Arbeitsgruppe Informatik
Universität Giessen
Arndtstr. 2, D-35392 Giessen, Germany

Informatik an der JLUG
„Interdisziplinärer Workshop“

Schloß Rauischholzhausen, 18. März 1996

Henner Kröger, Martin Kutrib (Hrsg.)

Bericht 9602 Dezember 1996

JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

Vorwort

Moderne Computertechnologien gewinnen auf die derzeitigen und künftigen Entwicklungen in fast allen unseren Arbeits- und Lebensbereichen in zunehmendem Maße spürbar an Einfluß. Dieser Trend gilt noch intensiver im Wissenschaftsbereich. Die Informatik ist aus Forschung und Lehre an der Justus-Liebig-Universität in Gießen nicht mehr wegzudenken:

– als Grundlagenwissenschaft stellt sie Fundament und Rechtfertigung (Korrektheit) für den praktischen Einsatz, entwickelt sie allgemeine Modelle und Methoden, zeigt sie Gemeinsamkeiten verschiedener Anwendungen auf und führt damit zu wissenschaftlich anregenden und wirtschaftlich kostengünstigen Kooperationsmöglichkeiten.

– als interdisziplinäre, praxisbezogene Wissenschaft verändert sie in den Anwendungsgebieten Arbeitsmittel und Arbeitsmethodik, hilft sie damit, bisherige Schranken des Wissensstandes zu überwinden, eröffnet sie neue Arbeits- und Forschungsperspektiven, mit auch in der hiesigen Wirtschaftsregion nützlichen Einsatzmöglichkeiten.

An der Justus-Liebig-Universität sind in einer Reihe verschiedener Fachgebiete eigene Informatikbereiche[1] entstanden. Dies dokumentiert das weit verbreitete Interesse der Gießener Wissenschaftler an der Informatik, einschließlich dem Engagement entsprechender Initiatoren in den einzelnen Anwendungsgebieten.

[1] Wir sollten das Kunstwort *Informatiken* zur Bezeichnung des nicht existierenden Plurals des Begriffes *Informatik* vermeiden – wo spricht man in ähnlichem Zusammenhang z.B. von *Mathematiken, Medizinen, Linguistiken, Physiken*? – ein solches Kunstwort spricht sich leider sehr bequem aus, dient aber mehr der gegenseitigen Abgrenzung als dem wissenschaftlichen Miteinander.

Am Montag, den 18. März 1996, hat in Schloß Rauischholzhausen, der Tagungsstätte der Justus-Liebig-Universität Gießen, ein

Interdisziplinärer Workshop

Informatik an der JLUG

stattgefunden, mit dem Ziel, die Informatikbereiche einander auf den verschiedensten Ebenen näher zu bringen.

Wissenschaftler aus verschiedenen Informatikbereichen der Justus-Liebig-Universität Gießen – aus Grundlagen, Theorie, Praxis und Anwendungsbereichen – haben sich getroffen, um in möglichst persönlicher Atmosphäre über Vorträge, Diskussionen und Gespräche einander besser kennenzulernen, um Einblick in die Arbeitsgebiete ihrer Kollegen zu gewinnen, um Gemeinsamkeiten und Möglichkeiten für wechselseitige Ergänzungen zu finden, um Perspektiven zu finden, ihre oft vergleichbaren Probleme auf den verschiedensten Ebenen gemeinsam besser zu lösen.

Eine Dokumentation des Arbeitstreffens liegt in diesem „Tagungsband“ in der Reihe der Berichte der AG Informatik vor. Den verschiedenen Gruppen wurde zunächst Gelegenheit gegeben, eine Kurzdarstellung ihrer Informatikbereiche zu geben. Durch die Vorträge erhält man einen weiteren Einblick in die Thematik der Gruppen. Vortragsankündigung, Vortrag und Vortragsausarbeitung haben teils eine Metamorphose durchlaufen. Je nach den einzelnen Gegebenheiten – wie z.B. bereits andernorts erfolgte Publikation, ... bis hin zu Zeitmangel etc. – wurden vollständig ausgearbeitete Vortragsfassungen, „Extended Abstracts“, „Abstracts“, Vortragsfolien oder nur Vortragsthemen mit institutioneller Anschrift der Vortragenden vorgelegt und in diesen Tagungsband aufgenommen.

Die Reihenfolge der Vorträge ergab sich weitgehend aus der Numerierung der Fachbereiche, mit kleineren Ausnahmen aufgrund von Anreise- und anderen Terminproblemen.

Die Wirtschaftswissenschaften stellen eines der größeren Anwendungsgebiete der Informatik dar. Aus der Perspektive der Wirtschaftsinformatik werden hier u.a. *dezentrale Aspekte* mit zugehörigen *Koordinationsmechanismen* sowie *Problemlösen* in der betrieblichen

Planung vorgestellt – Techniken, die auch außerhalb des Fachbereiches Wirtschaftswissenschaften Bedeutung haben.

Der Fachbereich Mathematik ist durch eine **Doppelfunktion** ausgezeichnet, weil er zum einen – wie jeder andere Fachbereich auch – *Informatik anwendet* und zum anderen *Informatik als eigenständige Wissenschaft entwickelt.* Diese eigenständige Informatik hat ein breites Aufgabenspektrum von der Grundlagenforschung bis hin zur Bereitstellung von Informatikwerkzeugen für den Einsatz in den Anwendungsbereichen. Im Gegenzug kommen aus den Anwendungsbereichen Fragen und Anregungen an die Grundlagenforschung, welche durch Analyse, Abstraktion und Modellbildung die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Anwendungsgebiete aufzeigt.

Eine typische Thematik mit wechselseitigen Konsequenzen sowohl im Grundlagenbereich als auch in Anwendungsbereichen der Informatik ist die *Komplexität von Algorithmen*: bei (algorithmisch lösbaren) Problemen ist man an Lösungswegen mit möglichst geringem Aufwand (z.B. bezüglich Rechenzeit) interessiert – bereits im Alltagsleben gibt es jedoch Klassen von Problemen (die zwar algorithmisch lösbar sind), deren allgemeine Lösungswege aber so unvorstellbar aufwendig sind, daß sie für heutige menschliche Lebensdimensionen meistens nutzlos sind[2]. Grundlagen, Theorie, Praxis und Anwendungsbereich sind hier als Partner gefordert.

Weitere Wechselbeziehungen zwischen Theorie und Praxis zeigt der Vortrag[3] über *KI-basierte Diagnose* und spricht damit zugleich Gemeinsamkeiten breiter Anwendungsbereiche an. Ein anderes typisches Beispiel für die Nutzung der gleichen Informatik-Werkzeuge in verschiedenen Anwendungsbereichen wird mit dem Einsatz von Systemen zur *Tabellenkalkulation* z.B. hier am Hochschulstudium geschildert.

Die Linguistik-Fachbereiche bringen mit dem gemeinsamen Schlagwort *Computer-Linguistik* ein Thema in die Diskussion, das – über

[2] Es sei denn, man nutzt gerade das z.B. mit one-way- und trap-door-Funktionen für public-key-Systeme der Kryptologie aus.

[3] Der Vortragende, Herr Thomas Eiter – damals noch Univ.-Dozent an der TU Wien – hat inzwischen den Ruf auf die Informatik-Professur (Nachfolge Vossen) in der AG Informatik des Fachbereiches Mathematik angenommen.

Informatikanwendungen hinaus – langfristig zu interessanter Zusammenarbeit mit der AG Informatik im gemeinsamen Grundlagenbereich von natürlichen Sprachen, formalen Sprachen und algorithmischen Sprachen führen kann.

Der Fachbereich Physik ist in der Gießener Situation prädestiniert, neben eigener Nutzung von Informatikanwendungen auch *physikalisch-elektrotechnische Komponenten* aus dem Bereich der *„Technischen Informatik“* anzubieten. Themenkreise über Aktivitäten zur *Informationstechnik im Bereich der Angewandten Physik* oder über die *Ausbildung am μ-Controller Meßplatz* sowie Informatikanwendungen von der *Modellierung* der Dynamik von Gassensoren *mit neuronalen Netzen* bis hin zu Anwendungen der *Mustererkennung* bei Wirbelstromverfahren zur zerstörungsfreien Materialprüfung belegen ein breites Spektrum.

Aus der Perspektive der Betriebsinformatik in der landwirtschaftlichen Betriebslehre im Fachbereich Agrarwissenschaften und Umweltsicherung wird die Entwicklung von Komponenten eines *Workflow-Managementsystems* vorgestellt.

Die Vortragsgruppe des *Institut für Medizinische Informatik* schildert das *Klinik-Informationssystem* in Gießen, *Netzwerkstrukturen und Datenkommunikation* im Klinikum, eine neue *Informationssystemarchitektur* für die operativen Abteilungen des Universitäts-Klinikums Gießen, sowie das *Medwis-Projekt WAIN* für neue Wege in der Arzneimittelverordnung. Dieser Informatikbereich handhabt den Einsatz so wesentlicher Werkzeuge der Informatik und hat mit der Humanmedizin ein in vieler Hinsicht so interessantes und gewichtiges Anwendungsgebiet, daß die Vorträge getrost als letzte plaziert werden konnten, in der berechtigten Überzeugung, so alle Teilnehmer bis zuletzt gespannt auf den Plätzen zu halten.

Insgesamt waren Informatikgruppen aus Fachbereichen wie Mathematik, Physik, Linguistik, Wirtschaftswissenschaften, Agrarwissenschaften und Umweltsicherung sowie Humanmedizin bei dem Arbeitstreffen vertreten – Professoren mit einer Auswahl ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiter oder Examenskandidaten – und haben ein aktuelles Bild über bisherige Entwicklung, Gegenwart und Zukunftsperspektiven der Informatik an der Justus-Liebig-Universität Gießen kontinuierlich zusammengefügt.

Die fachliche Kooperationsfähigkeit der Informatikbereiche wird wesentlich darüber entscheiden, ob es an der Justus-Liebig-Universität weiterhin

Informatiken[4] oder künftig ***Informatik***

geben wird – letzteres selbstverständlich unter weitgehender Respektierung der Vielfalt der vorhandenen Arbeitsrichtungen, aber auch mit dem Vorteil besserer Gelegenheiten zur Zusammenarbeit bezüglich gemeinsamer Interessen, Ressourcen, Forschung oder Lehre.

Wir danken allen Teilnehmern für Anregungen und aktive Mitarbeit am Gelingen dieses Arbeitstreffens: es ist das erste einer Serie künftiger Folgetreffen - wobei eine flexible Erweiterung des Teilnehmerkreises durchaus möglich ist - aber mit dem etwas paradoxen Ziel, die Fortsetzung dieser Serie durch Erfolg – das heißt: wechselseitige Annäherung zwischen den Informatikbereichen der Justus-Liebig-Universität – überflüssig zu machen. In diesem Sinne wünschen wir den Teilnehmern:

Auf Wiedersehen – in Guter Nachbarschaft

Unser besonderer Dank gilt dem Präsidenten der Justus-Liebig-Universität Gießen für vielfältige Unterstützung des Arbeitstreffens bis hin zur freundlichen Bereitstellung der Tagungsräume in Schloß Rauischholzhausen – sowie Familie Bergendahl und ihren Mitarbeitern für die ausgezeichnete Bewirtung.

Gießen, im Oktober 1996

Henner Kröger Martin Kutrib
— Arbeitsgruppe Informatik —

[4] vgl. Fußnote 1

Inhaltsverzeichnis

Programm

9:00–9:15 **Begrüßung**

9:15–9:45 *Koordinationsmechanismen in der dezentralen betrieblichen Planung*
Prof. Dr. Christof Weinhardt, Dipl.-Kfm. Peter Gomber
– Wirtschaftsinformatik – FB-2 Wirtschaftswissenschaften, JLUG

9:45–10:15 *Komplexität von Algorithmen*
Prof. Dr. Henner Kröger, Dr. Martin Kutrib,
Dipl.-Math. Jörg Richstein, Dipl.-Math. Thomas Buchholz
– AG Informatik – FB-12 Mathematik, JLUG

10:15–10:45 *KI-basierte Diagnose*
Prof. Dr. Thomas Eiter, Dipl.-Inform. Clemens Kujawski
– AG Informatik – FB-12 Mathematik, JLUG

10:45–11:15 **Kaffeegespräche**

11:15–11:45 *Tabellenkalkulation im Hochschulstudium*
Prof. Dr. Sigbert Jaenisch, Dipl.-Phys. Volker Jaenisch
– AG Informatik – FB-12 Mathematik, JLUG

11:45–12:15 *Computer-Linguistik*
Prof. Dr. Andreas Jucker, FB-10 Anglistik, JLUG
Prof. Dr. Franz-Joseph Meißner,
Prof. Dr. Otto Winkelmann
FB-11 Sprachen und Kulturen des Mittelmeerraumes und Osteuropas, JLUG

12:15–12:30 **Pause**

12:30–13:30 **Gemeinsames Mittagessen**

13:30–14:00 **Spaziergang im Park**

14:00–14:10 *Aktivitäten zur Informationstechnik im Bereich der Angewandten Physik*
Prof. Dr. Christoph Heiden
14:10–14:15 *Ausbildung am μ-Controller Meßplatz*
Dr. Thomas Göddenhenrich
14:15–14:20 *Modellierung der Dynamik von Gassensoren mit neuronalen Netzen*
Dipl.-Phys. Günter Bläser
14:20–14:30 *Mustererkennung bei Wirbelstromverfahren zur zerstörungsfreien Materialprüfung*
Dipl.-Phys. Marc v. Kreutzbruck
jeweils: – Angewandte Physik – FB-13 Physik, JLUG

14:30–15:00 *Entwicklung von Komponenten eines Workflow-Managementsystems*
Prof. Dr. Dr.h.c. M.G. Zilahi-Szabo, Dipl. oec. troph. Peter Muthmann, Dipl.-Ing. agr. Volker Weyland
– Betriebsinformatik – Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, FB-17 Agrarwissenschaften und Umweltsicherung, JLUG

15:00–15:30 **Kaffeegespräche**

15:30–15:45 *Ausbau des Klinik-Informationssystems in Gießen*
Prof. Dr.med. Joachim Dudeck

15:45–16:00 *Neue Wege in der Arzneimittelverordnung: Das Medwis-Projekt WAIN*
Dr. Thomas Bürkle

16:00–16:15 *Eine neue Informationssystemarchitektur für die operativen Abteilungen des Universitäts-Klinikums Gießen*
Dr. Achim Michel

16:15–16:30 *Netzwerkstruktur und Datenkommunikation im Klinikum der Universität Gießen*
Dr. Gerhard Junghans
jeweils: Institut für Medizinische Informatik, FB-20 Humanmedizin, JLUG

16:30–17:00 **Diskussion**

17:00 **Tagungsende**

Wirtschaftsinformatik am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften

Christof Weinhardt

BWL-Wirtschaftsinformatik
Licher Straße 70, D-35394 Gießen

1 Forschung

Die aktuellen Forschungsarbeiten des Lehrstuhls betreffen das Gebiet der Künstlichen Intelligenz – insbesondere der Wissensbasierten Systeme, der Verteilten Künstlichen Intelligenz und der Multi-Agenten-Systeme – sowie deren Einsatz für die Nutzung von Koordinations- und Kooperationsmechanismen in Verteilten Systemen. Dabei liegt der Fokus auf Anwendungen für betriebliche Planungsprobleme, aus den Bereichen Logistik (DFG-Forschungsprojekt), Risikomanagement in Banken und Umweltzertifizierung. Neben Christof Weinhardt stehen für Fragen zu den jeweiligen Projekten folgende Ansprechpartner zur Verfügung:

- Integration von Koordinations- und Kooperationsmechanismen zur verteilten Lösung betrieblicher Planungsprobleme (Forschungsprojekt im DFG Schwerpunktprogramm Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft): *C. Schmidt, M. Lohmann, A. Schmalz*
- Risikomanagement in Banken: *P. Gomber, Ch. Waschbüsch*
- Dynamische Ressourcenallokation in Verteilten Systemen: *M. Lohmann*

- EU-Umwelt-Audit: *Ch. Plitt*
- Integrierte Ansätze zur Losgrößen- und Sequenzplanung in der Produktion: *C. Schmidt*

Forschungsberichte können im Netz unter `http://www.uni-giessen.de/wiwi/F_berichte` eingesehen werden. Gerne senden wir Ihnen auch eine Liste der aktuellen Veröffentlichungen zu.

2 Lehre

Im **Grund- und Breitenstudium** sollen sich die Studierenden vor allem Basiswissen erarbeiten, das sie im späteren Berufsleben in die Lage versetzt, das *Einsatzpotential der Informationstechnik (IT)* in Wirtschaft und Verwaltung aus der Sicht des Anwenders zu *erkennen und zu nutzen.* Dazu ist es zwar notwendig, sich grundlegende technische Kenntnisse zur IT anzueignen und auch praktische Erfahrungen im Umgang mit Rechnern zu sammeln, aber mindestens im gleichen Umfang sollen Studierende lernen, Zusammenhänge zu ökonomischen Fragestellungen herzustellen, die u.a. für Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sowie für organisationstheoretische Problemstellungen bezüglich des IT-Einsatzes von großer Bedeutung sind.

Im **Tiefenfach** soll dieses Wissen vertieft und durch Kenntnisse zu den wichtigsten aktuellen Methoden, Werkzeugen und Architekturen der IT ergänzt werden, damit Absolventen im Sinne des Informationsmanagements aktiv das *Gestaltungspotential der IT* ausschöpfen können. Neben der Vermittlung theoretischer Inhalte stehen betriebliche Anwendungsbereiche im Mittelpunkt der Veranstaltungen. Den Studierenden soll es ermöglicht werden, je nach Wahl ihrer übrigen Tiefenfächer das entsprechende Angebot aus dem Tiefenfach Wirtschaftsinformatik, *Produktion bzw. (Finanz-)Dienstleistungen*, zu wählen.

Zu den Veranstaltungen werden **Rechnerübungen** in einem modern ausgestatteten Rechnerlabor angeboten. Im Rahmen von Seminaren und Diplomarbeiten können Studierende ihr Wissen vertiefen und sich intensiv mit Spezialthemen der Wirtschaftsinformatik, vorwiegend aus den Forschungsbereichen des Lehrstuhls, beschäftigen.

Das Lehrangebot wird regelmäßig durch Beiträge renommierter **Referenten aus der Praxis** ergänzt, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, zum einen die Sichtweise der Praktiker zu den Veranstaltungsthemen zu hören und zum anderen eine Diskussion mit Entscheidungsträgern der Wirtschaft führen zu können.

Adresse:

Justus-Liebig-Universität
BWL-Wirtschaftsinformatik
Licher Straße 70
D-35394 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-22610
Fax: (+49) 641/99-22619
www: `http://www.uni-giessen.de/wiwi`
email: `www-bwl-wi@wirtschaft.uni-giessen.de`

Dezentrales Problemlösen in der Transportwirtschaft

Christof Weinhardt

BWL-Wirtschaftsinformatik
Licher Straße 70, D-35394 Gießen

Joachim Schmidt

PTV Planungsbüro Transport und Verkehr GmbH
Gerwigstraße 53, D-76131 Karlsruhe

1 Problemstellung

Der Verkehrsträger Spedition besitzt eine zentrale Aufgabe für die Organisation im straßen-gebundenen Güterverkehr. Dort ergeben sich folgende Probleme bei der Fahrzeugeinsatzplanung, die in dieser Arbeit untersucht werden sollen:

- Akquisition und Annahme von Transportaufträgen
- Zusammenstellung der Aufträge zu Fahrzeugladungen
- Zuordnung von Fahrzeugladungen zu Fahrzeugen
- Planung der Rückbefrachtung
- Vermittlung von Transportaufträgen an Frachtführer

Der Aspekt des dezentralen Problemlösens soll anhand eines global operierenden Speditionsunternehmens mit regionalen Niederlassungen, die jeweils als Profit-Center organisiert sind, verdeutlicht werden. Jede Niederlassung erstellt in eigener Verantwortung ihre Fahrzeugeinsatzplanung. Typischerweise wird der Kunde aus dem regionalen Bereich der Niederlassung kommen. Die Entscheidung über

Annahme- oder Ablehnung eines Auftrags stellt sich zum einen aus Sicht der Niederlassung zum anderen aus Sicht der Gesamtunternehmung.

Aus Sicht der Niederlassung ergibt sich daraus ein (individuelles) Kalkulationsproblem (vgl. Schmidt, K. H. [1989], unter Berücksichtigung der niederlassungseigenen Ressourcen und Aufträge – insbesondere nach dem Wegfall der Tarifbindung für Transportdienstleistungen (z.B. den Güterfernverkehrstarif GFT). Ohne Tarifbindung kann der Transporterlös heute durch freie Verhandlungen zwischen Verlader und Spediteur (bzw. zwischen den verschiedenen Niederlassungen einer Spedition) bestimmt werden. Aus Sicht des Speditionsunternehmens ergibt sich ein Zuordnungsproblem: Unter Berücksichtigung aller Niederlassungen kann es z.B. aus Gründen der Rückbefrachtung durchaus sinnvoll und effizient sein, daß eine andere als die auftragsannehmende Niederlassung den Auftrag übernimmt. Im folgenden Abschnitt wird untersucht, wie das Kalkulationsproblem und das Zuordnungsproblem sowohl durch eine zentrale Planungsinstanz als auch auf Basis eines marktlichen Koordinationsmechanismus zwischen den dezentral organisierten Niederlassungen gelöst werden kann. In Abschnitt 3 werden Auktionen als Mechanismen einer marktlichen Koordination näher erläutert. Abschnitt 4 faßt die wichtigsten Aussagen zusammen und gibt einen Ausblick zu einem Forschungsprojekt zu diesen Fragestellungen.

2 Zentrale versus dezentrale Planung

Eine zentrale Planung und Kalkulation erfordert Kenngrößen, die eine globale Beurteilung der Planungssituation über alle Niederlassungen hinweg ermöglichen, wie z.B.

- Anzahl und Auslastung aller zum Transport eingesetzten Fahrzeuge
- frei verfügbare Transportkapazitäten
- Anzahl der Gesamt- und Leerkilometer.

Die Verwendung solcher Kenngrößen auf der Ebene des gesamten Unternehmens erfordert jedoch einen erheblichen Datenbeschaffungsaufwand. Innerhalb des zeitkritischen Planungsprozesses ist es jedoch oftmals nicht möglich, eine vollständige Datenbeschaffung durchzuführen. Solche Kenngrößen eignen sich deshalb nur für eine nachträgliche Bewertung der Gesamtsituation. Die Aktualisierung aller sich während des Planungsprozesses rasch ändernden Daten stellt ein weiteres Problem dar, das nur mit hohem technischen Aufwand zufriedenstellend lösbar ist (z.B. Satellitenortung der Fahrzeuge).

Auch bei vollständiger Sicherstellung der Datenbeschaffung und -aktualisierung ist der Anteil der unsicheren oder unscharfen Daten in der Praxis recht hoch. So weiß zwar der Disponent einer Niederlassung aus Erfahrung, welche Kunden mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Auftrag innerhalb des Planungszeitraumes erteilen werden, im Rahmen einer zentralen Planung läßt sich diese Information jedoch nur schwer berücksichtigen. Die herkömmliche zentrale Planung ist also insofern problematisch, als einerseits der informationstechnische Aufwand recht hoch einzuschätzen ist und anderseits lokales Planungswissen zur Beurteilung von planungsrelevanten Informationen, die nicht bzw. nur unzureichend formal beschrieben werden können, schwer oder gar nicht einbezogen werden kann.

In einem dezentralen Ansatz plant und entscheidet jede Niederlassung autonom, d.h. sie verfolgt eigene Zielsetzungen bei eigenen Bewertungsverfahren und eigener Kalkulation. Die Niederlassungen pflegen dabei ihre eigenen Kundenbeziehungen, d.h. sie nutzen ihre individuelle Marktkenntnis („lokales Wissen“) dazu, sich autonom über die Annahme oder Ablehnung eines Auftrags zu entscheiden. Dazu verwenden sie ihr Wissen über die aktuelle Marktsituation (aktuelle Auftragslage, Möglichkeiten zur Auftragsakquisition) ebenso wie über die eigene Situation im Unternehmen (verfügbare eigene Ressourcen). Voraussetzung für das hier alternativ vorgestellte Konzept der dezentralen Planung ist die Kommunikation zwischen den Niederlassungen und die Existenz von Koordinationsmechanismen zur effizienten Zuordnung der Transportaufträge.

Wichtig ist nun, daß jede Niederlassung die gleiche Kalkulationsgrundlage verwendet, um damit die individuelle Bewertung für eine verteilte Planung nutzbar zu machen. Geht man von einem Auftrag aus, der bei Niederlassung 1 eintrifft, so muß sich diese nun entscheiden, ob der Auftrag angenommen oder abgelehnt wird. Als Bewertungsverfahren kann hier der dispositionsspezifische Deckungsbeitrag verwendet werden (vgl. Schmidt, J. [1994]). Für jeden Auftrag wird als dispositionsspezifischer Deckungsbeitrag die Differenz aus dem Transporterlös und den mit der Auftragsdurchführung verbundenen variablen Kosten ermittelt. Die variablen Transportkosten setzen sich aus den entfernungsabhängigen Fahrzeugkosten, den einsatzzeitbezogenen Kosten (z.B. Spesen, Überstundenvergütung) und den fixen auftragsbezogenen Kosten (z.B. Zusatzleistungen wie Reinigung, Kühlung) zusammen. Der dispositionsspezifische Deckungsbeitrag spiegelt die aktuelle Dispositionssituation wider, da Leerkilometer zur Aufnahme der Ladung oder Leerrückfahrten durch die entfernungsabhängigen Kosten berücksichtigt werden.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Auftragslage, ihrer aus den individuellen Fahrzeugeinsatzplänen ersichtlichen Ressourcenverfügbarkeit und der u.U. niederlassungsspezifischen Kostensituation werden die verschiedenen Niederlassungen zu unterschiedlichen Bewertungen bezüglich ein und desselben Auftrages gelangen. Gerade in diesem Unterschied der individuellen Bewertungen bzw. Kalkulationen liegt die Chance, durch einen marktähnlichen Koordinationsprozess eine effiziente Lösung zu erreichen. Dies bedeutet, daß ein Regelwerk festgelegt wird, das für die Erreichung eines gewissen Qualitätsniveaus der Lösung sorgt. Für solche marktlichen Koordinationsmechanismen kommen nun insbesondere Auktionen in Frage, die im folgenden Abschnitt näher beschrieben werden.

3 Auktionen zur Koordination und Kooperation in der Transportplanung

Anhand der vier bedeutendsten Auktionsformen wird ein marktähnlicher Koordinationsprozess gesucht, der für eine effiziente Allokation der Ressourcen bzw. Transportkapazitäten genutzt werden kann. Dabei spielt vor allem auch der Kommunikations- und Informationsbedarf des jeweiligen Koordinationsmechanismus eine wesentliche Rolle, anhand derer die Auktionsformen kurz analysiert werden.

Dazu werden zunächst drei Annahmen eingeführt, die diesen Auktionsformen zugrunde liegen:

(1) Es handelt sich um ein nicht teilbares Gut, d.h. daß jeder Transportauftrag als Ganzes auszuführen ist, also weder die Fracht noch die Strecke geteilt bzw. zerlegt werden darf.

(2) Der Kunde möchte den Transportauftrag an die Spedition vergeben. Die Niederlassungen als Nachfrager handeln dabei ökonomisch rational, d.h. sie bieten innerhalb der Auktion so, daß sie die Wahrscheinlichkeit, den Transportauftrag zu erhalten, maximieren.

(3) Die Niederlassungen verhalten sich symmetrisch, d.h. im Falle einer gleichen Wertschätzung des Transportauftrages geben sie bei der Auktion Gebote in gleicher Höhe ab.

Die wohl bekannteste Auktionsform ist die sogenannte *English auction*, bei der freie offene Gebote der Nachfrager abgegeben werden und zwar so lange bis keiner der Nachfrager mehr bietet. Sie ist der Koordinationsmechanismus für Kunst- oder Antiquitätenmärkte. Durch die freien offenen Gebote ist es notwendig, daß neben dem Auktionator auch jeder der Nachfrager über die Gebote der anderen Nachfrager, seiner Konkurrenten, benachrichtigt wird. Der Austausch von Signalen muß zwischen allen an der Auktion beteiligten funktionieren. In diesem Kommunikationssystem werden relativ viele Signale ausgetauscht – der *Kommunikationsbedarf ist hoch.* Aufgrund der Vielzahl der Signale (jeder Beteiligte kennt jederzeit die Reaktionen aller seiner Konkurrenten) ist eine weitere Informationsbeschaffung für den einzelnen Bieter nicht notwendig. Der *Informationsbedarf ist gleich null.*

Die zweite, sehr gegensätzliche Auktionsform heißt *Dutch auction* und wird z.B. auf den Blumenmärkten in den Niederlanden eingesetzt: Der Auktionator verkündet Preise für das zu versteigernde Gut in fallender Folge. Das erste Gebot eines Nachfragers erhält den Zuschlag. Jeder der Nachfrager muß sich deshalb ein Urteil darüber bilden, wann er in welcher Höhe sein Gebot abgibt bzw. seine Bereitschaft kundtut, den aktuellen Preis des Auktionators zu zahlen. Auf den ersten Blick erkennt man, daß im Falle der Dutch auction *wesentlich weniger Kommunikationsbedarf* erforderlich wird als für die English auction. Bei näherer Betrachtung stellt man jedoch fest, daß die Verhaltensweisen der einzelnen Nachfrager, wann sie also ihr Gebot abgeben, sehr stark davon abhängen, welche Annahmen sie über das Verhalten ihrer Konkurrenten treffen. Um diese Erwartungen über das Verhalten der Konkurrenten bilden zu können, ist ein *umfangreicher Informationsbedarf* notwendig.

Die dritte Auktionsform ist die sogenannte „*first price sealed bid auction*". Bei ihr geben die Nachfrager einmal jeweils *ein* verdecktes Gebot ab, und derjenige mit dem höchsten Gebot wird den Zuschlag vom Auktionator erhalten. Diese Auktionsform entspricht den Ausschreibungen, wie sie z.B. im Baugewerbe oder in weiten Teilen der Beschaffung in öffentlichen Haushalten üblich sind. In einer solchen Auktion ist der *Kommunikationsbedarf sehr gering*, da von jedem Nachfrager nur ein Angebot an den Auktionator abzugeben ist, so daß kein Kommunikationsbedarf zwischen den Nachfragern notwendig ist. Jedoch ergibt sich aus demselben Grund wie für die Dutch auction auch hier ein relativ *hoher Informationsbedarf* bezüglich des Verhaltens der Konkurrenten.

Als vierte Auktionsform wird die sogenannte „*second price sealed bid auction*" oder „*Vickrey auction*" (vgl. Vickrey, W. [1961]) erläutert. Dabei handelt es sich ebenfalls um eine einmalige verdeckte Gebotsabgabe seitens der Nachfrager. Dies liefert bereits den Hinweis, daß nur ein sehr geringer Kommunikationsbedarf entsteht. Der Höchstbietende erhält hier zwar den Zuschlag - jedoch nicht zu seinem genannten Preis, sondern zum Preis des zweithöchsten Gebots. Man kann nun zeigen (vgl. McAffee, R.-P., McMillan, J. [1987]), daß für diese Auktionsform kein Informationsbedarf seitens der Nachfrager über das Verhalten der Konkurrenten notwendig ist, denn die dominante Strategie jedes rationalen Nachfragers in dieser Auktion ist es, die eigene Wertschätzung des Gutes (hier: des Transportauftrages) als einmaliges verdecktes Gebot abzugeben. Wenn dies die dominante Strategie ist und sich alle Nachfrager rational verhalten, ist unmittelbar klar, daß im Falle der Vickrey auction sowohl der *Kommunikationsbedarf* als auch der *Informationsbedarf* über das Verhalten der Konkurrenten in diesem Auktionsprozeß *sehr niedrig* ist bzw. *nicht auftritt*, was folgende Tabelle im Vergleich mit den übrigen Auktionsformen zusammenfaßt:

Auktionsform	**Kommunikations-bedarf**	**Informations-bedarf**
English auction	hoch	nicht vorhanden
Dutch auction	sehr niedrig	sehr hoch
first price sealed bid auction	sehr niedrig	sehr hoch
Vickrey auction	sehr niedrig	nicht vorhanden

Tabelle 1: Kommunikations- und Informationsbedarf für verschiedene Auktionsformen

Diese Ergebnisse legen es nahe, für eine informationstechnische Unterstützung des Koordinationsprozesses in der dezentralen Transportplanung die Vickrey auction zu verwenden, da hier ein äußerst geringer Kommunikationsbedarf und keinerlei Informationsbedarf über das Verhalten der übrigen Beteiligten an der Auktion erforderlich ist.

Was läßt sich jedoch über die Qualität der jeweils generierten Lösung des Zuordnungsproblems aussagen? Man sieht leicht – rationales Verhalten vorausgesetzt – , daß in jeder der Auktionen der Nachfrager mit der höchsten Wertschätzung den Zuschlag erhalten wird. Man kann darüber hinaus zeigen, daß der erwartete Preis, der sich in der jeweiligen Auktion einstellen wird, auch in allen Auktionsformen der gleiche ist, nämlich der Preis der jeweils zweithöchsten Wertschätzung unter den Nachfragern (vgl. z.B. Kräkel, M. [1992]). Allerdings ist seine Streuung um den Erwartungswert für die Dutch auction und die first price sealed bid auction am größten. Die Wahrscheinlichkeit, daß sich der zweithöchste Preis einstellen wird, ist für die English auction und die Vickrey auction (nahezu) eins, wenn keine Inkremente für die Versteigerung vorgeschrieben sind (vgl. McAffee, R.-P., McMillan, J. [1987]).

Wenn der jeweils Höchstbietende den Zuschlag erhält, dann stellt aus ökonomischer Sicht die Lösung immer eine pareto-optimale Allokation dar. Dies bedeutet, daß durch die „Implementation“ jeder dieser Auktionen eine pareto-optimale Allokation der Ressourcen (hier Transportkapazitäten) gefunden wird, da diejenige Niederlassung mit der höchsten Wertschätzung des Auftrags (hier: mit dem höchsten dispositionsspezifischen Deckungsbeitrag) den Zuschlag erhält. Im Sinne der Pareto-Optimalität findet dann aus Sicht des gesamten Speditionsunternehmens – eine korrekte Kalkulation vorausgesetzt – keine Verschwendung von Ressourcen statt.

Abschließend soll ein kurzes Szenario für die dezentrale Transportplanung – unterstützt durch den Koordinationsmechanismus der Vickrey auction – beschrieben werden, anhand dessen die wichtigsten Aussagen noch einmal verdeutlicht werden:

Auktionator ist immer die Niederlassung, die eine Kundenanfrage, d.h. den Transportauftrag erhält. Diese Niederlassung schreibt in jedem Fall den Auftrag mit den entsprechenden Merkmalen aus und vergibt ihn an den Meistbietenden, der ein Gebot in Höhe von G^* abgegeben hat. Der Meistbietende muß jedoch nicht G^* zahlen, sondern einen Preis in Höhe des zweithöchsten Gebotes G^{**}. Nachfrager sind in jeder Auktion alle Niederlassungen. Sie bewerten den Auftrag jeweils mit ihrem individuellen dispositionsspezifischen Deckungsbeitrag, geben ein entsprechendes Gebot ab und hoffen auf eine möglichst hohe Rente zwischen ihrem und dem nächst niedrigeren Gebot (falls ihr eigenes Gebot das höchste ist). Derjenige, der also den Zuschlag erhält, erhält die Differenz zwischen G^* und G^{**} als Rente.

Aus Unternehmenssicht stellt sich das Ergebnis dann folgendermaßen dar:

1. Es ergibt sich eine pareto-optimale Allokation, denn der Nachfrager mit der höchsten Wertschätzung erhält den Zuschlag.
2. Diese Allokation wird bei einem niedrigen Kommunikationsbedarf erreicht, denn alle Nachfrager geben jeweils ein Gebot und dies verdeckt an den Auktionator ab.
3. Dabei entsteht kein Informationsbedarf unter den Nachfragern, denn es ist rational, „maximal“ zu bieten, d.h. die tatsächliche Wertschätzung als Gebot abzugeben – unabhängig von den Erwartungen über das Verhalten der Konkurrenten.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die geänderten Tarifbedingungen im Transportwesen lassen sowohl der Kalkulation als auch der Fahrzeugeinsatzplanung eine wachsende Bedeutung zukommen. Bei der Lösung von Planungsproblemen sind häufig mehrere Organisationseinheiten beteiligt: einzelne Fahrzeuge, Frachtführer, Speditionen gegebenenfalls mit verschiedenen Niederlassungen, Konzernspeditionen oder andere Formen von Unternehmenszusammenschlüssen mehrerer Transportdienstleister.

Daneben gab es in der Praxis bereits Ansätze, die Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene koordinierten. Diese Frachtenbörsen (INTAKT, Transpotel, vgl. Schmidt, K., Kaus, P. [1990]) enthielten bisher jedoch keinerlei planerische Elemente, die das Zustandekommen einer Kooperation unterstützten oder die Qualität einer Lösung bei der Vermittlung von Transportaufträgen beeinflußten.

Von Seiten der Wirtschaftsinformatik gibt es bereits eine Reihe von Ansätzen, Lösungsverfahren aus dem Bereich der Verteilten Künstlichen Intelligenz (VKI) aufzugreifen (vgl. Falk, J., Spieß, S., Mertens, P. [1993], Fischer, K. et al. [1993]). Der vorliegende Beitrag verfolgte das Ziel, die Idee der Frachtbörse aufzugreifen, um marktähnliche Mechanismen zu erweitern und schließlich methodisch zu begründen, warum gerade der gewählte Ansatz erfolgversprechend ist.

Gerade in dieser Fragestellung liegt der Schwerpunkt eines aktuellen DFG-Forschungsprojektes. Im Rahmen dessen soll eine integrierte Planungsumgebung für das Transportwesen implementiert werden. Diese soll sowohl die notwendigen Repräsentationsformen für Probleme der Transportplanung bereitstellen als auch die angesichts der vielfältigen Organisationsstrukturen notwendigen Koordinations- und Kooperationsmechanismen, wie z.B. die oben angeführten Auktionsformen, zulassen, um die gewünschte Lösungsqualität zu gewährleisten. In Abschnitt 3 wurde die Vickrey auction als die geeignete Koordinationsform zur Planung im Komplettladungsverkehr identifiziert, da sie bei äußerst geringem Kommunikations- und Informationsbedarf gute ökonomische Ergebnisse liefert (Pareto-Effizienz, vgl. dazu auch Weinhardt[1995]).

Im Projekt wird derzeit die Realisierung eines Planungssystem für eine einzelne Unternehmung angegangen, das die Lösung der verschiedenen Klassen von Planungsproblemen mit den entsprechenden Repräsentationsformen sowie Koordinations- und Kooperationsmechanismen unterstützt. Anschließend soll diese Planungsumgebung sukzessive um weitere Problemlösungsmechanismen für komplexere Organisationsstrukturen erweitert werden.

Literaturverzeichnis

Falk, J., Spieß, S., Mertens, P. [1993]: *Unterstützung der Lager- und Transportlogistik durch Teilintelligente Agenten.* In: IM Information Management, Heft 2, 1993, S. 26–31.

Fischer, K. et al. [1993]: *Verteiltes Problemlösen im Transportwesen.* In: IM Information Management, Heft 2, 1993, S. 32–40.

Kräkel, M. [1992]: *Auktionstheorie und interne Organisation.* Neue betriebswirtschaftliche Forschung 106, Wiesbaden 1992.

McAffee, R.-P., McMillan, J. [1987]: *Auctions and Bidding.* In: Journal of Economic Literature, 1987, Nr. 25, S. 699–738.

Schmidt, J. [1994]: *Die Fahrzeugeinsatzplanung im gewerblichen Güterfernverkehr.* Europäische Hochschulschriften, Reihe V, Bd./Vol. 1567, Verlag Peter Lang, Frankfurt/M., 1994.

Schmidt, K. H. [1989]: *Die Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung als Instrument der Erfolgskontrolle und Fahrzeugeinsatzdisposition im gewerblichen Güterfernverkehr.* Dissertation, Universität Frankfurt/M, 1989.

Schmidt, K., Kaus, P. [1990]: *Intakt II Abschlußbericht.* Studie des BDF, Frankfurt, 1990.

Vickrey, W. [1961]: *Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tender.* In: Journal of Finance, 1961, Nr. 16, S. 8.37.

Weinhardt, Ch. [1995]: *Financial Engineering und Informationstechnologie – Innovative Gestaltung von Finanzkontrakten.* Gabler-Verlag, Wiesbaden, 1995.

Informatik im Fachbereich 12 Mathematik

Henner Kröger und Martin Kutrib

AG Informatik
Arndtstraße 2, D-35392 Gießen

Die Arbeitsgruppe (AG) Informatik im Fachbereich Mathematik ist nach nun bald einem Jahrzehnt — mit kollegialer Hilfe — in die Aufgaben eines Informatik-Institutes weitgehend hineingewachsen. In Forschung und Lehre werden theoretische und praktische Bereiche der Informatik gleichermaßen vertreten und der wechselseitige Bezug zu Anwendungsbereichen wird unterstützt. Die AG Informatik verfügt über ein Geschäftszimmer, eine eigene Bibliothek und einen eigenen Etat, der überwiegend zum Ausbau der Informatik-Bibliothek genutzt wird. Für Forschung und Lehre steht ein Rechnernetz (Unix Workstations, Transputer und Peripherie) mit diverser Software zur Verfügung.

Dozenten der AG Informatik:

Prof. Dr. Sigbert Jaenisch: *Informatik und Mathematik, insbesondere Methodik des Software-Entwurfs, Anwendungen der Informatik in Mathematik und Naturwissenschaften.*

Prof. Dr. Henner Kröger: *Informatik, insbesondere Programmiersprachen, Algorithmen, Maschinenmodelle.*

Professur für Informatik (Nachfolge Vossen):

a) kommissarische Vertretungen u.a.: 1995 AkR Dr. Bettina Schnor (TU Braunschweig); WS 1995/96 Dr. Peter Kempf (Universität der Bundeswehr Neubiberg); SS 1996 Dr. Stephan Merz (LMU München).

b) Universitätsdozent Dr. Thomas Eiter (TU Wien) hat den Ruf auf diese Professur zum Wintersemester 1996/97 angenommen: *Informatik, insbesondere Datenbanken, Logik, Wissensrepräsentation.*

Gastprofessur WS 1995/96: AkOR PD Dr. habil. Herbert Kuchen (RWTH Aachen).

Wissenschaftliche Assistenten und Mitarbeiter der AG Informatik:

Dipl.-Inform. Dr. Martin Kutrib (wiss. Assistent): *Informatik, insbesondere Automatentheorie und formale Sprachen, massiv parallele Maschinenmodelle, Parallelverarbeitung.*

Dipl.-Inform. Clemens Kujawski (wiss. Mitarbeiter): *Informatik, insbesondere Robotik und Steuerungsautomatismen in autonomen Straßenfahrzeugen.*

Dipl.-Math. Jörg Richstein (wiss. Mitarbeiter): *Informatik, insbesondere Analyse und Parallelisierung von Algorithmen, Beweisen durch massiven Rechnereinsatz, algorithmische Zahlentheorie etc.*

Dipl.-Math. Thomas Buchholz (wiss. Mitarbeiter): *Informatik, insbesondere Theorie und Anwendung massiv paralleler Maschinenmodelle, z.B. als Akzeptoren formaler Sprachen.*

N.N. (wiss. Mitarbeiter): *Datenbanken, Logik, Wissensrepräsentation.*

Auszug aus den Arbeitsgebieten
— mit Beispielen für Grundlagen, Praxis, Anwendungen

Arbeitsgebiet	*Grundlagen*	*Praxis*	*Anwendungen*
Programmiersprachen	Semantik, Sprachkonzepte, Parameterübergabe, λ-Kalkül, Verifikation	funktionale Sprachen, *lazy, mixed* and *partial Evaluation*, Selbstapplikation	LISP-Anwendg., endl. Rechnen mit unendlichen Objekten, Prog.-/Laufzeit-Optimierung, Comp.-Compiler
Software-Entwurf	Methodik	OO-Sprachen, Tabellenkalkulation, Visualisierung	Anwendungen in Mathematik und Naturwissenschaften
Algorithmen	Berechenbarkeit, Komplexität, Parallelität	Klassifizierungen, Transputer, PVM	Problemlösen, Algor.-Entwurf, Computational Number Theory
Maschinenmodelle	Automaten, massivparallele Modelle	Akzeptoren, Sprachen, Mustertransformation	Simulation, Entwurf zellularer Algorithmen, Bildverarbeitg.
Robotik		Steuerungsautomatismen	autonome Straßenfahrzeuge
Datenbanken	Abfragen, Algorithmen, Komplexität	Datenbank- und Informationssysteme	Entwurf deklarativer Abfragesprachen
Logik	Finite Modelle, Boolesche Funktionen	Klassifizierungen, Ausdrucksstärke	Datenbanken, Künstliche Intelligenz
Fortsetzung: ...			

Fortsetzung: ...			
Arbeitsgebiet	Grundlagen	Praxis	Anwendungen
Wissens-repräsentation	Unvollständiges Wissen, Defaultschlüsse, Komplexität	Nichtmonotone Logiken, KR-Tools	Expertensysteme, Diagnose, „Intelligente“ Systeme

Kontakte und Anwendungen der Informatik im FB Mathematik:

Die AG Informatik findet bei der Durchführung ihrer Aufgaben Unterstützung bei verschiedenen Kollegen der Mathematik, welche im Rahmen ihrer mathematischen Aufgaben unter anderem auch an Fragestellungen aus dem wechselseitigen Grenzbereich Mathematik und Informatik interessiert sind. Entsprechendes gilt bezüglich der Didaktik. Es sind z.B. zu nennen:

Prof. Dr. Albrecht Beutelspacher: *Mathematik, Schwerpunkt Geometrie und Diskrete Mathematik; Kryptologie, Datensicherheit.*

Prof. Dr. Günter Braunss: *Mathematik, Mathematische Methoden in der Physik, Anwendungen der Computeralgebra.*

Prof. Dr. Kurt Endl (emeritiert): *Reine und Angewandte Mathematik, Computer-Graphik.*

Prof. Dr. Siegfried Filippi: *Numerische und Instrumentelle Mathematik, EDV.*

AkOR PD Dr. Alex Ostermann: *Numerische und Instrumentelle Mathematik, EDV.*

Prof. Dr. Johannes Georg Weigand: *Didaktik der Mathematik, computerunterstütztes Lehren und Lernen.*

Daß *Anwendung von Informatik-Methoden und -Werkzeugen* auch in der Mathematik, wie in fast allen Wissenschaftsbereichen, die Arbeits- und Unterrichtsmethodik verändern und bisherige Schranken des Wissensstandes überwinden helfen sowie Zielsetzungen und

Schwerpunkte in der Forschung verschieben (und wie), das kann hier aus Platzgründen nicht geschildert werden — aber bereits der Tatbestand dürfte offensichtlich sein.

Kontakte innerhalb der JLUG:

Die AG Informatik pflegt universitätsweit bezüglich Forschung und Lehre – teils langjährige – Kontakte und Kooperationen mit Kollegen aus verschiedenen Informatikanwendungsbereichen sowie mit dem Hochschul-Rechenzentrum HRZ bei Beschaffungsmaßnahmen oder technischen Problemen, Anschluß an das Hochschulnetz, Nutzung von zusätzlichen PC-Ressourcen etc. Auszugsweise seien erwähnt:

— Herr Prof. Dr.med. Joachim Dudeck mit dem *Institut für Medizinische Informatik* im Fachbereich Humanmedizin sowie die gemeinsame Planung von Studienkonzepten bezüglich *Informatik und ihre Anwendungen in der Medizin.*
— Der Fachbereich Physik stellt *physikalisch-technische Lehrveranstaltungen für die Informatikausbildung* über verschiedene Dozenten bereit.
— Mit Kollegen aus den Linguistik-Fachbereichen werden z.Zt. Fragen und Studienkonzepte zur *Computer-Linguistik* diskutiert.
— Kontakte zwischen den ehemaligen Kollegen Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl (Wirtschaftsinformatik; jetzt in Augsburg) und Prof. Dr. Gottfried Vossen (AG Informatik, Abteilung Datenbanken; jetzt in Münster) seien zur Fortsetzung empfohlen.

Durch das Arbeitstreffen sollen solche Kontakte z.B. neu angeknüpft oder erweitert und vertieft werden.

Lehrangebot Informatik:

Informatik wird auf den folgenden Unterrichtsebenen angeboten:
— vgl. auch die tabellarische Übersicht —

I. In einem Studienelement beziehungsweise in einem Ergänzungsstudium sind Lehrangebote zusammengefaßt, die sich in ihrer Zielsetzung und Präsentation standardmäßig an *„Hörer a l l e r Fachbereiche“* wenden:

— Studienelement: *Grundlagen der Angewandten Informatik*

— Ergänzungsstudium: *Grundlagen der Praktischen Informatik*
(2-semestrig) *und Angewandten Mathematik*

II. Zusätzlich gibt es *„höher qualifizierte“ Lehrangebote*, welche die Kenntnisse eines Mathematikstudiums zwar nicht voraussetzen, aber die*Fähigkeit zu formalen und abstrahierenden Denkweisen* erfordern, wie sie — insbesondere in der Mathematik, aber — durchaus auch in anderen Wissenschaftsgebieten in fachlich und individuell unterschiedlichem Maße nützlich sind und trainiert werden können; diese finden sich in den folgenden, entsprechend *„qualifizierten“* (z.Zt. zwei) Angebotspaketen:

— *Informatik* (z.B. mit ca. 40 SWS) *als Nebenfach im Diplom-Studiengang Mathematik.*

— *L3-Studiengang: Informatik als Unterrichtsfach an Gymnasien*

mit fast 60 SWS Informatik, zuzüglich Didaktik der Informatik, Schulpraktika, Erziehungs- und Gesellschaftswissenschaften etc. und mit verschiedenen anderen Unterrichtsfächern kombinierbar.
Hinweise: 1) Verordnung über die Ersten Staatsprüfungen für die Lehrämter vom 3. April 1995. — 2) Die Genehmigung der Studienordnung ist beantragt.

— *physikalisch-technische Komponenten* für die Informatikausbildung werden aus dem Angebot des Fachbereiches Physik übernommen.

<table>
<tr><td colspan="4">Übersicht zum Lehrangebot Informatik
im Fachbereich-12-Mathematik — Stand: 10.10.1996</td></tr>
<tr><td colspan="2">Unterrichtsebene I</td><td colspan="2">Unterrichtsebene II</td></tr>
<tr><td>Studien-
element</td><td>Ergänzungs-
studium</td><td>Informatik
als Nebenfach</td><td>Unterrichtsfach
L3-Informatik</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Informatikpakete
für Hörer
aller
Fachbereiche

— ausbaufähig —

können für
Studiengänge
aller
Fachbereiche
genutzt werden

Anpassungen
und Ergänzungen für
spezielle
Anwendungsfächer
möglich</td><td colspan="2">ca.40 SWS Informatik als
Nebenfach
im Diplom-Studiengang
Mathematik
Diplomarbeit Informatik
möglich</td></tr>
<tr><td colspan="2">ca.60 SWS Informatik für
L3-Unterrichtsfach
an Gymnasien
(zuzüglich Didaktik,
andere Fächer etc.)
wiss. Hausarbeit Informatik
möglich

StO in Wiesbaden beantragt</td></tr>
<tr><td colspan="2">Informatikpakete
mit wahlweise
10 - 20 - 30 - 40 - ... - 60 SWS
können in
– qualifizierte –
Studiengänge
integriert werden</td></tr>
</table>

An Informatikausbildung *interessierte Fachbereiche* können den teueren Aufbau einer eigenen Informatik *sparen*, indem sie die Informatik-Lehrangebote aus obigen Studiengängen und Studienteilen *mitbenutzen*:

Unterrichtsebene **I** für *Hörer a l l e r Fachbereiche:*
Studienelement und Ergänzungsstudium sind ausbaufähig und können den Anforderungen spezieller Anwendungsfächer angepaßt werden.

Unterrichtsebene **II** für *entsprechend qualifizierte Studiengänge:*
hier lassen sich ebenfalls diverse Angebotspakete mit unterschiedlichem Inhalt und unterschiedlichem Umfang von

wahlweise ca. 10 - 20 - 30 - 40 - ... - 60 SWS Informatik

für spezielle Anwendungsfächer zusammenstellen.

Adresse:

Justus-Liebig-Universität
AG Informatik
Arndtstraße 2
D-35392 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-32140
Fax: (+49) 641/99-32140
www: `http://www.informatik.uni-giessen.de/`
email: `kroeger@informatik.uni-giessen.de`

Komplexität von Algorithmen

Henner Kröger und Martin Kutrib
AG Informatik
Arndtstraße 2, D-35392 Gießen

1 Einleitung

Der Begriff des Algorithmus hat eine zentrale Bedeutung in fast allen Bereichen der Informatik. Er stellt ein mit formalen Mitteln beschreibbares Verfahren zur Lösung einer Klasse von Problemen dar, welches insbesondere *mechanisch nachvollziehbar* ist. Üblicherweise meint *mechanisch nachvollziehbar*, daß die Abarbeitung von einem Rechner übernommen werden kann, wofür eine exakte Beschreibung des Algorithmus in Form eines Programms notwendig ist.

Der Entwurf von Lösungsverfahren (das Programmieren) birgt jedoch neben der fundamentalen Forderung nach seiner Korrektheit weitere grundsätzliche Probleme hinsichtlich der für die Abarbeitung zur Verfügung stehenden Ressourcen. Diese Fragestellungen werden in der Komplexitätstheorie untersucht. Sie macht quantitative Aussagen über Zeit und Raum, die zur Lösung eines bestimmten Problems in Abhängigkeit von der *Größe* der Eingabedaten erforderlich sind.

Damit die Untersuchung des Rechenaufwands unabhängig von konkreten Rechnern ist, wird es notwendig sein, ein formales Berechnungsmodell zugrunde zu legen. Ferner ist zwischen der Komplexität eines Algorithmus und der Komplexität eines (eventuell durch einen Algorithmus gelösten) Problems zu unterscheiden. Die Komplexität eines Algorithmus sind die erforderlichen Ressourcen bei der konkreten Realisierung des Verfahrens im Berechnungsmodell. Die Komplexität eines Problems ist die Komplexität des bestmöglichen, das Problem lösenden Algorithmus.

In den folgenden Abschnitten werden zunächst grundsätzliche Vorgehensweisen dargestellt, die zur weitestgehenden Abstraktion von speziellen Gegebenheiten führen. Anschließend werden die Probleme in Komplexitätsklassen eingeteilt, deren Zusammenfassung zu Familien aus heutiger Sicht hinsichtlich ihrer Berechenbarkeit interpretiert werden. Typische Probleme werden als Zeugen der jeweiligen Familien diskutiert. Da die hier angestellten Betrachtungen fast ausschließlich die Ressource Zeit betreffen, wird auf Beschleunigungsmöglichkeiten durch parallele Verarbeitung eingegangen. Der Ansatz, schwierigste Probleme lediglich näherungsweise zu lösen, führt manchmal, aber leider nicht immer, zu einem Teilerfolg. Entsprechende Verfahren werden abschließend exemplarisch betrachtet.

2 Komplexität – Was ist das?

Um die Komplexität einer Berechnung zu bestimmen, muß zunächst ein Komplexitätsmaß festgelegt werden. Es werden eine oder mehrere Ressourcen bestimmt, deren Verbrauch in Abhängigkeit von der Länge der Eingabe gemessen wird. Hauptsächlich stehen dabei das Zeitverhalten (Zeit) und der Speicherplatzbedarf (Raum) im Vordergrund, wobei im weiteren das Hauptaugenmerk auf der Zeit liegen wird. Die Laufzeit eines Algorithmus ist die Anzahl der Rechenschritte, die bei seiner Abarbeitung gemacht werden.

Das folgende Beispiel soll zunächst zu zwei Abstraktionen motivieren.

Problem: Addiere zwei natürliche Zahlen n und m.

Erste Lösung:

```
int i, result =0;
for (i=1; i <=n; i++)
    result = result+1;
for (i=1; i<= m; i++)
    result = result+1;
```

Zweite Lösung:

```
int result = m+n;
```

Beide Algorithmen lösen dasselbe Problem, haben aber offensichtlich ein unterschiedliches Zeitverhalten. Die Laufzeit entspricht der Anzahl der abgearbeiteten Rechenschritte. Diese sollten möglichst elementar sein, da beim bloßen Zählen bereits von der Kompliziertheit der einzelnen Schritte an sich und damit von physikalischen Gegebenheiten des Berechnungsmodells abstrahiert wird.

Ein weiterer, wesentlicher Schritt besteht in der Abstraktion von programmiertechnischen Eigenheiten, wie sie in obigem Beispiel dargestellt sind. Anstelle der Komplexität spezieller Algorithmen soll die Komplexität des Problems bestimmt werden, d.h., die minimale Komplexität eines das Problem lösenden Algorithmus.

Man kann die Komplexität auffassen als Abbildung $t : \mathbb{N} \to \mathbb{N}$, wobei die Länge der Eingabe auf z.B. den Zeitbedarf der Berechnung abgebildet wird. Da der Zeitbedarf aber nur in den seltensten Fällen ausschließlich von der Länge der Eingabe, sondern im allgemeinen auch von ihrer Struktur abhängt, wird weiterhin das Verhalten im besten Fall, im schlimmsten Fall und im Mittel unterschieden.

Es ist mitunter sehr schwer, die exakte Komplexität zu bestimmen (und anschließend auch noch zu beweisen). Daher ist man im allgemeinen nicht an den genauen Werten, sondern nur an dem qualitativen Verlauf, der sogenannten Ordnung von $t(n)$, interessiert.

Eine Komplexität $t : \mathbb{N} \to \mathbb{N}$ hat die Ordnung einer Funktion $f : \mathbb{N} \to \mathbb{R}^+$, in Zeichen $t(n) \in \mathcal{O}(f(n))$, wenn es Konstanten k und $n_0 \in \mathbb{N}$ gibt, so daß für alle $n \in \mathbb{N}$, $n \geq n_0$ gilt: $t(n) \leq k \cdot f(n)$.

Die Ordnung einer Funktion ist eine spezielle Wachstumsklasse mit der Interpretation *wächst asymptotisch höchstens so schnell wie.* In der Komplexitätstheorie werden noch weitere Wachstumsklassen unterschieden.

Gemäß der Ordnung z.B. ihres Zeitverhaltens werden Probleme in Komplexitätsklassen eingeteilt. Wichtige Komplexitätsklassen sind beispielsweise $\mathcal{O}(n)$, $\mathcal{O}(n \cdot \log n)$, $\mathcal{O}(n^2)$, $\mathcal{O}(2^n)$ etc.

3 Familien von Komplexitätsklassen

Die folgende Vorgehensweise faßt Komplexitätsklassen zu Familien zusammen, wobei die entsprechende Einteilung von heutigen und zukünftigen Möglichkeiten realer Rechenanlagen motiviert ist. Der Fokus wird dabei auf den nur noch theoretisch bzw. nicht berechenbaren Problemen liegen.

3.1 Probleme mit linearer Laufzeit

Die erste Familie umfaßt *einfach berechenbare* Probleme mit höchstens linearer Laufzeit, d.h. mit einer Zeitkomplexität der Ordnung $\mathcal{O}(n)$. Als Beispiel kann etwa die lineare Suche dienen. Dabei muß eine (ungeordnete) Menge von n Objekten nach einem vorgegebenen Objekt durchmustert werden. Es ist leicht einzusehen, daß ein derartiges Verfahren im ungünstigsten Fall n, im günstigsten 1 und im Mittel $\frac{1}{2}$ Vergleiche benötigt. Das Zeitverhalten entspricht somit $\mathcal{O}(n)$.

Falls auf den Objekten eine totale Ordnung existiert und sie entsprechend gespeichert sind, dann ist bei wahlfreiem Zugriff eine binäre Suche möglich, deren Zeitkomplexität sogar die Ordnung $\mathcal{O}(\log n)$ hat.

Suchverfahren lassen sich bei geeigneter Datenorganisation, die im allgemeinen weitere Kenntnisse über die Daten erfordert, weiter beschleunigen. Beispielhaft seien hier die Interpolationssuche oder verschiedene Hash-Verfahren genannt.

3.2 Probleme mit polynomieller Laufzeit

Ein Problem hat eine polynomielle Laufzeit, falls es ein $k \in \mathbb{N}$ gibt, so daß die Zeitkomplexität die Ordnung $\mathcal{O}(n^k)$ hat. Der Name *polynomiell* besagt, daß das Zeitverhalten von dieser Familie durch Polynome angegeben werden kann. Jedoch ist für das asymptotische Wachstumsverhalten von Polynomen nur die höchste auftretende Potenz, also der Grad des Polynoms, maßgeblich.

Derartige Probleme sollen auch *praktische berechenbare Probleme* heißen. Diese Bezeichnungsweise und die damit verbundene Interpretation der Zeitkomplexität mag an dieser Stelle etwas willkürlich erscheinen, sollte aber mit Tabelle 1 deutlich werden. Typische Probleme aus diesen Familien sind einige Algorithmen auf Graphen und insbesondere verschiedene Sortierverfahren. Eine Analyse von Quicksort ergibt im Mittel eine Rechenzeit der Ordnung $\mathcal{O}(n \cdot \log n)$ und im schlimmsten Fall der Ordnung $\mathcal{O}(n^2)$.

Tatsächlich zeigt sich, daß die meisten Verfahren dieser Familie eine recht kleine Konstante k haben, wodurch die Namensgebung zusätzlich unterstützt wird.

Bevor die Familie der *theoretisch berechenbaren* Probleme behandelt wird, sollen zunächst die Familie der Probleme mit unendlicher Zeitkomplexität, die unlösbaren Probleme, näher betrachtet werden.

3.3 Nicht berechenbare Probleme

Ein Problem soll *nicht berechenbar* heißen, falls es durch keinen Algorithmus in endlicher Zeit gelöst werden kann. Folglich kann es auch nicht von irgendeinem, beliebig schnellen Rechner jemals gelöst werden. Die Existenz derartiger Fragestellungen ist ein generelles Phänomen in jedem hinreichend mächtigen Konzept zur Beschreibung und Lösung von Problemen und liegt insbesondere nicht in heutigen Rechenkonzepten begründet.

Zur Familie gehören das *Allgemeine Wertproblem*, das danach fragt, ob ein vorgegebenes Wort zu einer vorgegebenen Sprache gegört; das *Postsche Korrespondenzproblem*, das *Busy Beaver Problem*, und viele andere. Eine simple Kardinalitätsbetrachtung etwa der zahlentheoretischen Funktionen zeigt sogar, daß die meisten Probleme nicht lösbar sind.

Das bekannteste nicht berechenbare Problem ist aber wohl das Halteproblem: Entscheide, ob ein vorgegebenes Programm bei Eingabe vorgegebener Eingabedaten terminiert.

Warum ist das Halteproblem unlösbar?
Nehmen wir zunächst an, es wäre durch ein Programm P lösbar.

Dann insbesondere auch für Programme, deren einzige Eingabe aus einem beliebig langen String besteht. Also auch dann, wenn diese Zeichenkette der Programmcode selbst ist.

Nun kann P leicht folgendermaßen zu P' modifiziert werden: P' hält, falls P das Ergebnis *hält nicht* liefert, anderenfalls verzweigt P' in eine Endlosschleife.

Legt man nun P' sich selbst zur Überprüfung vor, dann erhält man folgenden Widerspruch: P' hält, falls P' nicht hält, anderenfalls hält P' nicht.

Die Unlösbarkeit des Halteproblems hat für die Informatik wichtige Konsequenzen. Es kann z.B. nicht für jedes Programm entschieden werden, ob es eine Endlosschleife enthält. Ferner kann das Problem, ob ein Programm eine gegebene Funktion f berechnet, im allgemeinen nicht gelöst werden. Dies bedeutet, daß die Korrektheit bestenfalls mit einer Serie von Testläufen überprüft, keinesfalls aber algorithmisch bestimmt werden kann.

3.4 Theoretisch lösbare Probleme

Diese letzte Familie, deren Namensgebung wiederum durch Tabelle 1 motiviert ist, ist durch exponentielle Laufzeit gekennzeichnet, d.h. es gibt ein $k \in \mathbb{N}$, so daß die Zeitkomplexität die Ordnung $\mathcal{O}(k^n)$ hat.

Charakteristisch für derartige Probleme ist das extreme Wachstum. Vergrößert man die Eingabe um 1, wird die Laufzeit mit der Basis k multipliziert (Im schwächsten Fall $k = 2$ bedeutet dies immer noch eine Verdoppelung). Andersherum betrachtet brächte etwa auch eine Beschleunigung der Rechengeschwindigkeit um einen Faktor 10000 praktisch keine wesentliche Beschleunigung.

Für den Anwender ist es wichtig (möglichst vor einer erforderlichen Implementierung), die Zugehörigkeit des Problems zur hier betrachteten Familie zu erkennen.

Theoretisch lösbar heißt auch *im allgemeinen praktisch nicht lösbar*, wobei sich die Einschränkung *im allgemeinen* z.B. auf kleine Instanzen des Problems bezieht. Gelegentlich ist es auch möglich, die Problemstellung durch gewisse Zusatzeigenschaften derart zu modifizieren, daß das resultierende Problem gewissermaßen entschärft wird.

Auch Näherungslösungen bzw. Heuristiken liefern fruchtbare Ansätze. Erstere werden im letzten Abschnitt näher beleuchtet, wohingegen auf Heuristiken hier nicht eingegangen wird.

Aus der Sicht der Komplexitätstheorie gibt es innerhalb der Familie eine Teilfamilie der *schwierigsten* Probleme. Diese sogenannten NP-vollständigen Probleme zeichnen sich dadurch aus, daß sich ihre Laufzeiten um nicht mehr als ein Polynom von der Laufzeit jedes anderen Problems der Familie unterscheiden.

Leider sind sehr viele für die Praxis relevanten Probleme von diesem Typ. Exemplarisch seien die folgenden genannt:

Das Rucksackproblem. Für einen Rucksack mit gewisser Tragfähigkeit sollen aus einer Menge von n Gegenständen, die jeweils ein Gewicht und einen Wert haben, diejenigen ausgewählt werden, deren Gesamtgewicht die Tragfähigkeit nicht überschreitet und deren Gesamtwert möglichst groß wird.

Scheduling. Für eine Menge m von Geräten stehen n Aufgaben zur Erledigung an, deren Arbeitszeiten $t_1, \ldots, t_n$ seien. Unter der Voraussetzung, daß jedes Gerät alle Aufgaben erledigen könnte, ist eine Verteilung der Aufgaben auf die Geräte gesucht, welche alle Aufgaben in möglichst kurzer Gesamtzeit erledigt.

Minimaler Verschnitt. Aus einer rechteckigen Platte sind unterschiedliche Formen auszuschneiden. Gesucht ist eine Anordnung der Formen derart, daß möglichst wenig Verschnitt entsteht.

Traveling Salesman Problem. Ein Handlungsreisender soll n Städte nacheinander, aber jede nur einmal, besuchen und wieder zu seinem Ausgangspunkt zurückkehren. Man bestimme den kürzesten Rundweg.

Die folgende Tabelle möge einen Eindruck über die zu erwartenden Rechenzeiten bei gegebener Zeitkomplexität und Größe der Probleminstanz vermitteln. Den Zeiten liegt die Annahme zugrunde, der ausführende Rechner benötige $1\mu s$ pro Elementaroperation (10^6 Operationen/Sekunde).

Komplexität	Eingabegröße n					
	10	20	30	40	50	60
n	0.00001 Sekunden	0.00002 Sekunden	0.00003 Sekunden	0.00004 Sekunden	0.00005 Sekunden	0.00006 Sekunden
n^2	0.0001 Sekunden	0.0004 Sekunden	0.0009 Sekunden	0.0016 Sekunden	0.0025 Sekunden	0.0036 Sekunden
n^3	0.001 Sekunden	0.008 Sekunden	0.027 Sekunden	0.064 Sekunden	0.125 Sekunden	0.216 Sekunden
n^5	0.1 Sekunden	3.2 Sekunden	24.3 Sekunden	1.7 Minuten	5.2 Minuten	13.0 Minuten
2^n	0.001 Sekunden	1.0 Sekunden	17.9 Minuten	12.7 Tage	35.7 Jahre	366 Jahrhunderte
3^n	0.059 Sekunden	58 Minuten	6.5 Jahre	3855 Jahrhunderte	$2 \cdot 10^8$ Jahrhunderte	$1.3 \cdot 10^{13}$ Jahrhunderte

Tabelle 1: Rechenzeiten gewisser Komplexitäten.

4 Beschleunigung durch Parallelverarbeitung

Im folgenden werden zwei Möglichkeiten diskutiert, die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Die schwierigen NP-vollständigen Probleme sind von einer Struktur, so daß eine Beschleunigung um einen beliebigen konstanten Faktor (etwa 1000fache Geschwindigkeit) leider keine generelle Lösung der Problematik mit sich bringt. Folglich muß die Größe der Probleminstanz ein Parameter der erzielbaren Geschwindigkeitssteigerung sein. Das heißt aber auch, daß der Grad der Parallelität und damit die Anzahl der Verarbeitungselemente von der Problemgröße abhängen müssen.

4.1 Alternierende Turingmaschinen

Im allgemeinen ist es notwendig, Komplexitätsklassen auf einem gewissen Abstraktionsniveau anhand formaler Modelle zu untersuchen. Ein universelles Modell bisher betrachteter sequentieller Rechner ist die *Turingmaschine*.

Sie besteht aus einer Kontrolleinheit, die in jedem Zeittakt einen Zustand aus einer endlichen Menge möglicher Zustände S innehat. Die Kontrolleinheit verfügt über einen Schreib-Lese-Kopf, mit dem sie auf ihren Speicher zugreift. Der Speicher besteht aus einem Band, das in einzelne Felder – die Speicherzellen – unterteilt wird. In jedem Feld des Bandes steht ein Zeichen aus einer endlichen Menge Σ von möglichen Zeichen. Die Turingmaschine ist getaktet und arbeitet folgendermaßen:
In jedem Takt liest sie das Zeichen aus dem Feld des Bandes, auf dem der Schreib-Lese-Kopf steht, und bestimmt in Abhängigkeit von diesem Zeichen und dem aktuellen Zustand ihrer Kontrolleinheit einen neuen Zustand, ein evtl. neues Zeichen, welches in das aktuelle Speicherfeld geschrieben wird, und, ob der Kopf um eine Position nach rechts oder links verrückt wird oder seine Position nicht verändert.

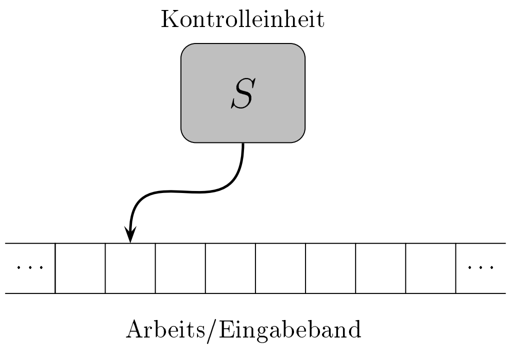


Abbildung 1: Prinzip einer Turingmaschine.

Eine Gesamtkonfiguration des Systems C beschreibt den aktuellen Speicherinhalt, die aktuelle Position des Kopfes und den aktuellen Zustand.

Nach jedem Takt liegt im allgemeinen eine neue Konfiguration C' vor. Ein entsprechender Übergang wird mit $C \vdash C'$ bezeichnet; ein Wechsel über mehrere Zwischenschritte mit $C \vdash^* C'$.

Eine Berechnung mit einer Eingabe X beginnt nun in der Startkonfiguration $C_0(X)$ – dabei steht X auf dem ansonsten leeren Band, der Kopf zeigt auf das erste Zeichen von X und die Kontrolleinheit befindet sich im Startzustand s_0 – und endet in einer Situation, in der der Folgezustand nicht mehr definiert ist – dabei steht die Ausgabe auf dem Band rechts des aktuellen Feldes.
Wir wollen weiterhin annehmen, daß der Speicher stets ausreicht, die Berechnung durchzuführen.

Es ist nun wohlbekannt, daß Turingmaschinen alles das zu leisten vermögen, was prinzipiell durch irgendeinen realen Rechner geleistet werden kann. Gerade diese Eigenschaft rückt das Modell in das Zentrum der Komplexitätstheorie.

Unser Ziel war aber ein Modell für parallele Berechnungen. Aus diesem Grund werden die Turingmaschinen zu *alternierenden Turingmaschinen* erweitert.

Wir gehen zunächst nur von Entscheidungsproblemen aus. Eine alternierende Turingmaschine wird beschrieben durch eine Zustandsmenge S, ein Bandalphabet Σ, eine Überführungsrelation $\delta : S\times\Sigma \to S\times\Sigma\times \{left, right, stat\}$ und eine Abbildung $\Phi : S \to \{\forall, \exists, acc, rej\}$. Φ ordnet jedem Zustand eine eindeutige Eigenschaft zu: akzeptierend, ablehnend, universell oder existentiell.

Ihr Berechnungsbaum auf einer Eingabe X ist der Graph $G(X) = (V, E)$, definiert durch $V := \{C \mid C_0(X) \vdash^* C\}$ und $E := \{(C, C') \mid C, C' \in V \wedge C \vdash C'\}$.

Der Nichtdeterminismus im Modell beschreibt den Grad der Parallelität. Durch die Relation δ sind Verzweigungen im Berechnungspfad möglich. Damit läßt sich die Vorstellung verbinden, der Prozeß teilt sich in zwei parallel ablaufende Nachfolgerprozesse.

Jeder Knoten im Berechnungsbaum wird nun mit 1 oder 0 bewertet (vgl. Abbildung 2). Endzustände sind entweder akzeptierend 1 oder ablehnend 0. Ein innerer Knoten ist entweder universell $\forall$ oder existentiell $\exists$. Entsprechend erhält er die Bewertung 1 genau dann, wenn alle Nachfolger mit 1 bewertet werden bzw. genau dann, wenn mindestens ein Nachfolger mit 1 bewertet wurde. Die Bewertung der Berechnung – und damit die gewünschte Entscheidung über die

Eigenschaft der Eingabe – entspricht der Bewertung der Wurzel.

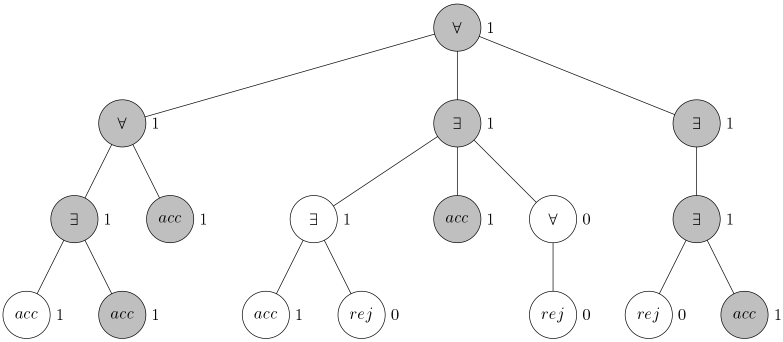


Abbildung 2: Berechnung einer alternierenden Turingmaschine.

Betrachten wir ein einfaches Beispiel:
Es gilt zu überprüfen, ob eine Eingabe $X = X_1\#X_2\#\cdots\#X_m$ zwei gleiche Teilwörter X_i, X_j enthält.

Eine alternierende Turingmaschine kann in einer Folge von existentiellen Konfigurationen ein Paar (i, j) und anschließend in einer Folge von universellen Konfigurationen eine Position k wählen und feststellen, ob X_i und X_j im k-ten Symbol übereinstimmen.

Um i und j auszuwählen, genügen also $2 \log m$ existentielle Übergänge und für die einzelnen Positionen $\log |X_i|$ viele. Insgesamt ergibt sich eine sublineare! Zeitkomplexität.

Um die Leistungsfähigkeit alternierender Turingmaschinen deutlich zu machen, wollen wir einige Ergebnisse der Komplexitätstheorie heranziehen. Zunächst wäre da die Hierarchie sequentieller Komplexitätsklassen:

$$\mathcal{L} \subseteq \mathcal{NL} \subseteq \mathcal{P} \subseteq \mathcal{NP} \subseteq \mathcal{PSPACE} \subseteq \mathcal{DEXP} \subseteq \cdots$$

Z.B. liegt das Traveling Salesman Problem in $\mathcal{NP}$. Weiterhin ist bekannt, daß $\mathcal{PSPACE} = \mathcal{AP}$ gilt. Somit liegt das Traveling Salesman Problem auch in $\mathcal{AP}$.

Eine Betrachtung der Definition der Klasse $\mathcal{AP} := \bigcup_{k>0} \mathcal{O}(n^k)$ für alternierende Turingmaschinen zeigt dann, daß das Problem von diesen praktisch berechnet werden kann. (Die Zeitkomplexität ist durch ein Polynom beschränkt.)

Nun liegt die Frage nahe, wie bzw. für welchen Preis eine so enorme Beschleunigung möglich wurde.

Die Antwort findet sich in der enormen Parallelität des Modells. Die günstige Zeitkomplexität wurde durch eine exponentielle Hardware-Komplexität erkauft. Nun erscheint es hinsichtlich möglicher Realisierungen ebenso unwahrscheinlich, exponentiell viele Verarbeitungselemente wie exponentiell viel Zeit zur Verfügung zu haben. Dennoch werden durch die beiden skizzierten Modelle, die bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Zeit- und Hardware-Komplexität ähnlich aufwendig sind, weitere Wege gewiesen. Wenn überhaupt realistische Modelle existieren, dann müssen sie zwischen diesen Extrema liegen. Eine Klasse von Modellen, die diese Eigenschaft erfüllen, sind die sogenannten Polyautomaten mit ihren wohl bekanntesten Vertretern, den Zellularautomaten. Deren komplexitätstheoretische Untersuchung ist Gegenstand aktueller Untersuchungen [1, 5]. Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf die Literatur verwiesen.

5 Näherungslösungen praktisch unlösbarer Probleme

Ein weiterer Ansatz, dem Dilemma der praktisch unlösbaren Probleme zu entgehen, zielt auf den Einsatz von Algorithmen, die Näherungslösungen liefern. Hierbei können generell zwei Verfeinerungen unterschieden werden. Zum einen sind dies die Heuristiken, deren Lösungen auf Hypothesen, Analogien und Erfahrungen aufbauen. Die Güte solcher Verfahren ist deshalb auch nicht beweisbar, sondern kann nur durch wiederholte Experimente an typischen Problemstellungen geschätzt werden. Sie liefern aber i.a. relativ schnell recht gute Lösungen.

Häufig sind Näherungslösungen vonnöten, die höchstens um einen vorgegebenen Prozentsatz von der optimalen Lösung abweichen. Aufgrund der oben skizzierten Eigenschaften sind Heuristiken hier ungeeignet.

Im folgenden wid am Beispiel des Traveling Salesman Problems gezeigt, daß auch dieser Ansatz Ausweg und Ärgernis zugleich darstellt.

Näherungslösung: Man beginnt in einer beliebigen Stadt. In jedem Schritt vergrößere man die bereits bestehende Rundreise um eine Stadt. Dabei ist jeweils diejenige Stadt hinzuzufügen, bei der der zusätzliche Weg am geringsten ist.

Das angegebene Verfahren hat eine Zeitkomplexität von $\mathcal{O}(n^2 \cdot \log n)$, liegt also im Bereich des praktisch Möglichen, womit ein Ausweg beschrieben wäre.

Der Fehlerprozentsatz des Verfahrens beträgt 100%. Hier liegt nun das Ärgernis. Ein möglicher Anwender muß mit dem doppelten Weg auf seiner Reise rechnen.

Die Existenz derartiger beweisbarer Näherungen ist oftmals das Ergebnis langwieriger Forschung. Leider ist es im allgemeinen nicht damit getan, sich einfach mit doppelten Wegekosten abzufinden, wie die folgende Verallgemeinerung zeigt.

Beim Traveling Salesman Problem gilt es, die Entfernung der Rundreise zu minimieren. Dahinter verbirgt sich die Annahme, daß die Kostenfunktion die Dreiecksungleichung (der kürzeste (billigste) Weg ist der direkte) erfüllt. Falls diese Annahme nicht mehr gilt, läßt sich zeigen, daß es für jede vorgegebene Fehlertoleranz keine Näherungslösung gibt, die praktisch berechenbar wäre. Der einzige Ausweg, der dann noch bliebe, wäre der Nachweis, daß $\mathcal{P} = \mathcal{NP}$ gilt, wodurch sich gleichsam magisch die Familie der *nur* theoretisch lösbaren Probleme $\mathcal{NP}$ verflüchtigen würde. Aber es gibt ja noch $\mathcal{PSPACE}$ ...

Literatur

[1] Buchholz, Th. and Kutrib, M. *Some relations between massively parallel arrays.* Parallel Computing (1997), to appear.

[2] Cap, C. H. *Theoretische Grundlagen der Informatik*. Springer, Wien, 1993.

[3] Chandra, A. K., Kozen, D. C., and Stockmeyer, L. J. *Alternation*. Journal of the ACM 28 (1981), 114–133.

[4] Hartmanis, J. and Stearns, R. E. *On the computational complexity of algorithms*. Transactions of the AMS 117 (1965), 285–306.

[5] Kutrib, M. *On stack-augmented polyautomata*. Report 9501, Arbeitsgruppe Informatik, Universität Gießen, Gießen, 1995.

[6] Reischuk, K. R. *Einführung in die Komplexitätstheorie*. Teubner, Stuttgart, 1990.

[7] Wilf, H. *Algorithms and Complexity*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1986.

KI-Basierte Diagnose

Thomas Eiter

Institut für Informationssysteme
Technische Universität Wien
Paniglgasse 16, A-1040 Wien

1 Einleitung

Diagnose von Fehlern ist ein sehr wichtige Aufgabe, die in vielen Bereichen auftritt. Eine allgemeine Formulierung dieser Aufgabe setzt eine Ausgangssituation an, in der folgende Komponenten auftreten:

- System: Zu diagnostizieren ist ein bestimmtes System, das ein System im allgemeinen Sinne (z.B. ein technisches System, ökonomisches System, medizinisches System,...) ist; auf eine genauere Festlegung des Begriffes „System" soll hier verzichtet werden. Als konkretes Beispiel für ein System können wir etwa ein Kopiergerät wählen.
- Beobachtungen: Es gibt Aussagen über den Zustand des Systems, die als Beobachtungen bezeichnet werden. Diese Beobachtungen können etwa durch Messungen gewonnen werden. Im Beispiel des Kopiergeräts wäre eine Beobachtung etwa, daß das „Papierlade Leer"-Lämpchen leuchtet.

Die Fragen, die sich in diesem Zusammenhang stellen, sind folgende:

- „Funktioniert“ das System ? Das heißt, stimmen die Beobachtungen, die gemacht werden, mit der erwarteten Funktionsweise des Systems überein ? Wenn nein, so liegt eine Diskrepanz zwischen der Beobachtung und dem erwarteten Systemzustand vor. Im allgemeinen wird eine solche Diskrepanz als Fehlfunktion des Systems aufgefaßt.
- Welche Erklärung (Diagnose) gibt es für ein Fehlverhalten eines Systems ?

Der Diagnosevorgang beschätigt sich mit beiden diesen Fragen, vor allem aber mit der zweiten (Finden einer Diagnose).

Bei komplexen, komplizierten Systemen ist der Diagnosevorgang oft schwierig und erfordert einen Experten, der mit dem System bestens vertraut ist. Jede Person, die bereits einmal vergeblich versucht hat, die Ursache für ein Versagen eines komplexeren Kopiergerätes herauszufinden, kann dies bestätigen. Im Bereich der Medizin werden Diagnosen (über das System Mensch) von hochausgebildeten Spezialisten durchgeführt.

In der Computerwissenschaft hat man schon vor langem begonnen, Programme für die Diagnose von konkreten Systemen zu entwickeln. Insbesondere die Künstliche Intelligenz (KI) fand in der Diagnose, die als Aufgabe über einfache, stereotype Berechnungen hinausgeht und eine gewisse „Intelligenz“ bei der Problemlösung verlangt, ein umfangreiches und lohnendes Betätigungsfeld.

2 Diagnose in der KI

Der traditionelle Ansatz zur Diagnose in der KI ist der heuristische Ansatz. Bei diesem Ansatz werden auftretende Fehlfunktionen im wesentlichen ad hoc durch mögliche Ursachen erklärt, die ein Experte anhand seines Wissens über das System als solche deklariert. Die Qualtität der Diagnose hängt dabei natürlich stark von der Qualifikation des Experten ab. Die Realisierung dieses Ansatzes erfolgt in sogenannten Expertensystemen, die auf folgende Weise erstellt werden.

1. Erfassen des Wissens des Experten. Dies geschieht durch einen Wissensingenieur, der das Diagnosewissen des Experten in Interviews erfaßt und für die Verwendung im System aufbereitet.
2. Implementierung in einer Expertensystem-Shell. Das aufbereitete Wissen wird in ein Programm zur Wissensdarstellung und -verarbeitung eingespeist.

Solche Expertensysteme haben folgende Merkmale:

- *Subjektives Wissen.* Unterschiedliche Experten können unterschiedliche Diagnosen erstellen (man denke z.B. an medizinische Diagosen), und das System unterliegt der Subjektivität des Wissens des befragten Experten.
- *Heuristisch, empirisch.* Wie bereits erwähnt ist das Diagnosewissen des Experten in der Regel heuristisch und oft nur empirisch begründet.
- *Symptom-Ursache Beziehung.* Das Diagnosewissen hat meist die einfache Form Symptom–Ursache, es gibt keine tiefere kausale Erklärung.
- *Unvollständig.* Das Wissen des Experten deckt nicht alle Fehlerfälle ab, oder das Wissen des Experten ist nicht vollständig erfaßt worden.
- *Oft unverständlich bzw. nicht nachvollziehbar.* Die „Logik“ hinter den Diagnosen eines Experten (Warum ?) ist oft unklar.
- *Kein Tiefenwissen.* Das Expertensystem hat kein Wissen um den Anwendungsbereich bzw. die Theorie des Systems, und kann daher auch nicht über Zusammenhänge schließen und komplexere Erklärungen liefern.

Aufgrund dieser Eigenschaften war man bestrebt, Expertensysteme zu entwickeln, die über Tiefenwissen verfügen und Diagnose über eine einfache, heuristische Symptom-Ursache Beziehung hinaus durchführen können. Daraus resultierten sogenannte „Expertensysteme der 2. Generation“.

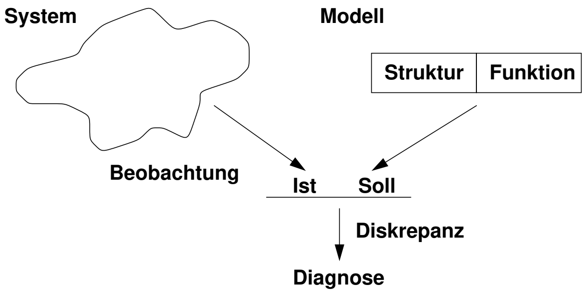


Abbildung 1:

3 Expertensysteme der 2. Generation

Ein Diagnoseexpertensystem der 2. Generation hat folgende Merkmale:

- Formale Beschreibung des Systems (Modell). Das System wird in einem geeigneten Formalismus beschrieben, wobei Struktur und Funktion des Systems erfaßt werden (siehe Abb. 1). Normalerweise werden dazu logische Formalismen verwendet.
- Gegebenenfalls „qualitative Physik“. Über die konkrete Werte von Größen (z.B. Temperatur) und deren Änderungen wird abstrahiert, indem diese in Klassen eingeteilt werden (z.B. Temperatur ist hoch, steigt).
- Erkennen von Diskrepanzen bzw. Fehlern über automatische Beweiser. Diskrepanzen können erkannt werden, indem überprüft wird, ob die Beobachtungen aus dem Modell ableitbar sind.
- Formale Techniken zur Erstellung der Diagnose. Die Diagnosen werden anhand eines nachvollziehbaren Algorithmus bestimmt.
- Ermittlung einfacher wie komplexer Diagnosen.

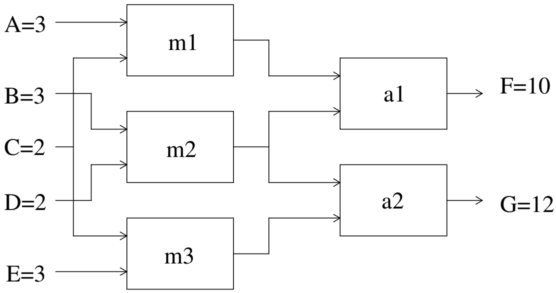


Abbildung 2:

Die Diagnose in solch einem System basiert auf der

- Struktur des Systems (konkreter Aufbau), und der
- Funktionsweise des Systems (Theorie des Systems, Tiefenwissen über Zusammenhänge).

Man bezeichnet diesen Ansatz auch als „Diagnosis from First Principles“ [5, 2] oder als „modellbasierte Diagnose“. Am Beispiel eines einfachen Schaltkreises (Abb. 2) läßt sich dieses Prinzip verdeutlichen.

In diesem Schaltkreis befinden sich drei Multipliziereinheiten (m_1, m_2 und m_3) sowie zwei Addierer (a_1 und a_2), wobei die Ausgänge der Multiplizierer mit den Eingängen der Addierer verbunden sind. Die Eingänge des Schaltkreises (A…E) führen zu den Eingängen der Multiplizierer; die Ausgänge der Addierer (F,G) sind seine Ausgänge.

Strukturell besteht der Schaltkreis aus elementaren Komponenten (Multiplizier- und Addiereinheiten), die miteinander verbunden sind. Die Funktionsweise des Schaltkreises läßt sich formal abstrakt wie folgt beschreiben:

$$\begin{aligned}
(mult(x) \wedge ok(x)) &\Rightarrow val(out(x)) = val(in_1(x)) * val(in_2(x)) \\
(add(x) \wedge ok(x)) &\Rightarrow val(out(x)) = val(in_1(x)) + val(in_2(x)) \\
verb(p1, p2) &\Rightarrow val(p1) = val(p2)
\end{aligned}$$

Die erste Formel besagt, daß am Ausgang eines funktionierenden Multiplizierers x das Produkt der Werte an seinen beiden Eingängen anliegt; die zweite Formel ist analog für Addierer. Die dritte Formel besagt, daß Stellen $p1$ und $p2$, die verbunden sind, denselben Wert haben.

Zusammen mit der formellen Beschreibung der Struktur des Schaltkreises $(mult(m_1)$, $mult(m_2)$, $mult(m_3)$, $add(a_1)$, $add(a_2)$, $verb(out(m_1), in_1(a_1))$,$\ldots)$ sowie weiteren Rahmenaxiomen ist seine Funktionsweise vollständig erfaßt.

Beobachtungen, die Anstoß zur Diagnose sind, können hier etwa Werte für die Ein- und Ausgänge des Schaltkreises sein, die als Fakten vorliegen: $val(in_1(m_1)) = 3$, $val(in_2(m_1)) = 2$, $\ldots$, $val(out(a_2)) = 12$.

Wie man leicht sieht, deuten diese Beobachtungen auf einen Fehler hin; Funktionierten alle Komponenten, so müßte $F = 12$ gelten. Eine Diagnose für diese Beobachtung wird gewünscht.

Ein formaler Ansatz dazu, beruhend auf Prädikatenlogik, ist von Reiter [5] und Williams und de Kleer [2] entwickelt worden.

Ein *Diagnoseproblem* ist darin ein Tripel $(COMP, SD, OBS)$, wobei:

- $COMP$ (*components*) ist eine Menge von Systemkomponenten, die durch Konstanten repräsentiert werden.

  Im Beispiel: $COMP = \{m_1, m_2, m_3, a_1, a_2\}$.

- SD (*system description*) ist eine Menge von Formeln, die Struktur und abstrakte Funktion des Systems beschreibt. Dabei wird ein spezielles Prädikat *ok* vorausgesetzt, mit der Bedeutung $ok(x) \leftrightarrow$ „Komponente x ist in Ordnung“.

  Im Beispiel:
  $SD = \{mult(m_1), \ldots, add(a_2), verb(out(m_1), in_1(a_1)),$
  $\ldots,$
  $(mult(x) \wedge ok(x)) \Rightarrow val(out(x)) = val(in_1(x)) * val(in_2(x)), \ldots\}$.

- OBS (*observations*) ist eine Mengen von Formeln (meist Fakten), die Beobachtungen angeben.

Im Beispiel: $OBS = \{val(in_1(m_1)) = 3, \ldots, val(out(a_2)) = 12\}$.

Eine *Diagnose* ist eine minimale Teilmenge $\Delta \subseteq COMP$ (minimal bzgl. Inklusion) sodaß die Theorie $SD \cup OBS \cup \{ok(c) \mid c \in COMP \setminus \Delta)$ logisch konsistent ist. (D.h., eine möglichst eingeschränkte Menge von Komponenten, sodaß die Annahme, alle anderen Komponenten sind in Ordnung, zum Widerspruch führt.)

Ein System funktioniert demzufolge genau dann wenn $\Delta = \emptyset$ eine Diagnose ist.

Wichtige Eigenschaften dieser Definition von Diagnose sind:

- Mehrere Diagnosen sind möglich.
- Mehrfachfehler (Gleichzeitiges Versagen mehrerer Komponenten) werden erfaßt.

Im obigen Beispiel ist die Beobachtung $val(out(a_1)) = 10$ eine Diskrepanz zur Vorhersage $val(out(a_1)) = 12$. Folgende Diagnosen existieren dazu: $\{a_1\}$, $\{m_1\}$, $\{m_2, a_2\}$, und $\{m_2, m_3\}$.

Aufgrund von Berechnungsaspekten verwendet man in der Praxis nur Fragmente der Prädikatenlogik. Die Diagnosen werden mithilfe von Theorembeweisern und speziellen kombinatorischen Algorithmen (Hitting-Set Berechnung) ermittelt; es werden dazu oft auch sogenannte Truth-Maintenance Systeme herangezogen.

Ein Vorteil des modellbasierten Diagnoseansatz ist, daß Änderungen der Systemstruktur keine Änderung des Diagnoseverfahrens an sich erfordern, und durch entsprechende (deklarative) Änderungen von SD automatisch berücksichtigt werden.

Ein Problem hingegen ist der inhärente Berechnungsaufwand. Theorembeweisen ist im allgemeinen bereits für aussagenlogische Formalismen NP-hart, zudem können exponentiell viele Diagnosen existieren. Jedoch auch im Fall von wenigen Diagnosen ist das Finden einer Diagnose im worst-case aufwendig.

Der Grund liegt in der kombinatorischen Explosion, die bei wachsender Systemgröße einsetzt. Um modellbasierte Diagnose in der Praxis erfolgreich anzuwenden, ist die Nutzung von Strukturwissen und speziellen Algorithmen nötig.

4 Anwendungen

Modelbasierte Diagnose ist in verschiedenen Bereichen erfolgreich angewendet worden; z.B.

- LOX Expertensystem: Diagnose der Sauerstoffzufuhr im Space Shuttle
- Energieversorgungssysteme
- Tondurchschaltesysteme
- Diagnose von VLSI Board-Design

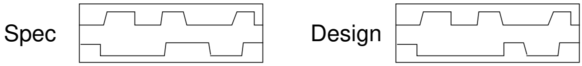
(vgl. [3]). Im folgenden wird kurz auf eine Anwendung im Bereich VLSI-Board Design eingegangen.

4.1 Diagnose von VSLI Board Designs

Am Institut für Informationssysteme der TU Wien ist im Auftrag und in Kooperation mit Siemens ein Werkzeug zur Unterstützung der Diagnose von VLSI Boards entwickelt worden.

Die VLSI-Boards sind komplex und umfassen mehrere IC's (ASIC's). Vor der industriellen Fertigung muß der Entwurf für ein VLSI-Board getestet werden. Folgende Daten sind dabei vorhanden:

- Die Spezifikation (= SOLL)
- Ein Entwurf des Boards (=IST) in der Hardwarebeschreibungssprache VHDL (IEEE Standard) [1, 4].
- Simulationsdaten (Signalverläufe) aus Testläufen für den Entwurf.



Die Fragen, die es beim Test zu beantworten gilt, sind:

- Stimmen Entwurf und Spezifikation überein (IST = SOLL)?
- Falls Diskrepanzen festgestellt werden, wo sind mögliche Fehler im Entwurf ?

Das Problem dabei ist die enorme Komplexität dieser Aufgabe:

- Realistische Boards weisen mehrere hundert Signale auf.
- Der Quelltext des Entwurfs ist sehr umfangreich (2,5 MB ∼ 1200 A4 Seiten in einem konkreten Design).
- Testläufe (Simulationen) sind sehr aufwendig. Ein einziger Testlauf benötigt ca. 10 Stunden auf einer vollausgebauten SPARC 10 Workstation.

Dies bedeutet einen großen Aufwand für ein ausgiebiges Testprogramm (im Bereich von mehreren Mannjahren). Umfangreiches Testen ist jedoch nötig; Fehler im Enddesign können hohe Folgekosten verursachen, wie das Beispiel des Intel Pentium zeigt.

Ziel des gemeinsamen Projektes war es, ein interaktives Tool zur Unterstützung des Designtests zu entwickeln, auf Grundlage des modellbasierten Ansatzes. Das entwickelte Tool besteht aus zwei Komponenten:

- WFCOMP: Vergleich von Signalverläufen, Feststellen von Diskrepanzen.
- VHDL-DIAG: Diagnose für auftretende Diskrepanzen.

Die technischen Probleme, die beim Diagnoseevorgang auftreten, waren:

- VHDL als Beschreibungssprache, d.h., man betreibt Diagnose von Software.
- Zeitliches Verhalten (Rückkopplungen) von Signalen
- Problemgröße: Standardalgorithmen sind in infolge der kombinatorischen Explosion unbrauchbar; selbst polynomielle Algorithmen mit niedrigem Polynomgrad waren nicht ausreichend.

Der Ansatz, diese technischen Probleme in den Griff zu bekommen, kann schlagwortartig wie folgt beschrieben werden.

- Abstraktion, Simplifikation
- Fokussierung auf relevante Signale (Filterung)
- Hierarchische Diagnose (Struktur des Designs)
- Konzentration auf Einfachfehler bzw. Dopplerfehler

Auf eine detaillierte Darstellung wird hier verzichtet. Ein besonders wichtiger Punkt soll hier jedoch angeführt werden, der entscheidend zum Gelingen des Projekts beigetragen hat: Der Einsatz von effizienten Graphalgorithmen.

Eine Teilaufgabe der Diagnose P wure zu einem Suchproblem in einem Graphen reduziert, dessen Größe proportional zur Systemgröße ist. Für ein konkretes Design umfaßte der Graph ca. 2000 Knoten und 10000 Kanten.

Ein ad-hoc Algorithmus löst das Suchproblem in quadratischer Zeit; die Rechenzeit für eine Diagnose beträgt mehrere Stunden (ca. 8h).

Ein besserer Algorithmus, basierend auf den starken Zusammenhangskomponenten des Graphen, löst das Suchpoblem in linearer Zeit; die Rechenzeit für eine Diagnose beträgt dann nur mehr wenige Minuten (ca. 8 min).

Durch den besseren Algorithmus ist ein Zeitgewinn um den Faktor 60 erzielt worden; erst dadurch ist ein quasi interaktiver Einsatz des Werkzeugs möglich geworden.

Das Diagnosesystem ist zur Zeit im Probebetrieb. Erste Erfahrungen daraus sind vielversprechend und lassen erwarten, daß die Investitionskosten durch beschleunigte Testphasen bald amortisiert sein werden.

5 Schluß

In diesem Vortrag ist modellbasierte Diagnose als Technik für ein Diagnoseexpertensystem der 2. Generation vorgestellt worden. Konkrete Anwendungen zeigen, daß es diese Technik erlaubt, auch komplexe Aufgabenstellungen zu bewältigen.

Das hat sich etwa beim vorgestellten System zur Diagnose von Designs für VSLI-Boards bewahrheitet. Hier hat Grundlagenforschung im Bereich der Künstlichen Intelligenz in fruchtbarer Verbindung mit dem Entwurf effizienter Algorithmen zu einem System für eine ansprechende praktische Anwendung gefunden. Inwieweit ein ähnlicher Erfolg mit herkömmlichen Methoden erzielt werden könnte, ist fraglich.

Literatur

[1] *IEEE Standard 1076-1987: VHDL Language Reference Manual.* IEEE, 1987.

[2] J. de Kleer and B. C. Williams. Diagnosing Multiple Faults. *Artificial Intelligence*, 32:97–130, 1987.

[3] W. Hamscher, editor. *Readings in Model-Based Diagnosis.* Morgan Kaufman Publ., 1992.

[4] Z. Navabi. *VHDL: Analysis and Modeling of Digital Systems.* McGraw–Hill, 1993.

[5] R. Reiter. A Theory of Diagnosis From First Principles. *Artificial Intelligence*, 32:57–95, 1987.

Tabellenkalkulation im Hochschulstudium

Sigbert Jaenisch und Volker Jaenisch
AG Informatik
Arndtstraße 2, D-35392 Gießen

Abstract:

Die **Struktur-Wissenschaft Informatik** liefert Werkzeuge zum **Visualisieren** und **Simulieren**. **Tabellenkalkulation** dient nicht nur als solches **Werkzeug** für den Ingenieur oder den Buchhalter, sondern bildet eine **gemeinsame Sprache** für beide.

Weshalb eignet sich Tabellenkalkulation, beispielsweise EXCEL, besonders gut zum Arbeiten mit Daten am Bildschirm ?

Grund-Fähigkeiten:

- Daten in Diagrammen zeigen
- Daten rechnerisch verknüpfen

Benutzungs-Komfort:

- Daten frei plazieren
- Daten sind stets sichtbar
- Alles was man sieht, ist aktuell
- Mit der Maus auf Daten zugreifen
- Umformatieren der Anzeige von Daten

Dies wird gezeigt an Beispielen vom senkrechten Wurf bis zur Himmels-Mechanik.

Die benachbarte **Struktur-Wissenschaft Mathematik** liefert wichtige Werkzeuge in Form von **Kalkülen:** Das sind Notations-Systeme mit eingebauter **Modell-Eigenschaft**, welche ihre fundamentalen **Gesetzmäßigkeiten automatisch verwirklichen:**

- Der Benutzer muß nicht daran denken
- Der Benutzer kann es gar nicht verhindern

Matrizen sowie Interpolations-Schemata sind solche Kalküle, die sich eins-zu-eins in Tabellenkalkulation übertragen lassen.

Informatik in den sprachwissenschaftlichen und sprachdidaktischen Fächern der Justus-Liebig-Universität Gießen

Andreas H. Jucker

Institut für Anglistik und Amerikanistik
Otto-Behaghel-Straße 10B, D-35394 Gießen

Franz-Joseph Meißner

Institut für Didaktik
der Romanischen Sprachen und Literaturen
Karl-Glöckner-Straße 21, D-35394 Gießen

Otto Winkelmann

Institut für Romanische Philologie
Karl-Glöckner-Straße 21, D-35394 Gießen

1 Vorbemerkungen

Computer sind in den letzten Jahren auch in der Sprachwissenschaft immer mehr ein unverzichtbares Arbeitsinstrument geworden. Mit der Computerlinguistik definiert er sogar ein neues Teilgebiet der Sprachwissenschaft. Allerdings geht der Computereinsatz in der Sprachwissenschaft weit über die eigentliche Computerlinguistik hinaus. An der Justus-Liebig-Universität Gießen ist die Informatik in der Sprachwissenschaft auf vielfältige Weise vertreten, wie die folgende kurze Übersicht zeigen soll.

2 Fachbereich 09, Germanistik

2.1 Deutsche Sprachwissenschaft

Computergestützte Arbeitsformen werden sowohl im Bereich der Flurnamenforschung (Prof. Dr. Hans Ramge) als auch in der Wortschatzforschung (Dr. Thomas Gloning) genutzt und weiterentwickelt. Prof. Dr. Gerd Fritz untersucht Fragen der Textstruktur und des Wissensaufbaus in Software-Dokumentationen (sequentieller Text und Online-Verfahren, Text-Bild-Zusammenhänge) und entwickelt dialogische Verständlichkeitstests für Anleitungstexte. Lehrveranstaltungen in diesem Themenbereich werden im Rahmen des „Studienangebots Informationsvermittlung und Medien" abgehalten.

2.2 Deutsch als Fremdsprache

Im Aufbaustudiengang Deutsch als Fremdsprache werden in Zukunft regelmäßig Lehrveranstaltungen angeboten werden, die den Studierenden eine Beurteilungskompetenz im Hinblick auf das Potential und mögliche Gefahren der Verselbständigung des Einsatzes von Computern im Fremdsprachenunterricht vermitteln.

Prof. Dr. Dietmar Rösler hat sich in den letzten zehn Jahren mit der Entwicklung von Datenbanken für die Lehrmaterialanalyse befaßt, sein langfristiges Forschungsinteresse gilt dem Bereich „Virtuelle Realität und Fremdsprachenlernen außerhalb des zielsprachigen Raums".

3 Fachbereich 10, Anglistik

3.1 Englische Sprachwissenschaft

In der englischen Sprachwissenschaft spielt die Informatik insbesondere in den Lehrveranstaltungen von Prof. Dr. Andreas H. Jucker eine Rolle, wobei vor allem die synchrone und diachrone Corpuslinguistik, die Arbeit mit elektronischen Wörterbüchern und Hypertextsysteme behandelt werden. Zudem wird zur Zeit ein sprachwissenschaftliches Lehrwerk auf Hypertextbasis weiterentwickelt. Es handelt sich dabei um ein System, das sprachwissenschaftliche Inhalte hierarchisch und vielfach vernetzt und nicht linear darstellt und außerdem Grafiken und direkt abrufbare Klangbeispiele enthält. Eine aktuelle Diplomarbeit befaßt sich mit den hochschuldidaktischen Möglichkeiten des World Wide Web.

3.2 Didaktik der englischen Sprache und Literatur

In der Didaktik des Englischen spielt die Informatik insbesondere in der Forschung und Lehre von Prof. Dr. Michael K. Legutke eine Rolle. Untersucht werden Aspekte einer Neukonzeption des fremdsprachlichen Klassenzimmers unter Berücksichtigung der Werkzeugfunktion des Computers für interkulturelle Begegnungsprojekte (Telekommunikation), *on-line* Recherchen und fremdsprachliche Textproduktion. Berücksichtigt werden dabei auch die Bereiche Lehrerfortbildung und Lehrerausbildung. Ferner wurde ein Sonderforschungsprojekt in Kooperation mit dem Goethe-Institut e.V. zur Entwicklung und Evaluation von *on-line* Ressourcen für Fremdsprachenlehrer und -lerner im Internet begonnen (Didaktisierungen von Sprachlernmaterial auf der Basis von *on-line* Publikationen sowie *on-line* Didaktisierungen von per Satellit ausgestrahlten Ferhsehsendungen (Medienverbund) der Deutschen Welle).

Das Institut für die Didaktik des englischen Sprache und Literatur bietet außerdem für Lehrer und Lehrerinnen in der Region durch das *American Studies Media Center* gezielte Hilfen und Beratung für Unterricht, die Serviceleistungen zur Verwendung des Internet im Englischunterricht einschließen.

3.3 Lernzentrum (Computer Lab) des FB Anglistik

Seit 1994 ist im Fachbereich 10 ein Lernzentrum mit 4 Computerarbeitsplätzen für Studierende eingerichtet. Ein Drucker und ein Flachbettscanner stehen ebenso zur Verfügung. Für alle Teilbereiche des Gießener Anglistikstudiums ist entsprechende Software angeschafft worden. Für die sprachwissenschaftliche Forschung und Lehre stehen alle gängigen Konkordanzprogramme (WordCruncher, Tact, MicroConcord, Micro OCP, Conc, und Free Text Browser), die wichtigsten großen, englischen Textkorpora (London-Lund, LOB, Helsinki, Kolhapur etc.), verschiedene Zeitungsjahrgänge auf CD-ROM und elektronische Wörterbücher (insbesondere der *Oxford English Dictionary*) zur Verfügung.

4 Fachbereich 11, Sprachen und Kulturen des Mittelmeerraumes und Osteuropas

4.1 Romanische Sprachwissenschaft

In den Lehrveranstaltungen zur romanistischen Linguistik spielt die Computerlinguistik eine Rolle bei der syntaktischen und morphologischen Analyse. Es werden Algorithmen formuliert, die die Struktur von französischen Sätzen aufdecken und eine Lemmatisierung von Wortformen erlauben. Ein besonderer Arbeitsschwerpunkt von Prof. Dr. Otto Winkelmann ist die computergestützte Sprachgeographie und die Dialektometrie. Im Rahmen laufender Diplomarbeiten wenden die Studierenden Konkordanzprogramme zur lexikalischen Erschließung von Fachtexten an und werten Fragebögen soziolinguistischer Umfragen computativ aus. Besonders zu erwähnen sind eine Diplomarbeit über Spracherkennungssysteme und eine Diplomarbeit über computergestützte Sprachlernprogramme für die Sprachen Französisch und Spanisch.

4.2 Didaktik der der Romanischen Sprachen und Literaturen

Die Gießener Didaktik der Romanischen Sprachen und Literaturen (Prof. Dr. Franz-Joseph Meißner) entwickelt im Anschluß an der empirischen Forschung des französischen Sprechwortschatzes aus der Sicht des Lerninteresses fortgeschrittener deutschsprachiger Lerner ein umfangreiches und didaktisch eingehend kommentiertes Glossar. Es umfaßt das von der Lexikographie lange Zeit vernachlässigte und für die transkulturelle Kommunikation wichtige Wortschatzsegment der französischen Nähesprache. Die dBase-kompilierte Datenbank auf CD-ROM wird keineswegs nur den unterschiedlichen deutschsprachigen Lernkontexten der Zielsprache Französisch gerecht, sondern wird die wissenschaftlich gesicherte Selektion des Sprechwortschatzes für die Erstellung individueller Sprachcurricula erlauben. Das *Répertoire analytico-didactique du français parlé essentiel sur CD-ROM*, das auch Tondateien enthält, soll 1997 in den *Gießener Beiträgen zur Fremdsprachendidaktik* zur Publikation gelangen.

Des weiteren will sich das Institut an europäischen Kooperationen mit romanischsprachigen Universitäten beteiligen, die die Erstellung von Spezial- und Fachwortschätzen und ihre Didaktisierung zum Ziele haben. Auch diese Arbeiten können ohne Unterstützung durch die Informatik nicht geleistet werden.

4.3 Angewandte Sprachwissenschaft und Computerlinguistik

Zur Zeit sind Bestrebungen im Gange, am Fachbereich 11 eine Professur für Angewandte Sprachwissenschaft und Computerlinguistik und ein gleichnamiges Magister-Nebenfach zu installieren. Das Nebenfach soll neben der neu einzurichtenden Professur durch die Sprachwissenschaftler und Sprachdidaktiker der Fachbereiche 09, 10 und 11 sowie durch die Informatiker des Fachbereichs 12 betreut werden. Das Fach soll der Gießener Tradition in den Sprachwissenschaften entsprechend eine starke Praxisorientierung aufweisen und sich z.Bsp. mit folgenden aktuellen Themen beschäftigen: Mensch-Maschine-Interaktion, auf gesprochener Sprache basierende Interaktionssysteme, statistisch basierte shallow Parsers und Mehrsprachigkeit in Information Retrieval Systems.

5 Hochschulrechenzentrum

Bei der Betreuung von Magister- und Semesterarbeiten aus den Fachbereichen Anglistik und Romanistik entstanden am Hochschulrechenzentrum verschiedene Programme zur Textanalyse (Wortfrequenzverteilung, Satzlängenverteilung usw.). Diese wurden zunächst für den Einsatz unter MS-DOS geschrieben, später auch für das Betriebssystem UNIX. Neuere Versionen, die zumindest für Wortfrequenzlisten auch komplexe Aufgabenstellungen befriedigend lösen, werden ausschließlich für UNIX entwickelt.

Adressen:

Justus-Liebig-Universität
Institut für Anglistik und Amerikanistik
Otto-Behaghel-Straße 10B
D-35394 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-30150
Fax: (+49) 641/99-30159
www: `http://www.uni-giessen.de/~ga1007`
email: `Andreas.Jucker@anglistik.uni-giessen.de`

Justus-Liebig-Universität
Institut für Didaktik der der Romanischen Sprachen und Literaturen
Karl-Glöckner-Straße 21-G
D-35394 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-31190
email: `Franz.J.Meissner@sprachen.uni-giessen.de`

Justus-Liebig-Universität
Institut für Romanische Philologie
Karl-Glöckner-Straße 21-G
D-35394 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-31130
email: `Otto.Winkelmann@romanistik.uni-giessen.de`

Computeranwendungen in der Sprachwissenschaft

Andreas H. Jucker

Institut für Anglistik und Amerikanistik
Otto-Behaghel-Straße 10B, D-35394 Gießen

Franz-Joseph Meißner

Institut für Didaktik
der Romanischen Sprachen und Literaturen
Karl-Glöckner-Straße 21, D-35394 Gießen

Otto Winkelmann

Institut für Romanische Philologie
Karl-Glöckner-Straße 21, D-35394 Gießen

1 Einleitung

Der Computer hat in der Sprachwissenschaft in letzter Zeit einen immer höheren Stellenwert erlangt. Mit der Computerlinguistik hat er sogar ein neues sprachwissenschaftliches Forschungsgebiet geschaffen. Die Computeranwendungen in der Sprachwissenschaft gehen aber weit über das hinaus, was im allgemeinen mit dem Terminus *Computerlinguistik* bezeichnet wird. Aus vielen traditionellen Forschungszweigen der Sprachwissenschaft ist der Computer gar nicht mehr wegzudenken. Durch seine Fähigkeit, große Datenmengen in kurzer Zeit zu verarbeiten, hat er es erlaubt, neue Fragen zu stellen oder alte Fragen auf neue Weise anzugehen.

Im folgenden sollen zuerst einige der wichtigeren sprachwissenschaftlichen Computeranwendungen aufgelistet werden, um dann auf drei davon etwas genauer einzugehen. Die folgende Darstellung gibt eine grobe Übersicht.

1. **Wortschatzebene**
- Wortfrequenzlisten
- Konkordanzen
- Wörterbücher
- Dialektkartographie

2. **Satzebene**
- Satzanalyse
- Übersetzung natürlicher Sprachen

3. **Textebene**
- Stilistik, Merkmalanalyse
- Korpuslinguistik

4. **Unterrichtsprogramme**
- CALL (computer assisted language learning/ computergestützter Sprachunterricht)
- Multimedia-Unterrichtsprogramme
- TELL (technical enhanced language learning)

5. **Tools/Werkzeuge**
- Statistiken
- Textverarbeitung
- Datenbanken (z.B. Bibliographien)
- Graphik
- Kommunikation (elektronische Post/E-Mail)

Auf der Wortschatzebene lassen sich auf der Grundlage umfangreicher Textkorpora Frequenzlisten erstellen, die es erlauben, die Häufigkeit des Vorkommens einzelner Lexeme - meist in bestimmten Textsorten - zu ermitteln. Vor allem im literarischen Bereich von Bedeutung sind Konkordanzen, also Listen aller im Werk eines bestimmten Autors verwendeten Wörter sowie der dazugehörigen Kontexte. Lange Zeit wurden solche Konkordanzen nur für besonders wichtige Korpora wie Shakespeares Gesamtwerk oder die Bibel erstellt. Inzwischen kann zu jedem in maschinenlesbarer Form vorliegenden Text eine individuelle Konkordanz erstellt werden. Damit ergeben sich neue Möglichkeiten, Wortbedeutungen in konkreten Kontexten zu analysieren. Für Herausgeber von Wörterbüchern sind solche Forschungsmöglichkeiten von entscheidender Bedeutung.

In gedruckten Wörterbüchern herrscht im allgemeinen das alphabetische Ordnungsprinzip vor. Der/die BenutzerIn kann die einzelnen Einträge nur über die Orthographie des gesuchten Wortes nachschlagen. In maschinenlesbaren Wörterbüchern hingegen sind auch andere Suchvorgänge möglich. Im *Oxford English Dictionary auf CD-ROM*, zum Beispiel, können die 291500 Einträge nicht nur alphabetisch gesucht werden, sondern auch über die in der Definition benutzen Wörter, über die Sprachen, die in den etymologischen Angaben erwähnt werden, über die zahlreichen Belege, die die meisten Eintragungen illustrieren, über das Datum des Erstbeleges oder über eine Kombination dieser Kriterien (siehe Berg 1993).

Computergestützte Sprachatlanten bieten für die Dialektologie ganz neue Möglichkeiten, da man sich nunmehr nicht länger mit den Vorgaben der HerausgeberInnen begnügen muß, sondern mit dem vollständigen Datenmaterial arbeiten und somit auch eigene Karten erstellen kann. Gedruckte Sprachatlanten beruhen immer auf einer Auswahl der Daten. Eine solche Anwendung soll weiter unten, im zweiten Abschnitt, etwas ausführlicher beschrieben werden.

Die zweite Gruppe, die der Anwendungen auf der Satzebene, umfaßt das, was üblicherweise gemeint ist, wenn von Computerlinguistik gesprochen wird: die automatische Satzanalyse. Vereinfacht ausgedrückt handelt es sich dabei um die Entwicklung von Generierungs- beziehungsweise Analyseverfahren von natürlichsprachlichen Texten.

Die Anfänge der Übersetzung natürlicher Sprachen durch Computer waren wie viele andere Bereiche der Computerlinguistik von übertriebenen Hoffnungen geprägt, die jedoch hier wie andernorts einer zwar anerkennenden, aber dennoch nüchternen Einschätzung der tatsächlichen Möglichkeiten gewichen ist. Im Prinzip steht und fällt die Möglichkeit, natürliche Sprachen mit Hilfe von Computern zu übersetzen, mit dem Vorhandensein von Satzanalyseprogrammen in der Ausgangs- wie der Zielsprache, so daß als Reaktion auf den Input in Form eines Satzes auf Deutsch, Chinesisch oder Kisuaheli ein Output in Form desselben Satzes auf Englisch, Französisch oder Tok Pisin erfolgen kann. Bislang ist dieser Idealzustand zwar – noch – nicht erreicht; in Bereichen, die mit einer relativ geringen Zahl standardisierter Elemente auskommen, sind jedoch beachtliche Fortschritte gemacht worden. So werden beispielsweise in Kanada heute schon Wettervorhersagen üblicherweise von Computern übersetzt.

Auf der Textebene soll die Stilistik erwähnt werden. Damit sind Untersuchungen zur Charakterisierung von Textsorten oder Genres mit Hilfe extensiver Computeranalysen gemeint. Ein umfangreiches Textkorpus wird einer computergestützten Merkmalanalyse unterzogen, um jene Merkmale zu ermitteln, die für bestimmte Textsorten oder linguistische Genres typisch sind. Die Korpuslinguistik ist ein nur ungenau definierbares Teilgebiet der sprachwissenschaftlichen Forschung. Sie bezeichnet im wesentlichen die Analyse großer Textkorpora. Anders als in der Stilistik liegt die Hauptaufmerksamkeit hier nicht auf der Ermittlung der texttypischen Merkmale, sondern auf der Beschreibung der Merkmale und ihrer Verteilung im Korpus. Ein solche Anwendung soll im dritten Abschnitt dieses Artikels näher beschrieben werden.

Bei CALL (*computer assisted language learning*/computergestützter Sprachunterricht) dürfte es sich um einen der weiter verbreiteten Anwendungsbereiche des Computers im Unterrichtsbereich handeln. Auch hier ist mittlerweile der Enthusiasmus der Anfangszeit einer sachlichen Analyse der Möglichkeiten und Grenzen des Computereinsatzes gewichen. Weiter unten im Abschnitt 4 folgen weiterführende Überlegungen zu diesem Bereich.

Der Computer erlaubt den Einsatz multimedialer Formen der Wissensvermittlung. So können beispielsweise Texte, Klänge, Bilder und Bildsequenzen oder Filme nebeneinander eingesetzt werden. Anders als in gedruckten Büchern können die Texte zudem nicht nur linear dargestellt werden. Vielmehr können einzelne Textstellen in vielfältiger Weise miteinander verbunden werden. Am Fachbereich Anglistik wird seit einiger Zeit ein solches multimediales Unterrichtsprogramm in der sprachwissenschaftlichen Grundausbildung eingesetzt und laufend weiterentwickelt. Solche Progamme gibt es auch in angrenzenden Disziplinen wie Geschichte, Musik und Literatur (siehe dazu im Anhang die Beschreibung des Lernzentrums des Fachbereichs Anglistik an der Justus-Liebig-Universität).

Unter der Überschrift Tools/Werkzeuge sind fünf Anwendungen aufgelistet, die keinen spezifisch linguistischen Bezug aufweisen. Statistiken sind ein fester Bestandteil der Arbeit in vielen wissenschaftlichen Disziplinen, und kein/e WissenschaftlerIn kommt ohne Textverarbeitungsprogramme aus, wenn es um das Verfassen, Korrigieren und Redigieren von Aufsätzen, Vorlesungsnotizen und Büchern geht. Datenbanken sind für die Literaturrecherche unverzichtbar geworden, und Graphikprogramme erlauben es, komplexe Untersuchungsgegenstände anschaulich darzustellen. Schließlich haben Geschwindigkeit und Effizienz die elektronische Post (E-Mail) zu einem Kommunikationsmedium von immer größerer Beliebtheit werden lassen.

Im folgenden soll nun auf die drei erwähnten sprachwissenschaftlichen Computeranwendungen näher eingegangen werden.

2 Computergestützte Sprachgeographie

Jede natürliche Sprache, die von einer größeren Sprachgemeinschaft gesprochen wird, weist eine Reihe von phonetischen, morphologischen, syntaktischen und lexikalischen Divergenzen auf, die man mit der Region, in der eine bestimmte Sprechergruppe lebt, in Verbindung bringen kann. Teilmengen dieser diatopisch bedingten sprachlichen Divergenzen, die einer bestimmten Region zugeordnet werden können, werden gemeinhin Dialekte genannt. Um einzelne Dialekte bestimmen und gegeneinander abgrenzen zu können, müssen zunächst einmal dialektale Formen vor Ort erhoben und areallinguistisch aufbereitet werden. Zu diesem Zweck wurde im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts von der Romanistischen Linguistik ein überaus effektives Forschungsinstrument entwickelt, das auch heute noch seine Brauchbarkeit stets aufs Neue unter Beweis stellt, der sog. Sprachatlas.

2.1 Was ist und wie entsteht ein Sprachatlas?

Ein Sprachatlas ist, vereinfacht gesagt, eine Sammlung von thematischen Karten, auf denen eine Anzahl von Ortspunkten - die Anzahl schwankt bei den publizierten Sprachatlanten zwischen wenigen Dutzend und mehreren Hundert - auf einem topographischen Grundriß, der zur groben Orientierung dient, aufgetragen ist. Die Ortspunkte sind durch eine Ziffern- und/oder Buchstabenkombination gekennzeichnet, um den Ort, auf den sie verweisen, identifizieren zu können. Neben jedem Ortspunkt stehen entweder ausgeschrieben, phonetisch transkribiert oder durch Symbole verschlüsselt Antworten, die von einem Informanten oder einer Informantin auf eine bestimmte Frage des Explorators gegeben wurden. In der Regel bezieht sich jede Karte eines Sprachatlasses auf eine Frage oder einen Begriff oder, allgemeiner gesagt, auf ein bestimmtes sprachliches Merkmal. Der Karteninhalt stellt die Gesamtheit der in der jeweiligen Region erhobenen sprachlichen Merkmalsausprägungen dar. Die Datenmenge, die ein bestimmter Sprachatlas enthält, kann somit als das Produkt aus Meßpunkten (Ortschaften) und Merkmalen (Begriffen/Fragen) angesehen werden.

Die Herstellung eines Sprachatlasses ist stets ein linguistisches Großprojekt, bei dem die folgenden Schritte durchlaufen werden: Zunächst muß das zu erforschende Gebiet abgegrenzt werden. Danach werden diejenigen Ortspunkte, an denen Informanten befragt werden sollen, festgelegt und in eine Grundkarte eingetragen. Sodann wird ein Fragebuch ausgearbeitet. Sind diese Vorbereitungen getroffen, beginnt die Feldarbeit: Ein Explorator begibt sich der Reihe nach in die vorgesehenen Orte und sucht dort geeignete Informanten auf, die er dann mit Hilfe des Fragebuchs befragt. Die von den Informanten gegebenen Antworten werden schriftlich festgehalten und/oder mit Hilfe eines magnetischen Tonträgers aufgenommen. Ist die Befragung abgeschlossen, werden die erhobenen dialektalen Sprachdaten nach Fragen und Ortspunkten geordnet, linguistisch klassifiziert und anschließend in langwieriger und mühevoller Kleinarbeit auf die Grundkarten übertragen. Nicht selten sind Kalligraphen mehrere Jahre lang mit der Herstellung der Karten eines nationalen Sprachatlasses beschäftigt, und bei den meisten sprachgeographischen Projekten lagen zwischen der Planung und dem Erscheinen des Sprachatlasses einige Jahre, wenn nicht sogar Jahrzehnte.

2.2 Computergestützte Sprachgeographie

Jedem, der nur einen Sprachatlas mittlerer Größe in die Hand nimmt, wird klar, daß man es bei einem derartigen Werk mit enormen Datenmengen zu tun hat, zu deren Bewältigung ein menschlicher Bearbeiter sehr viel Zeit braucht und die er kaum auf einmal überblicken kann. Was liegt also näher, als zu überlegen, ob es bei der Aufarbeitung und Auswertung der Dialektdaten Arbeitsschritte gibt, die von einem Computer übernommen werden können? Die Herausgeber von Sprachatlanten fanden bald heraus, daß im Grunde alle der Datenerhebung folgenden Arbeitsvorgänge einem Rechner übertragen werden können. Als erstes begann man mit der maschinellen Herstellung der Sprachatlaskarten mit Hilfe eines Plotters. Ende der sechziger Jahre wurden die ersten automatischen Kartierungsverfahren entwickelt. Diese greifen auf eine Datenmatrix zurück, die aus den Lagedaten der ausgewählten Ortschaften, den Fragedaten des Fragebuches und den Antwortdaten der Informanten besteht und es erlaubt, diese drei Datenblöcke miteinander zu verknüpfen.

Als besonders dorniges Problem, das erst Mitte der achtziger Jahre zufriedenstellend gelöst werden konnte, stellte sich die automatische Klassifikation der Antwortdaten heraus. Auf dem Wege der automatischen Klassifikation nach Identitäts- bzw. Similaritätstypen konnten diejenigen Ortspunkte auf einer Karte, die als gleich oder ähnlich klassifizierte Antwortdaten enthielten, durch das Einzeichnen sog. Isoglossen graphisch zu dialektalen Teilarealen zusammengefaßt werden. Auf diese Weise wurde die oft nur schwer durchschaubare Komplexität der Sprachdaten einer traditionellen Punktnetzkarte auf ein überschaubares Maß reduziert.

Von Kritikern der Sprachgeographie werden herkömmliche Sprachatlanten oft als immense „Datenfriedhöfe“ bezeichnet, was sie zweifelsohne in einem gewissen Sinn auch sind. Erst die computergestützte Sprachgeographie ermöglicht es, die Dialektdaten dynamisch zu verarbeiten, indem die drei genannten Datenblöcke auf unterschiedliche Weise durchsucht und miteinander verknüpft werden. Auf diese Weise können auch noch lange nach Abschluß des eigentlichen sprachgeographischen Projekts und nach der Publikation des Sprachatlasses neue Fragestellungen an die Datenmenge herangetragen werden und in relativ kurzer Zeit bearbeitet werden, was bei manueller Bearbeitung einen unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand beanspruchen würde.

2.3 Der „sprechende“ Sprachatlas

Ende der achtziger Jahre ging eine Forschungsgruppe des Instituts für Romanistik der Universität Salzburg unter der Leitung von Prof. Dr. Hans Goebl daran, eine bis dahin völlig utopisch erscheinende Idee zu realisieren. Warum, so fragten sich die Forscher, soll ein Sprachatlas darauf beschränkt bleiben, die dialektalen Sprachdaten nur in schriftlicher oder symbolischer Form wiederzugeben? Ist es denn prinzipiell unmöglich, einem Sprachatlas das „Sprechen beizubringen”? Damit war die Idee eines akustischen Sprachatlasses geboren, der das gewohnte Kartenwerk zwar nicht ablösen sollte, jedoch sinnvoll ergänzen könnte.

Die Realisierung dieser Idealvorstellung war nur über den Einsatz eines leistungsfähigen Computers möglich. Im Prinzip mußte den drei oben genannten Datenblöcken nur ein weiterer Datenblock hinzugefügt werden, der die von den Informanten geäußerten akustischen Daten in digitalisierter Form enthielt. Zu diesem Zweck wurden die mit einem Mikrophon aufgenommenen äußerungen der Informanten durch einen Analog-Digital-Wandler geschickt, mit Hilfe eines Signaleditors bearbeitet und anschließend in einer relationalen Datenbank abgelegt[1].

[1] Die einzelnen Hardware-Komponenten des akustischen Sprachatlasses verdeutlicht das Organigramm in Abb. 1.

Im Gegensatz zum Benutzer eines herkömmlichen gedruckten Sprachatlasses, der ein sequentiell angeordnetes statisches Produkt vor sich hat, kann sich der Benutzer eines computerisierten „Sprechenden Sprachatlasses“ in dem vor Ort erhobenen und aufbereiteten Dialektdatenmaterial gewissermaßen frei bewegen. Die Salzburger Forschungsgruppe hat nämlich nicht nur die akustischen Responses in den Datenbestand einbezogen, sondern auch eine besonders leicht bedienbare Benutzeroberfläche mit Pull-down-Menüs geschaffen. Den Bildschirmhintergrund bildet eine eingescannte Grundkarte mit den Ortspunkten. Hinzu kommen besondere Fenster mit der Liste aller Orte und der Liste aller Fragen des Fragebuches (Stimuli). Durch Anklicken eines Ortspunktes und eines Stimulus kann die Originaläußerung über einen Digital-Analog-Wandler abgehört werden. In einem weiteren Fenster erscheint gleichzeitig die phonetische Transkription der Antwort des Informanten auf die vom Explorator gestellte Frage. Es ist nun ohne weiteres möglich, alle Antworten eines einzigen Ortspunktes zu hören oder - was die Abgrenzung von Teilarealen erleichtert - durch Aktivierung aller Ortspunkte und Anklicken eines einzigen Stimulus die Antworten, die an den einzelnen Ortspunkten auf eine Frage gegeben wurden, nacheinander zu hören und auf diese Weise zu vergleichen[2].

Die computergestützte Sprachgeographie eröffnet der Dialektologie völlig neue Möglichkeiten. So sind dem Benutzer eines Sprachatlasses nicht nur die akustischen Originaldaten zugänglich, die bisher entweder unwiederbringlich verloren waren oder, falls sie auf einem magnetischen Tonträger gespeichert waren, infolge der Alterung eine Qualitätsminderung erfuhren. Dadurch daß im Rahmen des Projektes *Dolomitenladinischer Sprachatlas*, Bd. I (ALD I)[3] ein Teil der Daten auf einer CD zur Verfügung steht, wird der „Sprachatlas in

[2]Abb. 2 zeigt den Inhalt einer Bildschirmseite des „Sprechenden Sprachatlasses“, den die Salzburger Forschungsgruppe nach der Exploration des dolomitenladinischen oder zentralrätoromanischen Sprachgebietes in Südtirol erstellte. In der Liste der Orte ist Enneberg/La Pli aktiviert; durch Anklicken des Begriffs *il carro* in der Liste der Stimuli kann sich der Benutzer anhören, wie die betreffende Bezeichnung für diesen Begriff in Enneberg lautete und wie das betreffende Wort dort ausgesprochen wurde.

[3]Nebenbei sei erwähnt, daß die Salzburger Forschungsgruppe bei der Erstellung des „sprechenden Sprachatlasses“ mit mehreren Firmen zusammenarbeitete,

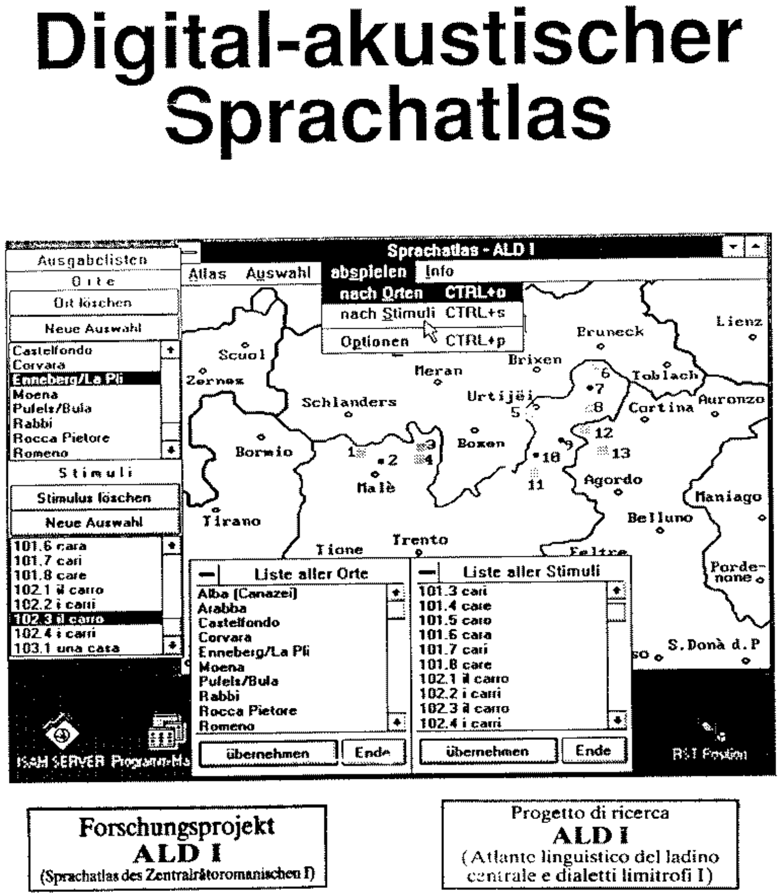


Abbildung 1 (Aus: Bauer 1993, S. 292)

der Westentasche“ möglich, der von den Benutzern in fast beliebiger Weise ausgewertet und maschinell weiterverarbeitet werden kann. So können durch den Einsatz der computergestützten Sprachgeographie

u.a. mit der Softwareentwicklungsfirma RST in Essen und der österreichischen Niederlassung der Firma Sony.

Hardware-Organigramm des sprechenden Sprachatlasses ALD I:

- Eingabemedien: Tastatur, Maus; Mikrophon, Audio-Datenträger

- Speichermedien: magnetische/optische Platte

- Ausgabemedien: Bildschirm, Drucker; Lautsprecher, Audio-Datenträger

- verwendete Software: dBase III Plus, Clipper Sommer '87, MS-Windows 3.0, ALD-TEX 2.1

D-A = "Digital-Analog-Wandler"

A-D = "Analog-Digital-Wandler"

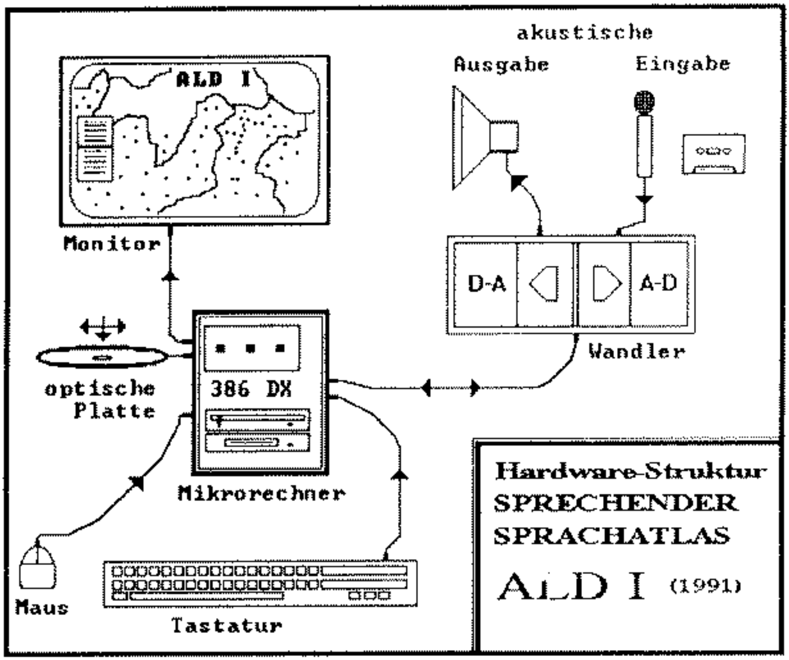


Abbildung 2 (Anlage zu Bauer 1993)

bisher unbekannte Zusammenhänge zwischen Dialektdaten und der dialektalen Raumgliederung aufgedeckt werden.

Dieter Kattenbusch, Institut für Romanische Philologie der Universität Gießen, jetzt Humboldt-Universität Berlin, und Otto Winkelmann stehen seit Jahren in engem Kontakt mit der Salzburger Forschungsgruppe und bereiten in Zusammenarbeit mit einigen der dortigen Mitarbeiter einen digital-akustischen Sprachatlas der wichtigsten Dialektzonen des italienischen Sprachgebietes vor.

3 Synchrone und diachrone Korpuslinguistik am Beispiel der fokussierenden Spaltsätze im Englischen

Computerkorpora, also große Mengen von natürlichsprachlichen Texten, die in einer maschinenlesbaren Form zur Verfügung stehen, gibt es seit über dreißig Jahren. In den letzten fünf bis zehn Jahren haben solche Textsammlungen allerdings einen enormen Aufschwung erlebt, so daß es schwierig geworden ist, die Übersicht über alle verfügbaren Korpora zu behalten (siehe zum Beispiel Butler 1992, Fries, Tottie und Schneider 1994). Die allgemeine Verfügbarkeit von PCs und immer kostengünstigeren Speichermedien wie CD-ROM haben ohne Zweifel zu dieser Entwicklung beigetragen.

Solche Textkorpora können dazu verwendet werden, sprachwissenschaftliche Aussagen, zum Beispiel über die Verwendung eines Wortes oder einer syntaktischen Konstruktion, empirisch zu überprüfen. Sie können aber auch dazu verwendet werden, Aussagen darüber zu machen, wo und wann beziehungsweise in welchen Texten einzelne Wörter und Konstruktionen bevorzugt vorkommen. Da inzwischen auch Korpora mit historischen Texten vorliegen, können auch sprachhistorische Fragestellungen korpuslinguistisch angegangen werden.

Im folgenden soll an einem konkreten Beispiel gezeigt werden, wie die interne Variation von Computerkorpora ergänzend zu bereits vorliegenden Erkenntnissen über einzelne grammatikalische Strukturen genutzt werden kann. Allerdings handelt es sich dabei keineswegs um einen ausschließlich optimistischen Ausblick, da für viele Probleme derzeit noch keine Lösung gefunden werden kann, weil die entsprechenden technischen Voraussetzungen noch nicht geschaffen sind.

Ein sehr deutliches Beispiel hierfür sind die fokussierenden *it*- und *wh*-Sätze im Englischen. In (2), (3) und (4) liegen die fokussierenden und invertierten fokussierenden Sätze vor, die sich aus (1) ableiten lassen.

(1) His axemanship was needed.
(2) It was his axemanship that was needed.
(3) What was needed was his axemanship.
(4) His axemanship was what was needed.

Satz (1) ist ein normaler Aussagesatz. Die Sätze (2) bis (4) lassen sich daraus ableiten. In allen drei Fällen wird das Element *his axemanship* herausgehoben beziehungsweise fokussiert. Beispiel (2) wird als fokussierender *it*-Satz bezeichnet, Beispiele (3) und (4) als fokussierende *wh*-Sätze, wobei es sich bei (4) um einen invertierten fokussierenden *wh*-Satz handelt.

Alle vier Sätze haben dieselben Wahrheitsbedingungen. Wenn einer wahr ist, müssen die anderen drei auch wahr sein. Syntaktisch läßt sich (2) direkt aus (1) ableiten, während bei (3) und (4) eine identifizierende *be*-Konstruktion vorliegt.

In einem nicht-fokussierenden Satz liegt es am Hörer, im Laufe seiner Interpretation des Satzes den Satzfokus auszumachen. Vor allem muß er unterscheiden zwischen Vordergrundinformation, die direkt relevant ist, da sie kontextuelle Auswirkungen hat, und Hintergrundinformation, die nur indirekte Relevanz besitzt, weil sie den Aufwand für die Informationsverarbeitung reduziert. Dabei ist Vordergrundinformation keineswegs immer neu und Hintergrundinformation keineswegs immer alt oder bekannt.

Demgegenüber wird in einem fokussierenden *it*- oder *wh*-Satz das fokussierte Element als Vordergrund- und der Rest des Satzes als Hintergrundinformation präsentiert, in invertierten fokussierenden *wh*-Sätzen dagegen das fokussierte Element als Hintergrund- und der Rest des Satzes als Vordergrundinformation. Das bedeutet also, daß fokussierende Sätze eine Fokusverlagerung innerhalb des Satzes erlauben.

Ein fokussierender *it*-Satz macht somit den Anfang des Satzes zur Vordergrundinformation, ein fokussierender *wh*-Satz dagegen zur Hintergrundinformation, wobei es in beiden Fällen ohne Bedeutung ist, ob das hervorgehobene Element neu oder bekannt ist.

(5) When the Minister .. was appointed to a great spending department it was his axeman ship that was needed. (1961 *Times* 9 Feb. 5/6, quoted in *OED2*, „axemanship")

(6) „We can't turn you into an actor, but don't turn your back on what we have to offer." What they meant, of course, was that you've got to learn to walk before you try to run. (1984 *New Yorker* 11 June 31/1 quoted in *OED2*, „walk")

Beide Beispiele stammen aus *OED2*. In Beispiel (5) sind sowohl das fokussierte Element wie auch der Rest des Satzes neue Informationen, jedoch wird das fokussierte Element zur Vordergrundinformation. Es geht nicht vorrangig darum, daß etwas vonnöten war, sondern darum, was dringend gebraucht wurde, wobei diese Konstruktion auch noch eine ausschließende Wirkung hat. Im nicht-fokussierenden Beispiel (1) könnte es neben der *axemanship* des Kandidaten noch weitere notwendige Charakterzüge geben. Im fokussierenden *it*-Satz dagegen wird diese Eigenschaft als die einzig relevante oder zumindest als die wichtigste hervorgehoben.

Im fokussierenden *wh*-Satz (6) stellt das fokussierte Element *you've got to learn to walk before you try to run* in gewisser Weise eine Umformulierung eines vorhergehenden Textabschnittes dar. Der Kommentar *what they meant* zeigt diese Beziehung auf. Weder das fokussierte Element noch der Rest des Satzes lassen sich eindeutig als neue oder alte Information klassifizieren, aber auch hier geht es wiederum nur um die Verarbeitungsanweisungen für den/die InformationsempfängerIn. Der/Die VerfasserIn weist den/die LeserIn an, *what they meant* als Hintergrundinformation zu behandeln. Es ist nicht besonders wichtig, daß mit der zitierten Aussage etwas gemeint war – die Umformulierung ist der entscheidende Punkt.

Als fokussiertes Element eines invertierten fokussierenden *wh*-Satzes fungiert im allgemeinen ein textanaphorisches Element, wie in (7), so daß hier im Unterschied zu (4) – gemessen an der Frequenz – ein typischer invertierter fokussierender *wh*-Satz vorliegt. Das fokussierte Element enthält bekannte Information, das anaphorische Pronomen *that* faßt einen ganzen vorhergehenden Textabschnitt zusammen und präsentiert diesen als Hintergrundinformation.

(7) The hot dog, the Brooklyn Dodgers, Mom's apple pie. That's what everyone's fighting for. (1961 J. Heller *Catch-22* (1962) i. 9, quoted in *OED2*,"mom")

Kurz zusammengefaßt bedeutet dies: Fokussierende Konstruktionen geben dem/der EmpfängerIn genauere Verarbeitungsanweisungen als nicht-fokussierende. Fokussierende *it*-Sätze rücken das fokussierte Element der Konstruktion in den Vordergrund oder heben es hervor, nicht-invertierte fokussierende *wh*-Sätze rücken den nichtfokussierten Anfang des Satzes in den Hintergrund, und invertierte fokussierende *wh*-Sätze dienen als Mittel der Textreferenz. Ein textanaphorisches Pronomen im fokussierten Element faßt einen vorhergehenden Textabschnitt zusammen, und der Kommentar verleiht ihm den Charakter einer Schlußfolgerung.

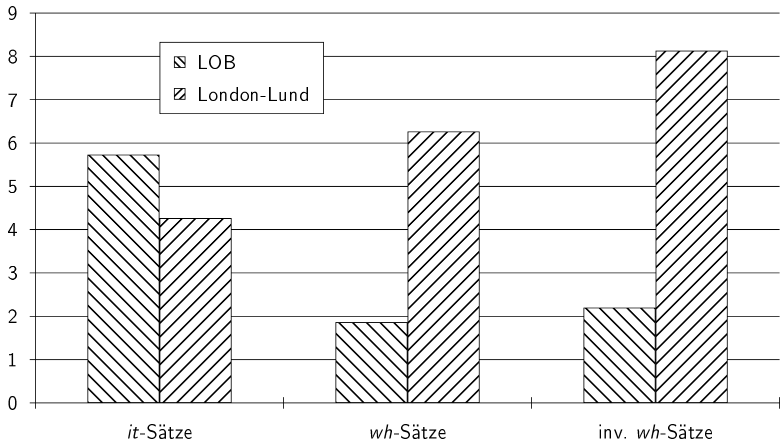
Das erste Problem, das sich hier stellt, ist natürlich das der Auffindbarkeit der betreffenden Konstruktion in einem Korpus, da schon prototypische fokussierende Konstruktionen die üblichen Textsuchprogramme vor schier unlösbare Probleme stellen, da keines der Elemente in fokussierenden Konstruktionen ausschließlich dort vorkommt – vielmehr handelt es sich um weit verbreitete Elemente der englischen Sprache, die nur eben durch eine spezielle Anordnung zu Bestandteilen fokussierender Konstruktionen werden.

Collins (1991) untersuchte das Vorkommen von fokussierenden Sätzen in zwei der ältesten und bestbekannten englischen Textkorpora, dem London-Lund Korpus, das Transkriptionen von spontanen Gesprächen enthält, und dem Lancaster-Oslo-Bergen (LOB) Korpus, das geschriebene Texte enthält. Er löste das Problem folgendermaßen: Er bediente sich des Computers, um all diejenigen Elemente des Korpus, die für fokussierende Sätze charakteristisch sind, hervorzuheben: alle Formen von „to be", Interrogativa, ihre Proformen, *it* und *all.* Trotz der geleisteten Vorarbeit mußte das gesamte Korpus manuell durchsucht werden.

Für die folgende Untersuchung ist ausschließlich übliche Textsuch-Software eingesetzt worden, wodurch allerdings eine Beschränkung auf prototypische fokussierende Konstruktionen notwendig war. Das eigentliche Problem lag darin, diejenigen Konstruktionen auszusondern, die zwar die betreffenden Elemente enthielten, aber dennoch keine fokussierenden Konstruktionen waren.

Da das London-Lund-Korpus nur gesprochene und das Lancaster-Oslo-Bergen-Korpus (LOB) nur geschriebene Sprache enthält, ermöglicht eine Analyse der Häufigkeit von fokussierenden Sätzen in diesen beiden Korpora Rückschlüsse auf den Unterschied zwischen gesprochenem und geschriebenem Englisch allgemein.

Im gesprochenen Englisch des London-Lund-Korpus sind fokussierende *wh*-Sätze häufiger als fokussierende *it*-Sätze, und beide Arten von *wh*-Sätzen treten häufiger auf als *it*-Sätze. Demgegenüber enthält das LOB-Korpus mehr *it*-Sätze als beide Arten von *wh*-Sätzen zusammengenommen (siehe Darstellung 1).



Darstellung 1: Anzahl der fokussierenden Sätze pro 10000 Wörter in gesprochenem (London-Lund) und geschriebenem Englisch (LOB). Quelle: Collins (1991: 179f).

Welche Schlüsse lassen sich nun aus diesen Ergebnissen ziehen? Fokussierende *it*-Sätze dienen dazu, Information als Vordergrundinformation zu markieren. In gesprochener Sprache können Sprecher Betonung und Intonation zur Hervorhebung einzelner Satzteile verwenden, nicht so in geschriebener Sprache. Darüber hinaus verfügt das Englische im Gegensatz zum Deutschen über eine feste Wortstellung, so daß Variationen auf diesem Gebiet nicht als Mittel zur Hervorhebung dienen können. Somit ist der *it*-Satz ein Ersatz für die Möglichkeiten, die ansonsten Betonung, Intonation oder Wortstellung böten, was sein häufiges Auftreten in gesprochener Sprache erklärt.

Fokussierende *wh*-Sätze machen Information zur Hintergrundinformation, weshalb sie sich vor allem für die gesprochene Sprache eignen, da hier den Gesprächspartnern mehr daran gelegen ist, ihrem Gegenüber die Informationsverarbeitung zu erleichtern. Dies geschieht unter anderem dadurch, daß der Hintergrund explizit gemacht wird, vor dem eine Proposition verarbeitet werden soll, wofür fokussierende *wh*-Sätze das Mittel schlechthin sind.

Durch invertierte fokussierende *wh*-Sätze wird eine Referenz im Text hergestellt. Mit ihrer Hilfe werden vorhergehende Textabschnitte zusammengefaßt, was sich wiederum für gesprochene Sprache sehr gut eignet. In der geschriebenen Sprache kann dies herablassend wirken. Den LeserInnen steht mehr Zeit für die Informationsverarbeitung zur Verfügung, und sie können davon ausgehen, daß auch der/die VerfasserIn genügend Zeit hat, die Sätze so anzulegen, daß für diese Art Hilfestellung kein Bedarf besteht.

Bislang ist die diachrone Entwicklung fokussierender Sätze kaum untersucht worden. Für einen ersten Anhaltspunkt zur relativen Häufigkeit fokussierender Konstruktionen in der Geschichte der englischen Sprache wurde der *Oxford English Dictionary 2nd edition auf CD-ROM (OED2)* als Korpus herangezogen. Der *OED2* enthält rund 2,4 Millionen meist genau datierte Zitate – vom Mittelenglischen an bis in die achtziger Jahre unseres Jahrhunderts ist jedes einzelne Jahr im Schnitt mit etwa 3500 Zitaten vertreten.

In einem ersten Schritt wurden die *OED2*-Zitate aus dem Jahr 1961 analysiert. Aus diesem Jahr, aus dem auch das LOB Korpus stammt, liegen 8647 Zitate mit insgesamt 143315 Wörtern vor (Quellenangaben nicht mitgerechnet), so daß der Umfang der *OED2*-Stichprobe zum Jahr 1961 etwa einem Siebtel des Umfangs des gesamten LOB Korpus entspricht. Die Stichprobe enthält 39 fokussierende Konstruktionen: 26 *it*-, 8 *wh*- und 2 invertierte *wh*-Konstruktionen. Tabelle 1 zeigt die Anzahl der fokussierenden Sätze im LOB Korpus und im *OED2* (Zahlen zum LOB basieren auf Collins 1991: 179)

	wh-Sätze				
	normal	invert.	Total	*it*-Sätze	Total
LOB	1.9	2.2	4.1	5.7	9.8
	(192)	(218)	(410)	(565)	(975)
OED2	0.6	0.3	0.9	1.8	2.7
	(8)	(5)	(13)	(26)	(39)

Tabelle 1: Anzahl fokussierender Sätze pro 10000 Wörter (absolute Zahlen in Klammern)

Die allgemeine Tendenz des LOB Korpus, fokussierenden *it*-Sätzen den Vorzug gegenüber fokussierenden *wh*-Sätzen zu geben, läßt sich auch am *OED2* zeigen. Allerdings sind die relativen Zahlen im *OED2* niedriger als im LOB Korpus. Dafür gibt es zwei Hauptgründe: Zuerst muß an dieser Stelle auf die Definitionsproblematik hingewiesen werden. Die hier verwendete Definition ist enger gefaßt als bei Collins, was bei ihm zwangsläufig zu höheren Ergebnissen führt. Aus seinen Zahlen läßt sich ableiten, daß nur 57% der von ihm so kategorisierten Sätze wirklich fokussierende *wh*-Sätze im üblichen Sinne sind; bei den restlichen handelt es sich um fokussierende Sätze mit lexematischem fokussiertem Element oder fokussierende Konstruktionen, die einen *when*-, *who*- oder *why*-Relativsatz enthalten.

Zudem können die Unterschiede zu einem gewissen Grad auch in der Auswahl der Quellen für *OED2* begründet sein, da unterschiedliche Textsorten große Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit fokussierender Konstruktionen aufweisen.

Gemäß der oben aufgestellten These geben fokussierende Konstruktionen den HörerInnen/LeserInnen Anweisungen für die Informationsverarbeitung, indem herausgestellt wird, wieviel Information als

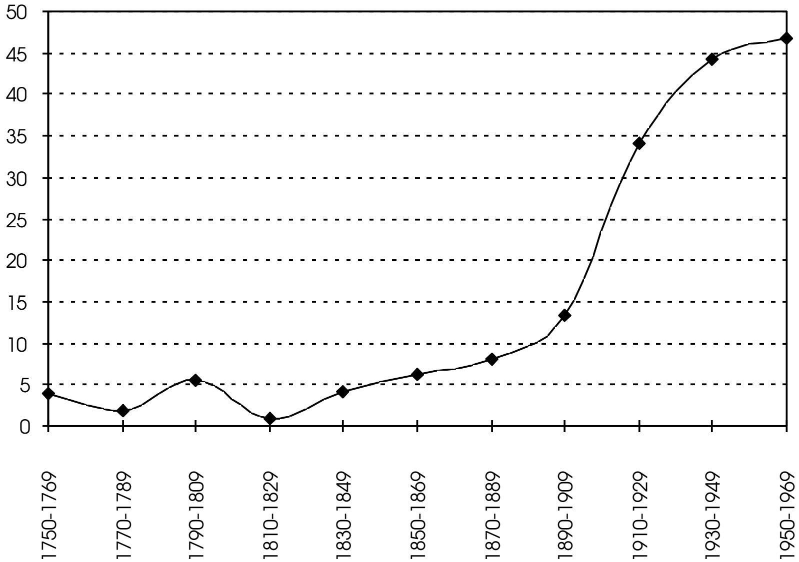
Vordergrundinformation und wieviel als Hintergrund zu betrachten ist. Dadurch sind fokussierende *it*-Sätze besonders geeignet zur Adressatenbeeinflussung, weshalb sie vor allem in persuasiven Texten Verwendung finden.

Während fokussierende *it*-Sätze in Dialogen und Monologen gleichermaßen häufig sind, treten fokussierende *wh*-Sätze und insbesondere invertierte fokussierende *wh*-Sätze weitaus häufiger in Dialogen auf, da sie sich vor allem für direkte verbale Interaktion anbieten, bei der die Gesprächspartner voneinander Rückkopplung erhalten und auf die Hintergrundannahmen des Partners eingehen können.

Im letzten Teil dieser Analyse sollen einige Hypothesen zur diachronen Entwicklung fokussierender Konstruktionen aufgestellt werden, die als Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen gedacht sind. Dabei erweisen sich invertierte fokussierende *wh*-Konstruktionen vom Typ *That's what I wanted to say* (mit einem Demonstrativpronomen als fokussiertem Element) als relativ einfach. Hier war eine Suche in allen 2,4 Millionen Zitaten des *OED2* möglich. Sie ergab, daß sich darunter 257 solcher Sätze befinden. Die ersten Belege lassen sich auf die Zeit um 1700 datieren, regelmäßiger tritt dieser Typus jedoch erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts auf. Bei den Zahlen handelt es sich um normalisierte Zahlen, das heißt, für jeden Zeitraum wurde die Zahl der belegten invertierten fokussierenden *wh*-Konstruktionen in Relation gesetzt zur Gesamtzahl der Zitate im betreffenden Zeitraum.

Für das Neuenglische gilt, daß invertierte fokussierende *wh*-Sätze für gesprochene Sprache und dort vor allem für Dialoge typisch sind. Daher muß die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, daß diese Konstruktion an sich älter ist als die Daten des *OED2* glauben machen, entweder aufgrund der ursprünglichen Konzentration der Herausgeber des *OED2* auf geschriebenes und formales Englisch oder weil sie bis 1700 zwar sehr wohl im gesprochenen, nicht aber im geschriebenen Englisch Verwendung fand – eine Frage, die nur mit Hilfe umfassender Analysen des Frühneuenglischen und möglicherweise sogar des Mittelenglischen beantwortet werden könnte.

Auch bei fokussierenden *it*-Sätzen handelt es sich um ein relativ neu-



Darstellung 2: Entwicklung der invertierten *wh*-Sätze in der Belegsammlung des *OED2.* Anzahl Sätze pro 100000 Zitate.

es Phänomen, zumindest was die Belegsituation im *OED2* anbelangt. Da hier im Gegensatz zu den invertierten fokussierenden *wh*-Sätzen das Ergebnis in jedem Fall von Hand nachbearbeitet werden muß, ist eine Suche im gesamten *OED2* nicht durchführbar. Eine stattdessen durchgeführte Analyse einzelner Jahrgänge ergab ein sehr uneinheitliches Bild mit einem deutlichen Anstieg gegen Ende des 18. Jahrhunderts, jedoch auch einer gewissen Anzahl älterer Belege. Da sich, wie bereits erwähnt, fokussierende *it*-Sätze vor allem in persuasiven Texten finden, wäre eine Analyse der verschiedenen Textsorten im diachronen Teil des Helsinki-Korpus ein lohnendes Projekt.

Der Versuch, alle im *OED2* vorhandenen fokussierenden *wh*-Sätze herauszufiltern, scheiterte an der Tatsache, daß eine im Gesamtkorpus durchgeführte Suche nach *what* gefolgt von *was* mit bis zu 15 beliebigen Wörten dazwischen 2000 Treffer erbrachte, von denen jedoch weniger als vier Prozent tatsächlich fokussierende *wh*-Sätze waren.

Auch eine Suche nach *what* gefolgt von *is* erbrachte eine Fehlerquote von annähernd 95 Prozent.

Korpuslinguistik hat bei vielen Sprachwissenschaftlern einen Wandel in den Forschungsinteressen bewirkt, da nunmehr Fragen gestellt und teilweise sogar beantwortet werden können, die man ohne Computer niemals hätte angehen können. Im vorliegenden Fall ging es jedoch nicht darum zu zeigen, was man mit dem Computer machen kann, sondern darum, zu einer sprachwissenschaftlich interessanten Konstruktion eine Recherche in einem umfangreichen Korpus durchzuführen. Einerseits enttäuscht das Ergebnis in gewisser Weise, weil sich herausgestellt hat, daß die auf dem Markt befindliche Software für die Arbeit mit dieser Konstruktion nicht sonderlich geeignet ist. Andererseits jedoch lassen sich mit Hilfe der Ergebnisse neue Hypothesen aufstellen, da sie deutlich machen, daß sich wichtige Rückschlüsse auf die diachrone Entwicklung fokussierender Konstruktionen aus den Daten aus dem 18. Jahrhundert ziehen lassen und daß die Skala der zu untersuchenden Textsorten einerseits von formal bis informal, andererseits von persuasiv / rhetorisch bis deskriptiv / objektiv reicht.

4 CALL, 'Multimedia' und TELL

Schon die allgemeine Bekanntheit eines Wortes wie *teachware* oder gar des Akronyms CALL (*Computer Assisted Language Learning*, französisch EAO, *Enseignement Assisté par Ordinateur*) signalisiert ein längst bibliographisch breit dokumentierbares Interesse des Fremdsprachenunterrichts an der EDV (z.B. Jung 1988 ff. oder die Themenhefte von *Die Neueren Sprachen* 1982, 1989, 1995). Seit ca. einem Jahrzehnt bietet der deutsche Markt Lehrenden Handbücher zum computergestützten Unterricht (Stenzel 1985, Rüschoff 1990). Die Interessensspanne der Fremdsprachendidaktik an der EDV beleuchtete das Stichwort 'Computer' im Schlagwortregister einer fachdidaktischen Bibliographie (Raasch, Burckhardt & Sick 1989: 10 f.):

- adaptives Lernen
- autonomes Lernen
- Fachsprachenunterricht
- Fehleranalyse
- Interaktion
- Leseverstehen
- (mentale) Textverarbeitung
- Übungen und Üben
- computergestütztes Video
- Wortschatzlernen
- Lernerorientierung
- Landeskunde
- Effektivität
- Fortbildung

Im Jahre 1996 wären mit Sicherheit folgende Stichworte hinzuzufügen:

- Multimedia
- Internet
- E-Mail

4.1 EDV in der fremdsprachendidaktischen Forschung

Die Stichwortliste ist anwendungsorientiert. Sie bezieht sich ausschließlich auf das Lernen und Lehren von Unterricht selbst, nicht aber auf die Fremdsprachendidaktik, welche die aus den Faktoren Lerner/Lehrer, Lernen/Lehren und Tradition des Fremdsprachenunterrichts mit den Aspekten von Sozial- und Methodengeschichte, Fremdsprache und Fremdkultur gebildete Komplexion wissenschaftlich analysiert und beschreibt. Was das Interesse der Forschung angeht, so sind zwei weitere Anwendungen hervorzuheben:

4.1.1 EDV als Hilfsmittel zur Konstruktion des sprachlichen Inputs

Jedes Unterrichten verlangt Entscheidungen bezüglich eines zu vermittelnden Inputs oder eines lehrbaren Sprachcurriculums. Für die Fremdsprachen ist die Frage immer neu zu beantworten, welches sprachliche Segment, welche Varietät, z.B. des Französischen (Meißner 1995b), unterrichtet werden soll. Ihre Fragen fallen insofern nicht mit jenen der deskriptiven Linguistik zusammen, als sie konsequent aus der Sicht des zielsprachlichen Erwerbs- und Vermittlungsinteresses für deutschsprachige Lerner erfolgen. Die Fremdsprachendidaktik stellt eigene, genuin didaktische Ansprüche an zielsprachliche

Beschreibungen. Gemäß ihrem spezifischen Frageinteresse muß sie daher auch selbst linguodidaktisch forschen, d.h. nach ihrem eigenen Fragehorizont Sprachdaten sichten oder erheben, selektieren und didaktisch aufbereiten. Dabei dienen die fremdsprachlichen Grammatikographien, Lexikographien oder Soziolinguistiken als wichtige Hilfs- und Bezugswissenschaften. Vergleichbare Untersuchungen geschehen mit Hilfe der EDV (Mindt 1988, 1992, Mindt & Tesch 1991). Unter der Leitung von Dieter Mindt entsteht derzeit eine didaktische Grammatik des Englischen, welche auf der Auswertung von in elektronischen Corpora der englischen Grammatikographie gespeicherten Daten beruht. Mehr oder weniger vergleichbare Gießener Arbeiten sind lexikodidaktischer Art und betreffen das gesprochene Französisch (Meißner 1987, Meißner & al. 1993). In einer demnächst erscheinenden Publikation (Meißner & Legrand 1997) findet das Speichermedium CD-ROM Anwendung. Eine nach didaktischen Kriterien markierende dBase-kompilierte Datenbank erlaubt Lehrwerkautoren und Unterrichtenden der Zielsprache Französisch die systematische und begründbare Selektion und Repräsentation des sprechsprachlichen Wortschatzes. Die lernerorientierte Individualisierung des Inputs wird so erleichtert (Meißner 1995a).

Der Bereich der Fachsprachen findet in der Sprachlehrforschung in dem Maße Bedeutung, wie das Kontingent an erwachsenen Lernern wächst (vgl. Christ 1990: 34, 138). Als ein besonderes Problem tritt entgegen, daß es ‘die’ Fachsprache ja nicht gibt – sie also z.B. auch nicht lehrbar ist –, sondern eben immer nur bestimmte Fachsprachen. Das Dilemma erklärt, weshalb fachsprachliche Register in vorhandenen Sprachlehrwerken nur unzureichend berücksichtigt sind. Die Ausbildung der Diplom-Sprachenlehrer, z.B. an der Gießener Universität, verlangt ebenso wie der Unterricht in der Weiterbildung überhaupt nichtsdestoweniger fachsprachliche Texte der unterschiedlichsten Art. Fachtextliche Datenbanken auf CD-ROM oder im Internet werden in diesem Sinne der Lehre und Forschung neue Grundlagen liefern.

Als weitere Anwendung der EDV in der fremdsprachendidaktischen Forschung sei die Möglichkeit genannt, Texte didaktisch und linguistisch zu analysieren. Ein Analyseprogramm wie CELSIT (Burkhardt & Poetz 1989) erlaubt die quantitative Komputation von Texten unter vielerlei Merkmalen: Textdichte, bekanntes versus unbekanntes Vokabular, morphologische Kennzeichen, grammatische Formen und Progressionsgrad usw. Sie können natürlich auch in der Erforschung der Geschichte der fremdsprachlichen Lehrwerke Einsatz finden. Programme wie CELSIT sind ein wichtiges Instrument zur Lehrwerkanalyse (vgl. Tribble 1990). Ähnliches läßt sich überhaupt von Konkordanzprogrammen sagen. Bei der Erforschung des Fremdsprachenerwerbs fungiert der Computer vielfach als „heuristisches Werkzeug", z.B. bei der Fehleranalyse (Bünnagel 1993: 101; insbes. 166 ff.).

4.1.2 EDV als Werkzeug bei der Erforschung der Lernersprache

Fragen der mentalen Verarbeitung zielsprachlicher Strukturen, wie sie sich mit der Lernersprache, *Interlanguage* oder *Interlangue* (Vogel 1990) verbinden, stehen im Fokus der Fremdsprachenerwerbsforschung (z.B. R. Ellis 1994). Techniken zur Erhebung von produkt- und prozeßbezogenen lernersprachlichen Daten geschehen vor allem mit Hilfe von Fehleranalysen und Laut-Denk-Protokollen. Die Forschung unterscheidet hier zwischen beobachtbaren (externen) und mentalen (internen) Prozessen. Nach Legenhausen & Wolff (1990: 457 f.) verbindet sich bereits mit dem Einsatz von Textrekonstruktionsprogrammen die Möglichkeit, lernerseitige Verhaltensmerkmale festzustellen, welche auf die bisher der Außenbeobachtung weitgehend verborgenen Hypothesenbildung des mentalen Lexikons gegenüber zielsprachlichen Aufgaben schließen lassen. Über „Standardisierungseffekte des Computerprogramms" lasse sich eine echte überindividuelle Vergleichsgrundlage innerhalb bestimmter Lernerpopulationen erstellen. Ähnliches gelte für das Hypothesentesten. Die wesentlichen Vorteile des Einsatzes von Computerprogrammen in der Lernersprachenforschung sehen Legenhausen & Wolff des weiteren in der Fähigkeit, Daten während der „Elizitierung für die Auswertung sogleich aufzuzeichnen und zu speichern" und das „Format für komplexere kognitive Aufgaben zu definieren". Computerbasierte Konkordanzprogramme, welche Texte gemäß den Fragestellungen von Lernern strukturierend darstellen, liefern die Grundlage zu weiteren

Analyseverfahren. Sie erlauben Einblicke in die mentalen Prozesse, welche bei der Verarbeitung von Lernersprache eine Rolle spielen. Dies beantwortet Fragen wie: „Welche Hypothesen bilden die Lernenden bei der Durchsicht der Beispiele? Wie werden Texte mental organisiert und strukturiert verarbeitet? In welcher Form werden Strategien des Inferierens und Elaborierens eingesetzt und aus einer Verknüpfung von Informationen aus den Einzelkontexten mit den Kontexten weiterer Anwendungsbeispiele Schlüsse gezogen bzw. neues Wissen konstruiert? Wie und in welcher Form wird vorhandenes Wissen abgerufen und in Interaktion mit neuem Wissen reorganisiert und zu neuen Erkenntnissen verarbeitet?“ (Rüschoff 1995: 564).

4.2 Teach- und Learnware in der Praxis?

Die lernerbezogene Verhaltensforschung gibt nur sporadisch Auskunft darüber, wie und mit welchem Erfolg Sekundarschüler oder Erwachsene Lernsoftware selbständig nutzen. Beurteilt man die Situation allein auf der Grundlage des Warenangebotes, so gelangt man noch (sic) zu dem Eindruck, daß vor allem Vokabel- und Grammatiktutorien im Gebrauch sind (spezielle Studien zu einzelnen Programmen bleiben ungenannt, da sie sich zumeist auf eine inzwischen überholte Softwaregeneration beziehen; eine Beschreibung liefert z.B. Kleinschroth 1993: 61ff.). Allerdings gewinnt inzwischen multimediale und interaktive Teachware zusehends Raum. Eine weitgehend offene Frage ist, wie die Lehrenden von Fremdsprachen das Lernen mit dem Computer beurteilen. Eine der wenigen einschlägigen empirischen Untersuchungen rät zur Skepsis (Bünnagel & Zimmers 1995). Dennoch werden zweifellos die Möglichkeiten der EDV im schulischen Unterricht genutzt, worauf in der Vergangenheit schon das Interesse von Lehrenden an ‘Autoren-’ (Multhaup 1988, Rüschoff 1989) und Tutorensystemen (Swartz & Yazdani 1992; Kleinschroth 1993) sowie an der Telematik hindeutete. Auf wohl keinem allgemein fachdidaktischen Kongreß fehlt heutzutage das Thema ‘Lernen mit dem Computer’.

4.3 Grundlagen zur Beurteilung von Lernprogrammen (Anwendungen)

Im folgenden möchte ich zu einer der grundlegenden Unterscheidungen der Sprachlehrforschung kommen. Sie läßt ermessen, aufgrund welcher Kriterien Lehr- oder Lernsoftware für das Erlernen fremder Sprachen aus didaktischer Sicht einzuschätzen ist und welche lernpsychologischen und psycholinguistischen Vorteile sich mit einer entsprechend gestalteten Software verbinden (können).

Es handelt sich um die Dichotomie von 'Lernen' und 'Erwerben'. Unter Lernen versteht die Fremdsprachendidaktik den gesteuerten, unter Erwerben den ungesteuerten, 'natürlichen' Spracherwerb: „As far as we know, the development of human mental capacity is largely determined by our inner biological nature. Now in the case of a natural capacity like language, it just happens, the way you learn to walk. In other words, language is not really something you learn. Acquisition of language is something that happens to you; it's not something that you do, it's something that you do because you see other people doing it; you are designed to do it at a certain time“, so Noam Chomsky (1988: 173 f.). Der natürliche Spracherwerb ist durch folgende, für unseren Zusammenhang wichtige Merkmale gekennzeichnet:

- Vorhandensein einer breiten sozialen Unterstützung beim Aufbau der Sprachkompetenz. Chomsky (1975) spricht in diesem Zusammenhang von einem *Language Acquisition Support System.* Ein Kind lernt auf 'natürlichem' Wege daher immer nur seine Umgebungssprache(n), d.h. die der Eltern, der Nachbarn, der Spielkameraden usw. An die Erfahrung unzähliger Sprechsituationen gebunden sind Eindrucksvielfalt und Eindruckstiefe.
- Unter *Eindrucksvielfalt* fasse ich jene Faktoren zusammen, die sich mit den Erfahrungen aus konkreten Sprechsituationen verbinden. Sie fließen in die prozedurale Regelkompetenz ein, über die jeder kompetente Sprecher verfügt. Neben dem Können von Sprache besitzt er immer auch Wissen über Sprache: Er weiß, welches Wort, welche Wendung – wer – wie – wann – wo – wozu – zu wem – sagen kann, ohne das soziale Konventionssystem

zu sprengen. Ebenso besitzt er ein deklaratives Wissen davon, was in seiner Sprachgemeinschaft als grammatikalisch akzeptabel oder 'falsch' gilt, ohne dies in einer 'Sprachregelsystematik' stringent begründen zu können. Die Grundlage hierzu liefert ein beachtliches Repertoire an abrufbaren Sprachbeispielen. Mit Eindrucksvielfalt korrelieren Registervarietäten: Dialekte, gruppensprachliche Merkmale und Sprachstile überhaupt. So entsteht das Wissen um die unzähligen Sprachtöne, die die soziale Musik machen...

- *Eindruckstiefe* nenne ich als wichtiges Element des natürlichen Spracherwerbs. Die ganzheitliche Spracherfahrung betont zugleich die Relevanz des Einbezugs aller Sinne zur Aufnahme des sprachlichen Inputs und zu seiner weiteren mentalen Verarbeitung: Hören – Sehen – Riechen/Schmecken – Fühlen. Welchem Eingangskanal welche Bedeutung zukommt, ist nicht generell beantwortbar. Die Literatur betont neben individuellen Unterscheidungen – dem auditiven, optischen, haptischen, diskursiven Lernertyp (Vester 1982) – lerngruppenspezifische Erfahrungen (Rickheit 1995). Gesichert ist, daß das Zusammenwirken der über die verschiedenen Eingangskanäle redundant verarbeiteten Information die Festigung der sprachlichen Transportmittel im mentalen Lexikon begünstigt. Dies erklärt das Interesse der Fremdsprachendidaktik an multimedialer *teachware* (Zimmer 1984: 66). Die neue Lehr- und Lerntechnologie erlaubt die begrenzte Simulation von Sprechsituationen, d.h. die Präsentation von Fremdsprache in ihrer situativen Einbettung in Verbindung mit einer Vielzahl erwerbsstützender Funktionen, etwa zu den Bereichen des Hörenden Verstehens, der Ausspracheschulung, des Memorisierens, des Wiederholens usf. Kein Medium könnte so wie der Computer durch die tendenzielle Bereitstellung eines simulativ-sozialen *Language Acquisition Support System* einen Mangel kompensieren, an dem der institutionalisierte schulische Fremdsprachenunterricht seit seinen Anfängen leidet.
- *Ganzheitlichkeit des Spracheindrucks* sei als ein viertes Charakteristikum genannt, das beim natürlichen Spracherwerb ei-

> ne Rolle spielt, denn Sprache begegnet – vor allem außerhalb des Unterrichts – niemals atomistisch, etwa als isoliertes Lexem oder Morphem. Statt dessen ist jedes Element als Teil einer geordneten Spracharchitektur in eine Sprechsituation eingebettet. Wer den Aufbau individueller Sprachkompetenz nachzeichnet – gemeint ist immer die Sprachverwendungs-, nicht Sprachbeschreibungskompetenz – stellt fest, daß sich Sprache zunächst zwischen den Polen von *ich* und *du* – mit Karl Bühler (1934) gesagt – als *Symptom* und *Appell* bildet. Die Mitteilungsdimension von alltäglicher Sprache transportiert Erfahrungskategorien – Zustimmung, Ablehnung, Befriedigung, Zurückweisung, Mitteilung und Austausch von Gefühlen und Stellungnahmen zu einem Sachverhalt usw. –, die das Individuum ganzheitlich wahrnimmt und integrativ mental verarbeitet. Die Sprachdaten und metasprachlichen Daten machen sich holistisch an einer Vielzahl von formalen phonetischen, graphischen, lexikalischen, syntaktischen, semantischen und situativ-kontiguitiven Merkmalen im Gedächtnis fest (Zimmer 1984: 66).

Eine fremde Sprache lehren/lernen ist, vor allem wenn der Unterricht wie in der Vergangenheit buchorientiert und in großen Lernergruppen abläuft, mit folgenden Merkmalen verbunden:

- mit dem Vorhandensein eines didaktisch konstruierten Sprachcurriculums, das dem Lerner ein (möglichst aufgrund seiner Lerninteressen ausgewähltes und) pädagogisch aufbereitetes Segment der Zielsprache zur Verfügung gibt. Eine Sprache ist ja *in toto* noch weniger lehrbar/lernbar als sie beschreibbar (lexiko- oder grammatikographierbar) ist. Gegenüber dem natürlichen Spracherwerb ist die *Eindrucksbreite* sprachlicher Vorlagen zum Aufbau zielsprachlicher Kompetenz im traditionellen Unterricht stark reduziert.
- mit einer 'Lernsituation', die sich wesentlich von der Erwerbssituation dadurch unterscheidet, daß Unterricht als ein Wirklichkeitsbereich eigener Art entweder eine zielkulturelle Sprechsituation simuliert(e) oder aber – vorwiegend zu Übungszwecken – Zielsprache außerhalb einer echten Mitteilungsperspektive aktiviert(e). In beiden Fällen dominiert ein Sprach-

erwerbsinteresse die Aktivität bzw. Interaktivität von Lehrern und/oder Lernern; Inhalts- bzw. Mitteilungsfragen sind dem nachgeordnet. Ein demotivierender Verlust von Eindruckstiefe ist die Folge. Die Schulfremdsprachen wurden so als zu erlernende sprachliche Fremdcodes ohne tatsächliche soziale Relevanz erfahren. Hiermit verband sich – außerhalb interkultureller Sprech-, Erfahrungs- und Lernsituationen – ein Manko an funktionaler Authentizität und damit an pragmatisch-linguistischem und extraverbalem Wissen. Man lernt(e) die 'Grundbedeutungen' und die Graphie einer Formel, wußte jedoch wenig über ihre kulturspezifische Verwendungskonvention entsprechend der Frage: Wer sagt was, wie, warum und wozu, zu wem, mit welchem Effekt?
- mit der Betonung analytisch-deduktionistischen Regellernens und -anwendens, d.h. von *top down-Prozessen*, in Verbindung mit dem schon erwähnten Mangel an sensitiv-ganzheitlicher Zielspracherfahrung.

Fazit: Dem traditionell buchgebundenen Fremdsprachenunterricht an größere Lerngruppen mit der hieraus folgenden Asymmetrie von Redeanteilen zwischen Schülern und Lehrer fehlt es an sprachlich authentischer oder para-authentischer Situativität bzw. an sprachlicher Eindrucksvielfalt. Mit dem Stichwort der simulierbaren Situativität und der instrumentellen Lernkompetenz ist das Multimedium Computer angesprochen, das Zielsprache in Ausschnitten audiovisuell und ganzheitlich erfahrbar und Sprache in neuer Weise analysierbar und darstellbar macht.

Im folgenden seien zwei multimediale Beispiele für fortgeschrittene Lern- oder Lehrsoftware vorgestellt (zu weiteren: Kleinschroth 1993: 174 ff., zu interaktiver Lernsoftware: Compte 1988).

Beispiel 1: 'Lernergesteuerter Spracherwerb im Vorschulbereich'.

> Rachel Cohen, eine Pariser Hochschullehrerin, erforscht u.a. den Spracherwerb von Immigrantenkindern, deren Mutter- oder Ausgangssprachen in Europa einen unsicheren sozialen Status aufweisen (Woloff, Quechua usw.) und deren Eltern des Französischen nur eingeschränkt mächtig sind, so daß sie es in der Familie nicht sprechen. Die Vier- oder Fünfjährigen 'lernen' Französisch, ohne

auf die Kenntnis einer anderen Sprache und einen nennenswerten natürlichen *language acquisition support* zurückgreifen zu können. Im Unterricht hilft neben einer französischen Lehrperson und der Gruppe der Computer, und zwar auf folgende Weise: Der Bildschirm zeigt Ikonen mit dem linguistischen Status von Oberbegriffen, bei deren Berührung sich eine Palette von ebenfalls bildlich symbolisierten Unterbegriffen entfaltet, etwa zu *Bewegen* > *laufen, gehen, springen, fahren* usw. oder *Gegenstand* > *Haus, Scheune, Geschäft, Auto, Stadt* usw. Sie bieten dem kindlichen Lerner Bausteine, mit deren Hilfe er zunächst auf lexikalischer Ebene seine eigene Geschichte erfinden kann, die zur materialen Grundlage des Spracherwerbs wird. Die Software fügt die lexikalischen Grundelemente gemäß des morphologischen und syntaktischen Regelsystems des Französischen zusammen, so daß auf dem Bildschirm unter der Ikonenanimation ihre graphische Versprachlichung erscheint. Die auf diese Weise konstruierte Geschichte wird (von einer frankophonen Person) vokalisiert und als integrierte Bild-, Text- und Tondatei zu weiteren Verwendungen abgespeichert. Der Computer soll und darf weder die Lehrperson ersetzen noch die soziale Interaktion von Lernergruppen unterbinden. Deshalb erzählen sich die Kinder (unter Anleitung der Lehrerin) ihre selbst erfundenen Geschichten in der Zielsprache und fügen sie zu neuen Geschichten zusammen. Der Computer fungiert hier als wichtiger Lehr- und Lernpartner, der die Interaktivität und Kreativität von Lernergruppen fördert. – Die lernpsychologischen, psycholinguistischen und lernorganisatorischen Vorteile solchen computergestützten Lernens liegen auf der Hand: Lernerzentrierung, Kreativität, Autonomie, Komposition einer sprachlichen Oberfläche auf der Grundlage eigener Versprachlichungsstimuli, Wiederholbarkeit, Variierbarkeit, Kontrollierbarkeit, Herstellung von Sprachvorlagen zum Vergleich eigener zielsprachenbezogener Artikulationshypothesen, Multimedialität und Aktivierung unterschiedlicher Eingangskanäle, Eindrucksintensität und dank der anschließenden Vergleichsphase Inputbreite bzw. Eindrucksvielfalt und anderes mehr. – Die Einsetzbarkeit dieser Software ist (vorerst) auf den kindlichen Fremdsprachenerwerb beschränkt.

Beispiel 2: Deutsch als Fremdsprache: ‘Spaziergang durch Köln’:

Die Pariser Sprachmesse *Expolangues* des Jahres 1995 stellte u.a. folgende Lernsoftware vor: Auf dem Kölner Domplatz stellt ein französischer Tourist deutschsprachigen Passanten in deutscher

> Sprache vom Bediener des Programms gesteuert ‘touristenspezifische Fragen’ (Weg zum Neumarkt, zur Bank, nach Sehenswürdigkeiten fragen usw.). Die Fragen werden vom Bediener des Programms ausgewählt oder selbständig formuliert. Das Programm verlangt eine schriftliche und grammatisch korrekte Spracheingabe. Nur bei Erfüllung dieser Kriterien vozifiert es die Fragen, um sie bestimmten fiktiven Personen zu stellen, welche individuell unterschiedlich die Beantwortung übernehmen. Mit den Antworten von deutschsprachigen Männern, Frauen, Dialektsprechern, Auswärtigen und typischen nicht-deutschen Akzentträgern erhält der Lerner eine (begrenzte) Vielzahl von deutschen Sprachmustern in ihren phonetischen und graphischen Oberflächen sowie in ihren sprechsituativen Einbindungen. Insgesamt ist der so vermittelte Input breiter, als ihn z.B. ein Sprachlehrer oder gar eine papierne Sprachlektion bieten könnten. Zum Vorteil des Lernenden wird Sprache hier nicht atomisiert, sondern holistisch im Sinne von Eindrucksvielfalt und -tiefe dargestellt und interaktiv vermittelt.

Die Entwicklungstendenz verläuft absehbar zu einer strukturiert-interaktiven Lernsoftware. Ihre Qualität ist daran zu bemessen, ob und wie sehr sie virtuell-authentische Situativität darstellt und die Motivation der Lerner fördert, die Zielsprache verstehen und artikulieren zu wollen. Wichtige Faktoren hierzu sind die Fähigkeit der Sprachein- und -ausgabe, aber letztlich auch die der lernseitigen Eigenkontrolle seiner zielsprachlichen Produktion. In jedem Fall hat solches CALL eine gänzlich andere Qualität als einfache Drill- und Übungsanwendungen, ohne die auch der moderne Fremdsprachenunterricht nicht auskommt.

Computer dienen nicht nur als mediale Sprachpartner, sie ermöglichen auch das Begegnungslernen mit nativen Sprechern im interkulturellen Tandem (vgl. Wolff & Zimmermann 1992). Solches Lernen beruht auf symmetrischen Lernerinteressen, welche Menschen paarig entgegengeordneter Mutter- und Zielsprachen zum Zwecke des sprachlichen *do ut des* zusammenführt. Tandemlernen organisiert in nennenswertem Umfang den sozialen *language acquisition support.* Dem kompetenten nativen Sprachpartner kann man all die Sprach- und Kulturfragen stellen, die man sich selbst auch mit Unterstützung verfügbarer Medien (Wörterbüchern, Grammatiken, landeswissenschaftlichen Nachschlagewerken usw.) nicht beantworten kann. Tandemlernen erlaubt des weiteren das Üben unter der Kontrolle eines kompetenten Sprachpartners. Zudem besitzt die interpersonale Lernbeziehung motivatorische Bezüge ganz eigener Art, die für den Erwerb fremder Sprachen genutzt werden können. Freilich setzt das Tandemlernen immer voraus, daß die Partner in gewissem Umfang Erklärungskompetenz bezüglich ihrer eigenen Sprache und Kultur aufweisen und daß sie ihre zielsprachlichen und -kulturellen Fragen sinnvoll stellen können. Wie alle Formen des Selbstlernens verlangt auch das Tandem ein gewisses Maß didaktischer Kompetenz.

So nutzt E-Mail neue Möglichkeiten des Lehrens und Lernens (für die Schule: Finster & Prankel 1994; Austin & Mendlik 1994), welche derzeit das Sprachlehrzentrum der Ruhr-Universität Bochum den Studierenden anbietet. Absehbar wird Video-Conferencing eine Zukunft im Zusammenhang von Fremdsprachenlernen in der Europäischen Union beanspruchen dürfen. Elektronische Post löst die überkommenen Grenzen des Klassenzimmers auf (Legutke 1996).

4.4 Von CALL zu TELL

Wer eine Unterrichtstechnologie beurteilen will, tut dies – implizit oder explizit – unter Rückgriff auf einen so oder so gearteten Begriff von Lehren und/oder Lernen. Im Zusammenhang mit dem Einsatz von *technology enhanced language learning* (TELL) formuliert Rüschoff (1995: 560): „Eine prozeßorientierte Didaktik geht davon aus, daß Aktivitäten und Aufgabenstellungen im Sprachunterricht an die natürlichen Spracherwerbsprozesse anknüpfen und diese fördern sollten.“ In der Tat geschieht Lernen nach heute verbreiteter Auffassung konstruktivistisch in Phasen des Zusammenschaltens von vorbekanntem und neuem Wissen und der Entstehung neuer Inhaltsstrukturen. Der Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten ist, worauf Prozeßanalysen hindeuten, an praktisches Handeln gebunden. Lernsoftware und solche, welche zum Lernen Verwendung findet, muß daher prozeßorientiert fungieren, z.B. indem sie bewußtheitsbildend wirkt; und zwar auf ganz verschiedenen Ebenen, sprachbezogen: phonetisch, lexikalisch, grammatikalisch; instrumental bezüglich der Hilfsmittel (Grammatik- oder Wörterbuchbenutzungskompetenz) und in bezug auf Lerntechniken und -strategien (Rampillon 1990).

Linguistisch entscheidend für die Beurteilung von komplexen Medien ist das Ingangsetzen einer intensiven mehrperspektivischen, mehrkanaligen und interlingual vergleichenden mentalen Verarbeitung des Inputs mit rezeptiven und produktiven Anteilen. Dies verläuft in produktiver Richtung über die Stadien: Mitteilungsmotiv, (Wahl der Sprache, der Stilebene usw. in einer konkreten Sprechsituation), Konzeptualisierung und (selektive) Lexikalisierung, Formierung im Sinne des jeweiligen morphologisch-syntaktischen Regelsystems, phonetische oder graphische Artikulation (Ellis 1994: 130 ff.). Simples repetitives Üben mit der Möglichkeit der computerseitigen Verbesserung genügt aus vielerlei Gründen nicht dem Anspruch, den die Didaktik an Lernprogramme stellen muß. Dagegen stellt Lernsoftware Künstlicher Intelligenz mit der Möglichkeit des *parsing* bzw. der automatischen Analyse und Korrektur auf Satzebene „im Kontext des traditionellen Übungsgeschehens einen beträchtlichen Fortschritt“ dar (Wolff, D. 1995: 122).

Mylène Garrigues (1995) sieht die Vorteile von Konkordanzprogrammen für den Fremdsprachenunterricht vor allem auf zwei Gebieten: Visualisierung von sprachlichen Phänomen, Herstellung von Übungsdatenbanken und pädagogischen Materialien, welche auf die jeweilige spezifische Lernersprache, auf individuelle Fragen zur Zielsprache, zuschneidbar sind. Édmond Chachaty (1995) beschreibt, daß Hypertextverfahren, die ein begriffsorientiertes Navigieren in großen Textdatenbanken entlang assoziativer Netze erlauben, nicht nur die Textarbeit im Fremdsprachenunterricht verändern, sondern auch zu neuen Formen des Lesens führen werden. Die didaktische Dimension dieser Aussage wird hier nur angedeutet.

Im Zusammenhang mit Hypertext-, Konkordanznutzung und Internet darf der gesamte elektronische Materialdienst, vom elektronischen Gebrauchswörterbuch bis hin zu zielsprachlichen Zeitungen auf CD-ROM einen festen Platz im Fremdsprachenunterricht beanspruchen. – Die fremdsprachendidaktische Literatur betont durchgängig die Relevanz von ‘Lernkompetenz’, d.i. die Fähigkeit des Lerners, Lernstrategien und/oder Lerntechniken, auch Hilfsmittel, optimal nutzen zu können. Der Computer „kann (...) dem ‘konstruktivistisch’ Lernenden als Werkzeug bei der ‘Erforschung’ der zu lernenden Sprache(n) dienen, und ihm jene anregungsreiche ‘Lernumgebung (*rich learning environment*)’ bereitstellen, die er ‘für erfolgreiches Sprachlernen braucht’“ (Wolff 1995: 123).

Literaturhinweise

Ansel, Bettina & Andreas H. Jucker.
1992 Learning linguistics with computers: Hypertext as a key to linguistic networks. *Literary & Linguistic Computing* 7.2, 124–131.

Austin, Roger & Florian Mendlik.
1994 Electronic mail in modern language development. *Neusprachliche Mitteilungen* 47, 254–258.

Bauer, Roland.
1993 Ein Sprach-Atlas beim Wort genommen: ALD I, der ‘Sprechende’. In: Otto Winkelmann (ed.): *Stand und Perspektiven der romanischen Sprachgeographie*, Wilhelmsfeld: Egert, 283–306.

Berg, Donna Lee.
1993 *A Guide to the Oxford English Dictionary. The Essential Companion and User's Guide.* Oxford: Oxford University Press.

Bühler, Karl.
1934 *Sprachtheorie. Die Darstellungsfunktion der Sprache.* Mit einem Geleitwort von Friedrich Kainz. Stuttgart/New York: UTB 1982.

Bünnagel, Werner.
1993 *Fehlerlinguistik und computergestützte Fremdsprachenerwerbsforschung. Ein Beitrag zur Genuskompetenz im Spanischen.* Frankfurt a.M.: Peter Lang.

Bünnagel, Werner & Martin Zimmers.
1995 Computerunterstütztes Fremdsprachenlernen: Lehrereinstellungen. *französisch heute*, 259–271.

Burkhardt, Livia & Angelika Poetz.
1989 *CELSIT. Dokumentation eines angewandt-linguistischen Computergramms zur Analyse französischer Texte.* (Saarbrücker Schriften zur Angewandten Linguistik und Sprachlehrforschung). Saarbrücken: Druckerei der Universität des Saarlandes.

Butler, Christopher S. (Hrsg.).
1992 *Computers and Written Texts.* Oxford: Blackwell.

Chachaty, Édmond.
1995 Utiliser un hypertexte dans l'apprentissage d'une langue. *Le français dans le monde* 276, 55–57.

Chomsky, Noam.
1975 *Reflections on Language.* New York: Pantheon Books.
1988 *Language and Problems of Knowledge.* Cambridge/Mass.: The Managua Lectures (MIT Press).

Christ, Herbert.
1990 *Der Fremdsprachenlehrer in der Weiterbildung.* Tübingen: Narr.

Compte, Carmen.
1989 Un écran à qui parler. In: Garrigues, 181–189.

Ellis, Rod.
1994 *The Study of Second Language Acquisition.* Oxford: University Press.

Finster, Gerhard & Dieter Prankel.
1994 Datenfernübertragung im Englischunterricht der Oberstufe. Mehr als eine Spielerei? *Neusprachliche Mitteilungen* 47, 249–253.

Fries, Udo, Gunnel Tottie & Peter Schneider (eds.).
1994 *Creating and Using English Language Corpora. Papers from the Fourteenth International Conference on English Language Research on Computerized Corpora, Zürich 1993.* Amsterdam: Rodopi.

Garrigues, Mylène.
1989 *Nouvelles technologies et apprentissage des langues.* (coord.). Paris: Hachette.
1995 Concordances automatiques pour exercices authentiques. *Le français dans le monde* 274, 64–68.

Händler, Harald, Lutz Hummel & Wolfgang Putschke.
1989 Computergestützte Dialektologie. In: István S. Bátori, Winfried Lenders & Wolfgang Putschke (eds.): *Computerlinguistik. Ein internationales Handbuch zur computergestützten Sprachforschung und ihren Anwendungen*, Berlin/New York: de Gruyter, 553–576.

Jucker, Andreas H.
1994 New dimensions in vocabulary studies. Review article of the Oxford English Dictionary (2nd edition) on CD-ROM. *Literary and Linguistic Computing* 9.2, 149–154.

Jung, Udo O.H.
1988 *An International Bibliography of Computer Assisted Language Learning with Annotations in German.* Bern/Frankfurt: Lang.
1991 *Computers in Applied Linguistics and Language Teaching. A CALL Handbook.* Frankfurt a.M.
1992 Technology and Language Education in the 21^{st} Century. *AILA-Review*, 21–38.

Kleinschroth, Robert.
1993 *Sprachen lernen mit dem Computer. Elektronische Lernpartner und wie man sie benutzt.* Reinbeck.

Krüger-Thielmann, Karin.
1992 *Wissensbasierte Sprachlernsysteme: Neue Möglichkeiten für den computergestützten Sprachunterricht.* Tübingen: Narr.

Legenhausen, Lienhard & Dieter Wolff.
1987 *Computer Assisted Language Learning (CALL) and Innovative EFL Methodology.* (Augsburger I & I-Schriften 38). Augsburg.
1990 Datenerhebung in der Zweitsprachenforschung: Der Computer als Hilfsmittel. *Die Neueren Sprachen* 89, 453–464.

Legutke, Michael K.
1996 Redesigning the language classroom. In: Herbert Christ & Michael K. Legutke (eds.): *Fremde Texte verstehen. Lothar Bredella zum 60.* Tübingen: Narr, 1–14.

Malandain, Jean-Louis.
1991 Informatique et autonomie de l'apprentissage. *Les cahiers de l'ASDIFLE: Les auto-apprentissages*, 4–8.
1995 Les nouveaux médias numériques. *Le français dans le monde* 273, 59–62.

Meißner, Franz-Joseph.
1987 Der französische Sprechwortschatz nach lexikodidaktischen Gebrauchsklassen. *Die Neueren Sprachen* 86, 554–568.
1990 Vokabelverwaltung mit dem Computer: Zur Operationalisierung der Wortschatzarbeit mit fortgeschrittenen Französischlernern. *französisch heute*, 342–356.
1992 *Langenscheidts Wörterbuch der Umgangssprache Französisch* (unter Mitarbeit von Claude Meissner, Jean-Paul Legrand & Roger Lenoir). Berlin/München (21994).
1993a Texterstellung mit einem Orthographie- und Grammatikprüfer und einem elektronischen Wörterbuch aus didaktischer Sicht. *französisch heute*, 315–318.
1993b Zukunftsmusik? – Überlegungen zu einem elektronischen Lernerwörterbuch mit französischen, spanischen und italienischen Beispielen. *fremdsprachenunterricht* 1/1993, 43–46 und 2/1993, 104–106.

1995a Offenheit und Individualisierung bei der Selektion und Vermittlung von Wortschatz. In: K-R. Bausch, H. Christ, F.G. Königs & H-J. Krumm: *Erwerb und Vermittlung von Wortschatz im Fremdsprachenunterricht. Arbeitspapiere der 15. Frühjahrskonferenz zur Erforschung des Fremdsprachenunterrichts.* (Giessener Beiträge zur Fremdsprachendidaktik), Tübingen: Narr, 134–142.

1995b Sprachliche Varietäten im Französischunterricht. *Der fremdsprachliche Unterricht / Französisch* 18, 4–8.

1996a Palabras similares y palabras semejantes en español y en otras lenguas y la didáctica del plurilingüismo. In: Segoviano, Carlos (ed.): *La enseñanza del léxico español como lengua extranjera. Homenaje a Anton e Inge Bemmerlein*, Frankfurt: Vervuert, 70–72.

1997 *Répertoire analytico-didactique du français parlé essentiel sur CD-ROM* (Giessener Beiträge zur Fremdsprachendidaktik) (en collaboration avec Jean-Paul Legrand). Tübingen: Narr (erscheint).

Mindt, Dieter (Hrsg.).

1988 *EDV in der Angewandten Linguistik: Ziele – Methoden – Ergebnisse.* (Schule und Forschung). Frankfurt a.M.: Diesterweg.

1992 Der Computer als Werkzeug in der Sprachforschung. Vortrag in Herrigs Gelehrter Gesellschaft Berlin, MS.

Mindt, Dieter & Felicitas Tesch.

1991 Computergestützte Forschungen zu einer didaktischen Grammatik des Englischen. In: Ekkehard Zöfgen: *Grammatik und Grammatiklernen* (*Fremdsprachen Lehren und Lernen* 20), Bad Honnef: Keimer, 39–51.

Multhaup, Uwe.

1988 Wie nützlich sind Autorensysteme? Einsatzmöglichkeiten des Computers im Fremdsprachenunterricht. *Praxis des neusprachlichen Unterrichts* 36, 122–129.

Raasch, Albert, Livia Burckhardt & Christian Sick.
1989 *Fremdsprachen für Erwachsene – Bibliographische Hinweise. Langues étrangères pour adultes – Références bibliographiques* (Saarbrücker Schriften zur Angewandten Linguistik und Sprachlehrforschung), Saarbrücken: Druckerei der Universität des Saarlandes, 2 Bde.

Rampillon, Ute.
1990 *Lerntechniken im Fremdsprachenunterricht.* München: Hueber.

Rickheit, Gerhart.
1995 Verstehen und Verständlichkeit von Sprache. In: Spillner, 15–30.

Rüschoff, Uwe.
1989a Intelligente Autorensysteme für den Fremdsprachenunterricht. In: Albert Raasch, Herbert Krüger & Harald Preuss: *Fremdsprachenunterricht zwischen Bildungsanspruch und praktischem Tun* (SALUS 3), Saarbrücken: SALUS, 284–299.
1989b Selbständiges Lernen mit dem Computer am Beispiel interaktiver audiovisueller CALL Materialien. *Die Neueren Sprachen* 88, 50–60.
1990 *Fremdsprachenunterricht mit computergestützten Materialien.* München: Hueber.
1995 Technologiegestützte Lernsysteme und Datenbanken und Untersuchungen zu Spracherwerbs- und -verstehensstrategien. *Die Neueren Sprachen* 94, 555–569.

Spillner, Bernd (Hrsg.).
1988 *Angewandte Linguistik und Computer. Kongreßbeiträge der 18. Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Linguistik.* GAL e.V.
1995 *Sprache: Verstehen und Verständlichkeit. Kongreßbeiträge zur 25. Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Linguistik.* Frankfurt a.M.: Lang.

Stenzel, Barbara (Hrsg.).
1985 *Computergestützter Fremdsprachenunterricht. Ein Handbuch.* München: Langenscheidt.

Swartz, M. & M. Yazdani.
1992 *Intelligent Tutoring Systems for Foreign Language Learning.* New York: Springer.

Tribble, Chris.
1990 Computers, Corpora, Language Teaching: A practical introduction into the use of concordancing in language teaching and learning. *Die Neueren Sprachen* 89, 465–475.

Vester, Frederic.
1982 *Denken, Lernen, Vergessen.* München: dtv 9. Aufl.

Vogel, Klaus.
1990 *Lernersprache. Linguistische und psycholinguistische Grundlagen zu ihrer Erforschung.* Tübingen: Narr.

Wolff, Dieter.
1985 Der Micro-Computer im Fremdsprachenunterricht. *Die Neueren Sprachen* 85, 134–149.
1988 (Hrsg.) *Neuere Technologien und Fremdsprachenunterricht (II). Die Neueren Sprachen* 1/88. (Themenheft).
1995 Rezension zu: K. Krüger-Thielmann (1992): *Wissensbasierte Sprachlernsysteme: Neue Möglichkeiten für den computergestützten Sprachunterricht... Zielsprache Französisch* 26, 121–123.

Wolff, Jürgen & Petra Zimmermann (eds.).
1992 *Sprachenlernen und soziale Wirklichkeit. Hizkuntz ikasketa eta bere eragina gizartean. Aprendizaje de idiomas y su incidencia social. 4 Jornadas Internatiocionales TANDEM 1992.* Donostia: Editorial TANDEM.

Zimmer, Hubert D.
1984 Kognitionspsychologische Aspekte des Fremdsprachenerwerbs oder die visuelle und verbale Komponente der Wortbedeutung im Fremdsprachenerwerb. In: Wolfgang Bufe, Ingo Deichsel & Uwe Dethloff: *Fernsehen und Fremdsprachenlernen. Untersuchungen zur audiovisuellen Informationsverarbeitung. Theorien und didaktische Auswirkungen*, Tübingen: Narr, 49–66.

Aktivitäten zur Informationstechnik im Bereich der Angewandten Physik

Christoph Heiden

Institut für Angewandte Physik
Heinrich-Buff-Ring 16, D-35392 Gießen

(Kurzdarstellung der Informatik in unserem Institut)

Rastersondenmikroskopie (Dr. T. Göddenhenrich)	Auswertung von Rastersondenmeßdaten mittels digitaler Bildverarbeitung: • Bildfilter, FFT, Korrelation • Bestimmung der Oberflächenrauhigkeit • Klustergrößenbestimmung
SQUID-Sensorik (Dr. habil. M. Mück) Gassensorik (Prof. Dr. D. Kohl)	Wirbelstromverfahren zur zerstörungsfreien Materialprüfung: • Finite-Elemente-Methode • Neuronale Netze • FFT Modellierung der Dynamik von Gassensoren: • Neuronale Netzen • μ-Controller
μ-Controller Ausbildung (Dr. T. Göddenhenrich)	Ausbildung von Studenten: • μ-Controller • Meß- und Regelungsaufgaben im Bereich *Sensorik und Aktuatorik*

Adresse:

Justus-Liebig-Universität
Institut für Angewandte Physik
Heinrich-Buff-Ring 16
D-35392 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-33410
Fax: (+49) 641/99-33419
www: `http://www.uni-giessen.de/~gdk7/nhome.html`
email: `Christoph.Heiden@ap.physik.uni-giessen.de`

Ausbildung am μ-Controller Meßplatz

Thomas Göddenhenrich
Institut für Angewandte Physik
Heinrich-Buff-Ring 16, D-35392 Gießen

Der Trend zum Einsatz von μ-Controllern als kostengünstige Alternative zum Personal-Computer im Bereich kleinerer bis mittlerer meß- und regelungstechnischer Aufgaben ist unverkennbar. Neben dem industriellen Einsatz wird zunehmend auch im Forschungsbereich die μ-Controllertechnik eingesetzt. Als Beispiel aus unserem Institut sei hier nur die Verwendung im Bereich der Signalverarbeitung für Gassensoren genannt (s. Vortrag Bläser).

Die Ausbildung am μ-Controller Meßplatz im Rahmen der technischen Informatik hat deshalb zum Ziel, dem Studenten eine umfassende Kenntnis über die Funktionsweise, den Aufbau und die effiziente Programmierung eines μ-Controllers zu vermitteln. Die Lerninhalte betreffen deshalb die Hardware des μ-Controller (Timer, Interruptsystem, A/D-Wandler, etc.), die Programmierung mittels Assembler und Hochsprache sowie das Zusammenspiel zwischen μ-Controller, Sensor- und Aktuatoreinheit. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten und Grenzen im Einsatz von μ-Controllern aufgezeigt.

Für das Praktikum stehen mehrere moderne Entwicklungssysteme zur Verfügung. Sie bestehen aus je einem Entwicklungsboard und einem Personal-Computer als Plattform für die Entwicklungssoftware.

Begleitend zum Praktikum wird eine einstündige Vorlesung und pro Praktikumsversuch eine Vorbesprechung angeboten.

Modellierung der Dynamik von Gassensoren mit neuronalen Netzen

Günter Bläser

Institut für Angewandte Physik
Heinrich-Buff-Ring 16, D-35392 Gießen

Ziel der Forschungen in dieser Arbeitsgruppe ist das Verständnis physikalischer und chemischer Prozesse auf gassensitiven Schichten zu deren Optimierung für spezielle Gassensor-Anwendungen sowie die Entwicklung angepaßter Signalverarbeitungsverfahren für die Gassensorik. Sie pflegt dabei einen intensiven Kontakt mit der Industrie über Auftragsforschung und gemeinsame Forschungsprojekte.

Die meisten Gassensoren reagieren nicht selektiv auf ein bestimmtes Zielgas, sondern weisen zusätzlich sogenannte Querempfindlichkeiten zu weiteren Gasen auf, welche die Messungen verfälschen können. Aus diesem Grund werden oft Multisensor-Arrays diskutiert, bei denen verschiedene Sensortypen mit unterschiedlichen Querempfindlichkeiten zusammengefaßt und die Sensorsignale geeignet miteinander verrechnet werden. Dies kann über nichtlineare Gleichungssysteme, lookup-Tabellen oder neuronale Netze geschehen.

Bei langsamen Wechseln in den Gaskonzentrationen befinden sich die Sensoren nahe einem Gleichgewichtszustand mit ihrer Umgebung. Ihre Signale lassen sich dann direkt in die aktuellen Konzentrationen der anwesenden Gase umrechnen. Bei schnellen Konzentrationswechseln ist jedoch das zeitliche Verhalten der Sensoren bei der Signalverarbeitung zu berücksichtigen. Problematisch sind dabei zunächst die verschiedenen Zeitkonstanten und Amplituden der Signaländerungen der einzelnen Sensoren, welche in komplizierter Abhängigkeit von den anwesenden Gasen und der Sensorvorgeschichte stehen. Da sich zusätzlich die verschiedenen Sensortypen in einem Array im zeitlichen Verhalten unterscheiden, ensteht ein sehr komplexes Problem für die Signalverarbeitung.

Für viele Anwendungen existiert daher kein geeignetes analytisches Signalmodell. Aus diesem Grund untersuchen wir den Einsatz neuronaler Netze, welche anhand von sog. Trainingsdaten lernen können, die zeitabhängigen Signalmuster den zugehörigen Gaskonzentrationen zuzuordnen.

Mustererkennung bei Wirbelstromverfahren zur zerstörungsfreien Materialprüfung

Marc v. Kreutzbruck

Institut für Angewandte Physik
Heinrich-Buff-Ring 16, D-35392 Gießen

Ziel der Untersuchungen ist es, charakteristische Fehlstellen in Flugzeugteilen eindeutig detektieren zu können. Das Meßprinzip beruht auf dem Wirbelstromverfahren, bei dem im Prüfteil mittels einer Erregerspule ein Wirbelstromfeld erzeugt wird. Die der Anregungsspulen und der Geometrie der Probe entsprechende Wirbelstromverteilung ändert sich beim Vorhandensein von Materialfehlern, wie z.B. Risse oder Korrosion aufgrund einer sich lokal ändernden Leitfähigkeit. Eine charakteristische Änderung der Stromverteilung ergibt auch gemäß der Fehlerstruktur eine Variation des Magnetfeldes über dem Prüfteil, was mit Hilfe eines SQUID (magnetfeldempfindlicher Sensor) detektiert wird.

Um schon im Anregungskonzept optimieren zu können und ungeeignete Spulengeometrien zu vermeiden werden mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode Simulationen durchgeführt. Neben der Wirbelstromverteilung an Materialfehlern wird auch das entsprechende Magnetfeld am Ort des SQUIDs berechnet. Allerdings sind aufgrund der großen Modelle (50000 Knoten) durch lange Rechenzeiten Grenzen gesetzt.

Es ist nun wünschenswert aus der Magnetfeldverteilung über der abgerasterten Probe auf die inneren mechanischen Strukturen des

Prüfteils zurück schließen zu können. Das sogenannte *Inverse Problem*, also der Rückschluß von Magnetfeld auf Stromverteilung, läßt sich aber nur durch einen erheblichen Rechenaufwand, und im 3-dimensionalen Fall trotz allem nicht eindeutig, lösen. Zudem wäre auch der Rückschluß von bekannter Stromverteilung auf die mechanischen Strukturen der Probe nicht eindeutig zu konstatieren. Zusätzliche Schwierigkeiten ergeben sich durch störende Effekte, wie Schwankungen in der Leitfähigkeit oder geometrische Strukturen am Prüfteil, welche die eigentlichen Fehlersignale überlagern und eine Klassifizierung erschweren. Im späteren Verlauf des Vorhabens soll deshalb der Einsatz Neuronaler Netze zur Mustererkennung untersucht werden. Hierzu werden aus charakteristischen Signalkurven nach einer geeigneten Datenaufbereitung (FFT, Korrelation, etc) die wichtigsten Merkmale extrahiert und einer einfachen Netzstruktur als Trainingsdaten zu Verfügung gestellt.

Entwicklung von Komponenten eines Workflow-Managementsystems

Volker Weyland und Miklós Géza Zilahi-Szabó

Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre
Professur für Betriebsinformatik
Diezstraße 15, D-35390 Gießen

1 Einleitung

1.1 Ziel und Zielgruppe

Die Professur für Betriebsinformatik befaßt sich schon seit langen Jahren mit Management- und Controlling-Fragen in Dienstleistungsunternehmen der Beratungsbranche. Für diese Unternehmenssparte soll auch folgendes Workflow-Managementsystems erstellt werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Softwaresystem zu erstellen, welches einerseits die schon als klassisch anzusehenden Anforderungen an Kontrolle und Steuerung von Arbeitsabläufen erfüllt und andererseits auch selbständig planerisch tätig wird und Arbeitsabläufe adhoc abändert. Weitere Aspekte werden zwangsläufig mit abgedeckt, wie die Integration von Branchen- und Standardsoftware und die Erhöhung der Kostentransparenz im Unternehmen.

1.2 Definitionen

Hier nun die wesentlichen Begriffsbestimmungen für das Verständnis des Beitrags:

- Geschäftsprozeß: beschreibt in einer formalen Sprache einen Arbeitsablauf. Es werden Objekte und deren Beziehungen, die sie untereinander besitzen, dargestellt (Was?)
- Workflow: ausführbarer Geschäftsprozeß, real existierender Arbeitsablauf (Wie?)
- Geschäftsprozeßmodell: ganzheitliche Abbildung von Geschäftsprozessen in einer Unternehmung
- Workflow-Management: steuert den Ablauf von Workflows.

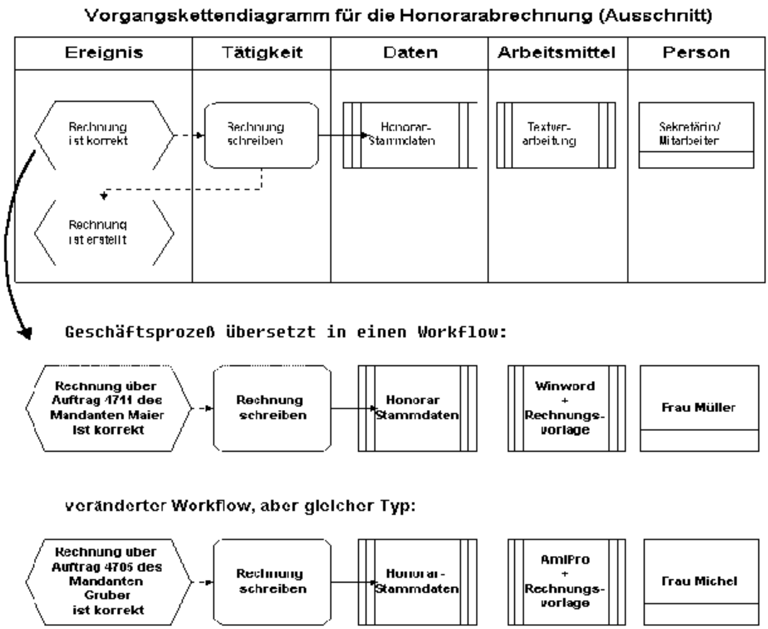
1.3 Vom Geschäftsprozeß zum Workflow

Bevor ein Workflow-Managementsystem eingesetzt werden kann, müssen Geschäftsprozesse modelliert werden, denn Workflows basieren im Allgemeinen auf Geschäftsprozessen. Workflows könnten auch ohne zugehörige Geschäftsprozesse existieren. Sie entbehren dann aber jeder theoretischen Grundlage.

Der Entwurf des Geschäftsprozeßmodells erfolgt objektorientiert. Es werden zunächst allgemeingültige Geschäftsprozesse definiert und zu einem Referenzmodell zusammengefaßt. Diese Referenz muß im konkreten Fall an die tatsächliche Ist- oder Sollsituation des zu untersuchenden Unternehmens angepaßt werden. Solche Geschäftsprozesse sind aber noch nicht ausführbar. Sie sind rein qualitativer Natur, sie besitzen noch kein Mengengerüst.

Die Modellierung von diesen Geschäftsprozessen wird unterstützt durch verschiedene Tools. Hier sei stellvertretend das ARIS-Toolset genannt. Diese Werkzeuge sind in der Lage, neben der Erfassung von Kosten und Zeiten, Geschäftsprozesse funktions-, organisations- und informationsorientiert graphisch darzustellen. Das Modell wird anschließend mit dem relationalen Datenbanksystem MS-Access realisiert. Schnittstellen zu Standard-Software werden von nahezu allen Werkzeugen angeboten.

In dieser Arbeit werden die Prozesse in Workflow-Klassen 1:1 ebenfalls in MS-Access übersetzt. Durch Instanzierung und anschließender Zuteilung von Kapazitäten, wie Terminen, Arbeitsmitteln, Arbeitsplätze und Personen erhält man nun eindeutige Workflows, welche ausführbar sind.



Es muß hier die Skalierbarkeit von Workflows beachtet werden. Es kann dieser eben gezeigte Ausschnitt als Workflow angesehen werden. Andererseits kann in manchen Fällen ein ganze Workflowkette, bspw. eine Honorarabrechnung, als einziger Workflow beurteilt werden. Es kommt auf die Tiefe der Modellierung an.

Die Werte, die den Workflows zugeordnet werden, sind in der Regel schon im Unternehmen vorhanden. Sie kommen aus der Lohnbuchhaltung, aus der Urlaubsplanung und dem Mitarbeiterstamm. Ein Softwarekatalog, welcher die eingesetzten Programme und ihre

Eingabe- und Ausgabeparameter verwaltet, muß allerdings zusätzlich erstellt werden.

2 Entwicklungswerkzeuge

Die zu verwendenden Entwicklungswerkzeuge wurden durch den Auftraggeber auf die Standardsoftware MS-Access und die integrierte Entwicklungsumgebung Visual Basic beschränkt. Dies hat mehrere Gründe:

- es wird beim Auftraggeber schon seit geraumer Zeit MS-Access eingesetzt,
- das fertige System soll auch auf einem Standard-PC der 386er-Klasse mit vier MB RAM laufen und
- die Anbindung an schon vorhandene Access-Lösungen soll problemlos vonstatten gehen. In Visual Basic ist diese Schnittstelle von Haus aus integriert.

3 Entwicklungsstrategien zur Komponentenentwicklung

Die Einteilung in Komponenten erfolgt funktionsorientiert und erleichtert dadurch die Formulierung des betreffenden Problembereiches. Dies drückt sich in einer einfacheren Modellierung und späteren Implementierung aus. Das System besteht aus den drei Kernkomponenten Planung, Steuerung und Kontrolle. Hinzu kommen eine Auftragsverwaltung und eine dezentrale Leistungserfassung und -abrechnung. Andere Hilfsmodule sind nicht Gegenstand dieses Beitrags.

[Im folgenden wird zunächst auf die einzelnen Komponenten, ihre jeweilige Modellierungs- und Implementierungsstrategie eingegangen. Im Anschluß daran wird das wesentliche Zusammenwirken der einzelnen Komponenten erklärt.]

3.1 Leistungserfassung und -abrechnung

Die Entwicklung des Workflow-Managementsystems wurde mit der Leistungserfassung gestartet. Leistungen spiegeln in diesem Zusammenhang beendete Workflows wieder. Es wurde am Ende eines Leistungserstellungsprozesses begonnen, um zunächst die Anforderungen an die Datenbasis, begleitend die Anforderungen an das Layout der Benutzerschnittstelle festzustellen und reales Datenmaterial zu erhalten, mit dem man die Funktionaltät testen kann. Dieses Datenmaterial ist als dynamischer und nahezu echtzeitiger Input zur Planungskomponente anzusehen. Dazu später mehr.

Die Modellierung erfolgt objektorientiert in MS-Access, die Umsetzung prototypingorientiert in Visual Basic. Bei der Implementierung wird darauf geachtet, daß die Benutzerschnittstelle und die Datenbasis streng getrennt behandelt werden. Visual Basic greift nicht direkt in die Datenmanipulation ein. Es dient primär der Benutzerführung. Es ist allerdings ein SQL-Generator integriert, welcher dynamisch SQL-Abfragen erstellt, ausführt und Ergebnisse zurückgibt. Dieser SQL-Generator könnte auch in ein anderes Programm und/oder in eine andere Sprache übernommen und dann weiterverwendet werden. So daß hier partiell von einem Übergang vom explorativen zum evolutionären Prototyping gesprochen werden kann.

In der anschließenden Leistungsabrechnung werden nun die erfaßten Leistungen aggregiert und diese mittels Access-Berichten ausgewertet, der Rechnungsstellung und der internen Lohn- und Finanzbuchführung zugeführt. Diese fertiggestellten Leistungen, bilden einen Teil der Restriktionen und Kapazitäten für die Planungskomponente des Workflow-Managementsystems. Der zweite wichtige Teil der Restriktionen kommt aus der Auftragsverwaltung.

3.2 Auftragsverwaltung

In der Auftragsverwaltung werden aus der Sicht des Workflow-Managementsystem die weiteren Inputgrößen für die Planungskomponente festgelegt. Ein Auftrag beschreibt Art und Umfang der zu erstellenden Leistungen, und verbindet diese mit Personen und Fristen. Die notwendigen Daten für diese Zuordnung rekrutieren sich neben dem Mitarbeiter- und Mandantenstamm aus den noch unverbrauchten Kapazitäten, welche die Leistungserfassung zurückliefert. Dadurch sind die durchzuführenden Tätigkeiten für den Leistungserstellungsprozeß vorgegeben. Die Tätigkeiten sind eng verknüpft mit den zuvor beschriebenen Workflows. Es fehlen noch die eventuell verbundenen Programme.

Diese Auftragsverwaltung ist nicht nur nach Außen, also mandantenorientiert, sondern auch nach Innen, auf die Mitarbeiter, gerichtet. Ihnen können zusätzlich Aufträge erteilt werden, wie interne Lohnbuchführung oder die Teilnahme an Seminaren. Gerade letzteres macht deutlich, daß ein umfassendes Personalmanagement mit dieser Art von Auftragsverwaltung zu erreichen ist.

Die Modellierung erfolgt ebenfalls in MS-Access, da es eine breite Palette von eingebauten Schnittstellen besitzt und spezielle Schnittstellen zu Altsystemen bereits programmiert worden sind. Die Schnittstellen werden benötigt, um Stammdaten in das neue System zu übernehmen. Die Implementierung erfolgt in Visual Basic aus den bereits genannten Gründen.

3.3 Planungskomponente

Ziel der Planungskomponente ist es, die zur Auftragserfüllung erforderlichen einzelnen Arbeitsschritte/Workflows optimal zu koordinieren. Es wird dadurch ein optimierter „Gesamt-Workflow“ geschaffen.

Das Bestreben, Workflows optimal zusammenwirken zu lassen, basiert auf dem ökonomischen Ziel der Vergrößerung des Auftragsvolumens bei gleichbleibenden Ressourcen. Dieses Ziel ist in der Philosophie der betreffenden Unternehmen begründet. Es wird grundsätzlich kein Mandat abgelehnt.

Die Ressourcen sind hauptsächlich in der Anzahl der Mitarbeiter, sowie in deren Arbeitszeit, in der Qualifikation der Mitarbeiter und in der Anzahl und räumlichen Verteilung der Arbeitsplätze zu sehen.

Das Ziel soll erreicht werden durch die Steigerung der Effizienz in der Aufgabenerledigung, welche sich in einer Kosten- und/oder Zeitdegression ausdrückt. Erst dieses ermöglicht der Steuerkanzlei neue Aufträge anzunehmen und so das Auftragsvolumen und somit den Erfolg des Unternehmens zu erhöhen.

Die Gestaltung der Arbeitsabläufe geschieht durch die Führungsperson im Verbund mit der Planungskomponente, die auf mathematischen Verfahren des Operations Research basiert. Restriktionen für eine solche Planungskomponente setzen sich zusammen aus

- den Auftragsstammdaten (Was soll für wen wann gemacht werden?),
- der vorhandenen Zeit der Mitarbeiter (Wer hat Zeit dafür?),
- der freien Rechnerzeit (Wo und wann kann die Aufgabe durchgeführt werden?),
- der Qualifikation der Mitarbeiter, welche durch einen Bewertungsbogen erhoben werden kann (Wer ist der geeignetste?) und
- den durchzuführenden Tätigkeiten selbst (Welche Ereignisse müssen eintreten, um die nächsten Schritte ausführen zu können?).

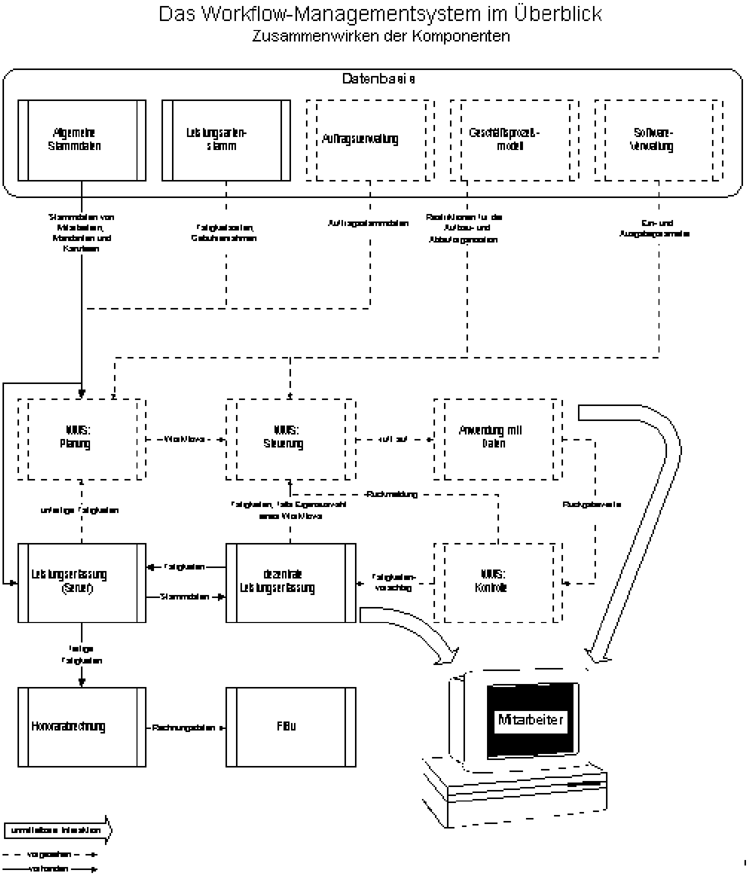
Es ist hier schon abzusehen, daß die beiden Funktionskomponenten Auftragsverwaltung und Workflow-Planung zu einer Einheit verschmelzen. Ähnliches wird zu einem späteren Zeitpunkt mit der Steuerungs- und Kontrollkomponente geschehen.

3.4 Steuerungskomponente

Die Steuerungskomponente setzt neben dem Geschäftsprozeßmodell den Softwarekatalog voraus. Die Steuerung der Workflows wird mit Hilfe einer pseudocode-ähnlichen Skriptsprache realisiert. Diese Skriptsprache spiegelt den in der Planungskomponente definierten Arbeitsablauf wieder.

3.5 Kontrollkomponente

Die Kontrollkomponente bedient sich ebenfalls des generierten Ablaufskripts. Es überwacht die Ausgabeparameter der verwendeten Software und stößt mit Hilfe der Steuerungskomponente die erforderlichen Schritte an. Wenn keine Softwareüberwachung möglich ist, wird der Benutzer mittels Dialoge zum nächsten Arbeitsschritt geführt.



4 Schlußbetrachtung

Ein solches Workflow-Managementsystem ist sicherlich für eine Zwei-Mann-Kanzlei überdimensioniert. Es ist geeigneter für mittlere bis große Steuer- oder Anwaltskanzleien, welche zusätzlich noch Zweigstellen unterhalten können oder Heimbuchhalter, also „Teleworker“, beschäftigen. Durch die heutigen Möglichkeiten der Telekommunikation lassen sich diese räumlich und zeitlich ausgelagerten Geschäftsbereiche ebenfalls in das Workflow-Management integrieren. So daß auch Unternehmen der Beratungsbranche auf dem Weg zum virtuellen Unternehmen sind.

Adresse:

Justus-Liebig-Universität
Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre
Professur für Betriebsinformatik
Diezstraße 15
D-35390 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-37330
Fax: (+49) 641/99-37339
www: `http://www.agrar.uni-giessen.de/ghd1/`
email: `betriebsinformatik@informatik.uni-giessen.de`

Aufbau der Datenverarbeitung im Klinikum Gießen

Joachim Dudeck
Institut für Medizinische Informatik
Heinrich-Buff-Ring 44, D-35392 Gießen

Die Dartenverarbeitung ist in den vergangenen 20 Jahren zum integralen Bestandteil der medizinischen Versorgung der Patienten sowohl in Kliniken aber auch in ärztlichen Praxen geworden. Computer angefangen von Systemen für die Bearbeitung der Laborergebnisse, zur Patientenadministration bis hin zur Computertomographie, der Magnetresonanztomographie und Verfahren zur Speicherung und Übermittlung von Bilddaten sind aus dem klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken. Im Vordergrund der Aufgaben der Medizinischen Informatik steht das Ziel, die verschiedenen, zentral und in Funktionsbereichen eingesetzten Computer zu einem Gesamtsystem zu verbinden um allen autorisierten Benutzern im Klinikum Daten und Informationen in der erforderlichen Aggregationsform dort zur Verfügung zu stellen, wo sie für Aufgaben der Patientenversorgung und der Krankenhausverwaltung aber auch der Forschung benötigt werden.

Die Aufgaben der Datenverarbeitung werden im Klinikum Gießen von zwei Bereichen wahrgenommen, dem Institut für Medizinische Informatik (IMI – Leiter Prof. Dr. J. Dudeck) und der Abteilung für Klinische und Administrative Datenverarbeitung (AKAD – Leiter Prof. Dr. K. Marquardt). Die AKAD ist aus dem Institut hervorgegangen, gehört gleichzeitig zur Krankenhausverwaltung (Abt. 04) und ist in erster Linie für die administrative Datenverarbeitung sowie für die Durchführung der umfangreichen Routineaufgaben zur Aufrechterhaltung des täglichen Betriebes betraut. Darüber hinaus nimmt die AKAD insbesondere Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im Bereich der Bildverarbeitung im Klinikum wahr mit dem Ziel, auch Bildinformationen überall dort zur Verfügung zu stellen, wo sie für klinische Aufgaben benötigt werden. Das IMI konzentriert sich dagegen stärker auf Forschungs- und Entwicklungsaufgaben wie die Entwicklung und Einführung eines umfassenden Data Dictionaries, die Anwendung von wissensbasierten Funktionen im Klinikum. Besondere Schwerpunkte bilden derzeit die Einführung von Verfahren der Pflegedokumentation, der Entwicklung eines Monitoring-Systems zur frühzeitigen Erkennung von nosokomialen (hauseigenen) Infektionen und zur Verbesserung der Darstellung und Interpretation von Laborergebnissen.

Ein besonderer Schwerpunkt des IMI bildet die Tumordokumentation. Die Arbeitsgruppe zur Koordination Klinischer Krebsregister (AKKK) betreut die Tumordokumentation in Klinischen Krebsregistern in der Bundesrepublik. Das in der Arbeitsgruppe entwickelte Gießener Tumordokumentationssystem (GTDS) ist inzwischen in über 30 Tumorzentren im Einsatz und entwickelt sich mehr und mehr zum Standardsystem für die Tumordokumentation in der Bundesrepublik, dessen weitere Entwicklung zukünftig durch Wartungsbeiträge der Anwender finanziert wird. Im Rahmen der zentralen Auswertungen führt die AKKK anonymisierte Ergebnisse der Tumordokumentation der Klinischen Krebsregister zusammen und wertet die erfaßten Daten unter klinischen und epidemiologischen Aspekten aus. Die Ergebnisse dieser Auswertungen werden im Internet bereitgestellt und haben auch international großes Interesse gefunden (`http://www.med.uni-giessen.de-akkk`). Das IMI ist darüber hinaus an zwei europäischen Projekten beteiligt, dem HANSA Projekt zur Entwicklung einer verteilten Architektur für Krankenhausinformationssysteme und dem EURO HCS Projekt zum Aufbau von Standard-Schnittstellen zwischen Krankenhäusern und Herstellern. Im HANSA Projekt hat das IMI die Koordination der deutschen Arbeitsgruppe übernommen.

Im Klinikum in Gießen wurden in den vergangenen zwei Jahren insbesondere unter Federführung der AKAD zwei klinikweite Netzwerke, GISNET und GIFONET aufgebaut, die derzeit zu den umfassendsten klinischen Netzwerken in der Bundesrepublik gehören. GISNET (Abb. 1)ist das klinische Netzwerk, das nach außen abgeschlossen ist und an das derzeit alle klinischen Subsysteme und nahezu 2000 klinische Benutzer angeschlossen sind. GIFONET, das Gießener Forschungsnetzwerk ist offen nach außen und schafft die Verbindung zu den weltweiten Netzen. Am GIFONET sind ebenfalls ca. 1200 Nutzer an 800 Workstation und PC's angeschlossen.

GISNET dient der Patientenversorgung. Es verbindet alle klinischen Subsysteme mit dem zentralen Patienten-Reprositury, der zentralen Patientendatenbank, die auf einem hochgradig ausfallsicheren TANDEM 4 Prozessor-System installiert ist. Auf diesem System ist neben der Patientendatenbank PILS das Klinische Informationssystem WING (Wissensbasiertes Informationsnetzwerk in Gießen) verfügbar, mit dem derzeit ca. 400 IBM-kompatible PC's via Terminalemulation und 300 Power PC's mit graphischem Interface und Client-Server Architektur verbunden sind. WING führt die Daten der klinischen Subsysteme in einer zentralen Patientendatenbank zusammen, stellt sie für autorisierte klinische Anwender bereit und veranlaßt in ersten Anwendungen Überprüfungen und Bewertungen der getroffenen Maßnahmen an Inhalten der ebenfalls auf dem TANDEM-System verfügbaren Wissensbank. Die Koordination der Daten erfolgt über ein zentrales, in Form eines semantischen Netzwerk aufgebautes Data Dictionary, in dem wesentliche Beziehungen zwischen den einzelnen Datenelementen gespeichert werden.

Neben den klinischen Daten werden im GISNET auch Zugriffe auf Informationssysteme, wie Medline, Rote Liste, Drugdex aber auch auf Bundesbahnfahrplan und Flugpläne bereitgestellt. Weiterhin sind im GISNET Lehr- und Lernprogramme für unterschiedliche Benutzer verfügbar, auf die überall im Netz zugegriffen werden kann und die kontinuierlich genutzt werden.

In das GISNET sind derzeit über 20 klinische Subsysteme wie Laborcomputer, Radiologiesystem (RIS), Blutbank, Mikrobiologie, Kardiologie etc. integriert. Alle Systeme übernehmen Patientendaten aus dem zentralen Patientenverwaltungssystem und übermitteln Leistungsdaten und teilweise auch klinische Ergebnisse an das zentrale Patienten-Repository übergeben. Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt weitgehend über das Standard HL7-Protokoll.

Der überwiegende Teil der klinischen Subsysteme sind derzeit noch Eigenentwicklungen, da zur Einführungszeit keine marktgängigen Produkte verfügbar waren. Wegen des dadurch bedingten, nicht unerheblichen Wartungsaufwandes sollen zukünftig jedoch bevorzugt kommerziell erhältliche Systeme beschafft und angewendet werden. Die Zahl der am Markt verfügbaren Systeme hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen, so daß diese Strategie zukünftig leichter verfolgt werden kann.

Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts (IMI) bildet die Einführung von Wissensbasierten Funktionen in die klinische Routine. Bei der Entwicklung von Wissensbasierten Funktionen stand zunächst die Entwicklung von Diagnosesystemen im Vordergrund. Erfahrungen der letzten zwei Jahrzehnte haben jedoch gezeigt, daß in diesem Bereich zwar interessante Entwicklungen möglich sind, die praktische Anwendung in der klinischen Routine jedoch vor allem aus logistischen Problemen sehr eingeschränkt ist. Der Arzt ist in der Regel ein geübter Diagnostiker, der aus wenigen Anhaltspunkten sehr schnell die in Betracht kommenden Diagnosen einengen und ableiten kann. Die für ein Diagnosesystem erforderliche Dateneingabe ist demgegenüber viel zu aufwendig und langwierig. Überwiegend werden Diagnosen erhalten, auf die der Arzt bereits nach kurzer Überlegung gekommen ist. Diagnosesysteme haben sich deshalb nur in Spezialbereichen, wie z.B. der Differentialdiagnose von Tropenerkrankungen bewährt, in denen der Arzt in der Regel über wenig Erfahrungen verfügt.

Ein anderer Ansatz hat sich dagegen in der klinischen Praxis erfolgreich bewährt, der auch im Informationssystem in Gießen verfolgt wird, das sog. Entscheidungsmonitoring. Beim Entscheidungsmonitoring werden getroffene ärztliche Entscheidungen an Hand gespeicherten Wissens überprüft. Falls sich Unverträglichkeiten wie z.B. Hinweise auf eine nicht erwünschte Interaktion zweier gleichzeitig gegebener Medikamente oder auf Dosisverminderungen bei eingeschränkten Nierenfunktionen ergeben, die der Arzt nicht beachtet hat, erhält der

Arzt automatisch einen Hinweis durch das System. Dadurch können Fehler vermieden werden, bevor sie sich negativ beim Patienten auswirken. Entscheidungsmonitoring ist die effektivste Form der Qualitätssicherung in der Medizin. Wir sind deshalb bestrebt, derartige Ansätze in die tägliche klinische Routine einzuführen. Voraussetzung hierfür ist, daß die ärztlichen Entscheidungen im DV-System erfaßt werden. Dies ist ein langer Weg, auf dem die ersten Schritte erfolgreich getan worden sind. Durch die vom Gesundheitsstrukturgesetz geforderten Erfassungen von Diagnosen von durchgeführten Maßnahmen etc. und die zunehmende Vertrautheit von Ärzten mit DV-Systemen ist die Bereitschaft zur Eingabe von Daten gewachsen. Sie ist jedoch noch nicht zur selbstverständlichen Routine geworden.

Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten der AKAD ist die Integration der Übertragung von Bildern aus verschiedenen Modalitäten (Computertomogrammen, Magnetresonanztomographie, Nuklearmedizin, Ultraschall etc.) in das bestehende Netz zusammen mit der jeweils dazugehörigen Textinformation. Kommerziell angebotene PACS (Picture Archiving Communcation Systems) sind noch sehr aufwendig und teuer. Dem gegenüber werden Low-Cost Varianten angestrebt, um Bilder an den Arbeitsplätzen des Arztes zur Verfügung zu stellen.

Zusammenfassung

Am Gießener Klinikum ist in den vergangenen 10 Jahren ein umfassendes DV-Netz aufgebaut worden, das zu den umfangreichsten Kliniknetzen in der Bundesrepublik gehört. Das nach außen offene Forschungsnetz ist getrennt von dem aus Datenschutzgründen in sich geschlossenen Kliniknetz. Im Kliniknetz wird angestrebt, daß alle autorisierten Benutzer auf die Daten zugreifen können, die sie für die Erfüllung der Dienstaufgaben benötigen, einschließlich der dazugehörigen Bildinformationen. Weiterhin soll durch die Anwendung Wissensbasierter Funktionen eine erhöhte Sicherheit in der täglichen klinischen Routine gewährleistet werden.

Darstellung von Feldern in Datensätzen

1. Externe Definitionen – Feste Feldlängen

1	Character	20	Name
2	Character	20	Vorname
3	Datum	8	Geburtsdatum
4	Character	1	Geschlecht

```
Abt%%%%%%%%%%%%%%%%%Hans%%%%%%%%%%%%%%%%15041944m
Müller%%%%%%%%%%%%%%Joseph%%%%%%%%%%%%%%12021957m
```

(% – Leerzeichen)

2. Interne Definitionen – Variable Feldlängen

2.1 Delimiter ($)

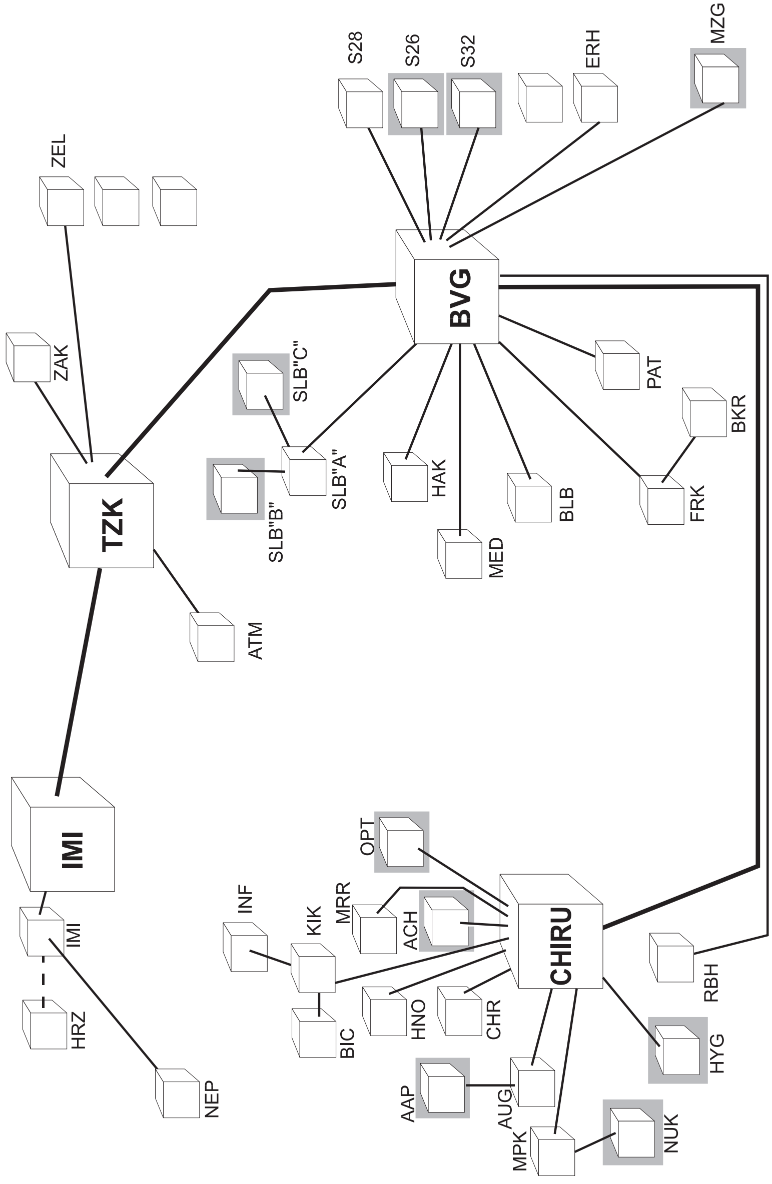
Abt$Hans$15041944$Müller$Joseph12021957m$...

2.2 Feldlängen

3Abt4Hans8150419441m6Müller6Joseph8120219571m

2.3 Indices

3481AbtHans15941944m6681MüllerJoseph12021957m



BVG
TZK
IMI
CHIRU
S28
S26
S32
ERH
MZG
ZEL
ZAK
SLB"C"
SLB"A"
SLB"B"
HAK
MED
BLB
FRK
BKR
PAT
ATM
IMI
HRZ
NEP
INF
KIK
BIC
MRR
ACH
OPT
HNO
CHR
AAP
AUG
MPK
NUK
HYG
RBH

Wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Medizinische Informatik

			Telefon alt	Telefon neu
Prof. Dr.	Dudeck, Joachim	Institutsleiter	4500	41350
Statistische Beratungen				
Dr.	Bödeker, Rolf-Hasso		4510	41360
Krankenhaus-Informationssysteme				
Dr.	Michel, Achim	Client-Workstation	6029	40180
Dr.	Bürkle, Thomas	Wissensbasierte Funktionen	4503	41370
	Schweiger, Ralf	Verteilte Systeme		41370
Dr.	Hinkel-Schreiner, Ilme	Wissensbasierte Funktionen für Labordaten		41370
	Joch, Judith	Mikrobiologie-Daten Integration		41370
Tumordokumentationssystem				
Dr.	Altmann, Udo	GTDS	4519	41380
	Katz, Frank	GTDS	4519	41380
	Stolte, Iris	GTDS-Integration	4519	41380
Dr.	Wächter, Werner	Zentrale Auswertungen	4519	41381
	Tafazzoli, Ali	Wissensbasierte Funktionen Schnittstellen	4519	41382
Patient Care Evaluation Studie				
Dr.	Hölzer, Simon		4518	41383

Adresse:

Justus-Liebig-Universität
Institut für Medizinische Informatik
Heinrich-Buff-Ring 44
D-35392 Gießen
Tel.: (+49) 641/99-41350
Fax: (+49) 641/99-41359
www: `http://www.med..uni-giessen.de/imi/`
email: `joachim.dudeck@informatik.med.uni-giessen.de`

Neue Wege in der Arzneimittelverordnung Das Medwis-Projekt WAIN

Thomas Bürkle

Institut für Medizinische Informatik
Heinrich-Buff-Ring 44, D-35392 Gießen

Hans-Ulrich Prokosch

Institut für Medizinische Informatik und Biomathematik
Universität Münster
Domagkstraße 9, D-48149 Münster

Joachim Dudeck

Institut für Medizinische Informatik
Heinrich-Buff-Ring 44, D-35392 Gießen

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel ist entstanden als Auslese und Quintessenz der Vorstellung einer Arbeit aus der Medizinischen Informatik der Universität Gießen anläßlich eines interdisziplinären Workshops Informatik am 18.3.1996 in Rauischholzhausen. Die insbesondere in der Diskussion angesprochenen Punkte ergaben sich aus der Besprechung der Fragen zum Vortrag. Vorgestellt wurden die Gießener Arbeiten innerhalb des MEDWIS-Projektes WAIN (Wissensbasis für ein allgemeines Arzneimittelinformationssystem). Innerhalb dieses Projektes lag der Schwerpunkt in Gießen auf der Integration der Arbeiten der Projektpartner durch ein gemeinsames Data Dictionary (MDD-Gipharm), der Realisation eines Wissensbankeditors für die Arden-Syntax, sowie der praktischen Erprobung von Wissensmodulen innerhalb des klinischen Informationssystemes WING.

1 Einleitung

In der MEDWIS Forschungsreihe (medizinische Wissensbasen in der Medizin) werden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung neue Ansätze der Darstellung und DV-Präsentation von medizinischem Wissen für verschiedene Nutzungsformen in der Medizin gefördert [1,2]. Eine größere Anzahl von Arbeiten unter anderem in der Neurologie, dem Gebiet der Stoffwechselerkrankungen, der Labordiagnostik, der Diagnoseunterstützung, der Intensivmedizin, und der Arzneimitteltherapie soll dadurch unterstützt und die praktische Anwendung ermöglicht werden.

WAIN ist ein solches Verbundprojekt mit Partnern in der Nephrologie (Prof. Keller, Ulm), der Intensivmedizin und Informatik (Dr. Dr. Dirks, PD Dr. Mergenthaler) und der Medizinischen Informatik (Prof. Prokosch, jetzt Münster). Das Ziel von WAIN ist die Entwicklung einer Wissensbasis für ein allgemeines Arzneimittelinformationssystem zur Nutzung aus allen Richtungen von Medizin, Pharmakologie und Toxikologie. Das System soll zu Konsultationszwecken zur Verfügung stehen, daneben ist die Erarbeitung einer Wissensbank zur Nutzung durch entscheidungsunterstützende und entscheidungsüberwachende DV-Funktionen vorgesehen. Bereits vor Projektbeginn haben die drei Partner erhebliche Vorleistungen erbracht. Aus Ulm stammen Vorarbeiten und eine umfangreiche, aus Literaturzitaten extrahierte Datensammlung zur Pharmakokinetik bei gesunden und niereninsuffizienten Patienten (Arbeitsgruppe Prof. Keller). Ferner wurde von Herrn Dr. Dirks bereits vor einiger Zeit ein kleines DV-gestütztes Arzneimittelinformationssystem für eine Intensivstation implementiert, welches dem Arzt auch einen Überblick über circa 100 Arzneimittelmonographien ermöglichte. In Gießen existierten umfangreiche Vorarbeiten im Bereich Krankenhausinformationssysteme und Metadarstellung der darin abgelegten Informationen. Daneben hat Gießen bereits frühzeitig neue Wege in der Organisation der Arzneimittelverordnung beschritten. So wurden beispielsweise anläßlich einer Neubaumaßnahme für die chirurgischen Abteilungen die organisatorischen und strukturellen Voraussetzungen geschaffen, um mittels Bereichsapotheken (für jeweils 4-6 Stationen) eine Einzeldosisportionierung der verabreichten Medikamente durch Pharmazeuten zu ermöglichen. Vorteile eines solchen Verfahrens sind neben der höheren Qualität der Verordnungen (diese werden nun zweimal durch Fachpersonal kontrolliert, zum einen durch den verordnenden Arzt, zum anderen durch den mit der Portionierung beschäftigten Pharmazeuten) erhebliche Kostenersparnisse, da die Stationsapotheken wegfallen und damit beispielsweise die dort bei Nichtgebrauch häufig verfallenden Medikamente eingespart werden können [3].

Im Gegensatz zu diesem Projekt, bei dem das DV-System die Pharmazeuten unterstützt, während die Ärzte ihre Verordnungen zur Zeit noch in herkömmlicher Weise auf einen Verordnungsbogen notieren, wurde im WAIN-Projekt eine Station gewählt, auf der Medikationsprotokolle direkt vom ärztlichen Personal in den Computer eingegeben werden. Voraussetzung hierfür ist unter anderem das Vorhandensein bettseitiger (oder mobiler) Eingabegeräte, da diese Daten während der Visite am Krankenbett eingesehen und aktualisiert werden müssen.

2 Methodik und Vorgehensweise in WAIN

Da eines der Gießener Projektziele der praktische Einsatz von wissensbasierten Funktionen sein sollte, mußten zunächst hierfür die entsprechenden Voraussetzungen geschaffen werden. Dazu gehören die Aquisition des entsprechenden Wissens, die strukturierte Speicherung von Patientendaten mit Hilfe des Data Dictionaries und letztlich die Erstellung der Funktionen selbst (siehe Abb. 1).

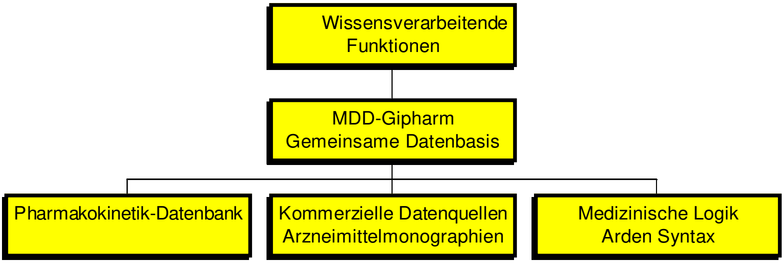


Abbildung 1: Stufen zur Verwirklichung wissensbasierter Funktionen in WAIN

Zunächst wurden verschiedene Werkzeuge entwickelt und eingesetzt um Arzneimittelwissen im größeren Umfang zu acquirieren und in das System zu integrieren. Pharmakokinetische Daten aus der Literatur wurden in einer entsprechenden Datenbank abgelegt und beim Vorliegen mehrerer jeweils unterschiedlicher Angaben mittels einer Metaanalyse verläßliche klinisch verwendbare Referenzwerte daraus generiert. Andere noch in Erprobung stehende Verfahren zielen darauf hin, verfügbare Arzneimittelinformationsbanken hinsichtlich ihrer Einbindbarkeit zu evaluieren bzw. Daten aus Lehrbüchern und wissenschaftlichen Quellen halbautomatisch in einer strukturierten Darstellungsform zu analysieren und zu integrieren. Ein Editor für Wissensmodule ermöglicht es schließlich, Zusammenhänge zwischen Diagnosen, Befunden und Verordnungen auf einfache Art und Weise zu definieren, um darauf Monitoringfunktionen aufzusetzen. Solche Funktionen können dem klinischen Nutzer situationsbezogen Therapieempfehlungen, Hinweise auf mögliche Therapieprobleme, und ähnliche Hilfestellungen geben.

Um die Arbeiten der drei Partner auf eine gemeinsame Basis zu stellen, wurde das Data Dictionary MDD-Gipharm implementiert [4]. (siehe Abb. 2)

Es erlaubt die Abbildung beliebiger pharmakologischer respektive medizinischer Sachverhalte als Metawissen innerhalb eines frei definierbaren semantischen Netzes. Das implementierte Netz enthält nicht nur die Präparatenamen der Hausliste des Klinikums Gießen,

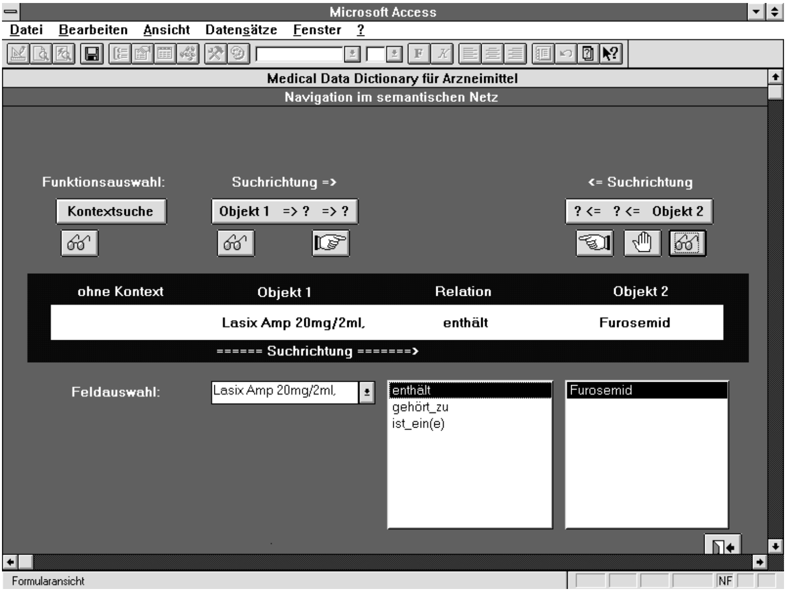


Abbildung 2: Die Navigationsmaske des Data Dictionaries MDD-Gipharm

sowie der Roten Liste, sondern auch die bisher exemplarisch realisierten Beziehungen wie „Präparat A“ „enthält“ „Wirkstoff B“ oder „Präparat C“ gehört_zu „Präparategruppe D“. Auf diese Art können beispielsweise die derzeit verfügbaren pharmakokinetischen Daten zu jedem einzelnen Wirkstoff eines bestimmten Präparates dargestellt werden. Auch Beziehungen wie „Präparat E“ „ist_ indiziert_bei“ „Erkrankung F“ können jederzeit neu definiert und in MDD-Gipharm abgebildet werden. Ein Navigationsmodul erlaubt die kontextabhängige Suche nach Begriffen und Relationen. MDD-Gipharm ist eingebettet in ein Netz von Programmodulen zur Pflege und Verwaltung des Metawissens. Hierzu gehören auch Module, die exemplarisch die Data-Dictionary-Funktionalität in einem Verordnungsprogramm darstellen, sowie eine komplette Verwaltungs- und Editierumgebung für Wissensmodule, dargestellt in der Arden Syntax. Ein solcher Wissenseditor ermöglicht es auch für DV-unerfahrenes Personal, medizinisches Wissen modular strukturiert zu definieren und zu verwalten. Bereits jetzt mit einem Syntaxchecker verbunden kann er später in eine komplette Kompilerumgebung integriert werden, um lauffähige Wissensmodule in ein Informationssystem zu integrieren.

MDD-Gipharm wurde in das Gießener Krankenhausinformationssystem WING transparent integriert und stellt nun auch dort das enthaltene Wissen zur Verfügung, so daß weitergehende Funktionen darauf aufgebaut werden konnten. In Gießen wurde dazu auf einer Intensivstation ein Modul für die strukturierte Eingabe und Speicherung von individuellen Verordnungen implementiert und als Ersatz für einen vorher verwendeten Texteditor in den Routinebetrieb übernommen [5]. (siehe Abb. 3)

Abbildung 3: Das Eingabemodul für die Arzneiverordnung in WING

Diese Modul wird vom ärztlichen Personal am Patientenbett zur Dokumentation der Tagesmedikation verwendet. Die strukturierte Datenerfassung ermöglicht erweiterte Recherchemöglichkeiten bezüglich der bisher angesetzten Therapie. Übersichten über wichtige Medikamente, sowie chronologische und alphabetische Rückblenden können erzeugt und ausgedruckt werden. Innerhalb dieses Moduls wurde die Möglichkeit geschaffen, wissensbasierte Funktionen zu integrieren, die regelbasiert Aktionen anstoßen und Warnhinweise generieren können. Solche modularen Funktionen existieren unter anderem zur

Warnung bei Elektrolytentgleisung, Arzneimittelüberdosierung oder Nierenfunktionsverschlechterung. (siehe Abb. 4)

```
1996-03-11:11:31
Antibiotikatage ueberschritten: Bei Patient mit patid 777 wird Gernebcin
g bereits 24 Therapietage verabreicht (Limit: 10 Tage)

1996-03-11:11:31
Kalium ist hoch: am 11.3.1996 7:33 Wert 4.960 mg/dl ---> Bei Patient mit
patid 777 wurde aber 1 x 100.00 KCL mVal angesetzt

1996-03-11:12:09
Kreatinin ist hoch : am 11.3.1996 7:34 Wert 2.030 mg/dl ---> Bei Patient mit
patid 777 wurde aber 1 x 160.00 Gernebcin mg angesetzt

1996-03-11:12:09
Letzter Aminoglykosidspiegel am 11.3.1996 10:23 war hoch: Wert 7.930 mg/dl
---> Bei Patient mit patid 777 ist 1 x 160.00 Gernebcin mg angesetzt
```

Abbildung 4: Beispiele aufgezeichneter Monitoringfunktionen

Derzeit werden die Protokolle noch intern ausgewertet um die wirklich relevanten Monitoringfunktionen auszufiltern und unnötige Warnhinweise zu vermeiden. Sobald dies geschehen ist, ist auch eine Evaluation der Effizienz derartiger Funktionen geplant.

3 Diskussion

Selbstverständlich haben Monitoringfunktionen in der Arzneimittelverordnung nur dann einen Zweck, wenn sie den richtigen Ansprechpartner erreichen. Hier müssen eine ganze Reihe von Voraussetzungen geschaffen werden, die es letztlich auch schwierig machen, wissensbasierte Systeme in der Medizin erfolgreich zu implementieren [6].

1. Das System muß mit der medizinisch verantwortlichen Person (z.B. dem Arzt) direkt in Dialog treten können. Zunächst bedeutet das aus technologischer Sicht, daß der DV-Arbeitsplatz mit den benötigten Daten genau dort zur Verfügung steht wo er benötigt wird, nämlich am Patientenbett. Dieser Aufwand kann auch heute noch nur auf einigen ausgewählten Stationen, meist Intensivstationen erbracht werden. Bisher war es noch nicht in größerem Umfang möglich, „intelligente“ Systeme mit hinreichender Leistungsfähigkeit, Ausdauer und der erforderli-

chen Datenkonsistenz als portable Einheiten zur Verfügung zu stellen, obwohl dies der ärzlichen Arbeitsweise wohl am ehesten entgegenkäme.

2. Das System muß die für die Monitoringfunktion relevanten Daten bereits aus anderen Arbeitsvorgängen „wissen“, so daß diese Daten nicht in der Entscheidungssituation erst mühevoll per Hand eingegeben werden müssen [7,8]. Aus medizinischer Sicht bedeutet dies, daß einem guten System eigentlich die komplette medizinische Krankenakte mit allen relevanten Daten in digitalisierter und strukturierter Form zur Verfügung stehen sollte. Hierdurch entstehen aus nützlichen wissensbasierten Funktionen die letztlich in der Praxis auch nutzbaren Funktionen [9]. Auch dies gelingt nur in wenigen ausgewählten Teilbereichen unter Einsatz von hohem Material- und Programmieraufwand. Medizinische Daten sind von Natur aus „multimedial“, in einer normalen Krankenakte befinden sich beispielsweise Texte, handschriftliche Dokumente, Zeichnungen (z.B. Lage eines Tumors), Bilder (Sonogramm), oder Grafiken (Fieberkurve, EKG) direkt nebeneinander. Die Daten stehen nur in den seltensten Fällen von vornherein digital zur Verfügung. Noch immer dauert eine Datenerfassung am Bildschirm beispielsweise für eine ärztliche Untersuchung meist deutlich länger als die Niederschrift auf ein Blatt Papier.
3. Das System muß für den Benutzer unauffällig arbeiten, gleichzeitig aber in der Lage sein, seine Schlußfolgerungen jederzeit zu belegen und zu erläutern [10]. Diese Forderung bedingt, daß einige zum Aufbau wissensbasierter Systeme üblicherweise genützte Techniken sich im klinischen Alltag nicht durchsetzen konnten. Insbesondere die Darstellung unscharfen Wissens kann zu Schlußfolgerungen führen, die für den behandelnden Arzt nicht nachvollziehbar sind und zu Ablehnung führen. Erschwerend wirkt sich hier aus, daß manche Erkrankungen und deren biologische Abläufe noch nicht bis ins Detail erforscht oder unscharf beschrieben sind. Als Beispiel mag die Zuordnung von Symptomen zu Erkrankungen dienen. Hier wird man oft in der medizinischen Fachliteratur den Ausdruck „gelegent-

lich tritt bei Diagnose X Symptom Z auf“ finden. Es ist dann schwierig, eine Aussage zu treffen ob das 1 in 1.000 Fällen oder 1 in 10.000 Fällen oder irgend einer anderen Häufigkeit entspricht.

4. Das System sollte eine Vielzahl an Erkrankungen, Symptomen, Interaktionen und Pathomechanismen kennen, um zu gewährleisten, daß wichtige Fakten nicht „übersehen“ werden. Leistungsfähige wissensbasierte Systeme in der Medizin beinhalten mehrere 1000 Diagnosen und Symptome, gesammelt in 50 und mehr Mannjahren Programmieraufwand. Doch selbst für diese Systeme schätzt man, daß sie nicht mehr als circa 10-20% des relevanten medizinischen Wissens abzudecken in der Lage sind. Fehlerhafte Systemantworten in Situationen, in denen das integrierte Wissen nicht ausreicht, sind keine Seltenheit. Methoden des Wissenstransfers durch eine standardisierte Wissensdarstellung sind daher notwendig, um den gemeinsamen Aufbau einer großen Wissensbasis durch verschiedene Institutionen zu ermöglichen. Die Arden-Syntax ist ein Beispiel für solche Vorgehensweisen (ARDEN-Syntax ist ein Standard zur Repräsentation medizinischen Wissens in Computern). Abgesehen vom Aufwand der Wissensaquisition und Integration entsteht aber auch ein dynamisches Problem. Die Verknüpfungen zwischen Wissensbestandteilen steigen exponential zur Anzahl der implementierten Wissensbestandteile und verbieten so den Einsatz bekannter Programmiertechniken (beispielweise Regelimplementation) für sehr große Systeme aufgrund von erschwerter Pflege des Wissens, Kapazitätsüberlastung und Antwortzeitverschlechterung.
5. Erfolgreiche Implementationen wissensbasierter Systeme, die in den Routinebetrieb übernommen wurden, zeichnen sich oft durch die Beschränkung auf ein eng umschriebenes überschaubares Teilgebiet der Medizin (beispielsweise Labordiagnostik) aus. Hier kann das relevante Wissen abgegrenzt und mit Methoden in das System eingebracht werden, die es erlauben die Entscheidungswege des Systemes nachzuvollziehen. Solche Systeme haben wiederholt den Beweis erbracht, daß sie Entschei-

dungen mindestens ebenso gut unterstützen könne wie ein versierter auf das Gebiet spezialisierter Oberarzt [siehe 11].

Mit dem in Gießen verfolgten Ansatz konnten wir viele Anforderungen aus dieser Liste erfüllen. Die Infrastruktur für bettseitige Arbeitsplätze wurde auf der Pilotstation geschaffen. Relevante Patientendaten stehen am jeweiligen Arbeitsplatz auf Knopfdruck zur Verfügung. Hierzu zählen Diagnosedaten, Labordaten, Kurzarztbriefe und ein Teil der pflegerischen Dokumentation. Damit ist es uns gelungen, das ärztliche Personal auch zur Eingabe der Therapiepläne am Computer zu motivieren. Die implementierten und geplanten wissensbasierten Funktionen können im Hintergrund arbeiten und auf diesen strukturiert abgelegten Daten aufsetzen. Diese Funktionen basieren auf in der Medizin anerkannten Entscheidungsregeln und beschränken sich auf das medizinisches Teilgebiet der Medikamentenverordnung.

Wünschenswert ist sicherlich die Verfügbarkeit eines größeren Anteils der Patientenkrankenakte in digitalisierter Form. Durch die Beschränkung auf ein spezifisches medizinisches Teilgebiet und die Implementation eines Systemes, das zunächst für den Arzt unauffällig im Hintergrund die bereits vorhandenen Daten auswertet und korreliert, glauben wir jedoch, in der Lage zu sein, den klinisch tätigen Ärzten schon jetzt mit relativ wenigen Entscheidungsregeln relevante Hilfestellung leisten zu können.

Literatur

[1] Medwis – Was ? – Wer ? – Wie ? (1994) Projektinformation des GSF Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit Oberschleißheim

[2] Medizinische Wissensbasen (MEDWIS) BMBF-Förderschwerpunkt – Interhospital 95 (1995) Projektinformation des GSF Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit Oberschleißheim

[3] Wieczorek D, et al. (1993) One year of experience with EDP-support for drug therapy at Gießen University Hospital. In:

Reichert A et al (Hrsg): MIE 93 – 11th congress of the European Federation for Medical Informatics, Israel. Freund Publishing House Ltd 322–325.

[4] Prokosch H-U, et al. (1995) MDD-GIPHARM: Design and Realization of a Medical Data Dictionary for Decision Support Systems in Drug Therapy. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie, 26 (3) 1995, 250–261.

[5] Bürkle T, Prokosch H-U, Dudeck J (1996) Steps towards Integration of Knowledge Based Functions into a Hospital Information System. In: Brender J et al. (eds) Medical Informatics Europe '96 Proceedings Kopenhagen, IOS Press Amsterdam 286–290.

[6] Shortliffe EH (1991) Knowledge-Based Systems in Medicine. In: Adlassnig K-P et al (Hrsg): MIE 91 – 10th congress of the European Federation for Medical Informatics, Vienna. Springer-Verlag, 5–9.

[7] Wong ET et al. (1994) Interfacing a Stand-Alone Diagnostic Expert System with a Hospital Information System. Comp Biomed Res 27 1994, 116–129.

[8] Bergeron B (1991) Iliad: A diagnostic Consultant and Patient Simulator. MD Comput 1 1991, 46–53.

[9] Timpka T (1994) The Health Care Crisis: End or Beginning of the Heyday of Medical Decision Support Systems ? Meth Inform Med 33 1994, 332–335.

[10] Sumner II W, Shultz EK (1992) Expert Systems and Expert Behavior; J Med Sys 5 1992, 183–191.

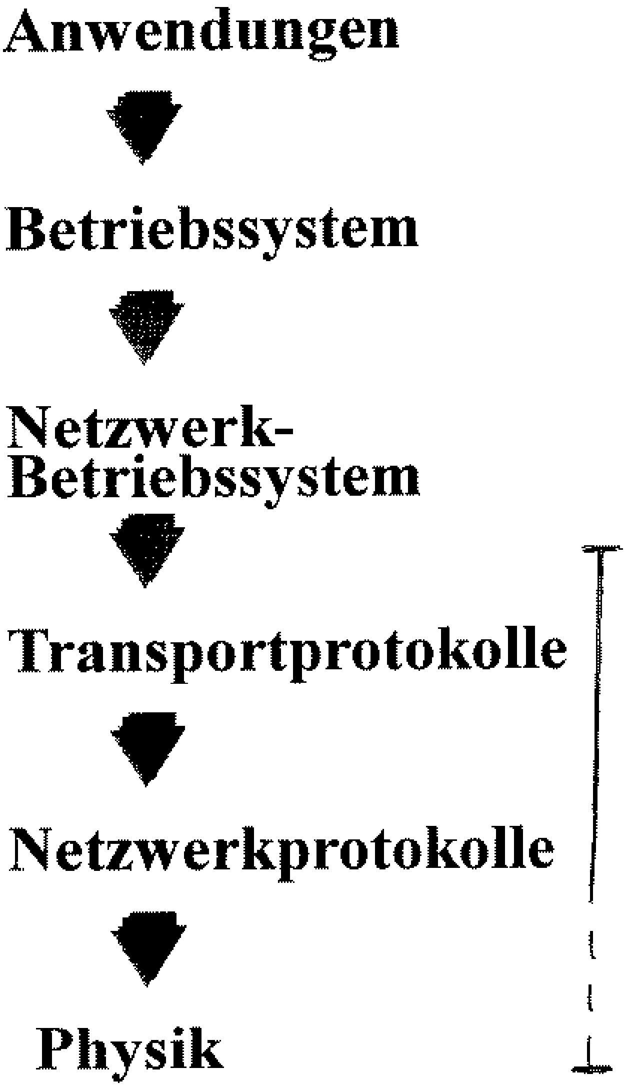
[11] Clancey WJ, Shortliffe EH (1984) Introduction: Medical Artificial Intelligence Programs In Clancey WJ, Shortliffe EH (Hrsg) Readings in Medical Artificial Intelligence – The First Decade. Addison-Wesley 1–17.

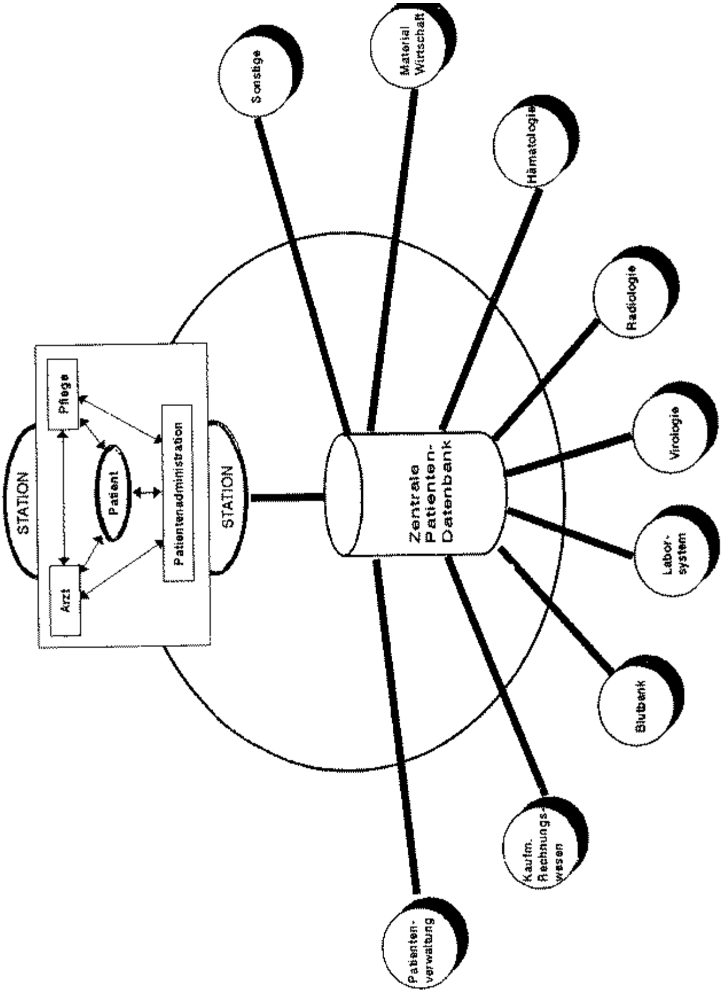
Netzwerkstruktur und Datenkommunikation im Klinikum der Universität Gießen

Gerhard Junghans

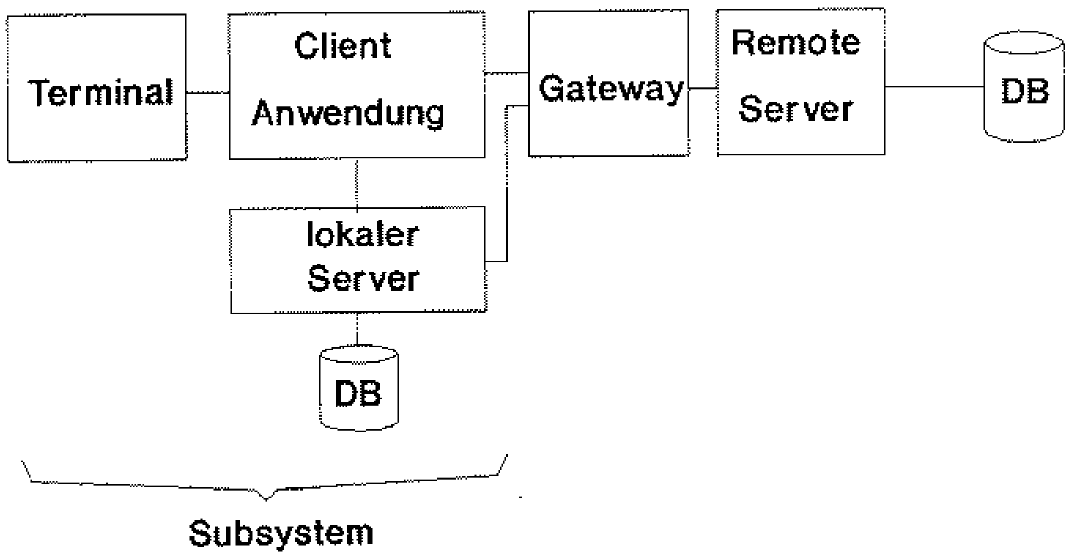
Klinikum der Universität Gießen
Abteilung für Klinische und
Administrative Datenverarbeitung
Gaffkystr. 9, D-35392 Gießen

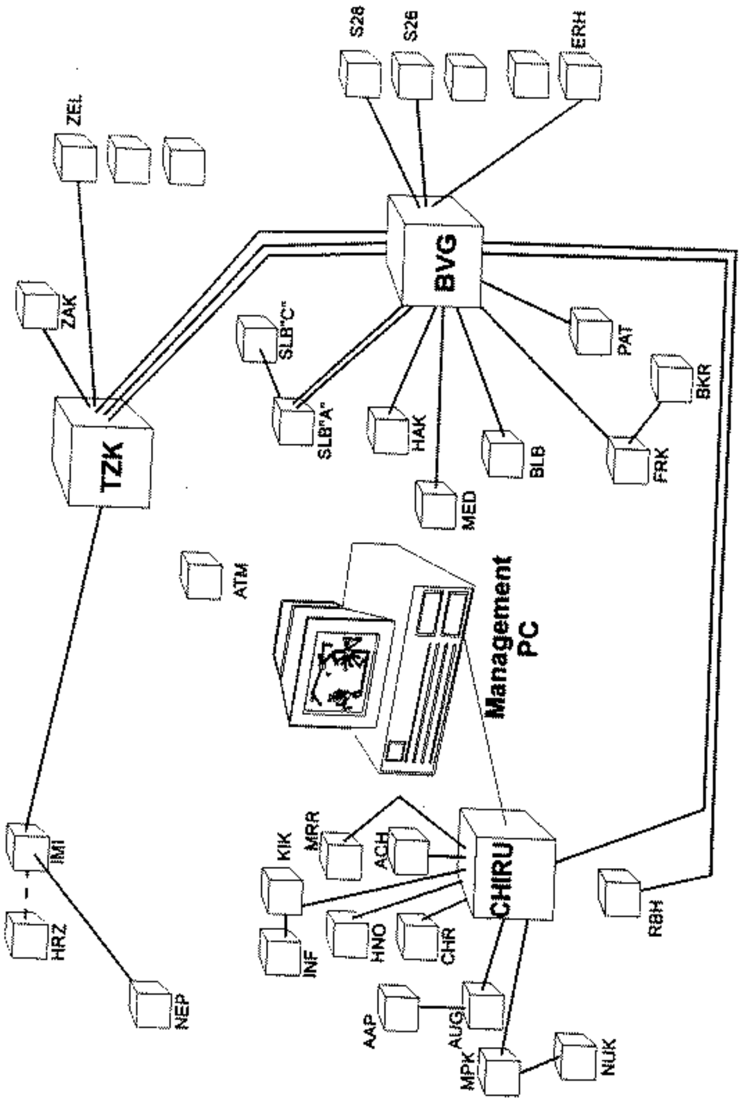
- Überblick
- Allgemeine Kommunikationsstruktur
- Netzstruktur
- Kommunikations-Protokolle
- Ausblick/Erweiterungen
- Anwendungen/Beispiele

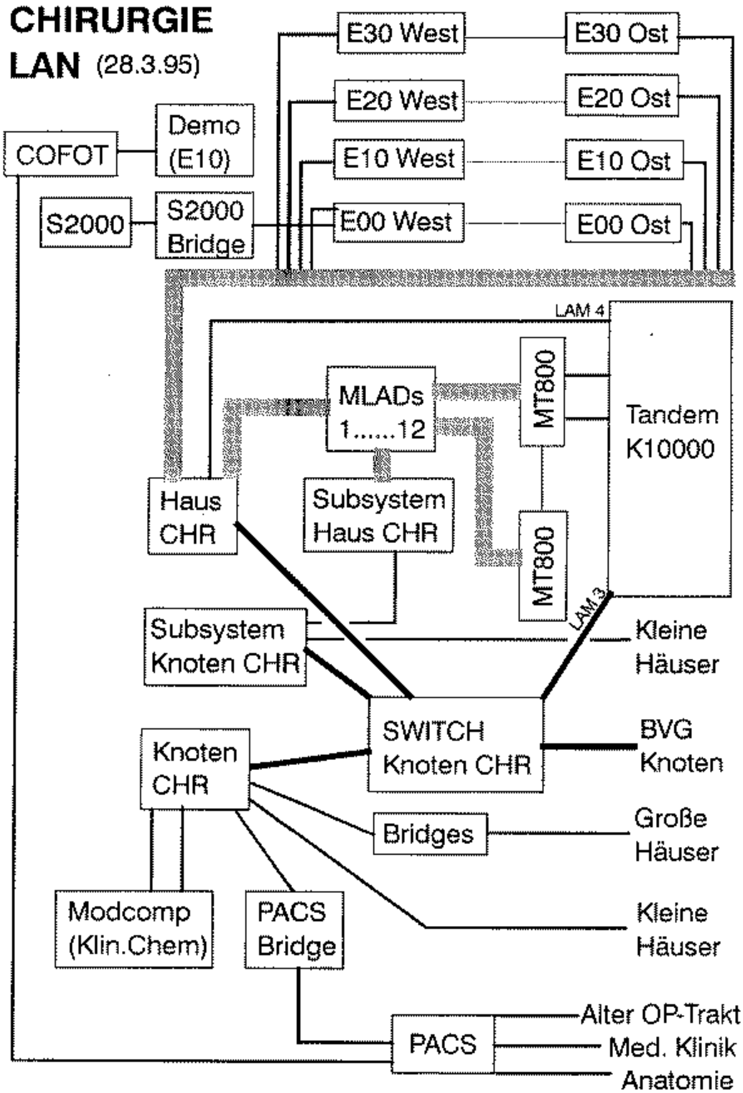

Anwendungen
Betriebssystem
Netzwerk-
Betriebssystem
Transportprotokolle
Netzwerkprotokolle
Physik


STATION
Pflege
Patient
Arzt
Patientenadministration
STATION
Zentrale Patienten-Datenbank
Sonstige
Material Wirtschaft
Hämatologie
Radiologie
Virologie
Labor-system
Blutbank
Kaufm. Rechnungs-wesen
Patienten-verwaltung

Subsystem - Struktur




TZK
BVG
CHIRU
Management PC
ZEL
ZAK
S28
S26
ERH
SLB"C"
SLB"A"
HAK
MED
BLB
PAT
BKR
FRK
ATM
IMI
HRZ
NEP
KIK
MRR
ACH
INF
HNO
CHR
AAP
AUG
MPK
NUK
RBH


CHIRURGIE
LAN (28.3.95)
E30 West
E30 Ost
E20 West
E20 Ost
Demo (E10)
COFOT
E10 West
E10 Ost
S2000
S2000 Bridge
E00 West
E00 Ost
LAM 4
MLADs 1......12
MT800
Tandem K10000
Haus CHR
Subsystem Haus CHR
MT800
LAM 3
Subsystem Knoten CHR
Kleine Häuser
SWITCH Knoten CHR
BVG Knoten
Knoten CHR
Bridges
Große Häuser
Kleine Häuser
Modcomp (Klin.Chem)
PACS Bridge
PACS
Alter OP-Trakt
Med. Klinik
Anatomie

Gießener Standards

<table>
<tr><td>7</td><td>TELNET</td><td>NFS</td><td>NOVELL</td><td>MSNET</td><td>Tandem-
PC-Koppl.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">TCP/IP</td><td>IPX</td><td colspan="2">NETBIOS</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="5">ETHERNET</td></tr>
</table>

Alternativen:

Ethernet <---------> Token Ring

Cheapernet <---------> Twisted Pair

Novell <---------> LAN-Manager

DOS, UNIX <---------> OS/2

Topologie:

Außer-Haus-Verkabelung: LWL

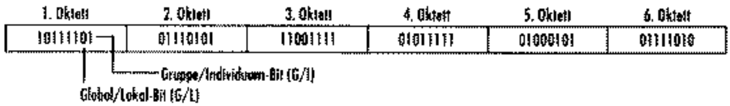
In-Haus-Steigebereich: LWL oder Cheapernet

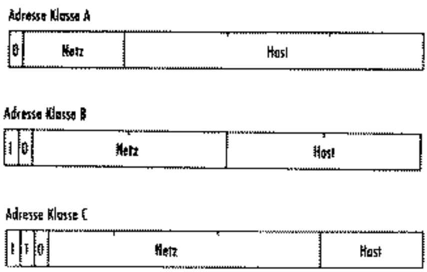
Etagenverkabelung: Cheapernet, (Twisted pair)

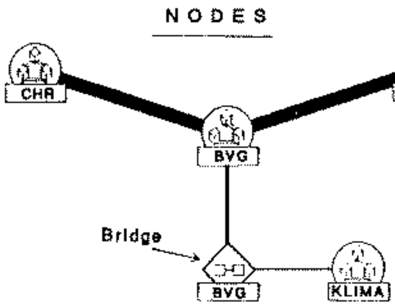
Kommunikationsschichten

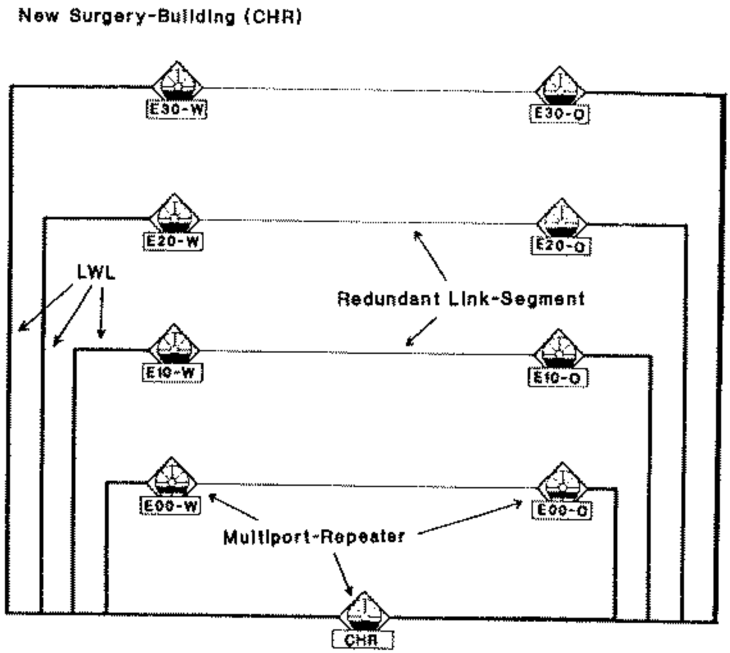
↑	Höhere Schichten HL-....	HL-7
4	Transportschicht	TCP
3	Netzwerkschicht NETWORK	IP IPX
2	Datenverbindungsschicht DATA LINK	802.3 Ethernet
1	Physikalische Schicht	FOIRL

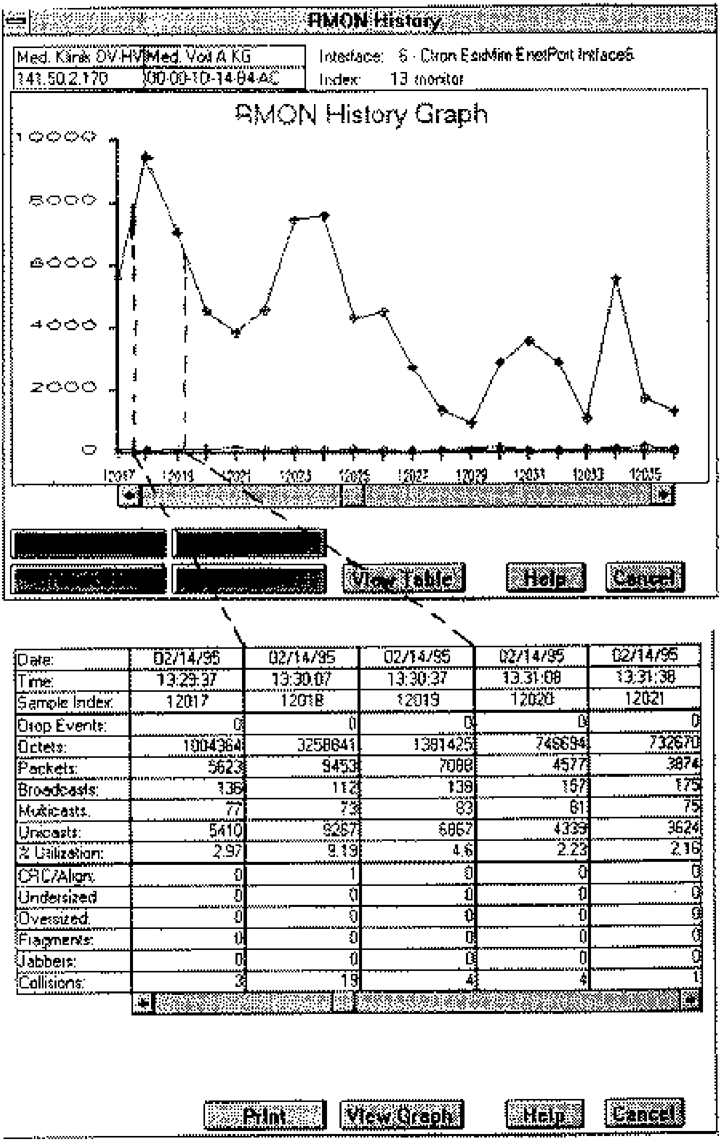
Adressen :






NODES
CHR
TZK
BVG
Bridge
BVG
KLIMA


New Surgery-Building (CHR)
E30-W
E30-O
E20-W
E20-O
LWL
Redundant Link-Segment
E10-W
E10-O
E00-W
E00-O
Multiport-Repeater
CHR



Date:	02/14/95	02/14/95	02/14/95	02/14/95	02/14/95
Time:	13:29:37	13:30:07	13:30:37	13:31:08	13:31:38
Sample Index:	12017	12018	12019	12020	12021
Drop Events:	0	0	0	0	0
Octets:	1004364	3258641	1391425	748694	732670
Packets:	5623	9453	7088	4577	3874
Broadcasts:	136	112	138	157	175
Multicasts:	77	73	83	81	75
Unicasts:	5410	9267	6867	4339	3624
% Utilization:	2.97	9.19	4.6	2.23	2.16
CRC/Align:	0	1	0	0	0
Undersized	0	0	0	0	0
Oversized:	0	0	0	0	9
Fragments:	0	0	0	0	0
Jabbers:	0	0	0	0	0
Collisions:	3	19	4	4	1

Steigerung der Übertragungsbandbreite

Gründe:

- Neue und komplexere Datentypen
- Schnellere Desktops
- Mehr verteilte Anwendungen (Client-Server)

Methoden:

> Bridging
> Backbone
> beides
> neue "Hub"-Technologie

-> Virtuelles LAN (VLAN), mapped in Physik
Umzüge sind kein Problem mehr,
Server können im Rechnerraum stehen,
werden log. zugeordnet

Produktspezifisch:

- FDDI 100 MB/s
- Fast Ethernet 100 MB/s vs. switched Ethernet
- ATM 45MB/s, 155 MB/s +

Technologie-spezifisch:

- switched network	circuit switched: n x 64 KB/s
	Packet switched : X25
	Switched Ethernet
	cell switched : ATM
- shared network	

- Circuit based vs. Packed based World
  ATM verbindet.

GISNET

(1) WING (5) KLIN. ANWENDUNGEN
(2) PILS (6) INFO-SYSTEME
(3) NOVELL (7) LEHR-/LERN-SYSTEME
(4) CD-ROM (8) GISNET/WING-INFO

Wählen Sie eine Anwendung ( )

LEHR- UND LERN-SYSTEME

Zum Aufruf der Programme POLY-TRAUMA und HERZSTILLSTAND benötigen Sie ein Passwort aus dem jeweiligen Benutzerhandbuch. Diese Handbücher können Sie über Ihr Abteilungs-Sekretariat bei der AGMA (Tel 2680) anfordern.

(1) POLY-TRAUMA (2) HERZSTILLSTAND
(3) KARD-NOTFÄLLE (4) ABDOMINAL PAIN
(5) REANIMATION (6) PHYSIOL. FRAGEN

(9) ENDE

Wählen Sie eine Anwendung ( )

INFORMATIONS-SYSTEME

(1) ROTE LISTE (2) DB-FAHRPLAN
(3) ROCHE LEXIKON (4) POSTLEITZAHLEN
(5) DIAGNOSIS (6) SPEISENPLAN Cafeteria

(9) ENDE

Wählen Sie eine Anwendung ( )

Teilnehmerverzeichnis

Dipl.-Phys. Günter Bläser

Dipl.-Math. Thomas Buchholz

Dr. Thomas Bürkle

Prof. Dr. Joachim Dudeck

Univ.-Dozent Dr. Thomas Eiter

Dr. Thomas Göddenhenrich

Dipl.-Kfm. Peter Gomber

Prof. Dr. Christoph Heiden

Prof. Dr. Sigbert Jaenisch

Dipl.-Phys. Volker Jaenisch

Prof. Dr. Andreas Jucker

Dr. Gerhard Junghans

Dipl.-Phys. Marc v. Kreutzbruck

Prof. Dr. Henner Kröger

Dipl.-Inform. Clemens Kujawski

Dr. Martin Kutrib

Prof. Dr. Franz-Joseph Meißner

Dr. Achim Michel

Dipl. oec. troph. Peter Muthmann

Dipl.-Math. Jörg Richstein

Prof. Dr. Christof Weinhardt

Dipl.-Ing. agr. Volker Weyland

Prof. Dr. Otto Winkelmann

Prof. Dr. Dr.h.c. Miklós Géza Zilahi-Szabo (verhindert)