

KfK 4878

Mai 1991

**20 Jahre
Institut für
Datenverarbeitung in der Technik
im Kernforschungszentrum
Karlsruhe**

H. Trauboth, U. Voges (Hrsg.)
Institut für Datenverarbeitung in der Technik

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Datenverarbeitung in der Technik

KfK 4878

20 Jahre

**Institut für Datenverarbeitung in der
Technik**

im Kernforschungszentrum Karlsruhe

H. Trauboth, U. Voges (Hrsg.)

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

20 Jahre Institut für Datenverarbeitung in der Technik im
Kernforschungszentrum Karlsruhe

Der Werdegang des IDT von seiner Gründungsidee bis zu seinem heutigen Arbeitsfeld wird dargestellt. Dabei wird zunächst in einem Überblick auf die wichtigsten Ereignisse und Ergebnisse während der 20jährigen Geschichte des IDT eingegangen. Anschließend werden die wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der einzelnen Abteilungen wiedergegeben. Der Anhang enthält einige statistische Daten über die Entwicklung des IDT.

Abstract

20 Years Institute for Industrial Data Processing within the
Nuclear Research Center Karlsruhe

The development of the IDT is described from its foundation to its current working environment. First, an overview on the most important events and results of the 20 year history of the IDT is presented. Then, the main topics of research and development within the individual departments are explained. Finally, the appendix contains some statistical data on the development of the IDT.

Vorwort

In den 20 Jahren des Bestehens des Instituts für Datenverarbeitung in der Technik (IDT) und im Wirken seiner Mitarbeiter spiegeln sich auch 20 Jahre Geschichte der Informationstechnologie wider. 1970 gab es in Deutschland noch keinen an einer deutschen Hochschule ausgebildeten Informatiker; 1971 kamen die ersten diplomierten Informatiker Deutschlands von der Universität Karlsruhe und nicht wenige von ihnen wurden Mitarbeiter des IDT. Heute hat fast jede Hochschule mehrere Informatik-Lehrstühle; an manchen Technischen Universitäten zählt der Informatik-Fachbereich zu den größten Fachbereichen, der professionelle Informatiker zu Tausenden ausbildet. 1971 bestanden die in der Technik eingesetzten Rechner meist aus teuren mittelgroßen Einzelrechnern. Heute werden viele verteilte billige Mikrorechner zu umfassenden verteilten Systemen vernetzt, die komplexere Aufgaben wesentlich schneller bewältigen.

Die Datenverarbeitung wurde im Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) bereits seit Anfang der 60er Jahre zur Unterstützung der Physiker, Chemiker und Ingenieure für wissenschaftlich-technische Berechnungen und für die Meßdatenerfassung und -auswertung im Rechenzentrum intensiv eingesetzt. Schon bald wurde erkannt, daß eine eigenständige Forschung und Entwicklung (FuE), die zu sicheren integrierten Datenverarbeitungs-Systemen, sogenannten Prozeßrechensystemen, führt, vor allem für kerntechnische Anwendungen notwendig war. Zu diesem Zweck wurde 1971 im Rahmen des 2. Datenverarbeitungsprogramms der Bundesregierung das Institut für Datenverarbeitung in der Technik im Kernforschungszentrum Karlsruhe auf Initiative von Prof. G. Krüger gegründet. Die Ziele des Instituts waren anfangs auf die FuE grundlegender Methoden für den Aufbau von Betriebssystem-Software und von verteilten Prozeßdatenverarbeitungssystemen ausgerichtet. Ab 1974 verlagerte sich der Schwerpunkt auf die FuE der rechnergestützten bedienerfreundlichen Automatisierung technischer Anlagen mit hohen Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen mittels Mini- und Mikrorechnersystemen zur Unterstützung der KfK-Projekte. Systemlösungen, d.h. Hardware-Architektur und Software, werden bis zur Prototypenstufe an Versuchsanlagen realisiert und erprobt.

Mit dieser Zielsetzung steht das IDT zwischen Industrie und Universität. Auch in der praxisnahen Ausbildung von Studenten der Universität, Fachhochschule und Berufsakademie sowie von Auszubildenden kommt dies zum Ausdruck, wie die Dissertationen, Diplom- und Studienarbeiten belegen.

Diese Zielsetzung wurde bis heute konsequent verfolgt, wobei sich durch den rasanten Fortschritt der Informationstechnologie laufend neue Möglichkeiten zur Problemlösung eröffneten. So ist die seit Gründung des IDT bearbeitete FuE-Thematik "Verteilte DV-Systeme" heute mit zunehmender Vernetzung vieler unterschiedlicher Systemkomponenten besonders aktuell. Änderungen gab es in den Anwendungsbereichen der entwickelten DV-Systeme wegen des Wandels der Arbeitsschwerpunkte des KfK. Aufgrund der systematischen Arbeitsweise des IDT, die sich an grundlegenden Informatik-Methoden orientiert, sowie durch Engagement und Flexibilität der Mitarbeiter konnte das in den kerntechnischen Anwendungen erworbene Know-how weitgehend für die Lösung der neuen nicht-nuklearen Problemstellungen übernommen werden.

Dieser Bericht soll einen Abriß der 20-jährigen Entwicklung des IDT geben, die durch die Mitarbeit in fast allen Arbeitsschwerpunkten des KfK und durch die Evolution der Informationstechnologie geprägt ist. Es soll aufgezeigt werden, welche Leistungen das IDT für den Fortschritt der angewandten Informatik und für die wissenschaftlich-technischen Beiträge des KfK erbracht hat. Diese Leistungen sind das Werk all der Mitarbeiter, die innerhalb des Instituts und mit den vielen Anwendern gut zusammengearbeitet und um optimale Systemlösungen für den jeweiligen Benutzer und Bediener gerungen haben.

Der Bericht wendet sich an die Mitarbeiter des KfK, auch an die, die mit der Informatik nicht so vertraut sind, und an unsere Fachkollegen außerhalb des KfK, denen ein kurzer Einblick in das Wirken des IDT seit seiner Gründung gewährt wird. Der Bericht kam durch Mitwirken mehrerer Mitarbeiter des Instituts zustande, denen ich hierfür herzlich danke.

H. Trauboth

Mai 1991

Inhalt

Zur Vorgeschichte ersten Aufbauphase des Instituts für Datenverarbeitung in der Technik bis zum Jahr 1974	1
G. Krüger	
Die Entwicklung des Instituts für Datenverarbeitung in der Technik von 1974 bis 1991	7
H. Trauboth	
FuE-Arbeiten der Abteilung 'Mikrosystem-Informatik'	16
H. Eggert, U. Voges	
Abteilung Steuerungssysteme und Kommunikation (SK)	25
E. Holler	
Industrielle Handhabungssysteme	47
M. Lawo	
FuE-Arbeiten der Abteilung 'Umweltinformatik'	55
A. Jaeschke	
Mathematische Modellierung als wichtiger Bestandteil der Datenverarbeitung in der Technik.	64
E. Gabowitsch	
PROSA, MEMO und STATIV - Zehn Jahre FuE-Arbeiten im IDT zur Kernmaterialüberwachung.	77
R. Seifert	
Technische Infrastruktur.	84
R. Merkel	
Anhang.	87
U. Voges	

Zur Vorgeschichte und ersten Aufbauphase des Instituts für Datenverarbeitung in der Technik bis zum Jahr 1974

G. Krüger

Institut für Telematik
Universität Karlsruhe

Unter der Schlagzeile "Forschung in der Informatik" und dem Untertitel "Ein Institut für Datenverarbeitung in der Technik wurde gegründet" veröffentlichten die Badischen Neuesten Nachrichten (BNN) am 28.12.1970 einen zweispaltigen Bericht aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe.

Auf der Basis einer Pressemitteilung der damaligen Gesellschaft für Kernforschung, die das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrieb, wurden Motive und Zielsetzungen des frischgebackenen IDT wie folgt beschrieben:

"Ausgehend von den Erfahrungen des Kernforschungszentrums in der Datenverarbeitungsanwendung für Kernphysik, Kerntechnik, rechnergestützter Meßtechnik und Systemanalyse soll das Institut über die Kernforschung hinaus Grundlagenwissen für zukunftsorientierte Anwendungen, besonders im industriellen Produktionsbereich und in der Labor- und Versuchstechnik erarbeiten. Die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben werden von interdisziplinären Arbeitsgruppen aus Fachleuten der Datenverarbeitung (Informatik) sowie der Meß-, Regelungs- und Prozeßtechnik unter beratender Mitwirkung erfahrener Spezialisten aus der Industrie durchgeführt.

Die Planungen sind mit dem 2. Förderungsprogramm Datenverarbeitung des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft abgestimmt. Eine enge Zusammenarbeit und Aufgabenteilung mit der Universität Karlsruhe und anderen Forschungseinrichtungen ist in Vorbereitung. Die Arbeiten werden insbesondere in engem Kontakt mit industriellen Herstellern und Anwendern von Datenverarbeitungssystemen abgestimmt und nach den gewonnenen Erfahrungen und neuen Anforderungen weitergeführt werden."

Der Bericht zum 20-jährigen Bestehen des Instituts bietet die Möglichkeit, das heutige Programm und die Leistungen des IDT mit den Gründungsideen über eine große Zeitspanne hinweg zu vergleichen, wobei sich alle Beteiligten bewußt sind, daß diese zwei Jahrzehnte in der Informatik und Informationstechnik welt-

weit nicht gerade stetig, sondern hektisch, in großen Entwicklungssprüngen verlaufen sind.

Der vorliegende Beitrag wird sich allerdings nicht der sicher reizvollen Aufgabe unterziehen, die damaligen Vorstellungen und Ideen mit der heutigen Wirklichkeit zu messen und richtige Vorhersagen und sicher auch Irrtümer aus der heutigen Sicht zu beschreiben und zu kommentieren. Er soll vielmehr ein wenig Vor- und Frühgeschichte des IDT beschreiben, wobei dem Verfasser, der hier auch ein Stück Lebensweg darstellen muß, eine gewisse, schon durch die Erinnerung vorgegebene Subjektivität gestattet sein sollte.

Für die Vor- oder Gründungsgeschichte des IDT sind sicher zwei Linien zu betrachten: Einmal die große Politik oder genauer gesagt die internationalen Technologieentwicklungen der sechziger Jahre und die Widerspiegelungen in der Forschungs- und Technologiepolitik der Bundesregierung und die kernforschungszentrums-internen Entwicklungen, die es überhaupt ermöglichten, ein Forschungsinstitut der Datenverarbeitung in der KfK zu gründen.

Beginnen wir mit der (technologie-) politischen Gesamtsituation, in die das IDT hineingeboren wurde: Zwischen den großen Industrienationen, insbesondere zwischen den beiden Weltmächten USA und Sowjetunion herrschte - bei nachlassender weltpolitischer Spannung (Ende des Kalten Krieges, Entspannungspolitik) - ein scharfer technologischer Wettbewerb. Die USA hatten durch ihr Apolloprogramm mit der Landung des ersten Menschen auf dem Mond ihr Sputnik-Trauma überwunden und waren in vielen Gebieten, die wir heute High Tech nennen, zur technologischen Führungsmacht aufgestiegen. Die Bundesrepublik, von Europa war zu dieser Zeit noch nicht soviel die Rede, sah sich dabei besonders in der Computertechnik (DV-Anlagen) und ihren Anwendungen bedroht; das eingangs zitierte 2. DV-Programm 1971-75 sprach gar von einer "monopolartigen Vormachtsstellung amerikanischer Unternehmen in Europa", die es mit staatlicher Hilfe zu brechen galt. Zentrale Maßnahmen dazu waren: Die Unterstützung einheimischer DV-Hersteller und Software-Hersteller bei der Vergrößerung ihres Marktanteils, die Förderung der Ausbildung an den Hochschulen durch ein überregionales Forschungsprogramm Informatik (ÜRF) mit der Unterstützung der breiten Einführung eines Studiengangs Informatik und die Erschließung neuartiger DV-Anwendungen. Im letzten Bereich war der Schwerpunkt "Prozeßlenkung mit DV-Anlagen (Prozeßautomatisierung)" angesiedelt, der im wesentlichen zwei Maßnahmen umfaßte: Die Einrichtung eines Instituts für Datenverarbeitung in der Technik - IDT - und die Übernahme der Projektträgerschaft "Prozeßlenkung mit DV-Anlagen" - PDV - (heute Projektträger

“Fertigungstechnik” - PFT -) in Verbindung mit diesem Institut. Für die grundlegende DV-Forschung und die nicht-technischen DV-Anwendungen, bevorzugt im öffentlichen Bereich, war die kurz vor dem IDT gegründete Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) als weitere Großforschungseinrichtung im 2. DV-Programm vorgesehen.

Kommen wir jetzt zu den Entwicklungen innerhalb des KfK, die als Grundlage für die Entscheidung der Bundesregierung anzusehen waren, ab 1971 einen Schwerpunkt der Technischen Datenverarbeitung in das Zentrum zu legen. Ausgangspunkt für die breite Erfahrung des KfK in der Automatisierung von Meß-, Steuer- und Laborprozessen waren die hochqualifizierten kernphysikalischen, kernchemischen und kerntechnischen Meßtechniken, die im Rahmen der kernforschungs- und kerntechnischen Arbeiten im KfK in den sechziger Jahren gesammelt wurden. Besonders die vieltägigen Dauerexperimente am Forschungsreaktor FR2 “rund um die Uhr” zwangen schon früh zu einer hochautomatisierten Meßdatenerfassung und -verarbeitung. So wurde erstmals in Europa durch das Institut für Angewandte Kernphysik (IAK) ein volltransistorisierter Kleinrechner als unbedient arbeitende Meßdatenerfassungsanlage im Dauerbetrieb eingesetzt, für die die gesamte Koppel Elektronik und die Realzeit-Betriebssystem- und Anwendungssoftware im IAK entwickelt wurde. Auch die Anfang 1967 als Projekt und 1968 als Abteilung eingerichtete Datenverarbeitungszentrale (DVZ) (heute Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung HDI) hatte mit dem Bereich DVZ II eine starke auf die Laborautomatisierung, Realzeit-DV und Datenübertragung ausgerichtete prozeßtechnische DV-Komponente. In diesem Kontext war es bei dem frühen Stand der Prozeßrechen-technik und Realzeitdatenverarbeitung ganz natürlich, daß von der jungen Mannschaft des DVZ auch grundsätzliche über den konkreten Anwendungsfall hinausgehende Forschungsarbeiten durchgeführt wurden, die in das Gebiet der zu dieser Zeit sich bei uns entwickelnden Wissenschaftsdisziplin Informatik fielen.

Mit der Gründung des IDT wurde eine Gruppe von ca. 20 Mitarbeitern mit ihren Forschungsthemen aus der Datenverarbeitungszentrale in das neue Institut übernommen, diese Mannschaft der ersten Stunde hatte noch für lange Zeit maßgeblichen Anteil an der Gestaltung des neuen Instituts.

Es tat dem Pioniergeist und der Aufbruchstimmung keinen Abbruch - eher im Gegenteil -, daß das Institut in dem erst wenige Jahre zuvor bezogenen Gebäude der DV-Zentrale Platz machen mußte und in eine Baubaracke umsiedelte. In keiner Zeit später war vermutlich die Kommunikation zwischen den Institutsangehörigen so intensiv wie zu dieser Barackenzeit, nicht zuletzt deswegen, weil

ein einigermaßen laut geführtes Gespräch auch bei geschlossenen Türen zur Direktinformation in der halben Baracke mitgehört werden konnte.

Die fachlichen Themen des neuen Instituts schlossen sich naturgemäß an die bereits im Rahmen des DVZ durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an.

Sie wurden in zwei Vorhabengruppen gegliedert:

1. Rechnerstrukturen und Betriebssysteme für Prozeßaufgaben und

2. Laborautomatisierung

Die Vorhabengruppe **Rechnerstrukturen und Betriebssysteme** studierte unterschiedliche - damals brandneue - Ansätze für realzeitfähige Mehrrechnersysteme und entsprechende Betriebssystemstrukturen mit adaptiven Eigenschaften. Nachdem sowohl in der Bundesrepublik als auch international mehrere Hersteller bei der Entwicklung vermarktungsfähiger Mehrprozessor-Systeme erhebliche Rückschläge hinnehmen mußten, wuchs das Interesse an neuartigen Konzepten für modulare DV-Systeme, die nur aus einer systematischen Grundlagenforschung in der Informatik entwickelt werden konnten.

Durch eine enge Zusammenarbeit mit Forschungsgruppen in der Industrie, besonders mit dem Thomas Watson Research Center, Yorktown Heights, im US-Bundesstaat New York, konnte sehr schnell der Anschluß an den Spitzenstand der internationalen Forschung auf dem Gebiet neuartiger, sehr systematisch aufgebauter Betriebssystemkonzepte für Mehrprozessoranlagen gefunden werden. Die Entwicklung hardwarenaher Elementarfunktionen für Prozeßrechnerbetriebssysteme durch das Institut hat entscheidend die Betriebssystem-Standardisierung im Prozeßrechnerbereich durch die nationalen Normungsinstitutionen geprägt.

Ein zweiter Schwerpunkt der Informatikforschung des IDT in seiner Gründerphase war die Verkopplung von Rechnern zu Mehr- oder Vielrechneranlagen. Der Gedanke des Rechnerverbundes, heute unter dem Begriff "Verteilte (Rechner-) Systeme" ein zentrales Gebiet der Informatikforschung und -praxis wurde im DVZ/IDT bereits 1968/69 aufgegriffen. Die im KfK durchgeführten Arbeiten zum Rechnerverbund, die ebenfalls von Anfang an eng mit industriellen Partnern, besonders dem bereits genannten IBM-Forschungsinstitut ausgeführt wurden, gehören mit Sicherheit zu den ersten erfolgreichen Forschungsansätzen in der damaligen Bundesrepublik. So wurde das erste deutschsprachige Fachbuch zum Thema Rechnernetze / Rechnerverbund von zwei IDT-Autoren verfaßt.

Das zweite Standbein des IDT in den Jahren 1971 bis 1974 war die **rechnergestützte Laborautomatisierung**. Hervorgegangen aus Entwicklungsarbeiten für rechnergeführte Experimentsteuerungen im DVZ, z. B. der Anlage CALAS (Computer Aided Laboratory Automation System) für das KfK und NICOLE für die Experimentdatenerfassung und -auswertung am Hochflußreaktor Grenoble, wurden über den praktischen Einsatz dieser Anlagen hinaus grundlegende anwendungsorientierte Fragen der Realzeit-DV-Anwendungen behandelt.

Eine längere Bearbeitungstradition hatte bereits das Thema Realzeit-Programmiersprachen, mit der im DVZ/IDT entwickelten Experimentiersprache EXOS (Experimentorientierte Sprache), die ein wesentlicher Ausgangspunkt für die im 2. DV-Programm nachdrücklich geförderte Realzeitsprache PEARL war.

Nachdem ein Teil der Laborautomatisierungsvorhaben beim DVZ verblieben war, konzentrierte sich das IDT Anfang der siebziger Jahre sehr erfolgreich auf die "Chemische Datenverarbeitung". Zwei nach außen wirkende Ereignisse seien hier stellvertretend für die frühe Anerkennung der Arbeit der Automatisierungsgruppen erwähnt: Die Demonstration der Fernbedienung und Meßdatenauswertung eines Karlsruher Kernresonanzspektrometers und anderer KfK-Anlagen (z. B. Wasserturm) auf der Interkama 71, mit Anschluß der auf der Messe operierenden interaktiven Bildschirme über Telefon-Datenfernverarbeitung an die CALAS-Anlage des KfK, zweitens die maßgebliche Einbringung der Laborautomatisierungserfahrungen in die Arbeitsgruppe "Automatisierung physikalisch-chemischer Großmeßgeräte der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)".

Die Mitarbeit in Gremien und Arbeitsgruppen der DFG ist nur ein Beispiel für das von Beginn an sehr intensive Engagement des IDT in der wissenschaftlichen Welt. Weitere Aktivitäten umfassen die Zusammenarbeit und Beratung der Max-Planck-Gesellschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft, die Mitwirkung in Standardisierungs- und Normungsgremien und in den Arbeitsgruppen und Fachausschüssen wissenschaftlicher Gesellschaften (z.B. VDI, VDE, GI).

Ein besonderer Einsatz im Beratungswesen wurde für das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (heute BMFT) durch das Institut geleistet. Besonders hervorzuheben ist hierbei die umfangreiche Starthilfe, die das IDT für die Projektträgerschaften "Prozeßlenkung mit DV-Anlagen" und später "Rechnerunterstütztes Konstruieren" leistete. Die Projektträgerorganisation wurde zwar bereits nach kurzer Zeit aus dem Institut ausgegliedert und verselbständigt, doch hat, insbesondere bei der Organisation der wissenschaftlichen Arbeit und der Etablierung des Projektträgers in der fachlichen Welt der Prozeßautomatisierer, das

IDT sehr eng mit der Projektleitung kooperiert und auch eine Reihe von Einzelvorhaben im Projektrahmen durchgeführt.

Eine andere, bereits im Gründungsauftrag geforderte, und auch tatsächlich sehr fruchtbare Kooperationsbeziehung bestand und besteht mit der Universität Karlsruhe. Durch die Berufung des Verfassers dieses Beitrags auf einen der ersten Lehrstühle für Informatik an der Karlsruher Universität konnte sich das Institut schon von 1971 an am Aufbau der Karlsruher Informatik beteiligen. Umgekehrt gaben Karlsruher Professoren den jungen Wissenschaftlern des IDT viele Anregungen und fachliche Unterstützung. So konnte bereits im Sommer 1971 die erste Informatik-Diplomarbeit im IDT abgeschlossen werden. Die erste Promotion gab es 1973. Ab Mitte der siebziger Jahre manifestierten sich die wissenschaftlichen Leistungen der Mitarbeiter des IDT und die damit verbundene Anerkennung in der Hochschulwelt nicht zuletzt in mehr als 15 Berufungen auf Professorenstellen an Universitäten und Fachhochschulen.

Mit dem Eintritt von Herrn Dr. Trauboth im Frühjahr 1974 und dem Bezug des IDT-Neubaus war die 1. Aufbauphase des Instituts auch nach außen hin deutlich sichtbar abgeschlossen.

Die Entwicklung des Instituts für Datenverarbeitung in der Technik von 1974 bis 1991

H. Trauboth

Thematische Ausrichtung

Mit der Berufung von Dr. Trauboth aus einem amerikanischen NASA-Raumfahrt-Forschungszentrum zum Leiter des Teilinstituts II im Jahre 1974 wurde die bereits eingeleitete FuE-Arbeit für die KfK-Projekte verstärkt. Die FuE-Aufgaben orientierten sich damit zunehmend an den Problemstellungen der kerntechnischen Projekte Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung (PWA), Spaltstoffflußkontrolle (PSpFK) und Schneller Brüter (PSB), die durch die Energiekrise 1973 und den Beschluß der Bundesregierung, die Kernenergie auszubauen, hohe Priorität im KfK hatten. Nach Auflösung des Arbeitsschwerpunktes Datenverarbeitung und Systemanalyse (DVSYS) im Jahre 1979 orientierte das IDT sein FuE-Programm ausschließlich an den KfK-Projekten, wobei es bei Änderungen der KfK-Arbeitsschwerpunkte seine Flexibilität bewies, schnell wichtige neue Aufgaben aufzunehmen. So unterstützte das IDT im Laufe der Jahre auch das Projekt Nukleare Sicherheit (PNS), das Projekt Kernfusion (PKF) und den Arbeitsschwerpunkt Kern- und Teilchenphysik (KTP). Seit 1984 engagiert sich das IDT zunehmend in den neuen nicht-nuklearen technologischen Schwerpunkten Projekt Schadstoffbeherrschung in der Umwelt (PSU), Hantierungstechnik (HT) und Mikrotechnik (MT).

Das IDT konzentrierte sich als Institut der Angewandten Informatik seit Beginn auf die Forschung und Entwicklung (FuE) im Bereich der Prozeßdatenverarbeitung (PDV), bei der DV-Systeme mit technischen Prozessen eng verkoppelt sind und in Realzeit arbeiten. Bereits 1975 widmete es sich der Lösung besonders wichtiger Probleme bei der

- Koordination von Daten- und Steuerfluß in Prozeßrechnersystemen bezüglich Betriebssystem und Rechnerverbund (Teilinstitut I);
- Erstellung von Software für Kleinrechner unter Berücksichtigung hoher Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen (Teilinstitut I u. II);
- Erschließung neuer Prozeßrechner-Anwendungen (Teilinstitut II).

Hierzu wurden integrierte PDV-Systeme entsprechend den Problemstellungen der KfK-Projekte und für deren Lösung notwendige Verfahren und Software-Werkzeuge erstellt.

Das IDT entwickelte methodisch fundierte und möglichst umfassende Problemlösungen für ein breites Anwendungsspektrum. Zuverlässigkeit, Ergonomie und Sicherheit der Systemlösungen standen dabei im Vordergrund. Diese Prozeßdatenverarbeitung ist gekennzeichnet durch ihre

- Systemarchitektur (inkl. Vernetzung) und Ankopplung an technische Anlagen;
- Anwendungs- und Bedienungssoftware;
- Software-Werkzeuge zur Entwicklung und Qualitätssicherung.

Die *Vorgehensweise* bei der Entwicklung solcher Softwaresysteme zeichnet sich dadurch aus, daß sie systematisch in mehreren spezifischen Schritten erfolgt und Software-Werkzeuge zur Analyse, Simulation, Programmierung und zum Testen erfordert. Während des Anfangs und am Ende einer Entwicklung ist eine besonders enge Zusammenarbeit mit dem Anwender erforderlich, der meistens kein DV-Fachmann ist.

Die wesentlichen Schritte sind:

- Planung (Anforderungsanalyse);
- Modellierung und Simulation von Konzepten und Entwürfen;
- Festlegung der Systemarchitektur und Systemschnittstellen (Hardware, Software);
- Software-Erstellung (Entwurf, Programmierung);
- Test- und Demonstration von prototypischen Systemlösungen;
- Übergabe an den Anwender (KfK, Industrie und Behörden).

Diese Schritte werden nach Änderungshäufigkeit der Anforderungen und nach Komplexität des Systems verschieden stark iteriert. Die Entwicklung solcher Systeme ist lebendig; aus erster Betriebserfahrung ergeben sich Verbesserungen und Erweiterungen, die dann zügig einzubauen sind. Die Planung mit abstrakten Objekten und die schrittweise Konkretisierung zu anwendungsorientierten Systemen führt zu offenen und weniger speziellen Systemen, die für ähnliche Anwendungen leichter abgeändert werden können.

Geschichtliche Entwicklung

1975 wurde das Realzeit-Betriebssystem CALAS als Standard-Betriebssystem für die AEG-Telefunken TR86-Rechnerlinie fertiggestellt. Die elementaren Koordinationsfunktionen wurden Grundlage der internationalen Normung für Prozeßrechner-Betriebssysteme. Kommunikationsverfahren für Rechnerver-

bundssysteme wurden zur Standardisierung für die AGF und des HMI-Verbundprojekts eingebracht. Die Entwicklung des Prozeßüberwachungssystems der TAMARA-Versuchsanlage im Institut für Heiße Chemie (IHCH) mit dem zentralen Rechnersystem CALAS wurde abgeschlossen; das System ging in die Erprobung über.

Das Ziel im *Anwendungsbereich* richtete sich nun auf die Erhöhung der Zuverlässigkeit und Sicherheit von nuklearen Wiederaufarbeitungsanlagen (WA) am Beispiel der Versuchsanlage Karlsruhe (WAK) und von schnellen Brutreaktoren am Beispiel der Versuchsanlage KNK durch den Einsatz von zuverlässigen Prozeßrechnersystemen. Es war bereits 1975 klar, daß die Informationsströme von der Leitwarte und dem Betriebslabor der WAK sowohl zur Betriebsführung wie zur Spaltstoffflußkontrolle in ihrer Gesamtheit herangezogen und ausgewertet werden müssen. Da die Verantwortlichkeiten aber getrennt waren, wurden die FuE-Vorhaben "WA-Prozeßüberwachung", "Laborautomation" und "Spaltstoffflußkontrolle" (später "Kernmaterialüberwachung") getrennt geführt. Die Datenflüsse dieser drei DV-Systeme PRODES, KALAU und KANIS wurden schrittweise zusammengeführt; sie dienen heute im Verbund der zuverlässigen und effizienten Prozeßüberwachung, Betriebsführung und Kernmaterialüberwachung in der WAK.

Die besonders hohen Sicherheitsanforderungen an das Schutzrechnersystem für einen Schnellen Brüter bedingten die Entwicklung besonderer Methoden und Werkzeuge sowie Konstruktionsrichtlinien für das DV-System und seine Software, die auch für den Sicherheitsnachweis gegenüber den Genehmigungsbehörden notwendig sind. 1975 zielte die FuE auf den Sicherheitsnachweis des Schutzrechnersystems BESSY (mit Siemens 330-Rechnern) des Schnellen Brüters in Kalkar. Bedingt durch die langjährigen politischen Schwierigkeiten bei der Genehmigung dieses Reaktors und die drastische Reduzierung der Schutzaufgaben seines DV-Systems, entwickelte das IDT ab 1979 ein eigenes redundantes Mehrrechnersystem MIRA mit diversitärer Software für Schutzaufgaben, wobei mehrere Mikrorechner eingesetzt wurden, die gerade marktreif geworden waren. Dieses System wurde über Lichtleiter mit dem KNK gekoppelt, um dessen Kern zu überwachen. Nach ausführlichen Tests lief dieses System zuverlässig über mehrere Jahre. Das zusammen mit der GRS Garching und dem TÜV Baden ausgearbeitete mehrschrittige Genehmigungsverfahren für die Software wurde wegen der Dringlichkeit anderer Aufgaben abgebrochen. Bis heute ist es in Deutschland nicht gelungen, die Sicherheit von Schutzrechner-Software ausreichend nachzuweisen. Aus dieser Erkenntnis wurde bis heute die Entwicklung formaler, mathematisch fundierter Methoden zur Beschreibung und Analyse

der Spezifikation, des Entwurfs und der Programmierung von hochzuverlässiger Software inkl. entsprechender Software-Werkzeuge (allerdings heute nur mit geringem Personalaufwand) verfolgt, die in Fachkreisen sehr beachtet wird.

1977 wurde die Gruppe "Mathematische Systemanalyse" (Leiter: Dr. R. Avenhaus, heute Professor an der Bundeswehrhochschule München) aus dem aufgelösten Institut für Angewandte Systemanalyse (IAS) übernommen und zur Abteilung "Mathematische Modelle" verstärkt, die sich dann der FuE mathematisch/statistischer Verfahren für die Kernmaterialüberwachung sowie die Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse kritischer technischer Anlagen verschrieb. Nach Ablehnung des Rufs auf einen Lehrstuhl für Informatik an der Universität Erlangen-Nürnberg wurde Dr. Trauboth 1978 zum Honorarprofessor der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe berufen. Nach dem Ausscheiden von Prof. Krüger aus dem KfK übernahm 1978 Prof. Trauboth die Gesamtleitung des IDT. Mit der Auflösung des KfK-Arbeitsschwerpunkts Datenverarbeitung und Systemanalyse (DVSYS) wurde 1979 die Abteilung "Betriebssysteme" thematisch wie personell aufgelöst, nachdem sein Leiter, Dr. Nehmer, eine Professur an der Universität Kaiserslautern übernommen hatte. Die methodenorientierten Arbeiten zum Thema "Verteilte Datenhaltung" wurden 1981 durch anwendungs-orientierte Arbeiten u.a. zur interaktiven Prozeßüberwachung eines prototypischen Verglasungsofens für hochaktive nukleare Abfälle (GRAVIS) im Institut Nukleare Entsorgung (INE) abgelöst.

Bei der Softwareentwicklung wurde angestrebt, neueste Dokumentations-, Entwurfs- und Programmierverfahren einzusetzen und abgrenzbare Subsysteme herauszulösen, um sie in anderen Vorhaben wiederzuverwenden. So entstand das weltweit erste relationale Datenbanksysteme für Minirechner, das auf FORTRAN basierende FADABS auf dem Siemens 330, das sowohl im DV-System zur Kernmaterialbilanzierung (KMÜ-System) KANIS in der Schnelle-Null-Energie-Anlage Karlsruhe (SNEAK) wie auch in der Prozeßüberwachung der WAK eingesetzt wurde. Das Graphiksystem GROOPI fand mehrfache Anwendung in Prozeßüberwachungssystemen (PRODES, GRAVIS).

Alle vom IDT entwickelten DV-Systeme wurden auf die besonderen Belange der unterschiedlichen Benutzer zugeschnitten; sie laufen dadurch zu deren vollen Zufriedenheit zuverlässig über viele Jahre. Das IDT hat die rechnergeführte Automatisierung in der WAK eingeführt und soweit ausgebaut, daß der zuverlässige und sichere Betrieb jederzeit den Überwachungsbehörden nachgewiesen werden und als Vorbild für eine große WA dienen kann.

Die Forderungen der KfK-Projekte auf dem Gebiet der Informationstechnologie nahmen von Anbeginn ständig zu, was auch dem Trend außerhalb der KfK in Forschung, Industrie und Wirtschaft entspricht. Das IDT bemühte sich, diese Forderungen - soweit wichtig, sinnvoll und im Einklang mit den verfügbaren Ressourcen - zu erfüllen. Die im Anhang aufgeführten Mitarbeiterzahlen zeigen, daß die erheblichen Kürzungen der Personal-Stammstellen durch Mitarbeiter mit Zeitverträgen (Nachwuchswissenschaftler, Doktoranden, Diplomanden und Auszubildende) soweit wie möglich kompensiert wurden. Dies wurde unterstützt durch das Engagement vieler IDT-Mitarbeiter, die Vorlesungen vorwiegend an Fachhochschulen und Berufsakademien abhalten sowie Dissertationen, Diplom- und Studienarbeiten, mathematische Assistenten(innen) und Auszubildende betreuen.

Die Zusammenarbeit mit der Universität Karlsruhe, Fakultäten für Informatik, Maschinenbau und Elektrotechnik, sowie mit einigen Universitäten außerhalb Baden-Württembergs erfolgte bisher vorwiegend über Dissertationen und Diplomarbeiten. Es wurde begonnen, diese Zusammenarbeit durch gemeinsame FuE-Verbundvorhaben zu verstärken.

"Philosophie" des IDT

Bei der Übernahme neuer FuE-Aufgaben wurden solche langfristigen Themen ausgewählt, die mehrere Anwendungsbereiche überdecken. So wurde die Bild-Analyse von Bildern aus der Experimentiereinrichtung Karlsruher Light Ion Facility (KALIF) des Instituts für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) im Rahmen des Arbeitsschwerpunktes Kern- und Teilchenphysik (KTP) begonnen, da in ihr Mustererkennungs- und Bildauswerteverfahren zusammen mit Mikroskop-Steuerungen entwickelt werden, die heute von großer Bedeutung auch für andere Bereiche, u.a. Mikrotechnik, sind, wie das Strukturvermessungssystem COSMOS-2D zeigt. Weitere Anwendungen liegen in der Handhabungstechnik. Das Gleiche gilt für den Einsatz und die Weiterentwicklung informationstechnologischer Werkzeuge wie z.B. sogenannte Expertensysteme, die Wissensbasen interaktiv verarbeiten und objekt-orientiertes Programmieren unterstützen. Diese Systeme werden mittlerweile für Entscheidungssysteme (XUMA für Altlastenbewertung), für Diagnose technischer Systeme (in Realzeit am KNK und zur Analyse von Robotern) und zur Planung/Entwurf von Mikrosystemen, also vielfältig, im IDT eingesetzt.

Aus dem Know-How der Entwicklung des Datenbanksystems FADABS erwuchs das umfassende dynamische Bilanzierungssystem KADABRA für die Hauptabtei-

lung Dekontaminationsbetriebe (HDB) zur Verfolgung nuklearer Abfallströme durch ihre vielfältigen verfahrenstechnischen Anlagen. Angelehnt an das KMÜ-System der SNEAK entstand das KfK-weite KMÜ-System K2 mit verteilten Personal Computern (PC) für die Hauptabteilung Sicherheit (HS).

Der Einsatz neuester DV-Technologie und ihre Anpassung an die Bedürfnisse der Anwendungen entspricht einem der Grundsätze des IDT. Damit gab das IDT auch Anstöße im gesamten KfK. So setzte das IDT bereits 1975 selbst entwickelte Mikrorechner ein und hielt dazu Schulungen in der Schule für Kerntechnik (SKT) ab. Das Testsystem RXVP wurde auf die Rechnerumgebung des HDI angepaßt. Für die Textverarbeitung und Vernetzung der KfK wurden umfangreiche Untersuchungen und Erprobungen durchgeführt, bevor sie KfK-weit installiert wurden. So war IDT der erste Anwender von PASCAL, UNIX, LISP und ADA im KfK, um nur einige herausstechende Sprach- und Betriebssysteme zu nennen. Auch in der technischen Infrastruktur schlägt sich diese Einstellung nieder.

Das IDT hat die neueste DV-Hardware eingesetzt, damit die von ihm entwickelte Software und Verfahren möglichst langlebig und fortschrittlich sind. So waren 1974 die drei im Verbund geschalteten VARIAN-Rechner die schnellsten mikro-programmierten Rechner, das ADAGE-System das beste Graphiksystem. Die im KfK ersten Transputer wurden in das Bildanalysesystem eingebaut, um die Rechenleistung drastisch zu erhöhen. Schon seit langem wurden verteilte DV-Systemstrukturen in Realzeit-Umgebung mit schnellen Bussen und Netzwerken eingesetzt und entsprechende Software entwickelt. Heute beherrschen leistungsstarke vernetzte Arbeitsstationen und PC's das Arbeitsinstrumentarium der IDT-Mitarbeiter.

Auch im Bereich mathematischer Modelle betrat das IDT 1975 Neuland und mußte dabei viel Überzeugungsarbeit leisten. So bei den Chemikern und Verfahrenstechnikern der Wiederaufarbeitung, als Modelle für die Dynamik chemischer Prozesse und verfahrenstechnischer Anlagen entwickelt und erstmals eingesetzt wurden. Die heute im IHCH anerkannte Entwicklung von chemischen Prozeßmodellen und ihre Simulation begann im IDT (durch Dr. Petrich). Die Simulation und Analyse diskreter Prozesse zur Transport- und Lagerhaltung (Logistik) der WA, die Störfallanalysen und spieltheoretischen Ansätze für Modelle zur Entdeckung von Entwendungsstrategien bei der internationalen Kernmaterialüberwachung wurden anfangs skeptisch beurteilt. Heute sind sie Teil von Genehmigungsverfahren kritischer Anlagen (wie bei der Abgasreinigung von PASSAT) und von internationalen Inspektionen der IAEA und EURATOM, vor allem, nachdem benutzerfreundliche Lösungen vom Großrechner auf handliche

PC's gebracht wurden. Die Entwicklung diskreter Modelle im Zuge der Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanalysen für kerntechnische Anlagen hat Simulations- und Analysewerkzeuge notwendig gemacht, die in ihrer Art heute auch für die Analyse von DV-Prozessen, z.B. für die Mikrotechnik von Bedeutung sind, wie Petri-Netz-Analyse und statistische Analysen.

Ab 1982 begann ein gleitender Übergang der FuE-Aufgaben von der Kerntechnik weg hin zu nicht-nuklearen technologie-orientierten Arbeitsschwerpunkten des KfK entsprechend den sich verändernden Prioritäten im KfK. So wurde mit der Entwicklung rechnergesteuerter Handhabungssysteme für die Wiederaufarbeitung und Kernfusion begonnen; die sich daraus ergebenden Folgeentwicklungen sind heute stärker mit industriellen Anwendungen im eigenen Arbeitsschwerpunkt "Handhabungstechnik" verankert. Die FuE für die Wiederaufarbeitung mit der Prozeßautomatisierung und Laborautomatisierung mündet nun fast nahtlos in die FuE für die Leittechnik der Müllverbrennungsanlage TAMARA und in das Laborsystem für die Umweltanalytik ELAN. Die FuE für den Schnellen Brüter können in die FuE für die Mikrosystemtechnik einfließen, in der ein hoher Grad an Zuverlässigkeit erforderlich ist.

Qualifikation des IDT

Das IDT hat langjährige *Erfahrung* in der Entwicklung der oben charakterisierten umfassenden Softwaresysteme sowie in der Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, die sich aus der Anwendung heraus als notwendig ergaben. Das Personal des IDT enthält einen relativ hohen Anteil an Akademikern mit einem breiten Qualifikationsspektrum wie Informatiker, Physiker, Maschinenbauer, Mathematiker, Nachrichtentechniker und Regelungstechniker. Es hat sich über viele Jahre durch zielstrebige fachliche Kontinuität eine gute Ausgewogenheit zwischen praktischer und theoretischer Expertise sowie zwischen langjähriger Erfahrung und neuesten Hochschulkenntnissen eingestellt. Seiner Zielsetzung und den Prinzipien seiner Arbeitsweise ist das IDT bis heute treu geblieben.

Die frühe Bedeutung des IDT im Fachgebiet auf nationaler und internationaler Ebene wird durch die 1. Prozeßrechner-Tagung der VDI/VDE-GMR (heute GMA), GI und GfK (heute KfK), die vom IDT organisiert wurde, dokumentiert. Die im KfK veranstaltete Tagung fand mit 800 Teilnehmern großes Interesse und war damit eine der größten Tagungen der KfK. Zehn Jahre später, 1984, diesmal ebenfalls vom IDT ausgerichtet, errang die Tagung Prozeßrechner 1984 letztmalig ebenfalls diese hohe Teilnehmerzahl.

In den ersten Jahren wurde die Kooperation mit der deutschen Rechnerhersteller-Industrie gepflegt. So wurden ein Mehrfachzugriffssystem (MZS) für den Siemens-Prozeßrechner 330, BASIC-Compiler für diesen Rechner, Diagnose-Software und ein Diagnose-Prozessor für die Nachfolge-Rechner M10 und M20 vom IDT für die Siemens AG entwickelt. Das im IDT entwickelte Erstellungsverfahren für maßgeschneiderte Betriebssysteme STRUCTOS wurde 1977 im Rahmen einer Kooperation mit der Nixdorf AG auf dem Mikrorechner Z80 umgestellt.

Das IDT wirkte maßgeblich in verschiedenen Fachausschüssen mit, u.a. in den PDV-Arbeitskreisen "Test- und Verifikations-Werkzeuge" und "Entwurfswerkzeuge", bei der Beratung des BMFT im CAD-Sachverständigenkreis, im Unterausschuß "Elektronik" der Reaktorsicherheitskommission (RSK) und im European Purdue Workshop "Industrial Computer Systems" (EWICS). So leitete Dr. Holler über viele Jahre den GI/ITG-Fachausschuß "Kommunikation und verteilte Systeme"; Dr. Jaeschke initiierte und leitet den GI-Fachausschuß "Informatik im Umweltschutz" seit seiner Gründung. Beide waren auch verantwortlich für die entsprechenden Fachtagungen. Mehrere Mitarbeiter des IDT wirkten in Normungsgremien (DKE, VDI, VDE), Programmkomitees von Tagungen und bei ESPRIT und EUREKA mit.

Neue Aufgaben

In den Arbeitsschwerpunkten "Schadstoffbeherrschung in der Umwelt" (PSU), "Handhabungstechnik" (HT) und "Mikrotechnik" (MT), auf die sich das IDT nun konzentriert, kann das IDT bereits einsatzfähige Systemlösungen vorweisen.

In **PSU** wurde das Expertensystem zur Bewertung von Altlasten XUMA fertiggestellt, das jetzt von der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg im Einsatz erprobt wird. Über den Einsatz des eigenentwickelten Informations- und Managementsystems für integrierte verteilte chemische Analysenlabors ELAN wird mit der LfU, der Industrie und der HDB verhandelt. Das Leitsystem TPAS steuert und überwacht die Pilot-Müllverbrennungsanlage TAMARA des Labors für Isotopentechnik (LIT); es wird zu einem intelligenten Prozeßführungssystem ausgebaut. In **HT** wurde das Telemanipulatorsystem DISTEL zur bedienergeführten/automatischen Handhabung über große Entfernungen fertiggestellt; es wird nun an industrielle Anwendungen angepaßt. Das für dieses System entwickelte Stereo-Videosystem wird u.a. im D2-Raumflug eingesetzt und für den Einsatz in der minimal invasiven Chirurgie (MIC) umgestaltet. Im Industrieverbundvorhaben "Hochflexible Handhabung, Funktionsmuster

Gußputzen“ wurde das automatische Meß- und Bearbeitungssystem COMETOS vor der Industrie demonstriert, mit der nun über betrieblichen Einsatz verhandelt wird. Im Rahmen der MT wurde das Bildanalyse-System zur Qualitätskontrolle von zweidimensionalen Mikrostrukturen COSMOS-2D zum Einsatz im Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT) fertiggestellt. Das nahezu fertiggestellte wissensbasierte verteilte Echtzeitdiagnose-System DESYRE am KNKII dient in seinem Konzept als Grundlage für die wissensbasierte Planung von Mikrosystemstrukturen.

Im Rahmen von PSU, HT und MT enthalten die informationsverarbeitenden Systeme sehr unterschiedliche Techniken, die vom FuE-Personal zu beherrschen sind, wie

- Steuerungs- und Regelungstechnik
- wissensbasierte Systemtechnik ("Künstliche Intelligenz")
- Kommunikationstechnik (Telematik)
- Schnittstellentechnik (für Schnittstellen zwischen Mensch, Computer und technischem Prozeß; Hard- und Software)
- Datenbanktechnik
- Simulations- und Analysetechnik.

Neben Spezialwissen in diesen Techniken und Fachwissen in den jeweiligen Anwendungsgebieten ist systemtechnisches Denken erforderlich, um durch Integration mehrerer Fähigkeiten die komplexen Problemstellungen im Team lösen zu können.

Die **Informationstechnologie** ist in diesen drei Schwerpunkten ein wesentliches Element; es besteht eine enge Wechselwirkung zwischen den mechanischen, chemischen, optischen und elektronischen Komponenten, die über die Informationsverarbeitung zu funktionalen Systemen integriert werden müssen. Der Informationsverarbeitung kommt dabei vom Konzept bis zur Realisierung die **systemtechnische** Aufgabe zu, das geordnete Zusammenspiel der vielen Komponenten zu einer Systemlösung zu ermöglichen und zu optimieren. Die Intelligenz dieser Systeme steigt ständig, was sich in zunehmender Menge und Komplexität der Software ausdrückt. Dies betrifft sowohl die Produktsysteme für den Anwender wie auch die Werkzeuge für den Entwickler und Hersteller. Diese Aufgaben sind weitgehend nur durch innovative Ansätze der **Informatik und Systemtechnik** zu lösen. Das IDT ist gut für diese zukünftigen Herausforderungen gewappnet.

FuE - Arbeiten der Abteilung 'Mikrosystem-Informatik'

H. Eggert , U. Voges

Die Anfangsjahre

Die Arbeiten der Vorläufer der Abteilung 'Mikrosystem-Informatik' standen zunächst unter dem Thema 'Zuverlässige Software': Mit der Gründung des IDT wurde mit dem damaligen Institut für Informatik der Universität Karlsruhe eine Gruppe "Programmiertechniken für Prozeßrechner" aufgebaut. Dabei wurden in den Anfangsjahren Hilfsmittel entwickelt, die die **Programmentwicklung** und das **Testen** von Prozeßrechnerprogrammen auf Großrechnern ermöglichten (z. B. MAUSI, FORM86, ASR, GBL 1). Neben der Effizienz der Programmerstellung selbst ging es auch um die Laufzeit- und Speicheroptimierung. Bereits 1972 wurde eine graphische Methode zur Systemanalyse und Programmerstellung entwickelt (GAUSS), die viele auch heute noch moderne Aspekte beinhaltete (strukturierte Programmierung, Verfeinerungen, Klassenkonzept), zu der damaligen Zeit aber aufgrund der fehlenden Hardwareunterstützung der Graphik keine ausreichende Akzeptanz erreichte.

Im Rahmen der Firmenkooperation wurde u. a. mit Siemens an der Entwicklung eines interaktiven Betriebs- und Überwachungssystems für kleinere Prozeßrechner, dem Mehrfach-Zugriff-Systems MZS sowie einem Basic-Compiler und Basic-Interpreter gearbeitet.

Vorhaben zum Thema 'Test'

Aufbauend auf diesen Arbeiten zur Zuverlässigkeit von Prozeßrechnersystemen und deren systematischer Programmierung wurde 1974 im Rahmen des Projekts Schneller Brüter (PSB) begonnen, die Problematik der Genehmigungsfähigkeit von Rechensystemen, insbesondere von Software, zu bearbeiten. Zunächst stand das Testen des Schutzrechnersystems BESSY für den SNR 300 im Vordergrund. Um das Testen nicht nur zu erleichtern, sondern teilweise auch erst zu ermöglichen, wurden Programmierrichtlinien aufgestellt, die bei der Implementierung von BESSY einzuhalten waren. Außerdem wurde ein Konzept für ein sicherheitsgerichtetes Betriebssystem ausgearbeitet, das z. B. zeitabhängige Fehler abschließt.

Da das Testen weitgehend automatisiert und werkzeuggestützt ablaufen sollte, wurde das Testsystem **SADAT** entwickelt. Es unterstützt die statische und die dynamische Analyse von Fortran-Programmen und ermöglicht eine symbolische Ausführung des Programms. Neben SADAT wurde das Testsystem RXVP80 mit der amerikanischen Herstellerfirma gemeinsam weiterentwickelt und sowohl innerhalb des KfK als auch im europäischen Raum installiert und unterstützt.

Um die während der Entwurfsphase vorhandene Information für das Testen nutzbar zu machen, wurde die entwurfsorientierte Testplansprache TESTPLAN entwickelt, die es ermöglicht, während der Spezifikation und des Entwurfs von Software formale Angaben über die Testein- und -ausgabedaten zu machen, die dann in der Testphase ausgewertet und genutzt werden können.

Die für den SNR300 entwickelte Teststrategie wurde anhand einer redundanten Pilotimplementierung von BESSY experimentell erprobt. Dabei wurden auch die ersten Erfahrungen mit Software-Diversität gewonnen /Voges88, Voges89a/.

Um die Genehmigungsfähigkeit von Rechnersystemen in sicherheitsrelevanten Bereichen zu demonstrieren, wurde für den KNK II das Schutzrechnersystem **MIRA** auf der Basis von Mikrorechnern entworfen /Fetsch81/. In einer Probeinstallation wurde das Rechnernetz über Trennverstärker, Vor-Ort-Rechner und Lichtleiterverbindung am KNK II angeschlossen und die prototypisch realisierte Software so mit realen Prozeßdaten erfolgreich getestet (Bild 1). Zur Unterstützung der Warte wurde ein Protokollrechner mit Farbgraphikdisplay entwickelt, der die aktuellen Prozeßdaten in anschaulicher Form dem Wartepersonal anzeigt. Gleichzeitig wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mit den Prüfern die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Entwicklung und Prüfung des Schutzrechnersystems abgesprochen /Trauboth83/. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse haben sich auf die Genehmigungspraxis beim SNR 300 ausgewirkt und flossen in die Entwicklung von Normungsvorschlägen mit ein (z. B. /DIN90/).

Vorhaben zum Thema 'Spezifikation und Modellierung'

Neben der Testphase wurde auch die **Spezifikationsphase** betrachtet. Ausgehend von dem Software-Entwurfssystem PSL/PSA wurde eine auf Prozeßrechner-Software ausgerichtete Erweiterung PCSL erstellt. Auf den dabei gewonnenen Erfahrungen aufbauend wurde als eigenständige Entwicklung das Spezifikationsystems **ESPRESSO** entworfen und sowohl auf dem Großrechner als auch auf Kleinrechnern implementiert. In mehreren Projekten, u. a. auch in der Kooperation mit der Industrie, wurden Erfahrungen mit ESPRESSO gewonnen. In Fortführung dieser Arbeiten wurde mit dem Münchener CIP-System für formale

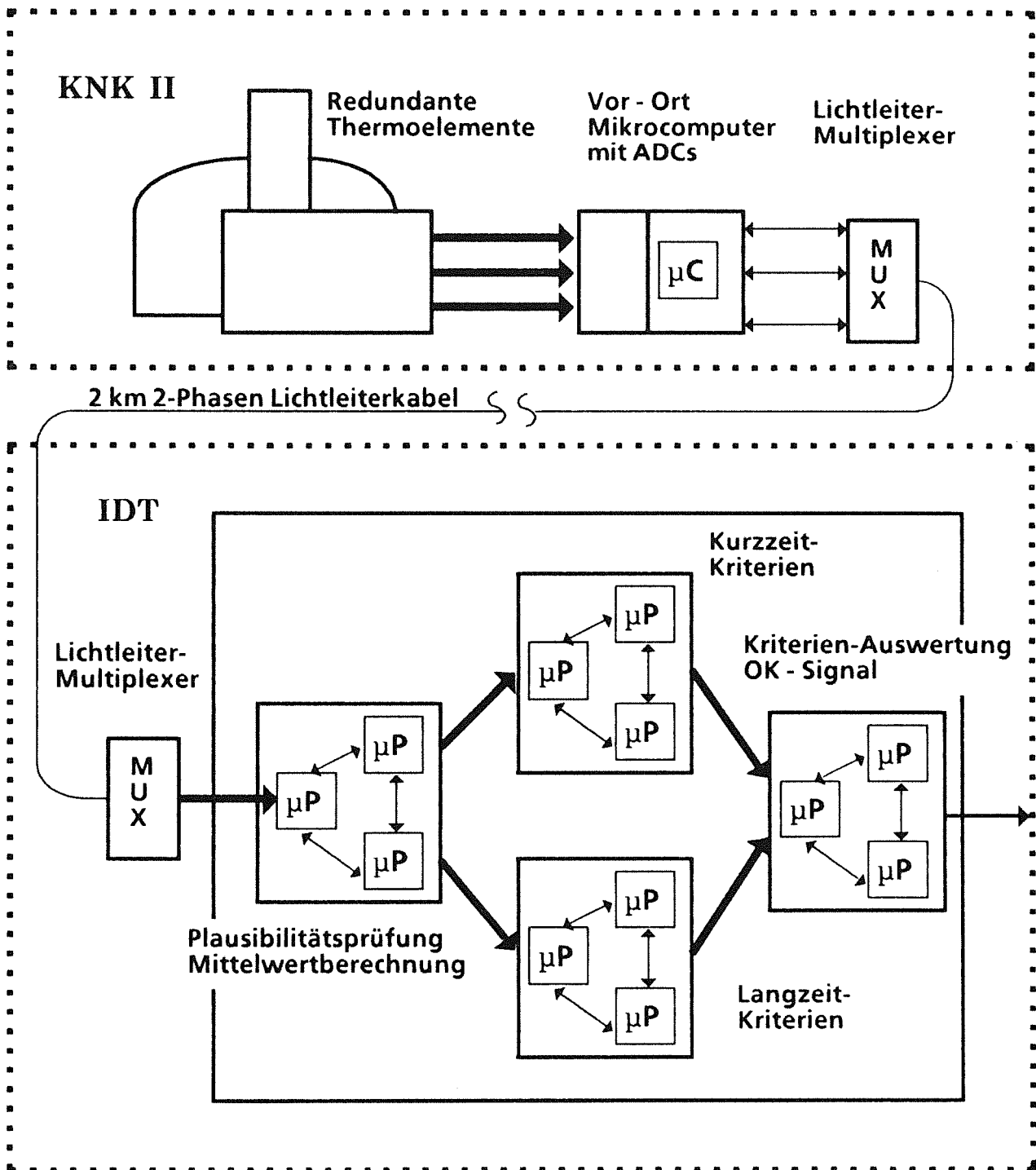


Bild 1: Schutzrechnersystem MIRA

Spezifikation experimentell untersucht, wie durch die algebraische Spezifikation und die Transformation mit verifizierten Verfeinerungen ein korrektes System erstellt werden kann /Voges89b/. Die hierbei erzielten Erfahrungen fließen in die Erweiterung des Petri-Netz-Werkzeugs PROVER mit ein.

Eine weitere Komponente neben Spezifikation und Test ist die **Modellierung**, zu der Petri-Netze verwendet werden können. Im IDT wurde das Werkzeug **PROVER** entwickelt, das auf der Basis von höheren Petri-Netzen, den Prädikat/Transitions-Netzen, die Spezifikation und die Analyse von Software und Rechnersystemen unterstützt /Leszak88/. Mit Hilfe des Erreichbarkeitsgraphen können z. B. Verklemmungszustände erkannt werden. Nach Experimenten mit der ersten Ausbaustufe von PROVER wurde zunächst das theoretische Konzept für die Spezifikationssprache und die darauf aufbauenden Analysen verbessert /Korczynski90/. Z. Z. wird an der Weiterentwicklung des Werkzeugs gearbeitet, u. a. an der graphischen Benutzerschnittstelle und einer Erweiterung der Analyse-möglichkeiten.

Vorhaben zum Thema 'Expertensystem'

Im Rahmen einer EG-Studie wurde gemeinsam mit anderen KfK-Instituten (IRE, IRB u. INR) sowie der Fa. Interatom ein Entwurf für die Integration verschiedener Reaktor-Überwachungsmethoden entwickelt, der die Vernetzung der bei den einzelnen individuellen Detektionssystemen eingesetzten Rechner mit einem logisch übergeordneten Auswertungssystem beinhaltet. Ziel eines derartigen integrierten Reaktorüberwachungssystems (**Diagnosesystem**) ist eine frühzeitige Störungserkennung mit Hilfe der einzelnen Detektionssysteme, die jede für sich allein noch keine ausreichende Aussagekraft im Frühstadium von Störungen besitzen, sondern nur durch die gemeinsame Auswertung von leichten Abweichungen und Trends die Erkennung ermöglichen.

Auf dieser konzeptionellen Basis wurde in Zusammenarbeit mit den o.g. Partnern sowie zusätzlich mit der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH zunächst eine Umsetzungsstrategie für eine Systementwicklung und eine Erprobung am Versuchsreaktor KNK II entworfen /Eggert88/. Als langfristige Zielvorstellung sollen dabei die mit dem System am KNK II gewonnenen Erfahrungen für einen zukünftigen Brutreaktor (ursprünglich SNR 300, heute EFR) verwertet werden können. Unmittelbares Ergebnis der Umsetzungsstrategie war eine Arbeitsteilung, bei der das IDT den systemorientierten Bereich der "Informationstechnik" übernahm und die übrigen Partner den reaktorfachspezifischen Bereich "Expertenwissen" übernahmen.

Im Rahmen dieser Vorgehensweise entstand iterativ das Diagnosesystem **DESYRE** (Bild 2). DESYRE besteht heute aus acht Rechnern, die räumlich verteilt über ein Local Area Network (Ethernet, TCP/IP) im Rahmen einer Client/Server-Lösung miteinander kommunizieren. Ein Meßdatenverwalter übernimmt dabei die Rolle des Servers in der Weise, daß er von den sendenden Klienten (Detektionssysteme, Betriebsrechner, Simulator) on-line Nachrichten in einer festgelegten Telegrammform empfängt und diese für einen empfangenden Klienten (Expertensystem) on-line bereitstellt /Eggert89a, Eggert89b/.

Das Expertensystem ist objektorientiert aufgebaut. Es ist reaktoranlagenbezogen klassifiziert und enthält heute eine Wissensbasis von etwa 200 Regeln. Jede Regel enthält dabei durchschnittlich fünf logische UND-Verknüpfungen. Die Wissensbasis ist modular in sog. Bereichsexperten gegliedert. Die Regelableitung (Inferenz) erfolgt ereignisgetrieben und vorwärtsverkettet /Scherer90/.

Z. Z. wird neben der semantischen Regelvalidation noch an einer Wissensakquisitionskomponente gearbeitet, die den Reaktorbetriebsexperten in die Lage bringen soll, die Wissensbasis unabhängig vom Systementwickler ändern und erweitern zu können. Die bisher geschilderten Arbeiten zielten insbesondere auf den methodischen Bereich von Rechneranwendungen in kerntechnischen Anlagen zur Erhöhung der Sicherheit.

Vorhaben zum Thema 'Bildverarbeitung und Mustererkennung'

Abweichend von diesem kerntechnischen Rahmen wurden auch Arbeiten zu bildanalytischen Detektionsverfahren durchgeführt. Dazu wurde eine Entwicklungsumgebung zur Anwendung von Bildverarbeitungsmethoden aufgebaut. Eine erste Anwendung wurde in Zusammenarbeit mit dem INR begonnen.

Zur Optimierung der im INR entwickelten und in der Experimentieranlage KALIF zur Erzeugung hoher Energiedichten eingesetzten Dioden muß Bildmaterial, das beim Betrieb mit KALIF anfällt, mit Methoden der **digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung** ausgewertet werden. Da sich bei diesen Untersuchungen herausstellte, daß immer wieder Bildmuster auftauchen, für die kein Klassifikator angegeben werden kann, werden in Zukunft lernende Verfahren (neuronale Netze) eingesetzt. In diesem Zusammenhang wurde eine Zusammenarbeit mit Softwarespezialisten des ZfK Dresden begonnen.

Überschneidend zu der obigen Anwendung wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikrostrukturtechnik eine zweite Anwendung begonnen. Unter dem Titel "Parametrisches optisches Messen bei der Herstellung von Mikrostrukturen

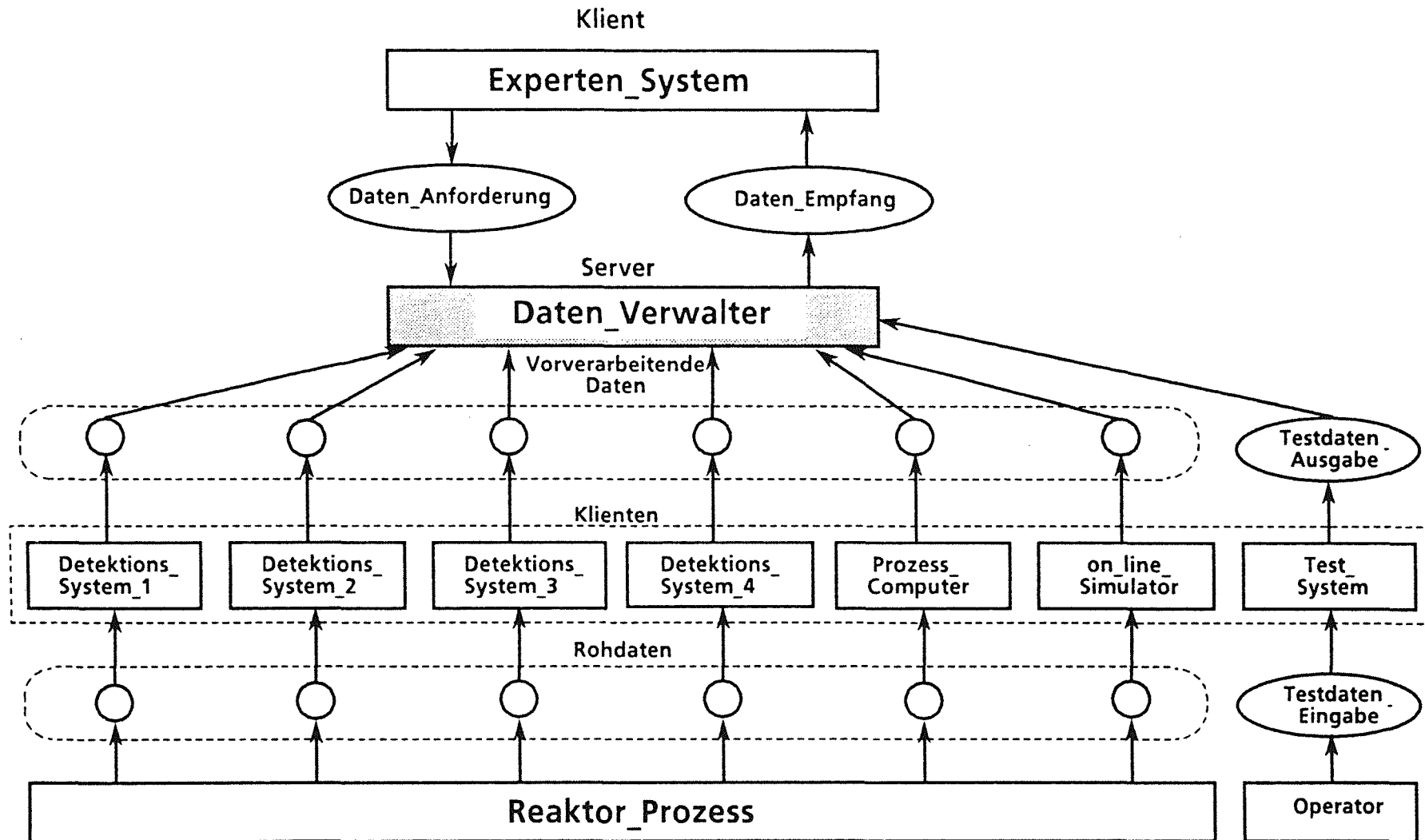


Bild 2: DESYRE: Distributed Expert System for Reactor Surveillance

mit beliebiger, ebener Oberflächengeometrie"/Bürg91a/ wurde ein vollautomatisch arbeitendes Strukturvermessungssystem (**COSMOS-2D**) entwickelt (Bild 3).

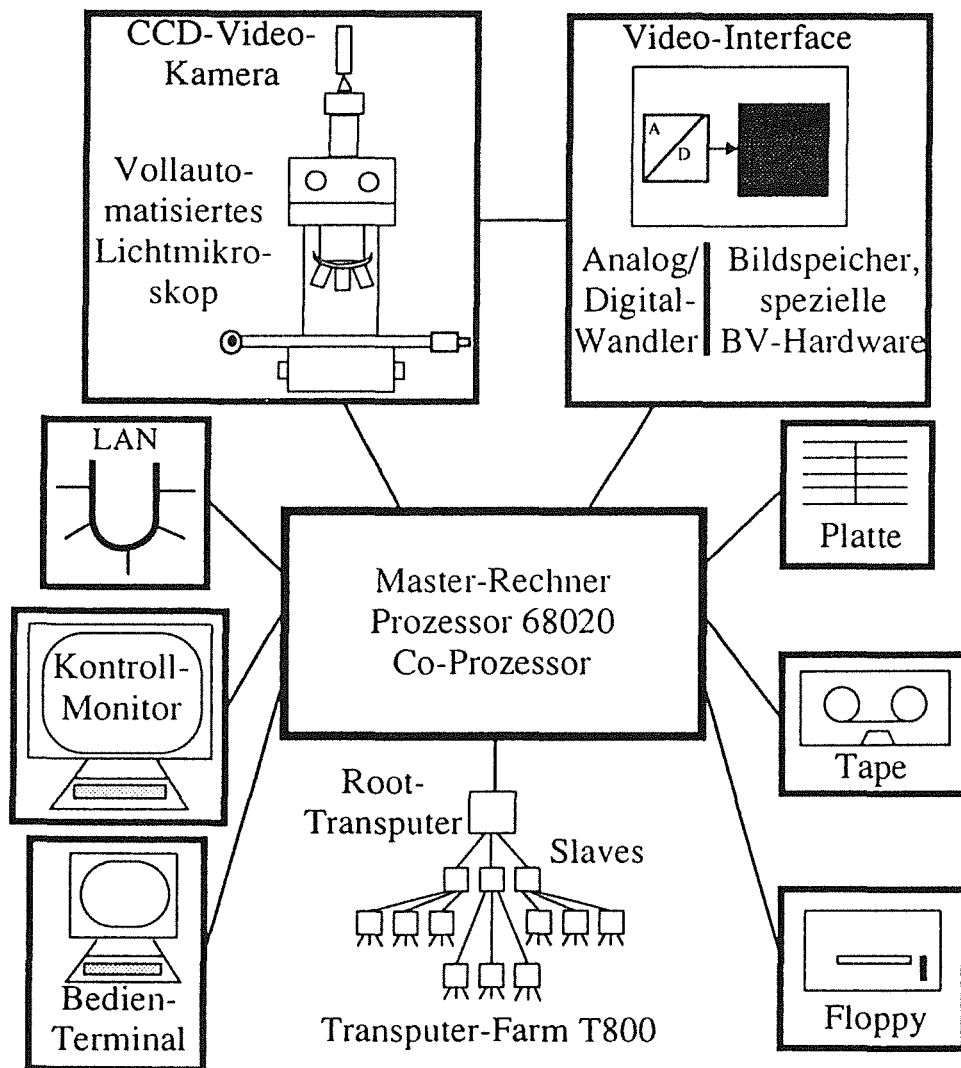


Bild 3: Übersichtsskizze des Strukturvermessungssystems

Während in der Mikroelektronik ein umfangreiches Instrumentarium von Testmethoden, die überwiegend auf dem Funktionstesten der elektronischen Schaltkreise beruhen, zur Verfügung steht, existieren in der Mikromechanik lediglich Insellösungen, wie zum Beispiel stichprobenartige Prüfungen mit dem Raster-Elektronen-Mikroskop oder einem Strukturbreitenmeßgerät. Hier besteht ein Bedarf an einem rationell und universell einsetzbaren Werkzeug als Grundlage der Qualitätskontrolle, vor allem unter Berücksichtigung einer Serienfertigung mit dem LIGA-Verfahren.

Diese Aufgabenstellung wurde mit der Methode des parametrischen optischen Messens gelöst. Über die Beziehung "Form der Struktur - Konsistenz des zu-

grunde liegenden Materials - Prozeßparameter" sind durch eine quantitative, zweidimensionale Vermessung der Strukturen qualitative Aussagen über die stoffliche Zusammensetzung des Strukturmaterials und über einzelne Prozeßparameter möglich. Die Entwicklung eines vollautomatischen, optischen Vermessungssystems und der Entwurf spezieller Hilfsstrukturen, die auf dem zu testenden Substrat zusammen mit den Nutzstrukturen in allen Prozeßschritten gefertigt werden, sind die wesentlichen Grundlagen für ein parametrisches optisches Messen in der Serienherstellung.

Das Strukturvermessungssystem ist nach folgendem Konzept entwickelt und realisiert worden: Über eine Kopplung werden Daten kritischer Strukturbereiche, die vermessen werden sollen, in Form von Steueranweisungen vom CAD-System zu einem Bildverarbeitungssystem übertragen. Mit Methoden der Digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung werden dort von den zu analysierenden Strukturen mit einem voll automatisierten Mikroskop Grauwertbilder aufgenommen und auf der Grundlage der Steueranweisungen vollautomatisch vermessen. Dabei wird die Ist-Geometrie der Strukturen in einer CAD-ähnlichen Notation gespeichert. Ein Vergleich der Soll- mit den Ist-Daten führt zu einer parametrisierten Beschreibung der Strukturabweichungen /Bürg89, Bürg91b/.

Aufbauend auf diesen Arbeiten wurde damit begonnen, ein Konzept für eine automatische Vermessung von dreidimensionalen LIGA-Strukturen mit hohem Aspektverhältnis zu entwickeln, wobei insbesondere die Bilderfassung größere Probleme aufwirft.

Ausblick

Ausgehend von den Arbeiten zur Qualitätssicherung von LIGA-Strukturen, die dem neuen Arbeitsthema Mikrosystemtechnik zugeordnet wurden, entstand ein Konzept zur wissensbasierten Integration von Konstruktion, Fertigung und Qualitätssicherung von LIGA-Strukturen. Darüber hinaus sollen auch Wissenbasen zur "Aufbau- und Verbindungstechnik" sowie zur Signalverarbeitung mit dem Ziel aufgebaut werden, eine rechnergestützte Beschreibungsbasis für den konkreten Aufbau von Mikrosystemen zu schaffen. Im Zusammenhang mit der "Aufbau- und Verbindungstechnik" wurde gemeinsam mit der TU Dresden damit begonnen, eine Wissensbasis für Mikroschweißverfahren aufzubauen.

Nachdem in der Vergangenheit ein Großteil der Vorhaben in der Abteilung zum Projekt Schneller Brüter (PSB) und dem Nachfolgeprojekt Nukleare Sicherheitsforschung (PSF) beitrugen, wird die Abteilung in Zukunft in erster Linie den Themenbereich "Informatik in der Mikrosystemtechnik" abdecken.

Literatur

- /Bürg89/ Bürg, B.; Guth, H.; Hellmann, A.: Bildanalytische Qualitätskontrolle in der Mikrofertigung. 11. DAGM-Symp., Hamburg, Oktober 1989, Informatik-Fachbericht Nr. 219, Springer-Verlag Berlin, 1989, S. 168-172
- /Bürg91a/ Bürg, B.: Parametrisches optisches Messen bei der Herstellung von Mikrostrukturen mit beliebiger, ebener Oberflächengeometrie. KfK 4849, 1991
- /Bürg91b/ Bürg, B.; Guth, H.; Hellmann, A.: COSMOS-2D Ein System zur vollautomatischen optischen u. geometrieeinvarianten Vermessung von ebenen Strukturoberflächen. Prozeßrechnersysteme'91, Februar 1991, Informatik Fachberichte Nr. 269, Springer-Verlag Berlin, 1991, S. 340-349
- /DIN90/ DIN V VDE 0801: Grundsätze für Rechner in Systemen mit Sicherheitsaufgaben. Beuth-Verlag Berlin, 1990
- /Eggert88/ Eggert, H.; Scherer, K.P.; Kelbassa, H.W.; Stiller, P.; Döpmeier, C.: Ein wissensbasiertes, verteiltes Rechnersystem zur Fehlerdiagnose am Schnellen Brüter. Prozeßrechnersysteme'88, Stuttgart, 2.-4.März 1988, S. 749-761
- /Eggert89a/ Eggert, H.; Scherer, K.P.; Kelbassa, H.W.; Stiller, P.; Döpmeier, C.: A Framework of a Diagnostic Expert System for Real Time Application. IFIP/IFAC Working Conference "Hardware and Software for Real Time Process Control", Warschau, 30.5. - 1.6.1989, S. 343-350
- /Eggert89b/ Eggert, H.; Scherer, K.P.; Stiller, P.: A Knowledge Based On-line Diagnostic System for the Fast Breeder Reactor KNK II. IAEA/IWGFR Specialists' Meeting "Advanced Controls for Fast Reactors", Argonne, 20. - 22.6.1989
- /Fetsch81/ Fetsch, F.; Gmeiner, L.; Voges, U.: Entwurf eines hochzuverlässigen redundanten Mikrorechnernetzes. 11. GI-Jahrestagung, München, 20. - 23. Oktober 1981. Informatik-Fachberichte Nr. 50, Springer-Verlag Berlin, S. 317-326
- /Korczynski90/ Korczynski, W.; Döpmeier, C.; Süß, W.: Eine Einführung in die Grundlagen der Theorie der Höheren Petri-Netze. KfK 4636, 1990
- /Leszak88/ Leszak, M.; Eggert, H.: Petri-Netz-Methoden und -Werkzeuge. Hilfsmittel zur Entwurfsspezifikation und -validation von Rechnersystemen. Informatik-Fachberichte Nr. 197, Springer-Verlag Berlin, 1988
- /Scherer90/ Scherer, K.P.; Stiller, P.: Knowledge Representation Methods for Early Failure Detection. Artificial Intelligence in Nuclear Power Plants, Helsinki, 10. - 12. Oktober 1990, S. 149-160
- /Voges88/ Voges, U. (ed.): Software Diversity in Computerized Control Systems. Springer-Verlag Wien, 1988
- /Voges89a/ Voges, U.: Software-Diversität und ihrer Modellierung - Software-Fehlertoleranz und ihre Bewertung durch Fehler- und Kostenmodelle. Informatik-Fachberichte Nr. 224, Springer-Verlag Berlin, 1989
- /Voges89b/ Voges, U.: Formal Specification of the Software for a Reactor Safety System. IFAC/IFIP Workshop "Safety of Computer Control Systems" SAFECOMP'89, Wien, 5. -7. Dezember 1989, Pergamon Press Oxford, S. 33-40

Abteilung Steuerungssysteme und Kommunikation (SK)

E. Holler

Arbeitsgebiet

Die Abteilung SK ist derzeit ausschließlich in Projekte des Arbeitsschwerpunktes "Handhabungstechnik" der KfK involviert: Aktuelles Arbeitsgebiet der Abteilung ist die Entwicklung handhabungstechnischer Gesamtsysteme für unterschiedliche Anwendungen. Besonderes Merkmal der dabei entstehenden "Systemlösungen" ist, daß die Hauptakzente der erforderlichen Entwicklungsarbeiten in den Bereichen

- Steuerung/Regelung
- Rechnerkommunikation
- Mensch/Maschine-Schnittstelle

liegen.

Das Arbeitsgebiet kann als "interdisziplinär" bezeichnet werden, da es Expertise aus den Fachgebieten Informationstechnik, Regelungstechnik, Nachrichtentechnik/Elektronik bis hin zum Maschinenbau erfordert. Entsprechend "interdisziplinär" zusammengesetzt sind die Mitarbeiter-Teams der Abteilung: Informatiker, Regelungstechniker, Mathematiker, Physiker, Elektrotechniker.

Die in der Abteilung bearbeiteten Aufgaben beinhalten, wie die oben beschriebene Akzentverteilung bereits vermuten läßt, nur zu einem Bruchteil die Entwicklung von Software; der Hauptanteil der Arbeiten besteht vielmehr aus der Konzipierung eines an die Anforderungen der vorgesehenen Anwendungen angepaßten Gesamtsystems unter detaillierter Spezifikation der Systemstruktur, der Teilsysteme, Systemkomponenten und der erforderlichen Schnittstellen zum System und innerhalb des Systems. Die Teilsysteme bestehen aus mechanischen, elektrischen, elektronischen, informationsverarbeitenden und informationsübertragenden Komponenten wie Getriebe, Elektromotoren, Sensoren, Mikroprozessorsplatinen, Speicher, Ein-/Ausgabeplatinen, Netzwerkadapter, Bildschirme..

Die Arbeitsweise bei der Systementwicklung ist werkzeugorientiert, d.h. sie beruht weitgehend auf der Verwendung von verfügbaren oder selbst entwickelten Tools:

- Entwurfswerkzeuge
- Werkzeuge zur Leistungsanalyse
- Werkzeuge zur Systemsimulation.

Ferner orientiert sich die Systementwicklung wo auch immer möglich an der

- Verwendung verfügbarer Komponenten und den
- vorhandenen Standards.

Die Schwerpunktsetzung bei den Arbeiten hat folgende Gründe:

- Präzision und Leistungsfähigkeit moderner Handhabungssysteme, beispielsweise für den Einsatz in der Instandhaltung, Wartung oder auch in der automatisierten Fertigung, fordern leistungsfähige und flexible Steuerungen. Der Entwicklungsaufwand, der in die Steuerung komplexer Handhabungs- und Automatisierungssysteme fließt, ist mittlerweile weit höher als der Entwicklungsaufwand für die Elektromechnik eines solchen Systems. Ursache dafür ist wiederum die hohe Innovationsrate bei der für Steuerungen zum Tragen kommenden Informationstechnologie gegenüber der im Bereich der Elektromechnik zu beobachtenden Stabilisierung.
- Komplexe Handhabungs- und Automatisierungssysteme für Anwendungen in der Fertigung oder Instandhaltung sind in der Regel nur als verteilte Systeme realisierbar und erfordern daher eigene Kommunikationssysteme für die Kommunikation zwischen Steuerungsrechnern einerseits und zwischen Steuerungs- und übergeordneten Planungs- und Koordinierungsrechnern andererseits.
- Bedien-Sicherheit und maximale Effizienz beim Einsatz komplexer Handhabungssysteme mit großem Funktionsumfang, d.h. hoher Vielseitigkeit, erfordern optimal auf den Operateur und seine Aufgabe zugeschnittene Mensch/ Maschine-Schnittstellen (MMI).

Neben der Bedeutung der drei Komplexe: Steuerung/Regelung, Rechnerkommunikation und Mensch/Maschine-Schnittstelle für eine Systemlösung in der Handhabungstechnik kann als weiterer Grund für die Schwerpunktauswahl das in der Abteilung in der Vergangenheit akkumulierte Know-how aufgeführt werden; insbesondere die Rechnerkommunikation hat in der Abteilung eine bis

in die Gründungsjahre des IDT zurückreichende Tradition; Steuerungs- und Regelungstechnik kamen zu Beginn der 80er Jahre hinzu und praktische Erfahrungen mit der Auslegung von Mensch/Maschine-Schnittstellen konnten seit Mitte der 80er Jahre gesammelt werden.

Rückblick

„Historisch“ gesehen ging die Abteilung „Steuerungssysteme und Kommunikation“ aus der bereits ab 1972 im IDT etablierten Arbeitsgruppe „Rechnerverbundsysteme“ hervor.

Den Anstoß zu den Arbeiten dieser Gruppe gab der damalige Institutsleiter und Gründer des IDT, Prof. Krüger, bereits 1970, als er den Verfasser dieses Beitrags für ein Jahr in das Forschungslaboratorium der IBM in Yorktown Heights, USA, entsandte, mit dem Auftrag, sich dort mit dem Stand der Technik auf dem Gebiet der Rechnerkommunikation und Rechnernetze vertraut zu machen. Ziel dieser Mission war es, zum einen Impulse für FuE-Projekte des neu gegründeten IDT zu geben und zum anderen, das in USA erworbene Know-how in die Ausbildungsgänge der gerade an der Karlsruher Universität neu eingerichteten Informatik einfließen zu lassen.

Ende Dezember 1971 aus den USA zurückgekehrt wurde der Verfasser vom Institutsleiter, damals schon gleichzeitig Lehrstuhlinhaber an der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe, mit zwei Aufgaben konfrontiert:

- Gründung einer Arbeitsgruppe „Rechnerverbund“, mit der Zielsetzung, die in USA erworbenen Kenntnisse für die Entwicklung der Grundlagen von Prozeßrechner-Verbundsystemen einzusetzen.
- Vorbereitung und Durchführung einer Vorlesung „Rechnernetze“ zum Sommersemester 1972 an der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe.

Aus der Vorlesung, die bis 1979 regelmäßig angeboten wurde, entstand 1975 das erste deutschsprachige Buch über Rechnernetze /HD 75/.

Die Arbeiten der Gruppe „Rechnerverbundsysteme“ konzentrierten sich zunächst auf zwei Themenkreise, die sich gegenseitig ergänzten:

- Grundlegende Untersuchungen zu Organisation und Betrieb von Rechnernetzen und verteilten Systemen.
- Die Entwicklung von Werkzeugen zur Modellierung, Simulation und Leistungsanalyse von Rechnernetzen.

Der zweite Themenkreis spielte dabei insofern eine bedeutende Rolle, als die hier entwickelten "tools" es überhaupt erst möglich machten, neue Ideen zur Organisation und zum Betrieb von Rechnernetzen experimentell zu erproben, da das KfK zu diesem Zeitpunkt noch weit davon entfernt war, über ein eigenes Rechnernetz zu verfügen. Die Entwicklung von Simulationswerkzeugen im IDT stieß damals auf großes Interesse außerhalb des KfK und führte im Mai 1973 zu einem gemeinsamen mit dem Institut für Informatik der Universität Stuttgart veranstalteten Workshop "Methodik der rechnergestützten Simulation".

In der Folgezeit galt es nun, die bis dahin mehr grundlagenorientierten Arbeiten in praktische Anwendungen überzuführen. Dies geschah ab 1974/75 im Rahmen folgender Projekte:

- Für eines der ersten in der Bundesrepublik geplanten und realisierten Rechnernetze, das HMI-Netz I des Hahn-Meitner-Instituts in Berlin wurde an das IDT der Auftrag erteilt, ein Modellierungs- und Simulationssystem zur Untersuchung und Vorhersage des Leistungsverhaltens des ausgewählten Verbundkonzeptes zu realisieren und anhand der Ergebnisse von Experimenten mit dem Simulationssystem eine Ausbaustrategie für das HMI-Netz I zu entwickeln. Das bereits Ende 1975 fertiggestellte Modellierungs- und Simulationssystem wurde erfolgreich zum Einsatz gebracht und durch Erweiterung später auch an die Erfordernisse des HMI-Netz II und BERNET angepaßt. Aus diesen Arbeiten für HMI entstand schließlich das Modellierungssystem MOSAIC, das universell zur Untersuchung von Rechnernetzkonzepten eingesetzt werden konnte.
- Im Hardwarelabor des IDT wurde ein Kommunikations-Interface auf Mikroprozessorbasis entwickelt, das es erstmals im KfK möglich machte, aus Prozeßrechnern des Typs DEC LSI-11 ein verteiltes Prozeßrechnersystem unter Verwendung einer Ringleitung aufzubauen. Der Einsatz dieses Mehrrechnersystems als Prozeßsteuerung konnte am Modell einer automatisierten Fertigungsanlage mit koordinierter Bearbeitung unterschiedlicher Werkstücke durch mehrere Maschinen erfolgreich demonstriert werden.

- Im Auftrag eines Industriepartners wurde ein Konzept für die Ferndiagnose von Prozeßrechnern einschließlich der Fernwartung von Prozeßrechnersoftware entwickelt und schrittweise bis hin zum Pilotsystem realisiert. Die realisierten Konzepte beinhalteten die Entwicklung von Hard- und Softwarekomponenten und orientierten sich am aktuellen Stand der Rechnernetztechnologie und Betriebssysteme.
- Ebenfalls für einen Industriepartner wurde im Rahmen des vom BMFT mit Sondermitteln geförderten Projekts: "Datenbankarchitektur für Verteilte DV-Systeme" (DISCO-Distributed Database Management System for Computer Networks) das Konzept für eine verteilte Datenbasis mit partiell redundanter Verteilung von Datenbeständen über mehrere Rechner eines Rechnernetzes entwickelt und als Pilotimplementierung realisiert. Besonderes Merkmal des entwickelten Systems waren die für den Anwender nicht sichtbare Verteilung und Redundanz der im Rechnernetz abgespeicherten Datenbestände sowie die auf der redundanten Datenspeicherung aufbauenden Fehlertoleranz-Mechanismen.

Aus der Arbeitsgruppe "Rechnerverbundsysteme" wurde Ende 1976 die Abteilung "Verteilte DV-Systeme"; 1978 wurde in dieser Abteilung an vier verschiedenen Vorhaben gearbeitet, die Zahl der Mitarbeiter belief sich auf 14.

Eine Zäsur in der Arbeit der Abteilung brachte das Jahr 1981: Die Arbeiten zu MOSAIC, DISCO und am Ferndiagnose- Wartungssystem wurden mit Erreichen der vorgegebenen Entwicklungsziele abgeschlossen. Sie waren erfolgreich verlaufen und hatten in erheblichem Umfang durch die Kooperation mit Industriepartnern Drittmittel eingeworben. Allerdings war man innerhalb des KfK an maßgeblichen Stellen der Meinung, daß sich auch die Arbeiten der Abteilung "Verteilte DV-Systeme" des IDT in der Zukunft mehr an den Bedürfnissen der großen kerntechnischen Projekte des KfK zu orientieren hätten.

Die daraufhin begonnenen Sondierungen und Recherchen führten schließlich dazu, daß sich die Abteilung ab 1982 mit zwei völlig neuen Aufgabenstellungen konfrontiert sah:

- Die Entwicklung eines Prozeßüberwachungssystems für einen großen verfahrenstechnischen Prozeß - die Verglasung hoch- und mittelaktiver Abfälle.

- Die "Digitalisierung" eines sog. elektrischen Master/Slave-Manipulators vom Typ EMSM1.

Beide Entwicklungsvorhaben waren dem "Projekt Wiederaufarbeitung" (PWA), einem kerntechnischen Arbeitsschwerpunkt des KfK, zugeordnet.

Die verordnete Umorientierung der Abteilung führte zu heißen Diskussionen unter den Mitarbeitern; in diesen Diskussionen ging es zum einen um den Schwenk in der Fachrichtung, d.h. vom Gebiet "Rechnernetze, Kommunikation und Verteilte Systeme" hin zur elementaren Prozeßdatenverarbeitung, Steuerung, Meß- und Regelungstechnik; zum anderen wurde der FuE-Anspruch der neuen Aufgaben kritisch hinterfragt. Denn vor allem in dem erstgenannten Vorhaben wurde von einigen Mitarbeitern zu wenig FuE-Charakter, sondern "nur" Dienstleistung gesehen, die aus nicht viel mehr bestand als aus der "straight forward"-Implementierung eines DV-Systems unter Verwendung verfügbarer Komponenten, und dieses DV-System sollte wiederum nur eines von mehreren Hilfsmitteln sein, die dazu dienten, den eigentlichen Verglasungsprozeß weiterentwickeln und verbessern zu können.

Die fachliche Umorientierung wurde erstaunlich schnell verkraftet, und dafür gab es mehrere Gründe:

- Die Mannschaft war insgesamt relativ jung (im Vergleich zum damaligen Durchschnittsalter der KfK-Mitarbeiter).
- Es gelang, die "Know-how"-Basis der Abteilung durch Einstellung von Regelungstechnikern und einem Maschinenbauer so zu verbreitern, daß den neuen Aufgaben besser Rechnung getragen werden konnte.
- Zwei Spezialisten für Rechnernetze und Verteilte Systeme schieden aus der Abteilung aus und wurden Universitäts-Professoren.

Erwartungsgemäß gab es bei der Entwicklung des Prozeßüberwachungssystems die meisten Anlaufschwierigkeiten, wurde doch hier der "Einstieg" in die verfahrenstechnischen Zusammenhänge und gleichzeitig die Konzipierung und Realisierung eines Prozeßüberwachungssystems für ca. 300 Prozeßgrößen bei sich ständig ändernden Spezifikationen erwartet. Hinzu kam eine extreme Personalfluktuation in der Arbeitsgruppe, die mit der Entwicklung des Systems betraut war. Trotzdem konnte der Probetrieb mit dem System "GRAVIS" (Graphisches Informationssystem für den Prototyp der Verglasungsanlage V-W1)

1986 erfolgreich aufgenommen werden; 1988 wurde das System endgültig an den Anwender übergeben.

Die Arbeiten zur "Digitalisierung" des elektrischen Master/Slave-Manipulator-Systems bedeuteten den Einstieg der Abteilung in die Handhabungstechnik und Robotik (HT). Sehr schnell wurde klar, daß es hier ein anspruchsvolles Arbeitsgebiet mit interdisziplinärem Charakter aufzunehmen galt, in dem Informationstechnik, Regelungstechnik, Mechanik und Antriebstechnik zusammenfließen. Die "Digitalisierung" eines Master/Slave-Manipulator-Systems bedeutete die Neuentwicklung einer Steuerung auf Mikrorechner-Basis, die nicht nur die Funktionalität einer Robotersteuerung aufwies, sondern darüberhinaus Kraftreflexion auf der Masterseite lieferte und in der Lage war, Eigengewichte, Trägheitskräfte und Reibung so zu kompensieren, daß der Bediener am Masterarm in die Lage versetzt wurde, mit dem Arbeitsarm (Slave) tatsächlich feinfühlig zu arbeiten.

Wir verfolgten von Anfang an die Zielsetzung, alle Möglichkeiten, die der Rechneinsatz beim Aufbau einer solchen Steuerung bot, auch tatsächlich zu nutzen. Im Bereich der Regelung wurden neue Wege beschritten: Linearisierung durch Entkoppelung des zu regelnden gekoppelten nichtlinearen Systems, des Manipulators, wurde durch das sog. "Inverse Modell" erreicht, das auch zur Berechnung der Kompensation und der Kraftreflexion herangezogen werden konnte. Zur Generierung und Reduktion eines Inversen Modells wurde eigens das Werkzeug AGRIS entwickelt, das es möglich machte, die bei der Berechnung erforderliche Zahl von Arithmetikoperationen so weit zu reduzieren, daß das Inverse Modell innerhalb eines Regelungs- bzw. Abtastzyklus von weniger als 7 ms mit hinreichender Genauigkeit berechnet werden konnte. Zur Untersuchung des dynamischen Regelverhaltens am Modell wurde das Simulationssystem MANDY entwickelt.

Die Steuerung, in die die Regelung nach dem Inversen Modell integriert wurde, ist so aufgebaut, daß neben dem bedienergeführten Betrieb des Master/Slave-Manipulatorsystems, der für eine spätere Wiederholung in allen Einzelheiten abgespeichert werden kann, auch der Automatik-Betrieb möglich ist. Die im Automatikbetrieb gefahrenen Abläufe können jederzeit unterbrochen und vom Bediener weitergeführt werden ; vom bediener-geführten Betrieb kann umgekehrt wieder stoßfrei in den Automatikbetrieb übergegangen werden (Mischbetrieb).

Mit der Fertigstellung des Prototyps der digitalen Steuerung (1987) war der erste Schritt vom "Elektrischen Master/Slave-Manipulator" zum "Telemanipulatorsystem" mit "Telepräsenzeigenschaften" (dieser Begriff wurde etwa 1986 in Japan erfunden) getan. Was noch fehlte, war eine adäquate Gestaltung der Mensch/Maschine-Schnittstelle, des Beobachtungssystems und die Erweiterung des Systems um eine Signalübertragungsstrecke, die beliebige Entfernungen zwischen Bedienerschnittstelle und Einsatzort des Arbeitsarmes zuließ.

1989 schließlich konnte ein solches "Telepräsenz"-System demonstriert werden. Wesentliche Merkmale des Systems DISTEL (Digital gesteuerter Telemanipulator) sind:

- Die realisierte Mensch/Maschine-Schnittstelle, ausgestattet mit Touchscreen, Bildschirmen für die Szenenüberwachung am Einsatzort, Sprach-Ein/Ausgabe, Schaltpult für Hilfsfunktionen und dem Masterarm mit Kraftreflexion macht es dem Bediener möglich, alle Betriebsarten des Telemanipulators auch in komplexen Situationen zu beherrschen (Bild 4).
- Als Sichtsystem steht ein 3 D-Videosystem zur Verfügung, das auf dem Prinzip der sequentiellen Projektion basiert und unter Verwendung von Hochgeschwindigkeitsschuttern in der Lage ist, flackerfreie 3D-Bilder hoher Auflösung in Farbe für alle gängigen Wiedergabegeräte zu produzieren (inkl. Großbildprojektion). Die Aufnahme erfolgt über ein 3D-Kamerapaar, das, montiert auf einem schnellen motorisierten Schwenk/Neigekopf, auf Wunsch des Bedieners automatisch dem Endeffektor des Arbeitsarmes folgt (Kamera-Tracking). Die Aufzeichnung der 3D-Aufnahmen auf Standard-Videorekorder ist möglich.
- Zur Übertragung digitaler Stell- und Meßgrößen zwischen Steuerungsrechner und Arbeitsarm einschließlich der am Einsatzort benötigten Hilfs- und Überwachungssysteme kommt eine nach dem PCM-Verfahren codierte Signalübertragung über eine Lichtleiterstrecke zur Anwendung; auch die TV-Bildübertragung erfolgt über Lichtleiter.

Die Telemanipulator-Systementwicklung, ursprünglich für PWA aufgenommen und seit Gründung des neuen Arbeitsschwerpunktes Handhabungstechnik (HT)

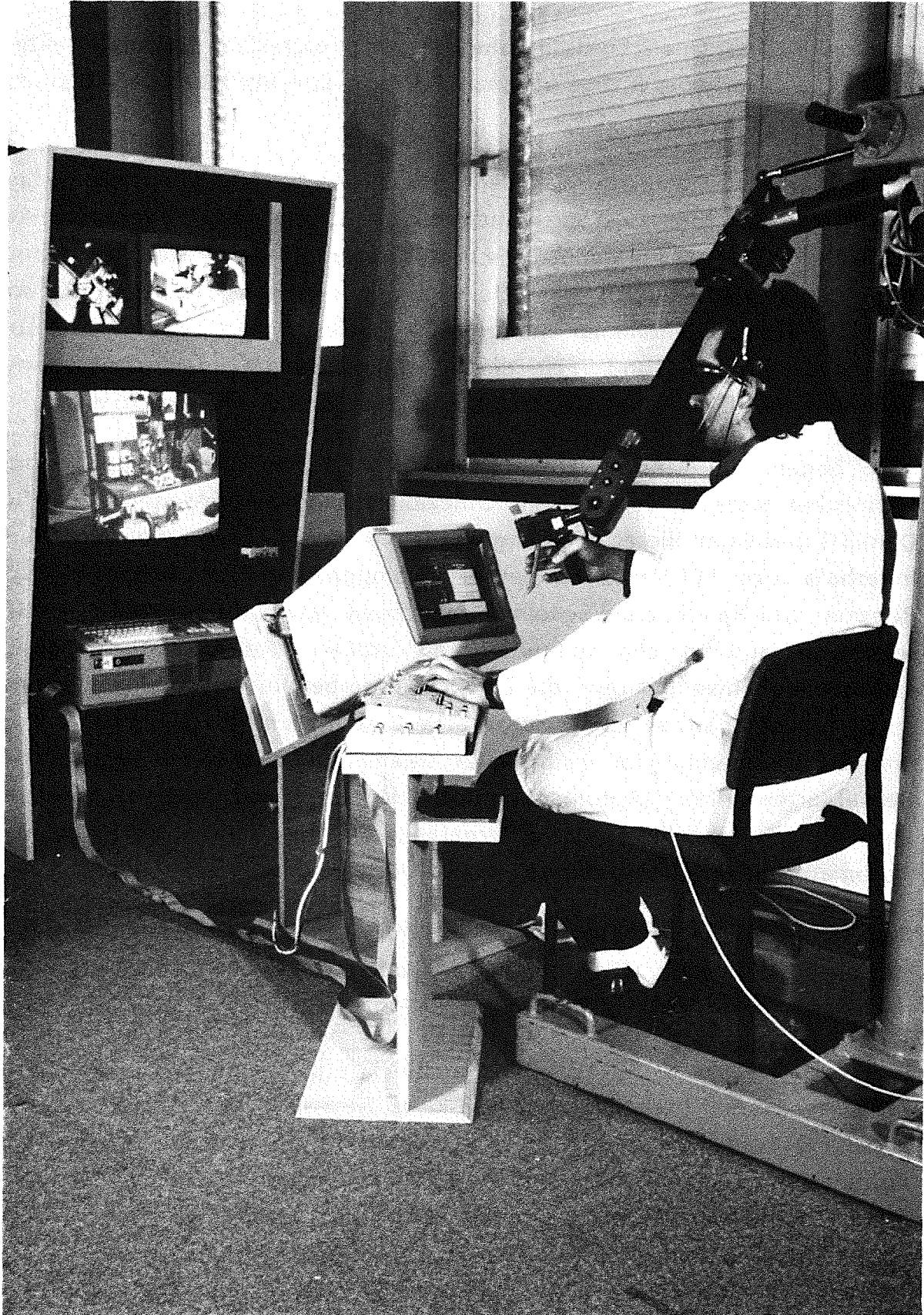


Bild 4: Mensch/Maschine-Schnittstelle des Telemanipulatorsystems DISTEL

im Jahre 1987 als Querschnittsaufgabe bis zum erfolgreichen Abschluß weitergeführt, sollte nicht das einzige handhabungstechnische Vorhaben der Abteilung bleiben.

Seit 1984 arbeitet die Abteilung an der Konzipierung einer ingenieurtechnischen Lösung für das sog. "In-Torus-Handling" im Rahmen des Fusionsprojektes NET/ITER mit. 1988 übernahm IDT die Verantwortung für die Entwicklung einer Steuerung zu EDITH (Experimental Device for In Torus Handling); das Gerät soll 1991 in Betrieb genommen werden. EDITH selbst ist ein Großmanipulator, ähnlich dem bei JET und TFTR, der von außen in das Reaktorgefäß einer Fusionsanlage zu Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten eingebracht wird.

1986 begann im KfK die Entwicklung einer neuen Klasse handhabungstechnischer Systeme, den sog. "Hochflexiblen Handhabungssystemen" (HfH). Dem IDT und damit dieser Abteilung wurde die Federführung für ein Vorhaben innerhalb des PFT-Verbundprojektes "Komponenten für fortgeschrittene Roboter- und Handhabungssysteme" übertragen. Anwendungsbereich des HfH sollte das automatische Gußputzen an großen Werkstücken bei einem industriellen Anwender sein; die Entwicklungsarbeiten waren gemeinsam mit einem Industriepartner durchzuführen. Die Grundidee hinter dem HfH-Konzept war die Übernahme der erstmals für Telemanipulatorsysteme entwickelten Betriebsartenvielfalt (Automatikbetrieb, Mischbetrieb, bedienergeführter Betrieb), um schnelle Programmierbarkeit für den Automatikbetrieb und Automatik mit Eingriffsmöglichkeit realisieren zu können.

Rechnernetze, Kommunikation und Verteilte Systeme, die Themen, mit denen sich die Abteilung bis 1981 in ihren F + E-Arbeiten befaßt hatte, spielten auch nach der "Wende" 1982 noch eine wichtige Rolle, wenn auch ausschließlich unter Anwendungsaspekten:

1984 wurde ein flächendeckendes lokales Netzwerk, das KfK-LAN, in der Abteilung konzipiert und bis Ende 1985 als Pilotinstallation realisiert. Der Routinebetrieb konnte Mitte 1986 aufgenommen werden. Das KfK-LAN, durchgesetzt gegen den Willen der Leitung der zentralen Groß-DV-Einrichtungen, erwies sich hinsichtlich seiner Akzeptanz unter den DV-Anwendern innerhalb kurzer Zeit als Renner und ist heute aus dem KfK nicht mehr wegzudenken.

Weitere Anwendungsbereiche Verteilter Systeme und der Rechnerkommunikation fanden sich auch in den neuen Arbeitsgebieten der Abteilung selbst:

Handhabungssysteme für komplexe Aufgaben, insbesondere im Fertigungsbereich, sind gar nicht anders als "verteilte Systeme" zu konzipieren. Daher wurde 1988 in der Abteilung ein F + E-Vorhaben initiiert, dessen Ziel es ist, die Realisierung verteilter Systeme für handhabungstechnische Anwendungen durch eine geeignete Kommunikationstechnologie aus dem LAN-Bereich zu unterstützen, sowohl durch technisches Know How bei realzeitfähigen LAN-Standards als auch durch Bereitstellung geeigneter Werkzeuge für die Planung, Realisierung und Migration.

Der Rückblick auf die Entwicklungsgeschichte der Abteilung kann abgeschlossen werden mit dem Hinweis auf ein weiteres, die Abteilung betreffendes historisches Ereignis:

Die mit der Entwicklung des oben erwähnten HfH-Systems betraute Arbeitsgruppe wurde 1988 zu einer Abteilung unter der Leitung von Priv. Doz. Dr. Lawo aufgewertet. Die Komplexität der Aufgabe im Verbund mit der Industrie einerseits sowie der Umfang des involvierten Personals und des Mittelaufwands andererseits begründeten diese, vom Leiter der damaligen Abteilung "Verteilte DV-Systeme" nachhaltig unterstützte Maßnahme. Bleibt zu erwähnen, daß das HfH-Projekt "Gußputzen" Ende 1989 mit der Präsentation des Systems COMETOS erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Über die neuentstandene Abteilung "Industrielle Handhabungssysteme" und ihre Arbeiten wird an anderer Stelle in diesem Heft ausführlich berichtet.

Aktuelle Projekte

Seit Anfang 1990 trägt die Abteilung den Namen "Steuerungssysteme und Kommunikation". Diese Bezeichnung charakterisiert relativ gut das aktuelle Themengebiet, mit dem sich die laufenden Projekte auseinandersetzen. Insgesamt sind hier sechs FuE-Vorhaben zu nennen:

- Entwicklung der Steuerung für EDITH (Experimental Device for In-Torus-Handling). Auf dieses Vorhaben wurde im vorherigen Abschnitt schon eingegangen. Das Gesamtsystem wird voraussichtlich Ende 1991 in Betrieb gehen. Dazu wird die Steuerung zunächst mit einer konventionellen Regelung ausgestattet. Weitere Schritte beinhalten dann:
 - Die Verbesserung des Regelungsverhaltens durch Einsatz fortschrittlicher digitaler Regler. U.a. ist an Experimente mit dem Inversen

Modell und an sog. "Active Damping Techniques" zur Minimierung vertikaler und horizontaler Schwingungen des Großmanipulators gedacht.

- "Elektronisches Verspannen" der Getriebe durch regelungstechnische Maßnahmen zur Reduktion des Getriebespiels und zur Dämpfung der oben erwähnten horizontalen Schwingungen.
- Integration des gesamten Steuerungssystems auf der Grundlage eines den NET-Standardisierungsbestrebungen entsprechendes Bussystems.

Übergeordnete Zielsetzung für alle obengenannten Maßnahmen ist die Erreichung höchster Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems (Minimierung der Fahrzeiten) bei einem höchstmöglichen Maß an Betriebssicherheit.

- MONSUN (Manipulator Control System Utilizing Network Technology). Dabei handelt es sich um die Entwicklung eines sog. "Universalmaster"-Steuerungssystems. Das bereits 1985 in dieser Abteilung kreierte "Universalmaster-Konzept" sieht vor, durch Integration der erforderlichen Positionierungs- und Momenten-Transformations-Algorithmen in die Steuerung eines Telemanipulatorsystems die bis dahin notwendige Voraussetzung der Kinematik-Identität von Master- und Slave-Manipulator fallen lassen zu können. Dadurch wird es möglich, von ein und demselben Master-Manipulator aus unterschiedliche Arbeitsarme steuern und effizient programmieren zu können. Letzteres ist z.B. für Roboteranwendungen ein wichtiger Aspekt.

Die bei der Entwicklung von DISTEL (siehe oben) gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen bilden die Grundlage für MONSUN:

- Werkzeuge wie AGRIS und MANDY können zur Reduzierung der Regelungs-Algorithmen und Abstimmung der Regler eingesetzt werden.
- Die Hardwarebasis Multibus I/II kann auch bei MONSUN eingesetzt werden.
- Wesentliche Komponenten des für DISTEL entwickelten MMI-Konzeptes (Mensch/Maschine-Schnittstelle) sind auf MONSUN übertragbar.
- Das Beobachtungssystem kann übernommen werden.

MONSUN geht über das ursprüngliche oben skizzierte Universalmaster-Konzept wesentlich hinaus: Durch Einsatz neuer Entwicklungsergebnisse der Netzwerk-Technologie für die Rechnerkommunikation im LAN (Local Area Network)-Bereich und durch geeignete Subsystem-Strukturierung bei der Konzipierung des MONSUN-Steuerungssystems wird es möglich, von einem Arbeitsplatz aus über ein- und denselben Master-Manipulator alternativ unterschiedliche Arbeitsmanipulatoren zu steuern und zu programmieren (vgl. Bild 5). Anwendungsbereiche von MONSUN liegen in der industriellen Fertigungstechnik wie auch bei Instandhaltungs und Wartungsaufgaben in der Kerntechnik, z.B. in der Fusion (siehe EDITH).

- Die Integration autonomer Fähigkeiten in Telemanipulatorsteuerungen ist Gegenstand eines weiteren Vorhabens. Konkret geht es hier darum, die Steuerung in die Lage zu versetzen, situationsbedingt Roboterbahnen auf der Basis von Kraft/Momentmessungen autonom generieren zu können (Beispiel: exakte Verfolgung einer Bahn entlang einer unbekannten dreidimensionalen Oberfläche).

Eine andere Aufgabe, die autonom von der Steuerung gelöst werden soll, ist die "On-line"-Schätzung der Lastmasse am Endeffektor eines Arbeitsarmes. Schließlich soll im Rahmen dieses Vorhabens die Eignung Neuronaler Netze zur Identifikation von Roboterparametern und zur Regelung untersucht werden.

- Hauptergebnis der bisherigen Arbeiten zur Sichtsystementwicklung war das oben beschriebene 3D-Video-System (KfK-Patent). Die aktuellen Arbeiten zu dieser Thematik befassen sich mit der Steuerung der Aufnahmeseite des 3D-Videosystems, insbesondere mit dem Objektivabgleich, der Objektiv-einstellung und der automatischen 3D-Bildkorrektur durch Einsatz einer Rechnersteuerung auf PC-Basis für die 3D-Kamerasteuerung. Durch die Anwendung der 3D-RGB-Vollbildtechnik wird die Auflösung der 3D-Bildwiedergabe wesentlich verbessert.
- Im Rahmen einer Kooperation mit der Universität Tübingen geht es um die Anwendung handhabungstechnischer Entwicklungen des KfK in der Medizin, konkret bei der sog. Minimal Invasiven Chirurgie (MIC). Die Abteilung SK des IDT leistet zwei Beiträge zu dieser Kooperation:

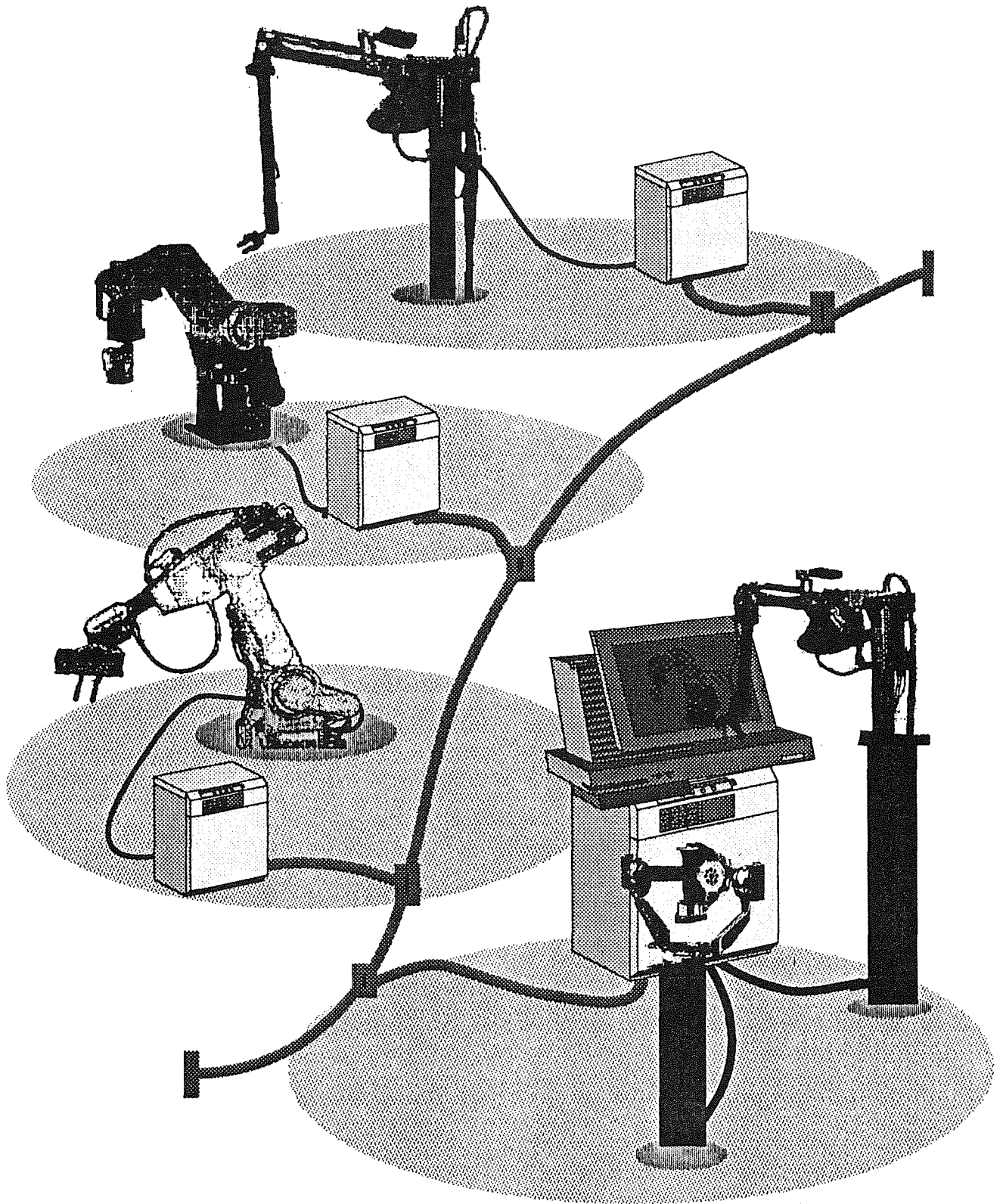


Bild 5: MONSUN-Konzept für den Telemanipulatorbetrieb über ein lokales Netz (LAN).

- Die Entwicklung eines 3D-Video-Endoskops zum Einsatz bei MIC im Operationssaal. Das 3D-Video-Endoskop basiert auf der Anwendung der weiter oben beschriebenen 3D-Video-Technologie.
 - Eine Systemanalyse für ein modulares MIC-HT-System. Unter anderem wird dabei untersucht, welche Möglichkeiten zur Integration von moderner Handhabungstechnik und konventioneller Operationstechniken denkbar und welche Grenzen für den Einsatz der Handhabungstechnik erkennbar sind. Detailuntersuchungen zu chirurgischen Werkzeugen und zur Integration sensorische Fähigkeiten sind u.a. Bestandteil dieser Untersuchungen.
- Das ESPRIT-Projekt VOICE (Validating Open System Architectures in Industrial CIM Environment) wird gemeinsam mit Partnern aus Frankreich, Griechenland, Holland und Deutschland bearbeitet. Hier geht es darum, das vom ESPRIT AMICE-Projekt der EG erarbeitete Modell einer Offenen Systemarchitektur für die Computer-integrierte Fertigung CIMOSA zu validieren, d.h. auf Vollständigkeit und Korrektheit zu überprüfen.

CIM (Computer Integrated Manufacturing) und die dazu bisher vorgeschlagenen und realisierten Konzepte basieren auf verteilten Fertigungseinrichtungen, die zu sog. Zellen gruppiert werden und deren Steuerungsrechner und Planungsrechner ein verteiltes DV-System bilden. Ziel bei der Entwicklung des CIMOSA-Modells ist es, eine Architektur zu definieren, anhand deren die Standards für die Computer-integrierte Fertigung erarbeitet werden können.

Eine wichtige Rolle bei VOICE spielt die Frage nach geeigneten Kommunikationsdiensten und Konzepten für die Verteilte Verarbeitung (distributed processing). Hier beteiligt sich IDT an der Entwicklung von Werkzeugen zur Unterstützung des Entwurfs, zur Simulation sowie der Generierung des ersten CIM-OSA lauffähigen Prototyps, der anschließend auf Implementierungsplattformen von VOICE-Partnern getestet und eingesetzt wird.

Perspektiven

Die zukünftigen Arbeiten der Abteilung werden sich orientieren müssen an Aufgabenstellungen, die die Integration von Lösungsansätzen aus der Regelungstechnik und Informationstechnik fordern, wenn das vorhandene Know-How-Potential optimal genutzt werden soll. Gleichzeitig muß neueren Entwicklungen in diesen beiden Gebieten Rechnung getragen werden, wenn neue, komplexe Aufgabenstellungen so gelöst werden sollen, daß sie gegenüber der internationalen Konkurrenz bestehen. Beispiele für diese neueren Entwicklungen sind etwa die Einbringung von Techniken, Methoden und Lösungsansätzen der "Neuroinformatik" oder der "fuzzy logic" in regelungstechnische Aufgabenstellungen.

Regelung und Steuerung von Handhabungs- und Automatisierungssystemen, die heute in industriellen Anwendungen oder für Dienstleistungsaufgaben zum Einsatz kommen, können in der Regel nicht als unabhängig zu entwickelnde Systemkomponenten verstanden werden; vielmehr erfordern Integrations- und Koordinierungsaspekte eine Infrastruktur, die ein Zusammenwirken von sog. Front-Ends wie etwa der Mensch/System-Schnittstelle, Informationssystemen, Kommunikationssystemen und Maschinen bewirkt.

Dies erfordert nicht nur informationstechnische Lösungen, sondern auch Standards für die benötigten Schnittstellen und Systemarchitekturen; d.h. einen entsprechenden Kenntnisstand über bestehende Standards, Trends und Entwicklungen.

Ein weiterer Aspekt, der die künftigen Arbeiten zunehmend bestimmen wird, ist der Transfer der Entwicklungsergebnisse in industrielle oder sonst volkswirtschaftlich relevante Anwendungen. Der Transferprozeß vom Entwicklungsergebnis, d.h. z.B. von einer Pilot-Realisierung her zu einer industriellen Anwendung kann dabei jedoch nicht durch die Entwickler erfolgen, sondern muß Gegenstand eines nachgeschalteten Vorgangs sein. Aber als Entwickler können wir einen Beitrag zur Transferwahrscheinlichkeit oder -Erfolgsaussicht leisten, indem neben Aspekten der Marktrelevanz bei der Erarbeitung der Entwicklungsergebnisse die Transferierbarkeit im Auge behalten wird und z.B. Speziallösungen gegenüber solchen mit leichter Anpaßbarkeit an ein breiteres Anwendungsspektrum zurückgestellt werden.

Damit ergeben sich zusammenfassend

- Optimale Nutzung des vorhandenen Potentials
- Innovation
- Integration
- Transferierbarkeit

als Grundsätze der Gestaltung der FuE-Arbeit der Abteilung Steuerungssysteme und Kommunikation.

Literaturverzeichnis

Das Verzeichnis enthält Hinweise auf Arbeiten von Mitarbeitern der Abteilung "Verteilte Systeme" bzw. "Steuerungssysteme und Kommunikation". Die Übersicht ist nach F + E-Themen bzw. nach Zugehörigkeit zu konkreten Entwicklungsergebnissen geordnet.

Verteilte System und Rechnernetze

- /Ho72/ Holler, E.: Betriebsmittelvergabe in heterogenen Rechnernetzen bei dezentralisierter Netzwerksteuerung, Nachrichtentechnische Fachberichte, Band 44, 1972, S. 96-105
- /DHSF72/ Drobnik, O.; Holler, E.; Schuhmacher, F.; Sell, F.: Statusbeschreibung und Statusüberwachung in einem Rechnernetz, KfK-Bericht Ext. 13/72-5, Dez. 1972
- /DHSF73/ Drobnik, O.; Holler, E.; Schuhmacher, F.; Sell, F.: Auftragsvergabe in einem Rechnerverbund, KfK-Ext. 13/72-6, Febr. 1973
- /Ho73/ Holler, E.: Files in Computer Networks, Proceedings of the 1st European Workshop on Computer Networks, Arles, 1973, pp. 381-396
- /Ho74a/ Holler, E.: Multiple Copy Files in Computer Networks, KfK-Bericht 1734, Febr. 1974
- /Ho74b/ Holler, E.: Koordination kritischer Zugriffe auf verteilte Datenbanken in Rechnernetzen bei dezentraler Überwachung, KfK-Bericht 1967, April 1974
- /HD74/ Holler, E.; Drobnik, O.: Modeling Network Control, European Computer Workshop "Distributed Computer Systems", Darmstadt, Okt. 1974
- /DH75a/ Drobnik, O.; Holler, E.: Simulation of Computer Network Operating System Functions, International Seminar on Models and Measures for Computer Systems, Bologna, Febr. 1975
- /HD75/ Holler, E.; Drobnik, O.: Rechnernetze, B.I. -Wissenschaftsverlag, Reihe Informatik, Mannheim/ Wien/ Zürich, 1975
- /Ho75/ Holler, E.: Ein Programmsystem zur Modellierung von Betriebsorganisationen für Rechnernetze, KfK-Bericht - PDV 58, 1975
- /DHW76/ Drobnik, O.; Holler, E.; Wolfinger, B.: Simulation of Task Interaction and Resource Allocation in Communication Computers, Proceedings of the 4th Simula Users Conference, Noordwijkerhout, 8.-10. Sept. 1976, pp. 81-85
- /HD77/ Holler, E.; Drobnik, O.: Implementation of Decentralized Coordination Mechanisms in Distributed Mini-/Microcomputer Systems, Proceedings of the Workshop on Distributed Processing, Brown University, Providence RI, August 1977, Technical Report No CS-32, pp. 37-42

- /WDH77/ Wolfinger, B.; Drobnik, O.; Holler, E.: Design and Simulation of Decentralized Control Structures for Reliable Distributed Systems, Third Winterschool on Theory of Operating Systems, Visegrad, Hungary, Januar 1977
- /Ho78/ Holler, E.: Allocation of Distributed Resources, La Conception des Systèmes Repartis, Cours de la Commission des Communautés Européennes, Nice du 26 juin au 7 juillet 1978, Edité par IRIA, B.P. 105-78150 Le Chesnay, ISBN 2-7261-0231-1, pp. 1-21
- /Ho89a/ Holler, E.: Multiple Copy Update, Beitrag zum "Advanced Course on Distributed Systems - Architecture and Implementation", TU München, März 1980, Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science Nr. 105, pp. 84-307
- /Ho80b/ Holler, E.: Case Study: The NSW-System, Beitrag zum "Advanced Course on Distributed Systems - Architecture and Implementation", TU München, März 1980, erschienen im Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science Nr. 105, pp. 421-445

Prozeßdatenverarbeitungssysteme

- /Ho75/ Holler, E.: Entwurf und Modellierung von Mehrrechnersystemen für Prozeßlenkungsaufgaben, KfK-Bericht - PDV 57, 1975
- /HD77/ Holler, E.; Drobnik, O.: Integrität, Ausfall und Wiederanlauf redundanter Prozeßdatenbasen in PDV-Systemen, Fachtagung "Prozeßrechner 77" 7.- 8. März 1977, Augsburg
- /HKK77/ Holler, E.; Krieger, J.; Knöpker, R.: Ein universeller Kommunikationsprozessor für den Aufbau verteilter PDV-Systeme, Fachtagung "Prozeßrechner 77", 7. - 8. März 1977, Augsburg
- /HNM77/ Holler, E.; Nehmer, J.: Verteilte DV-Systeme: Neue Möglichkeiten als Konsequenz der Mikrorechnerentwicklung, KfK-Bericht Ext. 13/78-1, Juni 1978
- /Di82/ Didic, M.: Modeling of a Real-Time Distributed System, Proc. of Segundo Simpósio Latino-Americano sobre Redes de Computadores, Sao Paulo, Brasil, 1982, pp. 52-58
- /DK82/ Didic, M.; Kohlhepp, P.; Oberle, R.: Performance Analysis of a Distributed Real-Time System, Proc. of the Real-Time Symposium, Los Angeles 1982, pp. 57-67
- /DKO86/ Didic, M.; Kohlhepp, P.; Oberle, R.: Design Consideration for a Distributed Real-Time Nuclear Reactor Safety System, Computer Systems Science and Engineering 1(2) 1986, pp. 82-92
- /DR85/ Didic, M.; Richter, G.: Time and Clocks and Task Management, Proc. of the Timed Petri Nets Int. Workshop, Torino 1985
- /FH86/ Fromm, R.; Holler, E.: Prozeßüberwachungssystem für die Verglasungsanlage V-W1, 6. Statusbericht des Projektes Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung Kernforschungszentrum Karlsruhe 1986, KfK-4177, pp. 442-448

MOSAIC (Modellierung von Rechnernetzen)

- /WD77/ Wolfinger, B.; Drobnik, O.: Models for the Simulation of Communication Systems in Computer Networks, Simulation 77, Proc. of the International Symposium, Montreux, June 22-24, 1977, p. 61-66
- /Wo79a/ Wolfinger, B.: An Interactive Graphical Interface to a Computer Network Modeling System, 7th SIMULA Users Conference, Cernobbio, 1979

- /Wo79b/ Wolfinger, B.: Modelle zur rechnergestützten Simulation von Kommunikationsflüssen in Rechnernetzen, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1979
- /Wo80/ Wolfinger, B.: MOSAIC (BERNET): Ein Modellierungssystem zur Leistungsprognose und -analyse für das BERNET-Rechnernetz, KfK-3024, August 1980
- /Mü80/ Mülhäuser, M.: MOSAIC (DECNET) - Ein Modellierungssystem zur Leistungsanalyse für DECNET-Rechnernetze durch rechnergestützte Simulation, Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, 1980
- /DW82/ Didic, M.; Wolfinger, B.: Simulation of a Local Computer Network Applying a Unified Modeling System, Computer Networks Vol 6 No 2 (5) 1982
- /WD82/ Wolfinger, B.; Drobnik, O.: Simulation of Protocol Layers of Communication in Computer Networks, Computer Networks and Simulation II, North Holland 1982

DISCO-Projekt (Verteilte Datenbasen)

- /KH78a/ Keil, C.; Holler, E.: Comparison of Different Approaches to Distributed Database System, Internat. Conf. on Management of Data (ICMOD), Milano, June 29-30, 1978
- /KH78b/ Architectures for Heterogeneous Distributed Database System, Proc. of the 3rd Jerusalem Conference on Information Technology (JCIT 3), Jerusalem, Aug. 6.-9., 1978, North Holland Publishing Company, Amsterdam / New York/ Oxford, pp. 299-310
- /BDKK78/ Breitwieser, H.; Drobnik, O.; Keil, C.; Kersten, U.: Architektur und operationales Modell eines verteilten Dateiverwaltungssystems, GI-Fachtagung "Datenbanken in Rechnernetzen mit Kleinrechnern", Kernforschungszentrum Karlsruhe 1978, Springer-Verlag, pp. 79-92
- /KBH78/ Keil, C.; Breitwieser, H.; Holler, E.: DISCO: Ein Datenbankkonzept für Kleinrechnernetze auf der Basis eines verteilten Dateiverwaltungssystems, GI-Fachtagung "Datenbanken in Rechnernetzen mit Kleinrechnern", Kernforschungszentrum Karlsruhe 1978, Springer-Verlag, pp. 1-21
- /BKD78/ Breitwieser, H.; Kersten, U.; Drobnik, O.: DISCO: A Distributed File Management System for Heterogeneous Computer Networks, International Conference on Management of Data (ICMOD), ACM Italian Chapter, Milan, June 29-30, 1978, pp. 157-172
- /HBDKKKK78/ Holler, E.; Breitwieser, H.; Keil, C.; Kersten, U.; Knöpker, R.; Krieger, J.: DISCO: Eine Datenbankarchitektur für verteilte DV-Systeme auf der Basis Logischer Dateien, KfK-Bericht 2581, April 1978
- /HBDKK78/ Holler, E.; Breitwieser, H.; Drobnik, O.; Keil, C.; Kersten, U.: DISCO: A Distributed Database Architecture Based on Logical Files, Proceedings GI-Workshop "Rechnernetze und Datenfernverarbeitung", Schindler, S.; Schröder, J.C.W. (Herausgeber), 5. + 6.10.1978, TU Berlin, pp. 231-250
- /Br79/ Breitwieser, H.: The Management of the Catalog for Logical Files, INRIA-Seminar on Distributed Data Sharing Systems, Aix-en-Provence, Mai 1979, Edited by "Projet Pilote Sirius" & "Interest Group on Distributed Data", INRIA, Domaine de Valuceau-Rocquencourt, B.P. 105 . 78150 Le Chesnay, France, pp. 261-274
- /BK79/ Breitwieser, H.; Kersten, U.: Transaction and Catalog Management of the Distributed File Management System DISCO, Proceedings 5th Conference on Very Large Data Bases, Rio de Janeiro, Okt. 1979, IEEE Catalog Number 79CHI1406-8C, pp. 340-350
- /HBDKK79/ Holler, E.; Breitwieser, H.; Drobnik, O.; Keil, C.; Kersten, U.: DISCO: A Distributed Data Base System Based on Logical Files, Proc., "La Conception Des Systems

- Reparties", Cours de la Commission des Communautés Européennes, réalisé par M. Amirchahy et D. Nèel, IRIA-SEFI, Nice, 26.6.-7.7.1978, pp. 23-39
- /Ho80/ Holler, E.: DISCO: Ein Systemkonzept für die integrierte Datenhaltung in verteilten Systemen, KfK-Nachrichten, Jahrgang 12, 1/80
- BDHKMS81/ Breitwieser, H.; Drobniak, O.; Holler, E.; Kersten, U.; Mailänder, R.; Seemann, W.: DISCO: Entwicklung und Implementierung von Funktionen zur Verwaltung verteilter Datenbanken in Rechnernetzen, KfK-Bericht 3229, Oktober 1981
- /BL82a/ Breitwieser, H.; Leszak, M.: A Distributed Transaction Processing Protocol Based on Majority Consensus, Proc. ACM SIGACT-SGOPS Symposium on Principles of Distributed Computing, Ottawa, Canada, August 1982, ACM Order No. 536821, pp. 224-237
- /BL82b/ Breitwieser, H.; Leszak, M.: Improving Availability of Partially Redundant Databases by Majority Consensus Protocols, Proc. Second International Symposium on Distributed Data Bases, Berlin, September 1982, DISTRIBUTED DATA BASES, H.-J. Schneider (editor), North-Holland Publishing Company, G1, 1983, pp. 131-151
- /LB82/ Leszak, M.; Breitwieser, H.: A Fault Tolerant Scheme for Distributed Transaction Commitment, 3rd International Conference on Distributed Computing Systems, Miami/Ft. Lauderdale, October 1982, IEEE, 1982, pp. 64-70
- /Ho84a/ Holler, E.: Realisierung eines Systems für die verteilte Datenhaltung, CSMI/TTP-Schriftenreihe Bd. 41-050, pp. 108-122

Ferndiagnose

- /Ha79/ Hälsig, M.: Nachrichtentransport in einem System für die Fernbediente Programmwartung, SAK, 10. Jahrestagung, Berlin 1979
- /Ko79/ Kossmann, P.: Filetransfer, Telexfunktion und Fernbedienung in einem System für die Fernbediente Programmwartung, SAK, 10. Jahrestagung, Berlin 1979
- /Ha82/ Hälsig, M.: Ein Architekturkonzept zur Softwarefernwartung bei Realzeitsystemen, Dissertation, Universität Karlsruhe 1982

Lokale Netze, KfK-LAN

- /Ho84b/ Holler, E.: NIK: Ein lokales Netz für den Informationstransfer im Kernforschungszentrum Karlsruhe - Anforderungen und Realisierungsvorschläge, KfK, Sept. 1984
- /Ho86a/ Holler, E.: Ein LAN für ein Großforschungszentrum: von der Planung bis zur Realisierung, DATACOM, 3. Jahrg., März / April 1986, S.4. 4.-21
- /Ho86b/ Holler, E.: TCP/IP und XNS/ITP. GI-Informatik-Spektrum: "Das aktuelle Schlagwort", 9, Heft 5/86, W. Brauer, Hamburg (Hrsg.), S. 358-362
- /Ho87/ Holler, E.: Transportprotokolle im lokalen Netzbereich, Informationstechnik 12, Heft 6 (1987), Oldenbourg-Verlag, S. 379-385
- /Ho88/ Holler, E.: Dezentrale DV-Strukturen in Großforschungszentren: Nutzen und Risiken, PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, 3/88, Carl Hanser Verlag
- /Ho89/ Holler, E.: Verteilte Systeme: Entwicklung und Perspektiven HMD - Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, Informatik-Biographie 2000, Heft 150, Nov. 1989, S. 86-97, Forkel-Verlag

Handhabungstechnik / Robotik (DISTEL, MONSUN, EDITH, VOICE)

- /WB86/ Weber, W.; Breitwieser, H.: Regelung/Steuerung von elektrischen Master-Slave-Manipulatoren mit dem inversen Modell. Robotersysteme 2 (1986). S. 27.-36
- /BBW86/ Becker, H.; Breitwieser, H.; Weber, W.: Fortschritte bei Servomanipulatoren durch digitale Steuerung. KfK-Nachrichten (18) Heft 1/86, S. 32-39
- /SW86/ Süss, U.; Weber, W.: Untersuchung und Realisierung einer adaptiven Gelenkregelung nach dem Referenzmodellkonzept. In: Steuerung und Regelung von Robotern, VDI Berichte 598, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1986 S. 297-308
- /We87/ Weber, W.: Regelung der Bewegungsachsen eines Roboterarmes unter Vorgabe eines linearen zeitinvarianten Führungsverhaltens. Automatisierungstechnik 35 (1987), S. 127-128
- /GW88/ Günzel, U.; Weber, W.: Kraft- und Momentenregelung für Master-Slave-Manipulatoren. Robotersysteme 4(1988), S. 183-187
- /Su88/ Süss, U.: Eine Ergonomiestudie über den Bediener eines Master-Slave-Manipulators. Robotersysteme 4 (1988), S. 139-144
- /Sea88/ Suppan et al.: Fernhantierung in der Plasmakammer einer Fusionsmaschine. KfK-Nachrichten 21 (1989), S. 280-286
- /Br88/ Breitwieser, H.: A Control System Supporting Different Modes of Telemanipulator Operation for In-Vesselhandling, in IAEA-TECDOC-495, Robotics and Remote Maintenance Concepts for Fusion Machines, Vienna 1989
- /We89/ Weber, W.: Regelung von Manipulator- und Roboterarmen mit reduzierten, effizienten inversen Modellen. VDI-Verlag, Fortschritt-Bericht 8/183, Düsseldorf 1989
- /HBU90/ Holler, E.; Breitwieser, H.; Süss, U.: Telemanipulator: Eine Kombination von Servo-Master/Slave-Manipulator und digitaler Steuerung. 1. Statusbericht des Arbeitsschwerpunktes Handhabungstechnik (HT), 14.11.1990, Kernforschungszentrum, Karlsruhe, S. 103-132
- /Br90/ Breitwieser, H.: DISTEL: Digitales Steuerungssystem für Telemanipulatoren, erscheint in 3/91: Robotersysteme, Springer-Verlag
- /We90/ Weber, W.: Reduktion von Robotermodellen für die nichtlineare Regelung. Automatisierungstechnik 38 (1990), S. 410-415 u. 442-446
- /Bea90/ Breitwieser, H.; et. al.: Specification of the EDITH CONTROL SYSTEM, KfK-Bericht 4787, 1990
- /Sea90a/ Suppan; et al.: Der KfK-Beitrag zur Wartung und Instandhaltung von Fusionsanlagen (NET / ITER), HT-Arbeitsbericht Nr. 10-90 1990
- /Sea 90b/ Suppan; et al.: The NET Articulated Boom: Preliminary Investigations and Justification for a Full Scale Prototype, KfK-Bericht 4809, 1990
- /Di90/ Didic, M.: Planning MAP for a Robotic System, Proc. of the MAP Installation Case Study Workshop, SYSTEC, Munich 1990
- /Su91/ Süss, U.: M2 IDI: A Man-machine Interface for the Digital Telemanipulator Control System DISTEL, Int. Symp. on Advanced Robot Technology 1991
- /RW91/ Ranjbar, A.; Weber, W.: Identification of Model Parameters and Friction Characteristics of a Robot Manipulator with Geared Electrical Drives. Angenommener Beitrag zum IFAC Symp. Robot Control, Wien, 1991

/KOBW91/ Kocsis, F.; Ort, K.; Böhme, J.F.; Weber, W.: Cordic-Based ASIC Solution for Inverse Kinematic and Jacobian Computations. Angenommener Beitrag zur '1991 International Conference on Digital Signal Processing', Florenz, September 1991

Industrielle Handhabungssysteme

M.Lawo

Das erste Vorhaben

Die Abteilung ist die jüngste in der Geschichte des IDT und wurde im Mai 1988 mit zunächst fünf wissenschaftlichen Mitarbeitern und einem Doktoranden gegründet. Sie entstand aus der damaligen Abteilung "Verteilte DV" (Dr.Holler). Die Abteilung wurde mit dem Ziel gebildet, **Handhabungssysteme für industrielle Anwendungen** bis zur prototypischen Reife zu entwickeln. Eine enge Kooperation mit der nichtnuklearen Industrie sollte gesucht und technologische FuE-Ergebnisse des IDT und des KfK sollten verwertet werden.

In der Abteilung wird im Sinne der Mechatronik, einer Verbindung aus Ingenieurwissenschaften und angewandter Informatik, wegen des Systemgedankens interdisziplinär gearbeitet. Die Mitarbeiter kommen von ihrer Ausbildung her aus der Informatik, dem Maschinenbau, der Elektrotechnik, der Physik, dem Konstruktiven Ingenieurbau und den Wirtschaftsingenieurwissenschaften.

Erste Aufgabe war die Realisierung eines Funktionsmusters zum **Gußputzen** im Rahmen eines mit der Gründung des Arbeitsschwerpunktes "Handhabungstechnik" in 1987 zeitgleich initiierten BMFT Verbundprojektes (VP 2.450). Das Funktionsmuster bestand in seiner letztlich realisierten Form aus einer Fertigungszelle mit drei Robotern, einem zum Vermessen und Programmieren, einem zum Trennen von Speisern und Angüssen und einem mit diversen über eine Werkzeugwechseleinrichtung anflanschbaren Bearbeitungswerkzeugen zum Schleifen, Trennen und Fräsen.

Die ersten beiden Jahre im Leben der Abteilung waren von den Arbeiten zu diesem Funktionsmuster geprägt. An einem geliehenen Knickarmroboter wurden mit viel Improvisationsgeschick und persönlichem Engagement erste Versuche zum Gußputzen gemacht. Diese Versuche brachten Erkenntnisse in technologischen Fragen; es bestand aber auch die Möglichkeit, verschiedene konzeptionelle Varianten sowie Steuerungs- und Programmierungssoftware prototypisch zu erproben. Diese umfangreichen Versuche waren ausgesprochen hilfreich, um zu einem Systemkonzept zu kommen, das gerade auch von den Industriepartnern getragen wurde, da es im engen zeitlichen Rahmen als machbar und erfolgversprechend eingestuft wurde. Im Sommer des Jahres 1989 wurden die beiden Portalroboter ausgeliefert. Bis in den Oktober hinein gab es beim Dauerbetrieb noch Probleme, zu diesem Zeitpunkt begann die Integration

der sehr umfangreichen Peripherie. Die Arbeiten am Funktionsmuster gipfelten in der in zahlreichen Überstunden vorbereiteten Abschlußpräsentation im Labor für Handhabungstechnik am 20.12.1989. Zu diesem Zeitpunkt konnten wesentliche Grundfunktionen des Systems einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt werden (Bild 6 bis 8). Am Ende der Entwicklung erhielt das Kind dann auch einen Namen: **COMETOS** (COordinate MEasuring and Tooling System).

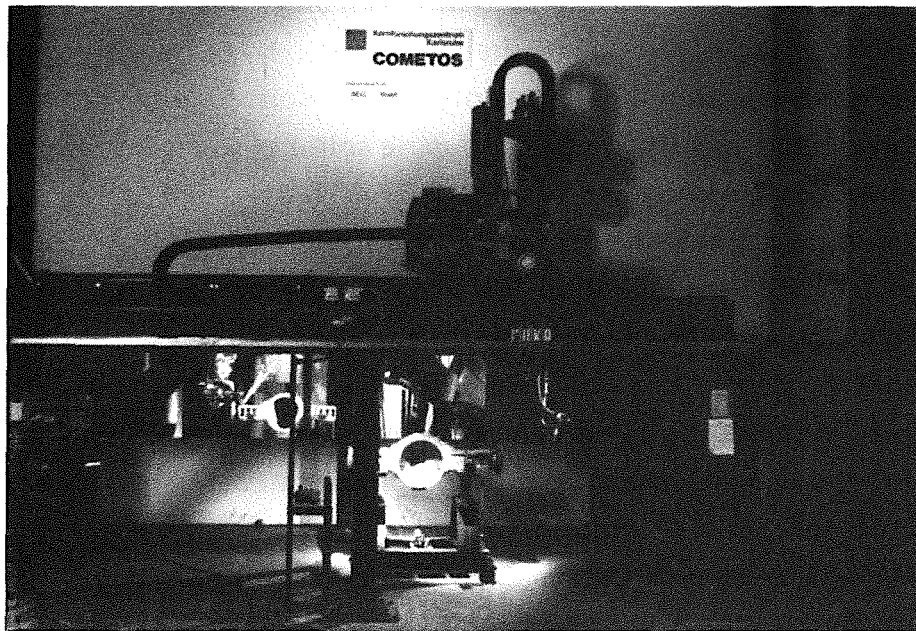


Bild 6: COMETOS-Gesamtansicht

COMETOS ...

In Weiterführung der Arbeiten wurde COMETOS zu einem KfK-Vorhaben. Die Funktionsweise wurde in den KfK-Nachrichten 2/90 beschrieben [La 90], [Dr 90]. Das Vorhaben läuft derzeit im zweiten Jahr. Die Arbeiten bestehen zum einen in der **praktischen Erprobung** an Gußteilen verschiedener Gießereien mit dem Ziel, einen Fertigungsbetrieb zu finden, in dem COMETOS in seiner Grundversion oder einer Variante zum Einsatz kommen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, spielt neben der technischen Machbarkeit die akzeptable **Wirtschaftlichkeit** eine entscheidende Rolle. In umfangreichen Versuchen an Seitenwänden für Druckmaschinen konnte beides gezeigt werden (Bild 9) [Hä 91]. Im Zusammenhang mit diesen Versuchen entstand ein neuartiges zum Patent angemeldetes **Werkzeug**

zum simultanen Meißeln und Fräsen. Eine Variante der Konzepte zum Programmieren und Interpretieren der von einem Laserscanner gewonnenen Informationen über die Werkstückkontour wurde erstellt. Zum anderen wurde die neben der eigentlichen **Systemlösung** im Institut entstandene umfangreiche **Zellensteuerung** und das neuartige speziell auf das Gußputzen zugeschnittene **Roboterprogrammierwerkzeug** mit erheblichem Aufwand verbessert, weiterentwickelt und optimiert [Dr 91a].

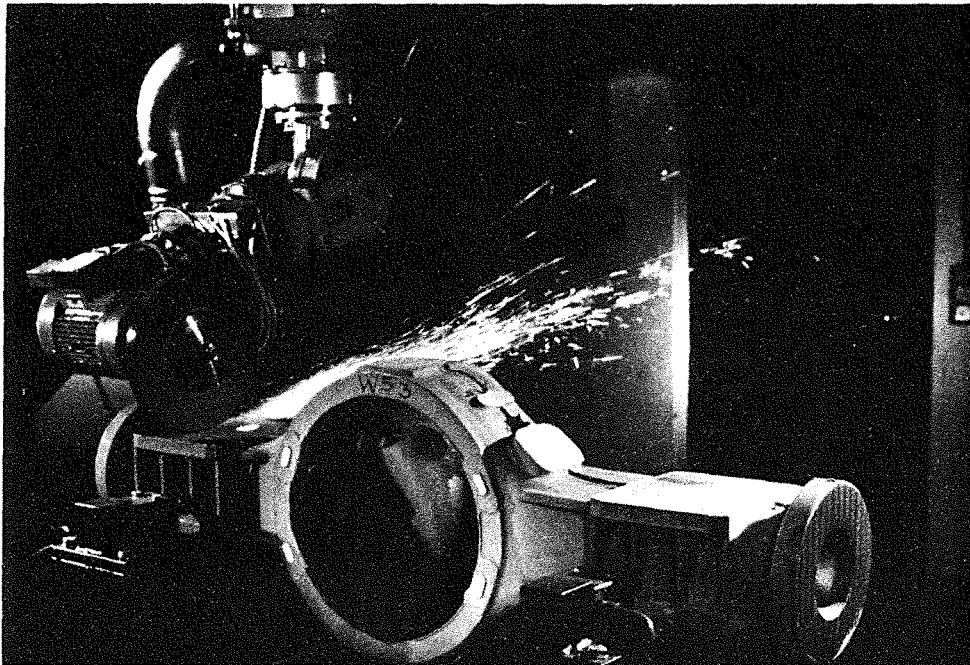


Bild 7: COMETOS bei der Bearbeitung

... und was alles dazugehört

Auf den Arbeiten zu COMETOS aufbauend wurde in Kooperation mit norwegischen, niederländischen und deutschen Industriepartnern ein **EUREKA Projekt** (EU 456) im Sommer 1990 ins Leben gerufen. Es handelt sich dabei um eine Low Cost Variante von COMETOS auf der Basis eines sehr steifen Roboters mit Parallelkinematik zur Werkstückhandhabung. Auch dieses System wird im Labor für Handhabungstechnik aufgebaut und für den Anwendungsfall ertüchtigt werden [EU456].

Ende 1990 wurde im Rahmen eines Promotionsvorhabens **PUSH** (Pneumatic Universal Servo Handcontroller) fertiggestellt (Bild 10). Es handelt sich um den

Prototyp eines kraftreflektierenden Handsteuergerätes zum Führen und Programmieren von Industrierobotern mit beliebiger Kinematik [Gr91].

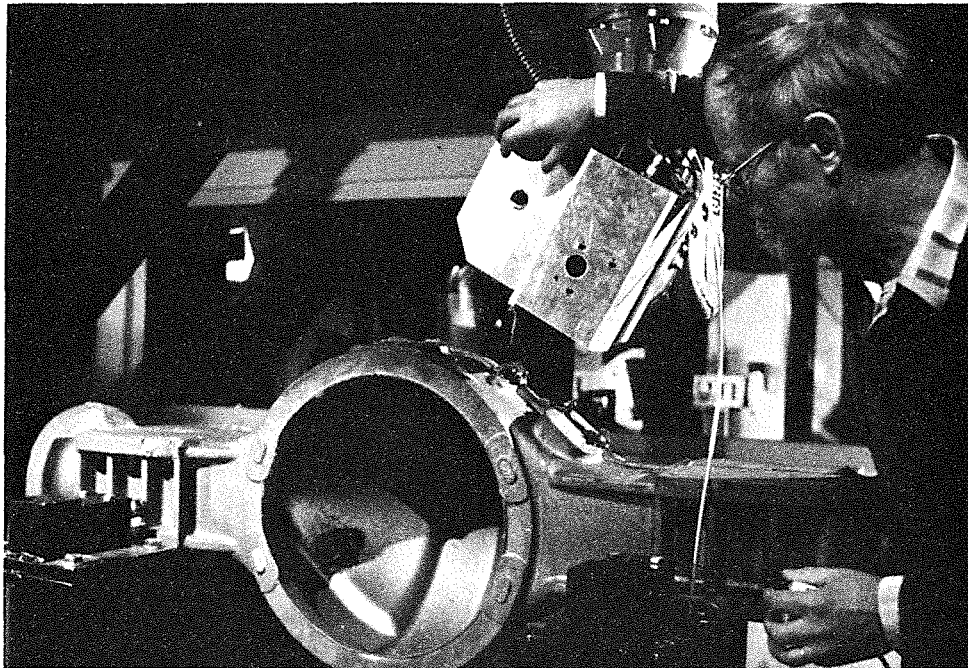


Bild 8: COMETOS bei der Programmierung

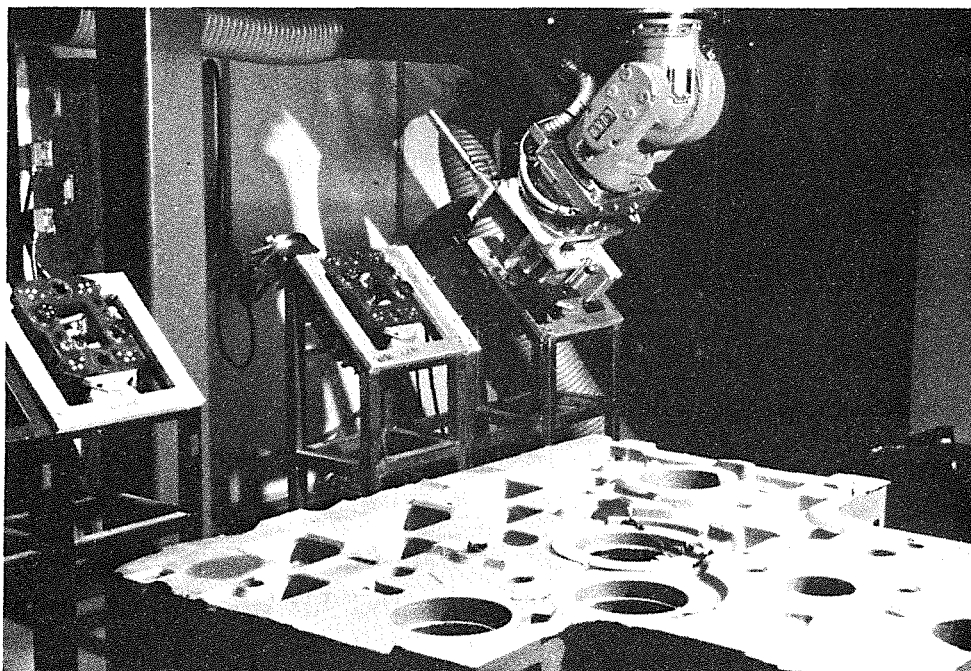


Bild 9: COMETOS mit einer Druckmaschinenseitenwand

Die Programmierung von COMETOS setzt wie der Einsatz von PUSH das Vorhandensein von sogenannten Kraft-Momenten-Sensoren voraus. Mit ihrer Hilfe kann man einem Roboter ein taktiles Gefühl verleihen und ihn mit entsprechender Software kraftgeregelt führen. Der Master-Slave-Betrieb kann bei Verwendung von Standard-Roboter-Steuerungen so erst ermöglicht werden. Kraft-Momenten-Sensoren sind am Markt erhältlich. Sie haben jedoch alle einen entscheidenden Nachteil: bei einer mechanischen Überbeanspruchung treten plastische Verformungen auf, die eine aufwendige Reparatur oder gar den kompletten Austausch des Sensors erfordern. Aus dieser Überlegung heraus entstand der inzwischen zum Patent angemeldete reparaturfreundliche Sensor **MOMAK** (Bild 11) [Dr 91b].

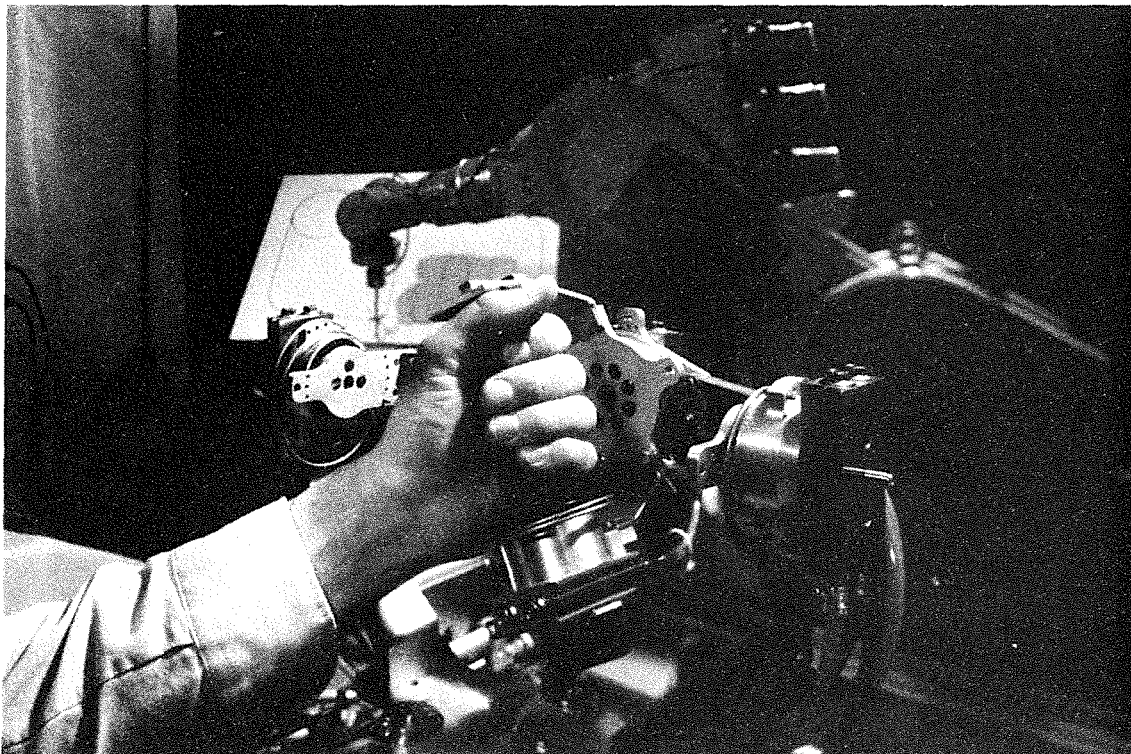


Bild 10: Das Handsteuergerät PUSH

Eine konsequente Weiterentwicklung der Rechnerintegration über die eigentliche Programmierung hinaus erfordert eine Verbindung zu den planerischen Verfahren wie **CAD** und der **Simulation von Bewegungsabläufen**. Zu diesem Zweck wird seit Bestehen der Abteilung neben dem Einsatz eines CAD-Systems für die Konstruktion (PROREN) daran gearbeitet, dieses auch für die sogenannte offline, sprich vom Roboter unabhängige, Programmierung einzusetzen. Die im CAD-System über Roboter und Werkstücke vorhandenen Informationen werden mittels dafür entwickelter Prozessoren an ein Simulationssystem (ROBCAD)

übergeben (Bild 12). Dort sind die CAD-Modelle "beweglich zu machen": sie werden um die kinematischen Daten ergänzt. Ferner werden die Bewegungsbefehle erzeugt, um Programme, die später einmal auf einem Roboter laufen sollen, zu erzeugen und vorab zu testen. Diese Programme sind wiederum über eigens zu schreibende Prozessoren an die entsprechende Robotersteuerung zu übertragen. Im Rahmen von Diplomarbeiten wurden und werden solche Prozessoren erstellt. Neben den Prozessoren ist aber auch erheblicher Aufwand in die Modellierung zu stecken, da reales System und im Rechner vorhandenes Modell nur bedingt übereinstimmen. Auch hier sind seit zwei Jahren Arbeiten im Gange [Hä 90].

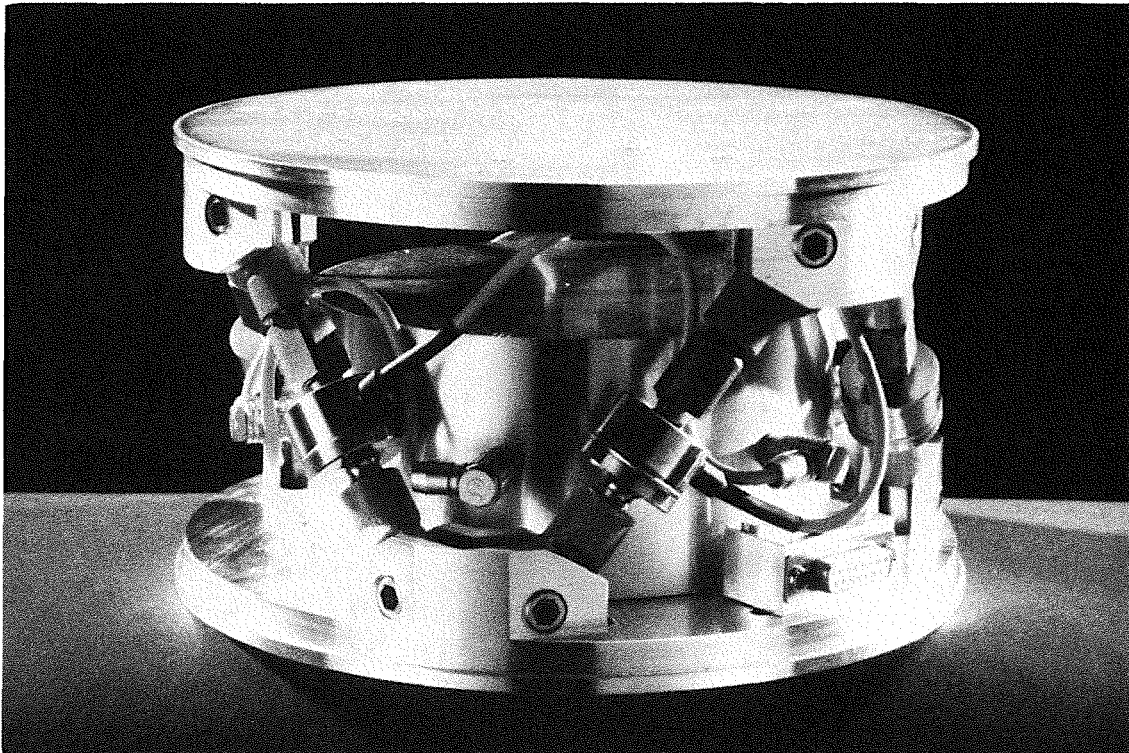


Bild 11: Der modulare Kraft-Momenten-Sensor MOMAK

Im Rahmen von zwei laufenden Promotionsvorhaben werden **wissensbasierte Systeme** entwickelt, eines zur Modellbildung und Systemidentifikation und eines zur Planung und Unterstützung der Programmierung. Innerhalb der letzten drei Jahre wurde bereits in Kooperation mit dem Institut für Prozeßrechentechnik und Robotik der Universität Karlsruhe ein modellbasiertes Expertensystem zur Diagnose entwickelt. Im Mittelpunkt steht ein Konzept von Hierarchien und

Ansichten, um den Umgang mit großen Modellen möglich zu machen. Alle Systeme sind am Anwendungsfall COMETOS orientiert.

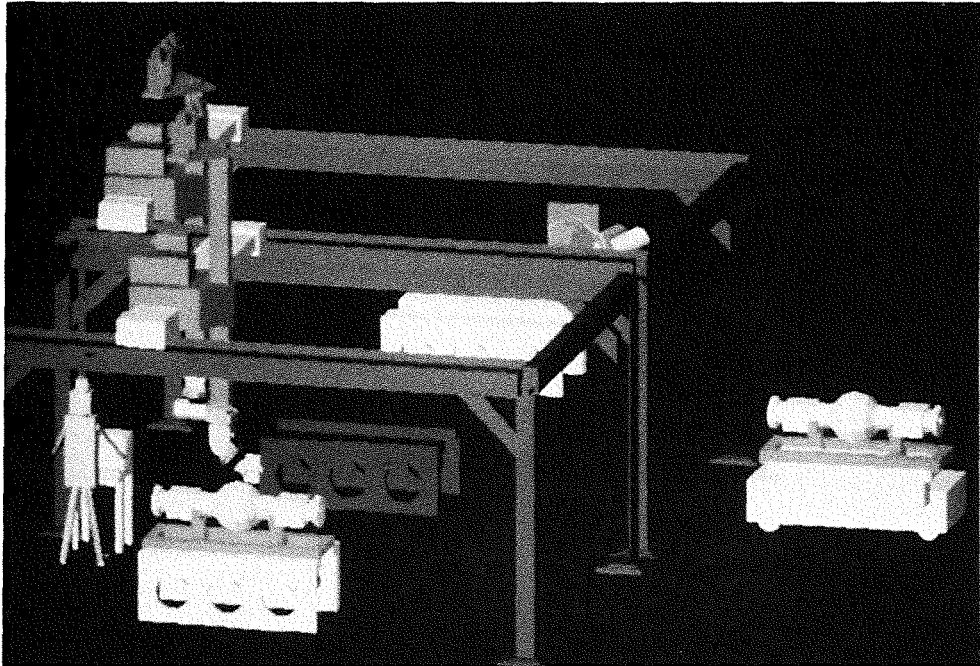


Bild 12: Simulationsbild ROBCAD

Anfang 1991 wurde mit der Integration eines **leitlinienlosen Transportfahrzeuges** für den Materialfluß bei COMETOS begonnen. Das Fahrzeug ist zum Transport von Lasten mit einer Masse von maximal 800 kg geeignet. Neben der hard- und softwaremäßigen Integration in COMETOS soll es in Ergänzung der vorhandenen Ultraschall-Abstandssensorik durch den Einsatz eines Laserscanners Objekte auf und entlang seines Fahrkurses erkennen. Die dazu notwendige Mustererkennungssoftware wird eine Weiterentwicklung der bei der Vermessung der Werkstücke in COMETOS sein.

Referenzen:

- [Dr 90] Droll, H.; Göbell, A.; Haffner, H.; Isele, J.; Kohlhepp, P.: Programmierung und Sensorik bei COMETOS, KfK-Nachrichten, Jahrgang 22, Heft 2, Seite 79-85, 1990.
- [Dr 91a] Droll, H.; Göbell, A.; Häfele, K.-H.; Haffner, H.; Isele, J.; Kohlhepp, P.; Lawo, M.: Automatisierungs- und Steuerungskonzept für ein hochflexibles Handhabungssystem zum Gußputzen; in Informatik-Fachberichte 269; G. Hommel (Hrsg.): Prozeßbrechensysteme '91 - Automatisierungs- und Leitsysteme in den neunziger Jahren, Berlin, Seite 399-412, 1991.

- [Dr 91b] MOMAK - Modularer Mehrachsen Kraftaufnehmer, KfK-Informationsblatt, 1991.
- [EU 456] EUREKA Project EU 456 - Automatic Fettling Cell, EUREKA Informationsblatt, 1991.
- [Gr 91] Gruber, R.: Entwicklung eines universellen Systems für die Fernmanipulation mit Industrierobotern sowie deren Programmierung, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1991.
- [Hä 90] Häfele, K.-H.: Industrieroboter off line programmieren, ZwF Vol. 85, 1990, Seite 589-592.
- [Hä 91] Häfele, K.-H.; Isele, J.; Kohlhepp, P.; Lawo, M.: unveröffentlicher Bericht, 1991.
- [La 90] Lawo, M.; Droll, H.; Göbell, A.; Häfele, K.-H.; Häffner, H.; Isele, J.; Kohlhepp, P.: COMETOS - ein hochflexibles Handhabungssystem zur Bearbeitung mittelgroßer Gußstücke; KfK-Nachrichten, Jahrgang 22, Heft 2, Seite 70-79, 1990.

FuE-Arbeiten der Abteilung 'Umweltinformatik'

A. Jaeschke

Ziele

Die Abteilung 'Umweltinformatik' des IDT (bis 1989 Abteilung 'Prozeßinformationssysteme') existiert seit 1977. Die FuE-Aufgaben der Abteilung liegen im Bereich der anwendungsorientierten, projektbezogenen Informatik, wobei sich das Anwendungsgebiet in den letzten Jahren von der Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung zum Bereich Umwelt und Umweltschutz verlagert hat. Hierbei werden parallel zwei Zielstellungen verfolgt:

- Zum einen die prototypische Entwicklung von intelligenten (Prozeß-) Informationssystemen für spezielle Anwendungen, wobei die Systemerstellung hier alle Phasen von der Anforderungsanalyse bis zur Systemeinführung beim Anwender umfaßt und die Entwicklungen jeweils so ausgewählt werden, daß die Systeme bezüglich Einsatz-/Aufgabenbereich sowie hinsichtlich der benutzten Informatikmethoden und verfolgten Konzepte immer innovative Pilotanwendungen darstellen.
- Zum andern die Weiterentwicklung und Erprobung der in diesen Projekten benötigten spezifischen und neuartigen Informatikmethoden, -werkzeuge und Entwicklungsumgebungen.

Vorhaben im Anwendungsgebiet Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

Im Zeitraum von 1977 bis 1989 wurden für die Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung gemäß diesen Zielvorgaben eine Reihe von Vorhaben durchgeführt, von denen hier beispielhaft einige aufgeführt sind:

Im Rahmen der Entwicklung von Konzepten und Informationssystemen für die Kernmaterialüberwachung (KMÜ) wurde das DV-System KANIS für die KMÜ in den kerntechnischen Anlagen des KfK entwickelt. Es gewährleistet eine kontinuierliche und sichere Erfassung und Überwachung von Spaltstoffbeständen entsprechend den internationalen vertraglichen Vereinbarungen und ermöglicht den Überwachungsbehörden zuverlässige und schnelle Inspektionen unter Berücksichtigung der betrieblichen Randbedingungen. Das System KANIS wurde 1981 in der KfK-Anlage SNEAK erfolgreich eingeführt; anschließend wurde das System für die Bereiche Heiße Zellen und IMF III bereitgestellt. Basierend auf

KANIS wurde ein verteiltes KMÜ-System (K2) für die Gesamt-KfK konzipiert, realisiert und 1986 bei der Hauptabteilung Sicherheit (HS) in Betrieb genommen.

KADABRA ist das Informationssystem der KfK zur Buchführung von Transport und Lagerung radioaktiver Abfälle und deren Verarbeitung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB). Die Stoffströme und Verarbeitungsprozesse werden in diesem System so registriert, daß nach den Bedingungen der Strahlenschutzverordnung der Verursacher, der Verbleib und die Materialdaten der radioaktiven Stoffe jederzeit nachgewiesen werden können. Das Konzept von KADABRA ist aufgrund der Vielfalt der Anlagen, Verfahren, Materialien und Ströme sehr komplex; es wurde so entworfen, daß es zu einem überbetrieblichen / nationalen System erweiterbar ist. Die Arbeiten begannen 1982. Die erste Ausbaustufe wurde 1984, die zweite 1986 abgeschlossen; das System ist seither in Betrieb.

Der Einsatz von DV-Systemen zur Prozeßführung im Bereich der Wiederaufarbeitung hat die Unterstützung des Betriebspersonals bei einer effektiven und sicheren Prozeßführung zum Ziel. Die Erstellung eines prototypischen Prozeßüberwachungssystems (PRODES) in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) diente der Entwicklung betriebssicherer und erprobter Konzepte für die Prozeßführung, wobei der Schwerpunkt bei der Entwicklung und Erprobung einer auf die Wiederaufarbeitung abgestimmten Leittechnik und Modellbildung lag. Meßtechnische und betriebliche Gegebenheiten in der WAK stellten besondere Randbedingungen für das Vorhaben dar. PRODES wurde anforderungsgemäß 1988 in der WAK installiert.

Das Laborinformationssystem KALAU für die chemisch / analytischen Betriebslabors der WAK wurde basierend auf den Erfahrungen mit einem Vorgängersystem entwickelt. Wesentliches Merkmal des Systems ist die Labormanagementkomponente, die eine automatische Auswahl der Analysenmethoden, die Optimierung der Laborabläufe und eine Kontrolle der Analysenergebnisse (Schichtleiterfunktionen) übernimmt. Durch den modularen Aufbau und die flexible Bedienoberfläche läßt sich das System in einem breiten Spektrum unterschiedlicher Labortypen einsetzen. Die Entwicklung des Systems wurde 1982 begonnen und nach mehreren Ausbaustufen 1988 abgeschlossen; das System hat sich seither in der WAK bewährt.

Sowohl PRODES als auch KALAU wurden als prozeßnahe Komponenten eines betriebsüberdeckenden, hierarchisch aufgebauten Betriebsinformationssystems der WAK konzipiert, das z. B. auch Funktionen der Near-Real-Time-Kernmaterial-

überwachung (FuE-Vorhaben der IDT-Abteilung Mathematische Modelle) umfaßt.

Im Rahmen der beschriebenen Projekte wurden moderne Entwurfsmethoden eingesetzt, erprobt und entsprechend den Anforderungen dialogorientierter Prozeßinformationssysteme weiterentwickelt. Die Forderung nach effektiver und komfortabler Verwaltung umfangreicher Datenmengen in Prozeßinformationssystemen veranlaßte die Entwicklung des Datenbanksystems (DBS) FADABS als erstes verfügbares relationales Datenbanksystem für Prozeßrechner. In FADABS wurde ein neuartiges Konzept realisiert, das eine anforderungsspezifische Generierung des DBS ermöglicht. Das System wurde mit den Erweiterungskomponenten Reportgenerator FAREG und Abfragesprache FAQUEL auf Siemens- und DEC-Rechnern implementiert. Diese Entwicklung wurde in dem KMÜ-System KANIS eingesetzt und bewährte sich dort. Für eine verbesserte Mensch-Maschine-Kommunikation in Prozeßwarten wurde das Prozeßgraphiksystem GROOPI konzipiert und realisiert. Das System wurde u. a. im Projekt PRODES eingesetzt und bildete die Grundlage für eine Weiterentwicklung in der Industrie. Für den Einsatz von mathematischen Modellen innerhalb der Prozeßführung wurde das graphische, interaktive System K__advice /1/ entwickelt. Es unterstützt die Modellierung großer Systeme und deren parallele on-line Simulation unter Echtzeitbedingungen. Die Implementierung dieses umfangreichen Systems erfolgte mit der Sprache ADA und dem graphischen Standard GKS.

Aktuelle Ausrichtung

Sämtliche Vorhaben, speziell die in diesem Rahmen entwickelten und erprobten Informatikmethoden, -werkzeuge und Bausteine, wurden so konzipiert und realisiert, daß die Ergebnisse auch außerhalb des Anwendungsgebietes Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung nutzbar waren. Dies implizierte die ständige Beschäftigung mit ähnlichen Problemstellungen aus anderen Anwendungsgebieten.

Nach Abschluß des Vorhabens KADABRA wurde die Anwendbarkeit der Konzepte im Bereich Sondermüllbehandlung geprüft, was in Kooperation mit der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) zur Konzeption einer rechnergestützten Überwachung einer Sondermülldeponie (Billigheim) führte. Weiter wurde aufbauend auf den Arbeiten zur Laborautomation die Möglichkeiten zum Einsatz der entwickelten Systeme in analytischen Labors der chemischen und pharmazeutischen Industrie und in Umweltlabors getestet, woraus die Entwicklung des Expertensystem-gestützten Laborinformations- und -managementsystems ELAN

resultierte. In dem Vorhaben Prozeßführungssystem TPAS für die Müllverbrennungsanlage TAMARA konnten die Erfahrungen aus dem Projekt PRODES einfließen, und das für die Wiederaufarbeitung entwickelte K__advice System kann hier zum Einsatz kommen.

Diese Überlegungen führten sehr früh, noch bevor sich ein Auslaufen des Forschungsschwerpunktes Wiederaufarbeitung in der KfK abzeichnete und noch bevor der Arbeitsschwerpunkt Umwelt definiert wurde, zu einem schrittweisen Einstieg in das neue Informatik-Anwendungsgebiet Umwelt/Umweltschutz. Da Umweltinformatik zumindest zu diesem Zeitpunkt noch kein etabliertes Anwendungsgebiet darstellte, wurde in der Gesellschaft für Informatik (GI) die Gründung eines Fachausschusses 'Informatik im Umweltschutz' initiiert, der von Mitarbeitern der Abteilung geleitet wird und zur Förderung des Forschungsgebiets jährlich wissenschaftliche Symposien (s. z. B. /2/) und zahlreiche Fach- und Arbeitstagungen veranstaltet.

Informationssysteme im Rahmen dieses neuen Anwendungsfeldes umfassen verstärkt intelligente, entscheidungsunterstützende Funktionen. Neben der Anwendung datenbasierter Verfahren ist der Einsatz vor allem moderner wissensbasierter Methoden erforderlich. Dies führt in den Systemkonzepten zur Integration von Expertensystemkomponenten und in den methodischen Arbeiten zu einer schwerpunktmäßigen Verlagerung vom Bereich Datenverwaltung / Datenbanken zum Bereich wissensbasierte Methoden.

Vorhaben im Anwendungsgebiet Umwelt / Umweltschutz

Im neuen Anwendungsgebiet Umweltinformatik werden teilweise in Kontinuität zu älteren Vorhaben, teilweise als völlig neue Ansätze, folgende Vorhaben bearbeitet:

Das Informationssystem der Wasserwirtschaftsverwaltung in Baden-Württemberg dient der landesweiten Überwachung aller wasserwirtschaftlich relevanten Objekte (Oberflächengewässer, Kläranlagen, ...). Für dieses System wurde im IDT der Datenbankentwurf erstellt, auf dessen Grundlage das System als Komponente des Landes-Umweltinformationssystems realisiert wurde.

Zu den dringlichsten Umweltproblemen gehören die als Folge einer ungeordneten Abfallbeseitigung und durch nachlässigen Umgang mit toxischen Stoffen entstandenen Altlasten. Um die mit der Erkundung, Beurteilung und Sanierung entsprechender Verdachtsflächen (mehr als 50 000 in den alten Bundesländern)

befähigten Fachleute in ihrer Arbeit zu unterstützen, wird in Kooperation mit der LfU (Landesanstalt für Umweltschutz) das Expertensystem Umweltgefährlichkeit von Altlasten XUMA /3/ entwickelt. XUMA soll den Sachbearbeitern das Wissen der wenigen Fachexperten leichter zugänglich machen und zu einer einheitlichen und nachvollziehbaren Vorgehensweise beitragen. Das System (Bild 13) hilft bei der Erstellung von fallspezifischen Analysenplänen für die chemisch / physikalische Untersuchung der Verdachtsfläche. In der Beurteilung werden, ausgehend von den Analyseergebnissen, z. B. Aussagen zur Umweltgefährlichkeit der Altlast oder Hinweise auf weiteren Untersuchungsbedarf abgeleitet. Die Funktion Bewertung dient zur Prioritätensetzung bei der weiteren Untersuchung und Sanierung ähnlich gelagerter Fälle. Eine Version von XUMA, dediziert für die Bearbeitung von Altlasten, die durch Kohleveredelungsbetriebe verursacht wurden, ist seit Juni 1990 in der LfU in praktischer Erprobung. Bei der Weiterentwicklung des Systems bezüglich Systemfunktionen und Anwendungsbereich werden die Betriebserfahrungen mitberücksichtigt. Für den Routineeinsatz des Systems in den Wasserwirtschaftsämtern ist die Integration von XUMA in das Umweltinformationssystem des Landes Baden-Württemberg vorgesehen.

Trotz des Auf- und Ausbaus umfassender Umweltmeßnetze zur automatischen Überwachung von Luft, Wasser und Boden nimmt der Bedarf an Umwelt-Probenanalytik in chemisch / analytischen Labors ständig zu. Kosten und Bearbeitungszeiten erzwingen in den Labors eine optimale Auswahl der Analysemethoden und eine effektive Nutzung der Ressourcen. Konventionelle Laborinformationssysteme bieten hier kaum Unterstützung. Das Expertensystem-gestützte Laborinformations- und -managementsystem ELAN /4/ umfaßt diese Dispositions- und Optimierungsfunktionen (Bild 14). Das in ELAN integrierte Expertensystem ELAN-X beinhaltet Wissen über Proben, Analysemethoden, Laborgeräte und Labororganisation und leitet auf dieser Basis die Steuervorgaben für die Probenbearbeitung und Laborabläufe ab. Das laborneutrale, modulare Kernsystem von ELAN wurde prototypisch für zwei reale Labors angepaßt (WA-Labor und Umwelt-Wasser-Labor). Über den Einsatz des Systems in Umweltlabors und Labors der chemischen Industrie wird z. Z. verhandelt.

Ziel des Vorhabens TPAS /5/ ist die Entwicklung eines rechnergestützten intelligenten Prozeßführungssystems für die Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung (TAMARA). Es sollen hier auf der Basis moderner Methoden der Visualisierung, Prozeßsimulation und Entscheidungsunterstützung prozeßspezifische Konzepte für die Prozeßführung entwickelt werden, die direkt auf Großanlagen übertragbar sind. Die Arbeiten an

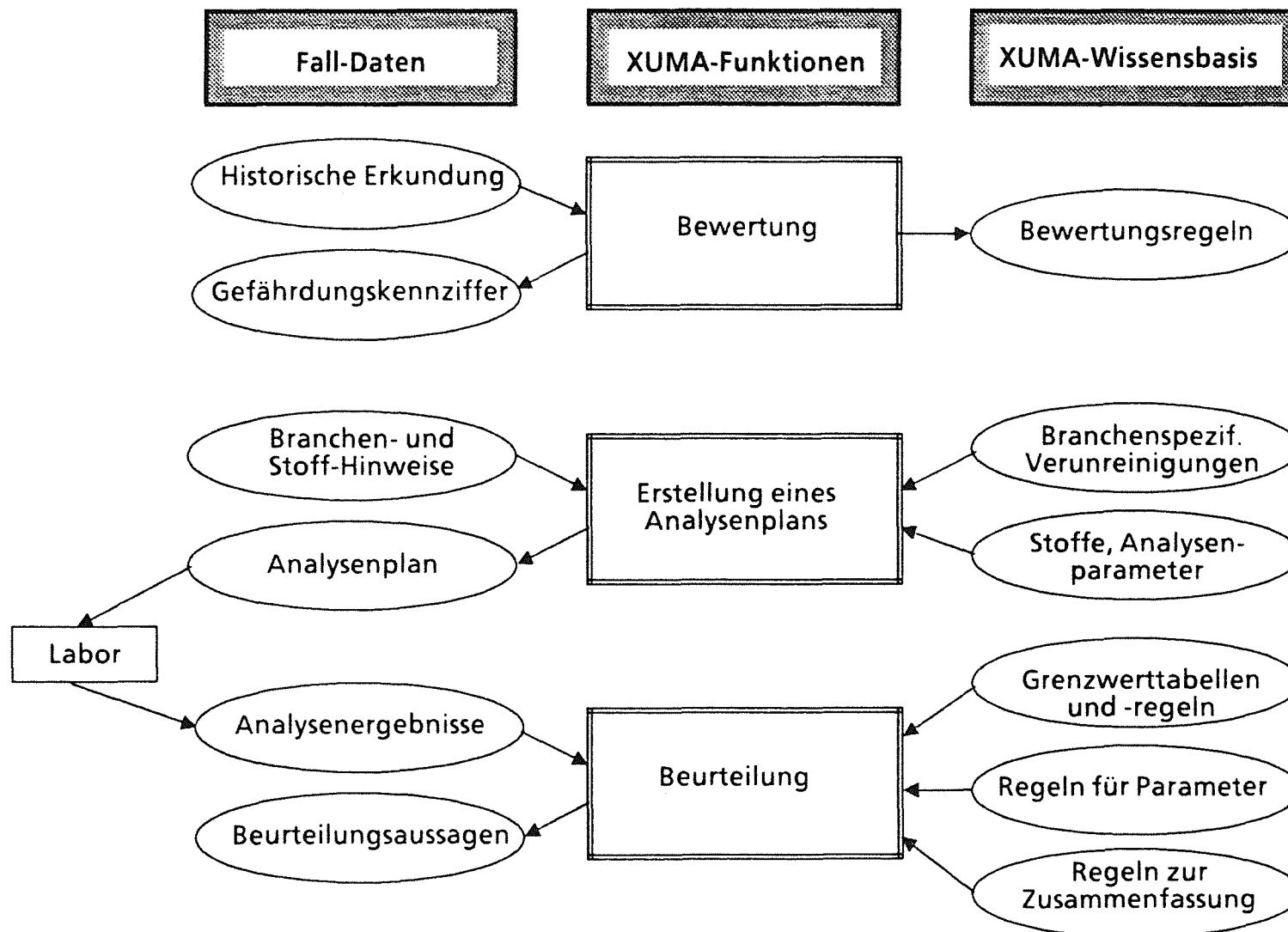


Bild 13: Funktionen und Datenfluß von XUMA (ohne Wissenserwerb)

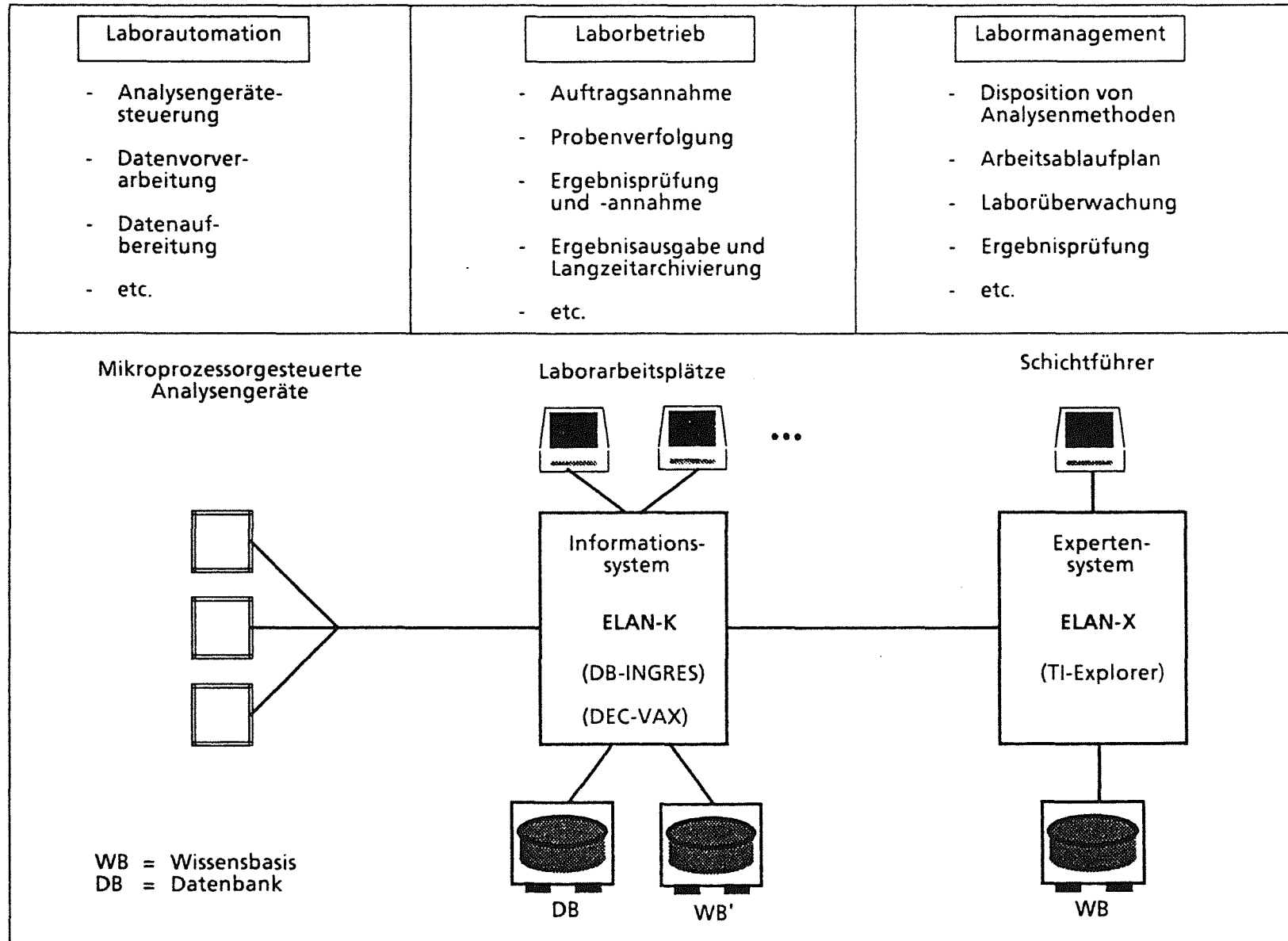


Bild 14: Struktur des ELAN-Systems

diesen Vorhaben begannen Ende 1986. Bereits 1988 konnte ein digitales Leitsystem in Standardtechnik in Betrieb genommen werden, über das seither der gesamte Prozeß geführt wird und das aufgrund der Betriebserfahrungen kontinuierlich optimiert wird. Das System wird weiterhin mit Komponenten zur Einbettung von mathematischen Prozeßmodellen und zur Verarbeitung heuristischen Wissens erweitert. Mit diesem Ziel werden existierende Verfahren erweitert und integriert, bzw. neue Verfahren (automatisches Lernen) erarbeitet und entsprechende Konzepte entworfen. Methodisch ausgerichtete Arbeiten hierzu werden im Vorhaben INPRO durchgeführt.

Diese Entwicklungen wie auch die methodisch / grundlegenden Entwicklungen in den anderen genannten Vorhaben der Abteilung, z. B. auf dem Gebiet Wissensakquisition und Konsistenzwahrung in Datenbank- und Expertensystemen, werden in Kooperation mit Universitäten (Karlsruhe, Posen, Kaiserslautern, München, Clausthal-Zellerfeld) bearbeitet.

Schluß

Die Informatik mit ihren Methoden und Techniken wie Daten- und Methodenbanken, Rechnernetze, Expertensysteme, Modellbildung oder Simulation, Graphik und Bildverarbeitung nimmt bei der Lösung der komplexen Problemstellungen auf dem Umweltsektor eine zentrale Rolle ein /6,7/. Sie kann und muß einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der Umweltprobleme leisten. Ihr kommt damit eine entsprechende Verantwortung zu. Die Anforderungen des neuen Anwendungsgebietes an die Informatik ergeben einen deutlichen FuE-Bedarf sowohl im methodischen als auch im anwendungsorientierten Bereich. Der von der Abteilung bearbeitete Teilbereich stellt, abgestimmt auf die FuE-Arbeiten anderer in der Umweltinformatik arbeitenden Forschungsgruppen, einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der anstehenden Probleme dar.

Literatur

- /1/ Keller, H. B.: Echtzeitsimulation zur Prozeßführung komplexer Systeme. Berlin (u. a.): Springer 1988, Fachberichte Simulation, Band 11.
- /2/ Jaeschke, A.; Geiger, W.; Page, B. (Hrsg.): Informatik im Umweltschutz. 4. Symposium, Karlsruhe, 6.-8. November 1989, Berlin (u. a.): Springer 1989, Informatik-Fachberichte, Band 228.
- /3/ Geiger, W.; Weidemann, R.; Eitel, W.: Konzepte des Expertensystems XUMA für Altlasten. KfK-Nachrichten, 21, 1989, S. 133-37.
- /4/ Jaeschke, A.; Orth, H.; Zilly, G.: Expertensystemgestütztes Informations- und Managementsystem für die Laboranalytik. Schmidt, G. (Hrsg.): Mit vernetzten, intelligenten Komponenten zu leistungsfähigeren Meß- und Automatisierungssystemen: Fachbeiträge

INTERKAMA Kongress 1989, 9.-14. Oktober 1989, München (u. a.): Oldenbourg-Verlag 1989, S. 633-41.

- /5/ Dittrich, G.; Kerpe, R.: TAMARA-Versuchsanlage zur schadstoffarmen Müllverbrennung. Proc. d. GVC/VDI-Tagung, Baden-Baden, 4.-6. Dezember 1989, Düsseldorf: VDI 1989, S. P2.1-P2.7.
- /6/ Page, P.; Jaeschke, A.; Pillmann, W.: Angewandte Informatik im Umweltschutz. Berlin (u. a.): Springer 1990, Informatik-Spektrum 1990, Vol. 13/1, S. 6-16 Teil 1; Vol. 13/2, S. 86-97 (Teil 2).
- /7/ Trauboth, H.: Was kann die Informationstechnik für den Umweltschutz tun? Automatisierungstechnik - at 35 (1987), Heft 11, S. 431-42.

Mathematische Modellierung als wichtiger Bestandteil der Datenverarbeitung in der Technik

E. Gabowitsch

Einleitung

Datenverarbeitung in der Technik hat mit einer sehr breiten Palette der Rechneranwendungen in verschiedenen technischen Bereichen zu tun. Diejenigen, die in einem Forschungsinstitut wie IDT angesiedelt wurden, unterscheiden sich von der breiten Masse dieser Anwendungen durch die erhöhte Komplexität und Neuheit. Das bedeutet in den meisten Fällen, daß zur Lösung der in der Technik entstandenen Aufgaben keine eindeutigen Lösungswege bekannt sind und daß eine wissenschaftliche Untersuchung, eine Vorstudie oder eine theoretische Analyse notwendig ist, um einen Lösungsweg zu finden.

Oft entstehen solche Forschungsaufgaben im Zusammenhang mit der Tatsache, daß die ursprüngliche technische Problemstellung selbst zu den noch nicht erforschten Gebieten der Technik gehört und die entsprechende Datenverarbeitung die notwendige Forschungsarbeit begleiten muß. Mathematische Modellierung im Zusammenhang mit technischen Problemen kann verschiedene Funktionen erfüllen. Sie kann zur obenerwähnten Analyse oder Vorstudie beitragen, kann auch die notwendige Zwischenstufe bilden, die zuerst überwunden werden muß, bevor man überhaupt bei einem technischen Problem zur Datenverarbeitung übergehen kann.

Eine weitere Tatsache macht die mathematische Modellierung und die darauffolgende rechnerische Simulation in der Technik unersetzlich (s. dazu /Ga82/): für viele moderne technische Systeme wäre eine experimentelle Untersuchung zu teuer und außerdem auch noch zu zeitaufwendig. Oft stellen die mathematische Modellierung und die Simulation die einzige realistische Möglichkeit dar, komplexe neue technische Konfigurationen zu untersuchen, insbesondere dann, wenn aus vielen Alternativen die beste Auslegung ausgewählt werden muß.

Zwei modernen Reaktorenklassen - die Kernreaktoren und die Fusionsreaktoren - sowie die technischen Systeme, die mit der begleitenden Technologie verbunden sind, lieferten uns zwei hauptsächliche Gruppen von Anwendungen, die in der Abteilung Mathematische Modelle seit ihrer Gründung vor fast 20 Jahren (zuerst

im Institut für Angewandte Systemanalyse, seit Ende der 70-er Jahre im IDT) bearbeitet wurden. Eine dritte Gruppe bilden die umweltorientierten Anwendungen, die früher auch mit den zwei ersten Anwendungsbereichen zusammenhingen und erst in den letzten Jahren Abstand zur Thematik der Umweltbelastung durch radioaktive Stoffe gefunden haben.

Unsere Forschungsarbeiten bis 1981 werden wir nur in Ausnahmefällen kurz erwähnen. Hier werden hauptsächlich die Forschungsarbeiten der Abteilung Mathematische Modelle aus den letzten 10 Jahre präsentiert. Dabei widmen wir die ersten drei Abschnitte den unterschiedlichen Anwendungsgebieten und den vierten Abschnitt den verwendeten mathematischen und numerischen Methoden.

1. Mathematische Modellierung im kerntechnischen Bereich

Die angewandten Aufgaben, die im Zusammenhang mit der Kerntechnik gelöst oder erforscht wurden, liefen im Rahmen von mehreren Forschungsprojekten des KfK: Spaltstoffflußkontrolle (PSpFK), Nukleare Sicherheit (PNS) und Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung (PWA) bis 1988 und teilweise als institutsinterne Forschungsarbeiten sogar bis Ende 1989.

1.1. Störfallanalysen für eine experimentelle Abgasreinigungseinrichtung des Auflösers für aufgeschnittene ausgebrannte Brennelemente eines Kernreaktors

Für die Durchführung dieser Analysen mussten bis 1984 die folgenden Modelle entwickelt werden:

PASSAT:	Jodfreisetzung, Jod- und Aerosolenrückhaltung,
REDUKTION:	Gleichgewicht der katalytischen Reaktionen,
ADAMO:	H ₂ O- und SO ₂ -Adsorption,
KRETA:	Krypton und Xenonrückhaltung.

Mit ihrer Hilfe wurde später die Beschreibung der kritischen Parameterzonen (z.B. für Jodrückhaltung) sowie die Bestimmung der Schadstofffreisetzung im Normalbetrieb und bei verschiedenen Störfällen erreicht (s. /Na85/).

1.2. Kernmaterialüberwachung mit Hilfe der Modellierung der Wiederaufarbeitungsanlagen

Diese zur unseren Urthematik gehörenden Arbeiten wurden bis 1988 in Rahmen der Abteilung Mathematische Modelle durchgeführt. Seit der Umstrukturierung in 1989 laufen sie in der Gruppe "Statistische Methoden". Die folgenden Modelle (s. dazu /Sp86/) wurden entwickelt:

- Modell der 1000 Jahrestonnenanlage,
- Modell der Wackersdorfanlage nach DWK-Vorlage,
- Modell der WAK-Anlage (2. Uranzyklus),
- Modelle des Meßsystems (s. dazu /Be87/) für verschiedene Wiederaufarbeitungsanlagen.

Mit diesen Modellen wurden Vergleiche mit reellen WAK-Daten (Abweichungen um 3%), rechnerische und theoretische Bewertung der WAK-Daten und Simulationsrechnungen für Near-Real-Time-Accountancy (NRTA) - Verfahren durchgeführt. Um praktische NRTA-Anwendungen zu erleichtern, wurde ein benutzerfreundliches Programmpaket PROSA entwickelt, dessen PC-Version breite Anerkennung und Anwendung fand.

Eine vergleichende Studie über NRTA-Auswertungen bei drei WAK-Kampagnen wurde durchgeführt. Dabei wurde die WAK zuerst vereinfachend als Ein-Behälter-Modell betrachtet, später aber detaillierter modelliert. Der Schwerpunkt lag auf dem Vergleich verschiedener Meßmodelle für die Erstellung der Bilanzdaten, insbesondere hinsichtlich des Plutonium-Inventars. Die Studie stellt die umfangreiche Anwendung von bewertenden NRTA-Methoden auf reale Anlagendaten dar.

In Zusammenarbeit mit dem Los Alamos National Laboratory wurden mittels PROSA Uran-Daten ausgewertet, die bei Testläufen der AGNS Barnwell Nuclear Fuels Plant, den sog. Miniruns, anfielen. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Entwicklung eines statistischen Anlagenmeßmodells bei Vorhandensein detaillierter Inventardaten. Näheres über dieses Verfahren und seine Bedeutung für die Kernmaterialüberwachung sowie die Beschreibung der anderen angewandten statistischen Methoden findet man im Beitrag von Herrn Seifert in diesem Bericht sowie in /Bi89/.

1.3. Strahlungsreduktion in einem Lager für radioaktive Abfälle

Nach theoretischer Bestimmung der optimalen Lösung für die Aufgabe der Minimierung der Strahlung in einem großen Lager für Container mit schwach- und mittelaktiven Abfallstoffen durch die passende rationelle Aufstellung der Container wurden Modelle der Dosisleistungsverteilungen entwickelt und rechnerische Experimente mit verschiedenen Optimierungsmethoden durchgeführt. Die Modellierung und Simulation haben es erlaubt, unterschiedliche Optimierungsmethoden zu vergleichen, Empfehlungen für praktische Anwendungen zu formulieren und ein Programmpaket für die praktische Minimierung der Strahlung zu entwickeln. Für jede neue Partie der Abfallcontainer werden die bestmöglichen Abstellplätze gefunden und die Reihenfolge der Abstelloperationen dokumentiert (s. /Ga87/). Untersuchungen zur Minimierung der Strahlung in einem großen mit Abfallcontainern gefüllten Lager wurden 1986 abgeschlossen.

1.4. Sicherheitsuntersuchungen für einzelne Systeme der Kernreaktoren

Notkühlsysteme von Kernreaktoren und einige andere Reaktorteilsysteme wurden bis 1989 mit Methoden der System-Zuverlässigkeit untersucht. Dabei spielte die Fehlerbaumanalyse eine wichtige Rolle. Grenzen und Kriterien der Anwendbarkeit dieser Methode wurde festgestellt. Lebensdauerverteilungen einiger Systeme als Funktion der Lebensdauerverteilungen einzelner Komponenten wurden theoretisch und rechnerisch erfasst.

Die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit von Netzwerken, die einer allmählichen Degradation unterliegen, wurde für den Fall geringer und starker Abhängigkeit der Komponenten untersucht. Für technische Systeme, in denen unscharf definierte Ereignisse auftreten, wurden zwei Verfahren der Fuzzy-Fehlerbaum-Analyse entwickelt und erprobt. Das eine Verfahren verwendet verallgemeinerte Wahrscheinlichkeiten und die Fuzzy-Logic, während das andere Möglichkeitsfunktionen einsetzt.

Beide Verfahren wurden auf durch Fehlerbäume dargestellte Untersysteme von Reaktoren angewandt. Es wurde auch ein Verfahren der Mustererkennung im Fuzzy-Set-Bereich untersucht. Dabei wurde gezeigt, daß diese Methodik für Fehlerdiagnose von technischen Systemen (z.B. beim KNK) eingesetzt werden kann. (s. /Na89/).

1.5. Auswertung und Bewertung analytischer Meßdaten

Im Rahmen von mehreren Meßkampagnen des internationalen Ringversuches IDA-80 (Messung von Uran- und Plutoniuminhalten in verschiedenen Lösungen mit unterschiedlichen Meßmethoden) wurden in den Jahren 1981-88 große Mengen von gemessenen Daten verglichen und statistisch bearbeitet. Z. B. war 1986 unter der organisatorischen Leitung des Zentralbüros für Kernmessungen der Europäischen Gemeinschaften in Geel, Belgien, mit einem "Regular European Interlaboratory Evaluation Programme" begonnen worden. Hierbei sollten die Meßunsicherheiten bei der Analyse verschiedener Kernbrennstoffe untersucht werden. Die Beurteilung der dabei gewonnenen Ergebnisse durch die KfK wurde vereinbart. Ein Vergleich der mit den Mitteln der herkömmlichen Statistik erzielten Auswertungsergebnisse des internationalen Ringversuches IDA-80 mit den Ergebnissen, die bei Anwendung des im KfK neu entwickelten DoD-Verfahrens (Distribution of Differences) erhalten wurden, bestätigte, daß im Falle des Vorliegens von Extremwerten die DoD-Methode den konventionellen statistischen Verfahren überlegen ist.

In der zweiten Hälfte der erwähnten Periode wurden die bei den Ringversuchen UF_6 / 1986 (massenspektrometrische Bestimmung der U-Isotopenzusammensetzung sowie γ -spektrometrische Bestimmung des ^{235}U -Gehaltes) und PuO_2 / 1986 (Bestimmung des Pu-Elementgehaltes nach unterschiedlichen chemischen Analyseverfahren und massenspektrometrische Bestimmung der Pu-Isotopenzusammensetzung) gewonnenen Daten nach dem DoD-Verfahren sowie zu Vergleichszwecken nach konventionellen statistischen Methoden ausgewertet. Die dabei gewonnenen Ergebnisse wurden später intensiv bearbeitet und den beteiligten Organisationen zur Verfügung gestellt (s. /Be89/).

2. Mathematische Modellierung der Fusionsanlagen

Zwei Entwicklungsperspektiven der Fusionsreaktoren werden im KfK verfolgt: Tokamak-Technologie im Rahmen des Projektes Kernfusion (PKF) und die Physik der hochverdichteten Materie im Zusammenhang mit Überlegungen zur Trägheitsfusion (s. dazu /Ka87/) im Rahmen des Schwerpunktes Kern- und Teilchenphysik. Für beide Perspektiven wurden Modelle entwickelt und Simulationsforschung betrieben. Teilweise sind die dabei entstandenen Modelle auch für weitere Typen der Fusionsreaktoren anwendbar. Alle diese Modellierungsaufgaben, die in der Abteilung Mathematische Modelle erfolg-

reich gestartet wurden, wurden nach und nach in die für die entsprechende Thematik zuständigen Fachabteilungen der anderen KfK-Einheiten (Institut für Technische Physik, Abteilung Numerische Physik der Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung, sowie Hauptabteilung Sicherheit) durch den Transfer der eingearbeiteten Mitarbeiter verschoben. Dort werden sie z. Z. weitergeführt.

2.1. Heizsysteme für einen Tokamak-Reaktor

Als eine Möglichkeit für die technische Realisation des komplizierten Plasma-
vorheizungsprojekts werden z.Zt. Hochfrequenzsysteme betrachtet. Ein solches System ist unter dem Namen Gyrotron bekannt. Für die Optimierung der Auslegung des geplanten KfK-Gyrotrons wurden Modellbeschreibungen sowie Programmpakete entwickelt und für Berechnungen verwendet. Später diente die Modellierung des KfK-Gyrotrons seiner weiteren Verbesserung unter geänderten technischen Rahmenbedingungen und der Optimierung verschiedener Parameter unter unterschiedlichen Zielsetzungen /Bo88/.

Um unter den bestehenden Möglichkeiten die Frequenz eines Gyrotrons zu erhöhen, ist es am billigsten und einfachsten, dieses bei den höheren Harmonischen der Zyklotronfrequenz zu betreiben. Es wurde für das KfK-Gyrotron in Fortsetzung früherer Entwurfs- und Simulationsrechnungen in einer Parameterstudie ermittelt, wie insbesondere für die zweite Harmonische des TE₀₃-Modus der Wirkungsgrad und der Strahlstrom von der Ausgangsleistung abhängt. Außerdem wurde in einigen typischen Fällen die Modenkonzurrenz mit einer zweiten Harmonischen als Haupt- bzw. Störmode studiert/Du88/.

Ein Gyrotron schwingt umso stabiler und mit umso größerem Wirkungsgrad, je weniger Moden neben dem gewählten Arbeitsmode angeregt werden können. Daher wurde unter Verwendung der Einmodentheorie ein FORTRAN-Programm geschrieben, um eine Übersicht von der Modenisolation bei einem 40 GHz Gyrotron hoher Ausgangsleistung zu erhalten.

2.2. Tritiumtechnologie

Der Brennstoffzyklus eines Fusionsreaktors wurde seit Anfang der 70-er Jahre in Form von Systemen von linearen Differentialgleichungen modelliert. Diese Modelle, die zuerst stark vereinfacht waren, wurden in zwei Hinsichten weiterentwickelt. Erstens wurden die modernsten der Fusionsanlagen mit am meisten

ausgearbeiteten Tritiumkreisläufen als Grundlage für die Modellierung übernommen. Zweitens wurde die Tatsache, daß die ersten Generationen der Fusionsreaktoren mit sehr kleiner Verfügbarkeit ausgerüstet werden, berücksichtigt und mit Hilfe der stochastischen Modellierung der Ausfallphasen aufgefangen.

Das Programmsystem KATRIM (Karlsruhe Tritiummodell) zur Modellierung des Tritiumkreislaufs in einem Fusionsreaktor wurde so entwickelt, daß die Kopplung einer mathematischen Beschreibung des Brennstoffzyklussystems mit der Simulation der vorgegebenen Betriebsszenarien möglich war. Dieses Modell wurde später modifiziert und für NET-relevante Fragen eingesetzt. Die Tritiuminventare, minimal erforderlichen Brutraten sowie Startinventare wurden in Abhängigkeit von der Reaktorverfügbarkeit simuliert. Eine Klassifikation der Tritiummodelle sowie die Methodik des Vergleichs von unterschiedlich detaillierten Modellen eines Tritiumsystems wurden erarbeitet /Ga89/.

Die Tritiumkonzentrationen in einem wassergekühlten NET-Abschirmblanket, das mittels Lithiumsalz auch als Brutblanket dient, wurden mit einer weiteren KATRIM-Modifikation simuliert. Für derzeitig absehbare NET-Verfügbarkeit weist die Häufigkeitsverteilung der Tritiumkonzentration bei etwa 35 Ci/kg ein Maximum auf; der (unerwünschte) Wert von ≥ 70 Ci/kg wird nur sehr selten erreicht. Mittels des Programmsystems KATRIM wurden mehrere Betriebsstrategien eines Lithiumsalzlösungs-Blanket nachgebildet. Hierbei war von besonderem Interesse, welche Tritiumkonzentrationen in Untersystemen des Kreislaufs vorliegen. Beim sogenannten "Standardfall" liegt die Tritiumkonzentration an weniger als 22 Tagen pro Jahr über 20 Ci/kg; an nahezu ebenso vielen Tagen pro Jahr werden nur Werte unter 5 Ci/kg erreicht. Außerdem zeigte diese Untersuchung, daß Tritiumwerte auftreten werden, die etwas höher liegen als der maximal zulässige Auslegungswert von 36 Ci/kg, sofern NET weiter betrieben wird, während das Tritium-Kreislaufsystem ausgefallen ist und gerade repariert werden muß.

Zur Optimierung der Tritiumbilanzierung in einem geschlossenen Tritiumkreislauf wurde die herkömmliche Bilanzierungsmethodik modifiziert und theoretisch begründet. Im konkreten Fall des Karlsruher Tritiumlabors (TLK) wurde ein idealisierter Prozeß betrachtet: ein Tritiumbatch wird für ein Experiment bereitgestellt, nach Abschluß des Experiments gereinigt und danach wieder mittels einer Transferstation dem Experiment zur Verfügung gestellt. Die entwickelte Methodik erlaubte dabei zu simulieren, wie sich die Bilanzierungsgüte in

Abhängigkeit von der Häufigkeit der Inventur und/oder den Abfallmengen ändert.

Für das TLK wurde - unter besonderer Berücksichtigung des Lokalisierungs Gesichtspunktes einer unterstellten Anomalie - die Bilanzierungsgüte ermittelt. Das Rechenmodell KATRIA wurde auf die sogenannte "Technische Infrastruktur" (zwei Transferstationen, Reinigung, Lager) mit einem Experiment als "Nutzer" angewandt. Es wurden mehrere Schlüsselmeßpunkte mit unterschiedlicher Meßgenauigkeit eingesetzt; Abfallströme und deren Meßungenauigkeiten wurden berücksichtigt /Av88/.

2.3. Erzeugung hoher Energiedichten

Die Simulation physikalischer Phänomene in Pulsgeneratoren und Hochstromdioden stellt eine komplizierte numerische Aufgabe dar. Eine der bekanntesten numerischen Methoden in diesem Gebiet heißt Particle-in-Cell- oder PIC-Methode. Sie simuliert (mit numerischen Vereinfachungen) das Verhalten von vielen Tausenden und Hunderttausenden von Teilchen in den auf sie wirkenden Feldern. In unserem Fall sind es geladene Teilchen (Ionen) und das elektromagnetische Feld. Zur praktischen Anwendung dieser Methode benötigt man komplexe Computerprogramme und sehr viel Rechenzeit.

Eine starke Komplikation stellt dabei die Notwendigkeit dar, bei konkreten technischen Anwendungen die reale Geometrie der entsprechenden Anlagen (der Pulsgeneratoren und Hochstromdioden in unserem Fall) zu berücksichtigen. Dadurch wird auch die Anwendung der schon vorhandenen Codes auf eine neue Anlage oft sehr problematisch. Nachdem KfK mehrere Jahre ohne Erfolg ein fertiges PIC-Code gesucht hatte und andere KfK-Institute es nicht gewagt haben, die Entwicklung eines solchen komplexen Produktes anzufangen, wurde unsere Abteilung mit dieser Aufgabe betraut. Im Laufe der Jahre wurden mehrere Versionen der PIC-Codes entwickelt und erfolgreich für die Simulation von KfK-Forschungseinrichtungen verwendet.

Der PIC-Code BFCPIC wurde zur Simulation der selbstmagnetisch isolierten B_0 -Diode verwendet. Durch die numerischen Simulationen mit veränderten Anoden-Kathodenkonfigurationen bei der B_0 -Diode wurde eine Anordnung gefunden, die zur Verdoppelung der Intensität in der Fokusebene führte. Die rechnerisch ermittelte Diodenform wurde experimentell getestet, und dabei wurden die rechnerischen Voraussagen bestätigt. Es gelang somit erstmals durch den Einsatz eines PIC-Codes, die Geometrie einer Ionen-Diode stark zu verbessern. Darüber

hinaus konnte die Bildung einer virtuellen Kathode im einzelnen nachvollzogen und eine Gesetzmäßigkeit für die radiale Abhängigkeit der Ionenstromdichten aufgestellt werden.

In das zweidimensionale PIC-Programmsystem LIDIS zur numerischen Simulation gepulster Hochstromdioden wurden Module zur Erfassung von Oberflächenströmen und zur Simulation von Folien mit definierten Bremseigenschaften eingebaut. Durch den Einbau eines dreidimensionalen Particle-Pusher-Programms wurde LIDIS auf 2.5 Dimensionen erweitert. Ein Modul zum Lesen und zur Interpolation von PROFI-Magnetfelddateien wurde hinzugefügt (PROFI ist ein weit verbreitetes Programm zur Berechnung der elektromagnetischen Felder). Mit LIDIS wurden Pinch-Reflex-Dioden und fremdmagnetisch isolierte Dioden simuliert. Die Erzeugung der randangepaßten Berechnungsgitter wurde wesentlich vereinfacht.

Im Rahmen der SUPRENUM-Beteiligung wurden die Vektorisierung und die Parallelisierung der rechenintensivsten Module des PIC-Codes unternommen. Zuerst wurde dafür ein Parallelisierungskonzept entwickelt. Das neuentwickelte Programm zur Feldberechnung auf der Basis von Mehrgittermethoden wurde auf dem SUPRENUM-„Preprototyp“ implementiert.

Wegen der Umstrukturierung der Gruppen, die eine mathematische und rechnerische Modellierung von Hochstromdioden im KfK betreiben, wurden die entsprechenden Arbeiten im IDT 1988 abgeschlossen (sie werden teilweise in HDI-III erfolgreich weitergeführt). Im Zuge dieser abschließenden Tätigkeit wurde das Programmsystem LIDIS zur numerischen Simulation gepulster Leichtionendioden modifiziert und ausführlich dokumentiert. Mit LIDIS können alle im KfK entworfenen und konzipierten Diodentypen modelliert werden. Den Kern des Programmsystems bildet ein 2.5 dimensionaler, quasistationärer Particle-in-Cell Code. Ein interaktiver Preprozessor, mit dem alle für eine Simulation benötigten Dateien sukzessive aufgebaut werden können, macht die Arbeit mit LIDIS besonders effektiv. Ein menügesteuerter, grafikgekoppelter Post-Prozessor ermöglicht eine bequeme und umfassende Darstellung der Ergebnisse./AI88a, AI88b, We89/.

3. Modellierung und Umweltproblematik

Umweltbezogene Modellierung hat in der Abteilung eine lange Tradition. Außer der Modellierung des Plutoniumverhaltens in der Umwelt, die noch vor 1981 stattgefunden hatte, könnte man einige der obengenannten Untersuchungen

noch einmal unter dem Aspekt der Rückhaltung der radioaktiven Schadstoffe in Erinnerung bringen. Trotzdem spielen die Umweltaktivitäten erst seit 1989 eine besondere Rolle in der Abteilung. In den letzten zwei bis drei Jahren wurde fast die ganze Abteilung auf die Forschung im Bereich der Untersuchung von Wasserverunreinigung umorientiert.

Hauptziele dieser Forschung sind die Entwicklung eines mathematischen Modells für den Stoffeintrag in das Bodenwasser der ungesättigten Zone und die Modellierung des Bodengases. Um den schnelleren Einstieg in die Thematik der mathematischen Bodenmodellierung denjenigen Mitarbeitern zu erleichtern, die erst ein oder zwei Jahre später von der mit der Modellierung technischer Systeme verbundenen Thematik in das Projekt Sicherheit und Umwelt (PSU) wechseln sollten, wurde eine umfassende Literaturstudie in mehreren Datenbanken durchgeführt. Sie hat erlaubt, eine Strategie der künftigen KfK-Modellierung in diesem Gebiet und die Bestandteile eines künftigen Programmsystems zur Modellierung der Vorgänge im Boden zu bestimmen. Aufgrund dieser Studie wurde ein Überblick über die vorhandenen Rechnerprogramme und ihre Zugänglichkeit verschafft. Viele von diesen Programmen wurden beschafft. Die Erprobung und Überprüfung dieser Programme ist voll im Gange, die ersten Verbesserungen wurden programmiert (Modelle Wasser, Feuchte, Humus und Boden). Eigene Modelle wurden entwickelt und programmiert, um den Niederschlag und den Wasserinhalt des Bodens zu imitieren. Das erste Programm liefert Ergebnisse mit vorgegebener zeitlicher Auflösung (10-Minutenschritte, Stundenschritte etc.); das zweite benutzt diese Zahlen und erlaubt eine große Anzahl der Bodenschichten zu simulieren. Diese beiden Modelle sind als Module für das sich in der Entwicklung befindliche Modell der Gasdynamik im Boden (Bodenluftmodell) vorgesehen.

Die konzeptuellen Vorstellungen über die angewandte Bodenmodellierung wurden formuliert. Eine spezielle (im Sinne der bevorstehenden Modellierungsarbeiten) Auswahl einfacher Bodenmodelle aus der Literatur wurde aufgrund der erwähnten konzeptuellen Vorstellungen getroffen. Damit wurde ein Bausteindepot für die künftige Bodenmodellierung gebildet. Die Programme wurden dementsprechend technisch ergänzt. Es wurde gezeigt, wie ein Teil dieser Bausteine in einem Bodenluftmodell verwendet werden kann. Ein Konzept und eine grobe Programmspezifikation für ein komplexes Teilmodell für die Bodenluftdynamik (CO_2 -Gehalt des Bodengases) bei gleichzeitiger Vertikalströmung von Sickerwasser (Bodenluftmodell) wurden erarbeitet. Dafür wurde die Phänomenologie des Bodengasgemisches erforscht und die einzelnen

Programmbausteine (Niederschlag, Sickerwasser, CO₂-Diffusion, O₂-Dynamik etc.) ausgewählt.

Um mehrschichtige Böden detailliert modellieren zu können, wurde ein neues Dialogsystem entwickelt, das erlaubt, verschiedene Böden in normierter Form zu beschreiben. Dieses Programm wird voraussichtlich zu einem wichtigen Baustein für fast jedes Bodenmodell werden. Auch in das in Entwicklung befindliche Bodenluftmodell wird es gerade eingebaut.

Zur Entwicklung eines mathematischen Modells für Stoffeintrag in den Boden konnte die Physik der porösen Medien herangezogen werden. Damit liessen sich Wasser- und Schadstofftransport durch Konvektion und/oder Diffusion in verschiedenen Fällen simulativ darstellen. Davon sollen hier zwei Fragestellungen als Beispiele herausgegriffen werden:

(1) Stationärer Stoffeintrag im Boden, wobei Mikro- und Makroporen (Frakturen) berücksichtigt wurden. Dazu wurde die Kopplung von zwei porösen Medien (mit Massenaustausch) verwendet. Das entsprechende Programm lieferte die Stofftransport-Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von verschiedenen physikalischen Kenngrößen des Bodens und vom Massenaustausch und von anderen physikalischen Größen (insbesondere von kapillaren Kräften).

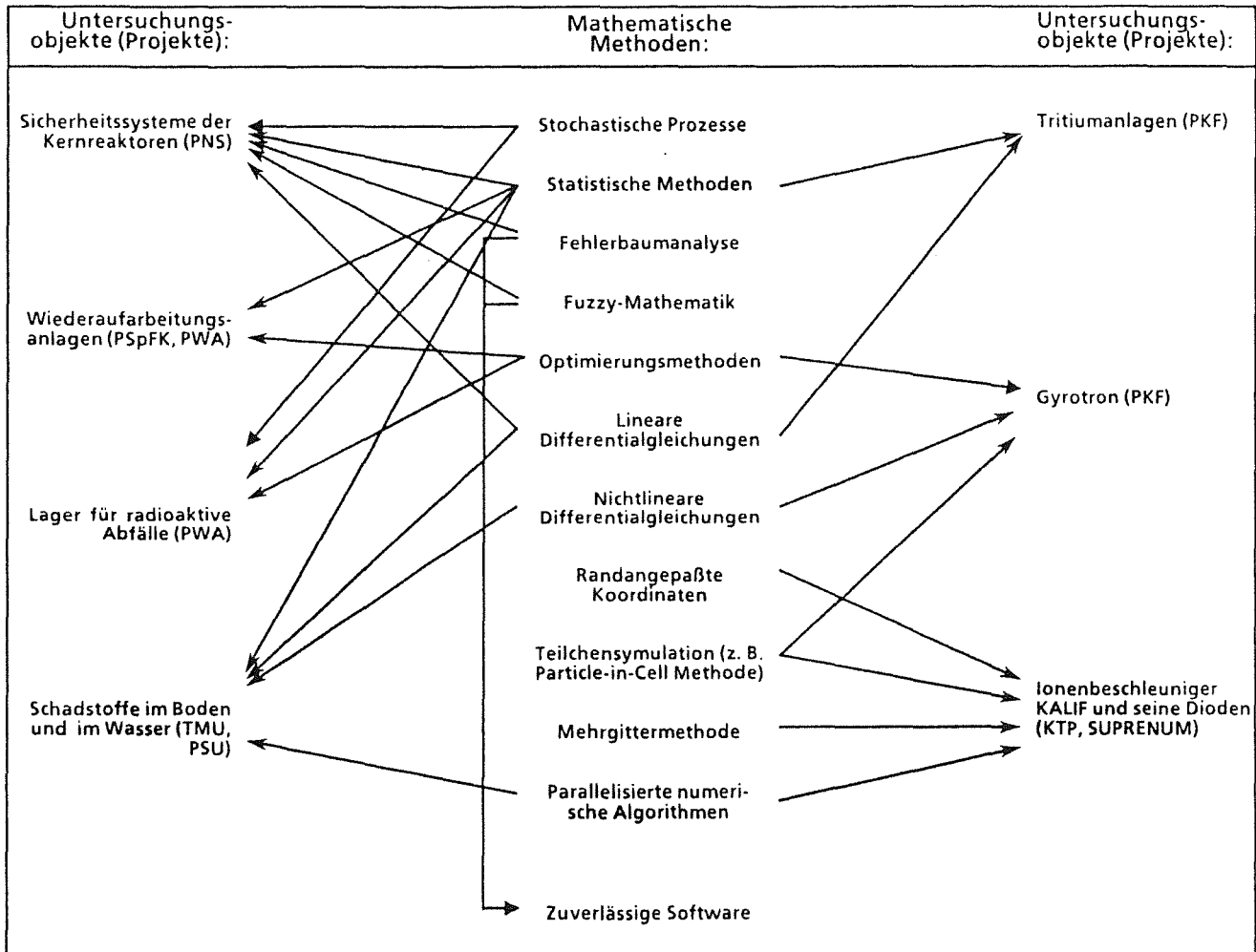
(2) Nichtstationärer Stoffeintrag: Es wurden verschiedene nichtstationäre Transportmodelle zur Beschreibung von Mechanismen untersucht und weiterentwickelt, bei denen Diffusion, Adsorption und chemische Reaktionen gekoppelt sind. Zur quantitativen Auswertung dieser Modelle wurden Prozeduren für die numerische Integration von partiellen Differentialgleichungen und Programme zur Simulation (für Random Walks, Markow-Prozesse sowie für Perkulationsprozesse) verwendet.

Mit derartigen Modellen konnten die dem Transport von Wasser und von Schadstoffen zugrundeliegenden Mechanismen besser verstanden werden.

4. Methodenüberblick

Wenn auch keine besonderen Methoden der modernen Informatik bei der Modellierung benutzt wurden, muss die frühe Anwendung der Datenbanken bei der Programmierung (ADABAS und die Sprache NATURAL bei Lageroptimierung), Modularität und strukturiertes Programmieren bei der Entwicklung von großen Codes (PIC-Codes) und die Orientierung auf die Vektor- und Parallelrechner bei einigen Programmen hervorgehoben werden. Die breite Palette der Anwen-

ungsobjekte hat uns gezwungen, bei der mathematischen Modellierung Hilfe in mehreren Gebieten der Mathematik und der Numerik zu suchen. Einen Überblick der mathematischen Techniken, die in unseren kerntechnischen, fusionstechnischen und umweltorientierten Modellen Verwendung fanden, geben wir in der folgenden Tabelle:



Dabei muß betont werden, daß die mathematischen Methoden nicht immer in der bereits bekannten Form übernommen werden konnten, sondern sie mussten zuerst weiterentwickelt oder modifiziert werden. Dabei wurden die neuentwickelten Methoden, die bei einigen Modellen entstanden, später auch bei weiteren Modellen nützlich. Z.B. konnten die Bilanzierungsmethoden, die für Spaltstoff-Flusskontrolle verwendet wurden, später für den Fall der Tritium-Bilanzierung modifiziert und angewendet werden.

Literatur

- /Ga82/ E. Gabowitsch, H. Trauboth: Improving the reliability of nuclear reprocessing by application of computers and mathematical modelling, in "Reliability in electrical and electronic components and systems, 1982, North-Holland Publishing Company, S. 427-432.
- /Na85/ K. Nagel, S. Fenyi, G. Weber, H. Wenzelburger: Störfallablaufanalysen für die Abgasreinigung der großen Wiederaufarbeitungsanlage, KfK-3550 (Juni 1985), S. 4500/1-9
- /Sp86/ G.Spannagel, M.J.Canty, E.A.Kern: Computer simulation of a large-scale reprocessing plant for safeguards, Nuclear Technology, 74 (1986), 65-75
- /Be87/ R. Beedgen, W.Golly, R. Seifert: Concepts of establishing measurement models for NRTA procedures, Nuclear Materials Management, 178 (1987), 878-882
- /Ga87/ E.Gabowitsch: Simulation of stack filling with radioactive waste containers, International Journal of Modelling and Simulation, 1987, vol. 7, Nr. 2, 55-61
- /Ka87/ S. Kawata, K.Niu, E. Halter, M. Sararu, E.Gabowitsch: Light ion beams inertial confinement fusion, Velarde (Hrsg.), 4th Int. Conf. on Emerging Nuclear Energy Systems (ICENES 4), Madrid, E, June 30 - July 4, 1986, Proceedings, Singapore, Word Scientific, 1987, 353-356
- /Al88a/ M.Alef, E.Gabowitsch, D. Grether, D. Seldner, T. Westermann, E. Halter, S. Kawata, M. Sararu: Particle-in-cell simulation of KfK high voltage diodes, BEAMS-88, 7th Int. Conf. on High Power Particle Beams, Karlsruhe, July 4-7, 1988, S. 563-68
- /Al88b/ M.Alef, D. Grether, D. Seldner, T. Westermann: Diodensimulation mit der Particle-in-Cell-Methode und mögliche Implementierung auf SUPRENUM, KfK-Nachrichten, 20 (1988), 179-87
- /Av88/ R. Avenhaus, G.Spannagel: Analysis of tritium laboratory accountancy data, Fusion Technology, 14 (1988), 1102-1107
- /Bo88/ E.Borie, B.Jödicke, H.Wenzelburger, O. Dumbrails: Resonator design studies for a 150 GHz gyrotron at KfK, Int. J. of Electronics, 64 (1988), 107-126
- /Du88/ O. Dumbrails, H.Wenzelburger: Possible operation of the KfK gyrotron at harmonics, Int. J. of Infrared and Millimeter Waves, 9 (1988), 1067-86
- /Du88/ E. Gabowitsch, G. Spannagel: Computer simulation of tritium systems for fusion technology, Fusion Technology, 1989, Vol. 16, Sep., 143-148
- /Bi89/ U.Bicking, W.Golly, R. Seifert: The new PROSA version, an advanced computer program for near-real-time accountancy, Proc. of the 11th Annual Symp. of the European Safeguards Research and Development Association (ESARDA), Luxemburg, L., May 29 - June 1, 1989, S. 101-104.
- /Mi89/ K.B.Misra, G.Weber: A new method for fuzzy fault tree analysis, Microelectronics and reliability, 29 (1989), 195-216.
- /Na89/ K. Nakashima, G. Weber: Early Failure Diagnosis for Systems which are in Operation, Proceedings of the IASTED International Symposium, Fifth IASTED Int. Conf. "Reliability and Quality Control", Lugano, Switzerland, 1989, 65-68
- /Be89/ W.Beyrich, W.Golly: Evaluation of IDA-80 data by the DoD-Method, KfK-4157 (Dez. 1989)
- /We89/ T.Westermann: Numerische Simulationen von technisch relevanten Ionen-Dioden mit der Particle-in-Cell Methode, Dissertation, Universität Karlsruhe 1989, KfK-4510 (Jan. 1989)

PROSA, MEMO und STATIV - Zehn Jahre FuE-Arbeiten im IDT zur Kernmaterialüberwachung

R. Seifert

Kurzer geschichtlicher Rückblick

Arbeiten im Bereich der Kernmaterialüberwachung laufen im KfK schon seit vielen Jahren; sie wurden erforderlich durch die Unterzeichnung des Atomwaffensperrvertrages durch die Bundesrepublik Deutschland. So beschäftigte sich im IDT Prof. Avenhaus seit 1977 unter anderem mit Verifikationsfragen. Diese Arbeiten wurden dann ab 1980 von Dr. Beedgen im IDT weitergeführt. In der ehemaligen Entwicklungsabteilung Kernmaterialsicherung (EKS) arbeitete eine Gruppe unter Dr. Sellinschegg ebenfalls auf diesem Gebiet, allerdings standen hier mehr praktische Fragestellungen im Vordergrund.

Ein Meilenstein in der Entwicklung stellte ein 1980 durchgeführter internationaler Workshop dar, der die Leistungsfähigkeit und Grenze der dynamischen Bilanzierungsmaßnahme (Near-Real-Time Accountancy, NRTA) untersuchte /1/. Dieser Workshop ergab, daß die Hauptrichtung der zukünftigen Entwicklungsarbeiten in der praktischen Demonstration dieser Maßnahme unter routinemäßigen Betriebsbedingungen einer Wiederaufarbeitungsanlage liegen soll.

Mit dem Wechsel von Dr. Sellinschegg 1984 zur Internationalen Atom Energie Organisation (IAEO) nach Wien wurden die Arbeitsgruppen aus IDT und EKS unter Federführung von Dr. Beedgen zusammengelegt. Als der damalige Leiter des EKS, Dr. Gupta, 1987 ebenfalls nach Wien wechselte, wurden die EKS-Mitarbeiter dieser Gruppe ins IDT übernommen. Mit dem Weggang von Dr. Beedgen 1989 wurde die Arbeitsgruppe unter Leitung des Autors zu einer selbständigen "Gruppe Statistische Modelle" innerhalb des IDT ernannt.

Ziele der Kernmaterialüberwachung

Seitdem sich die Überwachungsbehörden EURATOM und IAEO sowie die Anlagenbetreiber mit der Spaltmaterialüberwachung großer Wiederaufarbeitungsanlagen auseinandersetzen müssen, ist die im internationalen Sprachgebrauch als Near-Real-Time Accountancy (NRTA) bezeichnete Methode der Kurzzeitbilanzierung ein wichtiges Untersuchungsobjekt. Hauptkennzeichen der Methode sind eine Bestimmung der Anlageninventare bei laufendem Anlagenbetrieb

sowie die Auswertung einer fortlaufenden Reihe zeitlich aufeinanderfolgender Einzelbilanzen durch sequentielle statistische Testverfahren. Ziel der Testverfahren ist es, zu ermitteln, ob der in der Bilanz auftretende Differenzbetrag zwischen Buchinventar und realem Inventar unter Berücksichtigung aller erkannter Fehlergrößen und Fehlerfortpflanzungsregeln durch Meßunsicherheiten erklärbar ist oder ob eine Anomalie vorliegt, die neben anderen Ursachen (z.B. nicht erkannte Meßfehler) auch durch eine Abzweigung hervorgerufen sein könnte.

Die Methode der Kurzzeitbilanzierung /2,3/ wurde in den letzten zehn Jahren insbesondere in den USA, der Bundesrepublik Deutschland, Japan und Großbritannien untersucht.

Ungeachtet aller noch ungelöster Fragen zeigen Gespräche mit IAEA und nahezu allen konsultierten Nationen, die ebenfalls FuE-Arbeiten auf diesem Gebiet durchführen, daß ein Spaltmaterialüberwachungssystem für moderne industrielle Wiederaufarbeitungsanlagen sowie MOX-Fabrikationsanlagen ohne Kurzzeitbilanzierung bei laufender Anlage nicht durchsetzbar, d.h. für die Überwachungsbehörden nicht akzeptabel sein wird.

Thematischer Entwicklungsgang

Thematisch stand zu Beginn der 80er Jahre die Frage nach leistungsfähigen statistischen Auswerteverfahren im Vordergrund. Ausgehend von modellhaften Referenzanlagen wurde anhand von Monte-Carlo Simulationen untersucht, mit welcher Wahrscheinlichkeit und wie schnell die einzelnen Testverfahren (hypothetisch) angenommene Abzweigszenarien entdecken können. Aus der Fülle der zur Verfügung stehenden Verfahren wurden drei Tests, der Page's Test, der Power-One-Test und der CUMUF-Test als erfolgsversprechendste ausgewählt /4/. Die Suche nach leistungsfähigen Testverfahren ging jedoch weiter, bis im Jahre 1987 im KfK ein neuer Test kreiert wurde, der als GEMUF-Test in die Literatur einging /5/.

Um die praktische Anwendung der NRTA Maßnahme zu untersuchen, wurde im Rahmen eines vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) geförderten Vorhabens eine rechnergestützte Inventarbestimmung von Spaltmaterial bei laufendem Wiederaufarbeitungsbetrieb für die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) entwickelt und erprobt. Insbesondere wurden die realen Inventare und ihre Abweichungen von den Buchwerten der sequentiellen statistischen Bewertung mit Hilfe der in die engere Wahl gezogenen Auswerteverfahren unterzogen.

Dazu mußten statistische Meßmodelle, bezogen auf das komplexe Fließschema der WAK, entwickelt werden, um insbesondere die meßtechnischen Schwankungen der Inventarbestimmung mit ausreichender Genauigkeit bestimmen zu können.

Die IAE0 als internationale Überwachungsbehörde hat bereits frühzeitig großes Interesse an diesen Arbeiten gezeigt und implementierte die im Rahmen des deutschen Unterstützungsprogramms übergebenen Statistikprogramme.

Das Computerprogramm PROSA

Die intensive Kooperation mit der IAE0 erwies sich als außerordentlich wertvoll für die weiteren Arbeiten. Es war schnell klar, daß für die routinemäßige Anwendbarkeit vor Ort eine Auswahl geeigneter statistischer Testverfahren und die Entwicklung von bedienerfreundlicher Computer-Software erforderlich sind. Dies war die Geburtsstunde des Computerprogramms PROSA (Programm zur statistischen Auswertung von NRTA Daten). Ziel war es, die bis zu diesem Zeitpunkt nur als Großrechnerversion zur Verfügung stehenden Statistikprogramme zu einem Paket zusammenzubinden und zu einer PC-Version zu entwickeln. Daneben galt es, diese PC-Version mittels Menütechnik benutzerfreundlich zu gestalten. Bereits 1987 wurde eine erste PC-Version von PROSA /6/ der IAE0 übergeben und dort ersten Tests unterzogen. Zahlreiche praktische Erfahrungen mit diesem Paket, die die IAE0 bei Inspektionen vor Ort gewann, verbunden mit Wünschen zur weiteren Verbesserung der Bedienerfreundlichkeit, sowie einige neue theoretische Erkenntnisse führten Anfang 1991 zur endgültigen PROSA-Version /7/, die ab diesem Jahr von der IAE0 zu Inspektionsaufgaben routinemäßig weltweit eingesetzt wird.

Doch nicht nur von der IAE0 wird PROSA eingesetzt. Auch die europäische Überwachungsbehörde EURATOM hat starkes Interesse an den Einsatzmöglichkeiten von PROSA gezeigt und das Programmpaket für ihre Überwachungstätigkeit angefordert. Des weiteren wurde der US-amerikanischen Kontrollbehörde Nuclear Regulatory Commission (NRC) PROSA auf Anfrage zur Verfügung gestellt. NRC führt mit Hilfe von PROSA umfangreiche Studien auf dem Gebiet der Kernmaterialüberwachung durch.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle erwähnt, daß auch zwei Forschungsinstitute, nämlich das Los Alamos National Laboratory (LANL) und die Forschungsanlage Jülich (KFA) PROSA für ihre Forschungsarbeiten einsetzen.

Meßmodellierung

Die im Rahmen des vom BMFT geförderten Vorhabens "Entwicklung einer rechnergestützten Inventarbestimmung von Spaltmaterial bei laufendem Wiederaufarbeitungsbetrieb in der WAK" durchgeführten Arbeiten zeigten, daß die statistische Meßmodellierung einer Anlage von entscheidender Bedeutung für die NRTA-Maßnahme ist. In enger Zusammenarbeit mit der WAK wurden zunächst einfache Meßmodelle entwickelt, die im Laufe der Zeit immer weiter verfeinert wurden, bis sie schließlich den Wiederaufarbeitungsbetrieb meßtechnisch im erforderlichen Detaillierungsgrad nachbildeten, um die NRTA-Verfahren anwenden zu können. Diese Entwicklung ging iterativ in mehreren Schritten vor sich, bei der die NRTA-Verfahren ihrerseits wertvolle Hilfestellung leisteten. Dies war einerseits ein nachdrücklicher Beweis für die Leistungsfähigkeit der Verfahren und demonstrierte andererseits exemplarisch, daß das Paket PROSA auch zur Prozeßkontrolle eingesetzt werden kann. Nach dem Nachweis der Einsetzbarkeit des entwickelten Meßmodellierungsverfahrens anhand realer Kampagnendaten /8/ wird zur Zeit an der Entwicklung eines bedienerfreundlichen PC-Programms namens MEMO (Programm zur Bestimmung des Meßmodells) /9/ gearbeitet, um den Überwachungsbehörden ein routinemäßig einsetzbares Programm zur Verfügung stellen zu können.

Datenverifikation und Zusammenarbeit mit Los Alamos

Die Erstellung der sequentiellen Materialbilanzen, deren Auswertung einen Hinweis auf einen möglichen Materialverlust ermöglichen, beruht ausschließlich auf Betreiberdaten. Zum Zwecke der Datenverifikation führen die Überwachungsbehörden eigene, stichprobenartige Messungen durch. Die Auswertung der Differenz zwischen Betreiberdaten und Inspektordaten (D-Statistik) muß ebenfalls sequentiell vor Ort erfolgen, da nur in der Anlage selbst die hierzu erforderlichen Basisdaten verfügbar sind. Zu diesem Zweck benötigen die Überwachungsbehörden eine Software ähnlich wie PROSA. Erforderlich dazu sind die Entwicklung einer Methodik zur sequentiellen D-Statistik und eines Softwarepaketes zur Anwendung für Inspektionen.

Mit dem Los Alamos National Laboratory (LANL) besteht eine langjährige, enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Kernmaterialüberwachung (so war Dr. Beedgen mehrmals für längere Zeit zu Forschungsaufgaben nach Los Alamos delegiert). In der dortigen Safeguards System Group unter Leitung von Dr. Markin wurden bereits Arbeiten zur Theorie der D-Statistik durchgeführt. Deshalb wurde 1990 eine Zusammenarbeit (Joint Task) mit LANL im Rahmen des

deutsch-amerikanischen Unterstützungsprogramms für die IAEA und des deutsch-amerikanischen Regierungsabkommens auf dem Safeguardsgebiet vereinbart.

Die Zusammenarbeit der Arbeitsgruppen des LANL und des KfK ist deshalb sinnvoll, da in beiden Gruppen ein sich ergänzendes Know-how existiert, das geeignet ist, die Problematik der Datenverifikation zügig und erfolgversprechend anzugehen. Ein zweimonatiger Arbeitsbesuch des Autors in Los Alamos im Sommer 1990 diente der Intensivierung dieser Kooperation.

Meßkontrollprogramm

Im Rahmen der Kernmaterialüberwachung - aber nicht nur auf diesem Gebiet - ist eine statistische Bewertung von Meßreihen von großer Bedeutung. Insbesondere ist es wichtig, Kenntnisse über das Langzeitverhalten des sogenannten systematischen Meßfehlers zu erlangen. Diese Arbeiten wurden beispielhaft anhand des K-Kanten-Densitometers in enger Zusammenarbeit mit dem IK III durchgeführt.

Dazu mußte ein völlig neues Verfahren entwickelt werden, das sogenannte "Statistische Trenderkennungs-Iterationsverfahren mit Varianzanalyse und V-Maske-Technik". Dieses Verfahren, im Computerprogramm STATIV realisiert, ist in der Lage, einen Trendwechsel im Langzeitverhalten des systematischen Meßfehlers mit großer Genauigkeit zu entdecken /10/.

Unter gemeinsamer Leitung von KfK/Karlsruhe und ZBKM/Geel wurde zu Beginn der 80er Jahre ein großes analytisches Meßprogramm zur Bestimmung von Kernmaterial in Lösung durchgeführt, das als Interlaborexperiment IDA-80 bezeichnet wurde /11/. Im Zuge der Datenauswertung wurde in enger Kooperation mit Dr. Beyrich ein Auswerteprogramm im IDT entwickelt, das eine Varianzbestimmung der Labordaten ohne Ausreißerkriterien zuläßt. Diese mit DoD (Distribution of Differences) bezeichnete Methode /12/ wurde ebenfalls in einem Computerprogramm realisiert. Die Bedeutung dieses Verfahrens zeigt sich auch darin, daß sich mehrere Forschungseinrichtungen an einer benutzerfreundlichen PC-Version dieses Programms interessiert zeigten und es bereits zu Forschungszwecken einsetzen.

Neuer Arbeitsschwerpunkt Mikrotechnik

Auch nach Aufgabe des Wackersdorfprojektes im Jahre 1989 waren die FuE-Arbeiten im IDT zur statistischen Auswertung sequentieller Materialbilanzen aus deutscher Sicht von großer Bedeutung, da nach den Kriterien der IAEA für die

Überwachung der neuen MOX-Anlage in Hanau kurzzeitige Bilanzen gefordert werden.

Ab 1991 werden die Arbeiten auf diesem Gebiet im Zuge der Ausrichtung auf neue Schwerpunkte wie Mikrotechnik schrittweise verringert und sollen in den nächsten ein bis zwei Jahren zu einem Abschluß gebracht werden. Bereits seit diesem Jahr beschäftigt sich die Gruppe Statistische Modelle deshalb mit dem Einsatz statistischer bzw. chemometrischer Verfahren in der Mikrosystemtechnik, wobei die bei der Kernmaterialüberwachung gewonnenen Erfahrungen sehr nützlich sein dürften. Auch im Bereich der Umweltforschung sind Einsatzmöglichkeiten der entwickelten Bilanzierungsverfahren und Meßmodellierungsverfahren vorhanden. Für dieses Jahr sind die Erstellung einer Übersichtsstudie "Statistische Verfahren in der Chemometrie" und die Erstellung eines Konzepts zum Einsatz statistischer Verfahren im Bereich der Mikrosystemtechnik geplant.

Resumee

Seit über zehn Jahren wird im KfK auf dem Gebiet der Kernmaterialüberwachung, speziell im Bereich der dynamischen Kurzzeitbilanzierung, intensiv geforscht. Initiiert wurden diese Arbeiten im wesentlichen von Dr. Gupta und Dr. Sellinschegg (ehemals EKS) sowie Prof. Avenhaus (ehemals IDT). Es liegt im Wesen der internationalen Kernmaterialüberwachung, daß dazu ein umfangreicher Informationsaustausch mit ausländischen Forschungseinrichtungen und Überwachungsbehörden von grundlegender Bedeutung ist. Zahlreiche Veröffentlichungen und vielfältige Teilnahme an internationalen Kongressen durch die an diesem Projekt tätigen Mitarbeiter belegen diese intensive internationale Zusammenarbeit. Mit dem sogenannten "Hanauer Atommüllskandal" trat in der Bundesrepublik die Bedeutung der Kernmaterialüberwachung schlagartig ins Bewußtsein einer breiten Öffentlichkeit. In diesem Zusammenhang wurde der damalige Leiter der KMÜ-Gruppe, Dr. Beedgen, als Experte zum Thema NRTA vor den 2. Untersuchungsausschuß des deutschen Bundestags geladen. Dies belegt, daß einerseits die Wichtigkeit der NRTA-Arbeiten im KfK gesehen und andererseits die Kompetenz der Gruppe anerkannt wurde. Das Interesse einer sensibilisierten Öffentlichkeit zeigte sich auch daran, daß ein Fernsehteam des Süddeutschen Rundfunks über den Stand der Arbeiten der KMÜ-Gruppe im IDT recherchierte und diesen Beitrag in einer Nachrichtensendung ausstrahlte. Als Erfolg der Arbeitsgruppe ist auch zu verbuchen, daß die Arbeitsergebnisse von zahlreichen Forschungseinrichtungen und Überwachungsbehörden für Forschungszwecke bzw. Überwachungsaufgaben eingesetzt werden.

Literatur

- /1/ Gupta, D. (Ed.): "Overview Report of the International Workshop on the Near-Real-Time Measure", KfK 3515, Juli 1983
- /2/ Seifert, R.: "Application of Near Real Time Accountancy to Nuclear Materials Balance Data", KfK 4680, Februar 1990
- /3/ Bahm, W.; Baumgärtel, G.; Seifert, R.: "Fortgeschrittene Bilanzierungsmethoden zur internationalen Kernmaterialüberwachung", atomwirtschaft/atomtechnik 10, Oktober 1990, S.461-464
- /4/ Avenhaus, R.; Beedgen, R.; Sellinschegg, D.: "Test Procedures to Detect a Loss of Material in a Sequence of Balance Periods", KfK 3935, 1985
- /5/ Seifert, R.: "Der GEMUF-Test und Fragen zur Near-Real-Time-Accountancy", KfK 4326, November 1987
- /6/ Beedgen, R.; Bicking, U.: PROSA - A Computer Program for Statistical Analysis of Near-Real-Time-Accountancy (NRTA) Data", KfK 4216, April 1987
- /7/ Bicking, U.; Golly, W.; Peter, N.; Seifert, R.: "PROSA Version 4.0 - Manual", KfK 4866, 1991
- /8/ Bicking, U.; Golly, W.; Seifert, R.: "Evaluation of Real Balance Data Using a Detailed Realistic Measurement Model", Proceedings of the 30th Annual Meeting of INMM, Orlando, Florida, USA, July 9-12, 1989, p. 161-165
- /9/ Bicking, U.; Golly, W.; Seifert, R.: "The Computer Program MEMO - a Tool to Establish Detailed Measurement Models for NRTA Test Procedures", Proceedings of the 13th ESARDA Symposium on Safeguards and Nuclear Material Management, Avignon, France, 14-16 May 1991
- /10/ Peter, N.: "STATIV- An Iterative Statistical Procedure", Proceedings of the 31th Annual Meeting of INMM, Los Angeles, California, USA, July 15-18, 1990, p. 801-805
- /11/ Beyrich, W.; Golly, W.; Spannagel, G.; De Bievre, P.; Wolters, W.: "The IDA-80 Measurement Evaluation Programme on Mass Spectrometric Isotope Dilution Analysis of Uranium and Plutonium", Volume 1: Design and Results, KfK 3760, Dezember 1984
- /12/ Beyrich, W.; Golly, W.; Peter, N.; Seifert, R.: "The DoD Method", KfK 4721, Mai 1990

Technische Infrastruktur

R. Merkel

Mit der Gründung des IDT wurde eine Abteilung Technische Infrastruktur eingerichtet, die für die Unterstützung der Institutsabteilungen in folgenden Bereichen tätig ist:

- Betreuung der zentralen Institutsrechner in Hard- und Software sowie Organisation und Wartung der institutseigenen lokalen Rechner- und Terminal-Netze. Entwicklung und Test von Interface-Schaltungen zu den vorhandenen Rechnern.
- Computer-unterstützte Erstellung von Reinzeichnungen für Berichte, Dokumentation und Vorträge.
- Organisation der Bibliothek.
- Übernahme von administrativen Aufgaben der Institutsleitung.

Zur Zeit wird die Gruppe kommissarisch durch die Institutsleitung geführt. In ihr sind folgende Mitarbeiter tätig:

Herr Hauer	Bereich: Systemadministration VMS, LAN
Herr Hoeft	Bereich: Systemadministration DOS, OS/2, ULTRIX, SUN-OS
Herr Metzger	Bereich: Haustechnik und Bibliothek
Frau Salaske	Bereich: Computer-unterstützte Dokumentation

Der erste Rechner im Versuchsfeld war eine Varian V75, zur damaligen Zeit der einzige mikroprogrammierbare Rechner, auf dem Befehlscode von anderen Rechnerfamilien emuliert und somit Prozesse mit unterschiedlichen Rechner-typen simuliert werden konnten. In den 20 Jahren der Instituts-geschichte be-treute die technische Infrastruktur die unterschiedlichsten Rechner in Hard- und Software. Die wesentlichen Vertreter sind:

Varian V75/76	Prozessrechner zum Test diverser Softwareaufgaben mit graphischer Ein/Ausgabemöglichkeit.
ADAGE	CAD-Rechner als graphische Ausgabeeinheit an einer Varian.
Dietz X3	mit intelligenten Labordatenerfassungsplätzen als Informationssystem für die Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe.
Siemens 300	Prozeßinformations- und Datenverwaltungssysteme, Software-Diagnoseprozessor und Testrechner für das Reaktorschutzsystem des Schnellen Brüters.
Philips P7000	mit 20 Bildschirmarbeitsplätzen zur Softwareerstellung, Dokumentation und Archivierung.
VAX 11/750	wird zur Zeit als Gateway und Server für das Institutsrechnernetz genutzt.
VAX 11/785	Löste den Philips P7000-Rechner ab, war erster Unix-Rechner im KfK und dient jetzt ebenfalls als Gateway und Server (mail, news).
VAX-Cluster	mit 6 VAX-Stations und 2 Micro-VAXen der Abteilung UI
µVAX 3300	für das Projekt LIMS - ELAN der Abteilung UI
SUN 4/110	wird die VAX 11/785 ersetzen und die Dienste News-Server (Elektronische Zeitung), Gateway und Public-Domain-Software-Archive anbieten.
PCs + Netz	Es werden ca. 30 PCs unterschiedlicher Hersteller und Ausführungen in einem 3Com-Netz verwaltet. Die Anwendungen auf den PC's reichen von Desk-Top-Publishing über Programmentwicklung bis zur Robotersteuerung.

Von der technischen Infrastruktur wurde 1984 das Pilotprojekt zur Bürokommunikation gestartet. Auf der Basis von Xerox-Arbeitsplatzrechner führte sie

die Bürokommunikation KFK-weit ein. Mittlerweile hat den Betrieb der Bürokommunikation die Koordinierungsstelle Kommunikation in der Literaturabteilung übernommen.

Anhang

U. Voges

Promotionen im IDT (1971-1990)

1973:

J. Nehmer

Dispatcher-Elementarfunktionen für symmetrische Mehrprozessor-DV-Systeme.

1974:

E. Holler

Koordination kritischer Zugriffe auf verteilte Datenbanken in Rechnernetzen bei dezentraler Überwachung.

1977:

O. Drobnik

Verfahren zur Sicherung der operationalen Integrität in verteilten Datenbasen bei dezentraler Kontrollstruktur.

1978:

C. Schneider

Fehlerbaumanalyse von periodisch inspizierbaren Systemen mit Hilfe von Monte Carlo Methoden.

1979:

O. Eggenberger

Architektur und Softwareorganisation redundanter Mehrrechnersysteme für technische Steuerungen.

B. Wolfinger

Modelle zur rechnergestützten Simulation von Kommunikationsflüssen in Rechnernetzen.

1981:

J. Ludewig

Zur Erstellung der Spezifikation von Prozeßrechner-Software.

R. Beedgen

Statistische Untersuchungen zur optimalen Datenauswertungsprozedur in der internationalen Spaltstoffflußkontrolle.

1982:

W. Haussmann

Modellierung und Analyse von seriellen Produktionssystemen.

M. Hälsig

Ein Architekturkonzept zur Softwarefernwartung bei Realzeitsystemen.

1983:

S. Fenyi

Dynamische Systeme mit Aschinger-Matrizen.

F. J. Polster

Generierbare Datenbanksysteme.

L. Gmeiner

Zur Testfallgenerierung in der Entwurfsphase.

1986:

M. Leszak

Modellierungs- und Simulationsinstrumentarium für fehlertolerante verteilte Systeme angewendet auf verteilte Datenbankverwaltungssysteme.

1987:

W. Geiger

Magnetoelastisches Buckling in supraleitenden toroidalen Magnetsystemen.

1988:

H. Keller

Echtzeitsimulation zur Prozeßführung komplexer Systeme.

1989:

W. Weber

Regelung von Manipulator- und Roboterarmen mit reduzierten, effizienten inversen Modellen.

T. Westermann

Numerische Simulation von technisch relevanten Ionen-Dioden mit der Particle-in-Cell Methode.

U. Voges

Software-Diversität und ihre Bewertung mit Hilfe von Fehler- und Kostenmodellen.

P. Kohlhepp

Betriebssystem-integrierte experimentelle Leistungsbewertung verteilter Echtzeitsysteme.

Diplomanden am IDT (1971-1990)

1971: M. Rupp

1973: E. Merten, R. Senger

1974: L. Metz

1975: H. Funk, K. Hofmann, G. Klein, R. Petereit, P. Singer

1976: H. Kleffel, H.J. Moster, G. Gruber, M. Seifert, G. Singer, J. Blattner, A. Amschler, R. Ramöller, P. Kottmann

1977: E. Weber, W. Rauneker, H. Albrecht

1978: G. Rossbach, R. Mailänder, W. Seemann, C. Uhlig

1979: M. Swieckowski, P. Tritschler

1980: M. Mühlhäuser, T. Müller

1981: K. Eckert, R. Hütter, G. Schmalenberger, V. Elies

1982-1990: H. Andriessen, Chrzanowski, U. Clausen, M. Coy, Fischer, Gries, R. Hebding, K. P. Huber, Kaiser, Kopreck, M. Kemper, Mack, Neuscheler, Peuser, Ranjibar, H.-J. Schwarz, B. Stünkel, I. Tjandra und weitere (keine genauen Unterlagen).

Bücher und Tagungsbände

R. Friehmelt, G. Krüger (Hrsg.): GFK-GI-GMR Fachtagung Prozeßrechner 1974, Karlsruhe, 10.-11. Juni 1974. Lecture Notes in Computer Science Vol. 12. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1974.

E. Holler, O. Drobnik: Rechnernetze. Mannheim: B. I. Wissenschaftsverlag 1975. Reihe Informatik.

P. C. Lockemann, A. Schreiner, H. Trauboth, M. Klopprogge: Systemanalyse. DV-Einsatzplanung. Berlin: Springer 1983.

H. Trauboth, A. Jaeschke: Prozeßrechner 1984. Prozeßdatenverarbeitung im Wandel. 4. GI/GMR/KfK-Fachtagung, Karlsruhe, 26.-28. September 1984. Berlin: Springer 1984. Informatik Fachberichte 86.

A. Jaeschke, B. Page (Hrsg.): Informatikanwendungen im Umweltbereich. 2. Symposium, Karlsruhe, November 1987. Berlin: Springer 1987. Informatik Fachberichte 170.

U. Voges (Ed.): Software diversity in computerized control systems. Dependable Computing and Fault-Tolerant Systems Vol. 2. Wien: Springer 1987

H. B. Keller: Echtzeitsimulation zur Prozeßführung komplexer Systeme. Berlin: Springer 1988. Fachberichte Simulation 11.

M. Leszak, H. Eggert: Petri-Netz-Methoden und -werkzeuge. Hilfsmittel zur Entwurfsspezifikation und -validation von Rechensystemen. Berlin: Springer 1988. Informatik Fachberichte 197.

U. Voges: Software-Diversität und ihre Modellierung. Software-Fehlertoleranz und ihre Bewertung durch Fehler- und Kostenmodelle. Berlin: Springer 1989. Informatik Fachberichte 224.

A. Jaeschke, W. Geiger, B. Page (Hrsg.): Informatik im Umweltschutz. 4. Symposium. Karlsruhe, 6.-8. November 1989. Berlin: Springer 1989. Informatik Fachberichte 228.

A. Bode, R. Dierstein, M. Göbel, A. Jaeschke (Hrsg.): Visualisierung von Umweltdaten in Supercomputersystemen. 1. Fachtagung, Karlsruhe, November 1989. Informatik Fachberichte 230.

W. Pillmann, A. Jaeschke (Hrsg.): Informatik für den Umweltschutz. 5. Symposium, Wien/Österreich, September 1990. Berlin: Springer 1990. Informatik-Fachberichte 256.

Patente

H. Becker: Verfahren und Vorrichtung zur Wiedergabe dreidimensionaler Bilder. 1989

Mitarbeiterzahlen (1971-1991)

(jeweils Stand 31.12.)

Jahr	Akademiker*	Ingenieure	Sonstige	Doktoranden/ Azubis	Summe
1971	20	3	3	-	26
1972	23	4	2	-	29
1973	25	3	5	-	33
1974	23	8	5	-	36
1975	31	7	6	-	44
1976	35	11	6	-	52
1977	43	12	8	-	63
1978	42	12	8	1	63
1979	30	11	7	1	49
1980	38	11	9	1	59
1981	37	10	9	1	57
1982	37	11	7	1	56
1983	35	10	7	1	53
1984	39	11	7	1	58
1985	35	11	8	5	59
1986	32	11	8	6	57
1987	35	9	9	6	59
1988	50	10	7	8	75
1989	42	11	9	8	70
1990	43	11	9	8	71

*inkl. Gastwissenschaftler

Publikationen

Jahr	Veröffentl.	Vorträge	Dissertationen	Diplomarbeiten	Summe
1971	3	-	-	1	3
1972	15	5	-	-	20
1973	22	3	1	2	25
1974	17	7	1	1	24
1975	21	1	-	7	22
1976	20	10	-	9	30
1977	30	13	1	3	43
1978	47	17	1	4	64
1979	34	17	2	2	51
1980	40	8	-	2	48
1981	27	10	2	2	37
1982	16	23	2	1 [*]	39
1983	37	21	3	- [*]	58
1984	32	17	-	2 [*]	49
1985	35	17	-	2 [*]	52
1986	36	27	1	2 [*]	63
1987	43	29	1	5 [*]	72
1988	53	27	1	3 [*]	80
1989	50	20	4	2 [*]	70
1990	45	31	-	6 [*]	76

*Keine genaue Statistik für die Jahre 1982-1990 vorhanden.

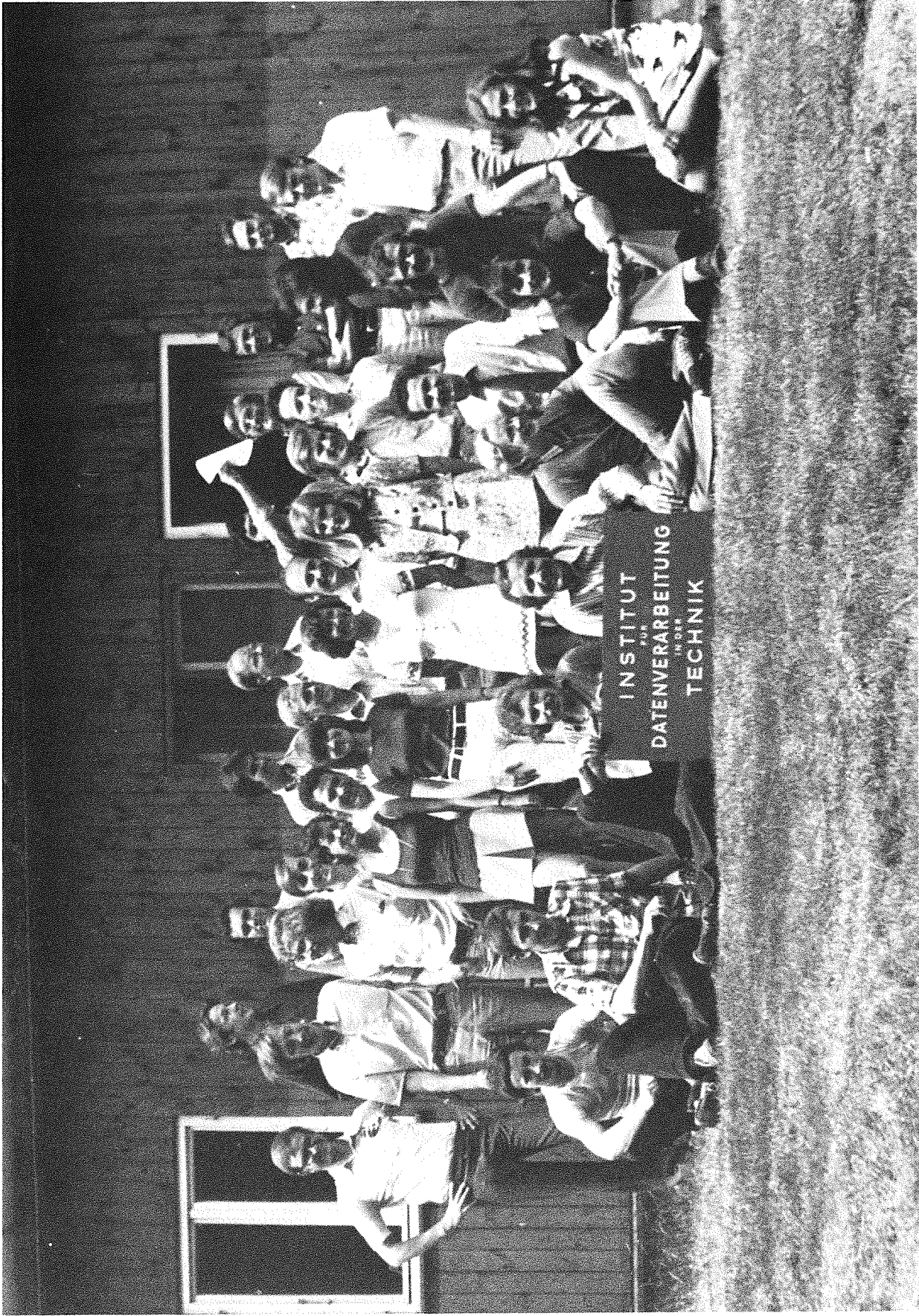


Bild 15: IDT-Mitarbeiter 1973

Bild 15 zeigt die IDT-Mitarbeiter im Sommer 1973 vor dem damaligen IDT-Gebäude, der Baracke B524. Es sind darauf zu sehen im Vordergrund sitzend/hockend: Hartmut Fichtel, Jean-Luc Krug, Martin Rupp, Richard Merkel (LA/KK), Walter Sonnenberg, Wolfgang Kutzsche, Horst Grauer, Franz Schumacher, Milena Didic (IDT); stehend in der ersten Reihe: Jürgen Nehmer, Georg Petrich (IHCH), Elmar Holler (IDT), Horst Wacker, Annerose Eigl, Rudolf Metzger (IDT), Monika Joram, Achim Göbell (IDT), Renate Salaske (IDT), Heinz-Dieter Hilse, Elke Balda, Klaus-Jürgen Landmark, Rüdiger Frihmelt (TT), Heinrich Herbstreith, Udo Voges (IDT); stehend in der letzten Reihe: Jan Olsienkiewics, Otto Eggenberger, Gunter Schönthal, Holm-Reiner Mache (CAD/CAM), Rolf Senger, Gerhard Fleck, Peter Kossmann, Oswald Drobnik. In Klammern sind die jetzigen Zugehörigkeiten von Mitarbeitern angegeben, die noch im KfK sind.

Institut für Datenverarbeitung in der Technik

Prof. Dr. Trauboth (B1)
(Fr. Nees)

Organisationsplan

des IDT

Stand 1. 5. 91

