

Entwicklung und Anwendung der Analog-, Hybrid- und digitalen Rechentechnik zur Modellierung, Simulation und Optimierung technischer Prozesse und Systeme in der DDR

Wilfried Krug

DUALIS GmbH IT Solution
Tiergartenstrasse 32
01219 Dresden
wkrug@dualis-it.de

Abstract: Im Beitrag wird aus eigenem Erleben über eine Epoche der Analog-, Hybrid- und digitalen Rechentechnik zur Modellierung, Simulation und Optimierung von technischen Systemen in der DDR von 1951 bis 1989 berichtet. Dazu wird zunächst der fachliche Wertegang kurz zitiert, um die Entwicklungs- und Anwendungshintergründe dieser rechentechnischen Hard- und Softwarekomponenten besser verstehen zu können.

Danach erfolgt eine chronologische Darstellung der einzelnen Entwicklungs- und Anwendungsetappen beginnend mit der Analogrechentechnik bis zum Jahr 1968, der Hybridrechentechnik bis in das Jahr 1974 hinein und der digitalen Rechentechnik bis zur Wende im Jahr 1989. Dies erfolgt stets aus der Sicht der Modellierung, Simulation und Optimierung technischer Prozesse und Systeme. Im Ausblick wird noch kurz auf die kontinuierliche Fortsetzung der Entwicklungslinien der Modellierung, Simulation und Optimierung aus der Zeit der DDR bis heute eingegangen. Ein zeitlicher Abriss wurde bereits in der Arbeitsgruppe der UAG ROBOTRON dazu erarbeitet [UAG04].

1 Eigenes Erleben

1951 erlernte ich als Bauernjunge aus Volteroda im VEB Sanar Eisenach den Beruf des Maschinenschlossers. Die Ausbildung in Theorie und Praxis war sehr ausgewogen und ich erkannte hier bereits die Bedeutung der Physik und Mathematik für meine weitere berufliche Laufbahn, so dass ich mich mit diesen Fächern in intensivem Selbst- und Abendstudium eingehender beschäftigte. Die Türen zur Qualifizierung standen für junge Leute in der DDR weit offen und alles war kostenlos und ohne Privilegien. Nach der Lehre wechselte ich 1953 zum VEB Automobilfabrik EMW/ AWE Eisenach (vormals BMW). In der DDR ging es zu dieser Zeit wirtschaftlich steil aufwärts, was für

junge Menschen, ein großer Ansporn zum Lernen und Streben war. Ab 1954 war in der DDR mit Schwerpunkt Dresden die Flugzeugindustrie aufgebaut worden. Es wurden überall im Lande junge, dynamische Techniker gesucht, die in der Lage waren, innovativ zu arbeiten. So kam es, dass ich in Dresden Flugzeugbau studieren konnte. Während des fachlich sehr breit angelegten Studiums beeindruckte mich besonders die elegante Formgestaltung und Aerodynamik und die mathematisch orientierte Modellierung der Flugzeuge sehr.

Im Jahr 1959 beendete ich das Studium als Ingenieur für Flugzeugbau. Gleich darauf bekam ich im VEB Flugzeugwerken Dresden eine Arbeit als Versuchsingenieur im Hydrauliklabor bei der Entwicklung der „BB 152“, eines eigenen DDR-Flugzeuges. Dabei kam ich erstmals mit analogen Rechenanlagen in Berührung, die im Flugzeugwerk eigens für dynamische Untersuchungen der Aerodynamik u.a. entwickelt wurden.

Mit der Einstellung des Flugzeugbaus 1962 wurden viele Fertigungs- und Entwicklungskapazitäten frei, die anderweitig zum Einsatz kamen. Arbeitslosigkeit war in der DDR ein Fremdwort, dafür sorgte der absolute Zentralismus der SED-Führung.

Aus der „Konkursmasse“ gründete man eine Vielzahl neuer Betriebe und Institute. Ein Teil der Flugzeugwerke Dresden wurde in den VEB Elektromat Dresden umgewandelt. Flugzeughangars samt Personal, unter ihnen auch ich, wurden nun für die Herstellung von Elektroanlagen und Automatisierungstechnik eingesetzt. Der Bereich der Automatisierungstechnik oder besser gesagt, die Technische Kybernetik, als „Lehre von der formalen Beschreibung und modellartigen Erklärung von dynamischen Systemen“, reizte mich besonders. Zu diesem Thema nahm ich 1961 ein Fernstudium (Elektrotechnik/ Technische Kybernetik) an der Technischen Universität TU Dresden auf, das ich sieben Jahre später als Diplomingenieur für Regelungstechnik beendete. Während des Studiums hatte ich viel über die mathematische Modellierung technischer Systeme und deren rechentechnischen Lösung erlernt und auch vertiefen können.

1964 begann ich als einer der ersten Mitarbeiter des neugegründeten Institutes für Luft- und Kältetechnik ILK in Dresden die rechentechnische Modellierung, Simulation und Optimierung von Klima- und Kälteanlagen zu entwickeln und einen Bereich „Rechentechnik“ dafür aufzubauen. Denn die DDR wollte international mithalten.

Bis zur Berufung als Hochschullehrer 1978 an die Ingenieurhochschule IHS in Köthen erwarb ich vielfältige wissenschaftliche und technologische sowie lösungstechnische Erfahrungen der Modellierung, Simulation und Optimierung technischer Problemstellungen aus der interessanten Arbeit bis 1977 in der Luft- und Kältetechnik.

Diese Erkenntnisse konnte ich in der Folgezeit an der IHS Köthen und nach meiner Umberufung an der Technischen Universität TU Dresden, wo ich einer der ersten Lehrstühle für Modellierung und Simulation in der DDR aufbauen durfte, in Lehre und Forschung weiter vertiefen. Trotz Embargo standen dafür auch moderne Rechner zur Verfügung, die zu wissenschaftlicher Vorlauftforschung an den Unis anspornen sollten.

2 Ära der Analogrechentchnik

Nachdem ich mich intensiv nach der Nutzbarkeit der Analogrechentchnik in der DDR umgeschaut hatte, stieß ich auf folgenden Stand der Technik:

Anfang der 60er Jahre wurde vom Staatsekretariat für Forschung und Technik der DDR beschlossen, die Maschinelle Rechentechnik in der DDR voran zu treiben [Pro6x].

An der TU Dresden entstand ein Institut für Maschinelle Rechentechnik und der VEB Rechentechnik Glashütte (früher Uhrenwerke Glashütte) bekam den zentralen Auftrag, einen Analogrechner zu entwickeln. Es entstand in relativ kurzer Zeit ein Prototyp mit der Bezeichnung endim 2000, wie aus studentischen Protokollen [Pro6x] nachvollziehbar ist.

Zur Testung auf Brauchbarkeit wurde 1962 eigens dazu eine Arbeitsgruppe „Elektronische Analogieanlagen“ des Arbeitskreises „Automatische Rechenanlagen“ unter der Leitung von Herrn Prof. Winkler der Hochschule für Elektrotechnik HfE Ilmenau, Institut für Physik gegründet.

Die Untergruppen: Bauelemente, Organisationstechnik und mathematische Testaufgaben prüften den endim 2000 auf Herz und Nieren. Mitwirkende Institutionen waren dabei u.a. die TU Dresden, HfE Ilmenau, Zentralinstitut für Kernforschung ZfK Rossendorf, Zentralinstitut für Automatisierung ZIA Dresden, Wissenschaft-Technisches Zentrum WTZ Büromaschinen Karl-Marx-Stadt und Erfurt, Institut für Rechentechnik IfR Berlin.

Mit dem VEB Rechenelektronik Glashütte wurden die Testergebnisse ausgewertet, um möglichst schnell eine Serienreife zu erlangen. So wurde z.B. beim Herzstück eines jeden Analogrechners, den Verstärkerbauelementen mit großer Stückzahl, auf Elektronenröhren orientiert, weil der Einsatz von Transistoren in der DDR noch zu unsicher erschien.

Auch bei der großen Zahl von benötigten verstellbaren Potentiometern, die ebenfalls in großer Stückzahl für die Identifikation von Modellparametern beim Analogrechner benötigt wurden, kamen kurzfristig Wendepotentiometer zum Einsatz. Die Verwendung von Metallwiderständen war aus Exportgründen (Embargo) sehr unsicher.

Zur Testung des Prototyps endim 2000 in Glashütte wurden typische praxisnahe Aufgaben von der Arbeitsgruppe übergeben, wie z.B. für das schnelle Lösen von dynamischen Automatisierungssystemen auf der Basis von gewöhnlichen Differentialgleichungen und die Lösung von Gleichungssystemen, um Rückschlüsse für den Frequenzgang zu erhalten. Für alle Grundrechenarten gab es also anspruchsvolle Testproblemstellungen.

Damit konnten bereits 1963 folgende Institutionen in der DDR einen endim 2000 erhalten:

ZfK Rossendorf, VEB Chemie Leipzig, ZIA Dresden, TU Dresden, TH Magdeburg, Institut für Werkzeugmaschinen Karl-Marx-Stadt und HfE Ilmenau.

Nunmehr galt es, die Analogrechentechnik in die praktische Nutzung zu überführen, so dass 1965 die Arbeitsgemeinschaft „Analogrechner endim“ ins Leben gerufen wurde und aktive Schulungen an den Hochschulen und in der Industrie erfolgten [Pro6x].

Die Synergieeffekte waren enorm, so dass bei den Schulungen und Tagungen bereits gelöste Probleme in der Chemischen Industrie, wie z.B. zur Entwicklung und Dimensionierung einer Kaskadensteuerung, mit Dampfbeheizten Wärmeübertragern, Pumpensystemen, Aufheiz- und Kühlsystemen u.a. zum Einsatz kamen.

Auf dem endim 2000 waren dazu 34 Rechenverstärker (Elektronenröhren) zur Lösung des dynamischen Verhaltens der Anlage, sowie 2 Multiplikatoren, 3 Komparatoren und über 40 Wedelpotentiometer notwendig. Aber damit war der Rechner noch lange nicht ausgelastet.

Leider erfolgte 1965 auf Beschluss des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe RGW eine Umorientierung zum Bau von Analogrechnern in der CSSR und damit die Einstellung der endim-Produktion in Glashütte, also Schattenseiten des Zentralismus.

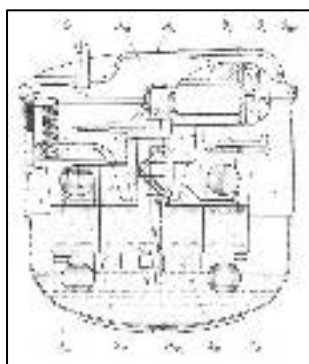
Um die effektive Nutzung der Modellierung, Simulation und Optimierung am Institut für Luft- und Kältetechnik ILK Dresden aufzubauen wurde 1965 die Abteilung „Rechentechnik“ gegründet.

Noch im selben Jahr erfolgte am Institut für Datenverarbeitung IDV Dresden eine Vertiefung der theoretischen Kenntnisse und die bis dahin erarbeiteten Kälteanlagenmodelle auf dem Analogrechner endim 2000 wurden so erstmalig einer Lösung zugeführt. Damit konnten bereits in kurzer Zeit erste Forschungsaufgaben für die Kältetechnik effektiv gelöst werden, wie z.B. die dynamische Simulation von Gefrieranlagen oder die dynamischen Untersuchungen des Temperaturverhaltens von Kältemittelkompressoren.

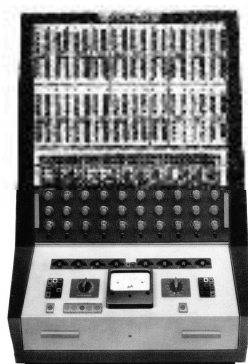
Dabei war die Simulation auf dem Analogrechner nichts anderes als verkabelbare Netzwerke von elektrotechnischen Bauteilen (Operationsverstärker, Widerstände, Kondensatoren, Spulen...), die je nach Aufgabe verschieden zusammengeschaltet wurden. So gesehen war die Verbindung der Hardwarekomponenten des Computers gleichzeitig auch das auszuführende Programm. Auf der einen Seite wurde ein Signal (Strom und Spannung) hineingegeben, welches das gesamte Netzwerk durchlief und auf der anderen Seite entsprechend verändert als Rechenergebnis wieder herauskam. Es stellte in analoger Weise die Größe (Temperatur, Kältestrom, u.a.) dar, deren Verlauf man simulieren wollte. Das elektrotechnische Netzwerk war das zu untersuchende System. Der Vorteil der Analogrechner [Adl70] lag darin, dass sie bei stetigen, also durchgängigen,

Signalen bestimmte Rechenoperationen wie Integration und Differentiation viel schneller durchführen konnten als Digitalrechner. Die Funktionsweise der damals sehr langsamen Digitalrechner mit ihrer schrittweisen Abarbeitung von Befehlen machte numerische Rechenoperationen bis in die 70er Jahre hinein zu Geduldsproben. Da der Bann im ILK Dresden zur effektiven Nutzung der Analogrechentechnik gebrochen war, wurde beschlossen, einen eigenen Analogrechner anzuschaffen. Die Wahl fiel dabei auf einen transistorisierten Analogrechner vom Typ MEDA der Firma ARITMA Prag. Auf dem 5. MEDA-Seminar 1966 wurde die Leistungsfähigkeit des MEDA-Analogrechners erfolgreich getestet und für das ILK Dresden erworben. Es war damit in der DDR der erste Analogrechner neuen Typus, da er wesentlich leistungsstärker als der endim 2000 war. Mit dem transistorisierten MEDA-Analogrechner konnten jetzt noch komplexere Aufgaben von kältetechnischen Systemen und Klimaanlage gelöst werden. Der kreative Einsatz der Analogrechentechnik bei den Kälte- und Klimatechnikern war dabei unerschöpflich und führte im Kombinat Luft- und Kältetechnik zum Aufbau eines RZ.

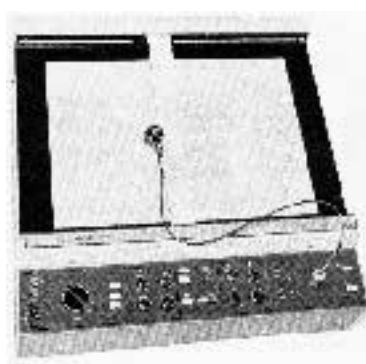
1967 gab es einen ersten Erfahrungsaustausch durch die Mitarbeit in der Sächsischen Arbeitsgemeinschaft „Analogrechentechnik“ unter Leitung von D. Mann. Im November wurde dann sogar zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft und der Tschechoslowakischen Wissenschaftlich-Technischen Gemeinschaft „MEDA der Firma ARITMA“ ein Kolloquium zum weiteren Erfahrungsaustausch über die Anwendung der Analogrechentechnik durchgeführt. Weitere Tagungen zu dieser Thematik fanden später auch regelmäßig in Prag und in Rostock statt. Auch wurden ständig Schulungen zur praktischen Nutzung des MEDA-Analogrechners in der DDR durchgeführt, so dass am Ende der 60er Jahre bereits über 100 MEDA-Analogrechner in der Industrie und an Hochschulen zum Einsatz kamen [Pro6x]. In der Abbildung 1 ist ein MEDA-Analogrechner dargestellt, mit dem in der Luft- und Kältetechnik vielfältige Probleme effektiv gelöst wurden. Stellvertretend ist in der Abbildung 1 ausführlich auch das Herangehen, ausgehend von der Technischen Problemstellung über die Modellierung bis zur Simulation und Ergebnisauswertung dargestellt. Weitere Lösungen für Kälte- und Klimaanlage dimensionierungen sind in [Kru73], [Kru74], [Hei78] zu finden.



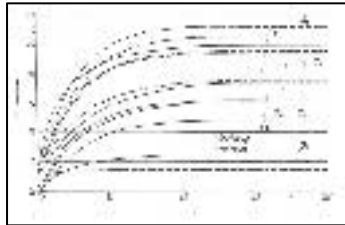
a)



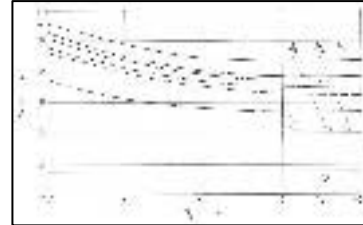
b)



c)



d)



e)

Abbildung 1: a) Hermetikkompressor KO52; b) Analogrechner MEDA TA (heute in Technische Sammlungen Dresden); c) Kurvenschreiber BAK 5T; d) und e) Grafische Ergebnisausgabe (ca. 20 Jahre effektive Nutzung in Luft- und Kältet. ILK)

3 Ära der Hybridrechentechnik

Das Jahr 1968 brachte einen weiteren Aufschwung in der Anwendungsbreite der Analogrechentechnik auch in der Lüftungs- und Klimatechnik. So konnte zum Beispiel die Wärmelast von Gebäuden dynamisch simuliert und optimiert werden. Das Institut für Luft- und Kältetechnik schaffte zur Ergänzung des vorhandenen MEDA-Analogrechners weitere Einheiten an. Sie konnten im Baukastenprinzip mit dem alten Rechner zusammenschaltet werden. Der kombinierte Rechner brachte es jetzt über 100 Recheneinheiten (Operationsverstärker) mit denen viel umfangreichere Systeme als zuvor simuliert werden konnten. Inzwischen hatte sich in der DDR die bisherige Arbeitsgemeinschaft „Analogrechentechnik“ mehr und mehr auch der Nutzung der Hybridrechentechnik angenommen, so dass 1969 diese Arbeitsgemeinschaft in „Analog- und Hybridrechentechnik“ umbenannt und von Prof. H. Adler der TU Dresden geleitet wurde [Pro6x].

In der Mischform aus Analog- und Digitalrechentechnik = Hybridrechentechnik verband man die Stärken der jeweiligen Rechenmethoden. Da der Analogrechner nichtlineare Funktionen nur approximativ bestimmen konnte und die Ergebnisse deshalb häufig sehr ungenau waren, griff man für die Berechnung von nichtlinearen Funktionen während des analogen Experimentierens zu einem angekoppelten Digitalrechner. Man musste sich zwar mit deren langen Rechenzeiten durch den Einsatz numerischer Verfahren abfinden, erhielt dafür aber wesentlich genauere Ergebnisse besonders bei stark nichtlinearen mathematischen Modellen.

Die Luft- und Kältetechnik profitierte ebenfalls von dieser hybridorientierten Rechentechnik, da sich bereits 1969 abzeichnete, dass die Analogrechentechnik mit der stetig steigenden Komplexität der Aufgaben in Forschung, Entwicklung und Projektierung von Klimaanlage zunehmend überfordert war. Das ILK Dresden ließ deshalb an der TU Dresden vom Forschungsteam um Prof. Adler einen MEDA-Analogrechner so umbauen, dass er über Lochstreifen gesteuert werden konnte. Lochstreifen waren bis

dahin nur in der Digitalrechentechnik als Steuerungselemente genutzt worden. Sie enthielten die auszuführenden Programme, über die der Rechner Befehle erhielt. Nach Vollzug eines Programms gab der Rechner die Ergebnisse wieder über einen Lochstreifen aus [Kru73].

Mit dem wegweisenden Umbau war es jetzt erstmals möglich das Aufgabenspektrum zur Optimierung luft- und kältetechnischer Systeme auf gekoppelte Analog- und Digitalrechner, also Hybridrechner, zu erweitern. Die Programmierung der Analogrechner-Hardware übernahmen jetzt die Programme auf den Lochstreifen. Dazu wurde eigens vom ILK Dresden eine auswechselbare Programmiertafel entwickelt, gebaut und zum Einsatz gebracht. Den Serienbau übernahm für alle weiteren Nutzer im RGW die Firma ARITMA Prag. So wurden dafür Optimierungsalgorithmen für dieses Hybridsystem programmiert und das dynamische Temperatur- und Energieverhalten von Kälteanlagen erfolgreich optimiert. Um schnell und flexibel die Simulation und Optimierung bei komplexen Aufgabenstellungen lösen zu können, wurde weiterhin 1970 das Integrierte System luft- und Kältetechnischer Ausrüstungen ILKA entwickelt. ILKA bestand aus einem Baukastensystem, mit dem durch bestimmte Algorithmen und Modelle aus dem ILKA-Modellsystem die Projektierung von Klimaanlage automatisiert werden konnte.

In der DDR wurde die Bedeutung der Hybridrechentechnik recht spät erkannt und erst in der Zusammenarbeit mit ROBORTON und der CSSR entstanden anwendungsfähige Hard- und Softwarelösungen. So führte die internationale Zusammenarbeit zwischen ARITMA/ AAT Prag und ROBOTRON Anfang der 70er Jahre zunächst durch Kopplung des Analogrechners MEDA TC mit dem Prozessrechner KRS 4200 zum Hybridrechnersystem HRA 4241 und später durch Kopplung des ADT 3000 mit dem KRS 4200 zum einem leistungsfähigen Hybridsystem HRA 7200. Schließlich erfolgte eine Kopplung des ADT 3000 mit dem Prozessrechner PRS 4000 von ROBOTRON zum Hybridsystem HRA 7000. Zu allen Systemen wurden Programmiersysteme sowie Anwenderprogramme für Lehre und Forschung an der TH Ilmenau, TH Magdeburg und Verkehrshochschule Dresden entwickelt und genutzt [Man04].

4 Ära der Digitalrechentechnik

In den 70er Jahren erhöhte sich die Leistungsfähigkeit der Digitalrechentechnik immer mehr und es konnten damit typische analogrechnerorientierte Berechnungsverfahren auch auf dem Digitalrechner sinnvoll und effektiv gelöst werden. Dies betraf z.B. komplexe nichtlineare Steuerungsalgorithmen, die auf dem Analogrechner teilweise nur sehr umständlich mit Komparatoren, Multiplikatoren, approximativen Funktionsgebern und logischen Schaltungsanordnungen programmiert werden konnten. Auf dem Digitalrechner waren diese Aufgaben durch den weiteren Genauigkeitsfortschritt der numerischen Berechnungsmöglichkeiten wesentlich besser lösbar. Hierzu leistete die Mathematik in der DDR einen wesentlichen Beitrag.

In der Luft- und Kältetechnik wurde diesen neuen Herausforderungen und Möglichkeiten der Digitalrechenetechnik für Aufgabenstellungen der Modellierung, Simulation und Optimierung ebenfalls Rechnung getragen.

Die Analog- und Hybridrechenetechnik wurde daher in den 70er Jahren nur noch für echt dynamische und schwach nichtlineare Probleme der Luft- und Kältetechnik bis in die 80er Jahre angewendet.

Parallel dazu trug die Entwicklung und Programmierung von Simulations- und Optimierungsalgorithmen für Digitalrechner erste Früchte. Es entstanden das Blockorientierte digitale Simulationssystem BORIS am ILK Dresden zur numerischen Lösung von dynamischen Prozessen und das Optimierungssystem OPILKA mit leistungsfähigen mathematischen Optimierungsverfahren zur Optimierung von Prozessen. Ab 1971 konnten diese Programme aktiv auf dem Sowjetischen Großrechner BESM 6, der bis zu 1 Million Operationen pro Sekunde erledigte, getestet und angewandt werden. Auf der Leipziger Frühjahrmesse 1971 wurde gemeinsam mit dem Team „Klimatechnik“ des ILK Dresden auf BESM 6 mit Datenfernübertragungstechnik DFA von ROBOTRON ein aufsehenerregendes Projekt vorgestellt. Der Grundgedanke der Messepräsentation war, Kunden vor Ort nach deren Vorgaben eine Klimaanlage zu projektieren und somit auch gleich verbindliche Verträge abschließen zu können. Es gab nur ein Problem: Der Rechner war viel zu groß, um für einen einzigen Messeauftritt nach Leipzig geschafft zu werden. Deshalb kam man auf die Idee, nicht den Rechner selbst, sondern nur die Daten zu transportieren. Es wurde eine Art Modem entwickelt mit dessen Hilfe die Projektierungsdaten übermittelt werden konnten. So blieb der Rechner in Dresden und in Leipzig auf dem Messegelände wurden nur die Daten aufgenommen und per Fernübertragung von Leipzig nach Dresden und zurück übermittelt. Die Messegäste waren sehr erstaunt als sie nach 20 bis 30 Minuten die komplett durchkalkulierten Daten ihrer Klimaanlage in den Händen hielten. Nur ein einziges Mal konnte kein Ergebnis geliefert werden. Ein kleiner Dreckfleck auf einem Eingabeformular war als Loch interpretiert worden und brachte das Rechenprogramm zum Absturz. Nach intensiver Suche konnte aber der Fehler gefunden und das Problem des Kunden gelöst werden. Abbildung 2 zeigt die Arbeitsweise direkt am BESM 6.



Abbildung 2: BESM 6 im Willersbau der TU Dresden, Eingabe über Lochkarten, Ausgabe über Lochstreifen zur Simulation und Optimierung von Klima- und Kälteanlagen mit dem Blockorientierten Simulations-System BORIS 1

Die Software zur Lösung anspruchsvoller Aufgaben der Simulation und Optimierung in der Luft- und Kältetechnik wurde in den Jahren nach 1974 folgerichtig weiter ausgebaut. So entstand BORIS1, mit dem block- und gleichungsorientierte Modellsysteme parallel simuliert werden konnten. Aus OPILKA entstand das Intelligente Optimierungssystem mit Lernprozess LAMAIN, ein neuronales Lernsystem zur nichtlinearen Optimierung technischer Systeme mit fünf unterschiedlich adaptiv arbeitenden mathematischen Strategien mit Lernprozess [Sch81].

1987 entstand an der TU Dresden eine Meisterklasse mit über 20 Beststudenten auf dem Gebiet der Produktionsautomatisierung. Sie wurden für die Grundlagenforschung der Rechnerintegrierten Fertigung CIM (Computer Integrated Manufacturing) erfolgreich eingesetzt. Mit viel Kampf wurde für diese Meisterschüler das Ausbildungsvolumen der Gesellschaftswissenschaften auf ein Minimum reduziert. Nach 1978 wurden die begonnenen Entwicklungen und Methoden zur Modellierung, Simulation und Optimierung technischer Systeme auf ESER-Rechnern von ROBORTON und später IBM-Systemen an der IHS in Köthen und der TU Dresden wissenschaftlich ständig weiter entwickelt, industriell erprobt und in die Ausbildung einbezogen. Abbildung 3 zeigt eine Momentaufnahme einer Vorlesungsreihe zur digitalen Simulation.

So wurde im Bereich der Grundlagenforschung ein völlig neuartiges Simulationssystem für die Lösung partieller Differentialgleichungen DIGSIM für die chemische Industrie entwickelt und das Optimierungsprogramm LAMAIN wurde ständig vervollkommen. So ging daraus in den 80er Jahren eine Version hervor, die BORIS1 integrierte, also eine Simulationsankopplung ermöglichte. Mit der rechentechnischen Weiterentwicklung in Richtung „Monitoring“, entstand die erste Dialog-Version eines Systems zur Integration von Simulation und Optimierung. Der Benutzer konnte jetzt am Bildschirm in den Programmablauf eingreifen und bestimmte Parameter ändern, was eine Effektivitätssteigerung um den Faktor fünf erlaubte. Die Architektur des Intelligenten Systems zur Simulation und Optimierung ISSOP entstand aus den Erfahrungen von LAMAIN und wurde erstmalig 1981 in einem Artikel in der Fachzeitschrift „msr“ veröffentlicht [Sch81]. Dieses Herangehen war international völlig neuartig und in der wissenschaftlich-technischen Landschaft der DDR gar nicht so untypisch.

Auf dem Gebiet der Industrieforschung für die Chemieindustrie in Leuna wurden ebenfalls interessante Arbeiten geleistet. Hier wurde beispielsweise das Temperatur- und Strömungsverhalten von Chemieanlagen untersucht. Durch die Tätigkeit der Simulations- und Optimierungsspezialisten war es möglich, die Rohr- und Behältersysteme viel besser zu dimensionieren.



Abbildung 3: Momentaufnahme während einer Simulationsvorlesung an der IHS Köthen im Fach „Mathematische Kybernetik und Rechentechnik“

Prof. Krug war in Köthen als Doktorvater für seine Studenten und Mitarbeiter stets fördernd tätig. Einige von ihnen taten es ihm gleich und arbeiten heute als Professoren an der nach der Wende umprofilieren IHS Köthen, der heutigen „Fachhochschule Anhalt“. Zu Prof. Winfried Mylius, der den Lehrstuhl für „Theoretische Informatik“ innehat, bestehen heute noch sehr gute menschliche und fachliche Beziehungen.

Die Lehraufgabe an der TU Dresden war die Vorlesung „CAD-¹/ CAM-²Grundlagen“. In dieser Veranstaltung wurde den Studenten nahe gebracht, welche Einsatzgebiete sich mit der immer leistungsfähiger werdenden Computertechnik in der rechnerintegrierten Fertigung erschließen lassen. Es entstand ein 1989 verfasstes Lehrbuch „Simulation für Ingenieure in CAD-/ CAM-Systemen“, [Kru84], [Kru89]. In einem CIM-Labor der TU Dresden wurden unter anderem Untersuchungen zur Modellierung, Simulation und Optimierung richtungsweisender komplexer Produktionssysteme durchgeführt. Die Simulations- und Optimierungssoftware wurde mit diesen neuen Erkenntnissen der Softwaretechnologie wesentlich weiterentwickelt. Es entstand das System MOSAIK (Multipel Orientierte Systemanalyse mit Intelligenten Kernen), wie Abbildung 4 zeigt, das wesentliche Elemente der 1981 entwickelten ISSOP-Struktur enthielt. Mit MOSAIK war es möglich die Werkzeuge der Simulation und Optimierung multivalent für unterschiedlichste Problemstellungen in der Industrie auf den Basis einer Klassenbibliothek und eines Modellbaukastens flexibel einzusetzen und die Probleme punkt-, zeit- und zielgenau zu lösen [Kru02]. Um eine größere Breitenausbildung von Ingenieuren für die Industrie in CAD/ CAM und CIM zu erreichen, wurde dafür 1986 ein CAD-/ CAM-/ CIM-Labor an der TU Dresden projektiert. In diesem Labor sollte eine Digitale Fabrik (CIM) von der Produkt-, bis zur Prozess- und Fertigungsgestaltung eine

¹ CAD ... Computer Aided Design, Entwicklung von technischen Geräten mit Hilfe von Computern

² CAM ... Computer Aided Manufacturing, Einsatz von Computern zur Steuerung der Produktion

der modernsten Forschung und Ausbildung durchgeführt werden. Der 1. Spatenstich erfolgte 1986 und der Rohbau wurde 1989 fertig. Nach der Wende entstand daraus mit viel Widerstand eine Juristische Fakultät an der TU Dresden, die 2005 wieder liquidiert wurde.

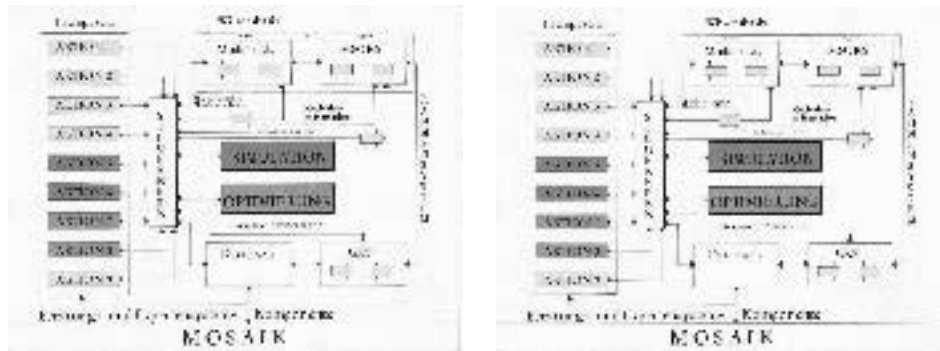


Abbildung 4: Softwarearchitektur MOSAIK im CIM - Labor an der TU Dresden entwickelt und in die CAD-/ CAM-Grundlagenausbildung des Maschinenbaus eingeführt

Ein interessantes Industrieprojekt konnte zum Beispiel für den VEB Planeta in Radebeul realisiert werden. Der Druckmaschinenhersteller war gerade bei der Entwicklung einer Achtfarben-Offsetdruckmaschine. Mehrere miteinander gekoppelte Maschinen sollten einen Bogen Papier nacheinander mit verschiedenen Farben bedrucken. Das Problem bestand aber darin, dass die Schwingungen der arbeitenden Maschinen sich aufeinander übertrugen und damit die Qualität des Druckbildes negativ beeinflussten. Die Lösung wurde durch den Einsatz von MOSAIK gefunden. Man simulierte die gekoppelten Maschinen auf dem Computer und variierte die Dimensionierung der Antriebe so, dass die Druckmaschinen als optimiertes Ergebnis ein minimales Vibrationsverhalten aufwiesen, was sich in der hohen Qualität des Druckbildes widerspiegelte.

5 Ausblick

Um das erarbeitete Know How der Modellierung, Simulation und Optimierung industrieller Prozesse auf Digitalrechensystemen aus der DDR-Zeit auch nach 1989 nahtlos weiter zu entwickeln und industriell multivalent zu nutzen, wurde 1990 die Firma DUALIS GmbH gegründet. Bis heute konnten alle gesammelten Erfahrungen und Entwicklungen aus der Architektur von MOSAIK bis 1989 aus DDR-Zeiten in leistungsfähige Produkte, wie das Simulationssystem SPEEDSIM, das Intelligente Optimierungssystem ISSOP, das 3D-Simulationssystem VC und das Operative Feinplanungssystem GANTTPLAN umgesetzt werden und kommen täglich in der Automobil-, Prozess-, Lebensmittel- und Pharma-Industrie in Deutschland und darüber hinaus erfolgreich mit hohem Nutzeffekt zum Einsatz. Nähere Einzelheiten dazu sind in [DUA05] zu finden.

Literaturverzeichnis

- [Pro6x] Protokolle der Arbeitsgemeinschaften „Elektronische Analogieanlagen“ des Arbeitskreises „Automatisierte Rechenanlagen,63,64“, „endim 2000, 65“, Analogrechentechnik KDT,67“, „ZAG Analog- und Hybridrechentechnik,69“, „AG MEDA,67“, WS/FA Modellierung,72, archiviert bei wkru@ dualis-it.de
- [Adl70] Adler, H.: Analogrechentechnik, Verlag Technik Berlin, 1970
- [Kru73] Krug, W.: Optimierung luft- und kältetechnischer Systeme auf lochstreifengesteuerten Analogrechner, LuK 1973/4, S. 202-206
- [Kru74] Krug, W.: Zur Geschichte der Rechentechnik am ILK Dresden, Luft- und Kältetechnik 1974/1, S.32-33
- [Hei78] Heinrich/Krug: Modellierung Luft- und Kältetechnischer Prozesse, Verlag Technik Berlin, 1978
- [Sch81] Schönfeld, S.; Krug, W.: Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure, Verlag Technik Berlin, 1981
- [Kru84] Krug, W.: Digital Simulation of Partial Differential Equations of Chemical Engineering Systems, Syst.Anal.Model.Simul1(1984)3, S.207-215
- [Kru89] Simulation für Ingenieure in CAD/CAM-Systemen, Verlag Technik Berlin, 1989
- [Kru02] Modelling, Simulation and Optimization for manufacturing, organisation and logistical processes, SCS-European Publishing House Delft, Erlangen, Ghent, San Diego, ISBN 3-936150-20-6, 2002
- [Ver02] Verbraeck, A.; Krug, W. Simulation in Industry, 14th European Simulation Symposium, Oct. 2002 Dresden, Proceeding in www.scs.com
- [Man04] Mann, D.; Hohmann, S.: Übersicht zur Hybriden Rechentechnik, Literaturlauswertung, AAT(CSSR), ROBOTRON(DDR), 2004
- [UAG04] UAG Historie ROBOTRON der Arbeitsgruppe Rechentechnik in den Technischen Sammlungen Dresden: Anwend. u. Entwickl. der A/H/D zur Simulation und Optimierung technischer Prozesse und - Systeme, <http://robotron.foerderverein-tds.de>
- [DUA05] Virtueller Service-reale Verbesserungen, Softwarebasierte Materialflussoptimierung, handling,2005 S.76-77, www.handling.de, www.dualis-it.de