



LIFIS-ONLINE [12. 04. 2025]

www.lifis-online.de

ISSN 1864-6972

Volker Kempe, Lieboch

Zur Entwicklung des Zentralinstituts für Kybernetik und Informationsprozesse

Theoria cum praxi



ZKI-Hauptgebäude Berlin, Kurstraße 33 (Foto des Autors)

1 Einleitung

Die Ursprünge der Kybernetik gehen zurück auf die Untersuchung von Gemeinsamkeiten der Organisation lebender Organismen einerseits und der Steuerung und Regelung technischer Systeme andererseits. Darunter standen besonders im Fokus die Parallelen zwischen Gehirn und Computer. Sie wurden durch Norbert Wiener und andere Mitte der 1940er Jahre herausgearbeitet und in das Zentrum der neuen Wissenschaftsdisziplin gestellt. Von der Analogie des technischen Rückkopplungsmechanismus mit der Wechselwirkung von Sinneseindrücken und Aktionen lebender Wesen bis zum Verstehen der grundlegenden Informationsverarbeitungsprozesse im Gehirn oder bis zur Erforschung von Rückkopplungs- und Steuerungsmechanismen in sozialen, ökonomischen, biologischen u. a. Systemen sowie den grundlegenden Prinzipien der Selbstorganisation hat die Kybernetik in einer historisch kurzen Zeitspanne einen außerordentlich erfolgreichen Weg zurückgelegt, dessen Ergebnisse fast alle menschlichen Tätigkeitsbereiche beeinflussen.

2 Gründung und Orientierung des ZKI

In der DDR ging der Gründung eines Institutes für Kybernetik an der Akademie der Wissenschaften (AdW) eine jahrelange Vorbereitungsphase mit zum Teil zähem Ringen um Inhalt und Verständnis, Rolle und weltanschauliche Einordnung der Kybernetik als Wissenschaft voraus. Durchgesetzt hatte sich am Ende (mit einigen späteren Rückfällen) die Erkenntnis der praktischen Bedeutung der Kybernetik. So wurde auf Beschluss des Ministerrates der DDR 1969 das *Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse* der AdW mit der recht allgemeinen, aber auf praktische Ergebnisse gerichteten Zielstellung gegründet, Forschungen auf dem Gebiet der Kybernetik und Informatik von der Erarbeitung theoretischer Grundlagen über die Erstellung von Prototypen bis zur Unterstützung des Überleitungsprozesses in die jeweiligen Anwendungsbereiche durchzuführen. Die praktische Anwendung grundlegender Forschungsergebnisse war von Anfang an in hohem Maße an die Einbeziehung vorhandener oder Mitgestaltung geeigneter Implementierungsmittel gebunden. Gründungsdirektor des Institutes war Horst Völz, der 1977 durch Volker Kempe abgelöst wurde.

Es war schwierig, geeignete Startpotentiale für die Gründung eines Institutes für Kybernetik zu finden. So wurde das Dresdener *Institut für Regelungs- und Steuerungstechnik* der AdW (ca. 80 Mitarbeiter), eine der Tradition von Heinrich Kindler verpflichtete und mit dem Wissenschaftsgeschehen der Technischen Universität Dresden eng verbundene Forschungseinheit auf dem Gebiet der Steuerungs- und Regelungstechnik, sowie die *Arbeitsgruppe Magnetische Signalspeicherung* von Horst Völz (ca. 30 Mitarbeiter) mit ausgeprägtem physikalisch-technischem Profil dem Institut zugeordnet. Beides waren erfolgreiche Einrichtungen, jedoch mit beachtlichen Potentialanteilen ohne klaren Bezug zur Kybernetik. Neu geplant mit etwa 30 Planstellen war ein der Gründungsintention entsprechender Bereich *Grundlagen der Kybernetik*. Unter Leitung bzw. späterer Mentorschaft von Fried-

hardt Klix, der neben Georg Klaus wohl wichtigste Wegbereiter der Forschungen auf diesem Gebiet, bearbeitete der Bereich in enger Verflechtung mit kognitionspsychologischen Ansätzen Fragestellungen der Künstlichen Intelligenz. Entsprechend dieser Intention war von Anfang an eine Forschungsgruppe Kognitionspsychologie in den Bereich integriert.

Zum Startpotential des Institutes gehörten weiterhin fünf Wissenschaftler der aufgelösten kleinen Jenaer Abteilung für Mathematische Kybernetik des AdW-Institutes für Angewandte Mathematik und Mechanik. Darunter auch ein Experte für Simulationsverfahren, der den Kristallisationskern der Forschungen zur Systemanalyse und Simulation bildete (Dr. K. Bellmann).

Dieses Konglomerat im Sinne eines durch Zusammenhörigkeitsgefühl und Teamgeist geprägten Institutes zu formen erwies sich nicht überall als einfach. Der feine Riß zwischen den Institutsteilen Berlin mit Sitz der übergeordneten Gesamtleitung einerseits und andererseits dem Institutsteil Dresden mit seiner Erfolgsvita und dem daraus abgeleiteten Selbstbewusstsein ließ sich auch in jahrzehntelagem gemeinsamen Zusammenwirken nie vollständig kitten.

Die Gründungsstruktur des ZKI wurde im Wesentlichen bis Mitte der 1970er Jahre beibehalten. Trotz erfolgreicher Arbeiten auf den jeweiligen Forschungsgebieten blieb jedoch die der Gründungssituation inhärente mangelnde wechselseitige Befruchtung der einzelnen Forschungsschwerpunkte und die Enge des Forschungsprofils weitgehend erhalten, was zu deutlicher Kritik an der unzureichenden Ausstrahlung des Institutes führte. Dringend notwendig geworden war die weitere Ausformung und Verbreiterung des Forschungsprofils mit Wirksamkeit auf relevante Anwendungsbereiche. Automatisierung und Optimierung von Analyse-, Entwurfs-, Steuerungs- und Entscheidungsprozessen in Wirtschaft und Verwaltung standen auf der Tagungsordnung. Interaktive rechnergestützte Informationsverarbeitungssysteme auf der Grundlage leistungsfähiger, erweiterbarer Wissensmodelle und intelligenter Verarbeitungsverfahren rückten in den Mittelpunkt. Neue Schwerpunkte wie Bildverarbeitung, spezielle Rechnerarchitekturen, Roboterforschung, Entwurfs- und Fertigungsautomatisierung wurden schrittweise aufgebaut sowie eine inhaltliche und potentialmäßige Erweiterung einiger der bestehenden Schwerpunkte vorgenommen. Von 1977 bis 1989 verdreifachte sich dabei der Mitarbeiterstand des Institutes. Am 31. 12. 1989 waren von den ehemals 633 Mitarbeitern des ZKI 140 Personen promoviert, 21 habilitiert und 21 Professoren.

Die enge Verzahnung der ZKI-Forschungen mit prototypischen Anwendungen zog eine kaum zu bewältigende Fülle von Anforderungen aus vielen Bereichen der Wirtschaft und Wissenschaft nach sich. Besonders in den 1980er Jahren verlagerte sich die naturwissenschaftliche Forschung der AdW und insbesondere des ZKI immer stärker auf eine Forschungsk Kooperation mit den Industriekombinaten. Grundlagenprobleme wurden mitunter erst in der industriellen Praxis sichtbar und mussten gelöst werden. Basierend auf dieser engen Zusammenarbeit leistete die ZKI-Forschung Beiträge zur weiteren Entwicklung von Kombinat oder Industriezweigen meist in Form von Studien und gemeinsamen Konzeptionen. Eine beachtliche Rolle zur Orientierung am internationalen Niveau der Forschung

und ihrer Anwendung spielte dabei die Teilnahme am internationalen Wissensaustausch. Das ZKI verfügte trotz aller Beschränkungen über einen prozentual sehr hohen Anteil von sogenannten Auslandsreisekadern für das NSW (nichtsozialistisches Wirtschaftsgebiet) und damit über einen Zugang zu den wichtigsten internationalen Konferenzen und Kontakten.

Die vielfältigen Forderungen der Praxis nach wissenschaftlichem Vorlauf auf internationalem Niveau führte zu hoher Motivation und Leistungsdruck der Wissenschaftler. Leistung wurde konsequent gefördert. In Einzelfällen ließen sich dabei Personalprobleme z. B. bei der Besetzung von Leitungspositionen nicht ganz ohne Verstimmungen lösen.

Die erfolgreiche Arbeit des ZKI fand zunehmend in der Finanzierung des Institutes ihren Ausdruck. Der Umfang vertraglich gebundener Leistungen sowie Einnahmen aus dem Verkauf von Forschungsergebnissen in das In- und Ausland nahm stark zu und erreichte z. B. in den Jahren 1986-87 etwa 80% des Haushaltsvolumens. 1987 wurden z. B. 28 Staatsplanthemen bearbeitet. Eine beachtliche Anzahl der Forschungsergebnisse fand hohe Anerkennung in Form staatlicher Auszeichnungen. Es war jedoch oft nicht einfach, die auf grundlegende Vorlaufergebnisse gerichteten Arbeiten mit den sich infolge der großen Vielfalt in den Kombinat zu bewältigenden Entwicklungsvorhaben, die außerdem durch staatliche Vorgaben oft Prioritätsschwankungen unterworfen waren, in Übereinstimmung zu bringen.

Die Forschungen und Überleitungsarbeiten des ZKI waren überwiegend an die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Hardwareplattformen gebunden. In Anbetracht des schmerzlichen Rückstandes der DDR auf den Gebieten der Rechen- und Nachrichtentechnik und ihrer Basis, der Mikroelektronik, musste deshalb beachtliche Aufmerksamkeit auf die Bereitstellung sowie Eigen- oder Mitentwicklung dieser Mittel – oft einschließlich ihrer industriellen Überführung – gerichtet werden.

Eine wichtige Rolle bei der Aufnahme neuer Forschungsschwerpunkte spielte auch die Gewinnung von Wissenschaftlern, was auf Grund der knappen Personalressourcen der Industrie und des Hoch- und Fachschulwesens nicht einfach war. Das erhebliche Interesse hochqualifizierter, industrie-erprobter Wissenschaftler an einer Forschungstätigkeit im ZKI, in deren Rahmen sie grundsätzlicheren Ideen und Ansätzen nachgehen konnten, war jedoch eine wesentliche Quelle für die Personalerweiterung des Institutes.

Die Anfangsphase des ZKI war begleitet von notorischer Raumnot. Ursprünglich untergebracht in schwer erkämpften Baracken (Dr. F. Scholz), wurde dem Institut 1980 auf Grund seiner erfolgreichen Entwicklung der letzten Jahre von der Akademieleitung ein brandneues Gebäude in zentraler Toplage Berlins zugewiesen. Ein Großteil der Berliner Mitarbeiter konnte hier seine Forschungsarbeit unter guten Arbeitsbedingungen fortsetzen.

3 Die Entwicklung des ZKI

Im Folgenden soll ein kurzer, bei weitem nicht vollständiger Abriss der Entwicklung des Institutes bis zur Wiedervereinigung gegeben werden. Er basiert im Wesentlichen auf den Erinnerungen und Aufzeichnungen des Autors und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Mängelfreiheit. Auf Literaturangaben wird mit dem Hinweis auf ein im Internet veröffentlichtes (selektives) Publikationsverzeichnis¹ verzichtet. Eine ausführlichere Literaturzusammenstellung übersteigt in Anbetracht ihrer Größe die Möglichkeiten des Autors.

Bewusst wurde eine Wertung der Beiträge einzelner Mitarbeiter, ihres herausragenden Engagements und ihrer wissenschaftlichen Beiträge, die erst den Erfolg des Institutes ermöglichten, ausgeklammert. Sie wäre sicherlich über 30 Jahre nach der Abwicklung des Institutes durch zu viel Subjektivität der persönlichen Erinnerungen beeinflusst worden. Zu den einzelnen Forschungsschwerpunkten werden nur punktuelle Personalangaben zu leitenden oder besonders exponierten Wissenschaftlern gemacht. Mehrfachnennungen waren infolge der Dynamik institutsinterner Strukturanpassungen unvermeidlich.

3.1 Regelungs- und Steuerungstechnik

(Prof. J. Zander, Prof. D. Eckhardt, Prof. K-H. Diener, Dr. H. Giebler)

Nach der Gründung des Institutes führte der Dresdner Institutsteil für Regelungs- und Steuerungstechnik zunächst seine Forschungsarbeiten im Wesentlichen mit unverändertem Aufgabenprofil weiter. Der Bereich *Schaltssysteme* (Prof. J. Zander) konzentrierte sich auf den Entwurf sowie die Optimierung industrieller Steuerungen und entwickelte u. a. im Zusammenwirken mit dem Institut für Elektroanlagen ein umfassendes Programmsystem zum Entwurf digitaler Steuerungen (RENDIS), das erfolgreich eingesetzt und ab Ende der 1970er Jahre auch für den Schaltkreisentwurf ausgebaut wurde. International beachtete theoretische Ergebnisse zur Automatentheorie flossen in diese Arbeiten ein. Ende der 1970er Jahre konzentrierten sich die Forschungsarbeiten zunehmend auf Methoden und Programme für den Entwurf von Mikrorechnern und digitalen Schaltkreisen (siehe unten im Abschnitt 3.7 *Schaltkreisentwurf*).

Der Bereich *Regelungssysteme* (Prof. Hans-Helmut Wilfert) forschte auf den Gebieten der Identifikation von Regelungssystemen unter dem Einfluss stochastischer Störungen, zur Modellierung und Regelung von Mehrgrößensystemen und zu Systemen mit verteilten Parametern. Weitere Arbeiten betrafen die Entwicklung von Mehrgrößenregelungen sowie den rechnergestützten Reglerentwurf (Dr. E. Oberst, Dr. P. Hummitzsch). Beiträge zur Gestaltung von Steuerungssystemen der Automatisierungskombinate fanden Eingang in die industrielle Praxis.

Diese Arbeiten wurden seit etwa Mitte der 1970er Jahre geprägt durch die Entwicklung von Verfahren zur operativen Lenkung großer hierarchischer gekoppelter Systeme. Im

¹ Siehe <http://www.adw-zki.de/>

Zentrum stand die Steuerung von Energieverbundsystemen wie Gashochdrucknetzen und Elektroenergienetzen. Bei Letzteren ging es z. B. um Fragen der operativen Kraftwerks-Einsatzplanung, der Spannungs-Blindleistungsregelung und der Zuverlässigkeit. Diese Probleme schlossen die Lastbedarfprädikation, die Identifikation des Leistungsfolgeverhaltens von Kraftwerken und die Steuerung des Verbundsystems als hierarchisches System (Netzgestaltung) bis hin zur Einzelregelung von Gasturbinen ein. Auftraggeber, Partner und Anwender war die Staatliche Hauptlastverteilung der DDR.

Prototypische Anwendungen zur Entwicklung komplizierter Regelungen wie z. B. für die Steuerung und Regelung der erwähnten Gasturbinen (Anfahren und Überführung in den Synchronbetrieb) sowie für Offset-Druckmaschinen wurden erarbeitet und in die Praxis überführt.

Die im Institutsteil Dresden durchgeführten erfolgreichen Entwicklungen druckluftbetriebener pneumatischer (fluidischer) Steuerungssysteme (Dr. A. Schwarz) schlossen an die Schaffung des hoch dekorierten und erfolgreich eingesetzten DRELOBA-Steuerungssystems aus den 1960er Jahren an (Prof. H. Töpfer u. a.). Ihre Anwendungsperspektive für den Breitereinsatz in industriellen Steuerungen nahm jedoch schon in den 1970er Jahren durch die schnell vordringende Mikroelektronik deutlich ab, während ihre Bedeutung z. B. für strahlungsrobuste Steuerungsanwendungen und Sensorentwicklungen zunahm, so dass Anfang der 1980er Jahre die Überleitung der Forschungsgruppe in das Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf erfolgte.

3.2 Künstliche Intelligenz – KI

(Prof. H. Sydow, Prof. F. Wysotzki, Dr. D. Koch)

Schwerpunkte des 1969 neu gegründeten Bereiches *Künstliche Intelligenz* (ursprünglich *Grundlagen der Kybernetik*) des ZKI waren

- Experten- und Konsultationssysteme
- Erkennungs- und Klassifizierungssysteme
- Methoden zum Erwerb und zur Repräsentation von Wissen, zu Lern- und Problemlösungsprozessen
- Analyse und Modellierung von Prinzipien der wissensbasierten Informationsverarbeitung des Menschen (Kognitionspsychologie – Prof. F. Klix, Prof. J. Hofmann, Dr. W. Krause)

So wurde schon in den frühen 1970er Jahren ein Frage-Antwortsystem (FAS) zur Unterstützung medizinischer Diagnoseprozesse auf der Basis von Röntgenaufnahmen entwickelt und eingesetzt. Lernfähigkeit wurde dann in einem komplexen Klassifizierungssystem implementiert (S. Unger, F. Wysotzki). Sie basierte auf lernfähigen, stückweise linearen Trennebenen-Verfahren von Objektmerkmalen. Das System wurde für die Klassifizierung von röntgenologisch erfassten Herzkonturen, für Lungenröntgenauswertungen,

für die Wirksamkeitsprognose von Antiepileptika, für die Differentialdiagnose von Hörstürzen (Charité) und andere Anwendungen entwickelt und an Kooperationspartner verkauft bzw. übergeben.

Für Experten- und Frage-Antwort-Systeme einschließlich Datenbankabfragen spielte die Möglichkeit des Umgangs in natürlicher Sprache (Natural Language Interface) eine große Rolle. Für das im Zusammenwirken mit dem Kombinat Robotron und Hochschulpartnern entwickelte Frage-Antwort-System *FAS85* zur Abfrage von relationalen Datenbanken wurden entsprechende Beiträge geleistet, wobei auch neue induktive Inferenzmechanismen zur Anwendung kamen. In den 1980er Jahren wurden FAS-ähnliche Interfacesysteme zu relationalen Datenbanken wie das System *Chemdata* entwickelt. Es erlaubte die Anpassung an die Nutzerbedürfnisse zum schnellen Aufbau einer Wissensbasis.

Leistungsfähige Algorithmen zur Klassifikation von Fingerabdrücken wurden für ein zum Routineeinsatz geeignetes daktyloskopisches System entwickelt (Prof. S. Unger, Prof. K. Fritzsche). Die im Zusammenwirken mit dem Auftraggeber durchgeführte Hardwareentwicklung zielte neben der speziellen Aufnahmetechnik auf spezialisierte Gerätetechnik einschließlich Spezialprozessor ab, um die großen Datenmengen bei der Erfassung und Routinevergleichen zu bewältigen. Infolge des 1990 eingetretenen Wegfalls des Bedarfs wurde das Gesamtsystem leider nicht mehr abgeschlossen, die Arbeiten wurden jedoch in anderem Umfeld weitergeführt.

Aus der Entwicklung von Expertensystemen sticht die Schaffung eines *Systems zur Proteinsynthese* heraus. Es handelt sich dabei um ein geometrisches Moleküldesign, bei dem eine Nukleinsäuresequenz in ein gefaltetes Molekül der Aminosäuresequenz (Protein) umgesetzt wird. Erweiterungen zielten auf einen metrisch-geometrischen freien Entwurf. Dieses geschlossene CAD-System wurde in den späten 1980er Jahren sowohl im ZIM der AdW als auch in der Charité Berlin genutzt.

Weitere Forschungen betrafen die Entwicklung eines Experten-Rahmensystems, das für Entwurf und Synthese dedizierter Anwendungsprobleme verwendet werden konnte. Es wurde z. B. spezifiziert für die Synthese von Computer Vision Programmen (*Xforce*).

Anfang der 1980er Jahre wurden im Hinblick auf arbeitsplatznahe KI-Forschungen auf in der DDR verfügbarer Hard- und Software die *Arbeiten zur Entwicklung sowie Adaptierung von KI-Werkzeugen* mit dem Ziel einer breiten Verfügbarmachung verstärkt (Dr. D. Koch). So wurde neben den grundlagenorientierten Forschungen zur funktionellen Erweiterung der logischen Programmiersprache PROLOG (Dr. U. Geske) ein Interpreter und Compiler für die KI-Programmiersprache LISP (Dr. D. Koch) entwickelt, der auf den vor der Einführung stehenden 32-Bit-Kleinrechner-Architekturen eingesetzt werden sollte. Spezielle KI-Hardwareunterstützung wie z. B. die Entwicklung eines LISP-Prozessors wurden im Bereich Rechnerarchitektur des ZKI durchgeführt (Dr. G. Kinnemann).

Die *kognitionspsychologischen Forschungen* zur Analyse und Modellierung von Prinzipien der wissensbasierten Informationsverarbeitung des Menschen wie Wissenserwerb, induktives Lernen und analoges Schließen, Wissensrepräsentation, Problemlösen, Handlungssteuerung u. a. und ihrer Abbildung auf Beschreibungsmittel der Künstlichen Intelligenz,

die bei der Institutsgründung als wesentliche Quelle kybernetischer und informationstheoretischer Prinzipien der KI betrachtet wurden, wurden kontinuierlich bis zur Auflösung des ZKI weitergeführt (Prof. F. Klix, Dr. W. Krause, Dr. U. Grosser). Im Zentrum standen konkrete Möglichkeiten in Form umsetzbarer mathematisch-logischer Modelle. Die auf nationalen und internationalen Konferenzen präsentierten Ergebnisse fanden beachtliche Anerkennung. Die ursprünglich in der AdW anvisierte Idee der Gründung eines Institutes für (kognitive) Psychologie kam jedoch nicht mehr zum Tragen.

3.3 Systemanalyse

(Prof. A. Sydow, Dr. R. Straubel, Dr. P. Rudolph)

Systemanalyse und Simulation nehmen bei der Beherrschung großer und komplexer Systeme eine zentrale Stellung ein. Deren Steuerung und Regelung erfordert eine genaue Kenntnis des Systemverhaltens in Form von Modellen. Diese muss mangels geschlossener Darstellungsmöglichkeiten in der Regel in Form von Simulationsprogrammen zur Ableitung von Steuerungssignalen für eine multikriterielle Optimierung des Systemverhaltens gewonnen werden.

Im ZKI wurde 1980 nach anfänglichen Arbeiten an Simulationswerkzeugen für ökologische Systeme (Pflanzenzüchtung Dr. K. Bellmann) und Aufgaben der Planung und Optimierung von Verkehrssystemen (u. a. Steuerung von Verkehrsströmen durch Optimierung auf Graphen) der Bereich *Systemanalyse und Simulation* gegründet. Die Zielstellung umfasste die Entwicklung von Entscheidungsmodellen für die Steuerung komplexer Systeme in der Volkswirtschaft. Im Vordergrund standen Ökologie in Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, ökonomische Entscheidungsmodelle (u. a. für Anwendungen in der Staatlichen Plankommission) sowie Verkehrsplanung und -steuerung. Das für die verschiedensten Anwendungen in ökologischen Systemen entwickelte Simulationssystem (*SONCHES* – Simulation Of Non-linear Complex Hierarchical Ecological Systems) spielte dabei eine zentrale Rolle.

SONCHES wurde für den interaktiven Rechnerbetrieb entwickelt (Dr. E. Matthäus). Es beruhte auf einer neu geschaffenen Modelldeschreibungssprache, die sich auf ökologisch interpretierte Prozesse in Form von Differential- und Rekursionsgleichungen stützte. Vorgefertigte Module für Land-, Forst- und Wasserwirtschaft und Pharmakokinetik unterstützten den Modellaufbau. Der Einsatz des Programmsystems erfolgte z. B. für die optimale Bewässerung und den Düngemiteleinsetz in der Landwirtschaft sowie von entsprechend erweiterten Varianten im Umweltschutz und anderen Bereichen unter dem Aspekt verschiedener Entscheidungskriterien sowie unterschiedlicher Domänen mit z. T. nichtlinearem Verhalten. Für die Beherrschung nichtlinearer dynamischer Systeme unter dem Einfluss stochastischer Störungen sowie Ungenauigkeiten mussten erhebliche Erweiterungen der Simulationssysteme unter Nutzung heuristischer Methoden erarbeitet werden, die u. a. am Beispiel von Schadstoffausbreitung und ihrer Wirkung in Fließgewässern erprobt wurden.

Leistungsfähigkeit, Einsatzbreite und Kundennähe des Ende der 1980er Jahre entwickelten SONCHES-Nachfolgesystems *REH* mit Orientierung auf Entscheidungsunterstützungs-

prozesse waren deutlich erweitert worden. Die wesentlichen Merkmale waren ergänzende Rangfolgeoptimierungsverfahren, ein Managementsystem für die Nutzung vorhandener Modelle und Datenbanken, Mittel der Modellreduktion und qualitativen Analyse, verbesserte Suchprozesse sowie durchgängige Visualisierung. REH wurde in der Wasserwirtschaft erprobt, für die multikriterielle Havariesteuerung vorbereitet und u. a. vom internationalen IIASA-Institut in Laxenburg (Österreich) gekauft und für die *Acid Rain Entscheidungsmodellierung* eingesetzt.

Internationalen Anklang fanden die Forschungen zur Systemanalyse und Simulation nicht zuletzt durch die Herausgeberschaft der Zeitschrift *Systems Analysis, Modelling, Simulation* und die vom ZKI ausgerichteten internationalen Konferenzen *System Analysis and Simulation*.

3.4 Magnetische Signalpeicherung

(Prof. H. Völz, Dipl.-Ing. A. Säckl)

Obwohl thematischer Fremdkörper im Profil eines Kybernetikinstitutes wurden die Arbeiten zur magnetischen Signalspeicherung auf Grund ihres hohen Niveaus und ihrer damaligen Bedeutung für Anwendungen in Nachrichten- und Rechentechnik weitergeführt und ausgebaut (Prof. H. Völz). Die Forschungen betrafen grundsätzliche Probleme der hochdichten magnetischen Speicherung unter Nutzung vakuumbedampfter Metalldünnschichtbänder (Dr. Siakkou u. a.) sowie vielfältige Unterstützungsleistungen zur Analyse und Technologieentwicklung magnetischer Speicherstrukturen, zur Konzipierung neuer Speichersysteme wie Minifloppy, zur Entwicklung von Schreib- und Leseköpfen, zur speichergerechten Signalkodierung (Dr. Blüschke) etc.

Anfang der 1970er Jahre wurden Arbeiten zur Entwicklung robuster, kleinseriengefertigter Magnetbandspeicher für den Einsatz im Bord- und Bodenkomplex des Einheitlichen Telemetriensystems (*ETMS*) des INTERKOSMOS-Programms und für weitere Bordmissionen durchgeführt (Dr. G. Weide u. a.). Nutzungspräferenzen aus dieser Entwicklung betrafen anfangs die Rechentechnik und später Streaming-Anwendungen. Eine Produktionsüberführung der ZKI-Geräteentwicklung konnte jedoch nicht erreicht werden.

Der erste Satelliteneinsatz des *Kleindigitalmagnetspeichers R1* mit (heute belächelten) 12,5 MByte Speicherkapazität fand 1976 statt. Der R1-Speicher wies für die damalige Zeit jedoch auch im internationalen Vergleich hervorragende Einsatzparameter auf.

In den 1980er Jahren stand die Erhöhung der Speicherdichte und die Weiterentwicklung des Bandlaufwerkes (Dr. R. Glöß) in Richtung Endloswickelkassette (Ing. W. Neumann) sowie ab 1982 die äußerst anspruchsvolle Konzipierung und Erprobung eines hochzuverlässigen und gehärteten Tiefraumspeichers mit 200 Mbyte Kapazität und bislang auf Satelliten-Magnetbandspeichern nicht erreichter hoher Speicherdichte (634 bit/Spur-mm) für eine gemeinsame Interkosmos-Mars-Phobos-Mission im Vordergrund. Mit einigen Zeitverzögerungen wurde diese im Jahre 1988 erfolgreich abgeschlossen.

Die Bedeutung der auf die Geräteentwicklungen orientierten Arbeiten nahm in den 1990er Jahren infolge der wachsenden Überlegenheit optischer sowie mikroelektronischer Speichermodule jedoch deutlich ab.

3.5 Bildverarbeitung

(Prof. W. Wilhelmi, Prof. W. Osten)

1977 wurde begonnen, den Forschungsschwerpunkt *Digitale Bildverarbeitung* aufzubauen (Prof. W. Wilhelmi, Prof. B. Rebel). Bildverarbeitungssysteme als Informationsquelle spielten eine wichtige Rolle bei der Steuerung technischer Systeme und in stark wachsendem Maße in menschlichen Informationsverarbeitungsprozessen. Die Forderung nach interaktiven Systemen der Bildverarbeitung war zu dieser Zeit besonders in der Medizin, der Elektronenmikroskopie, der Astronomie und der Fernerkundung der Erde sichtbar geworden. Die Einbeziehung der Bildverarbeitung in Entwurfs- und Fertigungsprozesse insbesondere in der Qualitätskontrolle stand vor der Tür. Real-Time-Anwendungen der Bildverarbeitung (leider nicht nur für zivile Zwecke) zeichneten sich ab.

Typisch für moderne Bildverarbeitungssysteme sind einerseits intelligente Verfahren der Merkmalsextraktion, der Mustererkennung, der Objektklassifikation, der Bildgenerierung sowie eine Vielzahl anwendungsspezifischer Verfahren und andererseits contentunabhängige Implementierungsverfahren für herausgearbeitete allgemeingültige Prozeduren.

Abgeleitet aus Anforderungen der interaktiven Verarbeitung von Satelliten-Fernerkundungsdaten aus dem INTERKOSMOS-Programm entstand das Konzept eines Bildverarbeitungssystems für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen, dessen Leistungsfähigkeit u. a. durch eine geeignete Systemarchitektur, ausgeklügelte Speicherorganisation mit Permutationsnetzwerk (Prof. M. Gössel) und entsprechende Spezialprozessoren z. B. für die rechenintensive Bildvorverarbeitung (insbesondere schnelle Adressberechnung) sowie ein umfangreiches Softwarepaket geprägt wurde. Produktions- und Entwicklungspartner des entstandenen Bildverarbeitungssystems *BVS Robotron A 6470* (BVS A 6471-6473) war das Kombinat Robotron, das u. a. die Standardkomponenten der Kleinrechnerkonfiguration zur Verfügung stellte und die nicht einfache (mitunter zögerliche und dem ZKI viel Zusatzaufwand abfordernde) Produktionsüberführung unterstützte. Ab 1982 übernahm das Kombinat die Serienfertigung dieser erstmalig in hohen Stückzahlen exportrelevanten Klasse spezialisierter Rechentechnik.

Die Leistungsfähigkeit des Systems mit einer Peak-Performance von 300 Mio. Pixel-Operationen pro Sekunde in Verbindung mit der Bereitstellung nutzerfreundlicher Programmierwerkzeuge und Bedienerschnittstellen entsprach damaligem Spitzenniveau und stellte die Basis für die Entwicklung moderner Bildverarbeitungsverfahren für die verschiedensten Anwendungen dar. Die komfortable Entwicklungsumgebung des BVS A 6470 beinhaltete das vom ZKI im Zusammenwirken mit verschiedenen Akademieinstituten der DDR und der Sowjetunion sowie weiteren Partnern entwickelte umfangreiche und kommerziell vertriebene Programmpaket *IPU* (Image Processing Utility) mit etwa 120 Basisfunktionen.

Die mit diesem System entwickelten Anwendungslösungen – viele von ihnen in engem Zusammenwirken mit dem Wissenspool der Künstlichen Intelligenz – sowie die theoretischen Ergebnisse zur parallelen Bildverarbeitung fanden viel Anerkennung, die auch auf den vom ZKI organisierten internationalen Konferenzen CAIP, Parcella und Fringe zum Ausdruck kam. Sie bestätigten in der Praxis, dass – ganz im Sinne des Leitmotivs der AdW *Theoria cum Praxi* – die systematische Verknüpfung von methodischen Grundlagenarbeiten und entwicklungsorientierten Projektarbeiten durchaus zu einer Befruchtung der Grundlagenforschung führen kann. Voraussetzung ist, dass praxisrelevante Fragen, wie Zugriffsmethoden zu parallelen Speicherstrukturen, Algorithmen-Transfer auf parallele Rechnerstrukturen, Strukturanalyse von Rasterbildern, Merkmalsextraktion oder Sicherung der Fehler-toleranz unter dem Gesichtspunkt ihrer Verallgemeinerungsfähigkeit identifiziert, vertieft und allgemeingültig gelöst werden.

Eine wichtige Unterstützung bei der Entwicklung einer Vielzahl anwendungsspezifischer Systeme und Verfahren der visuellen Inspektion stellte das in Zusammenwirken mit dem VEB Studioteknik Berlin konzipierte und für visuelle Inspektionsaufgaben zugeschnittene *Bildererkennungssystem BES* auf Mikrorechnerbasis dar. Es wurde 1986 in die Produktion überführt. Die Ergebnisse waren Basis weiterer Entwicklungen für Industrieroboter und andere prozessnahe Inspektions- und Steuerungsaufgaben.

Zu den im ZKI entwickelten Anwendungslösungen der Bildverarbeitung gehörten u. a. das unter Lizenz verkaufte Verfahren der holographischen Reifenprüfung und Programme zur automatisierten Auswertung von holographischen und Speckle-Interferogrammen für verschiedene Anwendungen in der Qualitätskontrolle (Prof. W. Osten), weiterhin Verfahren zur Selektion von bewegten Objekten in Filmen (u. a. in der Bewegungsanalyse von Sportlern), die Analyse kartographischer Objekte, die Schneidkantenkontrolle im Werkzeugmaschinenbau, die Texturanalyse in der Textilindustrie, Korrelation von Wetterbildern in der Meteorologie, Bildererkennung für assistiertes Fahren u. a. Für die maschinelle Erfassung technischer Zeichnungen und ihre Analyse wurde ein eigenentwickelter Prozessor verwendet.

Der Mitte der 1980er Jahre notwendig gewordenen Weiterentwicklung des Bildverarbeitungssystems im Hinblick auf Arbeitsplatznähe, Kosten und Leistung wurde durch die Entwicklung von 16-Bit-Mikrorechner- bzw. -PC-basierten Systemen mit integrierten oder als externer Zweitrechner konfigurierbaren Spezialmodulen wie Videoprozessor (Pipeline-Modul), Bildspeicher, Bildgenerierungsmodul etc. Rechnung getragen (Prof. K. Fritsch u. a.). Ein entwickelter hochintegrierter *Bildverarbeitungs-Spezialprozessorschaltkreis* ermöglichte die direkte Integration von Rasterbild-verarbeitungsspezifischen Funktionen in ein PC-System. Dieser Prozessor war übrigens der größte in der DDR hergestellte VLSI-Schaltkreis (knapp 200 000 Transistoren) und wurde unter Nutzung eines vom ZKI mitentwickelten Standardzellen-Entwurfssystems realisiert (G. Kutschke u.a.). Er war Bestandteil des Schaltkreissortimentes des geplanten Bildverarbeitungssystems der nächsten Generation.

Am Rand vermerkt sei die bemerkenswert breite Ausstrahlung des im Rahmen der Entwicklungsarbeiten geschaffenen, interaktiven *Leiterplattenentwurfssystems* (Dr. J. Rienäcker), das von einer Vielzahl von Betrieben übernommen wurde, oft nach Modifizierungs-, Anpassungs- oder gemeinsamen Weiterentwicklungsarbeiten.

Die Bildverarbeitung des ZKI spielte auch bei der Gestaltung der Beziehungen zu vielen Forschungseinrichtungen des RGW eine bedeutende Rolle. Obwohl die Zusammenarbeit der RGW-Länder auf dem Gebiet der Rechentechnik insbesondere infolge der in der Sowjetunion streng gehandhabten Trennung militärisch relevanter Entwicklungen von zivilen Unternehmungen und dem daraus resultierenden massiven Effektivitätsverlust für die Wirtschaft einer der Schwachpunkte technischer Zusammenarbeit war, beteiligte sich das ZKI am zwischenstaatlichen Programm des RGW zur Entwicklung neuer Generationen von Rechnersystemen durch Leitung des Komplexthemas *Bildverarbeitung und Computergrafik* und pflegte eine enge Zusammenarbeit mit führenden wissenschaftlichen Einrichtungen des RGW. Das Ende der 1980er Jahre von der Sowjetunion initiierte Großprojekt zur Schaffung eines gemeinsamen Entwicklungszentrums *INTER-EWM* wurde von den DDR-Einrichtungen jedoch sehr zurückhaltend behandelt.

Insgesamt nahm der Komplex der rechnergestützten Bildverarbeitung eine zentrale Rolle im Forschungsprofil des ZKI ein und trug zur methodischen Weiterentwicklung des Fachgebietes sowie zu einer Vielzahl von erfolgreichen Einsatzfällen in der Forschung und in der industriellen Praxis bei.

3.6 Rechnerarchitektur

(Dr. G. Kinnemann, Prof. W. Wilhelmi)

Die Forschungen zu bildverarbeitungsspezifischen Architekturen wurden etwa 1988 mit den hardwareorientierten Untersuchungen zur Schaffung eines LISP-Prozessors aus dem Bereich KI in einer eigenständigen Abteilung *Rechnerarchitektur* (Dr. G. Kinnemann) zusammengeführt. Ansätze für einen LISP-Compiler mit minimalem Speicherbedarf des Laufzeitsystems sowie für ein Implementierungssystem von LISP für unterschiedliche Hardware und Betriebssysteme wurden verfolgt. Aus der Bildverarbeitung stammend wurden die Forschungen zu Fehlertoleranz und Selbsttests weiter vertieft, die Entwicklung eines Multiprozessorsystems mit einem synchron speichergekoppelten Spezialprozessoring begonnen und die Arbeiten zum Architekturentwurf von Rechnersystemen in Angriff genommen.

In den letzten Jahren wirkten ZKI-Spezialisten im Auftrag des Kombines Robotron an Architekturkonzepten sowie Entwurfswerkzeugen (wie der Implementierung von Entwurfsprachen) für die Weiterentwicklung leistungsfähiger Leitrechentechnik mit.

Die Arbeiten zur Rechnerarchitektur waren auch wesentliche Grundlage für die o.a. Mitwirkung des ZKI am Programm des RGW zur Entwicklung neuer Generationen von Rechnersystemen innerhalb des RGW.

Die meisten der anspruchsvollen Vorhabenkomplexe auf dem Gebiet der Rechnerarchitektur konnten bis zur Abwicklung der AdW jedoch nicht mehr zum Abschluss gebracht werden.

3.7 Schaltkreisentwurf

(Prof. J. Zander, Prof. D. Eckhardt, Prof. K.-H. Diener, Prof. W. Albrecht)

Der Schaltkreisentwurf bildet die Brücke zwischen der Anwendung und der Herstellung mikroelektronischer Schaltkreise. In der DDR wurden die mikroelektronischen Fertigungstechnologien durch das ZFTM (Zentrum für Forschung und Technik Mikroelektronik, später ZMD – Zentrum Mikroelektronik Dresden) entwickelt, das auch den überwiegenden Teil des allgemein benötigten Schaltkreisspektrums entwarf. Entwurfsunterstützung (für Rechen-technik, Microcontroller etc.) erfolgte durch Elektrik- und Layoutentwurf sowie in Form von Standardzellen und vorgefertigter Gate Arrays, PLA's einschließlich Entwurfssystem.

Anfang der 1980er Jahre hatten die meisten Kombinate wie Carl Zeiss Jena, Nachrichtentechnik, Robotron, Automatisierungsanlagen u. a. für ihre Bedürfnisse geeignete interaktive Entwurfsmittel geschaffen bzw. importiert. Der international fortschreitende Übergang zur Höchstintegration (VLSI) und zu kommerziell verfügbaren Entwurfssystemen machten Vereinheitlichung der Datencodierung, Integrierbarkeit abgestimmter Programmmodule und umfassende Durchgängigkeit dringend notwendig.

Ein zentrales Problem der Mikroelektronikindustrie der DDR waren Ausbeute und Zuverlässigkeit und damit schon im Entwurfsprozess zu berücksichtigende Verfahren zur Erhöhung der Prüffreundlichkeit, des Selbsttests, der Testsatzgenerierung und der Fehlertoleranz z. B. durch modulare Hardware-Redundanz.

Im ZKI waren die seit Mitte der 1970er Jahre vorwiegend vom Institutsteil Dresden geleisteten Beiträge zum Schaltkreisentwurf der Ausgangspunkt für die Formung des *Forschungskomplexes Schaltkreisentwurf*. Im Mittelpunkt stand die Entwicklung von leistungsfähigen Programmen für den Entwurf digitaler Schaltungen.

So wurde das im ZKI Ende der 1960er Jahre entwickelte universelle Programmiersystem zum rechnergestützten Entwurf digitaler Steuerungen *RENDIS* weiterentwickelt. Mit dem abgeleiteten PLA-Optimierungsprogramm führten ZKI-Mitarbeiter an Robotron-Arbeitsplätzen entsprechende Arbeiten für den Schaltkreissatz des 16-Bit-Mikrorechner-Systems K1700 durch.

Die interaktive Logik- und Steuerteilsynthese von Mikroprogrammen wurde durch ein neu entwickeltes Programm ermöglicht. Umformungsalgorithmen für strukturelle Beschreibungen von Objekten sowie ein Programm für den interaktiven logischen Entwurf von Aufgabenstellungen (*SESAD*) folgten. Sie wurden durch weitere Algorithmen ergänzt und führten zum Programmsystem *MIPRE* für die interaktive Synthese einer integrierbaren Logik ausgehend von der algorithmischen Beschreibung eines Entwurfsproblems. *MIPRE* wurde vielfach eingesetzt und war ab Mitte der 1980er Jahre Bestandteil der breit

genutzten ASIC-Entwurfssysteme des ZMD für Gate-Arrays und Standardzellen (1988: VLSI-Entwürfe bis in den $1,5\ \mu\text{m}$ -Technologiebereich, ca. 300 000 Transistorfunktionen pro Chip).

Die Entwicklung eines interaktiven, VLSI-fähigen Multi-Level-Simulationsprogramms (*KO-SIM*) für Blöcke im Logikniveau (Bit- und Wortbeschreibung) und weitere Blöcke im Elektrik-Niveau wurde 1981 begonnen. Dieses vorbildfreie, auf den Erfahrungen und Vorarbeiten eines aus der Industrie kommenden versierten Wissenschaftlers (Prof. P. Schwarz) beruhende Spitzenprodukt wurde ebenfalls zentraler Bestandteil der Entwurfssysteme des ZMD.

Vom Institut für Mathematik der AdW wurde die erweiterbare, vorbildfreie *Netzbeschreibungssprache NBS 84* als einheitliches Beschreibungsmittel für die Schnittstelle zwischen Nutzer und Entwurfssystem und für die Erzeugung eines rechnerinternen Netzbeschreibungscodes entwickelt – eine Voraussetzung für den Aufbau eines durchgängigen Entwurfssystems.

Beiträge zur Entwurfsunterstützung wurden in der DDR gleichfalls von Universitäten (TU Dresden, Humboldt-Universität Berlin u. a.) erbracht und Anfang der 1980er Jahre mit den Arbeiten der AdW (IMath, IMech, ZKI) zu einer komplexen Überführungsleistung (*KÜL6*) zusammengefasst. Die Anforderungen der Industriepartner wurden hier beraten und Vorgehensweisen u. a. zur Entwicklung der Entwurfstechnik abgestimmt.

Im Rahmen der Vorbereitung eines Staatsauftrages wurden Zielstellungen zur etappenweisen Entwicklung eines durchgängigen Entwurfssystems (*DES*) einschließlich der notwendigen Hardware und Unterstützungsleistungen für Fertigung (Schablonenkontrolle) und Testung erarbeitet. Die Auftraggeberschaft für die Softwareentwicklung und Überführung lag beim ZFTM.

Im 1984 verabschiedeten Staatsauftrag mit insgesamt 19 Themen wurden fünf der AdW zugeordnet, dabei abstimmungsgemäß das die Entwicklung der Oberen Entwurfsebenen betreffende Thema dem ZKI. Es wurde abgesichert durch eine genehmigte Potentialerweiterung des Institutsteils Dresden um 20 Personen und die Zuordnung von sogenannter Leitrechentechnik, die aber infolge von (teilweise skurrilen) Bilanzierungsmängeln im gesamten Staatsauftrag erst mit erheblicher Verspätung zum Tragen kam.

Offensichtlich ausgelöst durch den sehr unbefriedigenden Fortschritt bei der Erfüllung des Staatsauftrages im Bereich Rechentechnik traf der Regierungsbeauftragte für Mikroelektronik K. Nendel 1985 die Entscheidung zur produktionsreifen Entwicklung eines 32-Bit-Kleinrechners (*K1840*) nach Vorbild der international weit verbreiteten *Vax 11/780* der Firma PDP innerhalb von drei Jahren. Die Entscheidung wurde stabsmäßig umgesetzt. Vor allem aus Zeitgründen wurde der Weg eines massiven Reverse Engineering eingeschlagen. Er band einen großen Anteil der zur Verfügung stehenden Potentiale. Intelligente Bildanalysetechniken (z. B. für die Schablonenkontrolle) und ähnliche Unterstützungsleistungen des ZKI wurden dabei ebenfalls genutzt. Wissenschaftler des Institutsteils Dresden wurden in den Nachbau der zur Systemlinie gehörenden μVax (K1820) einbezogen.

Die auf die oberen Entwurfsebenen zielende Entwicklung des hierarchisch strukturierten Entwurfssystems mit Möglichkeiten zur Multi-Level-Arbeit war unter diesen Umständen folgerichtig auf die Nutzung vorhandener Module und ihren Ausbau zu höheren Entwurfsebenen ausgerichtet.

Die Netzbeschreibungssprache *NBS84* und das weiterentwickelte Programmsystem *MI-PRE* sowie das Multi-Level Simulationsprogramm *KOSIM* bildeten die Basis. Für die unteren Entwurfsebenen kam das neuentwickelte Programmsystem *HIRMOS* zur interaktiven Konstruktion eines symbolischen Layouts auf der Basis des freien Blockentwurfs hinzu. Erste Programme zur Fehlersimulation und Testsatzgenerierung folgten. Für die Zusammenführung und Simulation von Funktionsblöcken oberhalb des Block-Logik Niveaus wurden Beschreibungsstandards und Simulationshilfen in Form des Programmsystems *HIRSEB* entwickelt. Ansätze für die Einbeziehung von KI in den Architekturentwurf wurden vorbereitet.

Insgesamt entsprach der etwa 1989 erreichte Stand einer ersten Ausbaustufe eines prototypisch zu erprobenden VLSI-Entwurfssystems. Dringend benötigte Komponenten zur Fehlertoleranz- und Ausbeuteerhöhung waren noch nicht ausgeprägt. Für die Weiterführung waren vor allem Systeme zur engeren Zusammenführung der unteren und oberen Entwurfsebenen vorgesehen. Ein Teil der entwickelten Programmmodule entsprach internationalem Spitzenstand.

Die für die oberen Entwurfsebenen essenzielle Implementierung von etablierten Hardwarebeschreibungssprachen wie VHDL – eine Grundvoraussetzung für den Architekturentwurf – wurden Ende der 1980er Jahre im Bereich *Rechnerarchitektur* des ZKI aufgenommen. Mit der Verfügbarkeit von internationalen Standardsystemen nach der Wende wurden sie jedoch obsolet.

3.8 Roboterforschung

(Prof. N. Ahlbehrend, Prof. H. Fuchs)

Roboter – insbesondere humanoide – sind Verkörperung eines hehren Forschungszieles der Kybernetik. Handlungssteuerungen, Echtzeit-Interaktion mit der Umwelt über Seh-, Tast- und Gleichgewichtssinn, Wissensgewinnung und -repräsentation, strategische und taktische Handlungsplanung, Problemlösungen und Online-Entscheidungsstechniken sind Ingredienzien und damit Forschungsgebiete für ein solches Gebilde. Sie machen den multidisziplinären Charakter des Gebietes deutlich. Die meisten dieser Gebiete wie Steuerungstechnik, verteilte Regelungssysteme, Bildverarbeitung und Künstliche Intelligenz hatten eine Heimstatt im ZKI. Der Zielrahmen wurde allerdings maßgeblich eingeschränkt und geprägt durch Orientierung auf die dringend benötigten intelligenten Industrieroboter (IR) zur Erhöhung des Automatisierungsgrades in allen Industriezweigen.

Um 1979 wurde im ZKI mit dem Aufbau eines IR-Versuchsstandes als Testplattform für unterschiedlichste IR-Anwendungslösungen begonnen, der im Laufe der Jahre zu einem

Technikum IR ausgebaut wurde. Die Integration von Bilderkennung und Bildverarbeitung wurde ebenfalls in dieser Zeit konzipiert. Erste, 1980 realisierte Anwendungslösungen betrafen Teile- und Lageerkennung für Montageroboter. Es folgten Beiträge zur Schweißnahtverfolgung, zur Schleifkontrolle, zum Griff in die Palette für Montageroboter, zur Nahtverfolgung und Stapelkorrektur für Nähroboter u. a. bis hin zur komplizierten Schneidkantenkontrolle von Werkzeugen in Fertigungszellen. Dazu wurden u. a. die Grundlagen für messende Bilderkennung geschaffen einschließlich der zu adaptierenden Aufnahmetechnik wie CCD-Kameras und Mittel der Laserholographie. Die meisten Lösungen wurden im Zusammenwirken mit den Anwendern entwickelt, erprobt und – bei Erfolg – überführt.

Die Bilderkennung stellte generell eine wichtige Komponente des *Schwerpunktes Sensorgeführte Roboter* dar, in dessen Rahmen nicht nur Bereitstellung bzw. Entwicklung oder Anpassung der Sensoren und Aktoren lag, sondern auch die Entwicklung des Einsatzmodells, der gesamte Programmwurf für Steuerung und Regelung z. B. für die Bahnführung eines Roboterarms, für das Lernen mit und ohne Lehrer sowie die Integration in das übergeordnete Leitsystem.

Eine Vielzahl von Anwendungsfällen machte die Entwicklung nicht-visueller Sensoren sowie einiger Aktoren notwendig. Dazu gehörten Kollisionssensoren und Rutschsensoren sowie Mehrfingergreifer, die von einem gemeinsamen Programm zur Sensordatenverarbeitung sowie zur Greifersteuerung gehandhabt werden konnten. Auch laserbasierte Lagesensoren wurden entwickelt und in das Repertoire des Technikums integriert.

Die Bedeutung modularer Softwaretools nahm mit der Explosion der Einsatzfälle deutlich zu. Orientiert an typischen Funktionen wie dem Entgraten von Gussteilen wurden kraft- und konturgeführte Werkzeugführungen entwickelt. Belehrungsverfahren für Montageroboter mit Hilfe Kraft-Momenten-Sensor-geführter Ablaufprogrammierung erleichterten die Einsatzprogrammierung deutlich. Programme zur statischen und dynamischen Simulation von Handhabungsprozessen in Fertigungszellen wurden mehrfach eingesetzt und ergänzen das Portfolio von anpassbaren Programmmodulen.

Die roboterspezifischen Kernpotentiale des ZKI einschließlich Technikum wurden 1988 in das neu gebildete *Institut für Automatisierung* der AdW mit dem Schwerpunkt Prozess- und Fertigungsautomatisierung integriert.

3.9 CAD-CAM Forschungsvorhaben

(Prof. A. Iwainsky, Dr. J. Kaltwasser)

Rechnergestütztes Design und Management wird gewöhnlich auf Planung, Entwurf und Konstruktion produktionsvorgelagerter Prozesse bezogen. Besondere Anforderungen entstehen dabei, wenn mehrere miteinander verbundene und synchron ablaufende Produktions- und Hilfsprozesse vorbereitet und gesteuert werden müssen.

In der DDR waren der Maschinenbau und hier besonders der Werkzeugmaschinenbau einer der wichtigsten exportorientierten Industriezweige. Die Produktion erfolgte zunehmend in

sogenannten *Flexiblen Fertigungssystemen* (Flexible Manufacturing Systems – FMS) als einem Verbund zentral gesteuerter, hochautomatisierter Fertigungszellen, der schnell an sich ändernde Aufträge einer Kleinserienfertigung angepasst werden konnte. Die im ZKI in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre durchgeführten Arbeiten konzentrierten sich einmal auf die mathematische Modellierung und Projektierung von FMS und ihre Layoutoptimierung sowie auf die Entwicklung von Produktions-Planungs-Systemen (PPS) für die operative Planung und Steuerung der Produktion. Weiterhin wurden Methoden für die netzbasierte Beschreibung und Simulation der Hilfs- und Nebenprozesse einschließlich der Qualitätskontrolle erarbeitet. Die Arbeiten erfolgten in engem Zusammenwirken mit den betroffenen Kombinat. Es wurde eine Reihe von PPS-Programmen entwickelt. Auch konzeptionelle Arbeiten wie z.B. Beiträge für ein im Auftrag der Industrie (Carl Zeiss Jena) auf der Grundlage entwickelter Teilmodule ausgearbeitetes Steuerungskonzept für die VLSI-Schaltkreisproduktion wurden geleistet. Wichtige PPS-Programmmodul wurden Ende der 1980er Jahre im Zusammenwirken mit internationalen Softwareunternehmen an deren Portfolio angepasst.

Der Einsatz von CAD-Methoden erforderte nicht nur eine adäquate Hardware-Basis, sondern vor allem auch integrierbare Basis-Softwaremodule für typische Entwurfsschritte wie Geometriemodellierung, Layoutgenerierung von Objekten und ihrer Verbindungen in Netzen u. a. . So wurden eine Reihe von Beschreibungsmitteln und Programmen für die 3D-Objektmodellierung einschließlich biegeschlaffer Gebilde entwickelt und in der Praxis eingesetzt. Software-Entwicklungen für komplizierte anwendungsspezifische Funktionen z. B. für die Konstruktion von Blechbiegeteilen wurden durchgeführt. Weitere kurzfristige Entwicklungen erfolgten auf Grund dringender Unterstützungsersuchen von Industriepartnern.

3.10 CAS – Computer Aided Schematics

(Prof. A. Iwainsky)

Ein schon ab 1979 im direkten Kontakt mit der Praxis der Automatisierungsindustrie schrittweise entstehender Schwerpunkt im ZKI betraf die rechnergestützte Erfassung und Bearbeitung der vielfältigen im Designprozess anfallenden Schemata – eine wichtige Grundlage für den interaktiven Entwurf von Steuerungsprozessen (Logik- und Funktionsplänen) sowie für die Autodokumentation im Rahmen interaktiver Prozessführung. Der Beginn wurde durch die Entwicklung eines Computergrafiksystems für Leitstände von Automatisierungsanlagen mit quasigrafischen Displays und zum interaktiven Entwurf entsprechender Warten-Grafiken gemacht. Es folgten grundlegende Arbeiten zur Generierung grafischer Schemata. Ausgehend von einer Analyse der Gemeinsamkeiten verschiedener schematischer Darstellungen wurden hier, ausgehend von einem neuartigen wissenschaftlichen Ansatz, Algorithmen sowie ein entsprechendes Software-System entwickelt, mit dessen Hilfe bestimmte netzartige Schemata (wie Logikpläne) aus nicht-grafischen Beschreibungen (wie textuellen fachsprachlichen Beschreibungen industrieller Steuerungen) generiert werden konnten. So entstanden Programme für die automatische grafische Dokumentation von

Steuerungen. Entwickelt wurden weiterhin Konzept und Methodik für die interaktive Erzeugung optimierter Verbindungsnetze z. B. beim Entwurf optimaler Trassierungslayouts räumlich fixierter Objekte. Theoretischer Hintergrund dieser Arbeiten waren überwiegend grafentheoretische Modellierungen und Optimierungen. Sie wurden unter dem Schlagwort *Computer Aided Schematics* zusammengefasst und nach der Wende unter der Bezeichnung *Informatik in Entwurf und Fertigung* erweitert und selbstständig weitergeführt.

4 Das ZKI in der Wendezeit

Schon lange vor dem Fall der Mauer im November 1989 wurden u. a. in den Orientierungen der Staatlichen Plankommission die kaum noch zu bewältigenden Probleme der DDR-Wirtschaft immer deutlicher sichtbar. In Konkurrenz zu einer vorlauforientierten Forschungstätigkeit traten in der AdW zunehmend kurzfristige Ziele der Valutaerwirtschaftung durch Verkauf von Forschungsleistungen. Entwicklungsverträge und Softwareverkauf (PPS, Bildverarbeitung) meist an interessierte Partner in der BRD wurden Bestandteil der ZKI-Aktivitäten.

Diese kommerziell orientierten Außenbeziehungen des ZKI wuchsen nach dem Fall der Mauer schnell weiter an. Dabei spielte das Interesse der Besucher an der Erschließung des DDR- und Ostmarktes über die Brückenfunktion etablierter Personen oder Forschungseinheiten des ZKI eine wichtige Rolle. Im Hinblick auf die Möglichkeit, mit relativ geringem Zusatzaufwand benötigte Valutamittel erarbeiten zu können, wurde im ZKI das Konzept eines *ZKI-Softwarehauses* entwickelt und nach Profillinien geordnet.

Die Situation änderte sich Anfang 1990 mit Bildung der Treuhandanstalt und der damit verbundenen Abwicklung der DDR-Wirtschaft – einer ehemals finanzierungsfähigen Quelle für Forschung und Entwicklung – sowie mit der bevorstehenden Währungsunion. Auch vielen Wissenschaftlern des ZKI wurde klar, dass der Prozess der Wiedervereinigung ohne wesentliche Einflussmöglichkeiten der DDR-Institute zu den Bedingungen der BRD ablaufen würde. Diese implizierten eine Anpassung an die Usancen der BRD-Wissenschaftsstruktur. Die absehbar zum Scheitern verurteilten Reformbestrebungen des Wissenschaftsministeriums der DDR und der AdW zum Erhalt des Institutsverbundes der AdW wurden Anfang Juli mit dem sogenannten Kamingsgespräch des BMFT endgültig obsolet. Das große außeruniversitäre Forschungspotential der AdW stand zur Disposition. Das aus Sicht der BRD Erhaltenswerte musste unter den Bedingungen der abzuwickelnden Wirtschaft der DDR finanziert werden. Im Zentrum stand nun für jedes AdW-Institut die Existenzfrage. Im ZKI wurden die Folgen unmittelbar in den vielfältigen Besuchen von Vertretern großer Konzerne, KMUs, Universitäten, Banken, Politik einschließlich EU-Parlament sichtbar. Diese konzentrierten sich jetzt vor allem auf die Erkundung von Kooperationsmöglichkeiten mit einzelnen Forschungseinheiten des ZKI einschließlich der Gewinnung qualifizierter Wissenschaftler und kleiner Forschungsgruppen, aber auch auf die Klärung der eigenen Interessen im gesamten Transformationprozess.

Forschungseinrichtungen der BRD, die für die Gestaltung der Integration der AdW-Institute in die Wissenschaftsstruktur der BRD relevant waren, suchten trotz noch unregelter Modalitäten und Finanzierungsmöglichkeiten schon ab Frühjahr 1990 den entsprechenden Kontakt. Wertvoll für das ZKI waren dabei Hinweise auf übliche Selbstvermarktungstechniken, bestehende Lücken und Interessen in der Forschungslandschaft der BRD sowie auf Interna der dortigen Entscheidungsvorgänge. Sie wurden vor allem vom Vorstand der *Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung* (GMD) gegeben. Der GMD schwebte die Übernahme von 400 bis 600 Wissenschaftlern vor, die in dieser Größenordnung aber letztlich scheiterte. Mit den Instituten und dem Vorstand der *Fraunhofer Gesellschaft* (FhG) wurden in dieser Zeit eine Reihe konkreter Integrationsmöglichkeiten herausgearbeitet. Die Übernahme von größeren Struktureinheiten traf sofort auf Finanzierungsbedenken. Im Rahmen dieser Abklärungen wurden im ZKI die Bereichs- und Abteilungsstrukturen dementsprechend hinsichtlich Zielgröße und Forschungsthemen umgestaltet. Obwohl gewachsene inhaltliche, methodische als auch personelle Zusammenhänge dabei mitunter verloren gingen (was bei den später unter Zeitdruck durchgeführten Evaluierungen eine Rolle spielte), war dies die wohl bestmögliche Vorbereitung auf die nachfolgenden Abwicklungsschritte.

Die Vereinbarung im o. a. Kaminesgespräch, dass der unabhängige westdeutsche Wissenschaftsrat die Leistungen und Potentiale der DDR-Einrichtungen evaluieren soll, wurde Ende 1990 im ZKI umgesetzt. In Gesprächen mit Leitern und Mitarbeitern wurden die Forschungsthemen und der jeweilige Stand vorgestellt. Die Empfehlungen der Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrates betrafen die Weiterführung der einzelnen Themen und konkrete Vorschläge zur Zuordnung entsprechend reduzierter Forschungspotentiale an die FhG, die GMD, Hochschulen u. a. . Ein großer Teil dieser Empfehlungen wurde umgesetzt.

Etwa 25% der ZKI-Mitarbeiter fanden eine neue Heimstatt in der FhG einschließlich der später der FhG zugeordneten GMD. Nicht alle Mitarbeiter des ZKI, vor allem aus dem Bereich Bildverarbeitung, folgten den Empfehlungen, hauptsächlich aus als mangelnd empfundener Attraktivität der neuen Umgebung.

Parallel zu diesem Prozess strebte ein beachtlicher Teil der ZKI-Wissenschaftler eigenständige Wege zur Gestaltung ihrer Zukunft an. So wurden Konzepte für unabhängige Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Dazu gehörte vor allem die Gründung der *Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V.* (GfaI) (A. Iwainsky) – eine in der Folge erfolgreiche Einrichtung mit über 150 Mitarbeitern, die wissenschaftliche Förderprojekte und Entwicklungsprojekte im Auftrag verschiedener Einrichtungen bearbeitete. Firmengründungen wurden vorbereitet und später in erfolgreiche Unternehmen umgesetzt, unter ihnen die auf dem Gebiet der industriellen Bildverarbeitung tätige Firma *Graphicon* (J. Saedler) sowie die Firma *Pretec* (G. Weide). Viele wissenschaftliche Mitarbeiter wechselten in Forschungseinrichtungen der Industrie, oft mit dem Ziel, eigene Vorstellungen und sogar begonnene Vorhaben weiterzuentwickeln oder in leitenden Stellungen Gestaltungsspielraum ausfüllen zu können. Andere nahmen an Universitäten ihre Tätigkeit auf, nicht nur, um ihrem eigenen Fachgebiet treu zu bleiben (z. B. Prof. M. Gössel, Prof. N. Luth u. a.), sondern auch um zentrale Positionen wie die

Leitung von Instituten einzunehmen (z. B. Prof. W. Osten, Institut für Technische Optik der Uni Stuttgart).

Insgesamt wurde im Ergebnis der Wende der größte Teil der naturwissenschaftlichen Forscher der AdW an industrienah und außerindustrielle Forschungseinrichtungen der BRD vermittelt – eine nicht unerhebliche Verstärkung des aktuellen BRD-Forschungspotentials, an manchen Stellen aber auch Keim neu entstehender Konzentrationspunkte für Wissenschaft und Wirtschaft.

5 Resümee und Zusammenfassung

Das ZKI wurde nicht nur in der DDR oft als eines der erfolgreichsten Institute der AdW bezeichnet. Seine Tätigkeit war ganz im Sinne des bekannten Wahlspruches von Gottfried Wilhelm Leibniz *Theoria cum Praxi* auf die bewusst angestrebte Verbindung von Forschung und Anwendung ausgerichtet. Die Ergebnisse führten trotz oft widriger Bedingungen zu einer Vielzahl neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und praktisch bedeutsamer Anwendungen. Auf die Ergebnisse dieses Handelns und ihren Nutzen können die ehemaligen Mitarbeiter des ZKI stolz sein.



Dieser Text kann unter den Bedingungen der Creative Commons CC-BY Lizenz <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0> weiterverwendet werden.