Völker im östlichen nachantiken Europa überhaupt. Kein Wunder also, dass Pliska im hohen Maße als ein identitätsstiftender Ort begriffen wurde, auf den sich nicht nur Bulgarien sondern auch andere Länder aus dem Kulturkreis des „Dritten Rom“ (seit 1472 Moskau, das neue Zentrum der Orthodoxie) bezogen haben.

Wegen dieser besonderen historischen Rolle war Pliska bis vor kurzem für die westeuropäische Archäologie praktisch eine „verbotene Stadt“. Grabungen erfolgten hier zunächst auf Initiative Russlands (1899-1900) sowie des tschechischen Gelehrten Karel Škorpil und dann bis in die Gegenwart allein durch Vertreter der bulgarischen staatlichen Akademie der Wissenschaften. Nur Moskauer Archäologen wurde zeitweilig ein autonomes Forschungsstatut in Pliska zubilligt (1977-1980). Erst die politische Öffnung Bulgariens nach Europa, die Anfang 1997 eingeleitet wurde, schuf für bulgarische Historiker und Archäologen

neue Möglichkeiten internationaler Forschungskoooperation. Für den archäologischen „Großflächenbedarf“ Pliskas boten sich komplexe neue Methoden besonders an, wie sie im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Goethe-Universität geförderten interdisziplinären Graduiertenkollegs „Archäologische Analytik“ praktiziert und erprobt werden. Außerdem werden in Frankfurt auf dem Gebiet der vor- und frühgeschichtlichen Archäologie mit besonderem Interesse Projekte verfolgt, die auf längere Sicht Beiträge zu einem interkulturellen Ost-West-Vergleich frühmittelalterlicher Lebensformen in Europa erhoffen lassen.

Solche Studien gewinnen gegenwärtig international an Bedeutung, denn eine Annäherung zwischen den Völkern und Regionen Europas wird sich umso eher realisieren lassen, wenn man die historischen Wurzeln kultureller und mentaler Unterschiede und Gemeinsamkeiten vor allem zwischen dem abendländisch-westeuropäischen und dem östlichen, ursprünglich byzantinisch geprägten Kulturkreis besser versteht. Nicht nur Forschungszentren in Europa, sondern jüngst auch in den USA widmen sich verstärkt

der Frage des Ost-West-Vergleichs im Frühmittelalter. So wird die Problematik im Mai 2000 zu den Themen des 35th International Congress on Medieval Studies in Kalamazoo, Michigan (USA), gehören.

Muss die Geschichte Pliskas neu geschrieben werden?

Was ist über Pliska bisher bekannt? Zunächst wohl Heerlager der am Ende des 7. Jahrhunderts in das Byzantinische Reich eingefallenen Turkobulgaren sowie angegliederte Slawenstämme, dann Palastresidenz der Herrscher des Bulgarenreiches, deren militärische Macht zeitweilig von den Ostgrenzen des Frankenreiches bis an die Tore von Konstantinopel reichte, wuchs das erstmals am Anfang des 9. Jahrhunderts auf einer Säuleninschrift genannte und als „kampos“ (Feld oder Lager) bezeichnete Pliska bis zum 10. Jahrhundert zu einer für seine Zeit gigantischen Stadtanlage heran (Abb. 5). Die mit einer Mauer aus monumentalen Steinblöcken geschützte Innere Stadt – ein Rechteck von etwa 700 m Seitenlänge – und die sie umgebende Äußere Stadt waren insgesamt von einer riesigen Erdwall-Graben-Anlage in Form eines zweiten

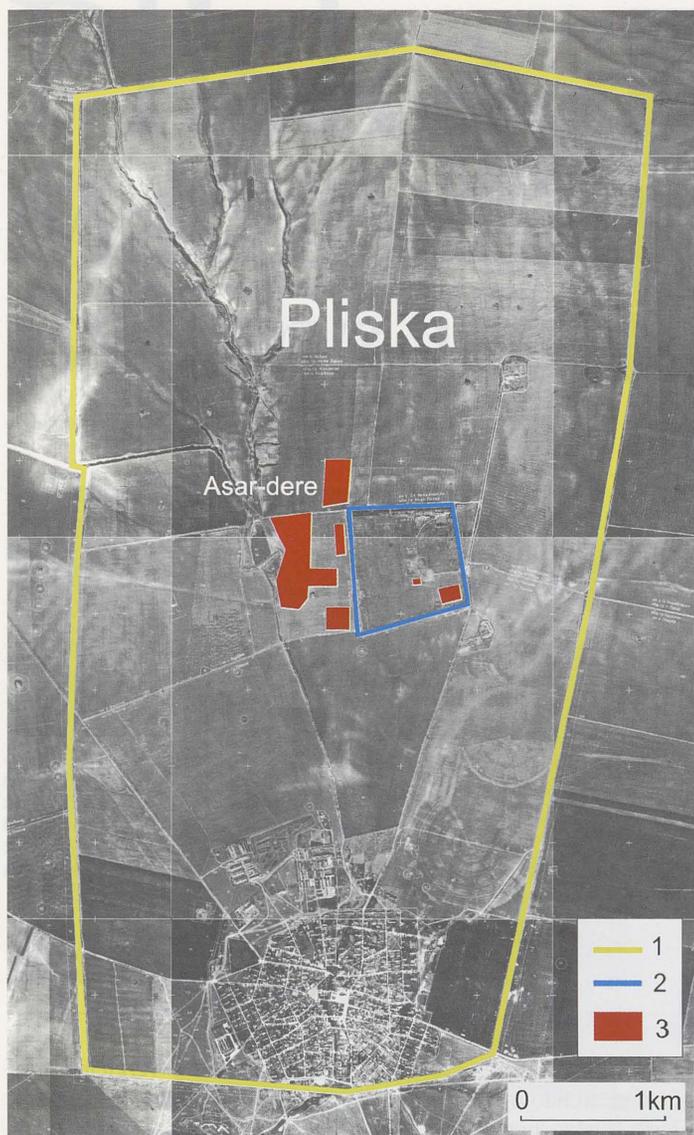


Abb. 5: Luftbild vom Gesamtgelände des frühmittelalterlichen Pliska mit markiertem Verlauf der äußeren Wall-Graben-Befestigung um die Äußere Stadt (1) sowie der Steinfestungsmauer um die Innere Stadt (2). Eingezeichnet sind die Untersuchungsflächen der deutsch-bulgarischen Feldforschungen in Pliska (3).

Abb. 6: Bisher bekannte und im Ergebnis der deutsch-bulgarischen Untersuchungen neu erschlossene (grün, gelb und rot) Befestigungslinien der Inneren Stadt von Pliska.

Rechtecke von rund 7 x 4 km gegen Angreifer abgeschirmt. In der Mitte der Inneren Stadt lag das Palastzentrum mit mehreren monumentalen Steingebäuden, die Repräsentations-, Wohn- und kultischen Zwecken dienten. Diese zurzeit der ersten russischen Ausgrabungen sogar teilweise noch oberirdisch sichtbaren Ruinen sind – zumeist ohne sichere archäologische Datierungsbelege – bisher mit bulgarischen Herrschern der heidnischen Zeit, den Khanen Tervel (700-721), Krum (803-814) und Omurtag (814-831) in Verbindung gebracht worden. Auch der Bau der an eine spätrömische oder frühbyzantinische Festung erinnernden Umfassungsmauer der Inneren Stadt (Abb. 1) wurde etwa in diese Zeit gesetzt. Der große Erdwall Pliskas ist sogar als Bauleistung der frühesten Einwanderungszeit angesehen worden, verbunden mit dem Wirken des Bulgaren-Heerführers Asparuch gleich nach dem Jahr 680.

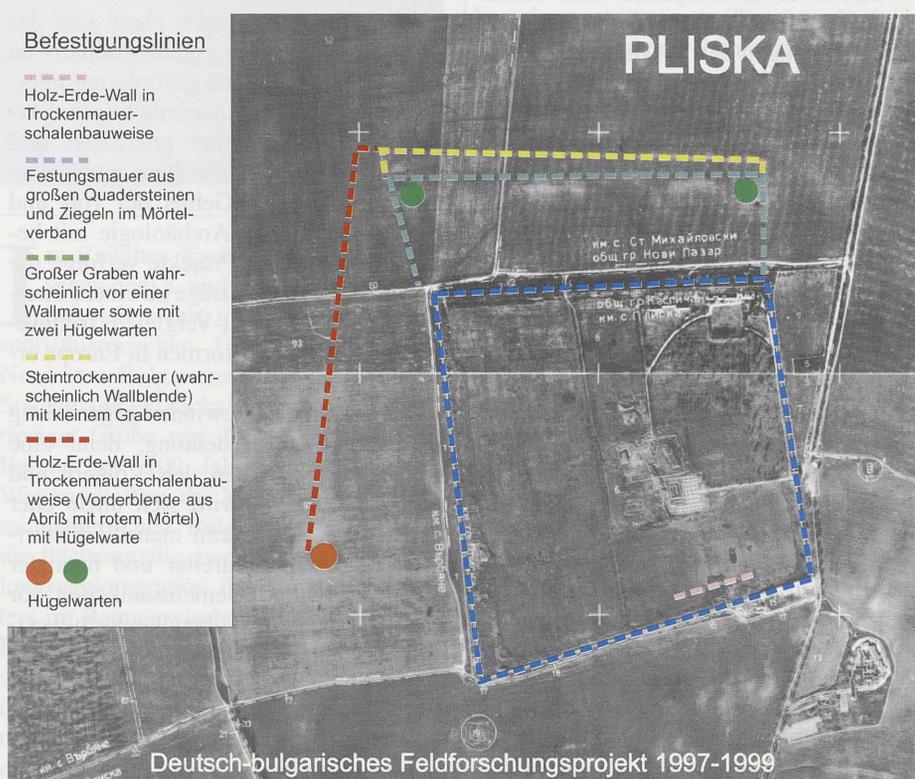
Bis in die achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts haben Wissenschaftler des Balkanlandes die Grundthese kaum hinter-

fragt, dass die Monumentalarchitektur Pliskas in der bulgarischen „Heroen-Zeit“ entstanden sei. Vielmehr sind die Ruinen mit enormen staatlichen Anstrengungen, aber wenig Professionalität und dafür reichlich Stahlbeton als nationales Erbe „rekonstruiert“ und zur Geschichtskulisse für Gegenwartsziele umgewandelt worden. Welche kulturellen und Bauleistungen hingegen die Byzantiner erbracht haben, die unter Johannes I. Tzimiskes im Jahr 971 Bulgarien zurückeroberten und die in Pliska nach Auskunft der dort gefundenen Bleisiegel bis in die zweite Hälfte des 11. Jahrhunderts ein Verwaltungszentrum mit einer Militärgarnison unterhielten, zählte nicht zu den Fragen, die unter den gesetzten Prämissen staatlicher Wissenschaftspolitik als besonders verfolgenswert galten. Hinweise auf den eigentlich spätantiken bzw. byzantinischen Charakter der Steinarchitektur, wie sie auch von einzelnen bulgarischen Kennern der Architekturgeschichte vorgebracht wurden, sind als wissenschaftliche Fehlleistungen apostrophiert worden.

Fragt man nach der Zeitstellung und kulturellen Einordnung der Stein- und Befestigungsbauten Pliskas, so rückt das Problem frühgeschichtlicher Stadtentstehung im östlichen Teil Europas gleich in den Mittelpunkt des Interesses. Wann kam dieser Prozess hier in Gang? In welchen Etappen erfolgte er? Welche Gruppen der Gesellschaft waren beteiligt? Welche Rolle spielte dabei der Entwicklungsstand von Handwerk und Gewerbe? Wie war das ländliche Umfeld solcher

Befestigungslinien

- — — — Holz-Erde-Wall in Trockenmauerschalbauweise
- — — — Festungsmauer aus großen Quadersteinen und Ziegeln im Mörtelverband
- — — — Großer Graben wahrscheinlich vor einer Wallmauer sowie mit zwei Hügelwarten
- — — — Steintrockenmauer (wahrscheinlich Wallblende) mit kleinem Graben
- — — — Holz-Erde-Wall in Trockenmauerschalbauweise (Vorderblende aus Abriß mit rotem Mörtel) mit Hügelwarte
- ● Hügelwarten



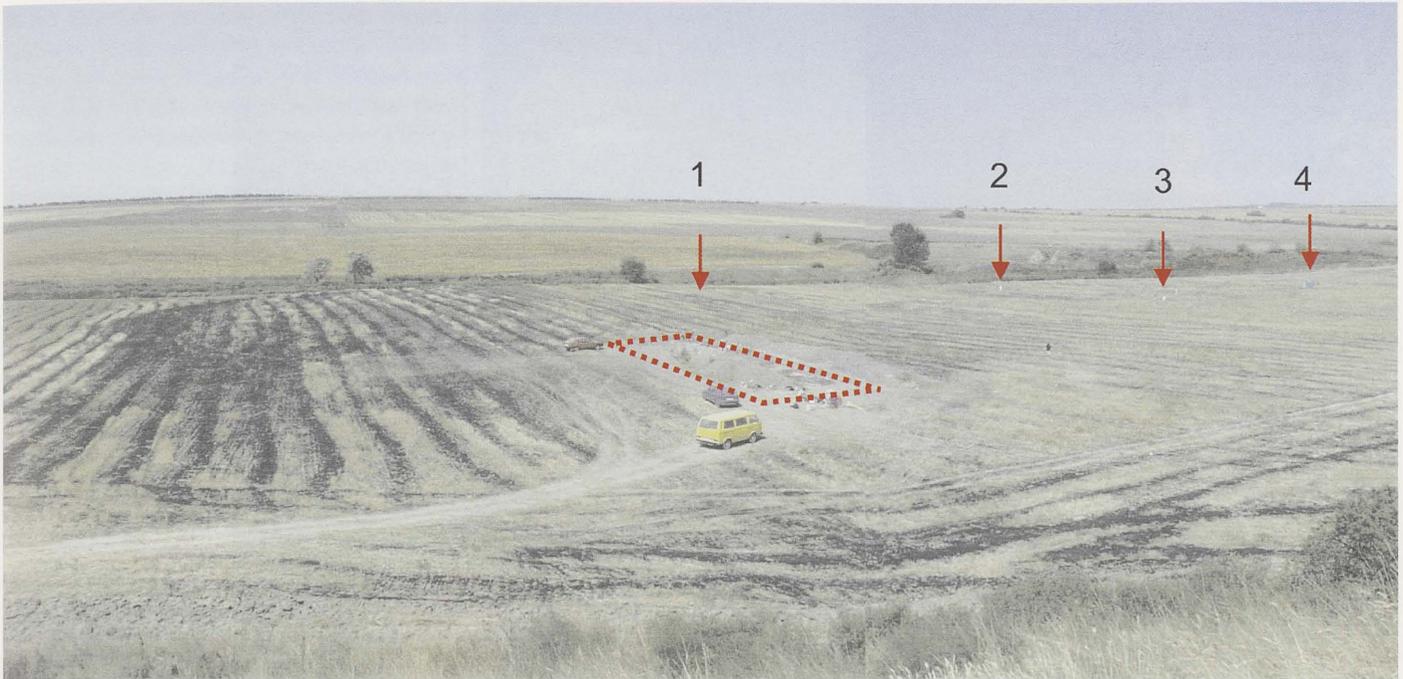


Abb. 7: Untersuchungsgebiet „Asar-dere“ der deutsch-bulgarischen Feldforschungen. Lage der Hauptgrabungsfläche (1) und von drei Sondagegrabungsstellen (2-4).

Städte organisiert? Nach den ersten drei Jahren deutsch-bulgarischer Forschungstätigkeit in Pliska können natürlich noch nicht auf alle Fragen Antworten gegeben werden, schon gar keine endgültigen. Dennoch sind die auf neuer methodischer Basis gewonnenen Ergebnisse ganz erstaunlich und fordern dazu heraus, wesentliche Aspekte der Geschichte Pliskas neu zu überdenken.

Altbulgarisch oder byzantinisch?

Mithilfe geophysikalischer Messungen und Kartierungen ausgedehnter, bisher noch nicht archäologisch untersuchter Flächen auf dem Territorium der Äußeren Stadt von Pliska ließen sich ohne Grabungen verschiedene unterirdische Strukturen sichtbar machen und über größere Entfernungen verfolgen (Abb. 6). Die Arbeiten führten Mitglieder des Frankfurter Graduiertenkollegs unterstützt von Studenten der beteiligten Universitäten durch. Die gewonnenen Ergebnisse wurden schließlich mit Befunden aus Luftbildern gekoppelt, die das Frankfurter Institut für Physische Geographie bearbeitete und die ebenfalls Hinweise auf im Boden verborgene Reste geliefert hatten. Archäologie- und Geschichtsstudenten der Universitäten Šumen und Sofia halfen bei Praktikumseinsätzen mit, den Charakter oberirdisch erschlossener Strukturen durch punktgenaue archäologische Sondageschnitte näher zu bestimmen (Abb. 3 und 4).

Europäische Forschungsk Kooperation

Die am Seminar für Vor- und Frühgeschichte der Goethe-Universität betriebenen großräumig-vergleichenden Untersuchungen zur Frühgeschichte Europas können sich auf ein breites Kooperationsnetz stützen. Ein Schwerpunkt der Arbeit liegt im Bemühen, neue Methoden der Archäologie auch im östlichen Europa einzusetzen um letztlich den Strukturvergleich mit frühmittelalterlichen Lebensformen im westlichen Europa zu ermöglichen. So wurde ein umfangreiches Projekt in Deutschland zur archäologischen und dendrochronologischen Erforschung des frühgeschichtlichen Burgenbaus bis in Gebiete des östlichen Polen ausgeweitet.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Archäologie und Ethnologie der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Warschau sind dazu in Masowien (nordöstlich von Warschau) zehn frühmittelalterliche Burgwälle nach dem in Deutschland entwickelten Grabungsverfahren untersucht und anschließend dendrochronologisch datiert worden. Gemeinsam mit dem renommierten Archäologischen Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften in Nitra sind Forschungsergebnisse zur Frühmittelalter-Archäologie Ostmitteleuropas vergleichend ausgewertet und in einer Gemeinschaftspublikation veröffentlicht worden [Frühmittelalterlicher Burgenbau in Mittel- und Osteuropa, herausgegeben

von J. Henning & A. T. Ruttkay, Bonn 1998].

Die Forschungsarbeiten in Bulgarien (Ausgrabungen in Pliska 1997-1999 sowie auf einem frühmittelalterlichen Gräberfeld in Topola 1996) erfolgen in Zusammenarbeit mit dem Archäologischen Institut der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften sowie den Lehrstühlen für Archäologie der Kliment-Ochridski-Universität Sofia und der Konstantin-Prezslavski-Universität Šumen. Regelmäßig konnten seit 1994 ausländische Frühmittelalterarchäologen entweder über ein Förderprogramm der Konferenz der Deutschen Akademien der Wissenschaften oder im Rahmen von Gastdozenturen und Gastvorlesungen zum Teil mehrmonatige Forschungs- und Lehraufenthalte an der Goethe-Universität absolvieren. Die Gäste kamen aus den einschlägigen archäologischen Institutionen Polens, Bulgariens, Frankreichs, Österreichs, Ungarns, Russlands, der Slowakei, Tschechiens und Dänemarks. Ergebnisse der nationalen und internationalen Forschungsarbeit zur Frühmittelalterarchäologie werden in einer in Frankfurt in Zusammenarbeit mit Berliner Kollegen herausgegebenen Monografien-Reihe veröffentlicht [Schriften zur Archäologie der germanischen und slawischen Frühgeschichte, herausgegeben von J. Henning & A. Leube, Verlag Dr. Rudolf Habelt Bonn], von der bislang fünf Bände vorliegen.

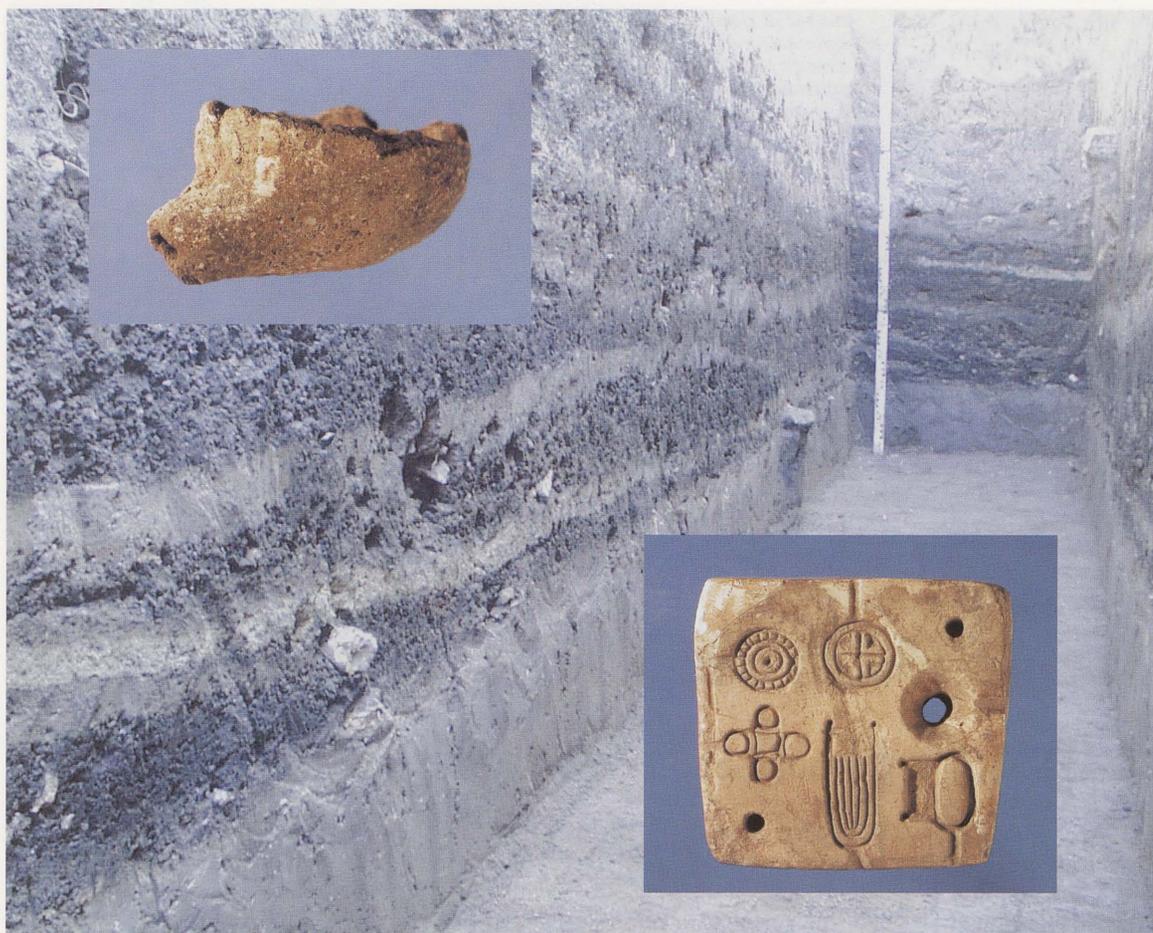


Abb. 8: Nachweise handwerklicher Produktion in Pliska: Gusslöffel aus Ton (oben), Schlackeschichten mit Produktionsabfällen in einem Grabungsschnitt in der Flur „Asar-dere“ (Hintergrund), Gussform zur Schmuckerstellung aus dem Palastzentrum (unten).

Die wissenschaftlich bedeutsamste Neuentdeckung der jüngsten Forschungscampagnen stellt die Erkenntnis dar, dass die Steinquadermauer um die Innere Stadt nicht die einzige und offenbar nicht die älteste Befestigung in diesem Bereich bildete. Vielmehr hat bereits etwa im Zeitraum des 8. bis frühen 9. Jahrhunderts eine etwa gleich große Schutzanlage bestanden, erbaut allerdings ohne Mörtelmauerwerk in einer archaisch anmutenden Trockenmauer-Schalenskonstruktion. Hinzu kommen Grabenanlagen und wahrscheinlich Ergänzungs- oder Ausbaustufen der Befestigung, ebenfalls in Trockenmauertechnik. Während die monumentale Steinquadermauer nachweislich noch bis in das 11. Jahrhundert Schutz geboten hat und durch oberirdisch erhaltene Reste in ihrem Verlauf bis in die Gegenwart erkennbar war, sind die neuentdeckten Befestigungswerke zu einem unbekanntem Zeitpunkt völlig abgetragen worden und konnten nur dank Geophysik und Luftbild aufgefunden werden. Die Bauweise dieser Anlage paßt auf Grund bekannter Analogien zum Beispiel aus dem ostfränkischen und dem altmährischen Raum gut an den Anfang des 9. Jahrhunderts, also in die Zeit der bulgarischen Herrscher Krum und Omurtag, die nach einer byzantinischen Brandschatzung Pliskas im Jahr

811 den Ort befestigt haben dürften. Da bislang die monumentale Steinquadermauer mit diesen Vorgängen in Verbindung gebracht wurde, stellt sich die Frage, ob Letztere nicht in Wirklichkeit mit deutlich späteren Zeiten Pliskas in Verbindung steht, zum Beispiel der Periode starker byzantinischer Einflussnahme nach der Christianisierung oder sogar im Zusammenhang mit der Wiedereroberung des Landes im Jahr 971. Träfe eine solche Vermutung zu, dann wären in Pliska in den vergangenen Jahrzehnten die falschen Zeugnisse als typisch bulgarisches Erbe aufwändig wieder hergerichtet worden.

Neue Erkenntnisse zur Handwerksstruktur in der Frühzeit Pliskas

Für die Rekonstruktion der Stadtwerdung Pliskas ist die Entdeckung eines ausgedehnten handwerklichen Produktionsgebietes westlich der Inneren Stadt in der Flur „Asar-dere“ von großer Bedeutung (Abb. 7). Dem Einsatz der Geophysik in den vergangenen drei Jahren ist es zu verdanken, dass dieses Produktionsgebiet lokalisiert werden konnte. Während bisher gefundene Zeugnisse handwerklicher Tätigkeit aus Pliska ausschließlich die spätere Existenzzeit des

Ortes (Ende 9.-11. Jahrhundert) betrafen und aus Werkstätten und Wirtschaftsgebäuden stammten, die ohne eine besondere örtliche Konzentration verstreut über das ganze Stadtgebiet lagen, war es für alle beteiligten Forscher eine große Überraschung, dass nun der erste Nachweis eines Produktionsareals aus der Frühzeit (8.-Anfang 9. Jahrhundert) gleich auf ein ganzes Handwerkerquartal schließen ließ. Und nicht genug damit: Der Fundort lieferte Beweise für eine Produktion auf einem hohen Niveau der Technik und der Spezialisierung, wie man es bislang für eine so frühe Zeit noch nicht annehmen wollte. Vor allem sind hier Produktionsreste zu nennen, die eine örtliche Herstellung von Glasgefäßen und von Fensterglas bezeugen. Am Geochemischen Institut der Universität Göttingen wird gegenwärtig geprüft, ob die für eine solche Fabrikation erforderliche Rohglasmasse aus entfernten Produktionszentren zur Weiterverarbeitung herangeführt oder vor Ort erzeugt worden ist.

Weiterhin ist das Wirken von Feinschmiedern zu nennen, die offenbar vor allem Schmuckerzeugnisse herstellten. Von ihrer Tätigkeit zeugen tönerner Gusslöffel und -tiegel für die Bronzeverarbeitung sowie Produktionsabfälle (Abb. 8). Wahrscheinlich wurde im „Asar-dere“-Quartal

auch Keramik gebrannt, vielleicht darunter eine hochqualitative gelbtonige Tafelware mit roter Engobe oder Bemalung. Von dieser Ware sowie von Gefäßen des täglichen Gebrauchs liegen aus Pliska Funde vor (Abb. 9). Die anspruchsvolle Warenart ist aus Pliska sogar mit Goldbemalung bekannt und ahmt Metallgefäße byzantinisch-östlicher Herkunft nach. Der bisher in der Flur „Asar-dere“ erschlossene Befund lässt den Schluss zu, dass das frühe Handwerk in Pliska zunächst offenbar stark auf den herrschaftlichen Bedarf des Palastzentrums ausgerichtet war und sich daraus auch die Konzentration in einem besonderen Gebiet erklären dürfte. Später setzte eine räumliche Dezentralisierung handwerklicher Aktivitäten ein.

Pliskas Herrenhöfe: Beziehungen zwischen Byzanz und Abendland?

Das an einem Bachlauf gelegene frühe Handwerkergebiet „Asar-dere“ ist in der folgenden Zeit von zum Teil meterhohen Erosionsschichten zugedeckt worden, deren Entstehung mit einer Intensivierung ackerbaulicher Tätigkeiten auf dem Gebiet der Äußeren Stadt zusammenhängt. Schließlich wurden im 10./11. Jahrhundert auf dem so völlig veränderten Gelände zahlreiche kleine Wohngebäude einer Ackerbau treibenden Bevölkerung angelegt (Abb. 10). Auch bei der Lagebestimmung dieser Objekte, von denen oft nur schwer auffindbare Hausgruben überkommen sind, hat sich der kombinierte Einsatz von geomagnetischer Flächenmessung und von geoelektrischer Profilmes-

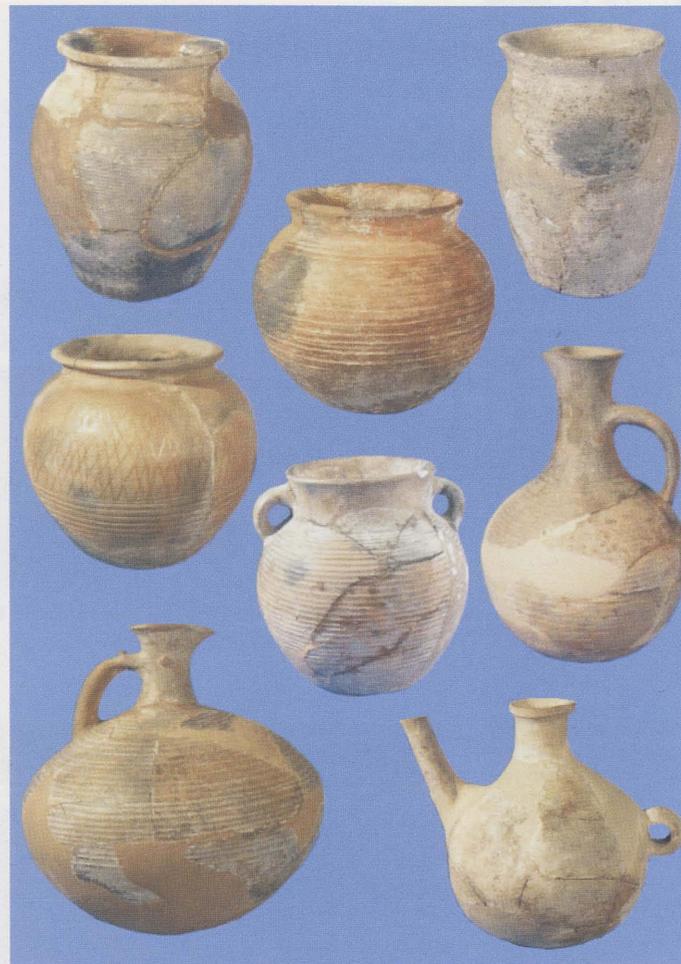


Abb. 9: Funde von Keramikgefäßen des 8./9. Jahrhunderts aus Pliska.

sung als sehr nützlich erwiesen. In mehreren Fällen konnte auf diese Weise die unterirdische Lage von Bauresten mit so großer Genauigkeit eingegrenzt werden, dass sich der archäologische Aufwand zur

letztendlichen Erfassung der Befunde auf ein Minimum begrenzen ließ. Mehrfach gelang so der Nachweis, dass das Gebiet der Äußeren Stadt im größeren Umfang erst in der Spätzeit Pliskas für Wohnzwecke genutzt wurde. Offensichtlich entstand auch erst in dieser Zeit ein wirklicher Bedarf, das riesige Gebiet der Äußeren Stadt mit dem großen Erdwall zu schützen. Damit verdichtet sich der Eindruck, dass Pliska an der Wende vom 7. zum 8. Jahrhundert seine heute sichtbare Gesamtgröße noch lange nicht erlangt hatte. Die Stadt scheint eher allmählich durch den Zuzug von teilweise bäuerlich wirtschaftenden Siedlern herangewachsen zu sein. Dieser Vorgang erreichte wohl erst im 10. Jahrhundert seinen Höhepunkt. Zahlreiche Funde von eisernen Agrargeräten, die eine in kriegerischen Notzeiten hinter den Mauern der Inneren Stadt schutzsuchende Bevölkerung hinterließ, belegen anschaulich ein zunehmend agrarisches Element Pliskas in der Spätzeit.

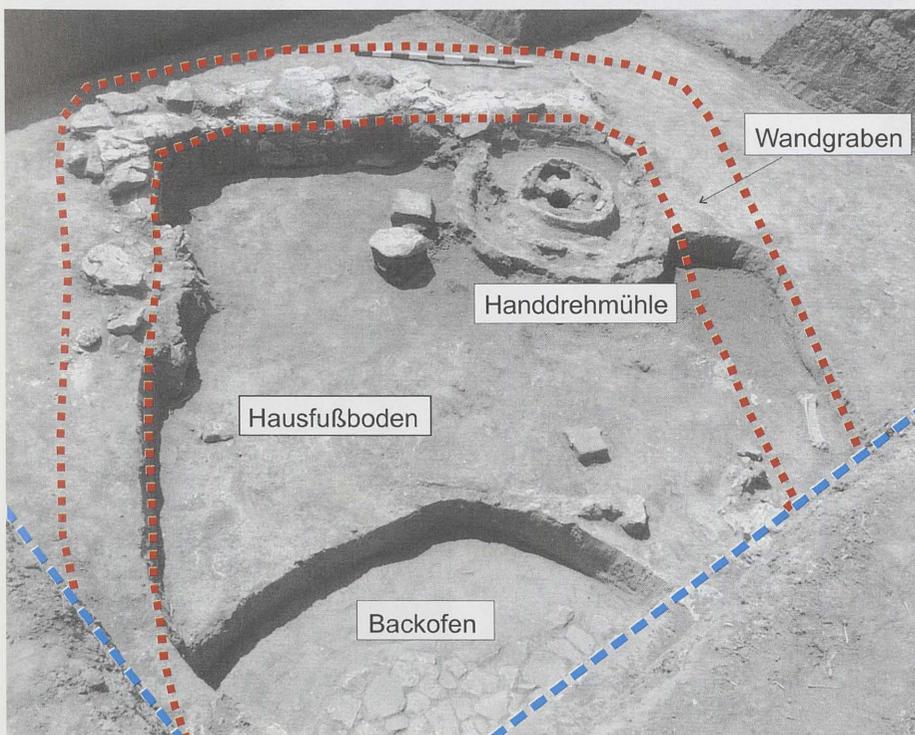


Abb. 10: Archäologischer Ausgrabungsbefund eines Grubenhauses (10./11. Jahrhundert) mit Lehmsockel einer Handdrehmühle und einem eingetieften Backofen. Markiert sind die Grenzen des Grabungsschnittes (blau) und der Verlauf der in Trockenmauertechnik errichteten Wand des Grubenhauses (rot).

Archäologie und Naturwissenschaften



Abb. 1a: Geomagnetische Flächenprospektion zur Auffindung unterirdischer Strukturen.



Abb. 1b: Geoelektrische Bestimmung der Tiefenlage einer unterirdischen Struktur.

Abb. 1 und 2: Interdisziplinäre Zusammenarbeit von Geophysik, Archäologie und Dendrochronologie bei der Auffindung und naturwissenschaftlichen Datierung frühmittelalterlicher Siedlungsstrukturen in Pliska (Forschungskampagne 1999).

Die Zeiten, in denen man sich auf Spaten und andere Handgeräte als Hilfsmittel der Feldarchäologie beschränkte, sind vorbei. Besonders in den letzten Jahrzehnten haben naturwissenschaftliche Methoden in wachsender Zahl Einzug in die Bodenforschung gehalten. In avancierten Forschungszentren der Archäologie gelingt es immer besser, durch eine enge Verknüpfung zwischen naturwissenschaftlichen Analysemethoden (z.B. Archäobotanik, Archäozoologie, geophysikalische Prospektion, chemisch-mineralogische Untersuchungen, Bodenkunde), traditionelle Erkenntnisgrenzen zu überwinden und bislang scheinbar verschlossene Seiten der historischen Vergangenheit zu rekonstruieren.

Wer hätte es noch vor kurzem für möglich gehalten, dass man Fundstücke aus Holz, deren unscheinbare Formen oft keinerlei stilistiskunstgeschichtliche Zeitbestimmungen zulassen, eines Tages bis auf ein Jahr genau würde datieren können? Die Dendrochronologie hat durch die statistische Analyse und chronologische Bestimmung von Baumringspek-

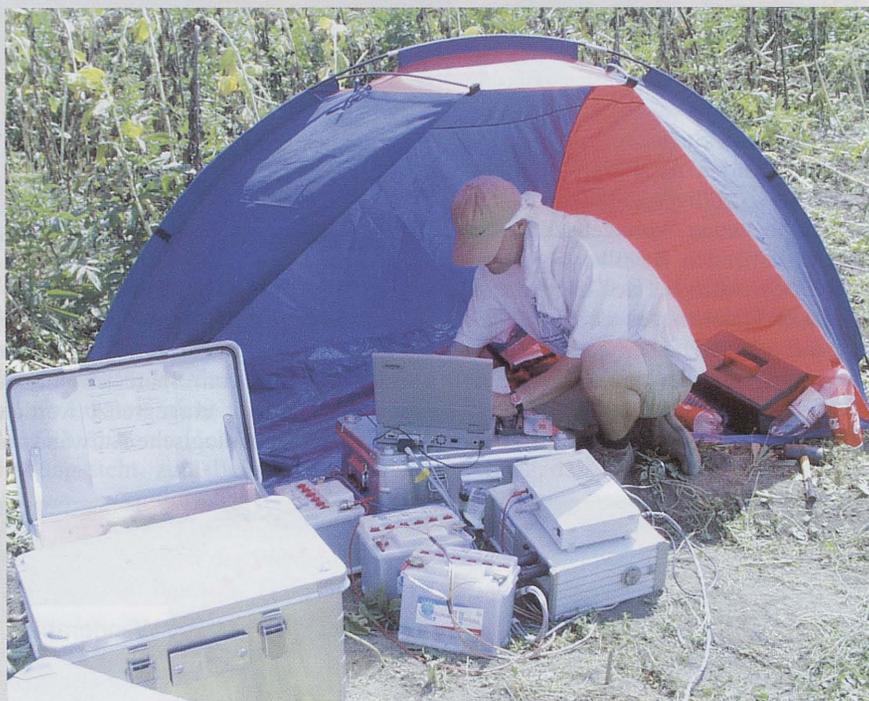


Abb. 1c: Sondagegrabung und Dokumentation einer geophysikalisch eingegrenzten Struktur im Palastzentrum (unterirdischer Gang).



Abb. 1d: Bergung von Holzfinden aus dem Sondageschnitt.

tren mithilfe spezieller Mikroskop- und Computertechnik diesen gewaltigen Fortschritt ermöglicht. An der Goethe-Universität ist daher ein Dendrochronologie-Labor neu eingerichtet worden, das nun eine wertvolle Bereicherung der bereits an der Hochschule vorhandenen und besonders im Rahmen des Graduiertenkollegs „Archäologische Analytik“ zusammenarbeitenden Disziplinen darstellt. Dem Labor gelangen zahlreiche neue Datierungen von Funden aus der Mittelgebirgszone Deutschlands sowie aus Gebieten Ostmitteleuropas (Böhmen, Polen, Mähren, Brandenburg). Gegenwärtig wird intensiv daran gearbeitet, auch Holzfunde zur Frühgeschichte Südosteuropas datieren zu können. Um die Methode für diese Gebiete einsetzbar zu machen, sind jedoch zunächst einmal Holzfunde in größerer Zahl erforderlich.

In Pliska wurden daher durch das deutsch-bulgarische Projekt eigens an Stellen, die solche Holzfunde erwarten ließen, Grabungen vorgenommen. Im Palastzentrum ist man 1999 fündig geworden. Es gelang, den unterirdischen Gang eines Palastes aufzudecken, dessen durch Brand verkohlte Stützhölzer noch sehr gut und in großer Zahl erhalten waren. Die Holzfunde werden gegenwärtig bearbeitet, und die beteiligten Archäologen warten mit Ungeduld darauf, ob diese Funde nun auch eine möglichst genaue Datierung der Monumentalarchitektur in Pliska erlauben werden (Abb. 1 u. 2).

Die Lage des unterirdischen Ganges und anderer Objekte in Pliska ist mithilfe der Geophysik eingegrenzt worden. Die geophysikalischen Prospektionsverfahren haben sich als so hilfreich erwiesen, dass an der Goethe-Universität dazu eine gut ausgerüstete Arbeitsgruppe geschaffen wurde, in der auch regelmäßig Studenten mitwirken und praktische Erfahrungen sammeln.



Abb. 2: Inventarisierung der Holzfunde.



Abb. 2a: Schneiden und Anschleifen der Holzproben



Abb. 2b: Ausmessen der Holzproben im Dendrolabor. Vorbereitung zur Datierung.

FORSCHUNG ENTWICKLUNG BERATUNG

vermittelt die Abteilung Wissenstransfer der Universität Frankfurt zur Förderung der Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Verbänden und Kommunen durch

- Information über transferrelevante Forschungskapazitäten an der Universität
- Vermittlung qualifizierter Wissenschaftler zur Lösung technischer, wirtschaftlicher oder organisatorischer Probleme der Praxis
- Beratung bei gemeinsamen Forschungsvorhaben
- Unterstützung des Personaltransfers
- Organisation gemeinsamer Messebeteiligungen
- Informationsveranstaltungen mit Wissenschaftlern der Universität zu Fragestellungen der Praxis

Johann Wolfgang Goethe-Universität
Abteilung Wissenstransfer
Senckenberganlage 31
Postfach 11 19 32
60054 Frankfurt am Main
Telefon (0 69) 7 98-2 82 95
Fax (0 69) 7 98-2 26 73

Zu diesem Trend passen auch zahlreiche gutshofartige Gebäudekomplexe, die in Pliska durch Luftbildauswertungen und Ausgrabungen bulgarischer Forscher, ergänzt durch geophysikalische Untersuchungen des deutsch-bulgarischen Projektes, nachgewiesen wurden. Sie scheinen eine adelsherrschaftliche Komponente widerzuspiegeln, die die agrarischen und handwerklichen Strukturen Pliskas besonders in der Spätzeit durchdrang. Wertvolle Funde, die dieser Zeit zugeordnet werden können (Abb. 11), wird man einer wohlhabenden Oberschicht zuordnen dürfen. Da man ähnliche Hofanlagen auch im zeitweilig byzantinisch beeinflussten Gebiet Altmährens beobachtet hat, jedoch diese hier mit einer Übernahme fränkischer Vorbilder für Herrenhöfe (*curtes*) in Verbindung brachte, wird von Untersuchungen der Schriftquellen, die Hinweise auf Formen agrarischer Herrschaftsorganisation in Byzanz enthalten, näherer Aufschluss zu diesem bislang ungelösten Beziehungsproblem erwartet. Im fortgeschrittenen 9. Jahrhundert bestanden für kurze Zeit sehr enge Beziehungen zwischen Bulgarien und dem Frankenreich sowie dem Papst in Rom, die sogar bis in Vorbereitungen mündeten, in Bulgarien eine dem Westen entsprechende Kirchenorganisation aufzubauen. War diese Periode vielleicht auch Ausgangspunkt für einen Kulturaustausch zwischen Ost und West im Bereich weltlicher Herrschaftsformen des ländlichen Adels? Wurden östliche Vorbilder im Westen oder westliche im Osten übernommen? Oder entstanden ähnliche Organisationsformen unabhängig voneinander? Bei der Lösung sol-



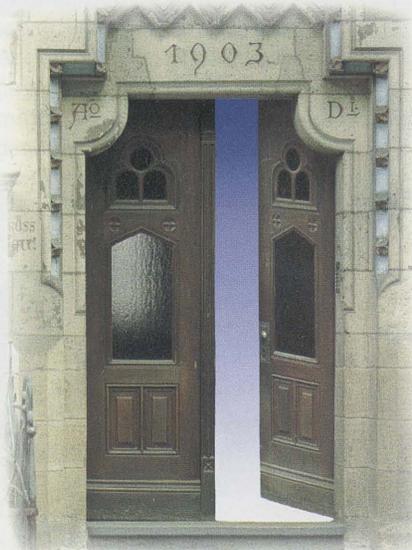
Abb. 11: Funde des 10./11. Jahrhunderts aus Pliska: goldene Ohrringe (oben), byzantinische Goldmünzen (unten) und Bronzeteil eines Kerzenleuchters in Form eines Lautenspielers (rechts).

cher Fragen muss die Archäologie mit der Mittelalterforschung und der Byzantinistik kooperieren. Dies geschieht im Dialog mit Historikern der Universitäten Frankfurt und Mainz.

Die zahlreichen neuen Erkenntnisse, die in vergleichsweise kurzer Zeit inter-

disziplinär und unter Einsatz moderner Untersuchungsmethoden der Archäologie zur Geschichte eines wichtigen Machtzentrums im Frühmittelalter gewonnen werden konnten, waren im November 1999 Anlass für die Durchführung eines internationalen Kolloquiums der Goethe-

ANZEIGE



www.Denkmalpflege-Online.de

das Portal zu Denkmalpflege und Denkmalschutz im Internet

- ▲ **Links** zu allen wichtigen Denkmalseiten im Netz
- ▲ Adressen aller Landesdenkmalämter
- ▲ Links zu den Denkmalschutzbehörden im Netz
- ▲ Denkmalpflege und Steuergesetzgebung
- ▲ Bundesweiter **Veranstaltungskalender**
- ▲ **Datenbank mit Volltextsuche** zu **Fachbetrieben, Vereinen** und **Institutionen** rund um die Denkmalpflege
- ▲ Links zu Denkmalpflege, Archäologie, Restaurierung, Weltkulturerbe in Deutschland, Schlösser, Burgen etc.

Universität. Auf der historischen Ebernburg bei Bad Münster am Stein konnten Archäologen aus Deutschland, Bulgarien, Österreich, Ungarn, der Slowakei und Russland einen intensiven Gedanken- und Informationsaustausch führen. Einhellig

gelangten die teilnehmenden Wissenschaftler dabei zu der Meinung, dass die in Pliska praktizierte interdisziplinäre Großflächenarchäologie weiter ausgebaut und allmählich auf weitere siedlungsarchäologische Projekte im östlichen Europa ausgeweitet werden sollte. Die methodische Modernisierung der Forschung könnte auch erhebliche Auswirkungen auf die Neuordnung universitärer und außeruniversitär-akademischer Strukturen in den osteuropäischen Ländern haben. Dies ist eine schwierige, auch kostenaufwendige Aufgabe, für die die betreffenden Länder dringend Hilfe benötigen.



Professor Dr. Joachim Henning (48) lehrt seit 1994 das Fach Vor- und Frühgeschichte an der Goethe-Universität. Forschung und Lehre sind auf folgende Schwerpunkte gerichtet: Moderne Methoden der Siedlungsarchäologie, mittelalterlicher Befestigungsbau, Wirtschaftsarchäologie Europas zwischen Antike und Mittelalter sowie Geschichte und Kultur Ost- und Südosteuropas im Frühmittelalter. Nach dem Studienabschluss 1976 an der Humboldt-Universität zu Berlin erfolgte nach zum Teil längerfristigen archäologischen Studienaufenthalten in Südosteuropa 1982 die Promotion („Untersuchungen zur Entwicklung der Landwirtschaft in Südosteuropa im Übergang von der Spätantike zum frühen Mittelalter“). Der Autor führte zahlreiche Ausgrabungen zum Siedlungswesen und Befesti-



gungsbau in Mitteleuropa (Römische Kaiserzeit bis Hochmittelalter) durch, darunter 1993 bis 1994 im Rahmen eines deutsch-polnischen Forschungsprojektes archäologische Untersuchungen an zehn frühmittelalterlichen Burgwällen in Masowien. Er wurde 1993 an der Freien Universität Berlin zum Privatdozenten ernannt (Habilitationsschrift: „Wirtschaftsarchäologische Quellen zu ökonomischen Wurzeln und technischer Basis der Grundherrschaft in West- und Mitteleuropa“) und leitet seit 1997 die deutsch-bulgarischen Ausgrabungen in Pliska (Nordostbulgarien). Der Autor ist Mitglied verschiedener nationaler archäologischer Gesellschaften und Verbände und wirkt als Koordinator im EU-Forschungsprojekt „Transformation of the Roman World“ (gefördert durch die European Science Foundation) sowie als Sprecher des DFG-Graduiertenkollegs „Archäologische Analytik“ an der Goethe-Universität (1997-2000).

Literatur

Gjuselev, Vezelin, Bulgarisch-fränkische Beziehungen in der ersten Hälfte des IX. Jahrhunderts. In: Byzantinobulgarica 2, 1966, 15-39.
 Hänsel, Bernhard (Hrsg.), Die Völker Südosteuropas im 6. und 8. Jahrhundert. Südosteuropa-Jahrbuch 17 (Berlin 1987).
 Henning, Joachim, Pliska – monumentales Zeugnis vom Beginn der Geschichte des bulgarischen Staates. In: Das Altertum 26, 1980, 18-26.
 Henning, Joachim (Hrsg.), Zwischen Byzanz und Abendland – Pliska, der östliche Balkanraum und Europa im Spiegel der Frühmittelalterarchäologie. Referate zum Internationalen Kolloquium auf der Ebernburg, Bad Münster am Stein 1999 (Frankfurt am Main 1999).
 Rašev, Rašo, Pliska – The First Capital of Bulgaria. In: A. G. Poulter (Hrsg.), Ancient Bulgaria. Papers presented to the International Symposium on the Ancient History and Archaeology of Bulgaria, University of Nottingham 1981 (Nottingham 1983) Bd. 2, 255-290.

ANZEIGE



IHR PARTNER
IN MITTEL- UND
SÜDHESSEN

Seit über 75 Jahren
verwirklichen wir das

pflügen wir den
Dialog mit Studenten
und Hochschulen,
um übereinander
und voneinander
zu lernen.
Wenn Sie mehr

Nassauische Heim-
stätte Wohnungs-
und Entwicklungsgesellschaft mbH

WIR GEBEN IHNEN RAUM

Recht auf Wohnen.
Im Rahmen unserer
Tätigkeit als Dienst-
leister rund um das
Baugeschäft

über uns erfahren
möchten, besu-
chen Sie uns im
Internet oder rufen
Sie uns an:

Schaumainkai 47
60596 Frankfurt
Tel. (069) 6069-0
Fax: (069) 6069-300
Internet:
www.naheimst.de
E-Mail:
post@naheimst.de



WOHNUNGS- UND
ENTWICKLUNGS-
GESELLSCHAFT MBH
STÄDTLICHEN
WOHNUNGSPOLITIK


 NASSAUISCHE
HEIMSTÄTTE

- ENTWICKELN
- PLANEN
- PROJEKTIEREN
- FINANZIEREN
- BAUEN
- VERWALTEN
- BERATEN
- VERMIETEN
- PFLEGEN
- ERHALTEN
- MODERNISIEREN
- SANIEREN
- VERKAUFEN
- BEVORRATEN
- WOHNUNGEN
- EIGENHEIME
- STÄDTE
- INDUSTRIEFLÄCHEN
- GRUNDSTÜCKE
- MILITÄRFLÄCHEN
- GRÜNANLAGEN
- DENKMÄLER

„wir“ und „sie“

Bilder von Fremden im Schulbuch

von Thomas Höhne, Thomas Kunz und Frank-Olaf Radtke

Jeder zehnte Jugendliche ohne Schulabschluss“ war im Februar diesen Jahres unter Verweis auf das Statistische Bundesamt auf der Titelseite einer Sonntagszeitung zu lesen. Unter den Schulversagern seien „Ausländerkinder überproportional stark vertreten“. Unerwünschte Entwicklungen bedürfen der Einordnung. In dem Zeitungsartikel verweist der Bremer Bildungsminister Lemke in seiner Funktion als Vorsitzender der Kultusministerkonferenz zur Erklärung auf hohe Arbeitslosigkeit, Orientierungslosigkeit und schwindende familiäre Bindungen und fügt hinzu: „Oft hätten Ausländerkinder große Schwierigkeiten, unterschiedliche Kulturen für sich in Einklang zu bringen und den neuen Anforderungen in Deutschland gerecht zu werden.“

Bilder, die wir uns machen

„Ausländerkinder“? „Unterschiedliche Kulturen“? Die scheinbare Selbstverständlichkeit, mit der ein Zusammenhang zwischen dem Ausländerstatus und dem Schulmisserfolg über die Schlussregel „Kulturdifferenz“ hergestellt wird, verweist auf die Geläufigkeit des Arguments. Offenbar handelt es sich um allgemein geteiltes Alltagswissen: es ist ein Gemeinplatz, dass Ausländerkinder „zwischen zwei Welten“ leben und diese Situation die betroffenen Kinder vor allem in Konflikte führt, die ihr abweichendes Verhalten – sei es Schulversagen, sei es besondere Gewalttätigkeit – erklären hilft.

„Das Leben zwischen zwei Welten“ ist eines der Bilder, die wir uns von Fremden machen. Sie werden täglich und ohne weiter zu überlegen bemüht, wenn es darum geht, Abweichung, in unserem Bei-

spiel Schulversagen, von „Ausländerkindern“ zu illustrieren und plausibel zu machen. Ein Grund für die hohe Überzeugungskraft solcher Metaphern ist ihre Allgegenwart und ihre Funktionalität. Weil alle so denken, braucht ihr Erklärungswert nicht geprüft werden. Die Gründe für das Versagen können dem Gegensatz von „Herkunftskultur“ und „Mehrheitskultur“ zugerechnet werden, für den so recht niemand verantwortlich ist.

Man kann den „Kulturkonflikt“ als von jedem Kind individuell zu bewältigende Tatsache behandeln, wie dies in der Deutung des Schulsenators geschieht und wie dies viele Lehrer und Lehrerinnen immer wieder tun, wenn der Schulerfolg ausbleibt, wie dies auch Betroffene sehen, wenn sie sich zu ihrer Situation in ein Verhältnis setzen. In dieser Logik wäre zu überlegen, wie man den Konflikt mildern, den Kindern helfen und zu ihrem Schulerfolg beitragen kann.

Man kann aber auch fragen, wie das Problem beschrieben wird, und die wiederkehrende Deutung selbst zum Gegenstand der Analyse machen. Dann würde man die Formel „zwischen zwei Welten“ als eine beobachter- und kategorienabhängige, sozial gültig gemachte Beschreibungsweise untersuchen: Man beginnt mit der Annahme, dass es in der Gesellschaft bzw. ihren sozialen Teilsystemen Instanzen gibt, vor allem Politiker und Professionelle, die „soziale Probleme“ definieren können und dazu Redeweisen durchsetzen und institutionalisieren. Sie konstruieren ein „Problem“ durch Beschreibung, wie z.B. „Schulversagen“, das von einem anderen Beobachter, z.B. den Eltern oder Erziehungswissenschaftlern, mit anderen Wahrnehmungsmustern auch an-

Ein Bild von Fremden: „Beispiele aus der Projektarbeit der Klasse 8c: Zwischen zwei Stühlen – eine Schülercollage“.



ders beschrieben werden könnte, z.B. als Versagen der Schule. Um die „zutreffenden“ Problemkonstruktionen wird gerungen, bis sich eine – zumindest in Teilbereichen – herrschende Meinung, die von den Meisten für wahr gehalten und geteilt wird, durchgesetzt hat. Es gibt in jeder Gesellschaft Arten und Weisen, wie man über die „Wirklichkeit“ spricht, die mit Definitionsmacht durchgesetzt werden. Alltägliche wie wissenschaftliche Beschreibungen sind also beobachtungsrelative Konstruktionen; sie sind aber nicht nur Konstruktionen! Wenn sie und solan-

Ausländerkinder

wäre...
jede Schokolade ein



Leben in Löchern
Die Wohnsituation ist eines der größten Probleme der Ausländerkinder in der Bundesrepublik. Viele müssen in menschlich unzulässigen Löchern wohnen, weil sie bessere Wohnungen einfach nicht bekommen. Erst wenn eine Eingetragene Wohnung gefunden wird, dürfen sie einziehen.
Seite 104



Motiv noch unklar:

Benzin-Attentäter

Demonstranten vor der Tür, die in der Nacht zum 11. November 1998, das Auto an der Tankstelle in Düsseldorf in Brand setzte. Ein von einem türkischen Flüchtling gesteuertes Fahrzeug übernahm die Kontrolle über die Tankstelle. Der Täter schloßerte dem Tankwart eine Revolverkammer und schickte ihn mit dem Wort 'Tür' wieder zurück. Er konnte das Fahrzeug und das Auto übergeben. Der Flüchtling starb am 11. November 1998. Die Polizei untersuchte über die Taten. Der Flüchtling starb am 11. November 1998. Die Polizei untersuchte über die Taten.

Düsseldorf
Köln
Istanbul
GIBT
DORF
DM
420.-
Coulure 20 80-100 Jahre

Stühlen zwischen 2

ge sie gelebt werden können, bestimmen sie das Handeln genauso, als ob sie die „objektive Realität“ wären.

Sozial gültige und geteilte Wahrnehmungsmuster müssen einstudiert, erlernt und immer wieder reproduziert werden. Dies geschieht in der öffentlichen Kommunikation, in der Berufsausbildung, am Stammtisch, im alltäglichen Leben – nicht nur in den Massenmedien [Luhmann 1996] –, auch in der Schule, wo sozial gültiges Wissen nicht zuletzt in Schulbüchern an die nächste Generation weitergegeben wird.

Im Rahmen eines von der Stiftung Volkswagenwerk finanzierten Forschungs-

projektes „Bilder von Fremden“ untersuchen wir die Muster, nach denen „Ausländer“, „Migranten“, „Flüchtlinge“, „Fremde“ bzw. „Fremdheit“ in Schulbüchern thematisiert und bebildert werden. Schulbücher werden als Teil eines thematischen Diskurses über „Ausländer“ betrachtet. Da Unterrichtsmaterialien aber mit einem besonderen Aufklärungsanspruch ausgestattet sind, stellt sich die weitergehende Frage, welche Bedeutung neuere pädagogische Konzepte haben: Welche Rolle spielt das in den neunziger Jahren entwickelte Programm der Interkulturellen Pädagogik bei der Erzeugung, Korrektur oder Etablierung solcher Bilder? Werden in Schulbüchern tradierte, überkommene Fremdheitsvorstellungen überwunden, wird mit bekannten Stereotypisierungen und Vorurteilen gebro-

chen oder werden sie am Ende reproduziert und fortgeschrieben? Was also leisten unsere Schulbücher für das Zusammenleben von Mehrheit und Minderheiten?

Schulbuchwissen und Migrationsdiskurs

Bei unserer Studie handelt es sich um die erste konsequent diskursanalytisch ausgerichtete Untersuchung von Schulbüchern. Methodologisch gehen wir davon aus, dass es sich bei Schulbuchwissen um ein institutionell gebundenes, soziokulturell anerkanntes und dominantes Wissen handelt, das in sprachlich-bildlicher Form in thematisch begrenzten Diskursen z.B. über Ökologie, Familie, Migranten, Innere Sicherheit oder Erinnerung etc. vorliegt [vgl. Informationssysteme „Diskurstheorie“, S. 19]. Schulbuchwissen wird vielfach kontrolliert und durch zahlreiche Instanzen (Zulassungskommissionen, Wis-

senschaft, Schulbuchverlage) gefiltert. Es eignet sich deshalb besonders für eine Diskursanalyse, die sich für „herrschendes Wissen“ interessiert.

Zwei Einschränkungen über die Reichweite der Ergebnisse unserer Untersuchung sind zu machen: Eine diskursanalytisch angelegte Schulbuchuntersuchung kann nicht die im jeweiligen Diskurs vorfindbaren Redeweisen ideologiekritisch untersuchen. Es wird nicht danach gefragt, ob und wie Schulbücher ein „richtiges“ oder „falsches“ Bild von Migranten und Migrantinnen vermitteln, wie das in der inhaltsanalytisch orientierten Schulbuchforschung z.B. zur Geschichtsdarstellung im internationalen Vergleich geschieht. Wenn alle Beobachtungen Beobachter-determiniert, also kategorien- und interessenabhängig sind, kann es nur noch darum gehen, zunächst festzustellen, *welche* Bilder von Fremden überhaupt in Schulbüchern zu finden sind. Das Ziel ist zu prüfen, ob und welche Elemente des öffentlichen Migrationsdiskurses in Schulbüchern zu identifizieren sind. Dazu werden die Darstellungen im Schulbuch mit entsprechenden Diskurselementen in anderen Bereichen (Massenmedien, Politik, Wissenschaft) verglichen. Die Typik des gesamten Migrationsdiskurses und die dar-

in verwandten Bilder von Fremden erschließen sich erst durch diesen Vergleich. Die Gleichförmigkeit von Deutungen würde auf ihre Abhängigkeit von unhinterfragten Prämissen und Gewissheiten verweisen, die in den Wissenschaften als „Harmonie der Täuschungen“ (Fleck) bekannt ist.

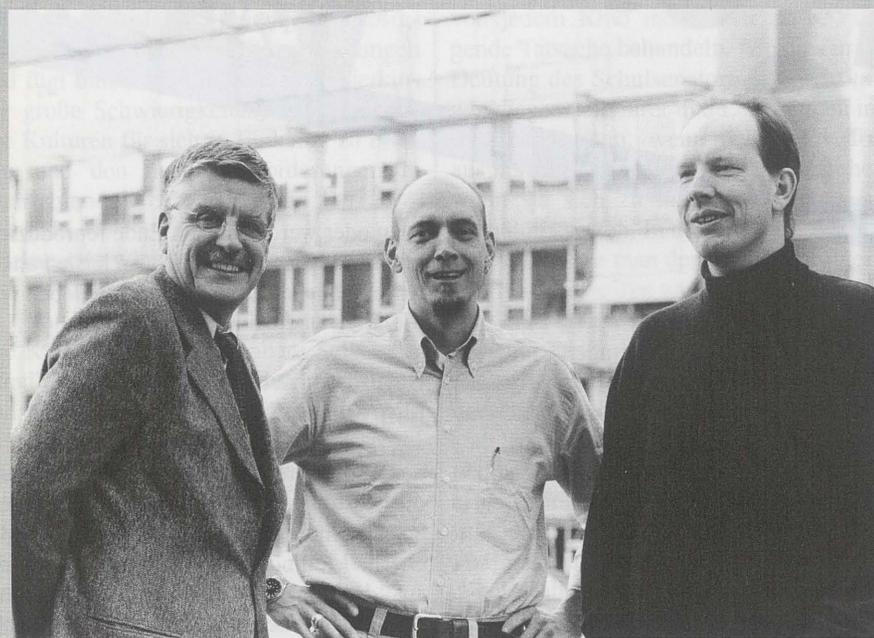
Eine weitere Einschränkung ist zu machen. Unsere Untersuchung versucht keine empirische Wirkungsforschung über Schulbücher, die angesichts der Komplexität der Situation im Klassenzimmer und der Tatsache, dass das Schulbuch nur ein (Sozialisations-)Medium unter anderen ist, auf große methodische Schwierigkeiten stoßen müsste. Wie und wo die Schüler ihr Wissen über die Fremden erwerben, müsste aus ihrer Aneignungsperspektive untersucht werden. Welches Wissen die Schulbücher beisteuern, lässt sich mit unserer Untersuchung beantworten. Analysiert werden kann, in welcher Weise die Thematisierungsform von Migranten in Schulbüchern die Unterrichtssituation vorstrukturiert, indem Wahrnehmungsmuster eingeführt und Positionen zugewiesen werden, mit denen die Deutungs- und Handlungsoptionen von Lehrern und Schülern eingerahmt werden. Schüler und Lehrende können die Inhalte einer Schulbuchseite annehmen oder ab-

lehnen, aber sie müssen sich in jedem Fall zu den Vorgaben verhalten.

Erste Befunde

Die Analyse von Schulbüchern beginnt mit den Abschnitten, in denen Begriffe aus dem semantischen Feld „Migration“ [vgl. Informationskasten „Semantisches Feld ‚Migration‘“, S. 21] zum Lerngegenstand gemacht werden, wird aber im weiteren Verlauf auch auf benachbarte Kapitel ausgedehnt, um den Ko- und Kontext der Migrantendarstellung erfassen zu können.

Wie das bisher analysierte Material zeigt, finden sich die im öffentlichen Diskurs über Migranten geläufigen Darstellungsmuster auch im Schulbuch: Migranten und Migrantinnen werden, um sie als solche kennzeichnen zu können, mit typisierenden Zuschreibungen eingeführt, die wiederkehrende semantische Merkmale wie Haut- und Haarfarbe, Bartracht und Kopftuch etc. miteinander verknüpfen. Diese Zuschreibungen werden zudem mit den polarisierenden Entgegensetzungen *modern/vormodern*, *eigene/fremde Kultur* und *Wir/Sie*-Differenz versehen. Auch im Schulbuch werden – wie im öffentlichen Diskurs – die Migranten im Allgemeinen, aber stellvertretend für diese, die türki-



Thomas Höhne (38, rechts im Bild) studierte Erziehungswissenschaften (Diplom-Pädagoge) und Germanistik (M.A.). Seit April 1998 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt „Bilder von Fremden“, wo er auch an seiner Dissertation zu dem Thema „Schulbuchwissen“ arbeitet.

Sein Interesse gilt der Verknüpfung von Diskurstheorie mit Theorien sozialen Wissens und machttheoretischen Ansätzen.

Thomas Kunz (37), gelernter Industriekaufmann, studierte Wirtschafts- und Gesellschaftswissenschaften in Frankfurt

am Main und schloß 1995 mit dem Diplom in Politik ab. Er arbeitete zunächst als Redakteur. Seit April 1998 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt „Bilder von Fremden“. Er promoviert zugleich am Fachbereich Gesellschaftswissenschaften zum Thema „Innere Sicherheit“ unter diskursanalytischer Perspektive.

Professor Dr. Frank-Olaf Radtke (54) studierte Soziologie, Psychologie und Germanistik in Frankfurt und Berlin. Nach seiner Promotion und Habilitation in Erziehungswissenschaften an der Universität Bielefeld war er Wissenschaftlicher Mitarbeiter am dortigen Zentrum für Lehrerbildung. Es folgten Forschungsaufenthalte an der University of Warwick, UK (1991) und am Hamburger Institut für Sozialforschung (1993). Seit 1994 ist er Professor für Erziehungswissenschaften an der Goethe-Universität. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Schulpädagogik, Professionstheorie, Erziehung und Migration. Seine jüngste Veröffentlichung zusammen mit Isabell Diehm erschien 1999 in Stuttgart unter dem Titel „Erziehung und Migration. Eine Einführung“; zusammen mit Manfred Weiß ist Radtke Herausgeber des Buches „Schulautonomie, Wohlfahrtsstaat und Chancengleichheit. Ein Studienbuch“, das in diesem Jahr bei Opladen erscheint.

sche Minderheit im besonderen, als ausländische „Sie“-Gruppe von der deutschen „Wir“-Gruppe unterschieden.

Da die Konstruktion einer Kulturdivergenz auch die Darstellung in den Massenmedien prägt [Jung/Wengeler/Böke 1997], steht schon nach der ersten Durchsicht des Materials infrage, ob Schulbücher die Aufklärungsfunktion erfüllen, die ihnen bildungspolitisch – manifestiert in Rahmenrichtlinien – zugeschrieben wird. Es handelt sich bei den Bildern von Fremden in Schulbüchern fast ohne Ausnahme um eine Reproduktion und damit Verstärkung (stereo-)typischer, zumeist medial vorgegebener Darstellungsformen. Schulbücher unterscheiden sich allerdings in zwei wichtigen Punkten: Anders als politische Rede oder Zeitungsartikel gilt Schulbuchwissen erstens als „objektiv“ und wird so zum normativen Bezugspunkt des Handelns für Schüler und Lehrer. Und zweitens: Wenn die „kulturelle Differenz“ selbst auf dem Lehrplan steht und im Schulbuch zum Unterrichtsthema wird, werden Teile der anwesenden Kinder als Repräsentanten der „anderen Kultur“ selbst zum Gegenstand/Objekt der Betrachtung. Auf diese Weise werden aus Mitschülern nach Na-

Diskurstheorie

Unter Diskurs ist eine institutionell geregelte Redeweise zu verstehen. In verschiedenen Formen der Diskurspraxis (Schule, Alltag, Politik, Medien) wird ein soziokulturell dominantes Wissen artikuliert, durch das „Die Ordnung des Diskurses“ [Foucault 1993] vorgegeben wird. Diese legt fest, was gesagt werden kann und nicht gesagt werden darf. Die Diskurstheorie nimmt Bezug auf Varianten des Strukturalismus [Levi-Strauss 1968, Gallas 1972] und des Konstruktivismus [von Glasersfeld 1997, zusammenfassend Knorr-Cetina 1989]. Jeder Wahrnehmungsakt, jedes „Sehen“, Kategorisieren und jede Äußerung eines Subjekts wird als Teil der Diskursordnung verstanden, in der Bedeutungen durch sprachliche Handlungen (re-)produziert

und (re-)konstruiert werden. Die Wirklichkeit ist nur über Beschreibungen zugänglich, die durch einen Beobachter vorgenommen werden, der bestimmte Unterscheidungen trifft und andere unberücksichtigt lässt [Luhmann 1990]. „Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit“ [Berger/Luckmann 1969] findet im sozialen Prozess der Verfestigung und schließlich Institutionalisierung von Redeweisen statt. „Konstruktion“ meint hierbei nicht das willkürliche Herstellen beliebiger Bedeutungen, sondern hebt den Umstand hervor, dass jedes „Objekt“, über das gesprochen wird, Teil einer Diskurs- und Wissensordnung [Spinner 1994] ist und daher nur in Relation zu dieser analysiert werden kann (z.B. Diskursanalyse).

tionalität unterschiedene „Ausländerkinder“, die in ihrer jeweiligen Besonderheit toleriert werden sollen.

Das im Schulbuch über Migranten vorfindbare „objektive“ Wissen strukturiert

mit der Thematisierung von kulturellen Unterschieden die Unterrichtssituation so vor, dass Migrantenkindern und deutschen Kindern ganz verschiedene Rollen und soziale Positionen zugewiesen werden. Ar-

ANZEIGE

EVENT-SERVICE

Ihre CD • direkt vom Presswerk • schnell • zuverlässig • preiswert

DISC-SPEZIAL

Digitale Datenträger GmbH

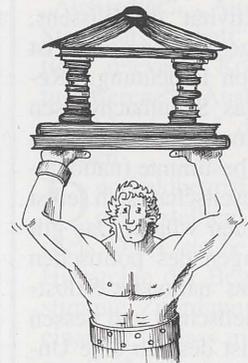
Liebigstraße 3-7
D-61130 Nidderau

Tel.: +49(0)6187-9399-0
Fax: +49(0)6187-9399-3

Kleine und große Auflagen • in zuverlässiger Qualität
zu vernünftigen Preisen • 1 bis 5 farbig bedruckt
Booklet & Inlaycard • Sonderverpackung aller Art.

Das DISC-SPEZIAL-TEAM
freut sich auf Ihren Anruf

EIN STARKES STÜCK



DIE SCHULBUCHSAMMLUNG IN UNI-NÄHE!

Eine kleine, aber feine Präsenzbibliothek aktueller
Unterrichtswerke lädt Sie zum Besuch ein:
montags - donnerstags 9.00 bis 17.00 Uhr
freitags 9.00 bis 14.30 Uhr

INSTITUT FÜR
BILDUNGSMEDIEN E.V.
FRANKFURT AM MAIN



Zeppelinallee 33, 60325 Frankfurt am Main
Telefon: 069/709046 · Telefax: 70790169

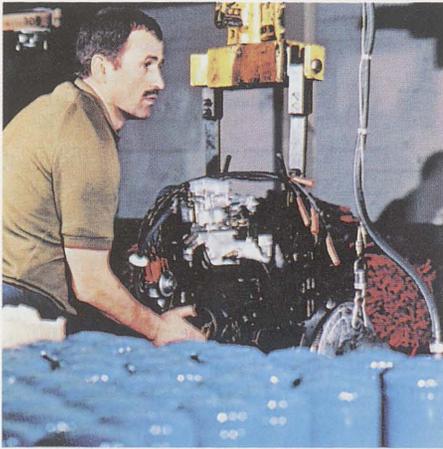


Abb. 1: Eine geläufige Vorstellung vom modernisierten Ausländer Anfang der achtziger Jahre: „Der Vater arbeitet in einer Fabrik“.

beitsanweisung wie „Stellt euren ausländischen Mitschülern Fragen. Sie werden sicher gern von ihrem Leben in Frankfurt erzählen. Manche kennen auch noch ihre alte Heimat“, machen Migrantenkinder zum Objekt von Befragung durch ihre deutschen Mitschüler, die unversehens in die Subjektposition rücken. Die einen fragen, die anderen dürfen Fragen aus ihrem (Privat-) Leben beantworten. Oder die ganze dritte Klasse setzt sich mit der Frage auseinander: „In Frankfurt arbeiten und wohnen viele Menschen aus anderen Ländern. (...) Haben sie ein Recht, hier zu sein?“ – wodurch ein Teil der anwesenden in die Defensive gerät.

Neben der „Objektivität“ des Wissens, die Schulbüchern zugeschrieben wird, ist ein weiterer Punkt von Bedeutung: „Repräsentativität“. In das Schulbuchwissen gehen zahlreiche normative Vorstellungen darüber ein, wie eine bestimmte (nationalstaatlich verfasste) Gesellschaft sich selbst gerne beschrieben sehen würde. Das gilt auch unter Bedingungen des politischen Föderalismus. Um das nationale Selbstverständnis einer Gesellschaft und dessen Wandel zu erfassen, ist deshalb eine Untersuchung von Schulbüchern besonders ergiebig. Das gilt auch für die Frage des Umgangs mit Migranten. Die bundesdeutsche Gesellschaft wird heute in der Öffentlichkeit im wesentlichen als „tolerant“ und „offen“ gegenüber Minderheiten dargestellt. Die Absicht, zu Toleranz und Offenheit zu erziehen, bewirkt im Schulbuch, dass Migranten unter Überschriften wie „Vorurteile“ oder in Kapiteln thematisiert werden, in denen soziale Probleme („Arbeitslosigkeit“, „Ausländerfeindlichkeit“, „Kriminalität“, etc.) behandelt werden. „Behinderte“, „Migranten“ oder andere soziale Randgruppen werden nicht selten gemeinsam in einem Abschnitt „durchgenommen“. Derartige thematische

Subsumtionen sind Indizien für ein Machtgefälle zwischen Mehrheit und Minderheit, das durch die Darstellungsform eher bekräftigt, allenfalls durch Mitleid moralisch überformt wird.

Virtuelle Schülerbiographien und Modellschüler

Neben der diskursanalytischen Ausrichtung besteht ein weiteres Novum der Frankfurter Schulbuchanalyse in der Kon-



Abb. 2: Die Frauen modisch gekleidet und mitarbeitend im türkischen Obst- und Gemüseladen: „Die Mutter arbeitet vormittags als Verkäuferin.“



Abb. 3: Hinweise auf Wohnsituation und in Verbindung damit auf Tendenzen zu ethnifizierter Abschottung bzw. Gettoisierung sind nur eines der typischen „Bilder von Fremden“, die wir uns machen. Im Schulbuch wird das Bild mittels Text verdeutlicht: „In dieser Straße wohnen Fusun und Volkan mit ihren Eltern. Die meisten ihrer Nachbarn kommen auch aus der Türkei.“

Abb. 4: Im Schulbuch Ende der siebziger, Anfang der achtziger Jahre werden Ausländerkinder als defizitäre Minderheit mit Sprach- bzw. Lernproblemen dargestellt: „Volkan und sein Freund können sich schlecht verteidigen.“

struktion Virtueller Schülerbiographien. Mit diesem methodischen Zugang kann aus der Perspektive gedachter Schüler der jeweiligen Jahrganggruppen nachvollzogen werden, welchen Sach- und Sozialkundebüchern sie im Laufe ihrer zehnjährigen Schulzeit „ausgesetzt“ gewesen sein könnten. Dazu werden vergleichend die in den Jahren 1981 bis 1997 meistbeschafften Schulbücher erfasst und zu Abfolgen geordnet. Wenn jedes der zu untersuchenden Bücher ein bestimmtes Bild von Fremden enthält, lässt sich auf diese Weise das sozialisatorische Feld der Wissensvermittlung über Fremde bestimmen, so weit das Thema Migration Bestandteil des Curriculums geworden ist. Es lässt sich rekonstruieren, wie und welche Bilder von Fremden über (Schul-)Jahre hinweg aufeinander folg(t)en: Bilder, die sich in Schulbiographien der Modellschüler kumulieren. Mit Virtuellen Schülerbiographien wird eine Perspektive gewonnen, die über die isolierte Einzelbetrachtung von Schulbüchern hinaus weist und die Beobachtung von Verstärkung oder Korrektur erlaubt. Einzelanalysen werden zeitbezogen kombiniert; die potenzielle Anreicherung von (Schulbuch-)Wissen im Leben eines Schülers im Untersuchungszeitraum kann idealtypisch nachgezeichnet werden.

Zugleich werden Schüler als Modell-Leser [Eco 1990] verstanden, die an der Produktion des Textes, den ein Autor vorgelegt hat, aktiv beteiligt sind. Auch Schüler sind Leser, die unter Rückgriff auf früher bereits angeeignetes Wissen Texte, die grundsätzlich mehrdeutig sind, mit Sinn versehen und zu vereindeutigen suchen. Dieses Konzept des Schülers als Modell-Leser ermöglicht es, sozialisatorische Einflüsse der Wissensvermittlung und -Verdichtung greifbar und analysierbar zu machen – unter gleichzeitiger Anerkennung der Bedeutung der Lehrerrolle.





Abb. 5: Ausländerkinder, als Anschauungsobjekte in doppelter Weise vorgeführt – im Schulbuch und in der Klasse: „Fusun kommt in eine deutsche Klasse.“



Abb. 6: Dem als defizitär vorgestellten Ausländerkind muss geholfen werden – von deutschen Schülern und deutschen Eltern: „Christians Mutter hilft bei den Hausaufgaben.“

Denn gerade Schule ist als der gesellschaftliche Ort anzusehen, an dem Les- und Interpretationskompetenz erst erworben werden soll. Dem Schüler-Leser, als Mitproduzenten des Schulbuchtextes, muss deshalb geholfen werden. Dazu wird den Schülern institutionell ein Ko-Leser in Gestalt des Lehrers zur Seite gestellt. Dieser fungiert als Ko-Produzent von Sinn und Bedeutung; er stellt seinerseits implizites Wissen (in unserem Fall: über „Fremde“) zur Verfügung. Er tritt als Interpret bereits etablierten Wissens aus anderen Diskursbereichen auf. Lehrer plausibilisieren in dieser Konfiguration potenziell ihr vorhandenes Eigenwissen über Migration und Migranten für sich selbst und die Schüler. Das heißt: Schüler werden vom Lehrer, der das Schulbuch „auslegt“, eingeübt in sozial gültige Beschreibungs- und Redeweisen, hier über die „Fremden“.

Vom Defizit zur Differenz

Beherrschte in den achtziger Jahren noch die Integration von „Gastarbeitern“

die Darstellungen im Schulbuch, so änderte sich dies in den neunziger Jahren: Migranten werden nun zumeist unter dem Vorzeichen von Kulturdifferenz präsentiert. Hieran zeigt sich, dass Diskurse aus dem politischen und wissenschaftlichen Bereich zeitversetzt das jeweilige Schulbuchwissen mitgestalten.

Politisch wurde bis Anfang der achtziger Jahre die Situation von Migranten mit ökonomischen („Gastarbeiter“) bzw. sozialen Unterscheidungen („Wohnsituation“) beschrieben. „Integration“ als politischer Topos war – durchaus abgehoben von rigiden Assimilationsvorstellungen – die Antwort auf den Umstand, dass viele Migranten nach dem Anwerbestopp von 1973 nicht mehr – wie ursprünglich im Rotationskonzept der Anwerbung vorgesehen – in die „Heimatländer“ zurückkehren, sondern in Deutschland bleiben wollten. Im weiteren Verlauf der achtziger Jahre wurde der öffentliche Migrationsdiskurs mit der Übernahme des „Multikulturalismus“ in die politischen Auseinandersetzungen zunehmend von der Unterscheidung nach „Kulturen“ und dem

Semantisches Feld „Migration“

Zu Beginn einer Diskursanalyse dient die Erstellung eines semantischen Feldes dazu, die für eine bestimmte Fragestellung relevanten Dokumente (Texte, Bilder, Grafiken) zu identifizieren und so das Textkorpus zu begrenzen. Da Forscher auf Grund ihres Vorwissens Teil des Diskurses sind, den sie untersuchen, können sie assoziativ ein semantisches Feld in Form einer Stichwortliste bilden.

Unter der Fragestellung, welche „Bilder von Fremden“ in Schulbüchern zu finden sind, gehen wir von dem soziologischen Begriff der „Migration“ aus. Er beschreibt Wanderungsprozesse, ohne Richtungen (Aus-, Einwanderung), Motive und Umfang von Migrationsbewegungen festzulegen. Gegenüber anderen Begriffen hat er den Vorteil der Distanz zum Gegenstand und vermeidet weitgehend gesellschaftspolitische Bewertungen.

Alle mit dem Thema Migration zusammenhängenden Begriffe, die im Diskurs verwendet werden, wie „Gastarbeiter“, „Einwanderer“, „Einwanderung“, „ein- und auswandern“, „politischer Flüchtling“, „Asylanten“, „Fremde“, „Kultur“, „Differenz“, „Konflikt“, „Moderne“, „Vorurteil“, „Aussiedler“, „Ausländer“, „doppelte Staatsbürgerschaft“ usw., sowie thematisch relevante Kombinationen „Kulturdifferenz“, „Ausländerfeindlichkeit“ etc. können auf diese Weise erfasst werden.

Der Feldbegriff soll die Offenheit der erstellten Wortliste verdeutlichen. Die Liste beinhaltet weder eine Hierarchie der Begriffe noch eine bestimmte Zuordnung der Worte untereinander, sodass man von einem offenen Suchraster insofern sprechen kann, als im Zuge der Analyse weitere Begriffe ergänzt werden können. Die Interpretieren lassen sich von den untersuchten Texten und den dort vorgefundenen Verwendungsweisen der Begriffe „belehren“.

Grad ihrer „Fremdheit“ bestimmt. Von da an dominieren jene Topoi wie „die andere Kultur“ oder „Leben zwischen zwei Kulturen“. Man kann einen grundlegenden semantischen Wechsel in der Beschreibung der Lebenssituation von Migranten in Deutschland vom „Gastarbeiter“ zum „Fremden“ und schließlich zum „Allzufremden“ beobachten. Aus dem „Auslän-



Abb. 7: Eltern und Kinder versuchen, sich an die neue, moderne Gesellschaft anzupassen. „Eine ausländische Familie“ in Deutschland war 1981 im Schulbuch eine türkische Familie. Den Darstellungen lag eine Assimilationserwartung zu Grunde, die immerhin davon ausging, dass Integration möglich sei.

derproblem“ wurde in der veröffentlichten Meinung ein Problem der „Turk-Völker, dazu Palästinenser, Maghrebener und andere aus ganz und gar fremden Kulturkreisen Gekommene“, wie die FAZ schon 1982 – mitten in einem Wahlkampf – in einer Leitglosse schrieb [vgl. Radtke 1996]. Wissenschaft und Politik haben diesen Wechsel gleichzeitig vorgenommen; mit zeitlicher Verzögerung wurde er als thematische Konzentration auf islamische Kinder auch in Sach- und Sozialkundebüchern nachvollzogen.

Bilder von Fremden

Die Themen „Fremde“ und „Fremdheit“ im Schulbuch dokumentieren, wie sich die defizitorientierten Zuschreibungen („Gastarbeiterkinder können nicht so gut Deutsch, Lesen, Schreiben“ usw.) zu „Kulturunterschieden“ und „Fremdheitserfahrungen“ verschoben haben. Grob lassen sich beide Darstellungsformen unterschiedlichen pädagogischen Programmen zuordnen: der „Ausländerpädagogik“, die auf Kompensation von Defiziten durch (Sprach-)Förderung ausgerichtet ist, und der „Interkulturellen Pädagogik“. Im Programm des Interkulturellen Lernens soll ausdrücklich die „andere Kultur“ zum Gegenstand von Unterricht und so auch zum Thema in Schulbüchern gemacht werden, um zu wechselseitigem Verständnis und Toleranz zu erziehen [vgl. Diehm/Radtke 1999, besonders Kap. V].

Der semantische Wechsel lässt sich am Austausch zweier Topoi verdeutlichen: Die Ausländerpädagogik benutzt die „Modernisierungsdifferenz“ zwischen dem Herkunfts- und dem Einwanderungsland, während Interkulturelles Lernen, die „Kulturunterschiede“ zur Charakterisierung der Situation der Migranten hervorhebt. Im ersten Falle sollen die Differenzen



überwunden werden und sie gelten auch als überwindbar, im anderen Falle sollen sie gerade erhalten und anerkannt werden.

Die Phase der Modernisierungsdifferenz

Schulbücher aus den frühen achtziger Jahren stellen zur Veranschaulichung der Leitdifferenz der modernen Einwanderungsgesellschaft das Bild eines vormodernen, traditionell geprägten Herkunftslandes gegenüber. Einwanderer in „unserer“ modernen Gesellschaft werden durch die Themenfelder Wohnen, Arbeiten, Familie eingeführt. Erwachsene wie Kinder erscheinen nicht als Individuen, sondern sie repräsentieren paradigmatisch die Migranten und ihre Probleme. In Text und Bild finden sich die geläufigen Vorstellungen von modernisierten Ausländern: die Männer als (schnauzbärtige) Industriearbeiter in untergeordneter Funktion (Abb. 1) oder als Facharbeiter auf dem Bau, die Frauen und Mütter modisch ge-

kleidet und mitarbeitend (Abb. 2); häufig zu finden sind die Motive türkischer Obst- und Gemüseläden, schlechte Wohnsituation mit der Tendenz zu Abschottung und/oder Gettobildung (Abb. 3).

In der Schule werden die Kinder als defizitäre Minderheit mit Sprach- bzw. Lernproblemen (Abb. 4), aber auch als Anschauungsobjekt für die anderen und



Abb. 9: Abbildungen vor- und frühindustrieller Produktionsweisen konstruieren das Herkunftsland Türkei als traditionell und vormodern: „Volkan erzählt ... 'Hier hat mein Vater gearbeitet. Er hat nicht viel verdient.'“



Abb. 10: Kennzeichen vormoderner Gesellschaften ist u.a. vorherrschend agrarisch geprägt zu sein. Auch dies wurde im Schulbuch in pauschale Zuschreibungen übersetzt. In der „Heimat“ Türkei wird noch für den Eigenbedarf angebaut: „Die steinigen Äcker sind schwer zu bearbeiten.“

Empfänger von Hilfe vorgestellt (Abb. 5 und 6). Die türkische Familie wird präsentiert, wie sie sein sollte: Füsün, Volkan, Nihat – oder wie die beispielhaft hervortretenden türkischen Kinder auch heißen – und ihre Eltern versuchen, sich an die neue, moderne Gesellschaft anzupassen. Diesen Darstellungen liegt eine Assimilationserwartung zu Grunde, sie vermittelt aber auch die Aussicht, dass Integration möglich sei (Abb. 7).

Die Vorstellung von Modernität speist sich implizit aus einem mit Fortschrittlichkeit gleichzusetzenden Set von Merkmalen, mit dem die Einwanderungsgesellschaft Bundesrepublik sich selbst beschreibt: industrielle Produktions- und Arbeitsbedingungen, ausgebauter Dienst-

leistungssektor, großstädtische Wohnformen, relativ moderne Geschlechterrollenauffassungen/Frauenbild, Kleinfamilien (Eltern mit zwei Kindern), umfassendes Bildungssystem.

Die Beschreibungen der Herkunftsländer sind als direkte Negation zu lesen. Die Herkunftsgesellschaft, die zumeist mit der Türkei gleichgesetzt wird, gilt als vormodern, ohne dass dort zur gleichen Zeit stattfindende Modernisierungsanstrengungen registriert würden. Sie wird

Thema „Fremde“ und „Fremdheit“ wird in neueren Büchern häufig in einem eigenen Unterkapitel behandelt, zum Beispiel: „Lernen mit Menschen aus verschiedenen Kulturen zusammenzuarbeiten“ (Abb. 13). Diese Doppelseite darf in zweifacher Weise als pädagogisch progressiv gelten. Sie behandelt das Thema in Anlehnung an das Konzept der Interkulturellen Pädagogik und orientiert sich zugleich am didaktisch-methodischen Paradigma der „Handlungsorientierung“: Dominiert wird die Doppel-



Abb. 12: Die Hervorhebung der öffentlichen Bedeutung von Religiosität in der Türkei, symbolisiert durch die Abbildung von Moscheen bzw. Minaretten, wird seit jeher immer wieder herangezogen, um Fremdheit und Andersartigkeit zu belegen. Hier spielt auch die Assoziation hinein, dass Religiosität nicht nur allgemeines Merkmal ist, sondern in Gestalt des Islam noch eine weitere Zuspitzung erfährt, zumal Verweise auf islamischen Glauben einen fast schon paradigmatischen Gegensatz zum modernen und christlichen Abendland markieren helfen: „So sieht bei uns eine Kirche aus. Sie wird Moschee genannt.“

kontrastiv über die Metapher „türkisches Dorf“ eingeführt. Charakteristisch sind Landwirtschaft, dörfliches Wohnen (Abb. 8), vor- und frühindustrielle Produktionsweisen (Abb. 9), Nahrungsmittelproduktion für den Eigenbedarf (Abb. 10), Großfamilien (Abb. 11), ein – wenn überhaupt – bloß rudimentär existierendes Bildungssystem, öffentliche Bedeutung von Religiosität, symbolisiert durch die Abbildung von Moscheen bzw. Minaretten (Abb. 12). Schulbuchspezifisch werden die Darstellungen der Türkei von dem Hinweis begleitet, hierbei handele es sich um Beschreibungen der „Heimat“ der ausländischen Mitschüler. Die Türkei und die dort lebenden Menschen werden stereotyp, pauschalisierend und vor allem hierarchisierend als vormodern im Sinne von rückständig konstruiert.

Die Phase der Kulturdifferenz

In den Schulbüchern der neunziger Jahre ist die semantische Umstellung auf „Kulturdifferenz“ deutlich abzulesen. Das

Seite von einer Collage [vgl. Bild auf S. 17], die als Arbeitsergebnis einer Schülergruppe vorgestellt wird. Beigestellte Texte liefern Anregungen für ähnliche Arbeitsvorhaben und mögliche Fragestellungen, enthalten sich aber der Vermittlung von Faktenwissen.

Die Collage zeigt ein Mädchen, das zugleich auf zwei Stühlen sitzen muss. Die Textbotschaft „Ausländerkinder zwischen 2 Stühlen“ wird mit dem Kopftuch bildlich zu „türkischen Kindern“ vereindeutigt. Der Arbeitsvorschlag „Wir kochen zusammen türkisch“ auf derselben Seite bestärkt diese Gleichsetzung von „ausländisch“ mit „türkisch“.

Die Metapher vom „Sitzen zwischen zwei Stühlen“ ist Teil des *Common-sense* geworden und in vielen Schulbüchern über alle Jahrgangsstufen hinweg anzutreffen (Abb. 14 und Abb. 15). Die Präsentation der Metapher als Schüler-Collage soll Authentizität verbürgen. Sie suggeriert, hier sprächen Schüler – womöglich gar „ausländische Mitschüler“ – über ein/ihr tatsächliches Problem. Nicht deutlich



Abb. 11: Geradezu klassisch für das Türkeibild – nicht nur im Schulbuch – ist die typisierende Zuschreibung mittels Hinweisen auf großfamiliale Bindungen: „Das ist meine Familie in der Türkei“. Der Vergleich mit Abbildung 7 zeigt zudem sehr deutlich, wie die Entgegensetzung modern/vormodern mittels des Themas Familie umgesetzt wird.

wird, dass es sich bei der Collage um ein im Rahmen eines Schülerwettbewerbes der Bundeszentrale für Politische Bildung angefertigtes Schülerwerk einer achten Klasse aus dem Jahre 1980 handelt. Thema des damaligen Wettbewerbes: „Kinder und Jugendliche ausländischer Arbeitnehmer – Deutsche zweiter Wahl?“

Häufig wird versucht, die Metapher in fiktive Episoden und Geschichten zu übersetzen: „Das türkische Mädchen Türkan erzählt: Du weißt nicht, wie es ist, überall ein Fremder zu sein. Ich bin in der Bundesrepublik Deutschland geboren. Meine Eltern arbeiten hier. Manch einer sagt: 'Du bist Deutsche.' Andere sagen: 'Du bist eine deutsche Türkin.' Aber was bin ich wirklich? In meiner Schule sind alle Kinder Deutsche. Hans, Helga ... Neben ihnen fühle ich mich bedrückt.“

Bemerkenswert ist, dass die „ausländischen Mitschüler“ als typische Repräsentanten von Fremdheit zum Unterrichtsgegenstand gemacht werden. Fremdheit wird vorausgesetzt. Erst als „Fremde“ werden sie zum Medium der Interkulturellen Pädagogik mit der Chance, entweder als Opfer der Situation Beachtung zu finden oder – „wenn türkisch gekocht wird“ – als kulturell bereichernd akzeptiert zu werden. Die zu der Collage gehörenden Arbeitsanweisungen lauten beispielsweise: „Unsere ausländischen Mitschülerinnen und Mitschüler erzählen“; es wird dazu angeregt, eine große Landkarte zu zeichnen, in die eingetragen werden könne, „woher die Familien

der ausländischen Mitschülerinnen und Mitschüler in eurer Klasse kommen“.

Die metaphorische Darstellung „zwischen zwei Stühlen“ macht die Kulturdifferenz zur Ursache der Integrationsprobleme und der damit verbundenen (Lern-)Defizite. Aus Kulturdifferenz wird quasi-naturnotwendig ein Kulturkonflikt und schließlich ein Identitätsproblem. Im Schulbuch wird eine Argumentationsfigur wiederholt, die auch der zitierte Bremer Bildungsminister seiner Problembeschreibung unterlegt hat. Es ist kein Konflikt zwischen Personen oder sozialen Interessen, sondern der verinnerlichte Konflikt eines Individuums (hier: des „Ausländerkindes“), aus dem rasch, über die Argumentationsbrücke „abweichendes Verhalten“ „sozialer Sprengstoff“ werden kann. Die Warnung vor einer solchen Gefahr findet sich bereits im Ausschreibungstext des zitierten Schülerwettbewerbs der Bundeszentrale für politische Bildung aus dem Jahr 1980: „Erst in letzter Zeit wird der deutschen Öffentlichkeit zunehmend bewusst, dass unzufriedene, unausgebildete und nicht integrierte Jugendliche ausländischer Arbeitnehmer einen sozialen Sprengstoff darstellen, dessen Gefährlichkeit gar nicht überschätzt werden kann.“

Die soziale Ordnung im Klassenzimmer

Die selbstverständliche Konstruktion des ausländischen Kindes als „ausländi-

chem Mitschüler mit Identitätskonflikt“ im Schulbuch führt dazu, dass diese Kinder, ob sie wollen oder nicht, als Problemgruppe entlang der Zugehörigkeitsachse *deutsch/ausländisch* konstituiert werden. Ausländerkinder werden im Unterricht in eine Objektkontrolle gedrängt. In Abgrenzung dazu vollzieht sich gleichzeitig eine positive Identitätsbildung aufseiten der „deutschen“ Schüler, die ihre „ausländischen Mitschüler“ interessiert betrachten, ihnen helfen und sie in ihrer Fremdheit als Bereicherung erfahren und annehmen sollen. Die Darstellung der Fremden unterstützt die Selbstversicherung und Identitätsbildung bei „deutschen“ wie bei „ausländischen“ Schülern – aber mit je umgekehrtem Vorzeichen. Wenn man weiß, dass „Identitätsfindung“ im Kindes- und Jugendalter über einfache Dichotomien verläuft, wird umso bedeutsamer, die Identifikationsangebote zu reflektieren, die Schulbücher machen. Für den Bereich der Geschlechtersozialisation ist das mit der Ausarbeitung komplexer Darstellungsformen der Geschlechterrollen, die sich absichtsvoll gegen geläufige Stereotypen richten, bereits geschehen. Derzeit wird in den Schulbüchern eine ethnische Ordnung mit der Bewertung von Unterschieden der Sprache und permanenten Hinweisen auf nationale Herkunft begründet. Dazu tragen die oben geschilderten einfachen Entgegensetzungen („Wir“/„Sie“, *eigen/fremd, modern/vormodern*) bei, die von den bisher untersuchten Schulbü-

Lernen mit Menschen aus verschiedenen Kulturen zusammenzuarbeiten

Eine achte Klasse hat zu dem Thema „Aus Fremden werden Freunde“ ein Projekt (→ S.55) durchgeführt und dabei die folgenden inhaltlichen Schwerpunkte bearbeitet:



Aus Fremden werden Freunde – ein Projekt der Klasse 8c

1. Stellt einen eigenen Projektplan auf (→ S. 54/55). Um welche Themen würdet ihr das Projekt der achten Klasse ergänzen?
2. Sammelt zu den einzelnen Arbeitsschwerpunkten aus Zeitungen und Zeitschriften Materialien, die ihr in eure Gruppenarbeit einbeziehen könnt.
3. Produziert in den verschiedenen Arbeitsgruppen (Lern-)Produkte, die ihr in der Präsentationsphase des Projekts (→ S. 66 ff.) der ganzen Klasse vorstellen könnt.



- Gruppe 1**
Ihr könnt eine große Landkarte zeichnen, in die ihr durch Symbole, Bilder und Texte einträgt.
- woher die Familien der ausländischen Mitschülerinnen und Mitschüler in eurer Klasse kommen,
 - wie Arbeit und Leben in deren Heimat aussehen,
 - welche Erfahrungen sie hier in Deutschland gemacht haben.

- Gruppe 2**
Ihr könnt Rollenspiele erarbeiten und sie mit der Videokamera aufzeichnen.

- Gruppe 3**
Ihr sammelt türkische Rezepte, kauft auf dem Markt entsprechend ein und gestaltet verschiedene türkische Mahlzeiten, wozu ihr dann die ganze Klasse einladet.

1. Wie haben die Schülerinnen und Schüler der Klasse 8c die Situation „zwischen zwei Stühlen“ ausgedrückt? Worfür setzen sie sich ein?
2. Schreibt einen Kommentar zu der Collage „Zwischen zwei Stühlen“. Welche Meinung vertrittet ihr dazu?
3. Fertigt ähnliche Collagen zu diesem Thema an und stellt sie eurer Klasse vor.

Beispiele aus der Projektarbeit der Klasse 8c: Zwischen zwei Stühlen – eine Schüler-Collage

Abb. 13: Diese Doppelseite darf in zweifacher Weise als pädagogisch progressiv gelten: Sie behandelt das Thema in Anlehnung an das Konzept der Interkulturellen Pädagogik und orientiert sich zugleich am didaktisch-methodischen Paradigma der „Handlungsorientierung“: Doppelseite der Lerneinheit „Lernen mit Menschen aus verschiedenen Kulturen zusammenzuarbeiten“.



Zwischen zwei Welten

Viele Ausländerkinder sind schon in der Bundesrepublik Deutschland geboren. Hier sind sie in den Kindergärten gegangen und eingeschult worden. Türkische Mädchen

und Jungen z.B. kennen die Türkei oft nur aus Verwandtenbesuchen und Urlaubsreisen. Sie sprechen die deutsche Sprache häufig besser als Türkisch. Ihre Familien leben schon in der zweiten oder dritten

Generation in Deutschland. Dennoch fühlen sie sich hier immer noch nicht heimisch. Nach den deutschen Gesetzen bleiben sie Ausländer. Das ist in anderen Ländern anders. So werden z.B. in den USA geborene Kinder automatisch amerikanische Staatsbürger. Viele Betroffene möchten gern Türken bleiben und zugleich deutsche Staatsbürger werden.

Eine Lösung könnte die doppelte Staatsbürgerschaft sein. Dabei würden Ausländer ihre bisherige Staatsangehörigkeit behalten und zusätzlich deutsche Staatsbürger werden. Dies entspricht ihrer Lebenslage »zwischen zwei Welten« (Stühlen) und würde das Zusammenleben in Deutschland erleichtern. Ausländische Mitbürgerinnen und Mitbürger könnten dann z.B. an politischen Wahlen teilnehmen.

Abb. 14: Stühle als Metapher für „Welten“: „Zwischen zwei Welten“. Bei dieser Abbildung fällt außerdem die Ähnlichkeit zu Bilddetails der Collage aus Abbildung 13 auf. Offensichtlich war die Collage Vorlage für weitere Schülerarbeiten, die dann ihrerseits erneut herangezogen wurden, um den „Konflikt“ authentisch zu bebildern und hierüber seine Evidenz mittels Darstellung von Betroffenen als „wirklich“ zu bezeugen.

chern nicht irritiert, sondern weiter unterstützt werden.

Bestand das Problem in der ersten Phase der Ausländerpädagogik in Sprachdefiziten und Lernschwierigkeiten, die durch Förderung behoben werden sollten, erscheint das Problem heute als unvermeidbarer Kultur- bzw. Identitätskonflikt, mit dem das einzelne Kind leben muss.

Die Virtuellen Schülerbiographien, also die Abfolge von zehn Schuljahren mit den zugeordneten Schulbüchern, zeigen, dass trotz der semantischen Umstellung von „Integration“ auf „Kulturdivergenz“ sich im Ergebnis für die anwesenden Migrantenkinder nicht viel verändert hat: Auch die dritte Generation von Migranten wird qua nationaler Herkunft ihrer Eltern durchgängig als „Problem“ behandelt. Am Ende ihrer Schullaufbahn sind ihre deutschen Mitschüler in diese mehrheitliche Denkgewohnheit und verbreitete Gewissheit über die Probleme der Migranten eingeebnet. Legt man nur die Bücher und die von ihnen ausgehende Vorstrukturierung der Unterrichtssituation zu Grunde, lässt sich vermuten, dass die Migrantenkinder nach zehn Schuljahren wissen, dass sie kulturell „fremd“ sein müssen, um angenommen zu werden. Die „deutschen“ Schüler erfahren mit der didaktisch unterstützten Subjekt-/Objekt-Aufteilung die Gültigkeit der ethnischen Über- und Unterordnung. Betrachtet man nur die Schulbuchseiten, fungiert Schule nicht als Veranstaltung, die geläufige Konstruktionen der Fremden unterläuft, sondern als Institution, in der von allen Beteiligten, „Deutschen“ und „Ausländern“, Identifizierungsleistungen mit den

herrschenden Bildern von Fremden zu erbringen sind.

Die diskursanalytische Untersuchung von Schulbüchern kann so auch gelesen werden als ein erster empirischer Versuch, die Praxis Interkultureller Pädagogik zu beobachten. So weit Schulbücher die Unterrichtssituation sozial vorstrukturieren, scheint bereits die Gestaltung von Schulbuchseiten den deklarierten Absichten des toleranten Umgangs mit „Vielfalt“ zuwiderzulaufen. Es zeigt sich, dass stereotype Bilder von Fremden bestärkt und nicht infrage gestellt werden. Das gilt gerade für die neueren Buchprodukte, mögen sie auch aktueller und handlungsorientierter sein. Die pädagogische Thematisierung von kultureller Differenz vermag sich nicht aus einem Paradox zu lösen: die Darstellung von Fremden ist auf signifikante Zeichen zu ihrer Charakterisierung angewiesen und reproduziert – trotz aller guten Absichten – die (Stereo-)Typen, zu deren Abbau sie angetreten ist. Wir haben bislang keine befriedigende Lösung für die hier nachgezeichneten Darstellungsprobleme gefunden. Möglicherweise ist die Lösung auch nicht auf der Ebene des Curriculums und der Erhebung von kultureller Differenz zum Unterrichtsgegenstand zu finden [vgl. Diehm/Radtke 1997]. Das Zusammenleben unter Migrationsbedingungen vollzieht sich nicht zwischen „kleinen Repräsentanten“ verschiedener Kulturen, sondern muss als soziales Lernen zwischen Individuen organisiert werden. Toleranz kann nicht gelehrt, sondern muss gelebt werden.



Literatur

- Berger, P. L./Luckmann, T. (1969): Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Frankfurt/M.
- Diehm, I./Radtke, F.-O. (1997): Bildungsinhalte in einer „multikulturellen Gesellschaft“ – Probleme der Thematisierung ethnischer Differenz in der Schule. In: O. Achs et al. (Hg.): Lehrplanreform. Neuvermessung der Landkarte des Lernens. Wien. S. 46-65.
- Diehm, I./Radtke, F.-O. (1999): Erziehung und Migration. Eine Einführung. Stuttgart.
- Eco, U. (1990): Lector in Fabula. München
- Foucault, M. (1993): Die Ordnung des Diskurses. Frankfurt/M.
- Höhne, Th./Kunz, Th./Radtke, F.-O. (1999): Bilder von Fremden – Formen der Migrantendarstellung als der „anderen Kultur“ in deutschen Schulbüchern von 1981-1997 (Frankfurter Beiträge zur Erziehungswissenschaft. Reihe Forschungsberichte. Band 1). Frankfurt/M.
- Gallas, H. (1972) (Hg.): Strukturalismus als interpretatives Verfahren. Darmstadt/Neuwied.
- Glaserfeld, E. von (1997): Radikaler Konstruktivismus. Frankfurt/M.
- Jung, M./Wengeler, M./Böke, K. (1997): Die Sprache des Migrationsdiskurses. Opladen.
- Knorr-Cetina, K. (1989): Spielarten des Konstruktivismus. In: Soziale Welt (40), S. 86-96.
- Levi-Strauss, C. (1968): Das wilde Denken. Frankfurt/M.
- Luhmann, N. (1990): Die Wissenschaft der Gesellschaft. Frankfurt/M.
- Radtke, F.-O. (1996): Fremde und Allzufremde. Zur Ausbreitung des ethnologischen Blicks in der Einwanderungsgesellschaft. In: Albers, J. L. et al. (Hg.): Das Fremde in der Gesellschaft: Migration, Ethnizität und Staat. Zürich. S. 333-352.
- Luhmann, N. (1996): Die Realität der Massenmedien. Opladen.

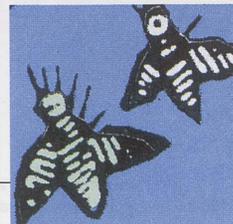


M2 ■ Zwischen zwei Stühlen

Abb. 15: Die Metapher vom „Sitzen zwischen zwei Stühlen“ ist Teil des Common-sense geworden und in vielen Schulbüchern anzutreffen. Auch im Kapitel „Leben zwischen zwei Welten“ eines Schulbuches für Gesellschaftslehre an Gesamtschulen: Ausländerkinder „Zwischen zwei Stühlen“.

Made in Frankfurt

Mit Insekten dem Täter auf der Spur



von Jens Amendt, Roman Krettek, Constanze Niess, Richard Zehner und Hansjürgen Bratzke

Dezember 1997. Die Feuerwehr von Perth/Australien hat Großeinsatz: Ein Haus in der Cook-Street steht in Flammen. Nachdem das Feuer gelöscht ist, finden die Beamten in der Küche den verkohlten Leichnam des 30 Jahre alten Hausbesitzers. Bei der später durchgeführten Obduktion diagnostiziert der herangezogene Rechtsmediziner eine große Fraktur am Schädel des Opfers. Vermutlich ist der Mann erschlagen worden. Der Mörder hat nach der Tat das Feuer gelegt, um mögliche Spuren zu verwischen. Die Beweisaufnahme gestaltet sich schwierig, denn nur wenige Indizien deuten auf einen möglichen Täter. Eine Befragung der Nachbarn ergibt keine Hinweise auf einen Streit oder Kampf in der mutmaßlichen Tatnacht. Auch für den Forensischen Entomologen Dr. Ian Dadour, der von dem zuständigen Rechtsmediziner Gerald Cadden an den Fundort gerufen wird, ist es eine undankbare Arbeit. „Die Feuerwehr hatte ihren Job hervorragend erledigt, alle Insekten, die sich vielleicht einmal auf dem Leichnam befunden hatten, waren weggespült“, so Dadour rückblickend. In einem Eimer in der Küche findet er dann, was er sucht: Neben Resten des für die Brandstiftung verwendeten Brandbeschleunigers entdeckt er in einer Steppdecke zahlreiche tote Maden der Schmeißfliege *Calliphora dubia*. Die Altersbestimmung zeigt, dass die Tiere zum Zeitpunkt des Feuers drei Tage alt waren. Da sie sich mit Sicherheit von der Leiche des Opfers ernährt hatten, kann der Mord nicht in der gleichen Nacht geschehen sein, in der das Feuer gelegt worden war. Der Ermordete war zu diesem Zeitpunkt schon drei Tage lang tot. Vor drei Tagen aber war es nach Aussagen von Nachbarn in der Wohnung zu einem lautstarken Streit zwischen dem späteren Opfer und seinem Bruder gekommen. Konfron-

tiert mit den Ermittlungsergebnissen, ist dieser geständig. Er hatte im Verlauf des Streits seinen Bruder erschlagen, die Leiche zunächst mit einer Decke verhüllt und dann das Haus verlassen. Drei Tage später kehrte er zurück, um durch die Brandstiftung die Tat zu vertuschen.

Diese Fall-Studie verdeutlicht, wie wichtig die Beachtung insektenkundlicher Spuren bei der Aufklärung von Todesfällen sein kann. Insekten sind, wenn der Leichnam nicht hermetisch von der Außenwelt abgeschlossen ist, maßgeblich an der Zersetzung und dem Abbau toten Gewebes beteiligt. Dabei hat die Evolution eine hochspezialisierte Leichenfauna hervorgebracht, die sogar je nach Verwesungsgrad des Körpers eine unterschiedliche Artenzusammensetzung aufweist. Während diese wenig appetitlichen Tiere früher lediglich in Einzelfällen für die Einschätzung der Todeszeit herangezogen wurden, ist man sich heute in zunehmenden Maße der Unerlässlichkeit derartiger Untersuchungen bewusst.

Dornröschen wacht auf: Entwicklung einer scheinbar neuen Forschungsrichtung

Die Forensische Entomologie (FE) ist keine völlig neue Forschungsrichtung, obwohl sie erst in den letzten Jahren in Deutschland bekannter wurde [Amendt et al. in Druck]. Bereits im 13. Jahrhundert wurden Insekten in China zur Lösung von Kriminalfällen herangezogen. In Europa jedoch verstellte die Urzeugungstheorie im Mittelalter die Einsicht über den Zusammenhang zwischen dem Madenbefall von Leichen und der Eiablage von Fliegen. Nach dieser Theorie entsteht Leben spontan aus Materie, zum Beispiel Mäuse aus feuchten Sägespänen. Erste Darstellungen

von Kadavern mit Madenbefall sind aus dem 16. Jahrhundert (*Abb. 1*) überliefert und seit dem 17. Jahrhundert ist bekannt, dass sich viele Insekten über verschiedene Stadien zum ausgewachsenen Tier entwickeln (Metamorphose). Eine Veröffentlichung des Franzosen Bergeret gilt heute als Geburtsstunde der Forensischen Entomologie in Europa. Handwerker entdeckten im Jahr 1850 bei Renovierungsarbeiten eine Kinderleiche in einem Kaminsockel. Da seit dem Jahr 1848 bis zum Auffinddatum die Mieter der dazugehörigen Wohnung dreimal wechselten, erhielt die Bestimmung des Todeszeitraums besondere Bedeutung. Aus den am Leichnam festgestellten leeren Puppenhüllen der Fleischfliege *Musca carnaria* sowie Larven einer Motte schloss Bergeret, dass der Tod des Kindes im Sommer 1848 eingetreten sein musste. Tatsächlich ergab die Gerichtsverhandlung, dass die damalige Mieterin zur fraglichen Zeit ein Kind gebar. Auch wenn das Gutachten aus heutiger Sicht fragwürdig ist – damals vermutete man, dass die Metamorphose der Fliege ein ganzes Jahr benötigt – wurden hier erstmals Insekten zur Ermittlung des Todeszeitpunktes herangezogen. Lückenhafte Kenntnisse über die Biologie und Ökologie der Insekten und eine mangelnde Kooperation zwischen Entomologen und Rechtsmedizinern führten jedoch dazu, dass nach der anfänglichen Euphorie um die Jahrhundertwende die Forensische Entomologie vielerorts in Vergessenheit geriet und kaum weiterentwickelt wurde. Es waren in den folgenden Jahren hauptsächlich Entomologen und Ökologen, die die Grundlagendaten für die Forensische Entomologie beisteuerten. Die Artbestimmung der Maden und der erwachsenen Insekten machte große Fortschritte; zur Biologie, Ökologie und Sukzession der Fliegen und anderer Aas-

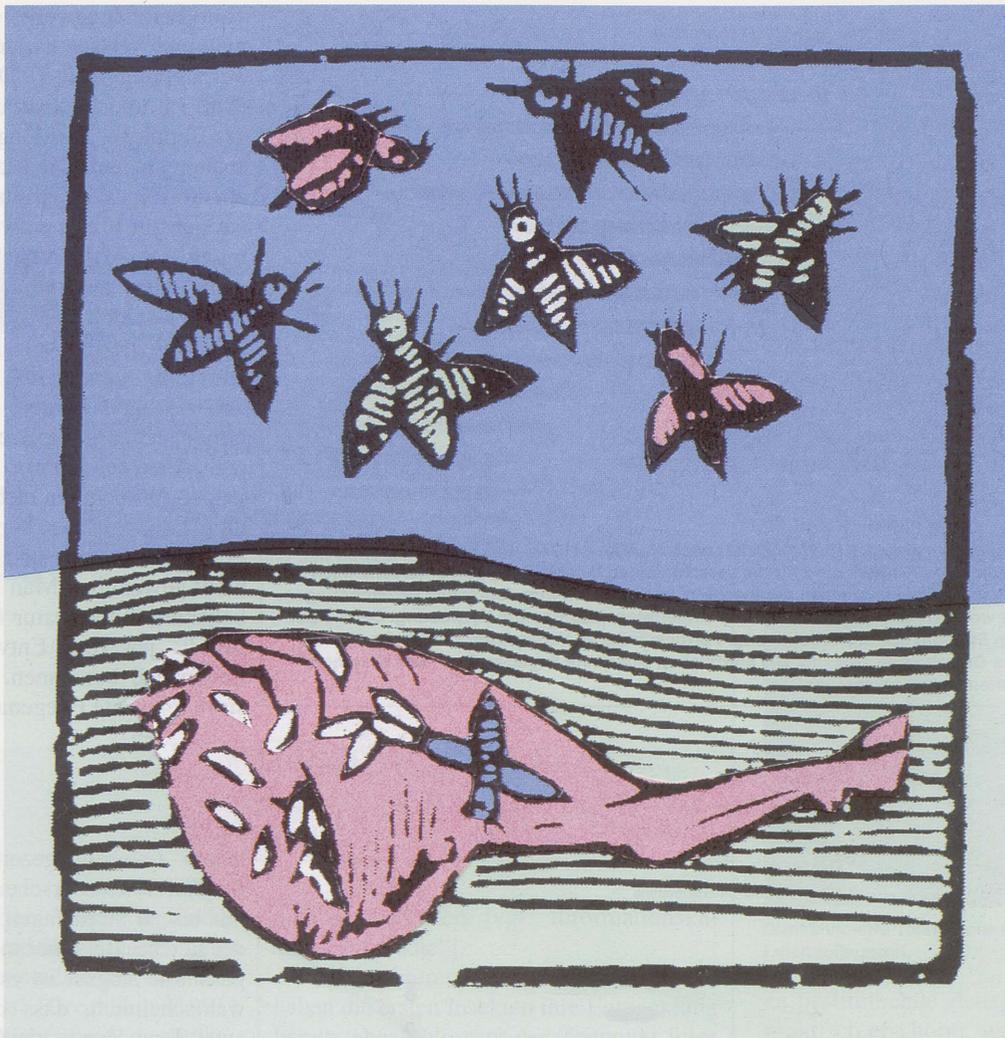


Abb. 1: Fotografie eines Holzschnitts (1521). Fliegen schwärmen über mit Maden befallenen Kadaver-Resten.

insekten erschienen zahlreiche Arbeiten. Aber erst mit den Publikationen des Wiener Rechtsmediziners Professor Dr. Christian Reiter [z.B. 1984] etablierte sich diese Methode langsam im deutschsprachigen Raum. 1986 und 1990 wurden die bislang einzigen Lehrbücher zu diesem Thema publiziert [Smith 1986, Catts & Haskell 1990]. Inzwischen gibt es einschlägige Forschungsprogramme; erste staatliche Stellen für Forensische Entomologie wurden 1990 in den USA beim FBI und 1993 in Frankreich bei der Gendarmerie Nationale eingerichtet. 1997 begründeten das Forschungsinstitut Senckenberg in Frankfurt am Main und das Frankfurter Institut für forensische Medizin das Forschungsprojekt „Forensische Entomologie“.

Spürhund Fliege: als Erste am Tatort

Die mit Sicherheit größte Bedeutung hat die Forensische Entomologie für die

Bestimmung des Todeszeitpunktes. Aus kriminalistischer und strafrechtlicher Sicht interessiert die Ermittlung der Todeszeit vor allem für die Rekonstruktion des Tatzeitpunktes und damit zur Eingrenzung möglicher Tatverdächtiger (Alibi). Spätestens nach zwei bis drei Tagen ist zum Todeszeitpunkt jedoch mithilfe von rechtsmedizinischen Methoden nur noch eine beschränkte Aussage möglich [vgl. Informationskasten „Bestimmung des Todeszeitpunktes“, S. 29]. Schon bald nach Todeseintritt, im Extremfall bereits nach wenigen Minuten, besiedeln nekrophage, d.h. sich von toter tierischer Substanz ernährende Insekten den Körper. Diese bevorzugen je nach Art verschiedene Verwesungsstadien eines Leichnams, der demzufolge je nach Verfallszustand von einer typischen Leichenfauna besiedelt ist (Abb. 2). Auf Grund des vorgefundenen Artenspektrums kann somit die Leichenliegezeit grob eingegrenzt werden. Die Verwesungsgeschwindigkeit wird jedoch

von Faktoren wie klimatischen Einflüssen, Beschattungsgrad, der Art des Fundorts (zum Beispiel im Freien oder in einer Wohnung) maßgeblich beeinflusst. Sie und damit auch der Wechsel des Arteninventars geht daher unterschiedlich schnell von statten. Deshalb ist die Bestimmung der Leichenliegezeit mit dieser Methode ungenau. Aus diesem Grund bedienen sich Forensische Entomologen einer zweiten, wesentlich genaueren Methode zur Eingrenzung der Leichenliegezeit: Sie bestimmen das Alter der an der Leiche vorgefundenen Insektenstadien.

Schmeißfliegen (Calliphoridae) erscheinen häufig bereits wenige Minuten oder Stunden nach Eintritt des Todes an der Leiche und stellen somit die erste Besiedlungswelle dar. Sie legen ihre Eier bevorzugt in den mit Schleimhäuten ausgekleideten Körperöffnungen sowie in Wunden ab. Meist schlüpfen die Larven innerhalb eines Tages. Die sich in die Haut einbohrenden Maden ernähren sich

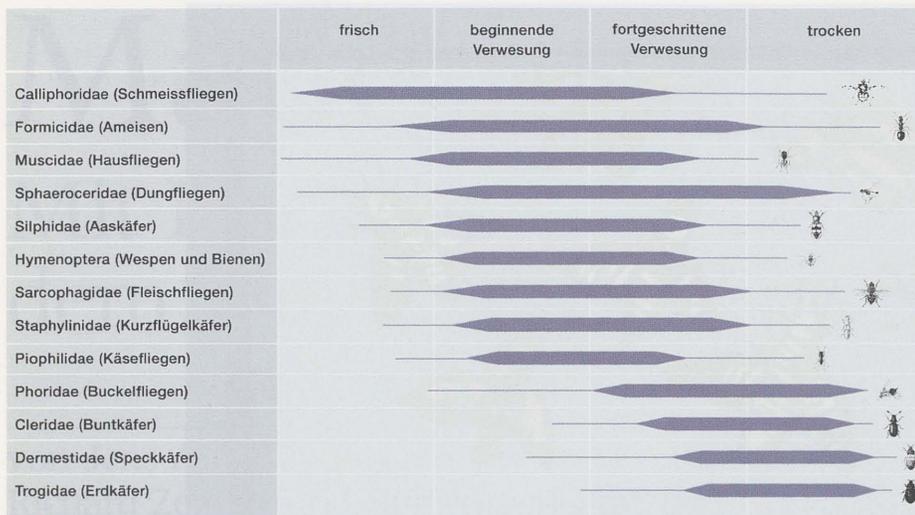
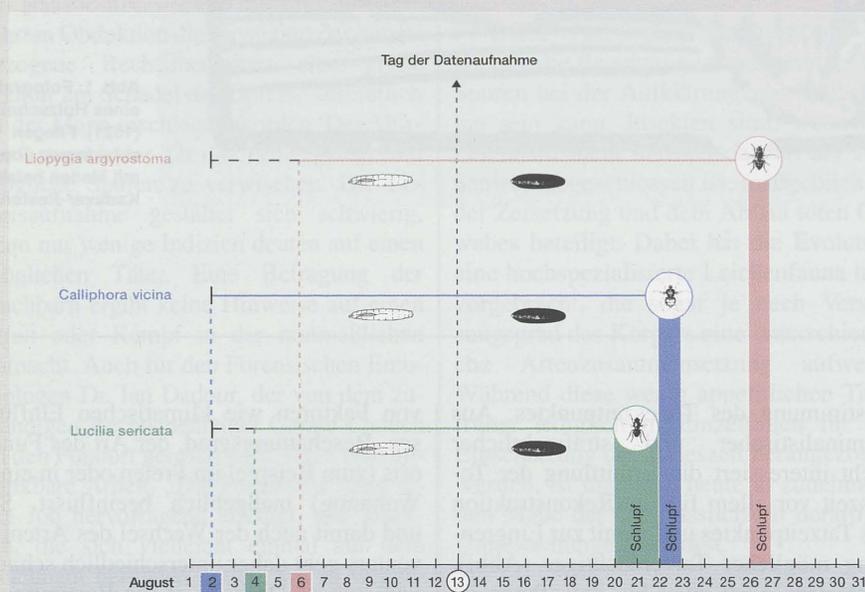


Abb. 2: Insektensukzession an einer Leiche [verändert nach Nuorteva (1977) und Smith (1986)]. Die einzelnen Verwesungsstadien des Körpers sind für die verschiedenen Insektengruppen unterschiedlich attraktiv. Links die lateinischen Familiennamen der Insekten, in Klammern ihre deutschen Bezeichnungen. Frisch: Der Tod ist vor wenigen Minuten oder Stunden eingetreten. Beginnende Verwesung: Der Körper befindet sich im ersten Stadium der Selbstauflösung. Fortgeschrittene Verwesung: Die Leiche besteht praktisch nur noch aus Gewebefleisch. Trocken: Die sterblichen Überreste liegen in Form von Knochen, Haut und eingetrockneten Geweberesten vor.

vom Leichengewebe, häuten sich zweimal und verlassen dann die Leiche zur Verpuppung (Abb. 3). Dazu suchen sie das Erdreich und Laubstreu oder in Wohnungen Teppiche, Kleidungsstücke, Fußbodenspalten etc. auf. Die Made bildet ein tönnchenförmiges Puparium (Abb. 4), in dem sie sich zur Fliege entwickelt. Die Bestimmung von Art, Entwicklungszustand und damit Alter der an einer Leiche vorgefundenen Insekten trägt zur Eingrenzung der Leichenliegezeit bei. Für die Altersbestimmung können die Maden gemessen und gewogen werden, denn Gewicht und Größe stehen in direktem Zusammenhang zum Alter der Larven. Diese Methode ist jedoch für die nicht mehr wachsenden Stadien kurz vor der Verpuppung, also die präpupale Larve, und die Puppe selbst nicht anwendbar. Man kann aber auch bei bekannter Temperatur für alle Stadien die für die jeweilige Entwicklung benötigte Zeitspanne berechnen. Für einige forensisch relevante Fliegenarten konnte im La-

Fallstudie



Mutmaßlicher Besiedlungszeitpunkt und Entwicklungsdauer der an der Leiche vorgefundenen Fliegenarten: - - - = mögliche arttypische Besiedlungsverzögerung; Schlupf = Schlupf der Fliegen im Labor.

Ein Fallbeispiel aus unserer Arbeit als Gutachter: In einer Wohnung wurde die bekleidete Leiche einer Frau gefunden, die an Stichverletzungen gestorben war. Die Leiche wies starken Madenbefall auf. Im rechtsmedizinischen Institut wurden zahlreiche Maden sichergestellt, die dem dritten Larvenstadium der Goldfliege *Lucilia sericata* zugeordnet werden konnten. Bei der Begehung der Wohnung wurden zudem Maden des letzten Entwick-

lungsstadiums der Fleischfliege *Liopygia argyrostoma* und zahlreiche Fliegenpuppen der Schmeißfliege *Calliphora vicina* entdeckt.

Die unterschiedlichen mutmaßlichen Eiablagedaten der einzelnen Fliegenarten erklären sich durch die Biologie der jeweiligen Spezies. *C. vicina* besiedelt Leichen bereits nach wenigen Stunden, der Zeitraum zwischen ihrer Eiablage am 2. August und dem Auffinden der Toten kommt somit der tatsäch-

lichen Leichenliegezeit am nächsten. *Lucilia sericata* erscheint dagegen erst mit bis zu zwei Tagen Verzögerung an der Leiche. Bei einer möglichen Eiablage am 4. August ist es somit durchaus wahrscheinlich, dass die Tote bereits zwei Tage länger am Fundort lag und zwar seit dem 2. August. Für *Liopygia argyrostoma* ist eine mögliche Besiedlungsverzögerung bekannt, die im Vergleich zu der Schmeißfliege *Calliphora vicina* drei bis fünf Tage betragen kann. Bei einer ersten Eiablage von *L. argyrostoma* um den 8. August bedeutet das, dass der Leichnam bereits zwischen dem 3. August und 5. August von Schmeißfliegen besiedelt wurde.

Auch dies stützt die Annahme, dass eine erste Eiablage durch Fliegen mit großer Wahrscheinlichkeit um den 2. August erfolgt ist. Auf Grund der im vorliegenden Fall herrschenden Bedingungen halten wir es für möglich, dass die Besiedlung des Leichnams nicht sofort nach Todeseintritt stattgefunden hat: Das gekippte Fenster erschwerte den Fliegen die Besiedlung. Außerdem sind alle zur Berechnung herangezogenen Arten tagaktiv. Bei Eintritt des Todes am Abend oder in der Nacht ist also mit einer Besiedlung durch diese Fliegen erst am nächsten Tag zu rechnen.

Die polizeilichen Ermittlungen bestätigten das entomologische Gutachten.

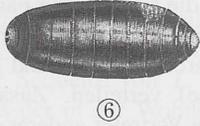
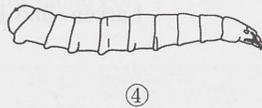
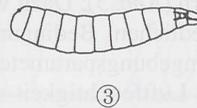
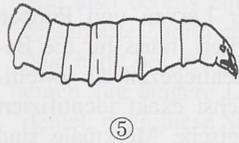
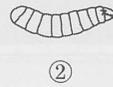


Abb. 3: Entwicklungszyklus einer Schmeißfliege: Aus den Eiern (1) schlüpfen in der Regel innerhalb eines Tages die Larven. Diese häuten sich im Verlauf ihrer Entwicklung zweimal und durchlaufen drei morphologisch unterscheidbare Stadien (2-4). Am Ende des dritten Larvenstadiums wird die Ernährung eingestellt, die so genannte „post-feeding-Larve“ (5) zieht sich vor der Verpuppung zusammen. Sie bildet ein zigarrenförmiges Puparium („Tönnchen“) (6). In diesem erfolgt die Umwandlung zur erwachsenen Fliege. Nach deren Schlupf (7) und einer Reifungsphase von wenigen Tagen bis mehreren Wochen erfolgt die Kopulation, der Zyklus beginnt von Neuem.



④

bor unter definierten Temperaturbedingungen ermittelt werden, wie lange deren Larven- und Puppenstadien für ihre Entwicklung benötigen [Greenberg 1991]. Können die am Leichenfundort vorherrschenden klimatischen Bedingungen rekonstruiert werden, ist eine Altersbestimmung der am Opfer gefundenen Insektenstadien möglich. Dies gibt Aufschluss über den Zeitpunkt, an dem der Körper von Insekten besiedelt wurde und ermöglicht so Rückschlüsse auf die Leichenliegezeit. Wenn die insektenkundliche Datenaufnahme gründlich durchgeführt worden ist und exakte klimatische Daten vorliegen, ist der Todeszeitpunkt in den ersten zwei bis drei Wochen auf fast den Tag ge-

nau einzugrenzen [vgl. Informationskasten „Fallstudie“].

Bei mehreren Wochen alten Leichen haben die ersten Insekten ihre Entwicklung bereits abgeschlossen; der Zeitpunkt ihres Schlupfes ist nicht mehr festzustellen. Dann können nur noch Mindest-Liegezeiten angegeben bzw. auf Grund der vorgefundenen Leichenfauna grobe Angaben gemacht werden. Auch mehrere Monate oder Jahre tote Körper können noch entomologische Daten liefern und Aussagen über den ungefähren Todeszeitpunkt oder den Lagerungszeitpunkt am Fundort ermöglichen. Informationen hierzu liefern vor allem verlassene Fliegen-Puparien in der Umgebung des Kadavers. Diese bleiben noch Jahre im Erdreich erhalten und können mithilfe morphologischer Merkmale oder einem „genetischen Fingerabdruck“ genau bestimmt werden.

Nekrophage Insekten bieten zahlreiche weitere Ansätze für die Bearbeitung kriminalistischer Fragestellungen. Die Leichenfauna verschiedener Lebensräume kann sich grundlegend unterscheiden. So wird z.B. eine Wohnungsleiche in der Regel nicht von nekrophagen Fliegenarten besiedelt, die in Wäldern vorkommen. Eine Analyse der Fauna eines Leichnams kann deshalb erste Hinweise darauf geben, ob der Fundort der Leiche mit dem Todesort identisch ist. Schmeißfliegenmaden am Körper eines vergrabenen Leichnams sprechen für eine nachträgliche

Bestimmung des Todeszeitpunktes

Bei der Ermittlung des Todeszeitpunktes werden im Wesentlichen die Totenflecken (Livores) sowie die Leichenstarre (Rigor mortis) untersucht. So lässt die Ausbildung der Totenflecken und die Ausprägung der Leichenstarre in Kombination mit der absinkenden rektal gemessenen Körperkerntemperatur relativ exakte Rückschlüsse auf den Todeszeitpunkt und damit die Leichenliegezeit zu. Diese Methode ist jedoch nur in den ersten Stunden nach dem Tode verlässlich und wird umso unsicherer, je länger die



Dunkelviolette Totenflecke nach kurzer Leichenliegezeit.

zu bestimmende Zeitspanne ist. Sie ist praktisch erschöpft, wenn sich die Leichentemperatur der Umgebung angepasst hat, die Leichenstarre durch Autolyse wieder in Lösung begriffen ist und die Totenflecken voll ausgebildet und nicht mehr wegdrückbar sind. Dieser Zustand ist unter „Normalbedingungen“ nach spätestens zwei bis drei Tagen Leichenliegezeit erreicht. Die späten Leichenveränderungen wie Leichenfäulnis und Sonderformen wie Mumifizierung oder Fettwachsbildung sind auf Grund ihrer erheblichen Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen – eine in Eis gelagerte Leiche kann über Jahrtausende konserviert werden – nur zur sehr groben Einschätzung der Liegezeit geeignet.

„Beseitigung“ des Opfers: Schmeißfliegen ist die Besiedlung vergrabener Körper nicht möglich. Die sich von der Leichensubstanz ernährenden Insektenlarven nehmen darüber hinaus Gifte oder Stoffwechselprodukte des Körpers auf. Eine toxikologische Analyse der sich am Leichnam entwickelnden Insekten kann so z.B. Hinweise auf einen möglichen Drogenkonsum des Opfers ermöglichen oder Anhaltspunkte für eine Selbsttötung, z.B. durch Medikamentenmissbrauch, liefern.

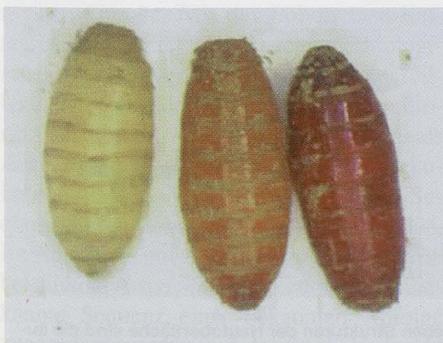


Abb. 4: Fliegenpuppen unterschiedlichen Alters. Anhand der Färbung der Puparien ist eine grobe Bewertung des Entwicklungszustandes dieses Stadiums möglich. Das dunkelste Puparium ist am ältesten.

Abb. 5: Eine tote Ratte wird von Schmeißfliegen der Art *Lucilia sericata* besiedelt. Die Fliegen erscheinen nur wenige Minuten nach Ausbringen des Kadavers. Versuche mit toten Kleinsäugetern sind für Untersuchungen der Insektenbesiedlung von Leichen unabdingbar. So können z.B. verschiedene Auffindsituationen simuliert werden (Besiedlung von vergrabenen Körpern usw.).



Forschungsprojekt Forensische Entomologie

Mittlerweile wird jede im Institut für forensische Medizin in Frankfurt eingehende Leiche mit Insektenbefall entomologisch ausgewertet. Wenn möglich werden die Maden bereits am Fundort der Leiche aufgesammelt. Darüber hinaus werden Untersuchungen an Kleintier-Kadavern, z.B. Mäusen, im Freiland vorgenommen. Das gesamte Forschungsprogramm gliedert sich in folgende Punkte:

- ▶ Untersuchungen zur Arthropodensukzession am toten Körper
- ▶ Identifizierung nekrophager Insektenarten durch DNS-Analyse
- ▶ Ermittlung der Entwicklungszyklen nekrophager Insektenarten in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Wer zuerst kommt, frisst zuerst: Insektensukzession an einer Leiche

Je nach biogeografischer Region und ökologischem Habitat sind unterschiedliche Insektenarten an der Zersetzung eines Verstorbenen beteiligt. So unterscheidet sich die Insektenfauna einer Leiche im Dünenbereich grundlegend von der Gemeinschaft nekrophiler Gliedertiere eines Waldes. Moderne ökologische Arbeiten zur Sukzession an Leichen unter forensischen Gesichtspunkten fehlen in Deutschland völlig, zudem ist über die Leichenfauna vieler spezieller Auffindsituationen kaum etwas bekannt. So weiß man wenig über Wasserleichen und vergrabene Körper; auch die Besiedlung von Leichen im Winter ist nur unzureichend erforscht. Weiterhin ist der mögliche forensische Nutzen der an stark verwesenen Leichen auftretenden so genannten Spätbesiedlern, z.B. diversen Käfern oder den Käsefliegen, nur ungenügend untersucht. Zur Klä-

rung der beschriebenen Fragestellungen dienen vor allem Untersuchungen an Tierkadavern (Abb. 5). Dazu werden diese unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt und Umgebungsparameter wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie der Insektenbefall genau protokolliert.

Guck mal, was da kriecht: Identifizierung nekrophager Insekten

Da die Fliegen die zur Berechnung der Leichenliegezeit wichtigste Insektenordnung darstellen, gilt ihnen ein besonderes Augenmerk. In Deutschland kommen etwa 25 Arten infrage, die sich auf die Familien der Schmeißfliegen (Calliphoridae), Fleischfliegen (Sarcophagidae) und Hausfliegen (Muscidae) verteilen. Zusätzlich sind noch einzelne Vertreter anderer Familien wie z.B. der Buckelfliegen (Phoridae), Käsefliegen (Piophilidae) und Dungfliegen (Sphaeroceridae), von Bedeutung. Da der Zeitpunkt der Besiedlung und die Entwicklungsdauer der Larven und Puppen von Art zu Art variiert, muss für die Berechnung der Leichenliegezeit die jeweilige Fliegenart zunächst exakt identifiziert werden. Morphologische Merkmale sind aber meist nur schwierig und zeitaufwendig zu erfassen. Das gilt vor allem für die Larven- und Puppenstadien. Diese können

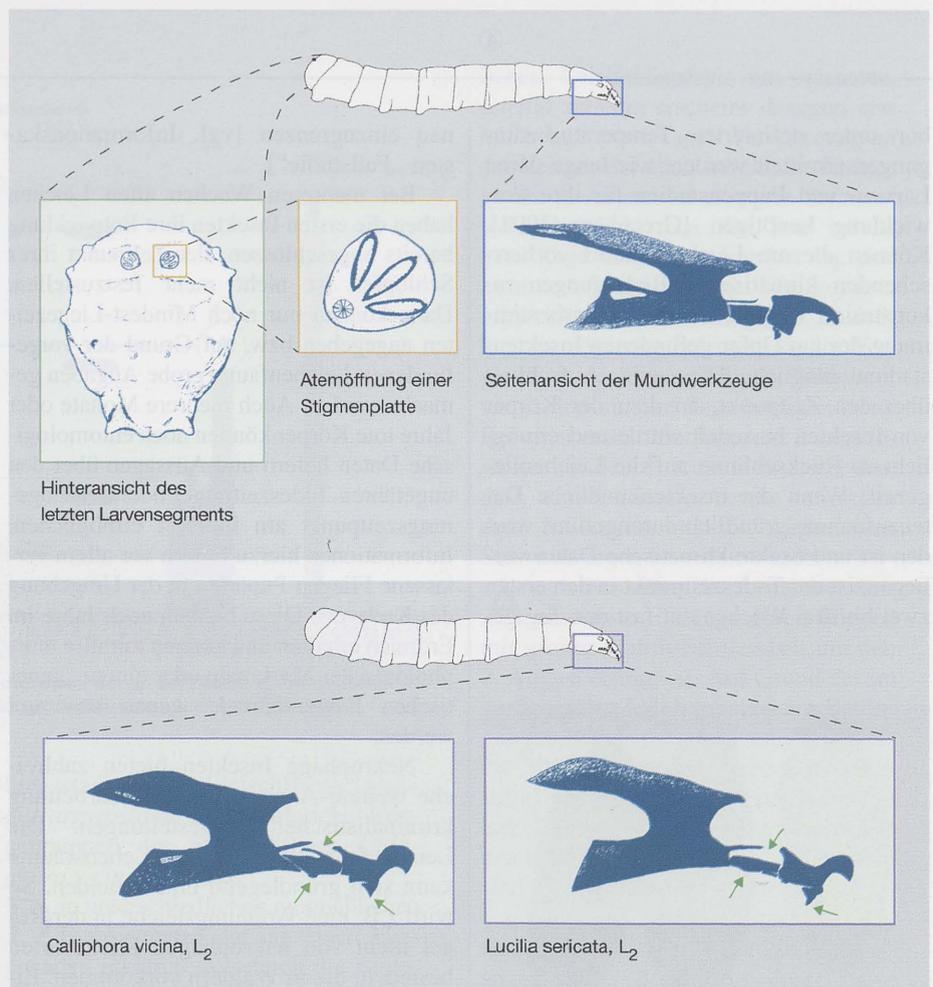
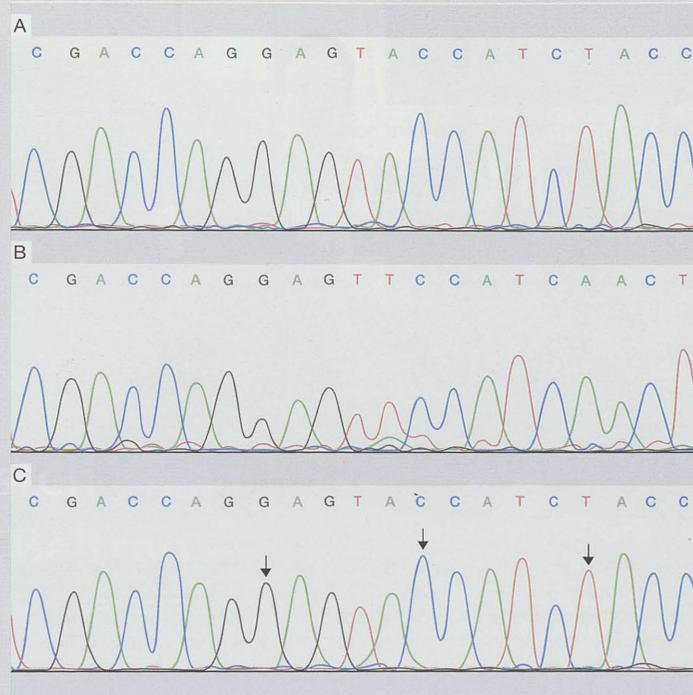


Abb. 6: Taxonomische Merkmale einer Fliegenmade. Neben Strukturen der Hautoberfläche sind die äußerst komplizierten Mundwerkzeuge, die so genannten Mundhaken, sowie die sich am Hinterleib befindlichen Atemöffnungen artspezifisch (obere Abbildung). Eine Unterscheidung der ersten beiden Entwicklungsstadien der Made ist jedoch auch mit Hilfe dieser mikroskopisch kleinen Merkmale nur selten möglich. Die untere Abbildung macht dies anhand der Mundwerkzeuge zweier Maden, die sich im zweiten Entwicklungsstadium befinden, deutlich. Wesentliche Merkmalsunterschiede sind durch einen Pfeil gekennzeichnet. Die dargestellten Mundhaken sind circa einen Millimeter groß.

Insekten-Bestimmung durch DNS-Vergleich

Die Sequenz der nicht identifizierten Made unterscheidet sich unter anderem an den exemplarisch durch Pfeile gekennzeichneten Stellen von der Sequenz der Schmeißfliege *C. vicina*. Sie stimmt dagegen an allen Stellen mit der Sequenz von *L. sericata* überein. Aus der in der Wohnung herrschenden Temperatur von etwa 22 Grad Celsius kann man schließen, dass der Körper vor vier Tagen von *Lucilia sericata* besiedelt wurde, zu diesem Zeitpunkt der Tod also bereits eingetreten war. Eine fehlerhafte Zuordnung zu *Calliphora vicina* hätte bei der Berechnung eine um einen Tag längere Leichenliegezeit bedeutet, denn diese Schmeißfliege benötigt einen längeren Zeitraum für ihre Entwicklung. Ein Fehler, der z.B. bei der Überprüfung eines Alibis fatale Folgen haben könnte.



Exemplarischer Sequenzausschnitt (Elektropherogramm) aus dem Gen für die Unter-einheit II der Cytochromoxidase zweier Referenzarten (den Schmeißfliegen *Calliphora vicina* und *Lucilia sericata*) und einer Made unbekannter Identität: A) *Lucilia sericata* B) *Calliphora vicina* C) Made von einer Wohnungsleiche.

zumeist nur unter dem Mikroskop beurteilt werden über Merkmale wie die Gestalt der Atemöffnungen am Hinterleib oder die Form der Kieferwerkzeuge (Abb. 6). Zahlreiche Arten sind in ihren frühen Larvenstadien nicht zu unterscheiden. Mit dem Einsatz DNS-analytischer Methoden [Sperling et al. 1994] suchen wir nach artspezifischen Basensequenzen ausgewählter Gene. Im Forschungsprojekt werden die Gene der Zellatmungsenzyme Cytochrom b und der Cytochromoxidase analysiert [Zehner et al. 1999]. In der Regel reicht eine Gensequenz von 300 bis 400 Basenpaaren aus, um genügend Informationen für die Identifizierung einer Art zu erhalten. Die DNS kann aus Maden, Puppen oder erwachsenen Tiere (Imagines) isoliert werden. Für die Untersuchung ist so wenig Material nötig, dass auch Körperteile der Tiere, z.B. Beine oder Flügel, ausreichen können. Mit der Polymerase-Kettenreaktion (PCR), einem molekularbiologischen Standardverfahren, wird nun ein Teilbereich eines der relevanten Gene millionenfach kopiert. Diese Kopien dienen als Ausgangsmaterial, um mit anderen molekularbiologischen Verfahren die genaue Sequenz dieses Genabschnittes zu bestimmen. Im Vergleich mit den Basensequenzen von bekannten Arten kann die zunächst unbekannte Sequenz einer bekannten Abfolge zugeordnet werden und das fragliche Insekt identifiziert werden [vgl. Informationskasten „Insekten-Bestimmung durch DNS-Vergleich“]. Dies ist möglich, da die Unterschiede in der Basensequenz zwischen den

infrage kommenden Insektenarten je nach Verwandtschaftsgrad zwischen 5 und 15 Prozent liegen. Allerdings können auch innerhalb einer Art Sequenzvariationen auftreten. Wenn diese innerartlichen Variationen in der gleichen Größenordnung liegen, wie die Unterschiede zwischen verschiedenen Arten einer Gattung, wäre der analysierte Genabschnitt nur eingeschränkt zur Artbestimmung geeignet. Die Eignung dieser Methode zur molekularbiologischen Artbestimmung hängt demnach von den ausgewählten Genabschnitten ab. Diese sind für viele der forensisch relevanten Fliegenarten

bislang noch nicht untersucht, so dass zurzeit eine Sequenzbibliothek aufgebaut wird.

Prima Klima: Entwicklung nekrophager Insekten

Für einige aus kriminalistischer Sicht relevante Fliegenarten konnte in der Vergangenheit die Entwicklungsdauer im Labor für verschiedene Temperaturbedingungen ermittelt werden. Die Versuche wurden in der Regel jedoch bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit durchgeführt; der Einfluß natürlicher Schwankungen ist



Abb. 7: Um ständig Tiere für Untersuchungen zur Verfügung zu haben, werden diese im Labor gezüchtet (hier die Schmeißfliege *Calliphora vicina*). Wasser, Zucker und Hackfleisch dienen der Ernährung der Tiere, letzteres stellt gleichzeitig das Eiablagesubstrat dar. Ist die Eiablage auf dem Fleisch erfolgt, wird das Gefäß entnommen und in eine separate Madenzucht überführt.



Jens Amendt (34, vorne rechts) studierte von 1986 bis 1994 Biologie an der Goethe-Universität. Seine Diplomarbeit fertigte er in der Sektion Entomologie III am Forschungsinstitut Senckenberg an. Dort arbeitet er seit 1994 an verschiedenen Projekten zur Erforschung der Artenvielfalt von Insekten, zurzeit im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsvorhabens „Biodiversität mitteleuropäischer Feuchtgebiete“. 1997 gründete Amendt zusammen mit Roman Krettek das Projekt „Forensische Entomologie“. Gegenwärtig promoviert er über „Struktur und Dynamik eines Mikrosystems: Pflanzengallen auf Weiden“.

Roman Krettek (35, vorne links) studierte nach seinem Abitur in Bruchköbel von 1986 bis 1995 Biologie an der Goethe-Universität. Seine Diplomarbeit fertigte er im Forschungsinstitut Senckenberg in Frankfurt in der Sektion Ichthyologie II an. Roman Kretteks Leidenschaft gilt Fischen und Pilzen. So war Krettek 1985 an der Erstellung des hessischen Fischartenkatasters beteiligt, das von der Sektion Ichthyologie II und Fischökologie des Forschungsinstituts Senckenberg erstellt wurde. Seit 1990 arbeitet er für die Deutsche Mykologische Gesellschaft an der Großpilzkartierung Deutschlands mit. Der geprüfte Pilzberater ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsstation für Mittelgebirge des Forschungsinstituts Senckenberg, wo er derzeit an seiner Dissertation zur Untersuchung höherer Pilze im Spessart arbeitet.

Dr. Constanze Niess (32) studierte von 1987 bis 1994 Humanmedizin an den Universitäten in Homburg/Saar und Marburg. Nach mehreren Auslandsaufenthalten unter anderem in Hongkong, Jamaika und der Schweiz promovierte sie 1996 über den „Nachweis und die Identifikation niedermolekularer GTP-bindender Proteine im Pankreas“ an der Universität in Marburg. Seit 1996 ist Constanze Niess im Institut für forensische Medizin als Assistenzärztin angestellt. Ihr Forschungsge-

biet ist die Neurotraumatologie. Darüber hinaus arbeitet sie im Forschungsprojekt „Forensische Entomologie“ und beschäftigt sich mit Methoden der forensischen Altersschätzung bei Lebenden.

Dr. Richard Zehner (35) studierte von 1984 bis 1990 an der Goethe-Universität Biologie. Seit 1991 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für forensische Medizin tätig. In Zusammenarbeit mit der Virologie der Universitätsklinik promovierte Zehner über „zelluläre Resistenzmechanismen gegenüber Chemotherapeutika“. Im Institut für forensische Medizin leitet er das DNS-Labor des Institutes. Zu den Routineaufgaben des Labors gehören molekularbiologische Spurenanalysen und Vaterschaftstests für Polizei und Justiz, aber auch für private Auftraggeber („DNS – Fingerprinting“). Darüber hinaus beschäftigt sich Richard Zehner mit der Tierartidentifizierung auf molekularbiologischer Basis.

Professor Dr. Hansjürgen Bratzke (53) ist Geschäftsführender Direktor des Instituts für forensische Medizin im Klinikum der Goethe-Universität und Leiter der Abteilung für forensische Medizin. Der gebürtige Hamburger verbrachte seine Schulzeit in Berlin. Dort studierte er von 1966 bis 1972 Medizin an der Freien Universität (FU) Berlin, promovierte 1975 und wurde 1978 Assistenzprofessor am Institut für Rechtsmedizin der FU. Zwei Jahre später qualifizierte sich Hansjürgen Bratzke weiter als Facharzt für Rechtsmedizin. 1981 habilitierte er sich für das Fach Rechtsmedizin, das Thema seiner Arbeit lautete „Zur Kenntnis der Hirnstammverletzungen aus forensischer Sicht“. 1984 wurde er zum Professor an der Freien Universität Berlin ernannt. Es folgte ein Wechsel noch im gleichen Jahr nach München an das Institut für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität und zum 1. April 1991 die Berufung auf den Lehrstuhl für Rechtsmedizin an der Goethe-Universität. Sein Schwerpunktgebiet ist die Neurotraumatologie.

bislang kaum untersucht worden. Über die Bedeutung weiterer Parameter, wie z.B. der zur Verfügung stehenden Nahrungsmenge oder zwischen- und innerartlicher Konkurrenz, ist bisher unter forensischen Gesichtspunkten ebenfalls fast nicht bekannt. Für die in Deutschland wichtigsten Fliegenarten sollen in Klimaschränken unterschiedliche Bedingungen simuliert werden. Um uneingeschränkt Tiere für die Untersuchungen zur Verfügung zu haben, ist eine permanente Laborzucht der jeweiligen Fliegenarten notwendig (Abb. 7). Als Vorbild für die Experimente dienen tatsächliche Auffindesituationen von menschlichen Leichen sowie die zur Sukzession an Tierkadavern gewonnenen Erkenntnisse. So wird unter anderem überprüft, inwieweit die mangelnde Luftfeuchtigkeit in geschlossenen Räumen die Entwicklung der Insekten hemmt. Auch der Einfluss der extremen Temperaturen innerhalb sogenannter Madenballen (klumpenartige Ansammlung tausender Maden) auf die Entwicklung der Fliegen wird untersucht. Aufgrund der Stoffwechselaktivität der Larven kann die Temperatur innerhalb solcher Madenballen bis zu 20 Grad Celsius über der Umgebungstemperatur liegen. Darüber hinaus sollen bislang nicht oder nur wenig beachtete Insektengruppen analysiert werden, die bisher zur Bestimmung der Leichenliegezeit nicht herangezogen werden.



Literatur

1. Amendt J., Krettek R., Niess C., Zehner R. und Bratzke H.: Forensic entomology in Germany. Forensic Science International, in Druck (Proceedings of the International Symposium Advances in Legal Medicine)
2. Catts, E.P. & Haskell, N.H. (1990): Entomology and death: A procedural guide. – Joyce's Print shop; Clemson/USA.
3. Greenberg, B. (1991): Flies as forensic indicators. J. Med. Entomol. 28: 565-577.
4. Greenberg, B. (1973) Flies and Disease. Volume II. New Jersey: 447 S.
5. Haskell, N.H., Hall, R.D., Cervenka, V.J. & Clark, M.A. (1997): On the body: Insects' life stage presence and their post mortem artifacts. In: Haglund, W.D. & Sorg, M.H. (ed.): Forensic Taphonomy – the post mortem fate of human remains study in trauma and environmental hazards; CRC Press, New York: 415-448.
6. Nuorteva, P. (1977): Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. In: Tedeschi, C.G., Eckert, W.G., Tedeschi, L.G. (ed.): Forensic medicine – a study in trauma and environmental hazards; Philadelphia, London, Toronto, vol. 2: 1072-1095.
7. Reiter, C. (1984): Zum Wachstumsverhalten der Maden der blauen Schmeißfliege *Calliphora vicina*. Zeitschrift für Rechtsmedizin 91: 295-308.
8. Smith, K.G.V. (1986): A manual of Forensic Entomology. The Trustees of the British museum (Natural history); London 205 S.
9. Sperling F.A., Anderson G.S. & Hickey D.A. (1994): A DNA-Based Approach to the Insect species used for post mortem interval estimation. J. For. Sci. 39 (2) 418-427.
10. Zehner R., Niess C., Amendt J., Krettek R. (1999): Identifizierung von Fliegenlarven durch DNA-Analyse. Rechtsmedizin Suppl. I zu Band 9, A100.

ÖKaWe®

Service inklusive – 24-Std.-InfoLine

0 180 11 888 11*

**Weitsichtige leisten
einen sauberen Beitrag –
für seine Zukunft.**

Mainova Aktiengesellschaft
60623 Frankfurt am Main
<http://www.mainova.de>
*Ortstarif

 **Mainova**
Strom Erdgas Wärme Wasser

Seine Generation, seine Kinder und erst recht seine Enkelkinder werden möglicherweise einmal unbequeme Fragen stellen. Fragen zu unserem heutigen Umgang mit unseren Energiereserven. Schon heute können Sie als ÖKaWe-Partner von Mainova mit gutem Beispiel vorangehen. Wenn Sie mehr über den Bezug von ÖKaWe – Strom aus alternativen Energiequellen – wissen wollen: Wir schicken Ihnen gerne unser Infomaterial zu. Rufen Sie an: 0 180 11 888 11*.

Betreuung

 **regelmatic**
System-Technology

Errichtung

System-Technology



- Prozeßtechnik • Automation und Steuerung

Planung

- Elektro-/ Meß- und Regeltechnik

Beratung

regelmatic GmbH

Carl-Zeiss-Str. 22
63322 Rödermark
Tel. 06074-8681-0
Fax. 06074-8681-344
<http://www.regelmatic.de>

Menschen

Informatiker, Mathematiker

machen

Physiker und andere Absolventen

Projekte:

mit ausgeprägtem Interesse

Peopleware

an Software-Engineering

bei sd&m

Software für individuelle
Informationssysteme

s | **d & m**
software design & management

ÜBER JEDEM
STANDARD

Das Wichtigste bei sd&m sind die Menschen und das Können.

Hier wie dort investieren wir kräftig: Ein intensives Ausbildungs- und Entwicklungsprogramm begleitet jede Mitarbeiterin und jeden Mitarbeiter. Ein leistungsstarkes Wissens- und Technologiemanagement hilft uns, das Können von sd&m zu nutzen und zu verbessern.

sd&m ist ein Software- und Beratungshaus mit einem Team von 700 hoch qualifizierten Software-Fachleuten. Wir sind spezialisiert auf die Entwicklung von Individual-Software. In eigenverantwortlichen Projekten planen, konzipieren und realisieren wir für unsere Kunden betriebliche Informationssysteme. Dabei kommt die am besten geeignete Technologie zum Einsatz: zentrale und dezentrale Plattformen, Client/Server- und Webarchitekturen. Mehr zu Software, Projekten und Team von sd&m unter

www.sdm.de

Wir suchen für alle Niederlassungen mehrere

- Softwareingenieure/-innen
- Projektleiter/-innen
- Berater/-innen

Bitte schreiben Sie an die von Ihnen bevorzugte Niederlassung.

sd&m AG software design & management	
München	Thomas-Dehler-Straße 27 81737 München
Stuttgart	Industriestraße 5 70565 Stuttgart
Frankfurt	Herrnstraße 57 63065 Offenbach am Main
Bonn	Mülheimer Straße 3-7 53840 Troisdorf
Düsseldorf	Am Schimmersfeld 7a 40880 Ratingen
Hamburg	Lübecker Straße 1 22087 Hamburg

Informatik liegt im Trend, das be- weisen auch die stetig steigenden Studentenzahlen an der Goethe-Universität. Im vergangenen Wintersemester haben 229 Studierende ihr Studium begonnen, das sind fast doppelt so viele wie vor zwei Jahren. Wie wird so ein kleiner Fachbereich wie die Informatik mit diesem Ansturm von Studierenden fertig?

Im Fachbereich Informatik sind wir über die ansteigenden Studentenzahlen sehr erfreut, auch wenn damit erhebliche Belastungen verbunden sind. Die Informatik ist eine Basiswissenschaft unserer Informationsgesellschaft geworden. Der Bedarf an Absolventen ist enorm hoch. Wir sind uns hier unserer gesellschaftlichen Verantwortung durchaus bewusst. Eigentlich wäre unser Fachbereich mit zirka 150 Studienanfängerinnen und -anfängern voll ausgelastet. In den beiden letzten Jahren haben wir aber über 200 Studierende in den Informatikstudiengang aufgenommen. Wir sind der Überzeugung, bisher allen Studierenden ohne Abstriche gute Studiermöglichkeiten geboten zu haben; aber schon jetzt ist dies nur unter großer Einsatzbereitschaft und Ausschöpfung aller zur Verfügung stehenden Ressourcen möglich. Auf Dauer kann es so nicht weitergehen. Wenn wir diese hohen und möglicherweise weiter steigenden Studentenzahlen auch in Zukunft bewältigen wollen, sind wir auf Unterstützung von außen und die Bereitstellung zusätzlicher Personal- und Sachmittel angewiesen.

Informatikstudiengänge an anderen Hochschulen in der Bundesrepublik sind thematisch breiter angelegt. Wo sehen Sie die Vorteile eines eher kleinen Fachgebiets wie in Frankfurt?

Den Vergleich mit anderen Hochschulen müssen wir nicht scheuen. Thematisch ist der Studiengang Informatik in Frankfurt genauso breit angelegt wie an den meisten anderen Hochschulen der Bundesrepublik. Sie haben insofern Recht, als dass die Anzahl der Professuren im Fachbereich mit elf relativ gering ist. Trotzdem wird das Fachgebiet der Informatik hier in Frankfurt vollständig und breit vertreten. Dies erreichen wir zum einen durch Kooperationen mit anderen Fachbereichen wie der Mathematik und Physik für bestimmte Veranstaltungen des Grundstudiums. Zum anderen wird unser Lehrangebot im Grund- und Hauptstudium von externen Dozenten ergänzt, die überwiegend aus der Wirtschaft kommen und wichtige Impulse aus der Praxis mitbringen. Ein solch intensiver Praxisbezug ist an vielen

Neue Impulse für die Frankfurter Informatik:

Bioinformatik und andere Zukunftsprojekte



Ein Gespräch mit dem Dekan des Fachbereichs
Professor Dr. Wolfgang Kunz

weniger zentral gelegenen Universitäten nicht so leicht möglich.

Heiß begehrt auf dem Arbeitsmarkt scheint die Zeit an der Uni für angehende Informatiker nicht sehr reizvoll. Können Sie beobachten, dass es mehr

Studienabbrecher gibt? Oder machen die Studenten nur später Examen, weil sie nebenbei schon einen lukrativen Job haben?

Die meisten unserer Studentinnen und Studenten arbeiten neben dem Studium,



was sich zwangsläufig auf die Studienzeiten auswirkt. Im Allgemeinen ist es auch wünschenswert, dass Studierende schon während des Studiums Kontakt zur Arbeitswelt haben. Anspruchsvolle Nebenjobs können die Motivation für das Studium durchaus steigern. Andererseits tut sich niemand einen Gefallen, wenn er seine Studienzeit durch Nebenjobs allzu sehr verlängert. Bei manchen Studierenden ist festzustellen, dass sie sich durch Nebenjobs völlig verzetteln, worunter die Studienleistungen leiden. So mancher bricht sein Studium ab, weil er glaubt, auch ohne Diplom auf dem Arbeitsmarkt Erfolg zu haben. Davor kann ich nur warnen – zu leicht kann man später von Kollegen mit besserer Qualifikation verdrängt werden. Wer im Laufe seines beruflichen Werdeganges verantwortungsvolle Aufgaben übernehmen will, wird zukünftig auch in der IT-Branche einen Hochschulabschluss benötigen.

Wie sieht es mit der Zahl der Doktoranden und Habilitanden in der Informatik aus? Ist eine wissenschaftliche Karriere angesichts der hoch dotierten Jobs in der freien Wirtschaft überhaupt noch attraktiv?

Ich bin der Auffassung, dass sich immer Leute finden, die Begeisterung für die wissenschaftliche Arbeit empfinden und sich durch finanziell attraktive Angebote aus der Industrie nicht ohne weiteres weglocken lassen. Trotzdem müssen natürlich bestimmte Mindestvoraussetzungen auch in finanzieller Hinsicht erfüllt sein. Insbesondere für die promovierten Mitarbeiter, die oft junge Familien haben, ist die finanzielle Situation bei einer Tätigkeit im Hochschulbereich nicht immer unproblematisch. Mindestens genauso entscheidend für angehende Wissenschaftler ist aber ihre Situation in Hinblick auf die Forschungsmöglichkeiten im universitären Bereich. Es kann nicht angehen, dass die Fachbereiche mit immer neuen Aufgaben in Verwaltung und Lehre belastet werden und der verbleibende Zeitrahmen für die Forschung immer geringer wird. Wenn sich diese Tendenz so fortsetzt, wird die Universität zur reinen „Ausbildungsbehörde“ und als Arbeitsplatz für Wissenschaftler unattraktiv. Ein Grossteil der Forschung wird dann nur noch in speziellen Forschungseinrichtungen wie denen der Max-Planck- oder Fraunhofer-Gesellschaft stattfinden. Diese Gefahr halte ich für weitaus größer als die Mög-

lichkeit, dass der wissenschaftliche Nachwuchs durch hohe Gehälter der freien Wirtschaft abgeworben wird.

Die Frankfurter Informatik ist seit einigen Jahren bemüht, eigene Schwerpunkte in Forschung und Lehre zu entwickeln. Dazu gehört auch die Didaktik der Informatik. Wen sprechen Sie mit diesem Lehrangebot an? Wie wird es angenommen?

Der Informatikunterricht in den Schulen wird bislang weitgehend von interessierten Mathematik- oder Physiklehrern geleistet. Ohne das Engagement dieser Lehrkräfte wäre in der Vergangenheit eine Informatikausbildung in der Schule nicht zu Stande gekommen. Trotzdem ist es wichtig, dass der Informatikunterricht in den Schulen jetzt von einer neuen Lehrergeneration übernommen wird, die auch formal eine Hochschulausbildung im Fach Informatik besitzt. Wir stellen immer wieder fest, dass Studienanfänger mit falschen Erwartungen ein Studium der Informatik beginnen, was zum Teil auch auf den Informatikunterricht in den Schulen zurückzuführen ist. Als einzige Hochschule in Hessen bietet Frankfurt einen Studiengang Informatik für Lehramt an Gymnasien an. Er stellt eine interessante Perspektive für alle diejenigen dar, die Interesse am Lehrberuf verspüren, sich aber auf Grund der schlechten Arbeitsmarktsituation für Lehrer zu einem Lehramtstudium nicht durchringen konnten. Der Bedarf an Informatiklehrern ist hoch, sodass die Aussichten für diese Absolventen sehr gut sind.

Zur Profilbildung der Informatik an der Goethe-Universität gehört sicher auch die im Wintersemester 1999/2000 begonnene Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung in Darmstadt. Was verbirgt sich hinter dem neugegründeten Fraunhofer Anwendungszentrum in Frankfurt? Wie profitieren die Studierenden von dieser Forschungs Kooperation?

Das Fraunhofer Anwendungszentrum fokussiert seine Aktivitäten auf die angewandte Forschung, speziell Auftragsforschung für Wirtschaft und Industrie. Diese Kontakte werden sicher auch dem gesamten Fachbereich zu gute kommen. Herr Krömker, Leiter dieses Anwendungszentrum, ist gleichzeitig Professor in unserem im Fachbereich. Mit dieser Professur wird unser Fächerspektrum um die Graphische Datenverarbeitung und damit um Themen wie Visualisierung,



Animation und Multimedia erweitert. Für die Studierenden bietet sich die Chance einer praxisorientierten Ausbildung in einem Zukunftsfach. Über Diplomarbeiten können sie frühzeitig an Forschungsprojekten für die Wirtschaft teilnehmen.

Stichwort „Bioinformatik“ – die Goethe-Universität will in aller nächster Zukunft eine Professur für Bioinformatik schaffen. Was bedeutet das für fächerübergreifende Lehre und Forschung? Was macht die Attraktivität dieses neuen Fachs aus?

Die Bioinformatik hat sich weltweit als ein neues und selbstständiges wissenschaftliches Arbeitsfeld etabliert. Die Forschung in den so genannten Life Sciences geht mit dem Gewinn von riesigen Datenmengen einher. Auch im industriellen Bereich gibt es einen Bioinformatik-Boom und die Nachfrage nach Hochschulabsolventen ist weitaus größer als das Angebot. Mit der von Ihnen angesprochenen neuen Professur für Bioinformatik im Fachbereich Informatik soll die Zusammenarbeit des Fachbereichs Informatik mit anderen biowissenschaftlich orientierten Gruppen gestärkt werden. Ziel ist der Aufbau eines national und international konkurrenzfähigen Forschungsstandortes für Bioinformatik an der Goethe-Universität. Auch in den Fachbereichen Biologie und Chemie soll jeweils eine Professur der Bioinformatik gewidmet werden. Es ist geplant, noch im Oktober dieses Jahres einen Diplomstudiengang Bioinformatik an der Goethe-Universität anzubieten, der eine Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses über die Fächergrenzen hinweg gewährleisten soll. Die Fachbereiche Informatik, Biologie und Chemie wirken an diesem Studiengang mit. Die neue Profes-

sur für Bioinformatik wird an der inhaltlichen Ausgestaltung dieses interdisziplinären Studiengangs einen wesentlichen Anteil haben.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) will fünf Bioinformatikzentren in der Bundesrepublik gezielt fördern. Der Antrag der Frankfurter Wissenschaftler, deren Engagement auf diesem Feld noch sehr jung ist, wurde leider soeben abgelehnt. Was bedeutet das für den Aufbau dieses Schwerpunkts in Frankfurt?

Natürlich sind wir enttäuscht, dass die DFG unsere Initiative nicht berücksichtigt hat. Trotzdem wird der Aufbau der Bioinformatik in Frankfurt unvermindert vorangetrieben. Unsere vorrangige Aufgabe wird jetzt sein, hervorragende Persönlichkeiten für die Bioinformatik-Professuren an der Goethe-Universität zu gewinnen. Wenn dies gelingt, wird auch der weitere Aufbau gelingen. Fördermöglichkeiten im Bereich Bioinformatik wird es auch in Zukunft noch geben.

Biologie“ und „Informatik“ – beide Fachgebiete arbeiten nicht nur in der Bioinformatik eng zusammen, sie wollen sich auch zu einem Fachbereich zusammenschließen. Was erwartet die Informatik von dieser Verschmelzung?

Der Fachbereich Informatik sieht in der Bioinformatik eines der zukunftsträchtigsten Anwendungsgebiete für die Methoden der Informatik. Eine Fusion mit dem Fachbereich Biologie erleichtert die Kooperation mit den Biologen sowohl in der Forschung als auch in der Lehre. Die Fusionsabsichten zeigen, dass beide Seiten es wirklich ernst meinen mit ihrer Absicht, etwas neues zu schaffen und durch die Bioinformatik das Forschungsprofil nicht nur der beiden Fachbereiche, sondern auch der Universität insgesamt zu verändern.

*Mit Wolfgang Kunz sprach
Ulrike Jaspers.*



Suche nach dem kürzesten Weg

Anwendungen und Algorithmen

von Torben Hagerup

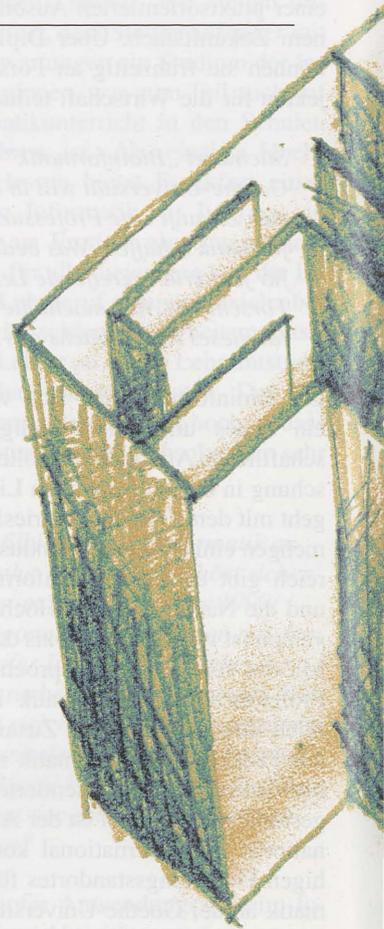
Algorithmen begegnen uns auf Schritt und Tritt, auch wenn viele das Wort „Algorithmus“ nicht kennen oder nur vage Vorstellungen von seiner Bedeutung haben. Ein Algorithmus ist einfach ein Verfahren, dessen Ausführung ein bestimmtes Ergebnis herbeiführt und bei dem zu jedem Zeitpunkt klar ist, was als Nächstes zu tun ist. Algorithmen oder Beschreibungen von Algorithmen sind zum Beispiel die Bauanleitung eines Modellflugzeugs, ein Kochrezept, die Anweisungen eines Passanten zum Auffinden der nächstgelegenen Telefonzelle und die aus der Schule bekannte Methode zur Multiplikation ganzer Zahlen. Wollen wir die Zahlen 3578 und 4716 multiplizieren, so schreibt die Schulmethode vor, dass wir zuerst 8 und 4 (oder vielleicht 8 und 6) multiplizieren. Wie wir das fertigbringen sollen, darüber sagt die Methode nichts. In ähnlicher Weise setzt jeder Algorithmus bestimmte elementare Anweisungen als bekannt und ohne weiteres ausführbar voraus. Der Algorithmus ist also gewissermaßen die Zerlegung einer schwierigen Aufgabe in leichte Einzelschritte.

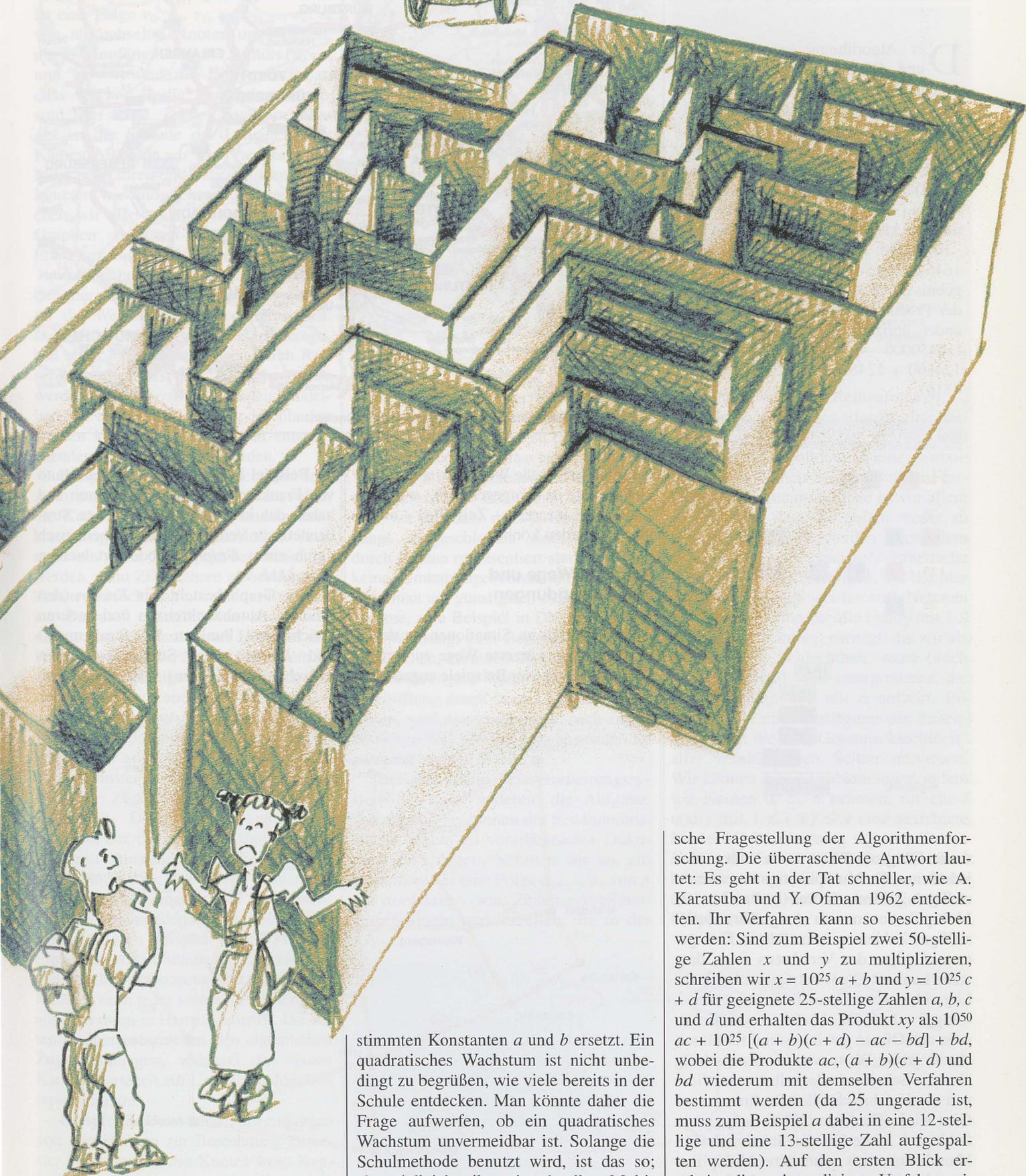
Laufzeiten von Algorithmen

Ein wichtiger Teil der Algorithmenforschung befasst sich damit, wie schnell bestimmte Aufgaben gelöst bzw. bestimmte Algorithmen ausgeführt werden können. Wie schnell können wir zum Beispiel große Zahlen mit der Schulmethode

multiplizieren? Sehr praktisch wäre eine Aussage der Form „Das Multiplizieren zweier Zahlen dauert 23 Sekunden“. Eine derartige Aussage ist aber unsinnig, denn die für eine Multiplikation benötigte Zeit muss von der Größe der beteiligten Zahlen abhängen und kann nicht immer 23 Sekunden betragen. Bringen wir also die Größe der Zahlen ins Spiel und gehen wir der Einfachheit halber davon aus, dass beide zu multiplizierenden Zahlen n -stellig sind, wobei n eine un spezifizierte positive ganze Zahl ist. Jetzt hoffen wir auf eine Aussage der Form „Das Multiplizieren zweier n -stelliger Zahlen dauert $f(n)$ Sekunden“, wobei f eine noch zu bestimmende Funktion ist. Selbst eine solche Aussage zu machen ist allerdings illusorisch, denn die genaue benötigte Zeit hängt davon ab, ob Sie oder Ihr Kind oder Ihr Computer mit der Aufgabe betraut werden. Allen Ausführenden ist aber gemeinsam, dass sie im Laufe der Ausführung des Algorithmus n^2 Produkte von einzelnen Ziffern bilden. Unabhängig davon, wie schnell diese Einzelmultiplikationen ausgeführt werden, folgt daraus, dass die gesamte Berechnung mindestens an^2 Sekunden braucht, wobei a eine positive Zahl ist, die den Ausführenden charakterisiert. Umgekehrt kann die Multiplikation für eine andere positive Zahl b in höchstens bn^2 Sekunden ausgeführt werden, wenn wir zugrunde legen, dass einfache Operationen wie die Multiplikation zweier Ziffern in konstanter Zeit erfolgen. Mit dem Wissen, dass die Multiplika-

tionszeit für geeignete positive Konstanten a und b zwischen an^2 und bn^2 liegt, sind noch keinerlei Aussagen über konkrete Zeiten möglich. Gut erkennbar ist hingegen, wie die Multiplikationszeit von der Eingabegröße n abhängt, nämlich quadratisch. Formal drückt man das so aus: Die Laufzeit ist $\Theta(n^2)$ („Theta von n Quadrat“), wobei das Symbol Θ die unbe-





stimmten Konstanten a und b ersetzt. Ein quadratisches Wachstum ist nicht unbedingt zu begrüßen, wie viele bereits in der Schule entdecken. Man könnte daher die Frage aufwerfen, ob ein quadratisches Wachstum unvermeidbar ist. Solange die Schulmethode benutzt wird, ist das so; aber vielleicht gibt es ja schnellere Multiplikationsalgorithmen. Das ist eine typi-

sche Fragestellung der Algorithmenforschung. Die überraschende Antwort lautet: Es geht in der Tat schneller, wie A. Karatsuba und Y. Ofman 1962 entdeckten. Ihr Verfahren kann so beschrieben werden: Sind zum Beispiel zwei 50-stellige Zahlen x und y zu multiplizieren, schreiben wir $x = 10^{25} a + b$ und $y = 10^{25} c + d$ für geeignete 25-stellige Zahlen a, b, c und d und erhalten das Produkt xy als $10^{50} ac + 10^{25} [(a + b)(c + d) - ac - bd] + bd$, wobei die Produkte ac , $(a + b)(c + d)$ und bd wiederum mit demselben Verfahren bestimmt werden (da 25 ungerade ist, muss zum Beispiel a dabei in eine 12-stellige und eine 13-stellige Zahl aufgespalten werden). Auf den ersten Blick erscheint dieses komplizierte Verfahren sicherlich nicht effizienter als die Schulme-

Der Multiplikationsalgorithmus von Karatsuba und Ofman

Der Algorithmus von Karatsuba und Ofman zur Multiplikation großer Zahlen teilt zuerst die Ziffernfolgen der beiden zu multiplizierenden Zahlen (im Beispiel: 3578 und 4716) in jeweils zwei etwa gleich große Teile (3578 in 35 und 78, 4716 in 47 und 16). Dann werden die Teile jeder Zahl addiert ($35 + 78 = 113$, $47 + 16 = 63$) und drei kleinere Produkte gebildet ($78 \cdot 16 = 1248$, $113 \cdot 63 = 7119$, $35 \cdot 47 = 1645$). Zum Schluss erhält man das Ergebnis durch Addition und Subtraktion der Produkte, wobei sie relativ zueinander horizontal verschoben werden ($1645000 - 164500 + 711900 - 124800 + 1248 = 16873848 = 3578 \cdot 4716$).

Aufgabe: Berechne $3578 \cdot 4716$

$$35 \quad 78 \quad \cdot \quad 47 \quad 16$$

$$78 \cdot 16 = 1248$$

$$(35 + 78) \cdot (47 + 16) = 7119$$

$$35 \cdot 47 = 1645$$

$$1645$$

$$- 164500$$

$$+ 711900$$

$$- 124800$$

$$+ 1248$$

Ergebnis: 16873848

thode. Für große Werte von n zahlt es sich jedoch aus, die Multiplikation von zwei n -stelligen Zahlen auf drei (und nicht vier) Multiplikationen von (ungefähr) $(n/2)$ -stelligen Zahlen zurückzuführen. Eine genaue Analyse des Verfahrens zeigt, dass seine Laufzeit $\Theta(n^\lambda)$ beträgt, wobei λ der Logarithmus von 3 zur Basis 2 ist, also $\lambda = \log_2 3 \approx 1,58$. Das Verfahren von Karatsuba und Ofman gewinnt somit für hinreichend große Werte von n zwangsläufig über die Schulmethode, selbst wenn diese von einem sehr schnellen Rechner ausgeführt wird. (Für kleine Werte von n empfiehlt sich weiterhin die Schulmethode.) Man kennt noch schnellere Multiplikationsalgorithmen, die aber sehr kompliziert sind und ihre volle Kraft erst für au-



Abb. 1: Das Straßennetz zwischen Frankfurt und München.

ßerordentlich große Werte von n entfallen. Unbekannt ist hingegen, ob n -stelligen Zahlen in Linearzeit – Zeit $\Theta(n)$ – multipliziert werden können.

Kürzeste Wege und ihre Anwendungen

Die Vielfalt an Situationen, in denen es wichtig ist, kürzeste Wege zu berechnen, wird durch vier Beispiele angedeutet.

Beispiel 1. Wir wollen mit dem Auto von Frankfurt nach München fahren und haben das in *Abbildung 1* gezeigte Straßennetz zur Verfügung, das mathematisch durch einen *Graphen* modelliert werden kann (*Abb. 2*).

Ein Graph besteht aus *Knoten* (den Städten, Autobahnkreuzen und anderen „wichtigen“ Punkten im Straßennetz) und *Kanten* (den Straßenabschnitten zwischen den Knoten). Jede Kante ver-

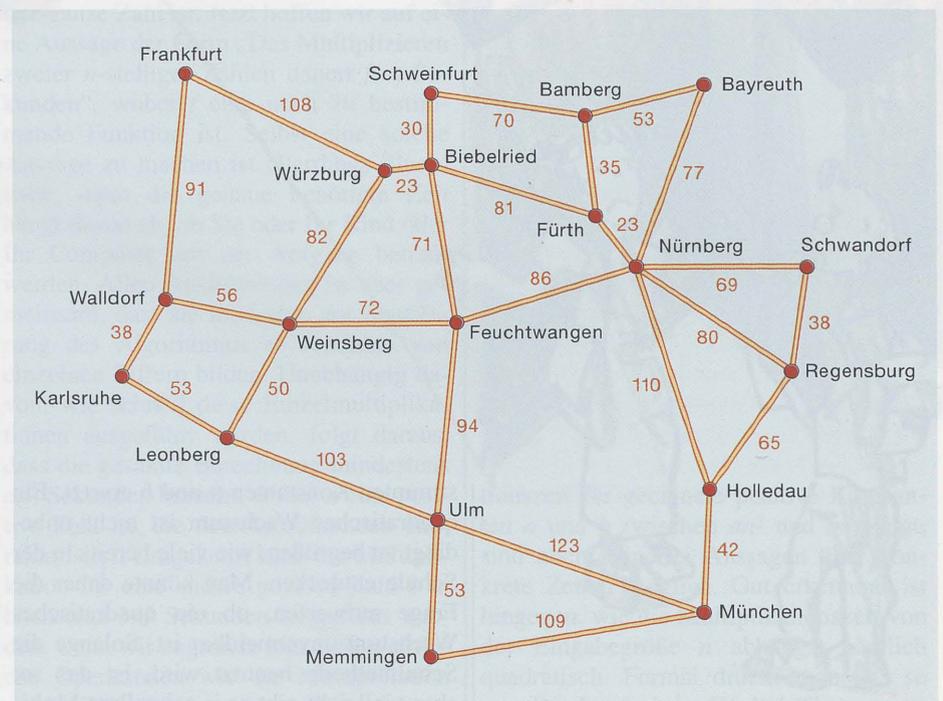


Abb. 2: Das vereinfachte Autobahnnetz als Graph.

bindet genau zwei Knoten, die *Endpunkte* der Kante. Außerdem ist jede Kante mit einer reellen Zahl beschriftet, die ihre Länge angibt. Ein *Weg* im Graphen von einem Knoten s zu einem Knoten t ist eine Folge $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, e_k, v_k$ von abwechselnd Knoten und Kanten, die mit s anfängt und mit t aufhört ($v_0 = s$ und $v_k = t$) und die Eigenschaft hat, dass v_{i-1} und v_i die Endpunkte von e_i sind, für $i = 1, \dots, k$. Die Länge eines Weges ist die Summe der Längen seiner Kanten. Möchten wir von Frankfurt nach München fahren und dabei so wenig Kilometer wie möglich zurücklegen, suchen wir also einen kürzesten Weg im Graphen zwischen den Knoten, die Frankfurt und München repräsentieren.

Zahlreiche Variationen sind möglich. Oft interessiert sich der Reisende weniger für die Weglänge als für die Reisezeit. Dazu muss man nur die Weglängenangaben als Kantenbeschriftungen durch Reisezeitangaben ersetzen. Einbahnstraßen werden durch *gerichtete* Kanten modelliert, die nur in eine Richtung durchlaufen werden können und mit einem entsprechenden Pfeil gezeichnet werden.

Beispiel 2. Wollen wir nicht mit dem Auto, sondern mit dem Zug reisen, sollen die Kanten keine Straßen, sondern konkrete Zugverbindungen darstellen. Jetzt muss ein neuer Zeitaspekt berücksichtigt werden, denn Züge fahren zu bestimmten Zeiten und nicht dann, wenn der Reisende am Bahnhof eintrifft. Man könnte zunächst glauben, dass dieser Umstand das Problem radikal verändert. Mit einem in *Abbildung 3* gezeigten Trick können wir das neue Problem aber auf die übliche Berechnung kürzester Wege zurückführen. Um das Beispiel überschaubar zu halten, nehmen wir an, dass sich an jedem Bahnhof das Muster der ankommenden und abfahrenden Züge jede Stunde unverändert wiederholt. Dann ersetzen wir jeden Bahnhof, der bisher ein einziger Knoten war, mit Ausnahme des Zielbahnhofs, durch einen Ring mit einem Knoten für jeden innerhalb einer Stunde ankommenden oder abfahrenden Zug. In *Abbildung 3* sieht man zum Beispiel, dass 4 Minuten nach jeder vollen Stunde ein Zug von Hameln nach Bad Pyrmont fährt und dass 19 Minuten nach jeder vollen Stunde ein Zug aus Paderborn in Hameln eintrifft. Die roten Kanten entsprechen den eigentlichen Zugverbindungen, während die blauen Kanten Wartezeit auf Umsteigebahnhöfen repräsentieren.

Beispiel 3. Bei vielen Anwendungen von Algorithmen zur Berechnung kürzester Wege stellen die Knoten bzw. Kantenlängen keine geographischen Orte bzw. Abstände dar. Ein Beispiel ist in *Ab-*

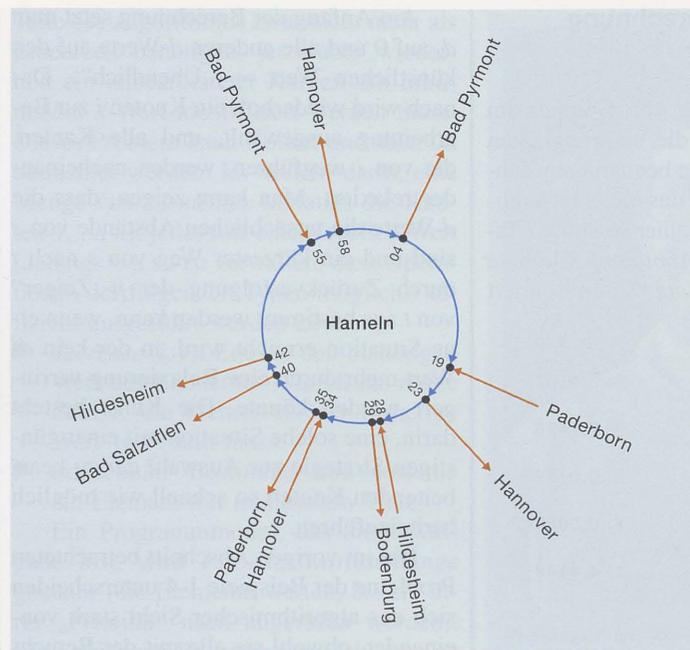


Abb. 3: Ein Teilgraph, der den Bahnhof Hameln darstellt.

bildung 4 gezeigt. Jeder Knoten ist eine Währung, und eine mit r beschriftete Kante von einer Währung A zu einer anderen Währung B bedeutet, dass eine Einheit der Währung B für r Einheiten der Währung A erhältlich ist. Der Einfachheit halber nehmen wir an, dass direkte Umtauschvorgänge ausgeschlossen sind, die nicht durch Kanten repräsentiert sind, und dass keine Umtauschgebühren anfallen. Wie kann man am günstigsten eine bestimmte Summe, zum Beispiel in DM, in eine andere Währung, zum Beispiel Yen (JPY), umtauschen, eventuell über mehrere Zwischenwährungen? Wenn wir jede Kantenbeschriftung durch ihren Logarithmus ersetzen, wird daraus die Frage nach einem kürzesten Weg von der Ausgangswährung zur gewünschten Währung.

Beispiel 4. Ein Textverarbeitungssystem hat unter anderem die Aufgabe, Anzahl und Positionen der Seitenumbrüche in einem zu verarbeitenden Dokument festzulegen. Nehmen wir an, ein Dokument sei eine Folge o_1, \dots, o_n von n „Textobjekten“ wie Zeilen, Abbildungen, Formeln und Tabellen, die in der

Ausgabe genau in der Reihenfolge o_1, \dots, o_n vorkommen müssen (das ist eine Vereinfachung gegenüber der Realität, weil zum Beispiel Abbildungen eine gewisse Bewegungsfreiheit haben). Bei der Festlegung der Seitenumbrüche ist vor allem zu beachten, dass die Seiten weder zu leer noch übervoll werden. Außerdem sind zahlreiche andere ästhetische Aspekte zu berücksichtigen, auf die hier nicht eingegangen werden soll. Nehmen wir an, dass schon für alle i und j mit $1 \leq i \leq j \leq n$ eine Zahl w_{ij} vorliegt, die wir als Maß für die „Schlechtheit“ einer (noch hypothetischen) Seite interpretieren, die mit o_i anfängt und mit o_j aufhört. Erwünscht ist eine Festlegung der Seitenumbrüche, die die „Gesamtschlechtheit“ aller resultierenden Seiten minimiert. Wir können dieses Problem lösen, indem wir Knoten $0, \dots, n$ nehmen, für alle i und j mit $1 \leq i \leq j \leq n$ eine gerichtete Kante mit Beschriftung w_{ij} vom Knoten $i - 1$ zum Knoten j einführen und einen kürzesten Weg vom Knoten 0 zum Knoten n in dem sich daraus ergebenden Graphen suchen.

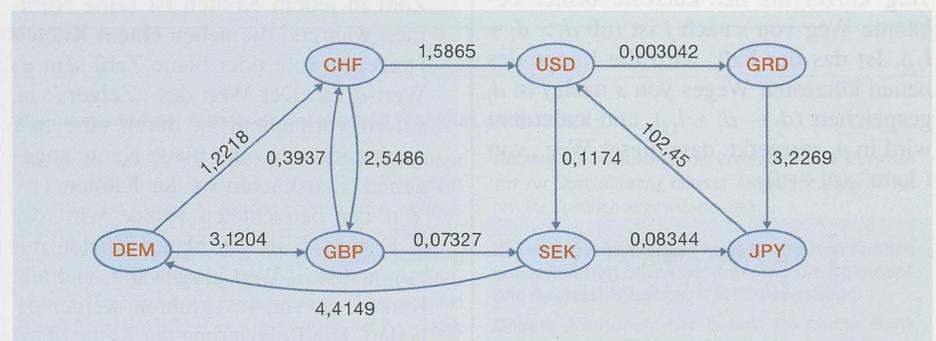


Abb. 4: Umtauschkurse zwischen Währungen.

Algorithmen zur Berechnung kürzester Wege

Bei der Darstellung von Graphen im Rechner ersetzen wir die ursprünglichen Knotennamen durch die bequemerer Zahlen 1, ..., n und merken uns die ursprünglichen Knotennamen in einer separaten Tabelle. Der Graph aus *Abbildung 4* könnte damit wie in *Abbildung 5* repräsentiert werden.

1	2: 1,2218	3: 3,1204
2	4: 1,5865	3: 2,5486
3	2: 0,3937	5: 0,07327
4	5: 0,1174	6: 0,003042
5	7: 0,08344	1: 4,4149
6	7: 3,2269	
7	4: 102,45	

Abb. 5: Interne Darstellung des Graphen aus *Abbildung 4*.

Eine Kante von einem Knoten i zu einem Knoten j bzw. ihre Länge werden im folgenden (i, j) bzw. $l_{i,j}$ geschrieben. *Abbildung 5* zeigt unter anderem, dass der Knoten 2 genau zwei ausgehende Kanten hat, $(2, 4)$ und $(2, 3)$, die in die Knoten 4 und 3 münden und die Längen $l_{2,4} = 1,5865$ und $l_{2,3} = 2,5486$ haben.

Viele Algorithmen zur Berechnung eines kürzesten Weges von einem Startknoten s zu einem Zielknoten t in einem Graphen merken sich für jeden Knoten i die Länge d_i eines (nicht notwendigerweise kürzesten) Weges von s nach i und verringern den Schätzwert d_i allmählich im Zuge der Entdeckung immer kürzerer Wege von s nach i , bis d_i der wirkliche Abstand von s nach i geworden ist. Die Grundoperation solcher Algorithmen ist die in *Abbildung 6* gezeigte *Relaxierung* einer Kante (i, j) . Da es einen Weg von s nach i der Länge d_i gibt, existiert auch ein Weg von s nach j der Länge $d_i + l_{i,j}$, nämlich der Weg, der zuerst von s nach i und dann über die Kante (i, j) führt. Bei der Relaxierung von (i, j) wird überprüft, ob dieser Weg kürzer als der kürzeste bisher bekannte Weg von s nach j ist (ob $d_j > d_i + l_{i,j}$). Ist das der Fall, wird die Länge des neuen kürzesten Weges von s nach j in d_j gespeichert ($d_j \leftarrow d_i + l_{i,j}$), und außerdem wird in p_j vermerkt, dass dieser Weg „von i kam“ ($p_j \leftarrow i$).

```

if  $d_j > d_i + l_{i,j}$  then
  {  $d_j \leftarrow d_i + l_{i,j}$ ;  $p_j \leftarrow i$  }

```

Abb. 6: Die Relaxierung einer Kante (i, j) .

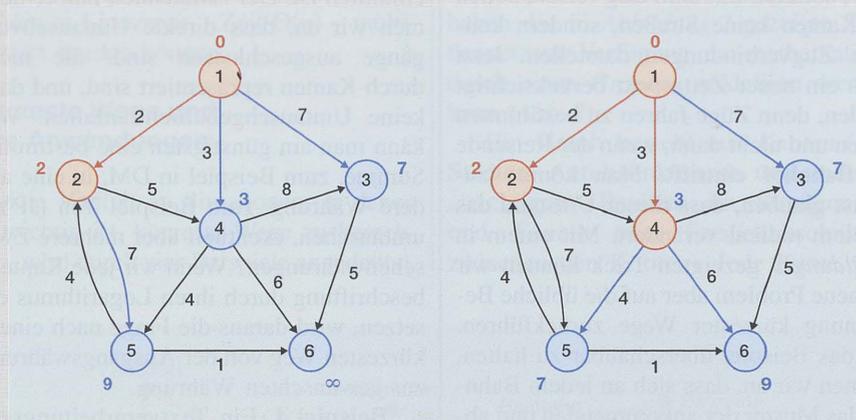
Am Anfang der Berechnung setzt man d_s auf 0 und alle anderen d -Werte auf den künstlichen Wert ∞ („Unendlich“). Danach wird wiederholt ein Knoten i zur Bearbeitung ausgewählt, und alle Kanten, die von i wegführen, werden nacheinander relaxiert. Man kann zeigen, dass die d -Werte die tatsächlichen Abstände von s sind und ein kürzester Weg von s nach t durch Zurückverfolgung der p -„Zeiger“ von t aus bestimmt werden kann, wenn eine Situation erreicht wird, in der kein d -Wert mehr durch eine Relaxierung verringert werden könnte. Die Kunst besteht darin, eine solche Situation mit einer günstigen Strategie zur Auswahl der zu bearbeitenden Knoten so schnell wie möglich herbeizuführen.

Die im vorigen Abschnitt betrachteten Probleme der Beispiele 1-4 unterscheiden sich aus algorithmischer Sicht stark voneinander, obwohl sie alle mit der Berechnung kürzester Wege zu tun haben. Der

Graph aus *Beispiel 4* ist *azyklisch*; d.h., es ist nicht möglich, sich von einem Knoten i aus entlang den Kanten des Graphen in die vorgeschriebene Richtung zu bewegen und dabei zu i zurückzukehren. Die Knoten jedes solchen Graphen können derart fortlaufend nummeriert werden, dass jede Kante von einem Knoten zu einem Knoten mit größerer Nummer führt (in *Beispiel 4* sind die Knoten von Anfang an so nummeriert). Es ist nicht schwer zu sehen, dass es dann genügt, die Knoten einmal in der Reihenfolge wachsender Nummern zu bearbeiten. Die hierfür benötigte Zeit ist $\Theta(n + m)$, wobei m die Anzahl der Kanten des Graphen ist. Das ist die beste Laufzeit, auf die wir überhaupt hoffen können, denn so viel Zeit braucht schon das Einlesen der Daten.

Die Graphen aus den Beispielen 1 und 2 sind in den seltensten Fällen azyklisch, so dass keine gute Bearbeitungsreihenfolge der Knoten von vornherein offensicht-

Der Dijkstra-Algorithmus zur Berechnung kürzester Wege



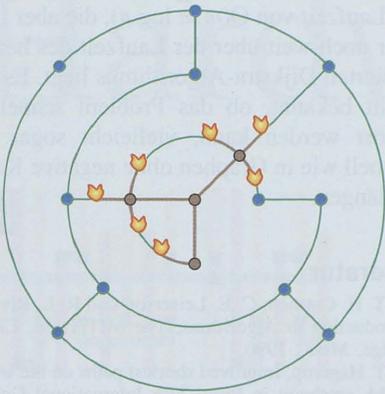
Die Situation vor (linkes Bild) und nach (rechtes Bild) einer Runde (Auswahl und Bearbeitung eines Knotens) in der Ausführung des Dijkstra-Algorithmus. Schon bearbeitete Knoten sind rot, noch nicht bearbeitete Knoten blau dargestellt. Die schwarze Zahl in jedem Knoten ist seine Nummer, während die neben einem Knoten i gezeigte rote oder blaue Zahl sein d -Wert d_i ist. Der Wert des „Zeigers“ p_i , sofern vorhanden, ist durch eine in i mündende rote oder blaue Kante angegeben. Startknoten ist der Knoten 1.

In der betrachteten Runde wird der Knoten 4 als ein blauer Knoten mit minimalem d -Wert ausgewählt, und alle Kanten, die von 4 wegführen, werden relaxiert. Die Relaxierung der Kante $(4, 5)$

führt dazu, dass d_5 auf den Wert $d_4 + l_{4,5} = 3 + 4 = 7$ herabgesetzt wird und dass die blaue Kante $(2, 5)$ durch $(4, 5)$ ersetzt wird. Bei der Relaxierung der Kante $(4, 6)$ wird zum ersten Mal ein Weg von 1 nach 6 entdeckt, und d_6 verringert sich vom künstlichen Wert ∞ auf 9. Die Relaxierung der Kante $(4, 3)$ bleibt folgenlos, da $d_4 + l_{4,3} = 3 + 8 = 11$ größer als $d_3 = 7$ ist – der Knoten 3 kennt bereits einen kürzeren Weg.

In der nächsten Runde wird einer der Knoten 3 und 5 zur Bearbeitung ausgewählt – beide Möglichkeiten führen zu einem korrekten Ergebnis. Hätte der Algorithmus aber (fälschlicherweise) 5 vor 4 bearbeitet, würde er den kürzesten Weg von 1 nach 6 nicht mehr entdecken.

Der Dijkstra-Algorithmus als Simulation eines Feuers



Der Dijkstra-Algorithmus kann als Simulation eines Feuers aufgefasst werden, das am Startknoten angezündet wird und sich in alle Richtungen entlang der Kanten ausbreitet. Die Länge einer Kante gibt dabei an, wie lange das Feuer braucht, um die Kante zu überqueren. Der nächste vom Algorithmus ausgewählte Knoten ist immer der nächste Knoten, der Feuer fängt, und bei der Relaxierung einer Kante (i, j) wird dem Knoten j mitgeteilt, wann das Feuer, das soeben i erfasst, ihn erreichen wird, wenn ihn das Feuer nicht schon vorher aus einer anderen Richtung erreicht.

lich ist. Wird aber der nächste zu bearbeitende Knoten immer als ein noch unbearbeiteter Knoten ausgewählt, der unter allen unbearbeiteten Knoten einen minimalen d -Wert hat, so kann man zeigen, dass es wiederum genügt, jeden Knoten nur einmal zu bearbeiten. Diese Beobachtung wurde vor gut 40 Jahren zum ersten Mal unter anderem von Edsger W. Dijkstra beschrieben, und Algorithmen, die darauf beruhen, werden etwas lose *Dijkstra-Algorithmus* genannt. Ein Dijkstra-Algorithmus arbeitet nicht notwendigerweise in Linearzeit. Zeit $\Theta(n + m)$, da die übrigen

Teile des Algorithmus zwar nicht mehr als Linearzeit benötigen, jetzt aber wiederholt ein unbearbeiteter Knoten mit minimalem d -Wert identifiziert werden muss. Dieses Problem kann isoliert und abstrakt betrachtet werden. Es besteht darin, eine Menge von *Elementen* (anfangs die Knoten $1, \dots, n$), jedes mit einem reellen Wert (anfangs ∞), so zu verwalten, dass Operationen der folgenden Typen möglichst effizient ausgeführt werden können:

- ▶ *decrease* (i, r): Ersetze den bisherigen Wert des Elementes i durch die reelle Zahl r , die kleiner als der bisherige Wert von i sein muss.
- ▶ *extractmin*: Bestimme und entferne ein Element mit minimalem Wert.

Ein Programmmodul, das diese Aufgabe löst, wird *Prioritätswarteschlange* genannt (die Elemente warten, bis sie ihrer „Priorität“ nach abgerufen werden). Eine effiziente Prioritätswarteschlange ist der Schlüssel zu einem schnellen Dijkstra-Algorithmus.

Eine mögliche Prioritätswarteschlange hält einfach die gespeicherten Elemente in einer Liste und durchläuft diese bei jeder *extractmin*-Operation vollständig, um ein Element mit minimalem Wert zu bestimmen. Das ist aufwendig und führt im Kontext des Dijkstra-Algorithmus zu einer nicht sehr guten Laufzeit von $\Theta(n^2 + m)$ oder, was dasselbe ist, $\Theta(n^2)$.

Eine viel effizientere Prioritätswarteschlange hält die gespeicherten Elemente nicht in einer Liste, sondern in einem sogenannten *Heap*, einer Struktur, die in *Abbildung 7* exemplarisch dargestellt ist.

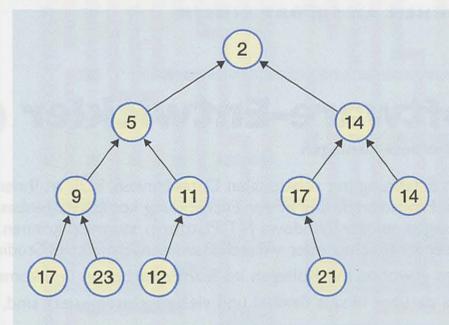
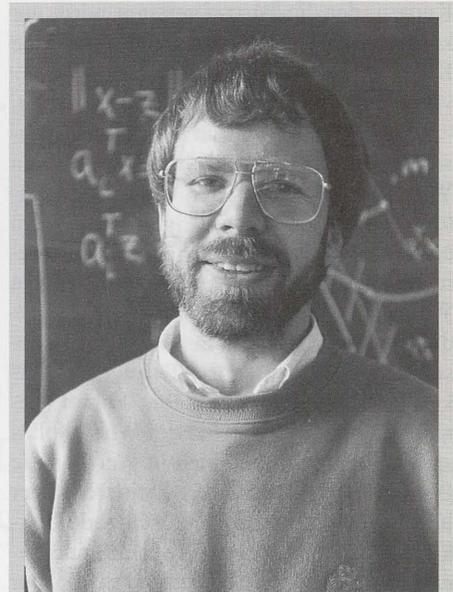


Abb. 7: Ein Heap der Höhe 3 mit 11 Elementen.



Professor Dr. Torben Hagerup (41) studierte von 1976 bis 1983 an der Universität von Århus in Dänemark Mathematik, Physik und Informatik. Nach Forschungsaufenthalten am Massachusetts Institute of Technology und an der University of California in Berkeley promovierte er 1988 an der Universität des Saarlandes, wo er 1993 habilitierte. Von 1991 bis zu seiner Berufung an die Goethe-Universität im Mai 1998 war Torben Hagerup am neu gegründeten Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken tätig. Darüber hinaus hat er Gastprofessuren an der Universität Politècnica de Catalunya und der Universität von Kopenhagen sowie eine Vertretung an der Universität Trier wahrgenommen. Hagerup vertritt in Forschung und Lehre die theoretische Informatik, insbesondere die Algorithmik. Schwerpunkte seiner Forschung sind die Parallelverarbeitung, der Einsatz mehrerer kooperierender Rechner zur schnelleren Durchführung einer Berechnung, Randomisierung, bei der der Zufall zur Effizienzsteigerung genutzt wird, und Algorithmen zur Lösung von Netzwerkproblemen.

Zur Verdeutlichung sind nicht die Elemente selbst, sondern nur ihre Werte gezeigt. Ein Heap kann als Graph aufgefasst werden, bei dem jeder Knoten höchstens zwei eingehende und genau eine ausgehende Kante hat, außer dass genau ein

ANZEIGE

Hilfe für Alzheimer Kranke !



Die Alzheimer Gesellschaft Frankfurt am Main e.V. ist ein gemeinnütziger Verein, der in der Region Frankfurt am Main die Versorgung und medizinische Behandlung Demenzzanker verbessern möchte. Wir sind Mitglied in der Landesarbeitsgemeinschaft Hessischer Alzheimer Gesellschaften und Mitglied der Deutschen

Spendenaufwurf der Alzheimer Gesellschaft Frankfurt am Main e.V.

Alzheimer Gesellschaft. Alle Aufgaben und Funktionen innerhalb der Verwaltung der Alzheimer Gesellschaft Frankfurt am Main e.V. werden ehrenamtlich wahrgenommen, sämtliche Mittel der Gesellschaft werden ausschließlich für die satzungsgemäßen Zwecke (Schulung und Information von Angehörigen und professionellen Helfern, Verbreiten von Informationen über Ursachen und Behandlungsmöglichkeiten, Unterstützen der Forschung zu Demenzen) verwendet. Wir erhalten keine Unter-

stützung von staatlicher oder kommunaler Seite, so daß wir zur Durchführung unserer Aufgaben dringend auf private Spenden angewiesen sind.

Zur Weiterführung der Projekte und zum Ausbau unserer Arbeit bitten wir dringend um Spenden! Alle Spenden sind steuerlich abzugsfähig.

Unsere Kontonummer lautet: Deutsche Bank Frankfurt, BLZ: 500 700 10, Kto.Nr.: 0297630

Knoten, der die *Wurzel* genannt wird, gar keine ausgehende Kante hat. Gibt es eine Kante von u nach v , so wird v als der *Vater* von u und u als ein *Kind* von v bezeichnet.

Der Heap ist durch die *Heapeigenschaft* charakterisiert: Kein Kind hat einen Wert, der kleiner als der Wert seines Vaters ist. Wegen dieser Eigenschaft kann eine *extractmin*-Operation immer das Element an der Wurzel entfernen – dessen Wert ist minimal. Dabei entsteht allerdings eine „Lücke“ an der Wurzel, die geschlossen werden muss. Dazu rückt das kleinere Kind der bisherigen Wurzel (genauer: das an einem Kind der Wurzel platzierte Element mit kleinerem Wert) an die Position der Wurzel, das kleinere seiner Kinder füllt die dadurch entstehende Lücke usw. In ähnlicher Weise kann eine *decrease*-Operation ausgeführt werden: Der kleiner gewordene Wert rückt durch Vertauschungen solange weiter Richtung Wurzel, bis die Heapeigenschaft wiederhergestellt ist. Die benötigte Zeit ist für beide Operationen schlimmstenfalls proportional zur Höhe des Heaps (in Kanten gemessen). Da ein Heap der Höhe h be-

reits $2^{h+1} - 1$ Elemente aufnehmen kann, reicht eine Höhe von ungefähr $\log_2 n$ aus, um n Elemente zu speichern. Der heapbasierte Dijkstra-Algorithmus erzielt so eine Laufzeit von $\Theta((n + m) \log_2 n)$.

Ein vor etwa drei Jahren aufgestellter „Weltrekord“ für Prioritätswarteschlangen liefert eine Laufzeit für den Dijkstra-Algorithmus von $\Theta(m + n\sqrt{\log_2 n})$. Das Verfahren ist zu kompliziert, um hier auch nur angedeutet zu werden. Unsere gemeinsam mit Rajeev Raman vom King's College London betriebene Forschungsarbeit zielt darauf ab, diesen und verwandte Rekorde zu schlagen und Algorithmen zur Berechnung kürzester Wege mit noch geringeren Laufzeiten zu entdecken. Darüber hinaus untersuchen wir die Praxis-tauglichkeit einiger neuer Algorithmen.

In Beispiel 3 des vorigen Abschnitts kommt, verglichen mit der soeben betrachteten Situation, erschwerend hinzu, dass einige der Kantenlängen (nach dem Logarithmieren) negativ sind. Unter diesen Umständen kann der Dijkstra-Algorithmus versagen, wovon man sich anhand von Beispielgraphen überzeugen kann. Der *Bell-*

man-Ford-Algorithmus führt $n - 1$ Phasen durch und bearbeitet in jeder Phase alle Knoten aufs Neue. Das führt zu einem korrekten Ergebnis, kostet jedoch $\Theta(nm)$ Zeit. Mit einem ganz anderen Ansatz erreicht man unter einer zusätzlichen Bedingung eine Laufzeit von $\Theta(m\sqrt{n} \log n)$, die aber immer noch weit über der Laufzeit des heapbasierten Dijkstra-Algorithmus liegt. Es ist nicht bekannt, ob das Problem schneller gelöst werden kann, vielleicht sogar so schnell wie in Graphen ohne negative Kantenlängen.



Literatur

- [1] T. H. Cormen, C. E. Leiserson und R. L. Rivest, Introduction to Algorithms, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1990.
- [2] T. Hagerup, Improved shortest paths on the word RAM, erscheint in Proc. 27th International Colloquium on Automata, Languages and Programming, Juli 2000.
- [3] D. Harel, Algorithmics: The spirit of computing (2. Aufl.), Addison-Wesley, Reading, Mass., 1992.
- [4] T. Ottmann und P. Widmayer, Algorithmen und Datenstrukturen (3. Aufl.), Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1996.
- [5] R. Raman, Recent results on the single-source shortest paths problem, SIGACT News 28:2 (1997), pp. 81-87.



**UNITED
MEDIA**
WIR SUCHEN AB SOFORT EINE/N

Software-Entwickler (m/w)

für eBusiness-Lösungen

Sie haben Erfahrung mit relationalen Datenbanken. SQL ist Ihnen als Abfragesprache vertraut. Idealerweise haben Sie Projekterfahrung in der Entwicklung komponentenbasierter, mehrschichtiger Client-Server-Anwendungen auf der Windows NT Plattform sammeln können. Sie haben ein ingenieurwissenschaftliches, naturwissenschaftliches oder wirtschaftswissenschaftliches Studium hinter sich?

Sie sind es gewohnt, mit Kollegen im Team zu arbeiten und kommunizieren auch gerne direkt mit Kunden?

Wenn Sie darüber hinaus flexibel und vielseitig interessiert sind, sollten wir uns unterhalten.

Technical Consultants (m/w)

Sie erbringen hochqualifizierte Beratungsleistungen und konzipieren Lösungen für bedeutende Unternehmen. Im Vordergrund steht dabei Prozeßoptimierung und damit Steigerung der Produktivität basierend auf Internet-Anwendungen.

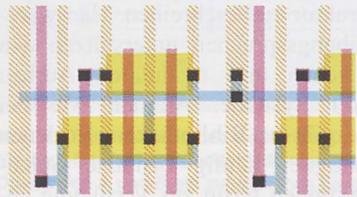
Sie verfügen über mehrjährige Berufserfahrung, einen ingenieurwissenschaftlichen, naturwissenschaftlichen, oder wirtschaftswissenschaftlichen Hochschulabschluß und sind idealerweise in den "Dreißigern". Im Rahmen Ihres bisherigen Werdegangs konnten Sie sich als Consultant bei einer einschlägigen Unternehmensberatung oder als Mitarbeiter/in eines IT-Unternehmens bzw. Systemhauses profundes Wissen im Hinblick auf den Einsatz innovativer I+K-Technologien aneignen. Sie präsentieren mit Begeisterung, haben eine kommunikationsstarke Persönlichkeit und arbeiten gerne federführend in einem Team.

United Media GmbH
Im Atzelnest 3 · 61352 Bad Homburg
T. 06172/9488-0 · F. 06172/9488-94

Mehr Informationen unter: <http://www.unitedmedia.de>

Software entwirft Hardware

Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf mikroelektronischer Systeme

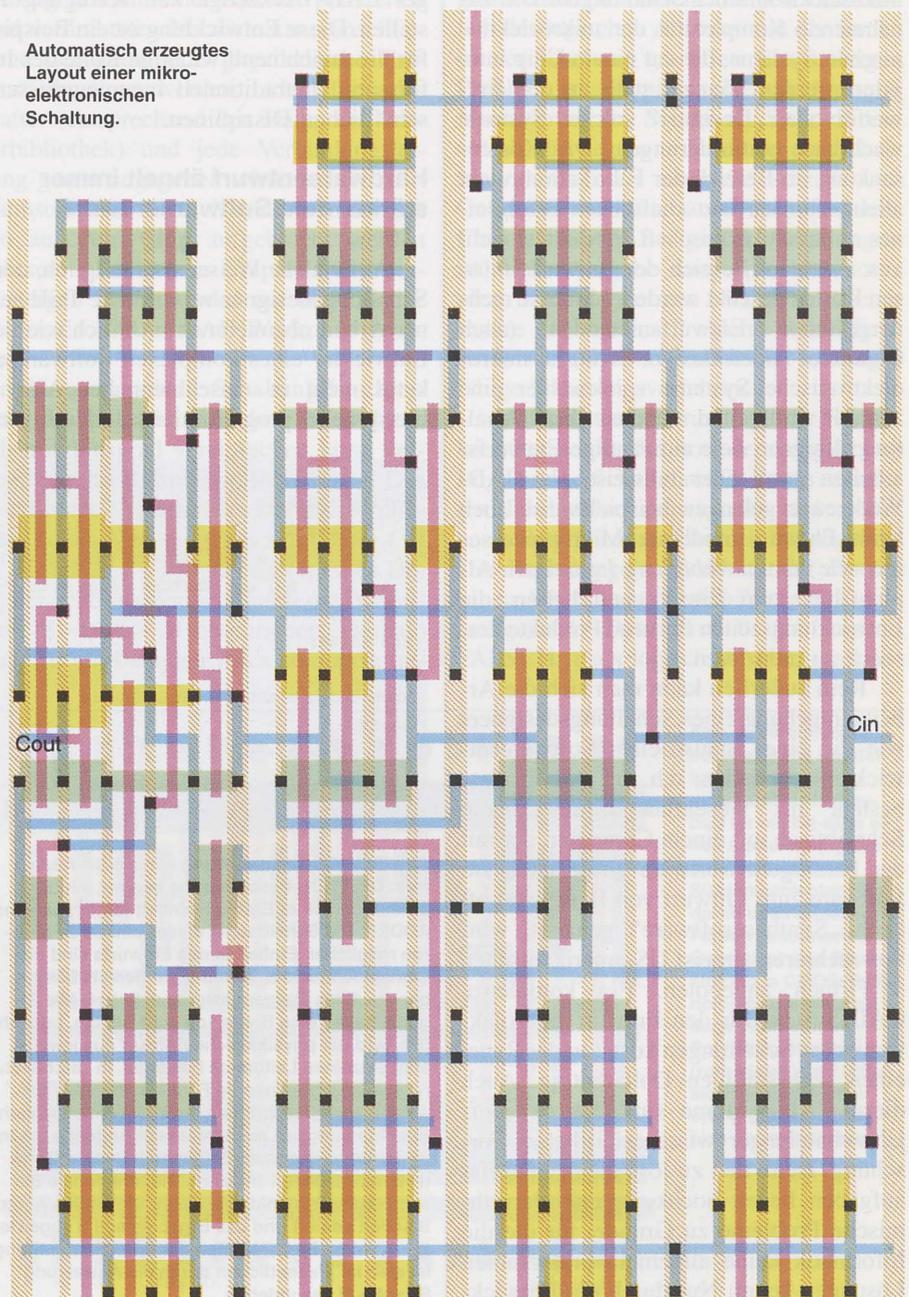


von Wolfgang Kunz

Hält man Rückschau auf die Entwicklung der Mikroelektronik in den letzten Jahrzehnten, so beeindruckt immer wieder die rasanten technologischen Fortschritte bei der Herstellung hochintegrierter mikroelektronischer Schaltungen. Während zu Beginn der Entwicklung nur wenige Transistoren gemeinsam auf einem Chip integriert werden konnten, haben große Fortschritte in der Halbleitertechnologie Integrationsdichten von Hunderten Millionen von Transistoren auf einem Chip ermöglicht. Vieles weist darauf hin, dass sich diese Entwicklung auch in Zukunft fortsetzen wird und dazu führt, dass zunehmend komplexere mikroelektronische Systeme, die bislang aus mehreren Chips zusammengesetzt werden mussten, auf einem einzigen Chip integriert werden können. Trotz der hohen Investitionskosten für die Einrichtung des Fabrikationsprozesses gehen mit der fortschreitenden Integrationsdichte starke Kostensenkungen einher, insbesondere, wenn hohe Stückzahlen erzielt werden. Der enormen Senkung der Herstellungskosten ist es maßgeblich zu verdanken, dass mikroelektronische Systeme in den vergangenen Jahren Einzug in zahllose industrielle Produkte hielten und aus vielen Bereichen des Alltags kaum noch wegzudenken sind.

Es gibt jedoch eine zweite Entwicklung, die von der Öffentlichkeit viel weniger beachtet wurde, die aber für den wirtschaftlichen Erfolg der Mikroelektronik eine genauso entscheidende Rolle spielt

Automatisch erzeugtes Layout einer mikroelektronischen Schaltung.



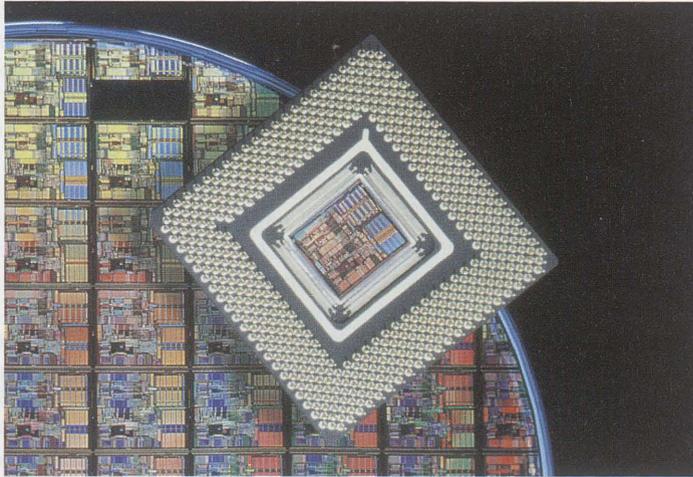


Abb. 1: Mikrofotografie des Alpha-Chips der Firma Compaq, der mit CAD-Werkzeugen entworfen wurde.

wie die Fortschritte in der Halbleitertechnologie. Gemeint ist die Entwicklung von rechnergestützten Verfahren zum Entwurf mikroelektronischer Schaltungen. Die zunehmende Komplexität der mikroelektronischen Systeme, die auf einem Chip integriert werden können, stellt an den Entwerfer oder „Designer“ solcher Systeme wachsende Anforderungen. Die Kostensenkung im Bereich der Fabrikation reicht alleine für den wirtschaftlichen Erfolg eines mikroelektronischen Produktes nicht aus. Auch im Bereich des Entwurfs müssen Kosten gesenkt werden. Moderne rechnergestützte Entwurfsmethoden (auch Computer-Aided Design, CAD) für mikroelektronische Systeme spielen hier eine zentrale Rolle und nehmen dem Schaltungsdesigner viele aufwändige Entwurfsarbeiten ganz oder teilweise ab. CAD-Werkzeuge gelangen beispielsweise auch beim Entwurf moderner Mikroprozessoren, wie dem in *Abbildung 1* gezeigten Alpha-Chip, zum Einsatz und helfen, die Entwicklungszeiten für neue Produkte drastisch zu reduzieren.

Rein äußerlich kann man sich die Arbeitsumgebung eines Schaltungsdesigners wie die eines industriellen Softwareentwicklers vorstellen, d.h. der Arbeitsplatz besteht im Wesentlichen aus einem Schreibtisch mit einem Computer, der mit der benötigten Software ausgestattet ist. Software zum Entwurf von Hardware, oft auch „Synthesoftware“ genannt, wird von mehreren – meist US-amerikanischen – Firmen angeboten. Ein komplettes CAD-System für den Entwurf mikroelektronischer Schaltungen kostet in der Regel einen sechsstelligen Dollarbetrag. Auch diese CAD-Systeme sind das Ergebnis jahrzehntelanger wissenschaftlicher Forschung. Denn den zu lösenden Entwurfsaufgaben liegen hochkomplexe algorithmische Probleme zu Grunde, für die die Informatik keine allgemein praktikablen Lösungen kennt. Nur durch die Entwick-

lung spezieller Algorithmen für den Schaltungsentwurf ist es heute möglich, dem Designer eine Palette leistungsfähiger CAD-Werkzeuge zur Verfügung zu stellen. Diese Entwicklung ist ein Beispiel für die zunehmend wichtige Rolle der Informatik in traditionell ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen.

Hardwareentwurf ähnelt immer stärker dem Softwareentwurf

Auf welche Weise ist es möglich, dem Schaltungsdesigner wesentliche Teile seiner Arbeit abzunehmen? Ähnlich wie der Entwickler eines komplexen Softwarepaketes nicht in maschinennaher Assemblersprache programmiert, sondern sich

```
entity ADDER is
  port(
    A, B : in INTEGER range 0 to 7;
    S : out INTEGER range 0 to 7;
  );
end ADDER;

architecture ADDER_1 of ADDER is
begin
  S <= A + B;
end ADDER_1;
```

Abb. 2: VHDL-Beschreibung eines 8-Bit-Addierers: Die VHDL-Beschreibung beginnt mit der Deklaration einer Entwurfseinheit (entity) namens ADDER. Die Schnittstelle dieser Einheit zu anderen möglichen Einheiten des Entwurfs sind die Signale A, B und S. A und B werden als Eingangs-, S als Ausgangssignal definiert. Alle Signale haben eine Breite von acht Bit, d.h. tatsächlich wird der physikalische Entwurf aus jeweils acht einzelnen Leitungen bestehen. In „architecture“ wird die gewünschte Funktionalität der Entwurfseinheit beschrieben, und es werden je nach Beschreibungsart auch genauere Angaben zur Implementierung gemacht. Der Architecture-Block wird mit ADDER_1 benannt. Die funktionale Beschreibung ist denkbar einfach. Die Zahlen A und B sollen addiert und das Ergebnis soll S zugewiesen werden. Das Verhalten der Addiererschaltung ist also im Wesentlichen durch die Anweisung $S \leftarrow A + B$ beschrieben.

einer geeigneten höheren Programmiersprache wie C oder Pascal bedient, möchte auch der Hardwaredesigner seinen Entwurf zunächst auf abstrakte Weise und ohne Berücksichtigung komplexer physikalischer Details beschreiben. Dazu dienen so genannte Hardware-Beschreibungssprachen wie VHDL, die an höhere Programmiersprachen für Software angelehnt sind und deren Sprachelemente es erlauben, einen Entwurf aus abstrakter Sicht in Hinblick auf sein Verhalten und seine Struktur zu beschreiben. Hardware-Beschreibungssprachen unterstützen den hierarchischen und modularen Aufbau komplexer Systeme. Ähnlich wie bei Software gibt es Bibliotheken, in denen vom Designer häufig benutzte Schaltungsfunktionen fertig zur Verfügung gestellt werden.

So wie beim Softwareentwurf der Maschinencode automatisch durch einen Compiler aus der Beschreibung in einer höheren Programmiersprache generiert wird, ist es die Aufgabe der CAD-Werkzeuge für die Hardwaresynthese, aus der abstrakten Schaltungsbeschreibung auf höherer Ebene alle Daten für einen detaillierten physikalischen Entwurf zu berechnen. Diese Daten werden dann an einen Hersteller weitergegeben und enthalten alle Informationen, die zur Fertigung des Chips erforderlich sind.

Als Beispiel für die Synthese einer Schaltung aus einer abstrakten Beschreibung in VHDL betrachten wir eine einfache Addiererschaltung, d.h. eine Schaltung, deren Aufgabe es ist, zwei binäre Zahlen zu addieren. Die VHDL-Spezifikation eines 8-Bit-Addierers ist in *Abbildung 2* gegeben.

Die Aufgabe des Synthesewerkzeugs besteht darin, aus dieser abstrakten Darstellung automatisch einen detaillierten physikalischen Entwurf zu erzeugen, der alle wesentlichen strukturellen und geometrischen Merkmale der herzustellenden Schaltung beschreibt. Dies geschieht in der Regel in zwei Schritten. Der erste Schritt ist die so genannte Logiksynthese, die eine Beschreibung der Schaltung auf Gatterebene erzeugt. Diese Beschreibung besteht aus einem Netzwerk von Gattern, der so genannten Gatternetzliste. Gatter sind elementare Bausteine, die sich aus einfachen Transistornetzwerken zusammensetzen und logische Grundfunktionen wie UND, ODER, NICHT implementieren. Für sie ist bekannt, wie sie physikalisch realisiert werden können. Die von einem Hersteller angebotenen Gattertypen und ihre entwurfsrelevanten Eigenschaften werden in Gatterbibliotheken zur Verfügung gestellt. Aufgabe der Logiksynthese ist es, den Entwurf durch ein

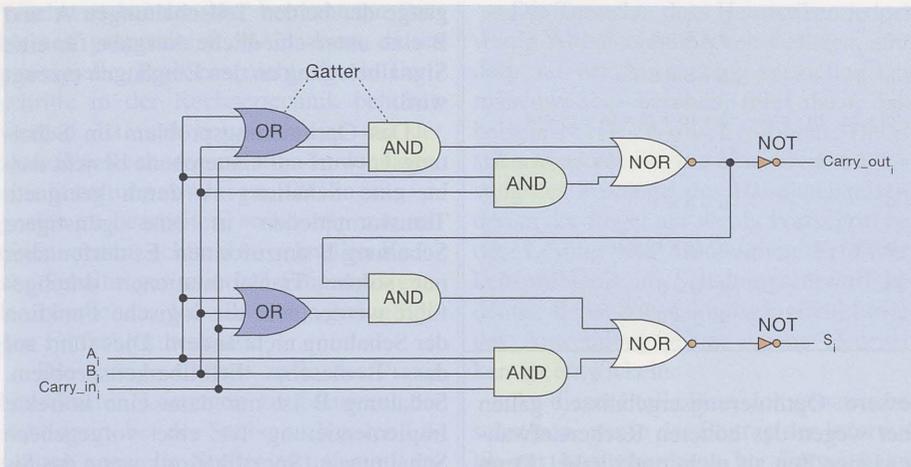


Abb. 3: Gatternetzliste des Addierers für das i -te Bit: Zur korrekten Berechnung des Additionsergebnis für die 8-Bit-Zahl verarbeitet jede einem einzelnen Bit zugeordnete Addierstufe (bit slice) neben den Operanden A und B ein zusätzliches Eingangssignal, $Carry_{in}$ und berechnet neben dem Summenbit S ein zusätzliches Ausgangssignal, $Carry_{out}$, das als $Carry_{in}$ für die nächste Stufe dient. Damit wird für die korrekte Berücksichtigung des Übertrags aus der Addition der jeweiligen Stelle gesorgt.

Netzwerk der in der Bibliothek vorhandenen Gatter zu beschreiben. Eine Beschreibung eines Teils des Addierers als Gatternetzliste ist in *Abbildung 3* dargestellt. *Abbildung 3* zeigt jedoch nicht die gesamte Gatternetzliste des zu entwerfenden Addierers. Aus Platzgründen ist nur die Realisierung einer der acht Stellen der Binärzahl gezeigt.

Eine solche Gatternetzliste wird aus der VHDL-Beschreibung in *Abbildung 2* durch ein Synthesewerkzeug automatisch erzeugt. Die gezeigte Darstellung ist allerdings bei weitem nicht die einzig mögliche Implementierung eines Addierers und genau darin besteht die Schwierigkeit der Logiksynthese. Es ist ein schwieriges Optimierungsproblem, unter allen möglichen funktional korrekten Implementierungen diejenige auszuwählen, die auf der Basis der zur Verfügung stehenden Bauelemente, d.h. der vom Hersteller unterstützten Gatterbibliothek, nach bestimmten Kriterien die besten Eigenschaften besitzt. Der Kern eines Logiksynthesewerkzeuges besteht daher aus verschiedenen Verfahren zur Optimierung der Gatternetzliste in Hinblick auf Chipfläche, Signallaufzeiten und Stromverbrauch (Leistungsaufnahme). Da in der Praxis Gatternetzlisten mit mehreren Millionen Gattern auftreten, werden an die Algorithmen der Logiksynthese sehr hohe Anforderungen gestellt.

Der nächste Entwurfsschritt besteht in der Berechnung der exakten geometrischen Daten zur Platzierung und Verbindung (Verdrahtung) der Gatter auf dem Chip. Auch hierzu werden komplexe Optimierungsalgorithmen eingesetzt. Hinzu kommen Analyseverfahren, die insbesondere das zeitliche Verhalten der Schaltung bewerten und sicherstellen, dass die zahlreichen physikalischen Parameter, die das Verhalten der Schaltung beeinflussen,

günstig gewählt sind. Aus der platzierten und verdrahteten Netzliste kann anschließend der detaillierte physikalische Entwurf abgeleitet werden, indem für jedes Gatter (entsprechend den Daten der Gatterbibliothek) und jede Verbindungsleitung genau angegeben wird, welche Siliziumschichten und Metallverbindungen wo auf dem Chip aufgebracht werden müssen. Alle für die Chipfertigung notwendigen Daten werden auf diese Weise automatisch vom CAD-Werkzeug generiert.

Wie stark sich die Schaltungsbeschreibung durch den in *Abbildung 2* gewählten Abstraktionsgrad vereinfachen lässt, verdeutlicht das Beispiel in *Abbildung 4*. Das funktionale Verhalten der komplexen physikalischen Strukturen aus *Abbildung 4* ist in *Abbildung 2* kompakt und für einen Designer sehr anschaulich durch die Anweisung $S \leq A + B$ beschrieben. Deshalb entwirft ein Designer jedes komplexe mi-

kroelektronische System ausgehend von einer Beschreibung auf höherer Abstraktionsebene in einer Top-down-Vorgehensweise, indem er schrittweise die abstrakte Schaltungsbeschreibung durch weniger abstrakte, strukturell detailliertere Darstellungen ersetzt. Dabei nutzt er aus, dass große Schaltungen schrittweise aus kleineren Blöcken zusammengesetzt werden (deshalb: „Synthese“), für die eine detailliertere Beschreibung berechnet werden kann.

Schaltungsentwurf als ein algorithmisches Problem

Um uns einen Eindruck von den algorithmischen Problemen im rechnergestützten Schaltungsentwurf zu verschaffen, betrachten wir den Schaltungsentwurf auf Gatterebene. Hier werden viele grundsätzliche Entscheidungen hinsichtlich des logischen Aufbaus und der Struktur der Schaltung getroffen. Ein wichtiges Problem ist beispielsweise die logische Minimierung der Schaltung. Sie zielt darauf ab, die gegebene Funktion der Schaltung durch eine minimale Anzahl von Gattern zu realisieren, um Fläche auf dem Chip zu sparen. Bei großen Schaltungen ist diese Aufgabe ausgesprochen komplex. Mit den heutigen Methoden ist eine exakte Lösung des Problems unmöglich. Es existieren jedoch zahlreiche leistungsfähige Näherungsverfahren.

Mathematische Grundlage der Schaltkreistheorie ist die von dem englischen Logiker und Schullehrer G. Boole im letzten Jahrhundert entwickelte und später nach ihm benannte Boolesche Algebra. Die Rechenregeln (Axiome) der Booleschen Algebra sind in *Abbildung 5* zusammengefasst. Dabei ist 0 als logisch FALSCH, 1 als logisch WAHR, + als lo-

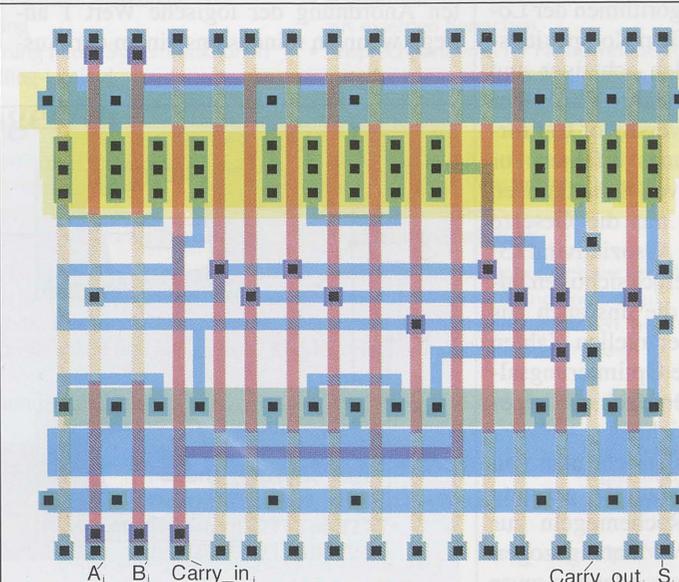


Abb. 4: Vereinfachte schematische Darstellung des physikalischen Entwurfs (Layout) für ein Bit-Slice eines Addierers [5]: Die unterschiedlichen Siliziumschichten sind durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet. Gezeigt ist eine Realisierung in CMOS-Technologie. Transistoren liegen dort vor, wo Polysiliziumbahnen (rote Linien) und Diffusionsgebiete (gelbe und grüne Bereiche) sich überschneiden.

1. Idempotenz:	$a \cdot a = a$	$a + a = a$
2. Kommutativität:	$a \cdot b = b \cdot a$	$a + b = b + a$
3. Assoziativität:	$a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$	$a + (b + c) = (a + b) + c$
4. Distributivität:	$a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$	$a + (b \cdot c) = (a + b) \cdot (a + c)$
5. Komplement:	$a \cdot \bar{a} = 0$	$a + \bar{a} = 1$
6. Absorption:	$a + a \cdot b = a$	$a \cdot (a + b) = a$
7. Gesetz der 0/1:	$a + 0 = a$ $a \cdot 1 = a$	$a \cdot 0 = 0$ $a \cdot 1 = a$

Abb. 5: Rechenregeln (Axiome) der Booleschen Algebra.

gische Disjunktion (ODER), \cdot als logische Konjunktion (UND) und $\bar{}$ als logische Negation (NICHT) zu verstehen. Einige Gesetze, wie Kommutativität (2), Assoziativität (3), Distributivität (4), (allerdings nur der linke Fall), sind aus der Algebra für reelle Zahlen, wie sie in jedem Schulunterricht vermittelt wird, wohl vertraut. Andere Gesetze jedoch, wie Idempotenz (1), Komplement (5), Absorption (6) und das Gesetz der 0/1 (7), stellen spezielle Eigenschaften der Booleschen Algebra dar. Sie sind erst nachvollziehbar, wenn man sich an die aussagenlogische Interpretation dieser Gesetze erinnert, und sie sind dafür verantwortlich, dass es für Boolesche Gleichungen weit mehr Umformungsmöglichkeiten gibt als in der Algebra für reelle Zahlen.

Diese Rechenregeln sind die mathematische Grundlage für die Optimierungsverfahren jedes Logiksynthesewerkzeugs. Nur wenn man die Regeln einhält, ist garantiert, dass die optimierte Schaltung die korrekte logische Funktion implementiert. Eine exakte Lösung des Minimierungsproblems erfordert zu viel Rechenaufwand, sodass man auf Näherungsverfahren ausweichen muss. Interessanterweise hat sich herausgestellt, dass in der obigen Auflistung gerade die Berücksichtigung der speziell Booleschen Gesetze (1, 5, 6, 7) bei den Algorithmen der Logikminimierung die größten Komplexitätsprobleme aufwirft. In den achtziger und zu Beginn der neunziger Jahre sind daher bei IBM und an der University of California in Berkeley Näherungsverfahren zur logischen Minimierung von Schaltkreisen entwickelt worden, die nur die Gesetze der Kommutativität (2), Assoziativität (3) und Distributivität (4) berücksichtigen, also gerade die Gesetze, die uns auch aus der üblichen Algebra der reellen Zahlen wohl vertraut sind. Diese Optimierungsalgorithmen werden daher auch als algebraische Verfahren bezeichnet.

Im Unterschied dazu spricht man von Booleschen Verfahren, wenn die gesamte Liste der booleschen Rechenregeln zur Schaltungsminimierung herangezogen wird. Boolesche Verfahren erlauben zwar

bessere Optimierungsergebnisse, galten aber wegen des höheren Rechenaufwandes lange Zeit als nicht praktikabel. Denn wenn alle Booleschen Rechenregeln angewandt werden, muss ein sehr komplexes Grundproblem gelöst werden, das so genannte Boolesche Erfüllbarkeitsproblem. Dieses spielt in der Komplexitätstheorie der Informatik eine wichtige Rolle. Im Kontext der Schaltungsoptimierung lässt sich das Problem so formulieren:

Gegeben ist eine Schaltung als Gatternetzliste mit n Eingängen x_1, x_2, \dots, x_n und einem Ausgangssignal f . Existiert eine Signalbelegung an den Eingängen der Schaltung, so dass f den Wert 1 annimmt?

Auch wenn dieses Problem zunächst akademisch klingt, können viele wichtige Fragestellungen des rechnergestützten Schaltungsentwurfs darauf zurückgeführt werden. Dazu betrachten wir die Anordnung in *Abbildung 6*, in der zwei Schaltungen A und B zu einer einzigen Schaltung zusammengeschlossen werden, indem die jeweiligen Eingänge miteinander verbunden und die Ausgänge durch ein XOR-Gatter miteinander verglichen werden (der Ausgang eines XOR-Gatters ist genau dann 1, wenn eine ungerade Anzahl seiner Eingänge 1 ist). Offensichtlich hat die Anordnung die Eigenschaft, dass genau dann am Ausgangssignal der gesamten Anordnung der logische Wert 1 anliegt, wenn an mindestens einem der Aus-

gänge der beiden Teilschaltungen A und B eine unterschiedliche Ausgabe für eine Signalbelegung an den Eingängen erzeugt wird.

Das Optimierungsproblem im Schaltungsentwurf auf Gatterebene besteht darin, eine Schaltung A durch geeignete Transformationen in eine günstigere Schaltung B umzuformen. Es dürfen aber nur solche Transformationen durchgeführt werden, die die logische Funktion der Schaltung nicht ändern. Dies führt auf das Boolesche Erfüllbarkeitsproblem. Schaltung B ist nur dann eine korrekte Implementierung für eine vorgegebene Schaltung A (Spezifikation), wenn das Signal f in der Anordnung aus *Abbildung 6* immer den logischen Wert 0 annimmt, f also nicht erfüllbar ist. Auch wenn gängige Optimierungsverfahren nicht auf der Basis der obigen Anordnung arbeiten, wird doch deutlich, dass jedes Optimierungsverfahren das Boolesche Erfüllbarkeitsproblem lösen muss, wenn es feststellen will, ob eine aus irgendwelchen Gründen interessant erscheinende Schaltungsanordnung gültig ist.

Das Boolesche Erfüllbarkeitsproblem gehört zur Klasse der so genannten NP-vollständigen Probleme – ebenso wie das bekannte und oft diskutierte Problem des Handlungsreisenden (traveling salesman problem). Alle Probleme dieser Klasse lassen sich aufeinander abbilden. So können die zur Lösung des Problems des Handlungsreisenden entwickelten Algorithmen prinzipiell auch zur Lösung des Booleschen Erfüllbarkeitsproblems eingesetzt werden und umgekehrt.

Für die Praxis hat diese prinzipielle Abbildbarkeit der Probleme dieser Klasse jedoch nur in Ausnahmefällen Bedeutung. Der Rechenaufwand für jeden zurzeit bekannten Algorithmus zur Lösung eines NP-vollständigen Problems wächst nämlich im schlimmsten Fall (worst case) exponentiell mit der Größe der Eingabe.

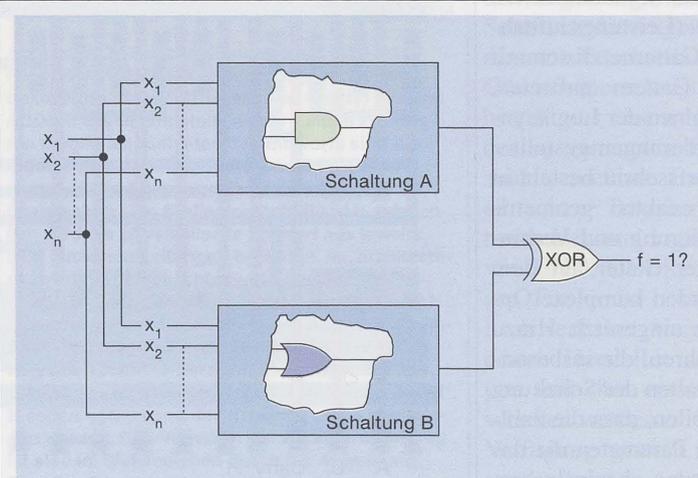


Abb. 6: Boolesches Erfüllbarkeitsproblem im rechnergestützten Schaltungsentwurf.

Wächst er bei den hier betrachteten Problemen proportional zu 2^n , kann dieses prinzipielle Problem nicht durch Fortschritte in der Rechnertechnik behoben werden. Ist man beispielsweise mit der aktuellen Rechnergeneration in der Lage, eine Schaltung von bis zu 100 Eingangssignalen zu bearbeiten, so könnte man mit einem neuen, achtmal so schnellen Rechner Schaltungen mit 103 Eingangssignalen bearbeiten, was einen nur geringfügigen Fortschritt bedeutet.

Die einzige Chance zu in der Praxis brauchbaren Lösungen zu gelangen, besteht darin, bei der Suche nach guten Lösungen spezielle Strategien oder so genannte Heuristiken zu entwickeln, die dafür sorgen, dass der theoretische Worst-case so oft wie möglich vermieden wird. Heuristiken versuchen die Eigenschaften der speziellen Anwendungsbeispiele auszunutzen, für die das Verfahren eingesetzt werden soll. Damit kann man die Worst-case-Komplexität des Algorithmus zwar prinzipiell nicht verbessern, in vielen praxisrelevanten Fällen kann jedoch eine enorme Verkürzung der Berechnungszeiten erzielt werden. Heuristiken können sowohl auf simplen anschaulichen Ratestrategien als auch auf komplizierten mathematischen Kalkülen beruhen.

Die Tatsache, dass Heuristiken jedoch wenig Allgemeingültigkeit besitzen, sondern auf der Ausnutzung speziellen Domänenwissens beruhen, führt dazu, dass beispielsweise ein durch raffinierte Heuristiken beschleunigtes Verfahren zur Lösung des Problems des Handlungsreisenden in der Regel nur wenig Fortschritt bei der Lösung des Booleschen Erfüllbarkeitsproblems im Schaltungsentwurf bedeutet. Es ist daher unumgänglich, für jedes Anwendungsgebiet eigene Heuristiken zu entwickeln.

An dieser Stelle lässt sich genauer beschreiben, worin der Beitrag der Informatik zur Kostensenkung bei Entwurf und Verifikation von mikroelektronischen Systemen besteht. Ähnlich wie seit Jahren ein unter Informatikern verbreiteter „Sport“ darin besteht, immer größere Beispiele des Problems des Handlungsreisenden zu bewältigen, sind in jahrzehntelanger Arbeit auch immer raffiniertere Heuristiken für die Algorithmen des rechnergestützten Schaltungsentwurfs entwickelt worden.

Dies ist auch unser Arbeitsgebiet. Unter anderem verfolgen wir seit einigen Jahren den Ansatz, verschiedene Verfahren des rechnergestützten Schaltungsentwurfs durch Algorithmen des deduktiven

Schließens zu beschleunigen. Ähnlich wie uns bei einer Autofahrt durch eine unbekannte Stadt Sackgassenschilder vor unerwünschten Wendemanövern bewahren, ermöglicht die Kenntnis über logische Implikationsbeziehungen zwischen den Signalwerten einer Gatternetzliste, den Suchraum bei der Lösung des Booleschen Erfüllbarkeitsproblems einzuschränken. In unserer Arbeitsgruppe sind unterschiedliche Kalküle zur automatischen Bestimmung von Implikationsbeziehungen in Schaltungen auf Gatterebene oder so genannten Booleschen Netzwerken entwickelt und auf verschiedene Problemstellungen angewendet worden [4]. Es hat sich herausgestellt, dass Implikationsbeziehungen nicht nur zur Einschränkung des Suchraums bei Erfüllbarkeitsproblemen Gewinn bringend eingesetzt werden können, sondern auch auf direkte Weise zur Ableitung von günstigen Schaltungstransformationen bei der Logiksynthese herangezogen werden können (siehe auch [3]).

Es kann nachgewiesen werden [4], dass implikationsbasierte Transformationen im Unterschied zu den bisher üblichen algebraischen Umformungen den gesamten Booleschen Regelsatz erfassen. Mit dem von uns erarbeiteten implika-

ANZEIGE

Machen Sie die Zukunft zu Ihrem Beruf.

Kommunikation kann vieles sein: informativ, unterhaltsam, geistreich. Eines ist Kommunikation aber sicher: der Markt der Zukunft. Denn kaum eine andere Branche boomt so wie die Telekommunikation. In diesem sich rasch verändernden Markt sind Menschen gefragt, die ein Wörtchen mitreden wollen.

Diese Chance bietet Ihnen jetzt Mannesmann o.tel.o. Schwerpunkt unserer Geschäftigkeit ist die Festnetzsprachtelefonie und das Internet. Mit 750.000 Privatkunden sind wir heute Marktführer bei den neuen Anbietern im Bereich Preselection. Unser Anspruch ist hoch. Wir wollen unseren Kunden nicht nur die beste Technik bieten, wir wollen sie begeistern. Kundenorientierung steht bei uns an erster Stelle.

Wenn Servicedenken auch Ihr Handeln bestimmt, brauchen wir Sie. Zum nächstmöglichen Zeitpunkt suchen wir für den Einsatz an unserem Standort **Essen** engagierte Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen für den Bereich IT Entwicklung:

Systemdesigner/in

- Ihre Aufgaben:
- Betreuung der Bereiche Vertrieb, Marketing, Customer Care und Billing
 - Beratung bei der Einführung neuer Systemfunktionen im Customer Care & Billing-Umfeld
 - Schnittstelle zu allgemeinen Systemfragestellungen aus externen Bereichen
 - Ansprechpartner/in für Fachbereiche aus DV-technischer Sicht
 - Erstellung von Machbarkeitsstudien

Projektmanager/in

- Ihre Aufgaben:
- Steuerung und Integration von IT-Projekten
 - Vorbereitung von Entscheidungsvorlagen, Projektsteuerung und Kostenkontrolle
 - Koordination von Softwareentwicklungs-Prozessen
 - Abstimmung mit Lieferanten und Verfolgung der Vertragsabwicklung
 - Unterstützung der Produktionsüberleitung

- Ihre Qualifikation für beide Positionen:
- Studium der Informatik, Elektrotechnik bzw. vergleichbarer naturwissenschaftlicher/technischer Abschluß
 - mehrjährige Erfahrungen im Bereich der mittleren Datentechnik (UNIX AS/400) sind von Vorteil
 - Know-how bezüglich UNIX, relationale Datenbanken, OOT sowie Erfahrung in komplexen, heterogenen Systemen
 - sehr gute Kommunikationsfähigkeit und ausgeprägte Kundenorientierung, Englischkenntnisse

Wie gesagt, Kommunikation kann vieles sein. Zum Beispiel auch eine Bewerbung. Senden Sie Ihre aussagefähigen Bewerbungsunterlagen bitte an:



Mannesmann o.tel.o GmbH
 Personal • Denise Engel
 Deutz-Mülheimer Straße 11 • 51063 Köln
 Telefon: 02 21 / 8 08 82 75
 Telefax: 02 21 / 8 08 72 81

Geben Sie bitte auch den frühestmöglichen Eintrittstermin und Ihren Gehaltswunsch an.

<http://www.otelo.de>

tionsbasierten Ansatz ist es gelungen, ein Boolesches Verfahren zu entwickeln, das nicht nur in Hinblick auf die Optimierungsqualität die bisherigen algebraischen Verfahren übertrifft, sondern auch nur unwesentlich langsamer als diese ist. Im Vergleich mit anderen bekannten Optimierungsverfahren erzielt dieses Verfahren zurzeit für viele standardisierte Schaltungsbeispiele (Benchmarks) die besten veröffentlichten Optimierungsergebnisse.

Formale Hardware-Verifikation – ein für die Praxis lösbares Problem?

Einen großen Teil seiner Zeit beim Entwurf eines mikroelektronischen Systems verbringt der Designer derzeit mit der Entwurfsvalidierung. Für den Designer wird es immer schwieriger festzustellen, ob sein Entwurf fehlerfrei ist, d.h. ob er eine korrekte und vollständige Spezifikation des Entwurfs angegeben hat und ob diese Spezifikation fehlerfrei in eine Implementierung umgesetzt wurde. Das traditionelle Hilfsmittel zur Entwurfsvalidierung ist die Simulation. Das Verhalten der entworfenen Schaltung wird für große Mengen möglicher Eingaben simuliert, um zu überprüfen, ob jeweils die gewünschte Ausgabe erzeugt wird. Simulation kann einen vorliegenden Entwurf jedoch nur stichprobenartig untersuchen. Die in der Praxis auftretenden Schaltungen sind viel zu groß, um auch nur annähernd alle möglichen Eingaben an das System zu simulieren. So ist es möglich, dass Entwurfsfehler oder Hardware-bugs übersehen werden. Welch fatale Folgen das haben kann, ist am Beispiel des Bugs im Intel Pentium Prozessor deutlich geworden, der vor einigen Jahren weltweit Schlagzeilen machte. In diesem Zusammenhang blickt man heute hoffnungsvoll auf die Methoden der formalen Hardware-Verifikation, die einen Ausweg aus dieser Problematik darstellen könnten.

Unter formaler Hardware-Verifikation versteht man den Vorgang, mit mathematischen Methoden bestimmte Eigenschaften einer Schaltung „exakt“ nachzuweisen. Beispielsweise möchte man nach Abschluss eines Optimierungsvorgangs, in den der Designer auch manuell eingegriffen hat, exakt nachweisen, dass die optimierte Schaltung zur ursprünglichen Schaltung funktional äquivalent ist (engl.: equivalence checking). Prinzipiell kann dies mit der in *Abbildung 6* gezeigten Anordnung erfolgen. Die beiden Schaltungen sind genau dann äquivalent, wenn f nicht erfüllbar ist. Leider führt ein solcher Äquivalenztest in der Regel zu besonders schwierigen Erfüllbarkeitsproblemen. Der

geschickte Einsatz von Implikationsbeziehungen kann auch hier in vielen Fällen das Problem vereinfachen [4]. So wurden für die Verfahren des Equivalence-checkings in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt. Erste kommerzielle Werkzeuge zum Equivalence-checking sind bereits verfügbar und ergänzen bzw. ersetzen traditionelle Verfahren zur Entwurfsvalidierung, die auf Simulation basieren.

Neben der Äquivalenz sollen jedoch auch andere Schaltungseigenschaften überprüft werden. Eine Steuerschaltung für eine Verkehrsampel muss beispielsweise sicherstellen, dass die Ampeln für zwei sich kreuzende Straßen niemals gleichzeitig „grün“ zeigen. Den formalen Nachweis solcher allgemeiner Schaltungseigenschaften bezeichnet man oft als Model-checking. Model-checking führt zu noch weitaus komplexeren algorithmischen Problemen als Equivalence-checking, insbesondere, wenn nicht nur die rein logische, kombinatorische Schaltfunktion, sondern das sequenzielle Verhalten der Schaltung insgesamt und ihr Zusammenwirken mit anderen Komponenten eines Systems überprüft werden soll.

Das Verhalten eines Systems zu einem gegebenen Zeitpunkt hängt im Allgemeinen von einer Vorgeschichte ab, d.h. es wird durch innere Zustände bestimmt, die durch die Vorgeschichte im System eingestellt worden sind. Komplexe Systeme können eine astronomisch hohe Zahl von unterschiedlichen inneren Zuständen annehmen und die Repräsentation dieser Zustände durch geeignete Datenstrukturen sowie ihre algorithmische Behandlung ist eine äußerst schwierige Aufgabe. Allerdings sind hier in jüngster Vergangenheit viele Fortschritte erzielt worden, sodass auch im Bereich Model-checking inzwischen ein Stand erreicht ist, der diese Technik industriell einsetzbar macht.

Leider ist man heute noch weit davon entfernt, ganze Prozessoren mit den Methoden der formalen Hardware-Verifikation bearbeiten zu können. Die Steigerung der Leistungsfähigkeit formaler Verifikationsverfahren ist eine der vorrangigen Aufgaben im Bereich der Entwurfsautomatisierung für mikroelektronische Systeme. Dies verdeutlicht, dass die hier angesprochenen algorithmischen Probleme, so unscheinbar sie auf den ersten Blick vielleicht erscheinen mögen, große praktische und industrielle Bedeutung haben. Es kann aus heutiger Sicht kein Zweifel bestehen, dass Erfolg oder Misserfolg bei der Fortentwicklung dieser Algorithmen die Produktivität der Mikroelektronikindustrie auch in künftigen Jahren in hohem Maße beeinflussen wird.



Professor Dr. Wolfgang Kunz (36) studierte von 1984 bis 1989 Elektrotechnik an der Universität Karlsruhe. Nach einem zweijährigen Forschungsaufenthalt an der University of Massachusetts in Amherst, USA, promovierte Kunz 1992 an der Universität Hannover, wo er am Institut für Theoretische Elektrotechnik als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig war. Wolfgang Kunz wechselte 1993 an die Universität Potsdam. Dort war er bis 1998 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Max-Planck-Arbeitsgruppe Fehlertolerantes Rechnen und im Institut für Informatik der Universität tätig. Seit 1. März 1998 ist Kunz Inhaber der Professur für Entwurfsmethodik im Fachbereich Informatik der Goethe-Universität. Dort beschäftigt er sich mit Entwurfsstilen für mikroelektronische Systeme, formaler Hardwareverifikation sowie Test und Synthese digitaler Schaltungen. Wolfgang Kunz wurde ausgezeichnet mit dem IEEE Transactions on CAD Best Paper Award, dem Preis der Berlin/Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften sowie dem Gerhard Hess-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Literatur

- [1] De Micheli G.: Synthesis and Optimization of Digital Circuits, McGraw-Hill, 1994, ISBN 0-07-016333-2.
- [2] Hachtel G., Somenzi F.: Logic Synthesis and Verification Algorithms, Kluwer Academic Publishers, 1996, ISBN 0-7923-9746-0.
- [3] Kunz W., Stoffel D.: Reasoning in Boolean Networks, Kluwer Academic Publishers, 1997, ISBN 0-7923-9921-8.
- [4] Kunz W.: „Software entwirft Hardware“, LOG IN, Heft 6, 1999
- [5] Weste N., Eshraghian K.: Principles of CMOS VLSI Design, Addison-Wesley Publishing Company, 1993, ISBN 0-201-53376-6.



What do you want the Internet to be? SM

Technical Graduates mit Visionen gesucht

The New Internet

Die Zukunft beginnt immer mit guten Ideen. In der Kommunikationstechnologie braucht man dafür nicht nur exzellentes technisches Know-how, sondern auch kluge und bewegliche Köpfe, Persönlichkeit und die Fähigkeit, immer einen Schritt voraus zu sein. Genau das hat Nortel Networks zu einem der am schnellsten wachsenden Unternehmen der Branche gemacht: mit einem Hochleistungs-Internet, das zuverlässiger, schneller und wirtschaftlicher ist als je zuvor.

Weil wir ständig weiterwachsen, suchen wir neue Mitarbeiter. Allerdings - wie es sich für ein Joint Venture zwischen Nortel Networks und DaimlerChrysler Aerospace gehört - nicht einfach nur gute Elektro-/Nachrichtentechniker, Informatiker oder Wirtschaftsingenieure. Sondern Menschen, die nicht weniger wollen als gemeinsam mit einem erstklassigen Team die Zukunft zu gestalten.

Wenn Sie dazu gehören möchten, dann wäre es jetzt eine gute Idee, sich bei uns zu bewerben - für Ihre Zukunft und für unsere.

Schreiben Sie uns - am besten gleich mit Ihren Visionen: Nortel Dasa Network Systems, Bereich Personal, Stichwort: Forschung Frankfurt, 88039 Friedrichshafen. **E-Mail:** graduate.recruitment@nortel-dasa.de

NORTEL DASA

**NORTEL
NETWORKS**
How the world shares ideas.

Papierflut? Wertstoff? Waldkiller.

“



”

Für die Produktion von Zellstoff werden vor allem nördliche Wälder gerodet. Um den steigenden Papierbedarf zu decken, müssen mittlerweile auch tropische Regenwälder immer häufiger Eukalyptus-Plantagen weichen. www.pro-regenwald.org Tel. 089-359 8650

Vernetzung – Quo(S) vadis?

Der Kunde
 will mehr als
 nur „Best Effort“

von Kurt Geihs und Christian Becker

Durch die Innovationen bei Informations- und Kommunikationstechnik befinden wir uns heute mitten in einer Phase weit reichender Strukturveränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft. Deren Auswirkungen berühren alle Bereiche unseres Lebens. Dabei stellen sich völlig neue Herausforderungen aus ökonomischer, sozialer, rechtlicher und politischer Perspektive. Das Internet als weltumspannendes, dezentral verwaltetes Kommunikationsnetz hat sich dabei vom Instrument der Forschung und Wissenschaft zum allgegenwärtigen Medium des Informationsaustauschs entwickelt. Mit der stark zunehmenden Bedeutung und Verwendung des Internet – beispielsweise zur Abwicklung kommerzieller Geschäftstransaktionen – ergeben sich neue technische Anforderungen, deren Erforschung Gegenstand unserer Arbeiten ist.

Bis vor wenigen Jahren stand der Zugang zum Internet und damit der Zugriff auf das „verteilte Wissen dieser Welt“ im Mittelpunkt der Benutzerbedürfnisse. Dabei spielte allenfalls die Geschwindigkeit der Verbindung, gemessen an der Anzahl der übertragenen Bits pro Sekunde, eine Rolle als Unterscheidungsmerkmal für die erbrachte „Netz-Dienstleistung“. Durch substantiell gestiegenen „Bandbreitenhunger“ neuer Anwendungen wie Multimedia erstreckt sich dieses Interesse an der Qualität des Netzes bei vielen Be-

nutzern inzwischen auch auf andere Qualitätsfaktoren, wie zum Beispiel die Antwortzeit und Zuverlässigkeit beim Zugriff auf elektronische Dienste über das Netz. Insbesondere bei kommerziellen Anwendungen, die für eine in Anspruch genommene Dienstleistung bezahlen müssen, spielt es nicht nur eine Rolle, ob ein Dienst erbracht wird, sondern auch, wie der Dienst erbracht wird. Im Allgemeinen will man für eine schlechtere als die vorher zugesicherte Qualität weniger bezahlen.

Hier stellen sich eine Fülle von offenen Fragen: von der Festschreibung und Aushandlung von Qualitätsaspekten in Dienstverträgen zwischen Anbieter und Benutzer über die Überwachung der Dienstleistung zum Zeitpunkt der Inanspruchnahme bis hin zur verbrauchsabhängigen Leistungserfassung und Abrechnung von elektronischen Diensten. Im Folgenden beschreiben wir unsere aktuellen Forschungs- und Entwicklungs-

aktivitäten, die sich diesen Fragestellungen widmen. Die Arbeiten sind im Rahmen des interdisziplinären Sonderforschungsbereichs „Vernetzung als Wettbewerbsfaktor am Beispiel der Region Rhein/Main“ entstanden (SFB 403), der die Themen Netz und Vernetzung aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und von 1997 bis Ende dieses Jahres von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird.

Dienstgüte: Abkehr von der egalitären Philosophie

Während ein Benutzer auf einem nicht-vernetzten System weitgehende Kontrolle über die Auslastung und damit auch über die Leistung des Systems hat, ist die Erbringung bestimmter Leistungsmerkmale in offenen verteilten Systemen von Faktoren abhängig, die der Endnutzer nicht mehr beeinflussen kann. Die vom Benutzer wahrgen-



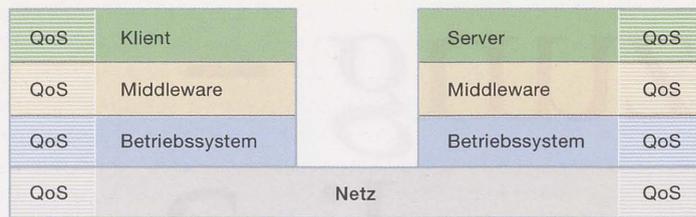


Abb. 1: Dienstgüte-Management betrifft alle Schichten.

nommene „Dienstgüte“ oder „Dienstqualität“ (englisch: Quality of Service, QoS) hängt von allen „Beteiligten“ auf dem Weg zwischen Benutzer und Anbieter ab. Es tragen also die Qualitätsparameter aller benutzten Hard- und Softwarekomponenten zur Gesamtleistung bei. Dazu gehören die Anwendungen auf Klienten- und Serverseite, die Verteilungsinfrastruktur (Middleware), das Betriebssystem sowie das Kommunikationsnetz mit seinen internen Komponenten. Deshalb erfordert die Diskussion von Dienstgüte in vernetzten Systemen immer auch eine differenzierte Betrachtung der „darunter liegenden“ Basiskomponenten (Abb. 1).

Benutzern des World Wide Web (WWW) sind solche Effekte gegenwärtig. So können die Transferzeiten und die Zuverlässigkeit der Verbindungen beim Zugriff auf Web-Server stark schwanken. Sie sind oft abhängig von der Tageszeit und anderen, nicht erkennbaren Einflüssen. Dieses Phänomen tritt gerade auch bei Multimedia-Übertragungen auf. Die Technik des Internet bietet bisher keine Möglichkeit, die Übertragung zu garantieren oder bestimmte Anwendungen zu bevorzugen. Das Internet arbeitet bis heute in einem Best-Effort-Modus. Seit einigen Jahren gibt es Arbeitsgruppen, die Vorschläge für Internet-Kommunikationsprotokolle erarbeiten, welche eine Differenzierung der Übertragungsanforderungen unterstützen und dadurch eine Abkehr vom Best-Effort-Prinzip bewirken.

Zwei Ansätze, Integrated Services und Differentiated Services, widmen sich diesem Problem unter verschiedenen Voraussetzungen. Beiden ist gemeinsam, dass für bestimmte Wegstrecken im Internet Daten priorisiert werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von „Bandbreite-Reservierung“. Während bei Integrated Services die Grundannahme getroffen wird, dass die Übertragungsbandbreite immer knapp ist, gehen die Differentiated Services davon aus, dass Bandbreite in ausreichendem Maße vorhanden ist und es nur einer Zuteilung bedarf. Dementsprechend werden bei Integrated Services potenziell für jede Verbindung Reservierungen vorgenommen, während bei den Differentiated Services nur Klassen von Verbindungen verwaltet werden („Gold“, „Silber“ und „Bronze“).

Da aber bei beiden Ansätzen in den nächsten Jahren noch keine flächendeckende Einführung zu erwarten ist, haben einige Hersteller eigene, herstellerspezifische Lösungen entwickelt. Die Firmen Hewlett Packard und Cisco unterstützen die Priorisierung von Daten innerhalb des WWW. Somit können zum Beispiel Bestellvorgänge bei Online-Anbietern wie Amazon – einem Internet-Kaufhaus für Bücher und andere Waren – bevorzugt abgewickelt werden.

Der Begriff Dienstgüte ist ursprünglich im Netzwerkbereich zur Beschreibung von Übertragungsprotokoll-Eigenschaften benutzt worden. Die dabei betrachteten Eigenschaften waren Zuverlässigkeit, also die Stabilität des Protokolls bei Nachrichtenverlust, und Leistungsfähigkeit, wobei hier die Ausnutzung der verfügbaren Bandbreite im Vordergrund stand. Wir betrachten darüber hinaus Dienstgüte aus der Perspektive der Anwendungen und benötigen dazu die folgenden Definitionen.

Eine Dienstgüte-Charakteristik stellt eine konkrete, quantifizierbare Ausprägung von Qualitätsmerkmalen dar. Beispiele für Dienstgüte-Charakteristiken sind die Verfügbarkeit eines Dienstes oder Antwortzeiten für die Bearbeitung eines Auftrags. Dienstgüte-Parameter stellen dabei die quantifizierbare Systemrepräsentation des Zustands einer Dienstgüte-Charakteristik dar. Dienstgüte-Kategorien gruppieren logisch zusammengehörige Dienstgüte-Charakteristiken, die aus denselben Anwendungsanforderungen erwachsen. So können die Charakteristiken Verfügbarkeit und Fehlerrate der Dienstgüte-Kategorie Fehlertoleranz zugeordnet werden. Zur Realisierung von Dienstgütezusicherungen werden Dienstgüte-Mechanismen benötigt. Die dabei ablaufenden Vorgänge werden unter dem Begriff Dienstgüte-Management zusammengefasst.

Die Verfahren und Strukturen des Dienstgüte-Managements können sehr unterschiedlich in einem System umgesetzt werden. Eine Dienstgüte-Architektur beschreibt die allgemeinen Prinzipien, wie Dienstgüte in die Anwendungen und die darunter liegenden Komponenten zu integrieren ist. Sind die dabei angebotenen Dienstgüte-Charakteristi-

ken aus genau einer Dienstgüte-Kategorie, spricht man von einer Einzel-Kategorie-, sonst von einer Mehr-Kategorie-Dienstgüte-Architektur. Eine generische Dienstgüte-Architektur ist eine Mehr-Kategorie-Dienstgüte-Architektur, die flexibel um neue Dienstgüte-Charakteristiken erweiterbar ist.

Zwei wesentliche Eigenschaften für die Behandlung von Dienstgüte sind

- die klientenbezogene Bewertung: Die Bewertung der erbrachten Dienstleistung und deren Güte er-

MICO – eine Implementierung der CORBA-Spezifikation

Die Common Object Request Broker Architecture (CORBA) ist eine standardisierte Softwareinfrastruktur – eine „Middleware“ – für verteilte Anwendungen, die heute große Akzeptanz und Verbreitung gefunden hat. Das Ziel der CORBA ist die Interoperabilität zwischen eigenständigen Anwendungsprogrammen unabhängig davon, wo sie im Netz positioniert sind, in welcher Programmiersprache sie geschrieben sind, mit welchem Betriebssystem sie zusammenarbeiten und auf welcher Hardware sie ablaufen. Mit CORBA bleiben diese Unterschiede weitgehend verborgen. Sie stellt ein einheitliches Programmiermodell und einheitliche Schnittstellen für die Programmierung kommunizierender Anwendungen zur Verfügung. MICO – MICO is CORBA – ist eine an der Professur für verteilte Systeme und Betriebssysteme entstandene Implementierung der CORBA-Spezifikation. Ursprünglich als Experimentierplattform für Forschung und Lehre gedacht, hat sich MICO als Open-Source-Projekt rasch zu einer weltweit beachteten und geförderten Aktivität weiterentwickelt. MICO wird heute nicht nur in der Lehre (z.B. Praktika für verteilte Systeme an der Goethe-Universität und der Technischen Universität Darmstadt) und in Forschungsprojekten (z.B. MAQS), sondern auch in kommerziellen Projekten eingesetzt. Zudem gehörte MICO zu den drei ersten CORBA-Implementierungen, die von der Open Group (einer Art Standardisierungsorganisation für offene Systeme) als „CORBA-compliant“ zertifiziert und ausgezeichnet wurden. Näheres unter <http://www.mico.org>.

folgt individuell durch den Klienten. So können bestimmte Dienstgütern von manchen Klienten als ausreichend betrachtet werden, während andere höhere Ansprüche stellen.

- ▶ die Ende-zu-Ende-Bedeutung: Die vom Klienten wahrgenommene Dienstgüte hängt von allen beteiligten Komponenten ab. Liefert eine tieferliegende Schicht nicht das gewünschte Verhalten, versagen in allgemeinen auch darüber gelagerte Vorkehrungen.

Verteilungsinfrastruktur

Die Entwicklung verteilter Anwendungen, bei denen die Akteure über ein potenziell unzuverlässiges Netz kommunizieren, ist wesentlich komplexer als bei herkömmlichen nicht-verteilten Anwendungen. Beispielsweise erschwert die Heterogenität der Software- und Hardware-Komponenten die Kommunikation, weil die individuellen Systeme unterschiedliche Datenformate benutzen. Folglich muss bei der Übertragung der Daten eine Konvertierung in rechner-

und anwendungsspezifische Formate stattfinden.

Um der Komplexität zu begegnen, werden unterstützende Software-Infrastrukturen („Middleware“) benötigt, die diese Komplexität weitgehend verbergen und es erlauben, verteilte Anwendungen mit ähnlichem Aufwand wie lokale Anwendungen zu entwickeln. Das Ziel der Middleware ist also letztlich das Verbergen der zugrunde liegenden Verteilung des Systems. Daher spricht man von „Verteilungstransparenz“ gegenüber der Anwendung.

ANZEIGE

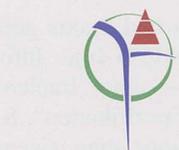
Die Region setzt ein Zeichen



Zusammenarbeit stärkt die Region Frankfurt RheinMain im internationalen Wettbewerb. Wenn Sie mehr über die Zusammenarbeit in der Region oder das Logo der Region wissen wollen, rufen Sie uns an oder schreiben Sie uns:

Umlandverband Frankfurt
Bürgerservice
Am Hauptbahnhof 18
60329 Frankfurt am Main
Telefon: 069/2577-1500
Telefax: 069/2577-1501
e-mail: info@uvf.de
<http://www.uvf.de>

Die Initiatoren dieses Zeichens sind die Wirtschaftsinitiative Frankfurt RheinMain, der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV), die Wirtschaftsförderung Region Frankfurt RheinMain, die Regionalpark RheinMain GmbH und der Umlandverband Frankfurt.



Umlandverband Frankfurt
Region RheinMain



Die Interaktionen in einem verteilten System werden meistens durch das Client/Server-Paradigma modelliert. Dabei unterscheidet man eine aktive, Nachrichten sendende (Client), und eine passive, Nachrichten empfangende Rolle (Server). Eine Komponente kann ihre Rolle wechseln, wenn z.B. ein Server für die Erbringung seiner Aufgaben einen anderen Server benötigt und für diesen Unterauftrag selbst zum Client wird.

In modernen Middleware-Systemen wird dieses logische Client/Server-Interaktionsschema häufig im Sinne der objektorientierten Programmierung realisiert. Das bedeutet aus softwaretechnischer Sicht, dass die beteiligten Komponenten Objekte darstellen, wobei das Klient-Objekt Aufträge an das Server-Objekt über das Netz erteilen kann. Die Vorteile der Objektorientierung kommen so dem Entwurf und der Implementierung verteilter Systeme zu gute. Ein Beispiel für eine solche objektorientierte Middleware-Architektur ist die Common Object Request Broker Architecture (CORBA) der Object Management Group (OMG). Diese Architektur hat große Akzeptanz in



Forschung und Praxis gefunden. Wir haben mit MICO [vgl. Informationskasten „MICO – eine Implementierung der CORBA-Spezifikation“, S. 54] in unserer Arbeitsgruppe eine eigene CORBA-Implementierung geschaffen, die heute als OpenSource-Projekt weltweit weiterentwickelt wird.

Ein wesentlicher Vorteil des Objektmodells ist die Trennung zwischen der Schnittstelle eines Objektes und der Implementierung. Dabei kann bei gleichbleibender Schnittstelle die Implementierung geändert bzw. verbessert werden. Die Schnittstelle manifestiert die Einigung von Klient und Dienst auf die Nachrichten zum Datenaustausch und die zugehörigen Datenformate. Objektorientierte Verteilungsinfrastrukturen basieren auf genau dieser Trennung zwischen den Einheiten eines verteilten Systems. Die Beschreibung der Schnittstellen erfolgt in einer Schnittstellenbeschreibungssprache

Dienstgüte-Aspekte und deren Durchsetzung sind für viele Anwendungen im e-Commerce, Workflow-Management und auch in der betrieblichen Standardsoftware wichtig und notwendig. Wettbewerb zwischen verschiedenen Dienst Anbietern kann erst durch eine einheitliche Beschreibung des Dienstangebotes und der Vereinbarung und Sicherstellung von Qualitätsaspekten eintreten.

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die Entwurfsziele und Komponenten der von uns entwickelten „Management Architecture for Quality of Service (MAQS)“.



(interface definition language, IDL). Diese IDL-Spezifikationen werden durch einen automatischen Übersetzungsvorgang in Vorlagen übersetzt, die in die Klienten- und Serverprogramme eingebunden werden und die Annahme von Aufträgen, die Konvertierung von Daten und das Weiterleiten der Aufträge und Ergebnisse übernehmen. Diese Funktionen nimmt ein so genannter Object Request Broker (ORB) wahr.

Bisher spielen Dienstgüte-Erwägungen keine bzw. eine sehr untergeordnete Rolle in der Middleware-Diskussion. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 403 „Vernetzung als Wettbewerbsfaktor am Beispiel der Region Rhein/Main“ arbeiten wir im Teilprojekt „Service Management in offenen verteilten Systemen“ an einer generischen Integration von Dienstgüte-Management in objektorientierten Verteilungsinfrastrukturen für beliebige Dienstgüte-Kategorien. Der Schwerpunkt liegt dabei eindeutig auf den Anwendungsaspekten.

Qualität mit MAQS

Für verschiedene Dienstgüte-Kategorien, wie zum Beispiel Fehlertoleranz, Echtzeit und Multimedia, existieren bereits Middleware-Speziallösungen, die eine umfassende Unterstützung des Anwendungsentwicklers bieten. Betrachtet man jedoch größere Anwendungsszenarien, fällt auf, dass dort Anforderungen gestellt werden, die nicht alleine in eine Dienstgüte-Kategorie fallen. Somit wäre es erforderlich mehrere Systeme parallel zu betreiben oder Konglomerate solcher Speziallösungen zu bauen. Beides führt zu einem erhöhten Implementierungs- und Wartungsaufwand. Eine generische Dienstgüte-Architektur verspricht hier Abhilfe, da sie flexibel an unterschiedliche Anwendungsanforderungen angepasst werden kann.

Die wesentlichen Ziele beim Entwurf von MAQS sind:

- Mehrkategorie: Die integrierbaren Dienstgüte-Charakteristiken sollen

nicht an bestimmte Dienstgüte-Kategorien gebunden sein.

- ▶ **Generizität:** Dienstgüte-Parameter und Dienstgüte-Mechanismen sollen frei definierbar und erweiterungsfähig sein.
- ▶ **Wiederverwendbarkeit:** Sowohl die Implementationen der Dienstgüte-Charakteristiken als auch die der Dienste selbst sollen einfach wiederverwendbar sein.
- ▶ **Einfache Nutzbarkeit:** Die Komplexität zur Erstellung einer verteilten Anwendung soll durch den Einbezug von Dienstgüte-Management nicht signifikant höher werden.

Ein weiteres Ziel des MAQS-Projektes ist es, die Anwendbarkeit der Architektur und der Infrastrukturkomponenten anhand einer prototypischen Implementierung und von realistischen Anwendungsszenarien zu demonstrieren und zu evaluieren. Der MAQS-Prototyp setzt dabei auf der eigenen CORBA-Implementierung MICO auf, die um die nachfolgend beschriebenen Dienstgüte-Mechanismen erweitert wird.

Die Integration von Dienstgüte-Management in eine Verteilungsplattform berührt beide Phasen des Dienstgüte-Managements: Entwurf- und Implementierung sowie Ausführung und Abrechnung. Für jede dieser Phasen müssen geeignete Mechanismen und Hilfsdienste entwickelt werden.

Die Spezifikation von Dienstgüte-Parametern und die Abbildung auf die entsprechenden Dienstgüte-Mechanismen ist die Hauptaufgabe der Entwurfs- und Implementierungsphase. Die Anforderung nach getrennter Wiederverwendbarkeit impliziert eine weitgehend separate Realisierung von Dienst und Dienstgüte-Mechanismen. Eine genauere Betrachtung von Eigenschaften, die Dienstgüte-Mechanismen bei der Integration in das Objektmodell zeigen, ergibt aber, dass eine vollständige Trennung im Allgemeinen nicht möglich ist. Die Abhängigkeiten zwischen Diensten und den unterstützten Dienstgüte-Mechanismen sind zu gross. Dennoch konnten wir im Rahmen des Projektes zeigen, dass Dienstgüte konzeptionell abtrennbar ist und somit einen Aspekt im Sinne der Aspektorientierten Programmierung (AOP) darstellt. Dieses relativ neue Paradigma der Softwareentwicklung hat somit auf natürliche Weise Eingang in unseren Ansatz gefunden.

Die Definition von Schnittstellen und Datentypen in der IDL legt nahe, auch die Dienstgüte-Parameter und die Schnittstellen der Dienstgüte-Mechanismen in gleicher Weise zu vereinbaren. Damit ist der Zugriff auf die Mechanismen und der

Austausch der Parameter über das Netz durch die zugrunde liegende Verteilungsinfrastruktur möglich. Zwar muss dazu die Standard-IDL der CORBA um einige Elemente erweitert werden, jedoch halten sich diese Erweiterungen in sehr engem Rahmen.

Die Spezifikationen einer Dienstgüte-Charakteristik in der erweiterten Schnittstellenbeschreibungssprache wird dann wie zuvor durch einen von uns geschaffenen Übersetzer in die Zielsprache übersetzt. Bei der Übersetzung sind wohldefinierte Übergänge zwischen den Dienstgüte-Implementierungen und den Klienten bzw. Server-Objekten die Folge. Damit wird die geforderte Trennung der Anwendungslogik von den Dienstgüte-Mechanismen unterstrichen und die Wiederverwendbarkeit erhöht.

Die Spezifikation von Dienstgüte-Charakteristiken und deren Umsetzung im System durch Dienstgüte-Parameter und -Mechanismen ist nicht ausreichend. Sie muss in der Ausführungsphase durch eine Verhandlungskomponente unterstützt werden. Da die dynamischen Änderungen in einem verteilten System keine A-priori-Kenntnisse über die Verfügbarkeit von Ressourcen (z.B. Netzwerkkapazität, Rechenleistung) erlauben, wird durch eine Verhandlung vor der Inanspruchnahme eines Dienstes die aktuell mögliche Dienstgüte-Charakteristik und deren Niveau „vertraglich“ festgelegt. Dazu beinhaltet MAQS eine Verhandlungskomponente, die es ermöglicht, dass Kundenanforderungen

und Dienstfähigkeiten zur Ausführungszeit in einem potenziell mehrstufigen Verhandlungsprotokoll in Einklang gebracht werden. Ein Klient teilt dem Dienst seine Präferenzen und Toleranzgrenzen mit; der Server versucht daraufhin, ein für den Klienten und für seine eigene momentane Situation akzeptable Konstellation zu finden. Das Ergebnis ist dann eine Vereinbarung über DienstgütEZusicherungen des



Dienstanbieters mit den zugehörigen Preisen für die Dienstnutzung.

Ist eine solche Dienstgüte-Vereinbarung erzielt, muss diese während der Diensterbringung überwacht werden und – falls gravierende Änderungen des Qualitätsniveaus auftreten – eine Anpassung erfolgen. Die erfassten Daten können auch als Grundlage für die Planung des Systemausbaus benutzt werden und in einen Abrechnungsdienst fließen, der die Dienstnutzung ermittelt.

Bislang findet in verteilten Systemen gar keine Abrechnung von elektronischen Dienstleistungen oder nur eine Abrechnung nach Pauschalpreisen ohne Einbe-





Professor Dr. Kurt Geihs (44) ist seit 1992 Professor für Verteilte Systeme und Betriebssysteme am Fachbereich Informatik der Goethe-Universität. Schwerpunkte seiner Lehrtätigkeiten sind Betriebssysteme, Verteilte Systeme und das Internet. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Architektur, Management und Leistungsbewertung von offenen verteilten Systemen. Seit 1997 arbeitet er im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 403 der Deutschen Forschungsgemeinschaft an einem Projekt zum Dienstgütemanagement in verteilten Systemen. Kurt Geihs hat von 1975 bis 1981 Informatik an der Universität Darmstadt und der University of California in Los Angeles studiert. Nach seiner Promotion an der Universität Aachen arbeitete er von 1985 bis 1992 bei der IBM am ENC (European Networking Center) Heidel-



berg. 1988 und 1989 war er im IBM Forschungslabor in Yorktown Heights (USA) tätig.

Christian Becker (31) hat von 1991 bis 1996 Informatik an den Universitäten Karlsruhe und Kaiserslautern studiert. Seit 1997 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für verteilte Systeme und Betriebssysteme unter Leitung von Professor Dr. Kurt Geihs tätig. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Service Management in offenen verteilten Systemen“ arbeitet Christian Becker an dem Entwurf und der Implementierung von Dienstgüte-Management in objekt-orientierten Verteilungsinfrastrukturen. In diesem Projekt wird untersucht, wie Vorkerkehrungen für Dienstgüte in herkömmliche Verteilungsinfrastrukturen integriert werden können.

zug der gelieferten Qualität statt. Zur Beseitigung von Qualitätsproblemen schaffen Dienstanbieter schnellere Hardware und leistungsfähigere Netze an.

Durch den Einbezug der tatsächlich erbrachten Qualität in die Abrechnung, kann der Dienstanbieter den Klienten differenzierte Angebote machen und seine Ressourcen flexibler einplanen. Mit der Abkehr von Pauschalpreisen fordert ein

Klient, der für hohe Qualität mehr bezahlen muss als für niedrige, auch nur die tatsächlich benötigte Qualität an. Dies wiederum wird zu einer ressourcenschonenden Nutzung des Gesamtsystems führen.

Ausblick

Das hier beschriebene Projekt wird seit ungefähr drei Jahren im Rahmen des

SFB 403 unter dem Titel „Service Management in offenen verteilten Systemen“ ausgeführt. Es hat sich dabei gezeigt, dass die interdisziplinäre Zusammenarbeit und das Verständnis für die Forschungsthemen und Methoden der anderen Disziplinen zu wertvollen Anregungen und teilweise zu schnell verwertbaren Ergebnissen führen kann. So hat die Zusammenarbeit mit den Ökonomen wesentlichen Einfluss auf die Modellierung und Spezifikation der Klientenpräferenzen in MAQS gehabt.

Die beschriebene Architektur MAQS soll im Rahmen der nächsten Projektphase durch Dienste für die qualitätsabhängige Abrechnung und die Ressource-Zuteilung erweitert werden. Zudem sind Untersuchungen über die softwaretechnischen Aspekte der Integration und Wiederverwendbarkeit von Dienstgüte-Mechanismen in verteilten Objektsystemen geplant.

Wir sind fest davon überzeugt, dass Dienstgüteaspekte aus der technischen Perspektive eine Antwort auf die Frage „Vernetzung – Quo vadis?“ sind. Diese Aspekte werden in den nächsten Jahren zu einem allgemeinen Schwerpunktthema der Diskussionen um technische Vernetzung und Informationsverarbeitung werden.



Literatur

- C. Aurrecochea, A.T. Campbell und L. Hauw, „A Survey of QoS Architectures“, ACM/Springer Verlag: Multimedia Systems Journal, Special Issue on QoS Architecture, Vol. 6(3), 138-151, 1998
 C. Becker und K. Geihs, „QoS as a Competitive Advantage for Distributed Object Systems“, Proceedings of EDOC'98, IEEE Press, 1998
 C. Becker, K. Geihs und J. Gramberg, „Representing Quality of Service Preferences by Hierarchies of Contracts“, Workshop „Elektronische Dienstleistungswirtschaft und Financial Engineering“, Schöling Verlag, Münster, 1999
 Object Management Group (OMG), „The Common Object Request Broker: Architecture and Specification, Revision 2.2“, 1998

ANZEIGE

Diagnose:
unbezahlbar
krank



Ärzte ohne Grenzen e.V.
Lievellingsweg 102
53119 Bonn
Spendenkonto 97 0 97
Sparkasse Bonn
BLZ 380 500 00

Bitte schicken Sie mir

- allgemeine Informationen
 Informationen für einen Projekteinsatz
 Informationen zur Fördermitgliedschaft
 Die Broschüre „Vermächtnis für das Leben“

Name _____

Geb.-Datum _____

Straße _____

PLZ/Ort _____

11 10 20 01

Der Zugang zu unentbehrlichen Medikamenten ist ein Menschenrecht. Wir fordern dieses Recht für alle.



MEDECINS SANS FRONTIERES
ÄRZTE OHNE GRENZEN e.V.

Mehr sehen – sicherer wissen – überzeugender gestalten

Die 3D-Computergrafik erobert den wissenschaftlichen Alltag

von Detlef Krömker

Für die meisten ist es heute selbstverständlich und allgegenwärtig: Die Benutzungsschnittstelle unserer Computer ist multimedial und grafisch-interaktiv. Ein Ensemble von Grafiken, Bildern, Videos und Animationen realisieren gemeinsam mit Text und Audio die Schnittstelle zum Menschen. Tastatur und Maus sind dabei die wichtigsten Eingabegeräte. Kaum eine Teildisziplin der Informatik hat das äußere Erscheinungsbild von Rechnersystemen als Wirkgemeinschaft von Hardware und Software so verändert wie die Grafische Datenverarbeitung [vgl. Informationskasten „Computergrafik“, S. 60]. Aber auch die Funktion und Rolle von Rechnersystemen wurden durch die Entwicklungen der Computergrafik entscheidend neu geprägt.

Ohne grafisch-interaktive Benutzungsschnittstellen wäre die Rechnernutzung nach wie vor eine „Geheimwissenschaft“ für wenige Eingeweihte. Noch vor 20 Jahren dominierten die zeichenorientierten, alpha-numerischen Displays. Der Text war das vorrangige Medium zur Interaktion, vielfach entstellt durch kryptische oder fremdsprachliche Abkürzungen und Kunstworte. Wenn auch fern von jeder Perfektion, so ermöglichen die grafisch-interaktiven Bedienungsmetaphern, dass heute nahezu jeder einen Rechner benutzen kann. Robert Cailliau, einer der Väter des World Wide Web, fasste dies einst so zusammen: „You click, we do the rest“.

Dabei erfolgte die Entwicklung der Computergrafik von Anfang an in einer engen Symbiose mit ihren Anwendungen. Einerseits stellten diese stets neue Anforderungen an die Technologie und ließen das jeweils Erreichte als nie ausreichend erscheinen. Andererseits wurden verschiedene Computeranwendungen durch die Computergrafik, die „Enabling Technology“ erst ermöglicht. Dieses gilt besonders für die Rechnernutzung in vielen Ingenieurwissenschaften, die traditionell auf einer zeichnerischen (grafischen) Kommunikation basieren, aber zunehmend auch für viele Natur- und Geisteswissenschaften, die sich auch diesem mächtigen Werkzeug bedienen.

Der Computer ist aber nicht nur Werkzeug für die „ernste“ Wissenschaft, für Kaufleute und Ingenieure. In den letzten Jahren setzen verschiedene Computerspiele und Spielekonsolen (Spezialcomputer für Videospiele) immer wieder Glanzpunkte des technisch Machbaren. Diese profitieren aber nicht nur von der Entwicklung der allgemeinen Computergrafik, sondern führen spezielle Technologien auch zu ihr zurück. Dieser Austausch von Technologien und Lösungen der Computergrafik zwischen den verschiedenen Anwendungsgebieten ist von grundlegender Bedeutung für weitere Entwicklungen. Betrachten wir in aller Kürze diese faszinierende Entwicklung, den erreichten Stand, die Rolle der heuti-

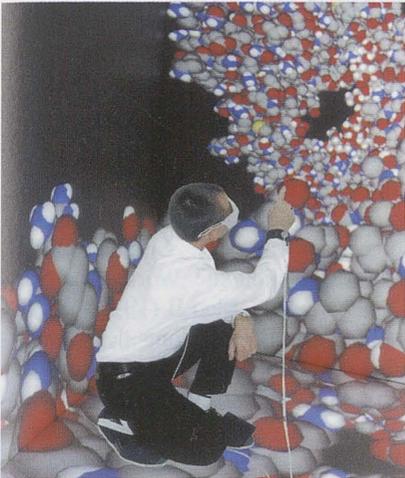




Abb. 1: Ivan Sutherlands Sketchpad (1963): das erste interaktive Grafiksystem.

gen Computergrafik und die aktuelle Forschungsagenda.

Meilensteine der Entwicklung

Abgesehen von den ganz frühen Experimenten in den fünfziger Jahren markierte Ivan Sutherlands Entwicklung des „Sketchpad“ (Abb. 1) den ersten Meilenstein in der Geschichte der interaktiven Computergrafik. Er demonstrierte schon 1963, dass man einen Digitalrechner dazu

nutzen kann, auf einem Oszilloskop eine Liniengrafik zu erzeugen und interaktiv zu manipulieren [1]. Viele der bis heute gültigen Interaktionsprimitive – wie „Point&Click“ oder „Drag&Drop“ – entstammen dieser wegweisenden Entwicklung. Unabhängig von Sutherland entwickelte Douglas Engelbart im gleichen Jahr ein Eingabegerät, das 20 Jahre später und bis heute zur Standardausstattung interaktiver Systeme wurde: die Maus (Abb. 2). Ivan Sutherland formulierte 1965 folgende Vision als „The Ultimate Display“: „The screen is a window through which one sees a virtual world. The challenge is to make that world look real, act real, sound real, feel real.“ [2]

Diese Formulierung klingt wie die Beschreibung eines hochmodernen Systems für Anwendungen der Virtual Reality. Streng genommen harrt diese Vision jedoch ihrer Erfüllung; es hapert besonders beim „feel real“. Aber trotz allem ist man Sutherlands Vision in den vergangenen 35 Jahren entscheidend näher gekommen. Seine Idee war und ist bis heute ein Leitgedanke für die gesamte Entwicklung der Computergrafik. Diese verlief anfangs vergleichsweise langsam, erfuhr aber einen entscheidenden Anstoß, als in den siebziger Jahren eine Reihe grundlegen-

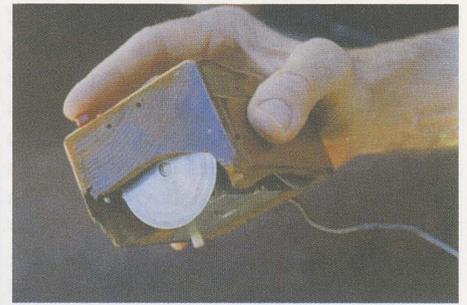


Abb. 2: Engelbarts Mouse (1963): Prototyp des charakterisierenden Eingabegerätes der WIMP-Benutzungsschnittstellen (WIMP steht für Windows, Icons, Menues, Point).

der algorithmischer Probleme, vor allem zum „look real“, gelöst wurden (Abb. 3 u. 4). Aus Sicht der Anwender bemühte man sich in der Softwareentwicklung schon ab der zweiten Hälfte der siebziger Jahre um Unabhängigkeit von Gerätespezifika. Wegweisend waren die Workshops Seillac I (1976) und Seillac II (1979) [3], die schließlich zur Entwicklung des Graphischen Kernsystems (GKS) führten und 1985 als ISO Standard veröffentlicht wurde [4].

All diese Entwicklungen hätten ihr Potenzial nie vollständig zeigen können und kaum eine wirkliche Breitenwirkung erzielt, wenn nicht der Entwicklungsstand der Mikroelektronik in den frühen achtziger Jahren zu vollständig neuen Systemstrukturen geführt hätte. Die Entwicklung der Speicherbausteine (Abb. 5) ermöglichte ab Anfang der achtziger Jahre eine Realisierung von Bildspeichern zu Kosten, die eine weite Verbreitung der Systeme zuließen. Auf dieser Basis entwickelte man Rasterysteme, die die Algorithmen von Gouraud, Phong, Blinn und Whitted nutzten, also ausgefüllte und schattierte

Abb. 3: Meilensteine der Entwicklung der Computergraphik in den siebziger Jahren.

1970	Pierre Bezier	„glatte“ interaktiv manipulierbare Kurven und Flächen
1971	Enrie Gouraud	geometrisch „geglättete“ Schattierung von polygonalen Modellen
1974	Ed Cadmull	„effiziente“ Lösung des Verdeckungsproblems: z-buffer, geeignet für eine Hardwareimplementierung
1975	Bui Toung Phong	verbessertes Schattieren mit Highlights
1976	Jim Blinn	Textur-Mapping für realistischere Bilder
1979	Turner Whitted	Ray Tracing

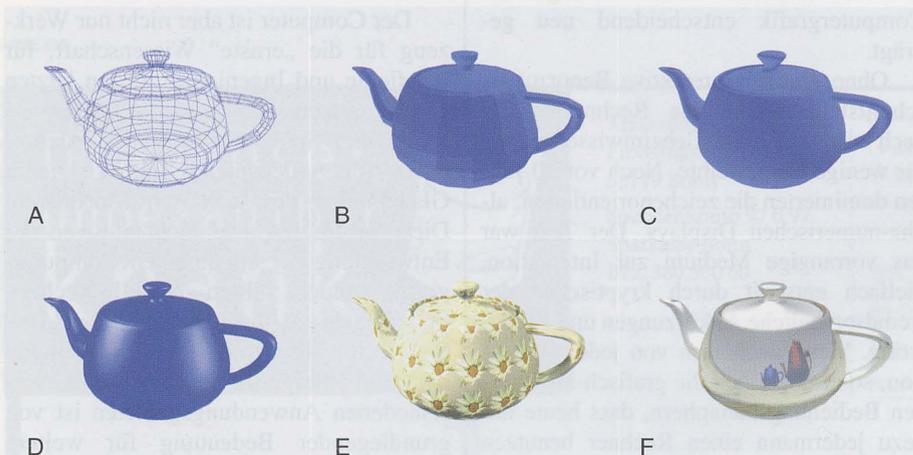


Abb. 4: Martin Newells „Teapot“ in verschiedenen Darstellungen: A) als Drahtgitter-Modell; B) facettiert (ohne geometrische Glättung); C) nach Gouraud schattiert („Plastik-Look“); D) nach Phong schattiert (mit Glanzlicht); E) texturiert; F) hochspiegelnd mit Environment-Map

Computergrafik

Die Grafische Datenverarbeitung oder Computergrafik ist eine Teildisziplin der Informatik. Sie umfasst die Technologien, durch die Bilder und Grafiken mithilfe von Computern erzeugt, dargestellt, erfasst, verwaltet, in der für die jeweilige Anwendung geeigneten Form verarbeitet und mit sonstigen – auch nichtgrafischen – Anwendungsdaten in Wechselbeziehungen gebracht werden können. Dazu gehört die Integration mit anderen Datentypen wie Audio, Sprache, Text und Video, so genannte multimediale Systeme, die Mensch-Maschine-Interaktion sowie entsprechende Dialogtechniken.

Fraunhofer-Anwendungszentrum für Computergraphik in Chemie und Pharmazie

Das Fraunhofer-Anwendungszentrum für Computergraphik in Chemie und Pharmazie (Fraunhofer-AGC) wurde 1999 gegründet. Als eines von mehr als fünfzig Einrichtungen der Fraunhofer Gesellschaft widmet sich das Fraunhofer-Anwendungszentrum der Auftragsforschung für Industrie und Wirtschaft. Im Sinne der angewandten Forschung liegt der Schwerpunkt der Arbeiten bei der Anpassung und Übertragung von Basistechnologien der Computergrafik und angrenzender Gebiete auf Problemen und Fragestellungen der chemisch-pharmazeutischen Industrie. In vielen Projekten arbeitet das Anwendungszentrum mit seinem Mutterinstitut, dem Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung in Darmstadt, eng zusammen. Gestützt werden die anwendungsorientierten Forschungsarbeiten im Fraunhofer-Anwendungszentrum durch Grundlagenforschung an der Goethe-Universität, speziell durch die Arbeiten an der Professur für Graphische Datenverarbeitung im Fachbereich Informatik. Beide Einrichtungen werden in Personalunion von Detlef Krömker geleitet.

Der Forschungsschwerpunkt liegt aktuell auf der Nutzung des Bewegtbildes und Methoden der Animation und Virtuellen Realität für Visualisierungsfragen, Visualisierungsverfah-

ren für den Anlagenbau, neue Interaktionsformen in virtuellen Welten, Informationsvisualisierung für die Bioinformatik und multimediale Systeme. Aber auch Virtuelle Realitäten in Ausbildung und Training sind Gegenstand unserer wissenschaftlichen Arbeit. Ein Anwendungsbeispiel dazu ist das Projekt ETOILE (Environment for Team, Organisational and Individual Learning in Emergencies), das von der Europäischen Kommission im Rahmen des Information Society Technologies-Programmes (IST) gefördert wird.

Virtuelle Realitäten (VR) können vorteilhaft zu Trainingszwecken verwendet werden, um die Lernenden gemeinsam in einer über das Internet verteilten Welt interagieren zu lassen. Dies gilt im besonderen dann, wenn die Trainingsthematik kein Üben in der Realität erlaubt, z.B. bei Notfall- oder Katastrophenszenarien, oder die Trainierenden nur schwer an einem Ort zusammenzubringen sind. Wie können derartige virtuelle Umgebungen einfach und kostengünstig von Experten des speziellen Anwendungsgebietes, z.B. im Bereich der Verkehrstechnik, erstellt werden, die meist Laien in VR, Animation oder geometrischer Modellierung sind? Wie wird das Verhalten der Welt und der darin vorkommenden Objekte oder von Computerspielern,

einfach spezifiziert sowie realistisch in Echtzeit simuliert und visualisiert.

In ETOILE kommen wiederverwendbare Komponenten zum Einsatz, die sowohl Software, Geometrie und Animation umfassen. Diese werden dabei in eine Skelettapplikation eingefügt, die für alle Trainingsanwendungen gleich ist. Gegenstand der Forschung in diesem Zusammenhang ist es, eine entsprechende Umgebung zu entwickeln, mit der ein Autor die Bausteine gemäß den individuellen Trainingszielen grafisch-interaktiv zusammenstellen kann. Ein spezieller Bausteintyp wird durch die Verwendung agentenbasierter Ansätze bereitgestellt. Agenten sind Elementarsimulatoren, die sich besonders für die Modellierung menschlichen Verhaltens eignen.

In ETOILE werden verschiedene Modelle zum Teamverhalten untersucht. So lassen sich beispielsweise vom Computer gesteuerte Charaktere einfügen, die Rollen von Trainingsteilnehmern übernehmen. Die am Fraunhofer-AGC entwickelten Basissysteme und Werkzeuge werden von mehreren europäischen Partnern verwendet, um Trainingsanwendungen im Bereich „Notfälle in U-Bahnen und Kraftwerken“ zu erstellen. Partner an der University of Lancaster forschen an lernpsychologischen Fragestellungen.

ANZEIGE

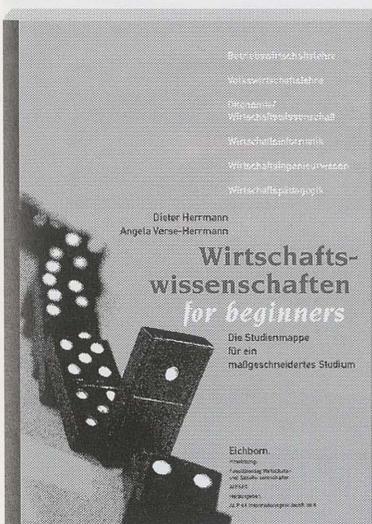
Optimale Karrierechancen durch ein effizientes Wirtschaftsstudium

Dieter Herrmann / Angela Verse-Herrmann
Wirtschaftswissenschaften for beginners
392 Seiten, Großformat, broschiert
DM 19,95 ISBN 3-8218-1597-3

Ökonomen haben beste Chancen auf dem Arbeitsmarkt – aber nur, wenn sie entsprechend ihrer persönlichen Neigungen und Fähigkeiten studieren. *Wirtschaftswissenschaften for beginners* präsentiert die dafür wichtigen Informationen über:

- individuelle Fächer- und Hochschulwahl
- spezielle Fördermöglichkeiten
- gefragte Zusatzqualifikationen
- Jobs und Praktika
- Auslandsstudium
- den richtigen Berufseinstieg

**SCHULE,
STUDIUM,
BERUF: Eichborn.**
Die individuellen Ratgeber
für **Ausbildung & Karriere**



Eichborn Verlag • Kaiserstraße 66 • 60329 Frankfurt
Telefon: 069 / 25 60 03-0 • Fax: 069 / 25 60 03-30
www.eichborn.de – Wir schicken Ihnen gern ein Verlagsverzeichnis.

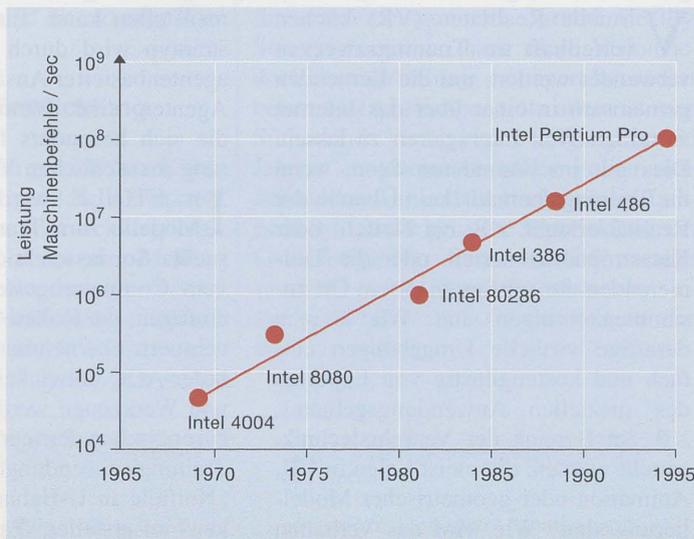
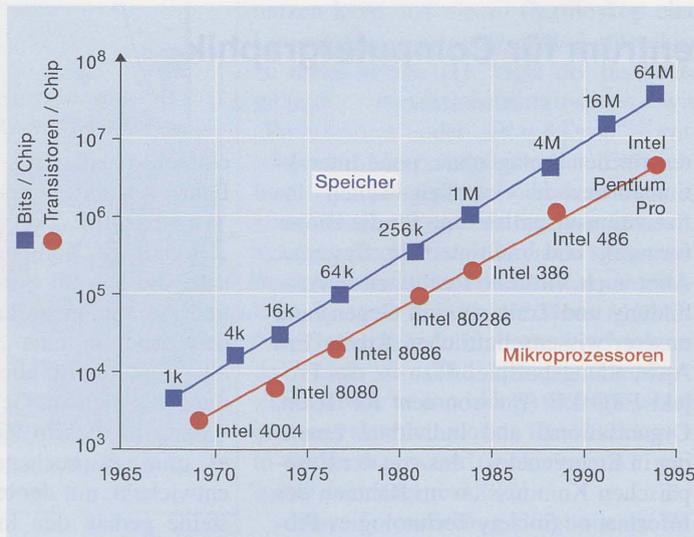


Abb. 5: Entwicklung der kritischen Performanzparameter für Speicherchips (Speicherkapazität in Bits/Chip) und Prozessoren (Integrationsdichte in Transistoren/Chip) nach [5].

Flächen – im Gegensatz zu Strichzeichnungen auf den bis dahin üblichen kalligrafischen Vektordisplays – darstellen konnten. Diese Entwicklung verdrängte im Verlauf der achtziger Jahre die kalligrafischen Systeme vollständig vom Markt. Ähnlich dynamisch wie die Speicherbausteine entwickelten sich die Prozessoren. Beide Neuerungen legten gemeinsam den Grundstein für die Entwicklung und Durchsetzung der neuen „Personal Computer“ und „Workstations“ mit den so genannten WIMP-Benutzungs-schnittstellen (Windows, Icons, Menues, Pointing). 1981 stellte IBM den Personal Computer (PC) vor, der zunächst noch eine alpha-numerische Anzeige hatte. Aber schon 1983 brachte Silicon Graphics eine erste Grafik-Workstation auf den Markt. 1984 war die Geburtsstunde des Apple Macintosh. Bereits Ende der achtziger Jahre basierten alle Systeme auf den Prinzipien der grafisch-interaktiven Benutzungsoberflächen. Der Siegeszug der Grafiksysteme war nicht mehr aufzuhalten. Workstations verbesserten ihre Qualität sprunghaft. Zahlreiche grafische Anwendungen erlebten eine weite Verbreitung. Die Computergrafik wurde zweifellos zu einer Enabling Technology: Ohne sie hätten sich viele Anwendungen nicht so dynamisch entwickeln können. Dieses gilt für CAD (Computer-Aided Design) in Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauwesen, usw. und CAM (Computer-Aided Manufacturing) für die Produktionstechnik, für CAMD (Computer Added Mole-

Abb. 6: Realitätsnahe Architekturpräsentation, hier der Neubau des Konferenzzentrums der Messe Frankfurt, Standbild aus einem Video.



Sicherheit & Linux

Die Berichte über Angriffe auf Internet-Server häufen sich: selbst die schnellsten Rechner werden mit Distributed Denial of Service Attacks außer Gefecht gesetzt, sie brechen unter künstlich erzeugter Nachfrage von hunderten von Rechnern einfach zusammen. Eine breite Öffentlichkeit reagiert sensibel auf jede Störung: „Das“ Internet muß immer und überall verfügbar sein.

Dabei muß unterschieden werden zwischen Datensabotage (u.a. die erwähnten Denial of Service Attacks) und Datenspionage, also dem Einbrechen in fremde Rechner und das (heimliche) Ausspionieren der Daten. Gerade für Unternehmen, die sicherheitsrelevante Dienste im Internet anbieten (z.B. Online-Banking), ist es wichtig, bei den Kunden keine Zweifel an der Verlässlichkeit und Sicherheit des angebotenen Dienstes aufkommen zu lassen.

Linux – und meist auch andere frei verfügbare Unix wie z.B. Free/Net/Open-BSD – bietet einige sehr gute Sicherheitsfeatures. Hier wird sich, u.a. auch durch die Änderung der US-Krypto-Exportbeschränkungen, in nächster Zeit sicherlich noch einiges bewegen, da bisher die meisten in Europa verfügbaren Werkzeuge außeramerikanische Entwicklungen sind.

Gegen die eingangs erwähnten Distributed Denial of Service Attacks ist bereits ein Patch verfügbar und auch gegen Datensabotage bietet Linux gute Schutzmechanismen. Mit den 2.3.x-Kerneln übernimmt diese Aufgaben der Netfilter-Code, der neben differenzierterem Firewalling, IP-Masquerading und Traffic Shaping auch eine Lastverteilung einer IP-Adresse auf mehrere Server ermöglicht. Der 2.3.99-Kernel, der in Kürze zur neuen Release 2.4 werden soll, bietet neben zahlreichen, für „normale“ Benutzer interessanten Features (hier sei nur die IrDA-Unterstützung genannt), eine stark erweiterte TCP/IP-Umgebung. Das neue iproute2 schafft eine einheitliche Schnittstelle zum Netzwerk und bereitet Linux gleichzeitig für IPv6 vor. Die Lastverteilung ermöglicht es, stark belastete Web-Server zu verdoppeln: Dabei handelt es sich schon um einen ersten Schritt in Richtung Hochverfügbarkeit.

Im Bereich Firewalls hat Linux bereits ein hohes Maß an Zuverlässigkeit erreicht, denn gerade hier kommen die Vorteile von Open Source zum Tragen.

innominate AG

Als Linux-Unternehmen ist innominate u.a. im Bereich Sicherheit unter Linux sehr engagiert. So hat die innominate AG zum Beispiel ein Sicherheitskonzept für eine größere Bank in Berlin erstellt und implementiert.

Zur Zeit entwickelt innominate auch Hochverfügbarkeits-Lösungen (HA, high availability) für Linux. Bei Ausfall eines Rechners übernimmt automatisch ein zweiter die vom ausgefallenen Rechner angebotenen Dienste: Statt stundenlanger Austauschzeit ist der Dienst nur einige Minuten lang nicht verfügbar.

In absehbarer Zeit wird Linux auf diese Art und Weise Verfügbarkeiten erreichen, die in die bisher Großrechnern vorbehaltenen Dimensionen vorstoßen werden – und das zu moderaten Preisen. innominate ist dabei.

Linux Jobs

Sie arbeiten mit Linux? Mit Engagement und belegbarem Know-how? Sie haben Lust, Ihre Ideen in einem außergewöhnlichen Unternehmen zu verwirklichen? Dann sind Sie bei uns richtig. innominate ist einer der führenden Linux-Dienstleister in Deutschland. Für unser Stammhaus in Berlin und unsere Niederlassungen in Frankfurt/M., Karlsruhe, München, Hamburg, und Düsseldorf suchen wir

Security-Spezialisten (m/w)

Consultants (m/w)

Sales Manager (m/w)

Sales Mitarbeiter (m/w)

Systemadministratoren (m/w)

Softwareentwickler (m/w)

Linux-Dozenten (m/w)

Unix Systemprogrammierer (m/w)

Perlprogrammierer (m/w)

Kommen Sie in ein junges, professionelles Team. Realisieren Sie in angenehmer Atmosphäre zukunftsreiche Projekte. Senden Sie Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen an:

innominate
networking people

innominate AG

Frau Annett Schöneberg

Singerstraße 109

10179 Berlin

Fon 030-30 88 06-0

career@innominate.de

<http://innominate.de/career>

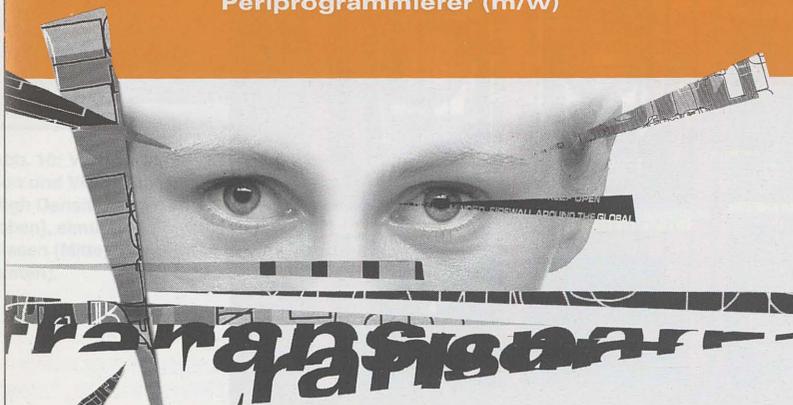


Abb. 7: Dunhuang Art Cave: Modell von alten chinesischen, bemalten Höhlen, die virtuell begehbar sind. Der Lichtkegel einer Taschenlampe wird simuliert.

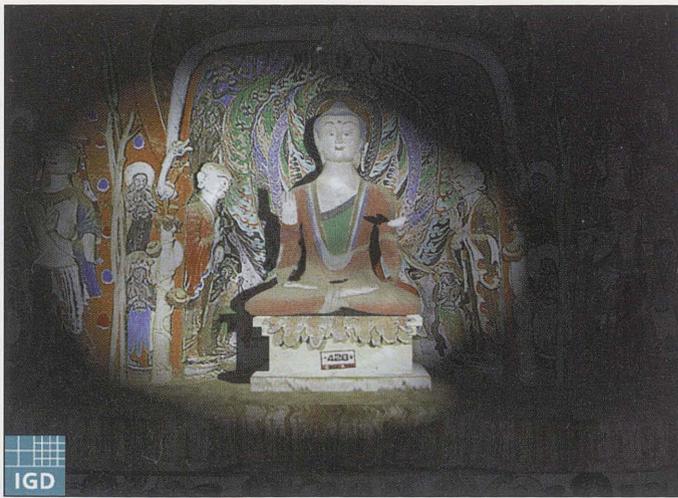


Abb. 8: Virtuelle Einbausimulation in der Fahrzeugentwicklung in einer CAVE.

dieses Problem im Wesentlichen gelöst (Abb. 6). Filme wie Titanic machen es deutlich.

Diese Entwicklungen legen auch die algorithmische Basis für die Systeme zur „Virtuellen Realität“. Dies sind Echtzeit-Grafiksysteme, die schritthaltend durch die Generierung von mindestens acht Bildern pro Sekunden (besser mehr) dem Benutzer eine virtuelle Welt präsentieren. Sie reagieren direkt und unmittelbar auf Benutzereingaben, z.B. eigene Bewegungen. Verbunden mit Großgeräten zur Präsentation, wie z.B. planaren oder zylinderförmigen Stereogroßprojektionen oder so genannten CAVEs (begehbare Projektionswürfel, bei denen auf drei bis sechs Seiten je ein Bild projiziert wird), sollen sich Benutzer als Teil der Virtuellen Welt fühlen [5] („Immersion“, Abb. 7). Dadurch sind

cular Design) in Chemie und Pharmazie und einige weitere CAx-Disziplinen. Aber auch der moderne 3D-Trickfilm profitierte von dieser technischen Entwicklung: Er verbreitete sich ab Mitte der achtziger Jahre zunächst in Werbung und Film. Heute wird der 3D-Trickfilm zunehmend auch für andere Anwendungen, z.B. in der Lehre, genutzt. Diese Trends setzten sich in den neunziger Jahren fort: Multimedia, 3D-Computerspiele, Visualisierung und Virtual Reality waren die dominierenden Entwicklungen im abgelaufenen Jahrzehnt.

Heutiger Stand und Blick in die nahe Zukunft

Was ist der Stand der Dinge? Was sind die absehbaren Trends und weiterführenden Zukunftsfragen? Bis in die neunziger Jahre war es ein großes Ziel, Fotorealismus in Aussehen und Bewegung, im Sinn der Nichtunterscheidbarkeit von Foto oder Film, zu erreichen. Inzwischen ist

heute u.a. Produktpräsentationen und Designentscheidungen z.B. bei Neuentwicklungen in der Automobilindustrie möglich, für die man bis vor Kurzem große und sehr aufwändige Modelle bauen musste (Abb. 8). Die virtuelle Begehung von Industrieanlagen wird schon häufig praktiziert, um beispielsweise ein Design-Review (z.B. Überprüfung von Einzelentwürfen im Gesamtkontext) durchzuführen (Abb. 9).

Ein wichtiger Schritt ist die Kopplung von Simulatoren an solche Systeme, um die Funktion einer Anlage zu überprüfen und diverse Untersuchungen, virtuelle Veränderungen und Optimierungen vorzunehmen (Abb. 10). Die „Digitale Produktionsanlage“ im Ganzen ist jedoch noch Zukunftsmusik. Ziel ist es, alle Funktionen der Anlage, sowohl kontinuierliche als auch diskrete Vorgänge, digital nachzubilden und in einer virtuellen Welt erfahrbar zu machen. Hierzu sind allerdings noch größere Rechnerleistungen erforderlich, außerdem müssen viele anwendungsorientierte Detailfragen zur Kopplung der Systeme und Durchgängigkeit der Datenhaltung und -nutzung geklärt werden, was noch einige Jahre in Anspruch nehmen wird. Moderne Industrieanlagen sollen in Zukunft während ihres gesamten Lebenszyklus virtuell für Unterweisungen, Untersuchungen, Umlanungen und Optimierungen „ansprechbar“ sein.

Nach zirka 35 Jahren ist Sutherlands Vision also fast realisiert: Echte Defizite gibt es noch beim „feel real“, also der haptischen und taktilen Ausgabe, obwohl für Teilbereiche schon brauchbare Lösun-

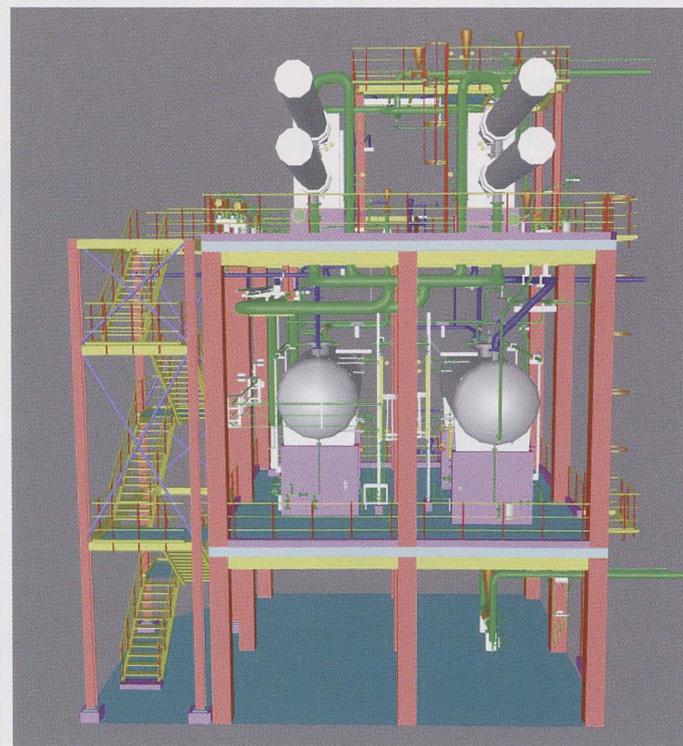


Abb. 9: VR-Präsentation einer verfahrenstechnischen Anlage beim Design-Review (VR: Virtuelle Realität).

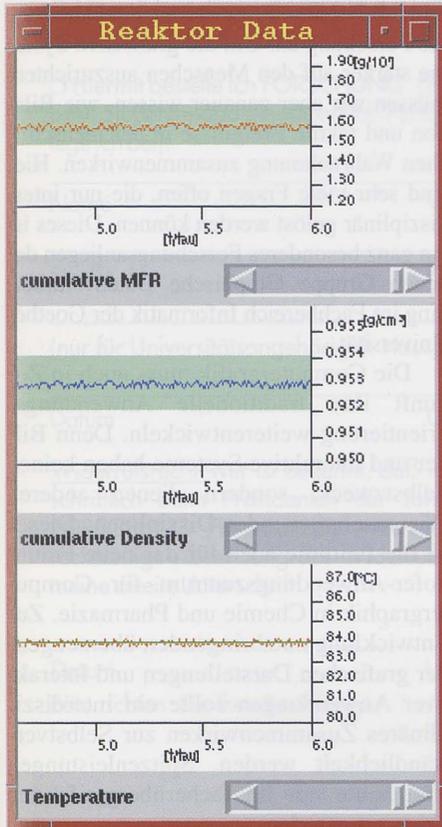
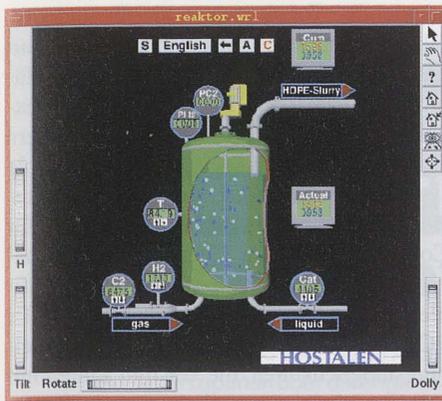


Abb. 10: Virtueller chemischer Reaktor: Simulation und Visualisierung der Synthesisierung von High Density Polyethylen, Reaktor Außenansicht (oben), simulierte Polyethylen Partikel mit Gasblasen (Mitte), zugehörige Qualitätsparameter (unten).

gen existieren (Abb. 11). Hier sind in den nächsten Jahren wichtige Weiterentwicklungen zu erwarten. Diese Fragen und die oben erwähnten Simulationen und Anlagenvisualisierungen sind Kernthemen des an die Goethe-Universität angegliederten Fraunhofer Anwendungszentrums für Computergrafik in Chemie und Pharmazie [vgl. Informationskasten „Fraunhofer-Anwendungszentrum für Computergrafik in Chemie und Pharmazie“, S. 61].

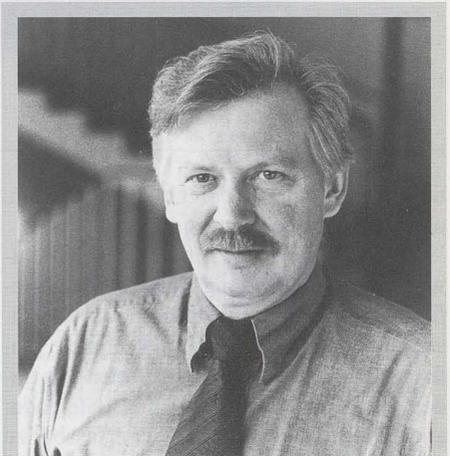
Eine bedeutende und wichtige Nutzung für alle genannten Anwendungsgebiete der Virtual-Reality liegt im Bereich der Ausbildung und des Trainings. Waren es vor einigen Jahren nur ganz wenige Bereiche, z.B. das Training von Flugzeugpiloten, für die diese Technologie aus Kostengründen eingesetzt wurde, so eröffnet die Verfügbarkeit von Hochleistungsgrafik in einem PC heute ein sehr großes Anwendungsspektrum und damit viele Möglichkeiten und Chancen.

Einen wichtigen Beitrag dazu leistet die Grafik-Hardware: Heutige PC-Grafikkarten für einige hundert Mark haben die gleiche Leistungsfähigkeit wie Grafiksysteme, die vor fünf Jahren noch mehr als 100.000 Mark kosteten. Die Leistungsfähigkeit von Grafiksubsystemen wächst noch schneller als die der übrigen Performanzparameter von Rechnersystemen, wie Rechenleistung oder Speicherkapazität (Abb. 5). Diese Parameter folgen relativ genau Moore's Law: Etwa alle 18 Monate verdoppeln sich Geschwindigkeit bzw. Speichergöße bei konstanten Kosten. Die Grafikleistung wächst derzeit deutlich schneller, was insbesondere auf die vergleichsweise gute Parallelisierbarkeit der Grafikalgorithmen zurückzuführen ist. Aktuelle Produktankündigungen zeigen, dass sich diese Entwicklung weiter fortsetzen wird. Treibende Kraft und Vorreiter sind aktuell die grafischen Spielekonsolen, die gemäß der neuesten Produktankündigungen Grafikleistungen anbieten werden, die bisher nur bei Grafikspercomputern zu finden waren. Und dieses für einige hundert Mark. Diese im Spiel-Bereich bereits existierenden Lösungen müssen genutzt werden, um dem Aus- und Fortbildungsforderungen der Informationsgesellschaft zu entsprechen. Was hindert uns, dies zu tun? Neben der Hardwarekosten spielen natürlich auch die Entwicklungskosten für die Anwendung eine wichtige Rolle – die sind heute (noch) viel zu hoch.

Eine weitere interessante grafische Technologie, die noch in den Anfängen steckt, sei kurz betrachtet: die so genannte Augmented Reality (überlagerte, erweiterte Realität). Im Gegensatz zur Virtualen Realität, wird hierbei nicht eine rein

virtuelle Welt präsentiert, sondern die reale Welt mit digital vorhandenen Informationen angereichert und ergänzt. In diese Welt taucht man mithilfe einer Spezialbrille ein. Der Benutzer sieht seine reale Umwelt „normal“. Projektionstechniken blenden zusätzliche Informationen (Text oder Grafik) in das Sehfeld ein – der Betrachter sieht also beides gleichzeitig, die reale Welt und die zusätzlichen Informationen (Abb. 12).

Auch für diese Technologien eröffnen sich zahlreiche Anwendungen [7]: Einem Servicetechniker in einer Anlage stehen potenziell alle technisch verfügbaren Informationen direkt und vor Ort zur Verfügung. Mehr noch: Er bekommt vor Ort demonstriert, wie bestimmte Handhabungen auszuführen sind: automatisch oder von einem Helfer, der z.B. über eine Kamera das Gleiche sieht wie der Servicetechniker. Einem Chirurgen könnten während einer Operation ergänzende Informa-



Professor Dr. Detlef Krömker (45) studierte Elektrotechnik in Bielefeld und Technische Informatik an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Dort promovierte er 1990 bei Professor José L. Encarnacao im Fachgebiet „Graphisch-Interaktive Systeme“ über Strukturanalysen an Visualisierungssystemen. Von 1987 bis 1999 leitete Detlef Krömker die Abteilung „Animation und Bildkommunikation“ im Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung in Darmstadt. 1991 arbeitete er als Associate Manager in der damals neugegründeten Außenstelle des Instituts in den USA. Im Frühjahr 1992 hielt er sich zu Forschungsarbeiten am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, MA, auf. Seine wissenschaftlichen Arbeiten konzentrieren sich auf die Schwerpunkte Animation und Simulation sowie Informationsvisualisierung. Seit Dezember 1999 ist Detlef Krömker Professor für Graphische Datenverarbeitung im Fachbereich Informatik der Goethe-Universität. In dieser Funktion leitet er auch das im Juli 1999 gegründete Fraunhofer Anwendungszentrum für Computergrafik in Chemie und Pharmazie.

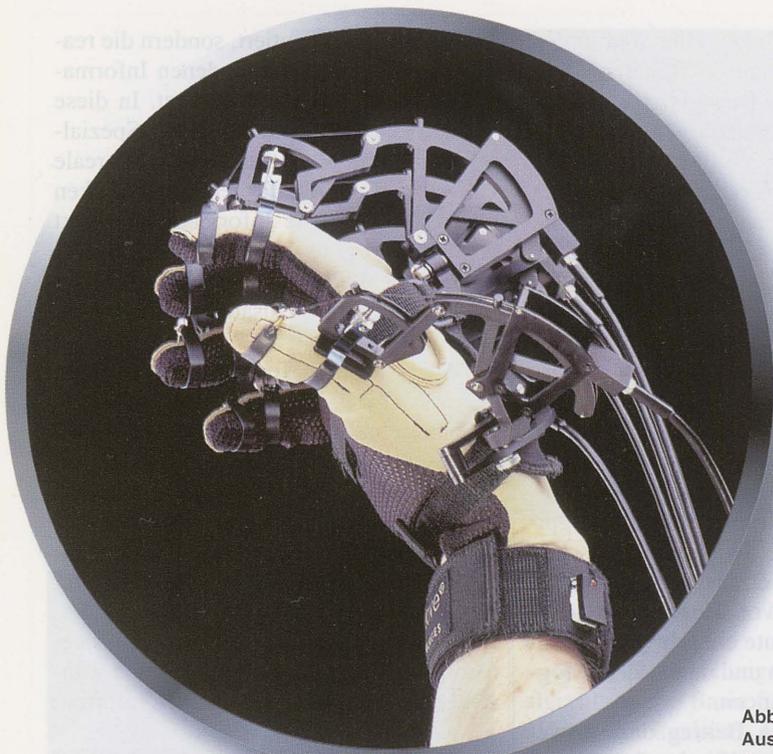


Abb. 11: Haptisches Ausgabegerät Cyber-Grasp für die Hand: Das Exoskelett ermöglicht eine Krafterückkopplung beim Greifen eines Objektes auf die Finger.

tionen ins Sehfeld eingeblendet werden, ohne dass er sich bewegen muss.

Eine weitere sich sehr dynamisch entwickelnde Anwendung der Computergrafik ist die Daten- und Informationsvisualisierung. Hier geht es darum, geeignete grafisch-interaktive Repräsentationen zu finden, um Messdaten, Simulationsdaten oder auch Datenbankinhalte, besser erfassbar zu machen. Card, Mackinlay und Schneiderman bezeichnen dies im Untertitel ihrer empfehlenswerten Aufsatzsammlung mit „Using Vision to Think“ [8].

Die Anforderungen der Informationsgesellschaft

Heute stehen uns aus Beobachtungen, Messungen, Simulationen enorme Datenmengen zur Verfügung. Die Menge der potenziell auszuwertenden Daten wächst ständig weiter. Die moderne Telekommunikation hilft dabei, diese Daten und Informationen verfügbar zu machen. Dies war die Grundidee für die Entwicklung des WWW. Wie können diese Daten- und Informationsmengen für die Wissenschaft nutzbar gemacht werden? Neben der Verbesserung der Hilfsmittel zur automatischen Auswertung, wie Dataming-Werkzeuge, Informationsfilter, etc. liegt die Idee nahe, die Datenmengen durch grafische Darstellungen (Visualisierungen) besser zugänglich zu machen. Dazu müssten die Daten „nur“ geeignet aufbereitet werden,

damit sie durch unser Hauptsinnesorgan „Auge“ schnell, möglichst vollständig und fehlerfrei erfassbar sind. Dies setzt eine aussagekräftige, gleichzeitig effektive und angemessene Visualisierung voraus. Dabei darf die Visualisierung nur die in Daten enthaltenen Informationen repräsentieren; Verfälschungen oder induzierte Fehlinterpretationen müssen vermieden werden. Zudem ist es wichtig, die Fähigkeiten des Betrachters, die charakteristischen Eigenschaften des Grafischen Systems, die Zielsetzung sowie den Anwendungskontext für eine möglichst optimale grafische Repräsentation aufeinander abzustimmen [9].

So einfach sich diese Kriterien formulieren lassen, so schwierig ist es, im konkreten Fall optimale Visualisierungen zu finden. Die Vielzahl der möglichen Darstellungen erschweren die Auswahl von Verfahren. Ei-



Abb. 12: Spezialbrillen für Anwendungen der Augmented Reality.

ne wichtige Voraussetzung hierfür sind vielfältige Kenntnisse und Erfahrungen gepaart mit grafischem Gefühl und Gestaltungsfähigkeit. Teamarbeit von Visualisierungsexperten und Anwendungswissenschaftlern sind häufig entscheidend für den Erfolg [vgl. Projektbeispiele im Informationskasten „Fraunhofer-Anwendungszentrum für Computergraphik in Chemie und Pharmazie“, S. 61]. In naher Zukunft wird Grafikleistung nahezu frei verfügbar sein. Jeder PC besitzt bereits heute grafische Darstellungsmöglichkeiten, die vor fünf Jahren nur ganz wenigen zugänglich waren. Erneut treibt die rasante Entwicklung der Hardware die Forschung an. Um die grafischen Systeme stärker auf den Menschen auszurichten, müssen wir aber genauer wissen, wie Bild, Ton und taktile Ereignisse in der menschlichen Wahrnehmung zusammenwirken. Hier sind sehr viele Fragen offen, die nur interdisziplinär gelöst werden können. Dieses ist ein ganz besonderes Forschungsanliegen der neuen Gruppe Graphische Datenverarbeitung im Fachbereich Informatik der Goethe-Universität.

Die Computergrafik muss auch in Zukunft ihre traditionelle Anwendungsorientierung weiterentwickeln. Denn Bilder und interaktive Systeme haben keinen Selbstzweck, sondern dienen anderen Wissenschaften oder Disziplinen. Dieses ist die Leitlinie auch für das neue Fraunhofer-Anwendungszentrum für Computergraphik in Chemie und Pharmazie. Zur Entwicklung nutzbringender, überzeugender grafischer Darstellungen und interaktiver Anwendungen sollte ein interdisziplinäres Zusammenwirken zur Selbstverständlichkeit werden. Spitzenleistungen sind heute nur im fächerübergreifenden Team zu erzielen.



Literatur

- [1] Ivan Sutherland: Sketchpad: A Man-machine Graphical Communications System, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1963.
- [2] Ivan Sutherland: The Ultimate Display, Proceedings of the 1965 IFIP Conference, Vol 2, pp 506-508.
- [3] Richard A. Guetj, H.A. Tucker: Methodology in Computer Graphics, Proceedings of the IFIP Workshop, Seillac, France 1976 und 1979.
- [4] International Standard 7942, Information Processing Systems – Computer Graphics – Graphical Kernel System (GKS) – Functional Description, ISO 1985.
- [5] Stella Mills, Jan Noyes: Virtual reality: an overview of User-related Design Issues, in Interacting with Computers 11 (1999) pp 375-386, Elsevier.
- [6] Jagdish Chandra et. al.: Information Systems Frontiers, Communications of the ACM, Vol. 43 No 1, Januar 2000, pp 71-79.
- [7] Reiners, Dirk; Stricker, Didier; Klinker, Gudrun; Müller, Stefan: Augmented Reality for Construction Tasks: Doorlock Assembly Applications, Proceeding of the first IWAR, San Francisco, USA, 1998.
- [8] Stuard K. Card, Jock D. Mackinlay, Ben Schneiderman: Readings in Information Visualization: Using Vision to Think, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1999.
- [9] Heidrun Schuhmann, Wolfgang Müller: Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden, Springer 2000.

Forschung Frankfurt Abonnement

FORSCHUNG FRANKFURT, das Wissenschaftsmagazin der J.W. Goethe-Universität, stellt viermal im Jahr Forschungsaktivitäten der Frankfurter Universität vor. Es wendet sich an die wissenschaftlich interessierte Öffentlichkeit und die Mitglieder und Freunde der Universität innerhalb und außerhalb des Rhein-Main-Gebietes.

FORSCHUNG FRANKFURT macht Arbeiten aus allen an der J. W. Goethe-Universität vertretenen Disziplinen über die engeren Fachkreise hinaus bekannt.

Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von DM 20,- pro Jahr einschließlich Porto. Die Kündigung ist jeweils zum Jahresende möglich.

Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von DM 15,- als Schüler- bzw. Studentenabo einschließlich Porto (Kopie des Schüler- bzw. Studentenausweises lege ich bei).

Name Vorname

Straße, Nr. PLZ, Wohnort

(nur für Universitätsangehörige): Hauspost-Anschrift

Datum Unterschrift

Widerrufsrecht: Mir ist bekannt, daß ich diese Bestellung innerhalb von zehn Tagen schriftlich beim Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Vertrieb FORSCHUNG FRANKFURT, widerrufen kann und zur Wahrung der Frist die rechtzeitige Absendung des Widerrufs genügt. Ich bestätige diesen Hinweis durch meine zweite Unterschrift:

Datum Unterschrift

Bitte richten Sie Ihre Bestellung
An den Präsidenten der Johann Wolfgang-
Goethe-Universität,
„FORSCHUNG FRANKFURT“,
Postfach 111932, 60054 Frankfurt

Wissenschaftsmagazin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Impressum

Herausgeber

Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Redaktion

Ulrike Jaspers, Referentin für Wissenschaftsberichterstattung,
Senckenberganlage 31, 60054 Frankfurt am Main,
Raum 1053, Telefon (069) 798-23266, Telefax (069) 798-
28530, E-Mail: jaspers@ltg.uni-frankfurt.de
Mitarbeit: Monika Mölders, Markus Gögele

Vertrieb

Ingrid Steier, Senckenberganlage 31, 60054 Frankfurt am
Main, Raum 1052, Telefon (069) 798-22472

Anzeigenverwaltung und Druck

Anzeigenagentur Alpha, Informationsgesellschaft mbH,
Finkenstraße 10, Postfach 14 80, 68623 Lampertheim, Te-
lefon (06206) 939-0, Telefax (06206) 939-232

Herstellung, Layout, Reprographie

Rudolf J. Manke, Computerservice, Sperlingweg 3, 68623
Lampertheim, Telefon (06206) 910313, Telefax (06206)
910315, E-Mail: r_manke@rjm.de

Gestaltung

Ulrike Jaspers, Elmar Lixenfeld und Rudolf J. Manke

Grafiken

Conny Kumle

Bezugsbedingungen

FORSCHUNG FRANKFURT kann gegen eine jährliche
Gebühr von 20,- DM, abonniert werden. Das Einzelheft
kostet 5,- DM bei Versand zzgl. Porto. Einzelverkauf u.a.
im Buch- und Zeitschriftenhandel in Uni-Nähe und beim
Vertrieb.

Die Beilage „FORSCHUNG FRANKFURT extra“ er-
scheint zur Buchmesse im Oktober und wird kostenlos mit
der vierten Ausgabe des Wissenschaftsmagazins geliefert.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förde-
rern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt
am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für FOR-
SCHUNG FRANKFURT im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Hinweis für Bezieher von FORSCHUNG FRANKFURT
(gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und Abonne-
mentverwaltung von FORSCHUNG FRANKFURT wer-
den die erforderlichen Daten der Bezieher in einer automa-
tisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält:
Name, Vorname, Anschrift, Bezugszeitraum und – bei
Teilnahme am Abbuchungsverfahren – die Bankverbin-
dung. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs ge-
löscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der
Nachdruck von Beiträgen ist nach Absprache möglich.

18. Jahrgang

ISSN 0175-0992

Bildnachweis

Titelbild: aus: Neil H. E. Weste, Kamran Eshraghian, Principles of CMOS VLSI Design, A Systems Perspective, Addison-Wesley Publishing Company, AT&T, New York 1993

Inhalt: Hinweise beim jeweiligen Beitrag
Interdisziplinäre Archäologie: alle Bilder
und Abbildungen von Joachim Henning,
Landkarte Seite 6 überarbeitet von Elmar Li-
xenfeld, Frankfurt

Erziehung und Migration: Seite 17 aus:
Ludwig Helbig (Hrsg.), TatSache Politik,
Band 2, Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt
1997; Seite 18 Autorenbild von Christian Bü-
chi, Mainz; Seite 20 und 21: alle Abbildungen
aus: CVK-Sachbuch (2. Schuljahr), Was?
Wie? Warum?, Cornelsen Verlag, Berlin 1978;
Seite 22 und 23: Abb.9,10,11,12 aus: CVK-
Sachbuch, Abb.7,8 aus: Richard Meier, Sach-
unterricht (3.Schuljahr), Verlag Westermann,
Braunschweig 1981; Seite 24: Abb.13 aus:
Ludwig Helbig (Hrsg.), TatSache Politik,
Band 2, Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt
1997; Seite 25: Abb.14 aus: Anstöße 1, Ein

Arbeitsbuch für den Politikunterricht, Ernst
Klett Verlag, Stuttgart 1995; Abb.15 aus: Das
IGL-Buch, Gesellschaftslehre an Gesamtschul-
len 1, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 1997

Forensische Entomologie: S. 27 Holzstich
färblich verändert - ursprünglich aus: Bernard
Greenberg (1971-1973), Flies and disease,
Vol.2, Princeton University Press, Princeton
1973; Seite 28: Abbildungen von Jens Amendt
und Roman Krettek, überarbeitet von Conny
Kumle; Seite 29: Abb.3 erstellt nach Vorlagen
aus: Kenneth G.V. Smith, A Manual of Foren-
sic Entomology, British Museum, London
1986; Abb.4 Foto von Kino Hayashi; Foto
oben von Constanze Niess; Seite 30 und 31:
Abbildung von Amendt, verändert nach Vorla-
gen aus: Smith (s.o.); Foto von Roman Kret-
tek, Grafiken überarbeitet von Conny Kumle;
Foto S.31 von Sven Tränkner, Frankfurt; Seite
32 Autorenfoto von Büchi

Informatik: alle Fotos von Büchi

Berechnung kürzester Wege: Seite 39 Illu-
stration von Elmar Lixenfeld; Seite 40 Stra-

ßenkarte abgewandelt aus: Shell Reiseatlas
1998/99; alle Grafiken von Torben Hagerup,
überarbeitet von Conny Kumle; Seite 43: Au-
torenfoto von Philipp Schläger, Frankfurt

Mikroelektronik: Seite 45: Grafik aus: Neil
H. E. Weste, Kamran Eshraghian, Principles of
CMOS VLSI Design, A Systems Perspective,
Addison-Wesley Publishing Company, AT&T,
New York 1993, Seite 46: Chip-Bild von Com-
paq Computer GmbH, München; alle Grafiken
von Wolfgang Kunz, überarbeitet von Conny
Kumle; Seite 47: Grafik aus Weste (s.o.); Seite
50: Autorenbild von Büchi

Vernetzung: alle Illustrationen von Elmar
Lixenfeld; Seite 54 Abb.1 von Kurt Geihls,
überarbeitet von Conny Kumle

Computergrafik: Computergrafiken über-
wiegend vom Fraunhofer Institut für Graphi-
sche Datenverarbeitung, Darmstadt; Seite 62
Grafik überarbeitet von Conny Kumle; Seite
65 Abb.10 von Axiva GmbH, Autorenfoto Bü-
chi; Seite 66: Abb.11 von Virtual Techno-
logies, Inc.

Buchtipps

Quanten sind anders

Über die verborgene Einheit der Welt

Das Buch von Thomas Görnitz ist anders als andere Physikbücher. In mehrfacher Hinsicht hält es, was oft versprochen wird: Die Darstellung einer ganzheitlichen Naturtheorie. Der Autor fügt zusammen, was aus systematischen Gründen in der Physik zumeist weit von einander liegt – Anschaulichkeit und wissenschaftliche Qualität, Physik und ihre Didaktik, naturwissenschaftliche Erkenntnis und naturphilosophisches Denken. Insbesondere demonstriert Görnitz seinen holistischen Blick am eigentlichen Thema des Buches, namentlich an der Darstellung von Kontinuität und Differenz zwischen klassischer Physik und Quantentheorie. Dem Naturwissenschaftler vom Fach mag das Thema vertraut sein, aber die Zahl derer, die sich Physik wünschen, allerdings mit Mathematik Vorlieb nehmen müssen, wird dennoch nicht kleiner. Um die Wende sichtbar zu machen, die sich mit dem Auftreten der Quantenmechanik ereignet hat und welche die Einseitigkeiten der klassischen Mechanik durch die umfassendere Theorie überwindet, steht dem Hauptthema ein Überblick über die Geschichte des Naturwissenschaftern voran. Es sind „Historische Meilensteine“, in denen sich Entstehung und Entwicklung der modernen Naturwissenschaft aus den Aporien der aristotelischen Naturphilosophie herauschält. Höhepunkt dieser Entwicklung sind die Relativitätstheorien Einsteins, in denen vor allem die unbeweglichen Vorstellungen von Raum, Zeit und Kraft einer völlig neuen Bestimmung zugeführt werden. Zu Recht betont Görnitz, dass in der Allgemeinen Relativitätstheorie der überhaupt problematische Begriff der Kraft für ein Schwerfeld aufgehoben wird in der Vorstellung einer „Verbiegung von Raum und Zeit“ (S. 67 f.).

Im Zusammenhang mit der Frage nach „Wahrheit und Vertrauenswürdigkeit“ in

der Physik gibt Görnitz sich als ein erkenntnistheoretischer Realist zu erkennen. Für ihn ist physikalischer Fortschritt mit der Annäherung an eine objektive Wahrheit verbunden (S. 92). Es unterscheidet die Quantenmechanik von den meisten anderen physikalischen Theorien, dass sie je-



Thomas Görnitz, *Quanten sind anders. Die verborgene Einheit der Welt. Mit einem Vorwort von Carl Friedrich von Weizsäcker*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin 1999, S. 318, DM 48,-.

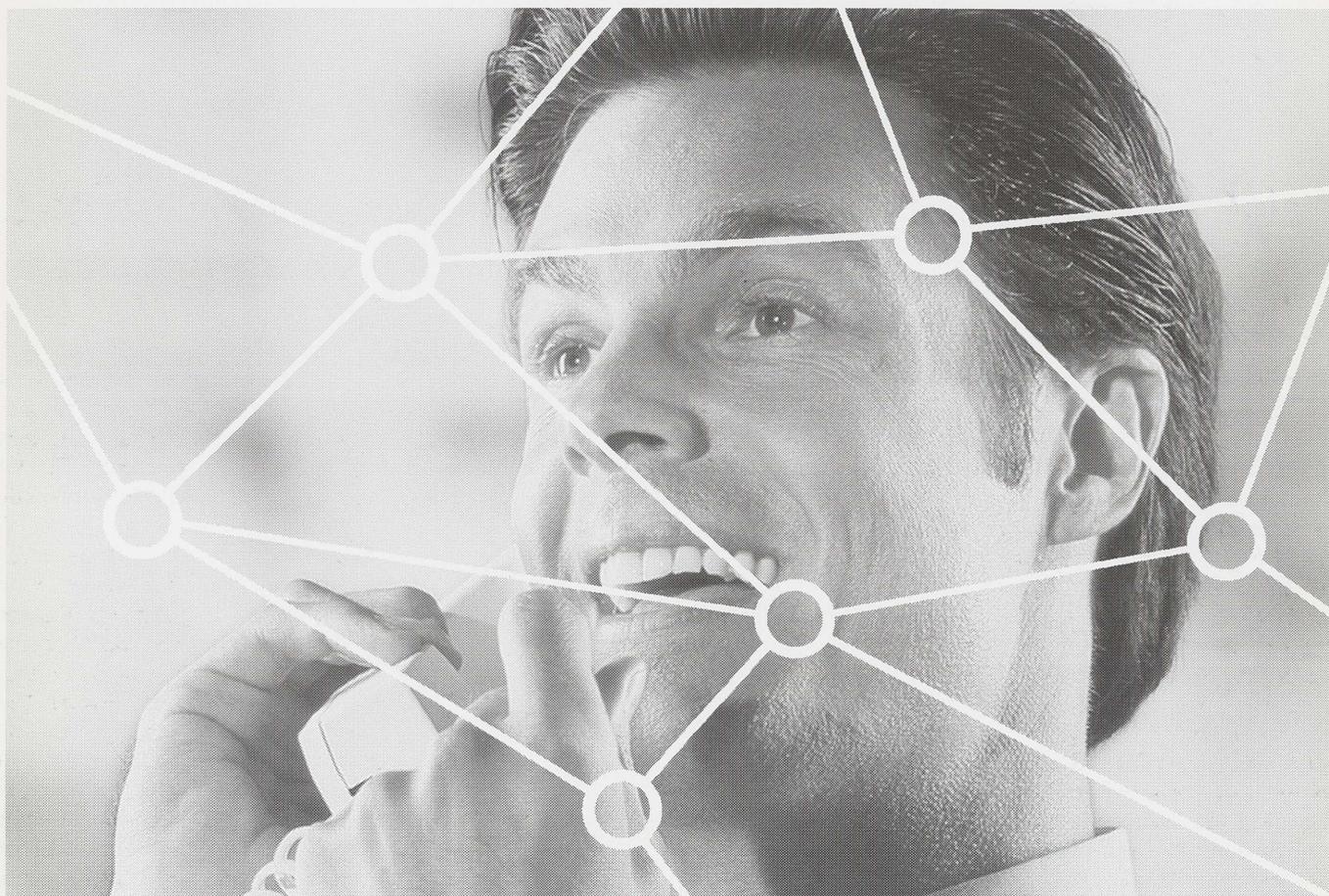
doch viele philosophische Deutungen zulasse, und der Autor wertet dies als ihren „demokratischen“ Charakter. (S. 95) Zum Schwerpunkt seiner Ausführungen – der Darstellung der Quantenrevolution – gelangt Görnitz über die elegante Einführung in den additiven Charakter der klassischen Physik. Dieser Auffassung zufolge werden mehrere physikalische Objekte

te, deren jedes wie ein mathematischer Punkt behandelt wird, obgleich es doch einen *physikalischen* repräsentiere, derart beschrieben, dass „die Anzahl der Parameter für die Beschreibung eines jeden Einzelnen addiert werden“ (S. 98). Schliesslich wird auch die Kombination von Objekten zu einem Ganzen und dieses Ganze als „die Summe seiner Teile aufgefasst“ (S. 100). Die Quantenphysik hingegen, die sich von jener additiven Denkweise verabschiedet hat, wird einer recht alten ganzheitlichen Forderung gerecht. Es ist die Forderung, dass das Ganze mehr sei als seine Teile. Der mathematische Ausdruck für diese „Physik der Beziehungen“, welche der Quantenmechanik sei, ist die Multiplikation, denn für „mehrere Quantenobjekte“ werden die Zustandsparameter nicht mehr additiv, sondern multiplikativ verbunden.

Dadurch ist für Görnitz der eigentlich holistische Charakter der Quantentheorie und ihr Hauptunterschied zur klassischen Physik bezeichnet. Holismus liege dann vor, „wenn das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile“ (S. 108) Verschiedene Folgerungen, die sich aus diesem multiplikativen System ergeben, erörtert der Autor. Hierzu gehört die „Mehrdeutigkeit der quantentheoretischen Beziehungen“ (S. 114) und die Eigentümlichkeit eines Quantenzustands, durch den Messprozess verändert zu werden (S. 121). Schließlich kommt das Buch seinen Lesern entgegen, indem es die wichtigsten Beiträge berühmter Physiker zur Weiterentwicklung der Quantenmechanik einprägsam präsentiert.

**Klaus-Jürgen Grün,
Institut für Philosophie**

SIEMENS



Weltweit beste Verbindungen

Bessere Verständigung in Sprache, Daten, Text und Bild:

Wir verbinden Menschen und Kulturen durch leistungsfähige Netze,
durch High-Tech-Systeme, durch easy-to-use Telefonsysteme.

Wir unterstützen durch Consulting und maßgeschneiderte Dienstleistungen.

Und schaffen damit die Basis für die multimediale Welt von morgen.

Siemens AG
Information and Communication Networks
Vertrieb Deutschland, Systemvertrieb Mitte
Rödelheimer Landstraße 5-9
60487 Frankfurt am Main
Tel. 0 69/7 97-0, Fax 0 69/7 97-21 23
<http://www.siemens.de/solutionprovider>



**Information and
Communications**



Schon in der ersten
Pause werden Sie
für Ihre Entscheidung
belohnt

Tagen, Wohnen, Ausstellen unter einem Dach
im Congress Center Messe Frankfurt.

In direkter Nachbarschaft zum 256 m hohen
Messturm und zur ehrwürdigen Festhalle
von 1909 finden Sie auf vier Kongreßebenen
alles, was Sie sich für Ihren Kongreß wün-
schen – und mehr. Das Konzept der kurzen
Wege – direkte Anbindung an das 290.000 qm
große Messegelände und an das Maritim
Hotel Frankfurt – spart Zeit. Zeit, um in aller
Ruhe eine Tasse Kaffee zu genießen. Über-
zeugen Sie sich selbst, im Congress Center
Messe Frankfurt. Weitere Informationen
erhalten Sie unter: Congress Center Messe
Frankfurt, Messe Frankfurt GmbH,
Postfach 15 02 10, 60062 Frankfurt am Main,
Tel. (0 69) 75 75-30 00, Fax (0 69) 75 75-30 01,
Internet <http://www.congresscenter.de/>

Tagen im Zentrum Europas

CongressCenter
Messe Frankfurt

