

**Automatisierungstechnik
und Technische Kybernetik**

atk

**Institutsbericht
1978 - 1999**

Univ.-Prof.

Dr. sc. techn. H. A. Nour Eldin

Bergische Universität - GH Wuppertal

Fuhlrottstr. 10

D - 42097 Wuppertal

Telephon: (+49) 0202 / 439 2952

Telefax: (+49) 0202 / 439 2953

Email: eldin@uni-wuppertal.de

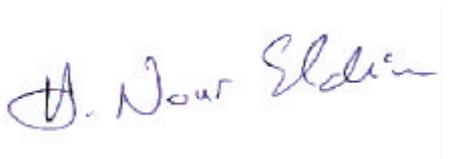
Internet: <http://www.atk.uni-wuppertal.de/>

Vorwort

Die Fachgruppe für Automatisierungstechnik und Technische Kybernetik wurde 1978 an der Bergischen Universität-GH Wuppertal gegründet. Dieser Bericht gibt einen Einblick in die Aktivitäten der Fachgruppe in den Jahren 1978 bis 1999. Er soll informieren und damit verbunden zu Diskussionen anregen.

Bei meinen jetzigen wie ehemaligen Mitarbeitern bedanke ich mich für die geleistete wissenschaftliche und technische Arbeit. Den verschiedenen Institutionen, insbesondere bei der DFG, dem BMFT, dem DAAD, der EU, der Industrie (ABB, Siemens, Mannesmann, ...) sowie dem Institut für Robotik und anderen Institutionen der Universität Wuppertal gebühren der Dank der Fachgruppe für die gewährte Unterstützung.

Wuppertal, im Januar 2000



(Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin)

Introduction

The Group of Automatic Control and Technical Cybernetics was founded at the University of Wuppertal in October 1978. The activity of the group during the years 1978-1999 is reflected in this report, which should not be only informative, it is also devoted to initiate discussions.

I would like to thank the present and previous members of the chair mentors for their scientific as well as technical efforts. The federal institutions DFG, BMFT and DAAD, the European Community, the industry (ABB, Siemens, Mannesmann, ...), the Institute of Robotics and other institutions of the University of Wuppertal are sincerely acknowledged for their continuous support.



1989

Inhaltsverzeichnis

Vorwort (Introduction)	2	
Inhaltsverzeichnis	3	
I	Lehr- und Forschungsbetrieb	4
I.1	Mitarbeiterverzeichnis	4
I.2	Personal des Lehrstuhls (1978 - 1999)	5
I.3	Vorlesungen und Übungen (Education)	8
I.4	Gerätetechnische Ausstattung	11
I.5	Dissertationen	13
I.6	Diplomarbeiten	14
I.7	Studienarbeiten	19
I.8	Wirkungsziffern	24
I.9	Graphiken	25
II	Forschung	26
II.1	Theorie der Automatik / Prozeßleittechnik	26
II.1a	Dissertationen	29
II.1b	Aktuelle Projekte	62
II.1c	Abgeschlossene Projekte	70
II.2	Roboterdynamik / Robotvision / Informatik	75
II.2a	Dissertationen	78
II.2b	Aktuelle Projekte	102
II.2c	Abgeschlossene Projekte	112
II.3	Mitarbeit in technischen und wissenschaftlichen Gremien	115
II.4	Veröffentlichungen (Publications)	116

I Lehr- und Forschungsbetrieb

I.1 Mitarbeiterverzeichnis

	Raum	Tel.	email
		(++49) 0202 439-	
Univ.-Prof. Dr. sc. techn. H.A. Nour Eldin	I- E.41	2952	eldin@uni-wuppertal.de
<i>Sekretariat:</i>			
Renate Ester-Wach	I- E.42	2952	
TELEFAX		2953	
<i>Wissenschaftliche Mitarbeiter und Doktoranden:</i>			
Dr.-Ing. Adnan Abou-Nabout	I- E.44	3817	nabout@uni-wuppertal.de
Dr.-Ing. Hongjun Pu	I- E.43	3816	hongjun@uni-wuppertal.de
Dipl.-Ing. Andreas Kämper	I- E.44	2960	kaemper@uni-wuppertal.de
Dipl.-Ing. Frank Fischer	I- E.43	3816	fischer@uni-wuppertal.de
Dipl.-Ing. Hans-Joachim Nern	I- E.39	3818	nern@uni-wuppertal.de
Dipl.-Ing. Nabil Abdulazim	I- E.40	2962	azim@uni-wuppertal.de
Dipl.-Ing. Romano Roemer	I- E.39	2950	roemer@uni-wuppertal.de
Dipl.-Ing. Amr Kandil	I- E.40	2962	kandil@uni-wuppertal.de
M.sc.Eng. Kamil Fatih Dilaver	I- E.40	2962	dilaver@uni-wuppertal.de
M.sc.Eng. Ossama Hachicho	I- E.40	2962	hachicho@uni-wuppertal.de
<i>Laboringenieur:</i>			
Dipl.-Ing. Meinolf Koerdt	I- E.40	2962	koerdt@uni-wuppertal.de
<i>Technische Zeichnerin:</i>			
Marion Scherff	I- E.42	2952	

I.2 Personal des Lehrstuhls (1978 - 1999)

	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
Prof. Dr. H.A. Nour Eldin	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
<i>Sekretariat:</i>																							
Frau V. Hütter	•	•	•	•																			
Frau I. Bock				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•										
Frau R. Ester-Wach													•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
<i>Technische Zeichnerin:</i>																							
Frau M. Scherff	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
<i>Laboringenieur:</i>																							
Dipl.-Ing. H. Seifert		•	•	•	•	•	•	•	•														
Dipl.-Ing. M. Winter										•	•	•	•	•	•								
Dipl.-Ing. M. Koerdt																			•	•	•	•	
<i>Mitarbeiter:</i>																							
Dr.-Ing. E. Heister	•	•	•	•	•	•	•	•														†	
Dr.-Ing. E. Lerch		•	•	•	•	•	•	•															
Dr. PhD. M.F. Sakr			•	•																			
Dr.-Ing. L.F. Lopez				•	•	•	•	•	•														
Dipl.-Ing. M. Reiche				•	•																		
Dr.-Ing. N. Osman				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•							
Dr.-Ing. H. Oberhem					•	•	•	•	•														
Dr.-Ing. R. Stelter					•	•	•	•	•	•	•												
Dr.-Ing. A.E. Mansour					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
Dr.-Ing. A. Alam Eldin					•	•	•	•	•	•	•												
Dr. PhD. M.A.M. Hassan							•	•	•	•													
Dipl.-Ing. J. Christ							•																
Dipl.-Ing. S. El Massah								•	•	•	•	•	•	•	•								
Dr.-Ing. A. Abou-Nabout								•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
M.sc.Eng. H. Kreshman								•	•	•	•	•	•	•	•								
M.sc.Eng. G.A. Etayeb								•	•														
Dipl.-Ing. V. Heukeroth										•	•	•	•										
Dr.-Ing. F. Pautzke										•	•	•	•	•									
Dr.-Ing. R. Schockenhoff										•	•	•	•	•	•	•	•	•					
Dr. PhD. A.M. Bassiuny										•	•	•	•										
Dipl.-Ing. H.-J. Nern										•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Dr.-Ing. M. Müller												•	•	•	•	•	•	•	•	•			
Dr. PhD. Abdel-Hamid												•	•										
Dr. PhD. A. Abdalla												•	•	•									
Dr. PhD. H. Soliman												•	•	•									
M.sc.Eng. G. Badawi												•	•										
Dr. PhD. I. El Nahry													•	•	•								
M.sc.Eng. O. Hachicho													•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Dr.-Ing. H. Pu													•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Dipl.-Ing. F. Fischer														•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Dipl.-Ing. M. Hubert															•	•	•	•	•	•	•	•	
Dipl.-Ing. N. Abdulazim																•	•	•	•	•	•	•	
M.sc.Eng. K.F. Dilaver																				•	•	•	
Dipl.-Ing. A. Kandil																				•	•	•	
Dipl.-Ing. R. Roemer																					•	•	
Dipl.-Ing. A. Kämper																					•	•	
Personal (Mannjahre)	4	6	7	11	13	12	14	16	15	18	16	16	20	19	16	15	11	12	12	14	15	15	298
Veröffentlichungen	8	2	4	3	1	2	5	4	9	18	17	2	14	14	6	14	12	7	14	23	12	11	202
Studien-/ Diplomarbeiten	0	1	3	5	4	6	4	6	15	8	13	7	11	24	16	20	11	26	22	26	13	8	249



Deutsch-Bulgarisches Seminar Oktober 1992, BUGH Wuppertal

v.l.n.r. Dr.-Ing. H. Pu, Dr. J. Djonov*, Dr. D. Bojadjiev*, Prof. Dr. J. Zaprianov (†)*, R. Ester-Wach, Dipl.-Ing. M. Winter, Prof. Dr. H.A. Nour Eldin, Dipl.-Ing. F. Fischer, Dr.-Ing. R. Schockenhoff, Dr.-Ing. A. Abou-Nabout, Dr. A. Gegov*, Dipl.-Ing. H.-J. Nern, M.sc.Eng. O. Hachicho, Dr. L. Lahtchev* (kniend)



Institutsausflug 1995

v.l.n.r. Frau R. Ester-Wach, Dr. J. Kiesner*, Dr.-Ing. A. Abou-Nabout, Dr.-Ing. H. Pu, Dr.-Ing. H.-J. Nern, Prof. Dr. A. Dziech*, Prof. Dr. H.A. Nour Eldin

* Technische Universität Kielce bzw. AGH Krakau, Polen



Promotion Dr. Pu, 1997, BUGH Wuppertal

vordere Reihe v.l.n.r. Prof. Dr. H.A. Nour Eldin, Prof. Dr.-Ing. H. Tolle (TU Darmstadt), Dr.-Ing. H. Pu

hintere Reihe v.l.n.r. M.sc.Eng. K.F. Dilaver, Dipl.-Ing. M. Dawid, Dipl.-Ing. M. Hubert, Dr.-Ing. M. Müller

I.3 Vorlesungen und Übungen (Education)

Die Fachgruppe für Automatisierungstechnik und Technische Kybernetik bietet derzeit die im Folgenden angegebenen Vorlesungen an. Die Lehrveranstaltung *Methoden und Systeme der Automatisierungstechnik* ist ein Pflichtfach für alle Studenten des Studiengangs Elektrotechnik.

Methoden und Systeme der Automatisierungstechnik (WS: 2V, 2Ü)

Diese Lehrveranstaltung vermittelt die Grundlagen der Regelungstechnik. Der Inhalt besteht aus der Analyse und Synthese linearer Systeme im Zustandsraum sowie im Frequenzbereich einschließlich der klassischen Methoden des Reglerentwurfs. Die Lehrinhalte werden durch Übungen vertieft.

Methods and Systems of Automation (WS: 2L, 2T)

The lecture is devoted to the basic control theory. The lecture comprises the analysis and synthesis of linear control systems in the state and in the time and frequency domain including the classical methods for PID-controller design. The lecture is supported through tutorials.

Die Lehrveranstaltung *Mehrgrößensysteme* sowie das *Praktikum Automatisierungstechnik* sind Wahlpflichtfächer für alle Studenten der Studienrichtung Automatisierungstechnik.

Mehrgrößensysteme (SS: 3V, 2Ü)

Aufbauend auf der Grundlagenvorlesung führt diese Lehrveranstaltung Studenten der Fachrichtung Automatisierungstechnik in spezielle Gebiete und Methoden der Regelungstechnik und Optimierung ein. Es werden die Grundlagen für zeitdiskrete sowie nichtlineare Systeme vermittelt und deren Einsatz in Regelsystemen dargestellt. Begriffe wie "Beobachtbarkeit" und "Steuerbarkeit" werden erklärt sowie Ansätze des Reglerentwurfs, der Zustandsrückführung und des Beobachterentwurfs für kontinuierliche und diskrete Systeme vorgestellt. Die Lehrinhalte werden durch Übungen vertieft.

Multivariable Systems (SS: 3L, 2T)

This lecture is obligatory for electrical engineering students specialising in automatic control. It deals with discrete time systems together with methods for handling simple nonlinear systems. Multivariable system theory is presented in a unique manner for state space, as well as for matrix-polynomial representation. Definitions of controllability, observability and special system representations are presented, including numerical methods. Different methods for the analysis and synthesis of state feedback as well as state observers (continuous and discrete time) are given. The lecture is supported through tutorials.

Praktikum Automatisierungstechnik (2P)

Es werden Praktikumsversuche zur Drehzahlregelung, dem Rechnergestützten Reglerentwurf, dem Verhalten eines RLC Kreises und dem Reglerentwurf für eine Verladebrücke angeboten. Die vier letztgenannten Versuche vermitteln gleichzeitig eine Einführung in MATLAB und SIMULINK.

Practical Course Automatic Control (2P)

There are practical courses for the control of the rpm speed of a dc motor, the computer-based controller design, the behaviour of a RLC-circuit and the controller design for a loading crane. These examples also give an introduction to MATLAB and SIMULINK.

Die Lehrveranstaltungen *Roboterleittechnik* sowie *Methoden der Prozeßleittechnik* sind Wahlfächer für alle Studenten der Studienrichtung Automatisierungstechnik.

Roboterleittechnik (WS: 3V, 2Ü, 1P)

Inhalt der Lehrveranstaltung Roboterleittechnik ist die Kinetik, die Kinematik und die Modellbildung für Roboter als auch deren Bahnplanung. Zur Steuerung und Regelung von Industrierobotern werden "konventionelle" sowie "neue" Regelkonzepte vorgestellt. Die Theorie wird durch Fallstudien und Praktika an dem im Labor vorhandenen Roboter Manutec r2 vertieft.

Methoden der Prozeßleittechnik (Leittechnik komplexer Prozesse) (SS: 2V, 2Ü)

In dieser Lehrveranstaltung werden Methoden und Verfahren zur leittechnischen Analyse und Synthese von komplexen Automationssystemen und Prozessen aufgezeigt. Weiterhin behandelt werden Zustandserfassung und Prozeßdiagnostik, Dynamik und Simulation, Betriebsoptimierungsmethoden sowie Entscheidungsunterstützung und KI in der Leittechnik. Die Veranstaltung wird durch spezielle Übungen ergänzt.

Regelsysteme mit verteilten Parametern

Transportprobleme, Wellenausbreitung, Wärmeausbreitung, Diffusionsprobleme, Lineare Systeme, Greensche Funktionen und Übertragungsfunktionen, Trennung von Randsteuerung und innerer Steuerung, verteilte Übergangsfunktion, verteilter Frequenzgang, symmetrische Greensche Funktionen, symmetrische Übergangsfunktionen, Diskretisierung für symmetrische Greensche Funktionen, analytische Konstruktion einfacher symmetrischer Greenscher Funktionen, raumsymmetrische Regelstrecke 2. Ordnung mit innerer Steuerung, Greensche Funktion für die Randsteuerung bzw. für die Anfangsverteilung, Spektralzerlegung symmetrischer Greenscher Funktionen, zugeordnete Randwertaufgabe, Eigenwerte, Eigenfunktionen, Mercerscher Satz.

Robot systems and control (WS: 3L, 2T, 1P)

The lecture comprises the kinetics and kinematics of robot, robot dynamics, robot control, path- and trajectory planning. Conventional as well as modern control concepts, especially for path- and trajectory planning are presented. Case studies as well as laboratory practical course with the Manutec r2 robot are given.

Methods of Process Supervision and Control (SS: 2L, 2T)

Methods and algorithms for the analysis, control synthesis and supervision of complex control processes are presented in this lecture. It comprises stationary state estimation, process diagnostics, process dynamics and simulation. Optimisation methods as well as process control reliability are also presented together with section exercises.

Control Systems with distributed parameters

Transport problems, wave propagation, heat distribution, diffusion, linear systems, Green functions and transfer functions, separation of boundary and inner control, distributed transfer function, symmetrical Green functions, symmetrical transfer function, discretization for symmetrical Green functions, analytical construction of simple symmetrical Green functions, space-symmetrical system of second order with inner control, Green functions for boundary control and initial values distribution, spectral distribution of symmetrical Green functions, initial values problem, eigenvalues, eigenfunctions, Mercer theorem.

Optimierung dynamischer Systeme

Klassifikation von Zielfunktionen, konvexe und quasikonvexe Funktionen, eindimensionale Optimierung über ein Intervall und unter Berücksichtigung der Eigenschaften von $f(x)$, mehrdimensionale Optimierung, quadratische Formen, Variationsrechnung nach Euler-Lagrange, Optimieren mit Restriktionen, Nebenbedingungen, Variationsrechnung nach Hamilton, Maximumprinzip von Pontrjagin, Zeitoptimales System, kontinuierliche Regelsysteme mit quadratischer Zielfunktion, Optimierung bei beschränkten Steuergrößen, konvexe Rückführung, Numerische Lösungsmethoden für nichtlineare Optimierungsaufgaben, Quasilinearisierung.

Robotersensorik

In der Lehrveranstaltung werden Grundlagen und Anwendungen von ein- und zweidimensionaler, insbesondere aktiver Sensortechnik vermittelt, letztere bezüglich Ausbreitungsvorgängen. Zusammen mit den physikalischen Grundlagen von Generatoren und Detektoren (Ultraschall, kohärente bzw. inkohärente Optik) werden Probleme, wie Wellenausbreitung, Materialwechselwirkung mit Wellenfeldern, Szenen-Beleuchtung, Szenen-Extraktion, Objekterkennung sowie Objektklassifikation behandelt und der Bezug zur Robotik und zur automat. Produkt-Qualitätssicherung hergestellt.

Methoden der Prozeßleittechnik

In dieser Lehrveranstaltung werden Methoden der Fuzzy Logik, der Neuronalen Netze und der Genetischen Algorithmen bzw. Evolutionsstrategien behandelt. Beginnend mit den Grundlagen der experimentellen Modellbildung und Reglerauslegung werden regelbasierte Regler vom einfachen und komplexeren Typ behandelt. Der Übergang zur Fuzzy Regelung wird an Hand der Fuzzy Inferenzstruktur von Mamdani gezeigt. Zur automatischen Erstellung von Fuzzy Inferenzsystemen werden Methoden der NeuroFuzzy und der Genetischen Algorithmen bzw. Evolutionsstrategien sowie heuristische Methoden vorgestellt.

Optimisation of dynamical systems

Classification of cost functions, convex and semiconvex functions, one-dimensional optimisation for an interval considering the properties of $f(x)$, multi-dimensional optimisation, quadratic forms, Euler-Lagrange variation calculus, optimisation with restrictions, boundary conditions, Hamilton variation calculus, Pontrjagin maximum principle, time-optimal system, minimum fuel, maximum flight distance, continuous control systems with quadratic cost function, optimisation with restricted control variables, convex feedback, numerical solution methods for nonlinear optimisation problems, semi-linearisation.

Robot Sensor Systems

In this lecture the foundations and applications of one- and two-dimensional active sensor technique are given. The two-dimensional active sensor technique is discussed concerning wave propagation. Together with the physical principles of generators and detectors (supersonics, coherent and incoherent optics) problems like wave propagation, influence of wave field on material, lighting of scenes, extraction of contours, recognition and classification of objects are dealt with and their importance for robotics and computer-aided quality control (CAQ) is highlighted.

Methods of Process Supervision and Control

In this lecture methods of Fuzzy logic, neural networks and genetic algorithms resp. evolution strategies are discussed. Starting with the principles of experimental setup of models and controller parameters, rule-based controllers of simple and sophisticated structure are presented. The transition to Fuzzy control is shown using the Mamdani inference structure. For the automated generation of Fuzzy inference systems, methods of Neuro-Fuzzy, genetic algorithms resp. evolution strategies as well as heuristic methods are given.

I.4 Gerätetechnische Ausstattung

Die in der Fachgruppe vorhandenen 25 Pentium Rechner sind über ein lokales Netz unter NOVELL NetWare 4.1 vernetzt, wobei die meisten Rechner über einen Internet-Zugang verfügen. Die eingesetzten Betriebssysteme sind derzeit Windows NT 4.0, Windows 95 und LINUX. Im Netz stehen zwei Laserdrucker, drei Farb-Tintenstrahldrucker sowie ein Scanner zur Verfügung.

Die Anwendungssoftware umfaßt u.a. Microsoft Office, Corel Draw, MAPLE, MATLAB und SIMULINK sowie Eigenentwicklungen für bestimmte Projekte, z.B. die Fuzzy Tools SYMFUZ und FUZGEN.

Daneben existieren zwei Robotersysteme:

- Robotersystem MANUTEC r2 mit RCM3 - Steuerung, Programmierhandgerät und Sensordatenverarbeitung; drei pneumatische Greifersysteme; Kompressor 15 bar mit Zubehör und Druckminderer
- Robotersystem REISS mit Steuerung

Für die Bildverarbeitung werden Zeilen-CCD-Kamerasysteme mit 2048 Pixeln und Linearvorschub-einheit (2m/s) eingesetzt.

Zur Meßwerterfassung wird eine DSPACE Signalprozessorkarte mit A/D-Wandler Karte eingesetzt, für spezielle Aufgaben steht ein transputergestütztes Meßsystem zur Verfügung.

Für die Hardware-Entwicklung stehen zwei Oszilloskope, Funktionsgeneratoren, Labor-Netzgeräte und Vielfachmeßgeräte zur Verfügung.



Außenansicht des Labors (1993)



Arbeitsgruppe Robotik: Dr.-Ing. R. Schockenhoff und Dipl.-Ing. M. Winter (1993)



Arbeitsgruppe Bildverarbeitung: M.sc.Eng. B. Su (1993)

I.5 Dissertationen

- 1 /82.He/ Heister, M.; *"Eine Methodik zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Mehrgrößenregelsystemen"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1982
- 2 /83.Sa/ Sakr, M.M.F.; *"Static State Estimation in Electric Power Systems"*, Dissertation, Cairo, Egypt, March 1983
- 3 /84.Le/ Lerch, E.; *"Ein neues Verfahren zur robusten Lösung stationärer Arbeitspunktprobleme im elektrischen Energienetz"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, May 1984
- 4 /87.Lo/ Lopez, L.; *"Modellierung und systematische Modellreduktion von nichtlinearen Netzmodellen mittels Singular Perturbation"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, April 1987
- 5 /87.St/ Stelter, R.; *"Modellreduktion und Betriebsoptimierung für Gasverteilnetze"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1987
- 6 /88.Ha/ Hassan, M.A.M.; *"Measurements Placement for Electric Power System Static State Estimation"*, Dissertation, Cairo, Egypt, January 1988
- 7 /88.Al/ Alam Eldin, A.; *"Computer Vision for Automated Inspection of Fabric Products"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Dec. 1988
- 8 /89.Ob/ Oberhem, H.; *"Ein CAD-System für Druckwellenmaschinen"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Feb. 1989
- 9 /90.Ma/ Mansour, A.E.; *"Bad-Data Pre-Cleaning and Static State Estimation in Electric Power Networks"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Jan. 1990
- 10 /90.Ba/ Bassiuny, A.M.; *"Computer Process Control in the Cement Industry"*, Dissertation, Cairo, Egypt, Feb. 1990
- 11 /90.Os/ Osman, N.; *"Nichtlinearer Zustandsbeobachter für die Spannungsregelung des Synchrongenerators"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, November 1990
- 12 /91.Ab/ Abdel-Hamid, A.M.; *"Combined Static VAR and Voltage Control System"*, Dissertation, Menoufia University, Egypt, 1991
- 13 /92.Na/ Abou-Nabout, A.; *"Modulares Konzept und Methodik zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1992; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 20, Nr. 92, 1993
- 14 /92.So/ Soliman, H.H.; *"Theory and Applications of Hardware-Implemented Algorithms"*, Dissertation, Mansoura University, Egypt, Dec. 1992
- 15 /93.Ab/ Abdalla, A.; *"Simulation of Industrial Robot for Flexible Manufacturing Cell"*, Dissertation, Helwan University, Egypt, Nov. 1993
- 16 /94.Na/ El Nahry, I.F.; *"Neural Network Based Pattern Recognition of Coloured Objects"*, Dissertation, Suez Canal University, Port Said, Egypt, April 1994
- 17 /95.Sc/ Schockenhoff, R.; *"Realisierung einer Expertensystem-Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter kooperierender Expertensysteme"*, Dissertation, Wuppertal, December 1995; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 10, Nr. 456, 1996
- 18 /97.Mü/ Müller, M.; *„Ein Konzept für dreidimensionales Maschinensehen durch aktive flächenbasierte Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturierte Beleuchtung“*, Dissertation, BUGH Wuppertal, April 1997; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 10, Nr. 507, 1997
- 19 /97.Pu/ Pu, H.; *„Novel Algorithms towards Systematic, Generalized and Compact Recursive Generation and Computation of the Complete Robot Dynamics with Realisation Aspects in CAD-Systems“*, Dissertation, BUGH Wuppertal, June 1997; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 8, Nr. 687, 1998

I.6 Diplomarbeiten

- 1 Heister, M.: Numerische Bestimmung von Kroneckerindizes und die Aufstellung des Prim-Matrix-Produktes einer Matrixübertragungsfunktion (1979)
Reiche, M.: Signal- und Parameterschätzung bei Transportprozessen unter Einfluß von Impulsrauschen (1981)
Simka, M.: Suboptimale Steuerung von linearen Systemen an zwei Beispielen 2. und 3. Ordnung (1981)
Lopez, L.: Schnelle Zustandsestimation im elektrischen Energienetz (1981)
- 5 Oberhem, H.: Simulation der instationären Strömungsvorgänge in der Hochdruckphase des Druckaustauschers (1982)
Stelter, R.: Eine Untersuchung dynamischer Modelle zur Simulation von Rohrgasleitungen (1983)
Steiner, H.: Vergleich von Vorschlägen für Steuerbarkeitsmaße von linearen, zeitinvarianten Systemen (1983)
Hartmann, H.: Lokalisierung und Identifizierung von gedruckten Großbuchstaben aus einem digitalisierten Bild (1983)
Ekici, Y.: Simulation der Dynamik von Gasverteilnetzen (1983)
- 10 Alam Eldin, A.: Translations-Rotationsinvarianten Objekterkennung (1983)
Christ, J.: Ein neues Verfahren zur Modellreduktion mittels Schur-Form und Singular-Perturbation (1984)
Sepan, P.: Entwicklung einer intelligenten Ultraschall-Sensorik zur Positionsbestimmung (1985)
Rückwald, R.: Ein Algorithmus zur Lösung des Tracking-Problems mittels der Methode der konvexen Rückführung (1985)
Droste, R.: Interaktive Modellreduktion (1985)
- 15 Rüdinger, H.: Automatische Fehlerdetektion gleichmäßig verteilter Strukturen (1985)
Van Schrick, D.: Software-Module für den rechnergestützten Regelkreisentwurf (1986)
Heukeroth, V.: Ein Verfahren zur Vermessung von Vierecken mittels digitaler Bildverarbeitung (1986)
Pautzke, F.: Verzögerte Ausgangsrückführung für zeitdiskrete LTI-Systeme (1986)
Volkman, H.: Berücksichtigung spezieller Störungen im Netzaufbauverfahren (1986)
- 20 Lüttringhaus, C.: Entwicklung eines Interfaces zur Kopplung zwischen CCD-Zeilenkamera und Auswerterechner für die Anwendung in der Mustererkennung (1987)
Marschall, S.: Bestimmung der Fadenzahl in Matten mittels digitaler Bildverarbeitung (1987)
Dittmann, F.-L.: Untersuchungen zur Erkennung und Reproduktion von technischen Zeichnungen mittels digitaler Bildverarbeitung (1987)
Jackstadt, U.: Ein System zur wissensbasierten Farberkennung mittels digitaler Bildverarbeitung (1987)
Schuster, U.: Optimierung der Störungserkennung und Störungsverfolgung bei der Simulation von Druckwellenmaschinen (1987)
- 25 Schockenhoff, R.: Verfahren zur allgemeinen Lösung des Konfigurationsproblems für Industrieroboter (1987)
Krekeler, E.: Ein Datenbankkonzept und stationäre Zustandsberechnung für Gasverteilnetze (1988)
Nern, H.-J.: Modellierung und Simulation von Komponenten solarthermischer Anlagen (1988)
Lücker, S.: Ein Interface zur Kopplung der Robotersteuerung SIEMENS RCM3 mit einem Personal-Computer (1988)
Fuss, J.: Automatische Erkennung von Werkstücken mittels digitaler Bildverarbeitung (1988)
- 30 Müller, M.: Entwicklung einer Experten-Shell für Prozeßleitebenen (1988)

- Ponge, S.: Erweiterungen eines Signalprozessorsystems mit Erstellung der zugehörigen Software für Anwendungen in der Robotik (1988)
- Herrmann, E.: Verteilte Berechnungen bei der digitalen Objektvermessung mit Hilfe eines Transputersystems (1989)
- Temme, M.: Einsatz von Transformationsmethoden zur Objektkonturbeschreibung (1989)
- Biesenbach, R.: Ein Verfahren zur Linienextraktion bei technischen Zeichnungen auf der Basis verteilter Datenräume mittels eines Transputernetzwerks (1989)
- 35 Leuther, S.: Verzögerte Ausgangsrückführung zur Spannungsregelung eines Synchrongenerators am starren Netz (1990)
- Hansen, S.: Konzeption einer graphischen Benutzerschnittstelle zur blockorientierten Darstellung und Simulation regelungstechnischer Systeme (1990)
- Sartorius, A.: Dauerbelastungstest und Produktqualitätsüberwachung einer Crimp-Pressen (1990)
- Fischer, R.: Erweiterung des regelbasierten CACSD-Programmpakets PIERS (1990)
- Lorenz, M.: Konzeption und Realisierung von Methoden zur Unifikation und Auswertung von Regeln für die Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1991)
- 40 Gunnemann, F.: Modellapproximation linearer, zeitinvarianter Eingrößensysteme (1991)
- Joswig, N.: Entwurf und Realisierung eines Hardware-Sensormoduls zur Echtzeitkonturextraktion (1991)
- Albus, P.: Wissensrepräsentation in der Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1991)
- Kunz, K.: Entwurf robuster, dynamischer Regler für den spurgeführten Omnibus mit verrauschten Messungen (1991)
- Veith, J.: Programmpaket zur invarianten Ordnungsreduktion (1991)
- 45 Weck, R.: Erweitertes Programmier- und Bediensystem für Industrieroboter (1991)
- Pallenberg, G.: Automatische Analyse von Linienzeichnungen zur CAD/CAM-Unterstützung (1991)
- Fischer, F.: Verteiltes CAD-System für Entwurf und Optimierung von nichtlinearen Turbogenerator-Beobachtern sowie deren Echtzeitrealisierung auf einem Transputersystem (1991)
- Lepper, T.: Binarisierung von Grauwertbilddaufnahmen mittels globaler regionenabhängiger Methoden (1992)
- Fischer, M.: Untersuchung zur Anwendbarkeit reduzierter Modelle bei der Fehlerdetektion für dynamische Systeme (1992)
- 50 Bernhard, D.: Realisierung eines nichtlinearen echtzeitfähigen Gasturbinen-Zustandsbeobachters auf einem Transputernetzwerk (1992)
- Fiedler, D.: Rechnernetzwerke und Datenkommunikation für die Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1992)
- Urban, K.: Realisierung der Inferenzmaschine für die Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1992)
- Dogan, H.: Programmpaket zur Optimierung linearer Regelsysteme mit quadratischer Zielfunktion (1992)
- Kleinewiese, U.: Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung und Verbesserung defokussierter digitaler Bilder und Integration in das objektorientierte Programmpaket C-VIS (1992)
- 55 Okur, Ü. H.: CAD Programmpaket zur Erstellung optimaler Trajektorien für die Roboterbewegung (1992)
- Bahn Müller, H.: Konzeption und Realisierung einer objektorientierten Softwarebibliothek zur Verarbeitung und Verwaltung digitaler Bilder (1993)
- Stell, A.: Schnelle Klassifikation von Oberflächenfehlern mittels digitaler Bildverarbeitung unter Einsatz von Parallelrechnern und neuronalen Netzstrukturen (1993)
- Willgerodt, S.: Realisierung einer framebasierten Inferenzmaschine und der Erklärungskomponente für die Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1993)

- Güzel, G.: Erweiterung des blockorientierten Simulationsprogramms BLOCKSIM für MIMO-Blöcke (1993)
- 60 Hönscher, R.: Simulation zeitinvarianter, nichtlinearer, durch allgemeine Zustandsdifferentialgleichungen beschriebener Systeme (1993)
- Wirths, I.: Realisierung eines Distributed Fuzzy Control Systems mit der Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1993)
- Brausch, A.: Entwurf und Realisierung eines Fuzzy-Algorithmus zur Prozeßregelung von Kunststoffspritzgießmaschinen (1993)
- Krüger, W.: CAD Programm-Module zur Optimierung linearer bzw. nichtlinearer Regelsysteme (1993)
- Süme, A.: Entwicklung eines Konzeptes zur Extraktion der Konturen von Objekten in farbigen Bildaufnahmen in Echtzeit (1993)
- 65 Reuter, N.: Einsatz der Fuzzy-Logik zur Sensorfehlererkennung an einem Hochofen (1994)
- Burghoff, F.: Implementierung des DESys-Konzeptes zur verteilten Wissensverarbeitung in einem Expertensystemnetz (1994)
- Berg, H.: Konzeption und Realisierung eines intelligenten CAN-Bus Anzeigemoduls zur Integration in dezentrale Fertigungsanlagen (1994)
- Neuhaus, P.: Realisierung einer SQL-Datenbankschnittstelle für die DESys Expertensystem-Metashell (1994)
- Bösz, U.: Konzept und Realisierung einer Bewegungssimulation von kinematischen Ketten und Objekten für die 3D-Animation unter MS-Windows (1994)
- 70 Regge, A.: Entwicklung und Untersuchung von Informationskodierungsverfahren für Beleuchtungsraster (1994)
- Tautz, M.: Entwicklung eines modularen Konzeptes zur objektorientierten Segmentierung von farbigen Bildaufnahmen (1995)
- Meier, R.: Objektorientiertes Verfahren zur Extraktion der Konturen in Grauwertbildern (1995)
- Ioannidis, C.: Entwurf u. Realisierung eines zeitdiskreten Reglers zur Regelung eines Verladebrückenmodells nach den Methoden der Zustandsrückführung und der Fuzzy-Logik (1995)
- Paulicks, W.: Entwurf und Implementierung eines IRDATA-Interpreters für programmgesteuerte Handhabungsgeräte der Automatisierungstechnik (1995)
- 75 Schäfer, D.: Entwicklung einer Kommunikationsschnittstelle zwischen Transputernetzwerk und verteiltem Expertensystem DESys (1995)
- Jezen, A.: Einsatz der Walsh Piecewise Linear Transform (WPL) zur Analyse von Objekten in zweidimensionalen Bildaufnahmen (1995)
- Haber, T.: Identifikation und Lagebestimmung vereinzelter 3D-Objekte auf der Basis ihrer planaren Oberflächen (1995)
- Jacobs, H.: Realisierung eines miniaturisierten Windmessers unter Verwendung von CMOS-Gasflußsensoren (1995)
- Rose, A.: Realisierung einer Kommunikationsschnittstelle zwischen transputergestützter Prozeßleitebene und dem DESys-Expertensystemnetz (1995)
- 80 Weck, K.: Entwurf und Einsatz eines Zustandsbeobachters für die elektrothermische Fehlerdiagnose des Synchrongenerators realisiert auf einem Transputernetzwerk (1995)
- Kutlu, A.: Konzeption und Integration eines sicheren Übertragungsprotokolls für den SCHMERSAL Sicherheitsbus (1995)
- Lommel, S.: Entwicklung eines flexiblen Meßwerterfassungssystems für Maschinen zur Chemiefaserherstellung (1995)
- Wirths, T.: Entwurf eines Controller-Programmpaketes zur Kopplung von Behindertentastaturen mit einem PC einschließlich LCD-Anzeige der momentanen Betriebsparameter (1995)

- Schara, C.: Entwurf einer Joysticksimulation durch ein Ansteuerfeld - auch für bewegungsgestörte Personen - einschließlich der μ P-unterstützten PC-Ankopplung (1995)
- 85 Aussem, A.: Entwicklung eines Hard- und Softwarekonzepts zur berührungslosen Erkennung bewegter Objekte in CAQ-Anwendungen (1995)
- Court, M.: Segmentierung von Grauwertbildern mittels Mehrschwellentechnik (1996)
- Müller, D.: Untersuchung der Regelung des 100m Radioteleskops in Effelsberg (1996)
- Murach, W.: Identifikation und Lagebestimmung von nicht vereinzelt 3D-Objekten auf der Basis ihrer planaren Oberflächen (1996)
- Plattner, D.: Entwicklung einer computergestützten Auswertung von physiologischen Variablen zur ambulanten Diagnostik des Schlafapnoe-Syndroms (1996)
- 90 Purwin, R.: Implementierung eines universellen Fuzzy-Inferenzsystems für eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) (1996)
- Roemer, R.: Parallelberechnung der inversen Roboterdynamik mit Transputern (1996)
- Schaddach, W.: Hochgenaue Kantenlokalisierung bei 2D-Objekten mittels Analyse im Subpixelbereich (1996)
- Thiemann, O.: Einsatz von Lernalgorithmen zur Optimierung von Fuzzy-Inferenzsystemen (1996)
- Valipoori, S.: Entwicklung einer Innenanzeige in Vakuumfluoreszenz-Technik für Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs (1996)
- 95 Piesciek, J.: Realisierung eines EKG-Meßgerätes zur Erfassung und Speicherung eines oder mehrerer kurzzeitiger EKG-Verläufe und nachträglichen Übergabe an einen PC (1996)
- Weinmann, C.: Untersuchung und Analyse von Meßdaten für eine SPC-Komponente in einem CAQ-System (1997)
- Beuth: Entwicklung eines Softwarepakets zur interaktiven Analyse des Access-Log-Files von Web-Servern (1997)
- Yazdan-Madad: Automatische Bakterienzählung in Proben von Produktionsgewässern mittels digitaler Bildverarbeitung (1997)
- Kämper, A.: Entwicklung einer PCI-Bus-Einschubkarte zur hochauflösenden Echtzeit-Konturkantenextraktion (1997)
- 100 Dehnert, T.: CAD-Programm zur Roboterkinematik mit Anwendung an einem baumartigen Roboter-Kamera-System (1997)
- Sonntag, W.: Entwicklung einer Hardwarevorrichtung zur Visualisierung und Speicherung von Grauwertbildung mit extrem hoher Auflösung (1997)
- Schneidinger, J.-O.: Realisierung eines Objekt- und Systemmanagers für das verteilte Expertensystem DESys (Distributed Expert System) (1997)
- Römer, P.: NN-unterstütztes Lernen von Fuzzy-Inferenzsystemen bei Verwendung von Lerndatensätzen (1997)
- Schmidt, S.: Entwicklung von Programm-Modulen für die Trajektorieneingabe und Parameteridentifikation unter MS-Windows (1997)
- 105 Mayer, K.: Entwicklung von Programm-Modulen zur Meßdatenerfassung und -verarbeitung unter MS-Windows (1997)
- Dawid, M.: Analytische und numerische Behandlung der Reibung in der Roboterdynamik (1997)
- Feldmann: Einsatz eines Triangulationsmeßverfahrens zur Höhenkontrolle von Streckenteilen in Sicherungsdosen (1997)
- Wendt: Untersuchung über die Möglichkeiten moderner Steuerung von computerunterstützten Geräten im Bereich der Medizin und Technik (1997)
- Schildbach, G.: Entwicklung eines Systems für die flexible Messung der Spannungen, Ströme und Drehzahlen der Gelenkmotoren eines Industrieroboters Manutec r2 (1997)

- 110 Sleiman, Y.: Entwurf eines mehrphasigen Fuzzy-Inferenzsystems zur Positionierung eines LKW's mit Anhänger (1997)
- Gitsels, A.: Einsatz der Wavelet-Transformation (WT) zur Analyse von 2D-Objekten in CAQ-Anwendungen und zur variablen Datenkompression (1997)
- Köpsel, U.: Entwurf und Realisierung eines Programmes zur Erkennung von Fehlern in konturorientierten Texturen (1998)
- Abdo, R.: Entwicklung eines PC Boards zur Digitalisierung von Kamerabildern auf der Basis des schnellen PCI-Busses (1998)
- Hamacher, J.: Fuzzy-Modellierung dynamischer Prozesse höherer Ordnung unter Verwendung von Prozeßdatensätzen (1998)
- 115 Zahran, N.: Entwicklung eines Gerätes zur Lasertherapie mittels einer Mikrocontroller gesteuerten Laserdiode (1998)
- Smouhi, J.: Dynamische Modellierung der Walzgeschwindigkeit in Walzwerken mittels eines automatisch generierten Fuzzysystems zur Analyse und Strukturierung von Prozessabläufen (1998)
- Musa-Shufani, S.M.: Realisierung eines Steuerungssystems zur automatischen Anbringung von vorgefertigten und magazinierten Schleifen an Verpackungsbehältern (1998)
- Aoufi, A.: CAD einer Verladebrückenregelung mittels MATLAB 5.2 und SIMULINK (1998)
- Sommer, R.: Automatische Fuzzy-Modellbildung für die Spannungsregelung des Synchrongenerators (1998)
- 120 Stummer, C.: Konzeption, softwaremäßige Entwicklung und Einsatz von Redaktions- und Workflow-Systemen im Inter-/Intranet (1998)
- Weber, M.: Identifikation von Reibungsparametern in der Roboterdynamik mittels automatisch generierten Fuzzy-Systemen (1998)
- Katsis, A.: Realisierung eines WWW-Online-Infosystems mittels ASP als Middleware und VB im Front End Sektor (1998)
- Vogel, M.: Rekonstruktion der Zugspannungsverteilung aus Piezosignalen einer Meßwalze und deren graphische Visualisierung (1999)
- Jeremias, T.: Einsatz moderner Betriebssysteme für industrielle Steuerungsaufgaben (1999)
- 125 Naji, K.: Design und Implementierung eines internetfähigen Datenbanksystems unter Lotus Notes & Domino (1999)
- Helm, S.: Realisierung einer Fehlererkennung für kontur- und flächenbasierte Texturen mit Fuzzy-Methoden in einer verteilten Architektur (1999)
- Rupprath, M.: Entwurf und Realisierung eines behindertengerechten Zeigergerätes für den USB (1999)

I.7 Studienarbeiten

- 1 Simka, M.: Optimale Positionsregelung unter Berücksichtigung von Begrenzungen und Parameteränderungen (1980)
Lopez, L.: Prozesse mit Prüfsignalen unter starkem Impulsrauschen (1980)
Reiche, M.: Gewinnung von $g(t)$ bzw. $G(j\omega)$ unter starkem Impulsrauschen (1980)
Oberhem, H.: Translations-Rotationsinvarianten Objekterkennung (1981)
- 5 Ekici, Y.: Simulation von schnellen Vorgängen in Flüssigkeits- bzw. Gasnetzen (1981)
Hartmann, H.: Modellierung und Vergleich des Führungsverhaltens von mit Verbrennungsmotoren ausgerüsteten KFZ mit und ohne Turbolader (1982)
Steiner, H. J.: Simulation des Regelkreises Mensch-Fahrzeug (1982)
Stelter, R.: Die Methode der konvexen Rückführung als "Least-Square Aufgabe" (1982)
Christ, J.: Methoden der Modellreduktion (1983)
- 10 Van Schrick, D.: Implementierung einer ersten Version von PIERS (Programmpaket zum interaktiven Entwurf regelungstechnischer Systeme) (1984)
Sepan, P.: Entwurf und Realisierung einer rechnergestützten Funkfernsteuerung (1984)
Rückwald, R.: Implementation und Vergleich von Algorithmen zur Lösung der optimalen Zustandsrückführung (1984)
Rüdinger, H.-J.: Methoden und Anwendungen der Mustererkennung mit Hilfe eines industriellen Meß- und Sensorsystems (1985)
Pollak, P.: Untersuchung von Regelsystemen an einer hybriden Simulationsanlage DORNIER 960 (1985)
- 15 Bürk, S.: Messungen an selektiv beschichteten Solarabsorbern (1986)
Volkman, H.: Realisierung einer CAD-Version zur Berechnung instationärer Strömungsvorgänge in einer Shock-Tube (1986)
Schuster, U.: Erweiterung des Programmpaketes RASP-G zu einer CAD-Version (1986)
Pautzke, F.: Hierarchisches Automationssystem als zweistufiges Tracking-Problem (1986)
Dittmann, F.-L.: Simulation von Industrierobotern (1986)
- 20 Heukeroth, V.: Bestimmung der geometrischen Parameter zylindrischer Körper mittels digitaler Bildverarbeitung (1986)
Nern, H.-J.: Simulation des dynamischen Verhaltens einer mehrstufigen Meerwasserentsalzungsanlage (1986)
Lüttringhaus, C.: Entwurf und Realisierung einer Sende/Empfangeinheit zur drahtlosen Datenübertragung (1986)
Marschall, S.: Rechnergestützte Fehlererkennung und Grobklassifizierung von Stoffgeweben (1986)
Schockenhoff, R.: Simulation eines linearisierten Netzmodells (1986)
- 25 Jackstadt, U.: Modellierung und digitale Simulation eines Turbinen-Generator-Regelkreises mit Erstellung eines Programmpaketes zur Integration auf der Basis der Trapezregel (1986)
Krekeler, E.: Vergleich der dynamischen Eigenschaften zweier Modelle für die Gasrohrleitung im instationären Betrieb (1987)
Lücker, S.: Achswinkel- und Achswinkelgeschwindigkeitsmessung für Industrieroboter mit inkrementellen Weggebern (1987)
Denter, M.: Ausgangsrückführung und Konfigurationsmöglichkeiten für einen einfachen Roboter (1988)
Biesenbach, R.: Ein Verfahren zur Skelettierung linienhafter Bildschirminformationen (1988)
- 30 Temme, M.: Bestimmung von Objektmerkmalen aus segmentierten Binärbildern (1988)

- Herrmann, E.: Simulation eines dreiachsigen Industrieroboters und Analyse der Kopplungsenergien (1988)
- Müller, M.: Anwendung eines Bildverarbeitungssystems zur flexiblen Steuerung von Industrierobotern (1988)
- Ponge, S.: Realisierung eines Prozessorsystems mit dem digitalen Signalprozessor TMS 320C25 von Texas Instruments (1988)
- Fuss, J.: Ein Expertensystem für die Erkennung von komplexen Objekten (1988)
- 35 Leuther, S.: Softwaremodule zur Simulation, optimalen Polfestlegung und Berechnung von Eigenwerten linearer, zeitinvarianter Systeme (1989)
- Akyürek, I.: Programm-Module zur Mensch-Maschine-Kommunikation für das Programmpaket PIERS unter MS-Windows (1989)
- Hansen, S.: Interaktive Benutzerschnittstelle zur graphischen Darstellung von Simulationsergebnissen regelungstechnischer Systeme unter MS-Windows (1989)
- Fischer, R.: Wissensbasierte Benutzerführung und Frequenzgangberechnung für das Programmpaket PIERS (1989)
- Haage, U.: Software-Module zur Analyse und Synthese linearer zeitinvarianter Mehrgrößensysteme im Zustandsraum (1990)
- 40 Sartorius, A.: Programm-Modul zur optimalen Zustandsrückführung mit quadratischer Zielfunktion für lineare, zeitinvariante Systeme (1990)
- Gunnemann, F.: Zustandsdarstellungsformen zur Analyse und Synthese linearer, zeitinvarianter Mehrgrößensysteme (1990)
- Weck, R.: Softwaremodule zur Offline-Programmierung von Industrierobotern verbunden mit dem Aspekt der auf CAD-Informationen basierenden, aufgabenorientierten Programmgenerierung (1990)
- Lorenz, M.: Weiterentwicklung und Erstellung des Platinenlayouts für das "Extended Robot Control" Interface (1990)
- Fischer, F.: Software-Realisierung eines echtzeitfähigen, nichtlinearen Zustandsbeobachters für den Synchrongenerator auf einem Transputernetzwerk (1990)
- 45 Hecker, F.-P.: Segmentierung von Objekten in 2D-Bildaufnahmen mit Hilfe histogrammadaptiver Quantisierung (1990)
- Lepper, T.: Einsatzmöglichkeiten von konturorientierten Verfahren für Anwendungen der automatischen Qualitätskontrolle (CAQ) (1991)
- Block, T.: Visualisierung der komplexen Bewegungsabläufe eines Roboters in einer Fertigungszelle (1991)
- Kunz, K.: Vergleich von Regelkonzepten für den spurgeführten Omnibus mittels Simulation im Zeitbereich (1991)
- Kromberg, J.: Einsatz von Methoden zum zeitoptimalen Verfahren von Industrieroboter (1991)
- 50 Veith, J.: Berechnung und graphische Darstellung von Gershgorin-Bändern zur Analyse und Synthese multivariabler Systeme (1991)
- Albus, P.: Die wissensbasierte Fertigungsführung des Robotersystems (1991)
- Mara, J.-P.: Fehlerdetektion für dynamische Systeme mittels analytischer Redundanz (1991)
- Fischer, M.: Analytische Untersuchung der Lambda Regelung eines Otto-Motors (1991)
- Wagner, A.: Entwicklung eines elektrisch angetriebenen, kraftgeregelten Greifers für Industrieroboter (1991)
- 55 Senf, K.: Rechnergestützte Stabilitätsuntersuchung nichtlinearer Systeme mittels harmonischer Balance (1991)
- Stell, A.J.: Optische Analyse von Objektoberflächen bei Anwendungen der automatischen Qualitätskontrolle (1991)
- Dogan, H.: Software-Module zur Optimierung linearer Systeme mittels konvexer Rückführmethode (1991)

- Okur, Ü. H.: CAD-Programm zur Simulation nichtlinearer Robotermodelle (1991)
- Langer, G.: Merkmalbestimmung bei Zeitreihen (1991)
- 60 Fiedler, D.: Programmbibliothek für Datei Ein-/Ausgabe unter MS-Windows und MS-DOS für das Programmpaket PIERS (1991)
- Ioannidis, C.: Aufbau eines Verladebrückenmodells (1992)
- Bernhard, D.: Simulation des Gasturbinenmodells nach /91.Kr/ auf einem Transputernetzwerk als Basis für den Entwurf eines echtzeitfähigen Gasturbinenbeobachters (1992)
- Brausch, A.: Entwicklung eines Tools zum Entwurf von Fuzzy Control Systemen und deren Implementierung auf Transputern (1992)
- Güzel, G.: Programm-Module und Dynamic Link Libraries zur Bearbeitung numerischer Werte für das Programmpaket PIERS unter MS-Windows (1992)
- 65 Urban, K.: Realisierung des Systemmanagers für DESys (Distributed Expert System) (1992)
- Wirths, I.: Programmierung eines intelligenten Interfaces für externe Bahn- und Sensorführung eines Robotersystems (1992)
- Süme, A.: Entwurf und Realisierung eines Hardwaremoduls zur Echtzeitsortierung von extrahierten Konturkanten (1992)
- Willgerodt, S.: Realisierung der Dialogkomponente für die Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1992)
- Hönscher, R.: Dreidimensionale graphische Darstellung von Simulationsergebnissen multivariabler dynamischer Systeme (1993)
- 70 Krüger, W.: Schnittstelle zur graphischen Darstellung von Simulationsergebnissen regelungstechnischer Systeme unter AutoCAD (1993)
- Reuter, N.: Programmpaket zur Analyse und Modellreduktion linearer, zeitinvarianter Mehrgrößensysteme (1993)
- Korunis, E.: Realisierung einer Programmbibliothek zur strukturierten Darstellung von Schemagraphen und Baumstrukturen (1993)
- Heyen, H.L.: Untersuchung zur Lagefehlerkompensation an Werkzeugmaschinen durch den Einsatz von Fuzzy-Logic oder Neuronalen Netzen (1993)
- Paulicks, W.: Entwicklung von Betriebssoftware in OCCAM für eine transputerbasierte Robotersteuerung (1993)
- 75 Meier, R.: Entwurf und Realisierung eines Hard- und Softwaremoduls zur Aufzeichnung und graphischen Darstellung von Temperaturhistorien in Kühlanlagen mit der Entwicklung eines geeigneten Verfahrens zur Datenreduktion (1993)
- Burghoff, F.: Realisierung einer Inferenzmaschine mit der Backwardchaining-Kontrollstrategie für die Expertensystem-Shell DESys (Distributed Expert System) (1993)
- Regge, A.: Konzeption und Realisierung eines Verfahrens zur Darstellung von Differenzbildern auf einem Transputersystem (1993)
- Neuhaus, P.: Realisierung einer interaktiven Akquisitionskomponente und eines Editors für die Wissenserfassung in der Expertensystem-Metashell DESys (Distributed Expert System) (1993)
- Bösz, U.: Konzeption und objektorientierte Implementation der Visualisierung von 3D-Objekten für eine Roboter-Kamera-Simulation unter MS-Windows (1993)
- 80 Werner, J.: Optimierung von Modellparametern für die Generator Kühlung auf einem Transputernetzwerk (1994)
- Kutlu, A.: Integration eines Bereichswachstumsverfahrens zur Konturierung von Grauwertbildern in das objektorientierte Programmpaket C-VIS und Bewertung der Ergebnisse (1994)
- Haber, T.: Konzeption und Realisierung einer Smalltalk-ähnlichen interpretativen Schnittstelle zur objektorientierten Bildverarbeitungsbibliothek C-VIS (1994)

- Roemer, R.: Realisierung neuer Verfahren zur inversen Roboterdynamik und Robotersimulation (1994)
- Schäfer, D.: Simulation und modellbasierte Fehlerdiagnose eines Dreitank-Ballastsystems realisiert auf einem Transputernetzwerk (1994)
- 85 Schmoldt, O.: Einsatz eines Prozeßleitsystems zur Regelung einer kältetechnischen Anlage unter besonderer Berücksichtigung der Visualisierung und Parametrierung (1995)
- Meinert, I.: Realisierung eines Hardwaremoduls zur parallelen Echtzeit-Digitalisierung und Konturkantenextraktion (1995)
- Murach, W.: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Oberflächen von dreidimensionalen Objekten aus einer Menge ungeordneter Ebenenfragmente im 3D-Raum (1995)
- Aussem, A.: Realisierung eines wissensbasierten Systems zur Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen mittels objektorientierter Programmierung (1995)
- Schaddach, W.: Entwurf und Implementation eines CAQ-Verfahrens zur berührungslosen Vermessung von Kanülenspitzen (1995)
- 90 Weck, K.: Entwurf und Einsatz von Wärmequellennetzen für die thermische Modellierung des Synchrongenerators realisiert auf einem Transputernetzwerk (1995)
- Court, M.: Detektion von Änderungen in Bildfolgen mittels Strukturvergleich (1995)
- Thiemann, O.: Entwicklung einer symbolbasierten Benutzeroberfläche zur flexiblen Erstellung von Fuzzy-Inferenzsystemen (1995)
- Koch, A.: Entwurf und Realisierung eines Interface für eine CCD-Zeilenkamera zum Anschluß an einen PC (1995)
- Purwin, R.: Entwicklung und Einbindung eines Regeleditors in eine symbolbasierte Benutzeroberfläche zur flexiblen Erstellung von Fuzzy-Inferenzsystemen (1995)
- 95 Schneidinger, J.-O.: Integration verteilter Fuzzy-Inferenz in die Expertensystem-Metashell DESys (Distributed Expert System) (1995)
- Dawid, M.: CAD Programme zur symbolischen Berechnung der Roboterdynamik (1996)
- Gitsels, A.: Analyse von akustischen Signalen in Verbindung mit dem Freiburger Sprachverständlichkeitstest zur Entwicklung anwenderspezifischer Hörgeräte (1996)
- Lagrou, S.: Rekonstruktion und Analyse von 3D-Objekten mittels der Volumen-Schnittpunkt-Technik (1996)
- Mayer, K.: Entwicklung eines Programmpakets zur Erfassung und Auswertung von Motilitätsmessungen für die Therapiesteuerung von Parkinsonpatienten (1996)
- 100 Piesciek, J.: Entwurf und Realisierung einer Hard- und Software zur EKG-Erfassung auf der Basis einer vorhandenen Controllerplatine als Ankoppelsystem zu einem PC (1996)
- Pschyrrer, T.: Realisierung eines Meßplatzes zur CAQ-gestützten Vermessung von Rasierklingen (1996)
- Römer, P.: Realisierung eines biometrischen Systems zur Personenidentifikation mittels digitaler Bildverarbeitung (1996)
- Schmidt, S.: Konzeption und Realisierung eines Verfahrens zur Kollisionserkennung für Industrieroboter am Beispiel des Manutec r2 (1996)
- Sommer, R.: Entwicklung einer CAQ-Komponente für Kabel-Umwickelanlagen (1996)
- 105 Yaghootfam, O.: VisKey: Ein Bildverarbeitungssystem zur Simulation der Tastaturbedienung eines PC's durch Registrierung von Kopfbewegungen (1996)
- Craen, M.: Realisierung eines Programms zur einfachen Erkennung einfacher Objekte mit Hilfe eines parallelen Erkenners (1996)
- Stummer, C.: Entwicklung eines Softwarepakets zur datenbankgestützten dynamischen Webseiten Generierung (1996)
- Dreyer: Konzept und Realisierung einer transputerbasierten Elektronik für die Ansteuerung von Schrittmotoren mit hoher Geschwindigkeit (1997)

- Köpsel, U.: Realisierung eines Programmpakets zur Erkennung einfacher Objekte mit Hilfe von Eigenwerten und Neuronalen Netzen (1997)
- 110 Hamacher, J.: Konzeption und Realisierung einer Temperaturprofilregelung für einen diskontinuierlichen Schaufelknetter mittels eines Fuzzysystems (1997)
- Souifi: Einsatz von Farbquantisierungsmethoden zur Kodierung von digitalisierten Farbbildern (1997)
- Aoufi, A.: Entwicklung eines flexiblen Meßwerterfassungssystems unter HP VEE (1997)
- Smouhi, J.: Radschlupfregelung mittels eines automatisch generierten Fuzzysystems (1997)
- Mousa-Shufani, S.: Realisierung der Echtzeit-Konturextraktion (ESEKO/dig) für das schnelle PCI-Bus-System (1997)
- 115 Haverbeck, G.: Realisierung einer Programmbibliothek zur Erkennung von Fehlern bei homogenen Texturen mit Hilfe neuronaler Netze (1997)
- Vogel, M.: Konzeption und Implementierung einer agentengestützten dynamischen Datenbankapplikation in eine Intranet-/ Internetumgebung unter Lotus Notes / Domino (1997)
- Zahran, N.: Fuzzy-Logik-Basierte Steuerung einer Scheibenwischeranlage (1997)
- Bruns: Erweiterung des Logistiksystems MAWI mittels Implementierung der IBM-Aglets-Workbench als Mobile-Agents-System (1998)
- Jeremias, T.: Weiterentwicklung und Programmierung eines halbautomatischen Analysegerätes zur Bestimmung der Korngrößenanteile von Schüttgütern (1998)
- 120 El Khalfaoui, A.: Realisierung einer Simulationsumgebung für ein Kaltwalzmodell unter MS C++ (1999)
- Windscheif, M.G.: Erstellung und Auswertung eines dynamischen Fuzzy-Modells einer Kaltwalzanlage unter Verwendung von Meßdatenreihen (1999)
- Kashani, M.R.J.S.: Untersuchung von Methoden der Datenkompression zur Archivierung von Prozeßmeßdaten (1999)

I.8 Wirkungsziffern

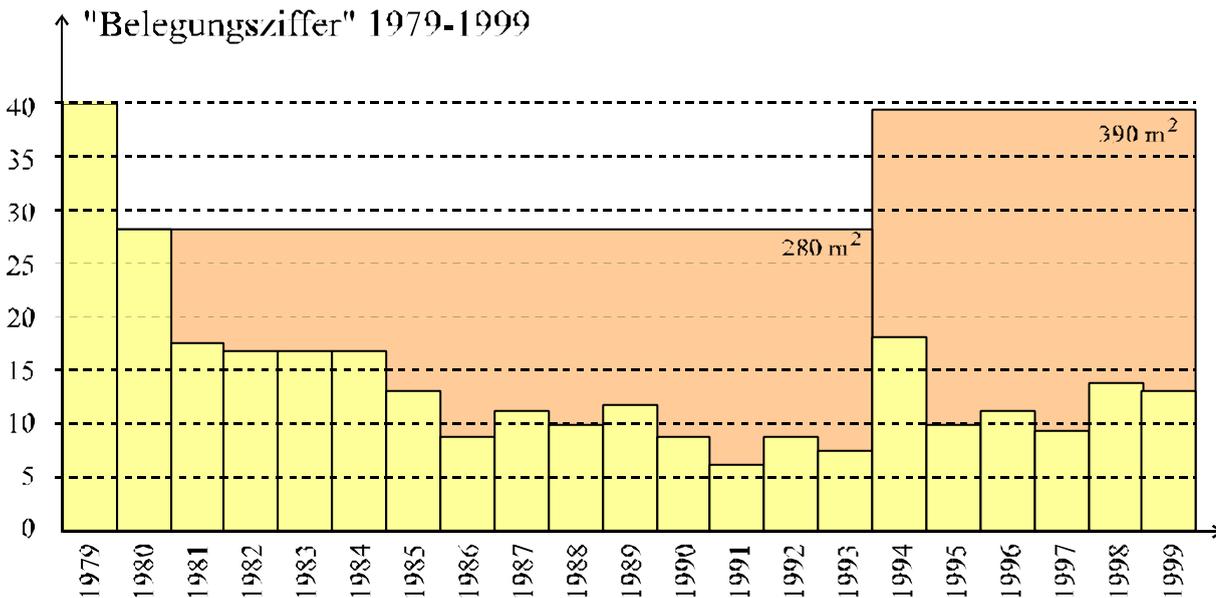
	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Personal der Fachgruppe	4	6	7	11	13	12	14	16	15	18	16
Studienarbeiten	0	0	3	2	3	1	3	2	11	2	7
Diplomarbeiten	0	1	0	3	1	5	1	4	4	6	6
Arbeitsfläche m²	280										
Belegungsnummer*	70	40	28	17,5	16,5	15,6	15,6	12,7	9,3	10,8	9,7
Veröffentlichungen der FG	8	2	4	3	1	2	5	4	9	18	17

	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
Personal der Fachgruppe	16	20	19	16	15	11	12	12	14	15	15
Studienarbeiten	4	7	15	8	11	5	11	12	10	2	3**
Diplomarbeiten	3	4	9	8	9	6	15	10	16	11	5**
Arbeitsfläche m²	280	280	280	280	280	390	390	390	390	390	390
Belegungsnummer*	12,2	9,0	6,5	8,8	8,0	17,7	10,3	11,5	9,8	13,9	13,4
Veröffentlichungen der FG	2	14	14	6	14	12	7	14	23	12	11

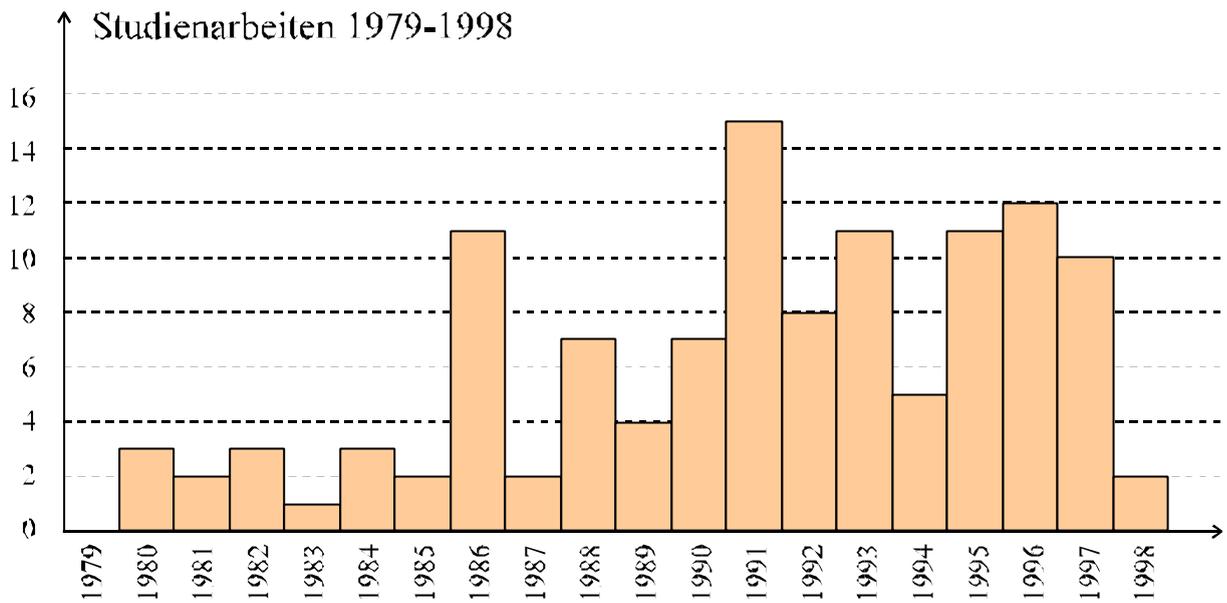
* Arbeitsfläche / (Anzahl Studienarbeiten + Anzahl Diplomarbeiten + Personal)

** bis 31.9.99

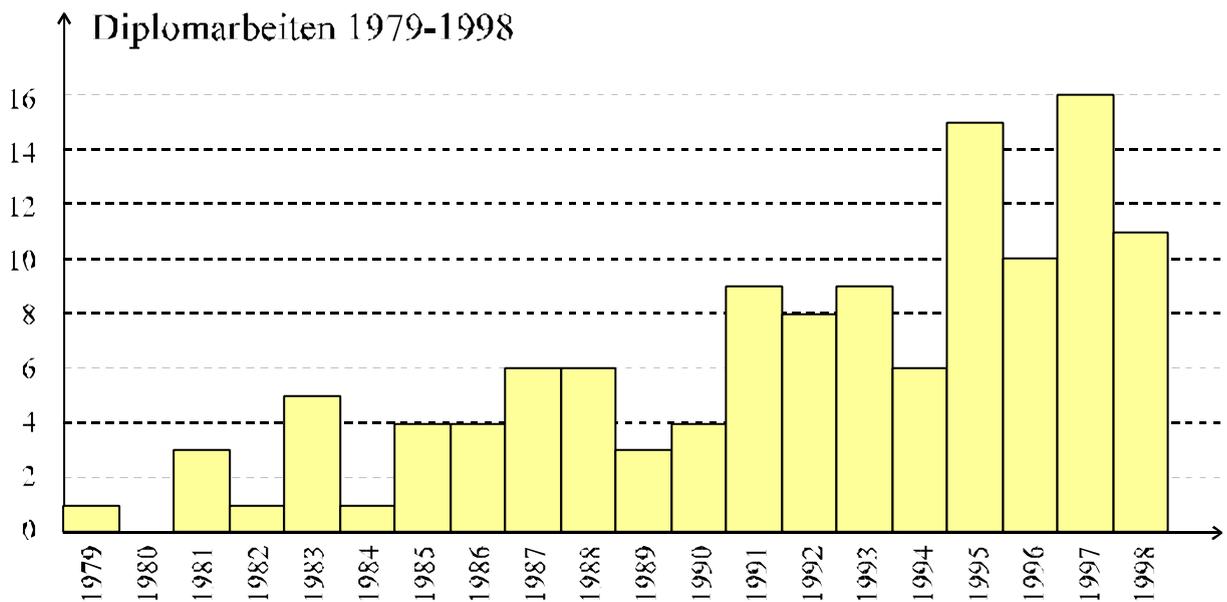
Anm. In der Diplomprüfungsordnung von 1997 ist keine Studienarbeit mehr vorgesehen.



I.9 Graphiken



Anm. In der Diplomprüfungsordnung von 1997 ist keine Studienarbeit mehr vorgesehen.



II Forschung

II.1 Theorie der Automatik / Prozeßleittechnik

Übersicht

Die Forschungsaktivitäten der Fachgruppe ATK lassen sich in zwei Schwerpunkte unterteilen:

- **Theorie der Automatik (mit CAD) und Prozeßleittechnik**
- **Robotik, Robot Vision, CAQ und Informationstechnologie (IT)**

Das Forschungsgebiet der **Theorie der Automatik** ist das Stammgebiet der Fachgruppe. Die **theoretischen Grundlagen**, die in diesem Fachgebiet bearbeitet werden, bilden die Basis für die **Einsatzgebiete der Prozeßleittechnik**, der Robotik sowie Robot Vision und CAQ.

Die Dissertation von Dr.-Ing. **Michael Heister** über die „Rechnergestützte Analyse und Synthese von Mehrgrößensystemen“ /82.He/ führt zu numerisch effizienten Algorithmen für die Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Minimalrealisierung, Prim-Matrix Produktdarstellung und Polynommatrix-Faktorisierung linearer multivariabler Systeme (H.N. Formen). Diese Algorithmen wurden in ein Expertensystem-gestütztes CAD-System (PIERS) implementiert.

Diese grundlegende Dissertation bildet die Basis für die **modellbasierte Prozeßzustandserfassung**, die sich als das eine **Spezialgebiet** der Fachgruppe herauskristallisierte. Zustandserfassung durch Zustandsbeobachter für Turbogeneratoren, Gasturbinen bzw. Gasturbosätze im Kombi-Kraftwerk sowie für das 20-Rollen Sendzimir Stahl-Kaltwalzwerk wurden unter Einbeziehung von experimentellen Daten aus dem Prozeß bzw. realzeitmäßig im Werk ausgeführt.

Eine wesentliche weitere Basis dazu bildeten eine Reihe von Dissertationen über **Prozeßmodellierung**. Die Dissertationen von Dr.-Ing. **Edwin Lerch** „Ein neues Verfahren zur robusten Lösung stationärer Arbeitspunktprobleme im elektrischen Energienetz“ /84.Le/, Dr. Ph.D. **Mohammed Sakr** „Static State Estimation in Electric Power Systems“ /83.Sa/, Dr.-Ing. **Lionel Lopez** „Modellierung und systematische Modellreduktion von nichtlinearen Netzmodellen mittels Singular Perturbation“ /82.Lo/, Dr.-Ing. **Rainer Stelter** „Modellreduktion und Betriebsoptimierung für Gasverteilnetze“ /87.St/ und Dr.-Ing. **Friedbert Pautzke** „Invariante Ordnungsreduktion für Mehrgrößensysteme durch analytische Fehlerminimierung im Frequenzbereich“ /95.Pa/ wurden durch die Dissertationen von Dr.-Ing. **Heribert Oberhem** „Ein CAD-System für Druckwellenmaschinen“ /89.Ob/, Dr. Ph.D. **Halim Bassiuny** „Computer Process Control in the Cement Industry“ /90.Ba/ sowie die Forschungsarbeiten von M.sc.Eng. **Hagi Kreshman** über neue strömungs- und thermo-mechanische dynamische Modelle für Gas- und Dampfturbinen und die solarthermische Meerwasserentsalzung (Dipl.-Ing. **Sobhy El Massah**) fortgesetzt.

In dieser Zeit wurde die Methode der transformierten Messungen zur Zustandsestimation, Fehlerdetektion und Fehleridentifikation im elektrischen Energienetz durch die Dissertationen von Dr. Ph.D. **Mohammed Hassan** „Measurements Placement for Electric Power System Static State Estimation“ /88.Ha/ und insbesondere von Dr.-Ing. **Ahmed Mansour** „Bad-Data Pre-cleaning and Static State Estimation in Electric Power Networks“ /90.Ma/ vervollständigt.

Die Dissertationen von Dr.-Ing. **Noureldin Osman** „Nichtlinearer Zustandsbeobachter für die Spannungsregelung des Synchrongenerators“ /90.Os/ und von Dr. Ph.D. A.M. **Abdel-Hamid** „Combined Static VAr and Voltage Control System“ /91.Ab/ bilden den Grundstein für die beobachterbasierte Prozeßzustandserfassung, die das Forschungsgebiet von Dipl.-Ing. **Hans-Joachim Nern** mit dem Thema „Nichtlineare Zustandsbeobachter für Gasturbogeneratorsätze“ darstellt.

Mehrere Meßeinsätze im GuD-Kraftwerk München Süd und im 970 MVA Kernkraftwerk Gösgen (Schweiz) sowie die hard- und softwaremäßige Beobachterrealisierung im Kraftwerk dokumentieren die Robustheit dieser Art modellbasierter Zustandserfassung. Der im aktuellen Projekt „Hybrid Thickness and Flatness Control of Sendzimir Cold Rolling Mill“ entwickelte Prozeßzustandsbeobachter wurde durch mehrere Meßphasen im Werk des Edelstahlherstellers Outokumpo (Finnland) verifiziert bzw. während **mehrerer** Walzschichten realzeitmäßig eingesetzt.

Die „thermische Fehlerdiagnose der wassergekühlten Statorwicklung von Grenzleistungs-Turbogeneratoren“ bildet das Forschungsgebiet von Dipl.-Ing. **Frank Fischer**. Basierend auf der Modellierung des wasser- und wasserstoffgekühlten Turbogenerators wurde der thermische Zustandsbeobachter durch im 1500 MVA Kernkraftwerk Unterweser (Preussen-Elektra) aufgenommene Meßserien verifiziert.

Diese Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Theorie der Automatik/Prozeßleittechnik standen stets in der Wechselwirkung mit den Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Robotik. Die synergetische Wechselwirkung ist in verschiedenen Projekten eingeflossen und insbesondere sichtbar durch Übertragung der Modellierung der Roboterdynamik mit Quaternionen auf die Modellierung des Synchrongenerators. Die neue Formulierung der Synchrongeneratorndynamik durch Raumhyperkomplexe und Quaternionen führt zur Verallgemeinerung (geometrisches d^*q^* -Achsenmodell, Raumkonjugationsmodell) von Kovács- RácZ Raumzeigern auf nicht symmetrische elektrische Maschinen. Neben der Einführung des Leistungsquaternions und des Luftspaltquaternions ist gezeigt, daß die Maschinenparametermatrizen (Reaktanzen, Widerstände, Kopplungsmatrix) für eine nicht symmetrische Maschine keine reellen Zahlen, sondern Spieglungszahlen sind (ε -Komplexe, $\varepsilon^2=1$). Die Zeit-Raum-Impedanzmatrix sowie das charakteristische Polynom haben ebenfalls spieglungskomplexe Zahlen, die dann für symmetrische Maschinen zu reellen Zahlen reduziert werden.

The research activities of the group of Automatic Control and Technical Cybernetics cover two main research areas:

- **Automatic Control Theory (with CAD), Supervision and Diagnostics of Complex Systems,**
- **Robotics, Robot Vision, Computer Aided Quality Control (CAQ) and Information Technology (IT).**

The field of **Automatic Control Theory and CAD** constitutes the backbone of the research activities. The **fundamental theoretical research** in this area has been the base for more **application oriented research** in the supervision and diagnostics of complex systems, robotics, robot vision and CAQ.

The dissertation „Rechnergestützte Analyse und Synthese von Mehrgrößensystemen“ /82.He/ by Dr.-Ing. **Michael Heister** has presented new numerically efficient and CAD suitable algorithms for controllability, observability, minimal realisation, prime matrix product representation and polynomial matrix factorisation of linear multivariable systems. These algorithms have been implemented in the expert system supported CAD system „PIERS“.

This basic dissertation enforced the research towards model based process state estimation, which emerged to be one of the special fields of research for the group. State estimation using state observers for turbogenerators, gas turbines and gas turbo sets in combined power plants as well as for the 20 rolls Sendzimir cold rolling mill were verified using experimental measurement data resp. via real-time application in the factory.

Further main contributions to this field were achieved by the dissertations of Dr.-Ing. **Edwin Lerch** "Ein neues Verfahren zur robusten Lösung stationärer Arbeitspunktprobleme im elektrischen Energienetz" /84.Le/, Dr. PhD. **Mohammed Sakr** "Static State Estimation in Electric Power Systems" /83.Sa/, Dr.-Ing. **Lionel Lopez** „Modellierung und systematische Modellreduktion von nichtlinearen Netzmodellen mittels Singular Perturbation" /87.Lo/, Dr.-Ing. **Rainer Stelter** „Modellreduktion und Betriebsoptimierung für Gasverteilnetze" /87.St/, Dr.-Ing. **Friedbert Pautzke** „Invariante Ordnungsreduktion für Mehrgrößensysteme durch analytische Fehlerminimierung im Frequenzbereich“ /95.Pa/, Dr.-Ing. **Heribert Oberhem** „Ein CAD-System für Druckwellenmaschinen" /89.Ob/, Dr. PhD. **Halim Bassiuny** „Computer Process Control in the Cement Industry" /90.Ba/ as well as the research work of M.sc.Eng. **Hagi Kreshman** on new thermo-mechanical dynamical models for gas and steam turbines and the solar-thermal salt water desalination by Dipl.-Ing. **Sobhy El Massah**.

The further development of the method of transformed measurements for gross error detection, identification and state estimation in electrical power networks has been accomplished by the dissertation of Dr. PhD. **Mohammed Hassan** „Measurements Placement for Electric Power System Static State Estimation" /88.Ha/ and successfully completed by the dissertation of Dr.-Ing. **Ahmed Mansour** „Bad Data Pre-Cleaning and Static State Estimation in Electrical Power Networks" /90.Ma/.

For the synchronous generator, the dissertations of Dr.-Ing. **Noureddin Osman** „Nichtlinearer Zustandsbeobachter für die Spannungsregelung des Synchrongenerators" /90.Os/ and Dr. PhD. **A.M. Abdel-Hamid** „Combined Static VAR and Voltage Control System" /91.Ab/ set the foundation stone and the theoretical basis for the observer-based supervision of electrical energy generation, which is the field of research of Dipl.-Ing. **Hans-Joachim Nern** with the topic „Nichtlineare Zustandsbeobachter für Gasturbogeneratorsätze". Several measurements in the combined power plant South Munich and the 970 MVA nuclear power plant of Gösigen (Switzerland) as well as the soft- and hardware realisation of the state observer in the power plant document the robustness of this type of observer-based state estimation. The state observer developed in the project „Hybrid Thickness and Flatness Control of Sendzimir Cold Rolling Mill" has been verified in the plant of the steel manufacturer Outokumpo (Finland) and has been implemented during **several** real-time operating modes.

„Thermische Fehlerdiagnose der wassergekühlten Statorwicklung von Grenzleistungsturbogeneratoren" is the field of research of Dipl.-Ing. **Frank Fischer**. Based on the modelling of the water- and hydrogen cooled turbogenerator, the thermal state observer has been verified using measurement data taken from the 1500 MVA nuclear power plant Unterweser (PreussenElektra).

The research activity in the fields of automatic control and supervision of complex systems have always been in interaction with the research in the field of robotics. This synergetic effect has influenced several projects and is especially fruitful by transferring the dynamic modelling of the robot dynamics with quaternions to model the synchronous generator dynamics. The new formulation of the synchronous generator dynamics using space hypercomplex and quaternions leads to a generalisation (geometric d^*q^* axis model, space conjugation model) of the Kovács-Rács complex space vector theory to nonsymmetrical electrical machines. Beside the introduction of the power quaternion and the airgap quaternion, it has been shown that the matrices of machine parameters are not real numbers, but mirror-complex numbers (ε -complex, $\varepsilon^2=1$). The space-time impedance matrix as well as the characteristic polynomial have also mirror-complex numbers, which reduce to real numbers for a symmetric AC machine.

II.1a Dissertationen

Dr.-Ing. Michael Heister

Eine Methodik zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Mehrgrößenregelsystemen

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Heidepriem

Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Thoma

Tag der mündlichen Prüfung: 7.7.82 in Wuppertal

Die Arbeit befaßt sich mit der Synthese und Analyse von linearen zeitinvarianten multivariablen Systemen, wobei besonderer Wert auf die algorithmischen Methoden, die numerischen Belange sowie auf den erforderlichen Berechnungsaufwand gelegt wird. Zunächst werden Analysefragen behandelt. Eine beliebige Zustandsraumbeschreibung wird hierbei "on place" schrittweise auf neue Zustandsformen transformiert. Durch dieses Vorgehen können in jedem Transformationsschritt neue Informationen über das behandelte System gewonnen werden, ohne das die alten Informationen in der neuen Form verloren gehen. Dies Vorgehen ist numerisch sehr stabil, was besonders anhand eines vorgestellten Beispiels deutlich wird. Ein weiterer Vorteil dieser Methode liegt darin, daß die benötigten Transformationsmatrizen nicht explizit aufgestellt werden müssen. Die bei anderen Verfahren (z.B. Aufstellung der Regelungs-Normalform von Luenberger) notwendige explizite Suche nach linear unabhängigen Spalten der Transformationsmatrix bei nicht steuerbaren Systemen entfällt somit. Die Anwendbarkeit der Verfahren, auch für große Systeme unter Ausnutzung der Schwachbesetzung, wurde ebenfalls verdeutlicht.

Weiterhin wird gezeigt, wie sich durch die Vorgabe eines Matrixpolynoms $\Delta_p(s)$ das Polfestlegungsproblem mit Hilfe der neuen Zustandsform lösen läßt. Durch dieses Vorgehen können dann auf einheitliche Weise neben der Polfestlegung auch die Probleme der Entkopplung sowie der optimalen Zustandsrückführung via quadratischem Güteindex gelöst werden. Die numerische Genauigkeit dieses analytisch einheitlichen Wegs wird anhand eines vergleichenden Beispiels deutlich, wo die vorgestellte Methode mit einem neuen, spezialisierten Verfahren zur Polfestlegung von Systemen mit nur einer Eingangsgröße verglichen wird. Nach der $\Delta_p(s)$ -Festlegung wird gezeigt, wie sich kanonische Formen (z.B. Systeme mit P oder V-Struktur) in der 3. HN-Form widerspiegeln. Für eingangskanonische Systeme erhält man so eine neue einfache Lösung der optimalen Zustandsrückführung via quadratischem Güteindex. Das bereits erwähnte Polynom $\Delta_p(s)$ ergibt sich in diesem Falle aus der 3. HN-Form des Hamiltonschen Systems mit Hilfe der Skalarpolynom-Faktorisierung. Er besteht im wesentlichen aus der Lösung eines quadratischen Gleichungssystems mit Hilfe der Doppeltriangularisation von Inners-Matrizen durch Givens-Reflektionen bei gleichzeitiger Stabilitätsprüfung. Die Einführung von sogenannten Maximalindizes erlaubt es, obiges Vorgehen auch für quasi-eingangskanonische Systeme zu benutzen. Zum Abschluß des Kapitels wird das duale Problem der Beobachterpolfestlegung behandelt.

Es wird dargestellt, wie sich das gesamte Entkopplungsproblem mit Hilfe der HN-Formen lösen läßt. Der Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, daß sämtliche Größen und Räume, die man zur Lösung des Entkopplungsproblems benötigt, direkt aus den HN-Formen ablesbar sind. Das Problem der optimalen Zustandsrückführung läßt sich mit Hilfe der 3. HN-Form und einer neuen iterativen Polynommatrix-Faktorisierungsmethode lösen. Ergebnis dieser Polynommatrix-Faktorisierung ist die bereits angesprochene Polynommatrix $\Delta_p(s)$.

b) Eindeutiges Prim-Matrix-Produkt

Wird die 3.HN-Form als beobachtbar vorausgesetzt, ergibt sich aus A_p, B_p, C_p unmittelbar folgendes eindeutige Prim-Matrix-Produkt

$$\Delta_{p3}(s) = C_3(s) \cdot \Delta_{o3}^{-1}(s) \cdot B_{13} \quad (1.3/17)$$

mit

$$C_3(s) = C_p \cdot X(s) \quad (1.3/18a)$$

$$C_3(s) = \begin{bmatrix} n_{s_j} - 1 \\ \sum_{k=0}^{n_{s_j} - 1} \tilde{c}_{1jk} \cdot s^k \end{bmatrix} \quad (1.3/18b)$$

$$\Delta_{p3}(s) = X_r(s) - A_{m3} \cdot X(s) \quad (1.3/19a)$$

$$\Delta_{p3}(s) = \begin{bmatrix} s^{n_{s1}} & 0 \\ 0 & s^{n_{sr}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{Min}(n_{s1}-1, n_{s_j}-1) \\ \sum_{k=0}^{\text{Min}(n_{s1}-1, n_{s_j}-1)} \tilde{a}_{1jk} \cdot s^k \end{bmatrix} \quad (1.3/19b)$$

In dieser Darstellung der Polynommatrix

$$\Delta_{o3}(s) = \begin{bmatrix} \Delta_{ij}(s) \end{bmatrix} \quad (1.3/20)$$

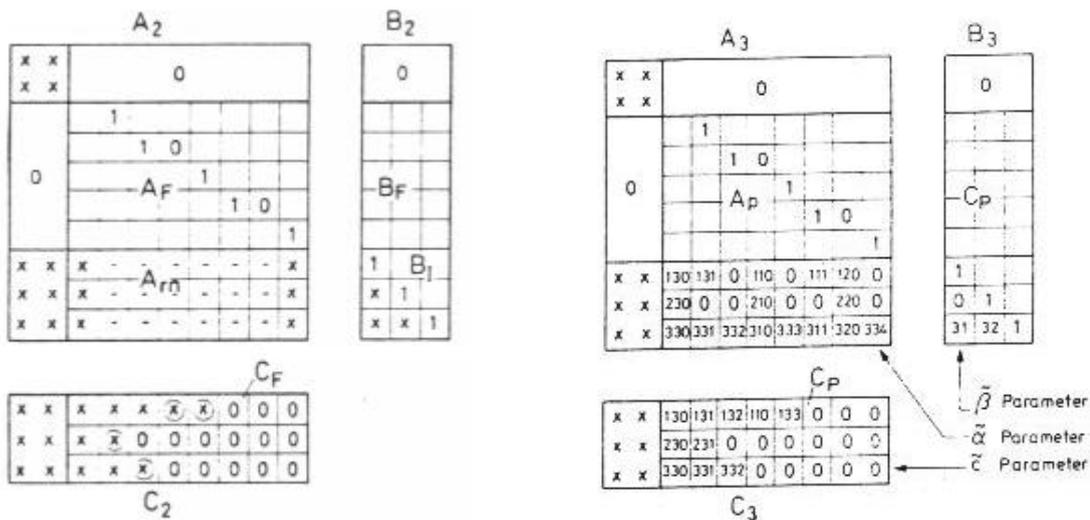
befindet sich das Polynom mit dem höchsten Grad der Spalte i und der Zeile i in der Diagonale und es gilt :

$$\text{maximaler Grad } \Delta_{ij}(s) = \text{Min}(n_{s_i} - 1, n_{s_j} - 1), \quad i \neq j \quad (1.3/21a)$$

$$\text{Grad } \Delta_{ii}(s) = n_{s_i} \quad (1.3/21b)$$

Auszug aus der Dissertationsschrift (S. 50)

Diese Vorgehensweise besitzt gegenüber der Lösung der Riccatigleichung den Vorteil, daß bei Variationen der a priori meist nicht bekannten Bewertungsmatrizen des quadratischen Güteindex nicht die gesamte Berechnung neu vollzogen werden muß. Vielmehr ergibt sich die neue Polynommatrix $\Delta_p(s)$ durch einige zusätzliche Iterationsschritte aus der alten. Mit Hilfe dieses Weges kann neben der Lösung des optimalen Polfestlegungsproblems zusätzliche auf einheitliche Weise die Stabilität von Polynommatrizen geprüft werden.



2. HN-Form

3. HN-Form

Die neu vorgestellte Polynommatrix-Faktorisierungsmethode mit quadratischer Konvergenz berücksichtigt im Gegensatz zu früheren Arbeiten die Steuerbarkeitsindizes. Hierdurch wird die Zahl der durch die Faktorisierung zu bestimmenden Parameter minimiert.

Die gesamten vorgestellten Algorithmen wurden an einer CYBER 170/720 implementiert und ausgetestet, worin Programmteile auch für schwachbesetzte Matrizen implementiert wurden. Anhand einer Vielzahl berechneter Beispiele, deren Ergebnisse mit bestehenden Verfahren verglichen wurden, konnte der analytische sowie numerische Einsatz der vorgestellten Verfahren gezeigt werden.

- /80.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "Zwei neue Zustandsdarstellungsformen zur Gewinnung von Kroneckerindizes, Entkoppelungsindizes und eines Prim-Matrix-Produktes", Part I: RT, Vol. 12/80, pp. 420-425, Part II: RT, Vol. 1/81, pp. 26-30
- /81.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "A Unified Computer Aided System Analysis Program Package for Linear Multivariable Systems", Preprints of the 8th IFAC World Congress "Control Science and Technology for the Progress of Society", Vol. XI, Kyoto, Japan, 1981, pp. 23-28
- /82.He/ Heister, M.; "Eine Methodik zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Mehrgrößenregelsystemen", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1982
- /84-1.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "Die Ausführung vom 'Jury-Inners'-Test für kontinuierliche und diskrete Systeme", RT, Vol. 12/84, pp. 403-405
- /84-2.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "A Unified Computer Aided Design Approach for Linear Multivariable Systems Based on the Unique Prime Matrix Fraction Description", "Regelungstechnisches Kolloquium" - Manuscripts, Duisburg, Germany, 1984, pp. 12-31
- /85.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "Solving the Quadratic Regulator - or Optimal Filtering Problem using Matrix Fraction Description and Spectral Factorization", Proc. of the International Conference on "Problems of Complex Control Systems", Varna, Bulgaria, 1985, pp. 3-12
- /85.No-He-Rü/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Rückwald, R.; "A Spectral Factorization Algorithm for Solving the Quadratic Regulator Problem", Proc. of the afcet Congress "The Tools for Tomorrow", Toulouse, France, 1985, pp. 159-169

Dr. PhD. Mohammed M. Fahim Sakr

Static State Estimation in Electric Power Systems

Supervisors: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Prof. Dr. M.F. Sakr (Cairo University)

Examination: March 1983 in Cairo, Egypt

One of the important goals to be achieved in the operation of an electric power system is reliability (security) of the network. The loads connected to the network should be continuously supplied by the power needed without any interruptions especially for important loads. This goal is normally achieved through a central control system. The task of such a central control system is done in two steps:

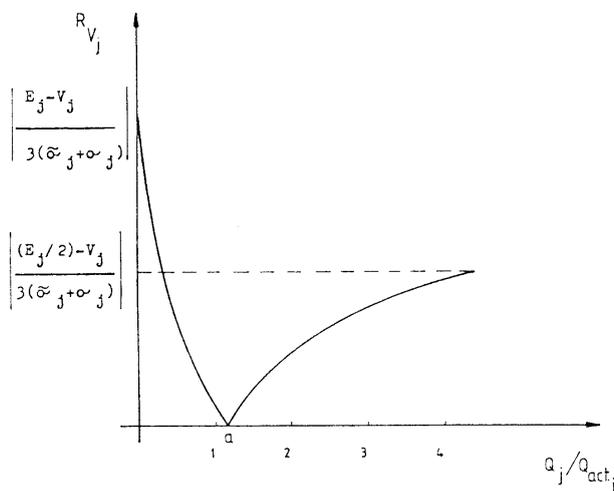
- 1) Receiving real time information from the electric power system (direct meter readings plus other information) and processing this information by a digital computer into a more useful form which represents the system state (the voltage magnitude and angle at each load or generation bus)

2) Supervising the network and taking control decisions according to the system state either by the digital computer or by a human operator to insure the fulfilment of the load requirements and the continuity of the power flow

Our interest is focused only on the first step which must be performed by the central control system. This step of processing real time information taken from the electric power system into a more usefull form is called "STATE ESTIMATION". Only the quasi-steady state or static operating behaviour of the system is considered.

In chapter one, a survey on the static state estimation approaches is given with their advantages and shortcomings.

In chapter two, a new method for static state estimation in electric power systems is proposed. The method is based on transforming the real time measurements into a new set of measurements using a nonlinear transformation. These transformed measurements have the advantage of being linearly related to the system states which simplifies the solution using the weighted least square (W.L.S.) criteria.



During the calculation of the transformed measurements two indices R_θ, R_V are calculated according to the static relationship between the system variables. Simple straight time relations between these two indices and the real time measurements are obtained. They are used to suggest a bad data treatment technique which has several advantages over the existing techniques.

(1) Investigating the real time measurements before performing the W.L.S estimation and not after it, (2) Correcting the bad measurement by a new one very close to the actual value, (3) Detecting structural errors, (4) Proposing a method for choosing meter placement accuracy and type.

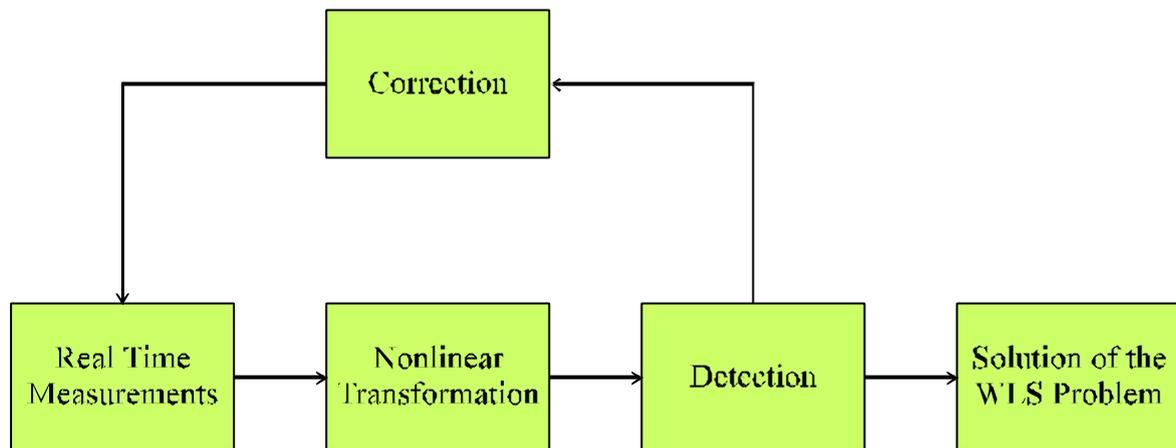
In chapter three the new method has been implemented and tested on three different networks. One of them is the 220 kV network of lower Egypt for the year 1983 as a practical application. The other two are standard 6 buses and 30 buses networks. The results with comments on the main points are presented in this chapter.

In chapter four the conclusion and the future work are presented lighting on the advantages of the proposed method.

(1) Availability of handling different types of real time measurements by a simple linear estimation model without using the Jacobian matrix, (2) A noniterative solution could be obtained saving computation time and making the method reliable and efficient to be used for on-line estimation, (3) The bad data is detected, identified and corrected before performing the W.L.S. estimation and not after it saving computation time in the presence of bad data, (4) The method detects the existance of bad data in the measurements with an accuracy which may reach 5σ for the voltage measurement and 8σ for the power measurement which indicates a very sensitive detection for bad data, (5) The badly measured variable could be corrected with an accuracy which may reach (0.5%) for the voltage

measurement and (1-5%) for the power measurement saving information and time in rearranging the estimation model, (6) Structural errors could be detected in a simple and quick way before performing the W.L.S. estimation, (7) Information could be obtained at the design stage on the variables which should be measured to get a quick and accurate estimate of the states.

The satisfactory results obtained by applying the new suggested method on the practical network of lower Egypt give confidence that it could be implemented efficiently provided that a suitable measuring system is installed.



Structure Diagram for Error Detection and Error Correction

/83.Sa/ Sakr, M.M.F.; "Static State Estimation in Electric Power Systems", Dissertation, Cairo, Egypt, March 1983

/86.No-Le-Sa/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; Sakr, M.M.F.; "Pre-Estimation and Bad-Data Detection in Power Systems", Preprints of the 2nd International Conference on "Power System Modelling", Durham, UK, 1986, pp. 135-139

Dr.-Ing. Edwin Lerch

Ein neues Verfahren zur robusten Lösung stationärer Arbeitspunktprobleme im elektrischen Energienetz

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Verstege

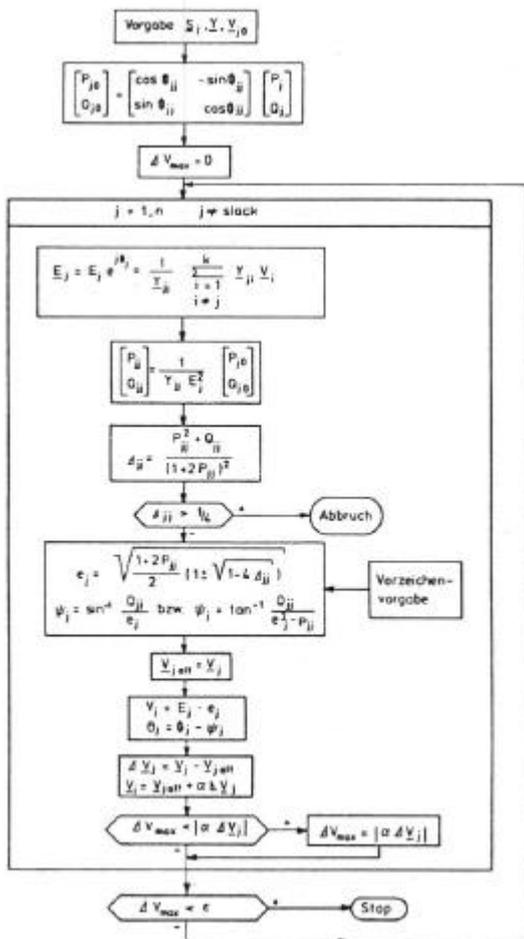
Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Reichert

Tag der mündlichen Prüfung: 10.5.83 in Wuppertal

In dieser Arbeit wird eine neue lokal entkoppelte Formulierung der Lastflußgleichung zur Bestimmung aller existierenden normalen und abnormalen Arbeitspunkte eines elektrischen Energienetzes als Gauß-Seidel-Algorithmus eingesetzt. Dabei wird das Problem der Lösung der n-dimensionalen, quadratischen Lastflußgleichung auf die Lösung von lokal entkoppelten, quadratischen Gleichungen für jeden Knoten zurückgeführt. Durch Vorzeichenansteuerung ist die Selektion aller existierenden Arbeitspunkte möglich, so daß das Problem der Mehrfachlösung der Lastflußgleichung sicher gehandhabt werden kann. Die Gauß-Seidel-Formulierung erweist sich als startwertunabhängig und konvergiert sicher zu angesteuerten normalen und abnormalen Lösungen. Ein wesentliches, neues Kriterium bei der Untersuchung der Arbeitspunkte ist eine explizite (notwendige und hinreichende)

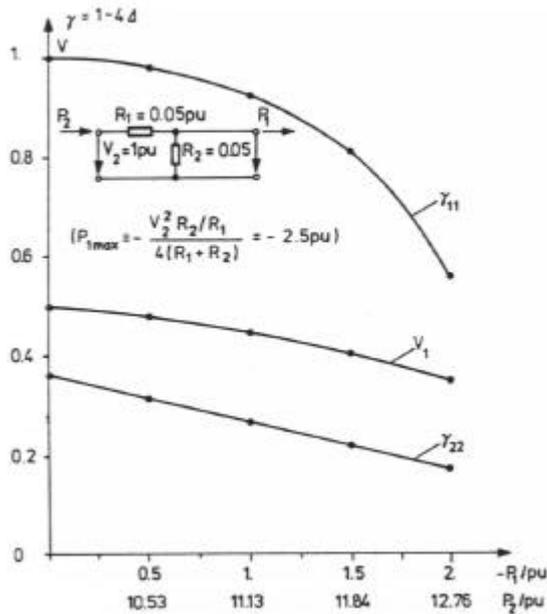
Bedingung für die Existenz einer Lastflußlösung. Dadurch kann ein weiterer Fragenkomplex, der mit der Bestimmung der Lastflußgleichung verknüpft ist, behandelt werden. Durch die Auslegung der Existenzbedingung als Belastungsfaktor kann der Belastungszustand eines Knotens geprüft werden, um die Betriebssicherheit des Netzes zu gewährleisten. Dieses neue Maß ist ein empfindlicher Belastungsindikator, so daß sich besonders kritische Belastungspunkte im Netz lokalisieren lassen. Dies kann unter anderem unterstützend bei Lastabwurf Fragen berücksichtigt werden.

Die immer wichtigere Frage nach der Belastungsgrenze eines Knotens ist ebenfalls sicher zu beantworten, da das Verfahren die Möglichkeit bietet, die maximale Knotenbelastung iterativ zu bestimmen. Ein weiterer Anwendungsbereich besteht in der Kurzschlußberechnung, indem der Kurzschluß an einem Knoten als spezielles Arbeitspunktbestimmungsproblem aufgefaßt werden kann. Benutzt man die lokal entkoppelte Lastflußgleichung als nichtlineare Transformation, erweist sich das Verfahren als robust und sicher bei der Erkennung, Identifikation und Korrektur von Multi-Bad-Data bei State-Estimation-Problemen und kann als Pre-Estimator zur Meßdatenaufbereitung eingesetzt werden. Es ist möglich, die unterschiedlichen Problemkreise durch eine einzige Methodik abzudecken. Dadurch ergeben sich erhebliche Vorteile bei der Lösung dieser Probleme in allen Phasen des Rechnereinsatzes im Energienetz.



Gauß-Seidel-Algorithmus für PQ-Knoten

Ausgehend von dem Bestimmungsverfahren für normale und abnormale Arbeitspunkte wurde erstmalig die Dynamik von Multimaschinensystemen an abnormalen Netzarbeitspunkten im Vergleich zu normalen Netzarbeitspunkten untersucht. Dabei wurden zwei in ihrem Vereinfachungsgrad unterschiedliche Maschinenmodelle benutzt. Es konnte gezeigt werden, daß abnormale Arbeitspunkte im Kleinen und im Großen stabil sein können. Die Dynamik stabiler abnormaler Arbeitspunkte unterscheidet sich nur unwesentlich von der um normale Arbeitspunkte. Diese neuen Aspekte können Konsequenzen bei der Klärung von Fehlern im Netz haben, da das Netz in der Lage ist, stabile abnormale Arbeitspunkte nach Klärung eines Netzfehlers anzunehmen. Es ist möglich, daß es dadurch zu folgenreicheren Kettenreaktionen im Netz kommen kann, da dieser neue Sachverhalt bei den heutigen Klärungsmaßnahmen nicht berücksichtigt wird. Die sichere Auffindung von stationären Arbeitspunkten spielt auch bei der Untersuchung der dynamischen Stabilität eine wesentliche Rolle. Die sichere und gezielte Ermittlung von speziellen kritischen oder kontrollierenden Equilibrien (abnormale Maschinenarbeitspunkte) ist eine entscheidende Voraussetzung für den Einsatz unterschiedlicher, schneller Stabilitätsverfahren.



Hier zeigt sich besonders deutlich der Vorteil der Ansteuerbarkeit von ausgesuchten Lösungen. Sowohl in Referenz- als auch in Zentrumskoordinaten kann das Verfahren ohne Startwertprobleme benutzt werden, um die gewünschten (auswählbaren) Arbeitspunkte zu bestimmen.

Es konnte gezeigt werden, daß die vorgestellte Methodik in vielen Gebieten der Netzanalyse, sowohl bei stationären als auch bei dynamischen Problemen erfolgreich eingesetzt werden kann. Anhand einer Vielzahl von Beispielen, deren Ergebnisse mit bestehenden Verfahren verglichen wurde, konnte die Anwendbarkeit der vorgestellten Methodik für diese unterschiedlichen Problemkreise dargestellt werden.

Alle vorgestellten Algorithmen wurden auf der CYBER 170/720 des Rechenzentrums der Bergischen Universität-GH Wuppertal in FORTRAN IV selbst implementiert und ausgetestet. Alle notwendigen Programmteile wurden unter Berücksichtigung der Schwachbesetzung der auftretenden Matrizen erstellt. Aus einer rechnereigenen, mathematischen Programmbibliothek wurden die zusätzlich notwendigen Programme zur Berechnung der Eigenwerte und zur Integration der benutzten Differentialgleichungssysteme entnommen.

- /80.No-Le-We-We/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; Wegmann, P.; Wehrli, P.; "Digitale Simulation der Synchronmaschine mit Zustandsraumdarstellung", etz-Archiv, Bd. 2, Vol. 12/80, pp. 335-340
- /81.No-Le/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; "Numerical Determination of the Stationary Operation Points in Power Networks", Proc. of the 7th "Power System Computation Conference PSCC", Lausanne, Switzerland, 1981, pp. 839-844
- /84.Le/ Lerch, E.; "Ein neues Verfahren zur robusten Lösung stationärer Arbeitspunktprobleme im elektrischen Energienetz", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, May 1984
- /86.No-Le-Sa/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; Sakr, M.M.F.; "Pre-Estimation and Bad-Data Detection in Power Systems", Preprints of the 2nd International Conference on "Power System Modelling", Durham, UK, 1986, pp. 135-139
- /89.No-Le/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; "Robust Determination of all Controlling Equilibria in Electrical Power Systems", etz-Archiv, Bd.11, Vol. 9/89
- /98.No-Ne-Os-Ab-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Osman, N.; Abdel-Hamid, A.M.; Lerch, E.; „Liapunov Stability Analysis of a Nonlinear Observer for the Mechanical States of Turbogenerator Systems“, Proc. of the 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998, Vol. 1, pp. 667-672

Dr.-Ing. Lionel Lopez

Modellierung und systematische Modellreduktion von nichtlinearen Netzmodellen mittels Singular Perturbation

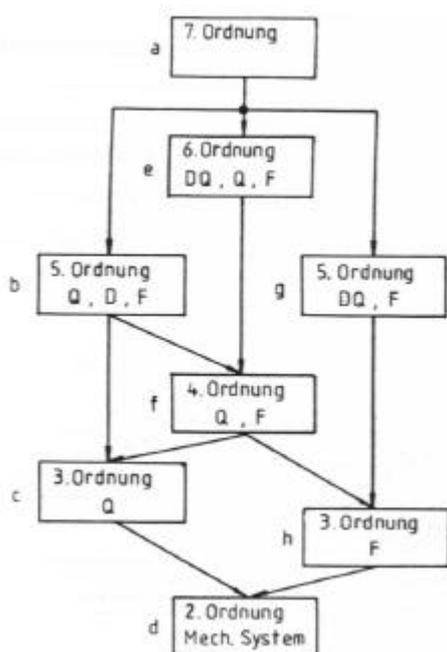
Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Holtz

Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Leonhard

Tag der mündlichen Prüfung: 29.4.87 in Wuppertal

In dieser Arbeit wird ein neuer Weg zur Ordnungsreduktion des nichtlinearen Ein- und Mehrmaschinenproblems vorgestellt. Es basiert auf der systematischen Reduktion der identifizierten "Drei-Zeitskalen"-Struktur mittels der Methodik der Singular Perturbation in expliziter und impliziter Form. Abhängig von Datenstruktur und Anwendungsfall kann durch die Systematisierung eine geeignete Modellordnung durch Auswahl der interessierenden Zeitskala ermittelt werden. Die "Boundary Layer"-Systeme, die durch analytische Ausdrücke beschrieben sind, rekonstruieren in einer anderen Zeitskala die jeweils eliminierten "schnellen" Ausgleichsvorgänge. Durch Addition dieser Terme zu den "langsamen" Anteilen wird eine wesentliche Verbesserung des dynamischen Verhaltens der vereinfachten Modelle ohne eine nennenswerte Erhöhung der Rechenzeit erreicht. Die "Boundary Layer"-Systeme sollten für die Simulation von "schnellen" Netzstörungen berücksichtigt werden.

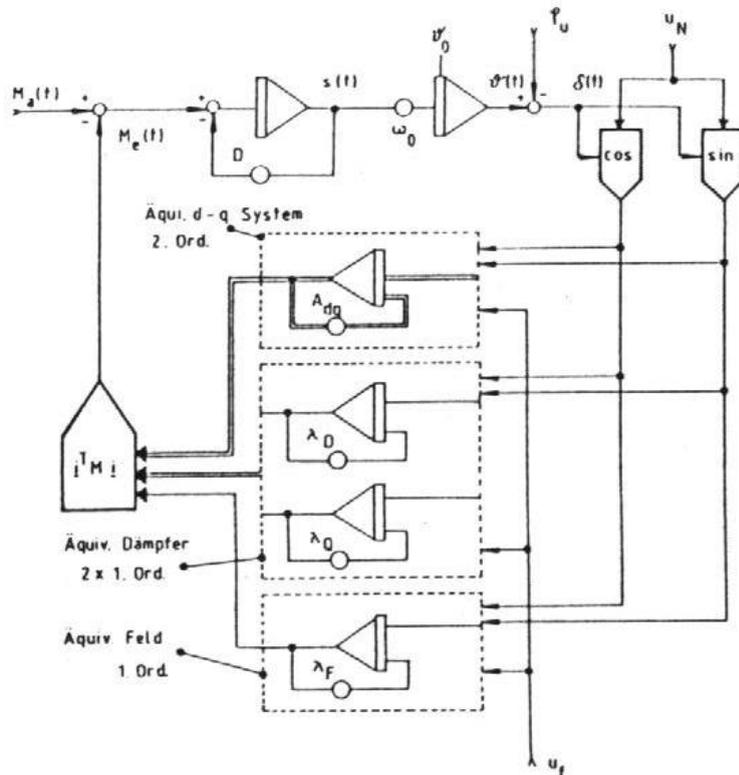


Mögliche ordnungsreduzierte Modelle der Synchronmaschine

Es konnte gezeigt werden, daß durch diese Addition der "Back-swing" Effekt im Einmaschinenproblem auch durch die vereinfachten Modelle wiedergegeben werden kann, was bei physikalisch erstellten einfachen Modellen der Synchronmaschine nicht möglich ist. Das korrigierte SP4-Modell im Einmaschinenfall stellt für eine große Vielzahl von Simulationen mit verschiedenen Datenstrukturen und Anfangsbedingungen den besten Kompromiß zwischen Genauigkeit und Rechengeschwindigkeit dar. SP3- und SP2-Modelle sind insbesondere für langsame Veränderungen der Eingangsgrößen geeignet. Durch die Methodik der iterativen Zeitskalentrennung, angewandt auf das Mehrmaschinen-system, ist eine systematische Ordnungsreduktion des gekoppelten Mehrmaschinenproblems erzielbar. Eine Erhöhung der Genauigkeit in jedem Reduktionsschritt kann durch die Verwendung eines höheren Rekursionsniveaus erreicht werden.

Im Falle der nichtlinearen Modellformulierung ist meistens nur der erste Rekursionsschritt erforderlich. Die jeweils "schnellen" und "langsamen" Zustände für die iterative Zeitskalentrennung folgen aus der physikalisch begründbaren "Drei-Zeitskalen-Struktur" des nichtlinearen Modells. Es konnte gezeigt werden, daß die parameter- und zeitveränderlichen Systemmatrizen der einzelnen "Zeitebenen" die errechnete Eigenwertstruktur vollständig wiedergeben. Die hochfrequenten Netzanteile folgen aus der Kopplung aller äquivalenten d-q Systeme der Maschinen über das Netz und bilden

die 1. Zeitebene. Die 2. und 3. Zeitebene resultiert aus der jeweiligen Kopplung aller äquivalenten Dämpfer- und Feldsysteme der Maschinen über das Netz. Die vorgestellten SP-Modelle sind stationär genau und rekonstruieren alle Zustandsgrößen des ursprünglichen nichtlinearen Systems in verschiedenen Zeitskalen.



Struktur des nichtlinearen Eigenachsenmodells

Die aufgezeigte Modellierung und systematische Modellreduktionsprozedur wurde auf der CYBER 175 des Rechenzentrums der Bergischen Universität-GH Wuppertal in FORTRAN V selbst implementiert und ausgetestet. Teilaufgaben wurden auf einem hybriden System DO 960 gelöst. Aus einer rechnerereigenen mathematischen Programmbibliothek wurden zusätzliche Programme zur Berechnung der Eigenwerte und zur Integration entnommen.

- /84-1.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.F.; "Modelling and Model-Reduction of the Synchronous Machine through Singular Perturbation", Proc. of the International IMACS Symposium on "Modelling and Simulation of Electrical Machines and Converters", Liege, Belgium, 1984, pp. 1.4.1 - 1.4.8, also published in "Electrical Machines and Converters - Modelling and Simulation", H. Buyse and J. Robert (Editors), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1984, pp. 27-34
- /84-2.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; "Modelling and Model-Reduction of the Synchronous Machine through Singular Perturbation Methods", Preprints of the 9th IFAC World Congress "A Bridge between Control Science and Technology", Vol. V, Budapest, Hungary, 1984, pp. 149-154
- /86-1.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; "New Hierarchical Concept through a two Level Tracking Problem Formulation", International Conference "Systems Science IX", Wroclaw, Poland, 1986, published in "Systems Science" 11/86, p. 101 (abstract); also in "Systems Science" 13/87, pp. 41-56
- /86-2.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; "Static and Dynamic Considerations for a Systematic Model-Reduction Procedure of Large Scale Energy Systems", Preprints of the 4th IFAC/IFORS Symposium on "Large Scale Systems: Theory and Applications", Zurich, Switzerland, 1986, pp. 131-136
- /87.No-Lo-Pa-Sc/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; Pautzke, F.; Schockenhoff, R.; "New Hierarchical Concept through a two Level Tracking Problem Formulation", Preprints of the "10th IFAC World Congress on Automation Control", Munich, Germany, 1987, Vol. VII, pp. 103-108
- /87.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; "Three Time Scale Modelling and Systematic Order Reduction of Nonlinear Electrical Multimachine Systems", IMACS International Symposium on "Modelling and Simulation of Electrical Machines, Converters and Power Systems", Quebec City, Canada, 1987
- /87.Lo/ Lopez, L.; "Modellierung und systematische Modellreduktion von nichtlinearen Netzmodellen mittels Singular Perturbation", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, April 1987

Dr.-Ing. Rainer Stelter

Modellreduktion und Betriebsoptimierung für Gasverteilnetze

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Heidepriem

Univ.-Prof. Dr. techn. K.H. Fasol

Tag der mündlichen Prüfung: 01.07.87 in Wuppertal

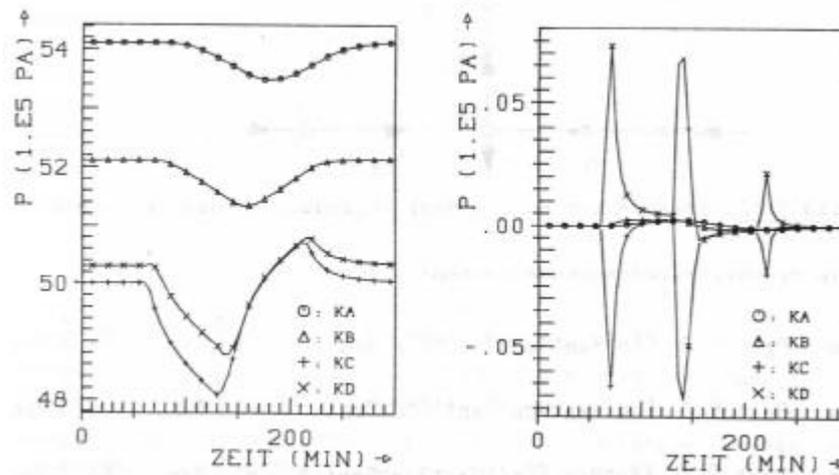
In der vorliegenden Arbeit wird erstmals eine systematische zweistufige Modellreduktion für Gasnetze vorgeschlagen. Die zur schnellen digitalen Simulation geeignete Modellierung ermöglicht in Verbindung mit einem neu entwickelten Verfahren zur Betriebsoptimierung die Bestimmung der optimalen Ausgangsgrößen für die Kompressorstationen in größeren Gasverteilnetzen. Ausgehend von den in der Literatur angegebenen Modellen zur Simulation der Gasströmung in Rohrleitungen wird zunächst eine ausführliche dynamische Analyse der diskretisierten Modellgleichungen durchgeführt. Diese erlaubt eine allgemeingültige Abgrenzung der Gültigkeitsbereiche einer hyperbolischen und einer parabolischen Modellierung. Die Ermittlung von bestimmenden Zeitkonstanten ermöglicht darüber hinaus eine Entscheidung darüber, ob die dynamische Simulation einer Gasleitung bei vorgegebenen Steuergeschwindigkeiten zweckmäßig ist oder nicht. Bei der Simulation von langen, stark durchflossenen Leitungen enthält das Modell sehr schnelle und sehr langsame Eigenbewegungen. Die Dynamik der schnellen Moden kann bei der Betriebsoptimierung vernachlässigt werden.

In der ersten Stufe der Modellreduktion erhält man, ausgehend von der hyperbolischen Modellierung, algebraische Bedingungen für die schnellen (Fluß-) Variablen. Das resultierende System von gewöhnlichen Differentialgleichungen beschreibt die Zeitabhängigkeit der langsamen (Druck-) Variablen. Der Vergleich von Eigenwerten und Simulationsergebnissen zeigt eine gute Übereinstimmung des reduzierten Modells mit dem Originalmodell. Das Reduktionsverfahren ermöglicht die Verwendung von einfachen expliziten Algorithmen zur Zeitintegration. Es zeigt sich, daß bei langsamen Steuergeschwindigkeiten die Methode von Euler und bei schnellen Vorgängen das Zwei-Schritt-Verfahren von Heun genügend genaue Resultate liefert.

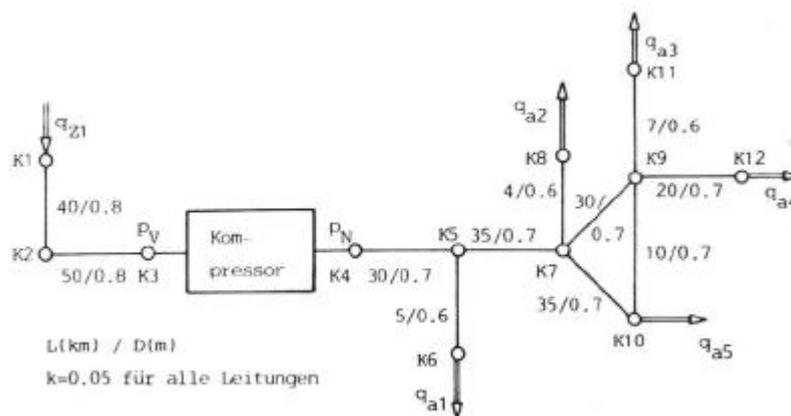
In der zweiten Stufe der Modellreduktion werden für die Teilbereiche des Netzes, deren dynamische Simulation nicht zweckmäßig ist, algebraische Bedingungen angegeben. Dabei wird für Verzweigungen ein explizites und für Maschen ein implizites Reduktionsverfahren verwendet. Durch diese Vorgehensweise erreicht man eine den Erfordernissen der Betriebsoptimierung angepaßte Modellierung für das gesamte Netz. Die Bestimmung der optimalen Ausgangsgrößen für eine Kompressorstation im Netz wird als Standardproblem der Optimierung dynamischer Systeme dargestellt, bei dem die besondere Schwierigkeit einer allgemeinen Lösung mittels Variationsrechnung in den Zustandsbeschränkungen liegt. Die Zielfunktion beschreibt die zur Verdichtung des Gases notwendige Energie, und die Restriktionen ergeben sich aus den einzuhaltenden Mindestdruckwerten an den Entnahmestellen. Im stationären Betrieb ist wegen der Monotonieeigenschaften der Zielfunktion der optimale Arbeitspunkt dann erreicht, wenn der Druck an den Entnahmestellen genau den geforderten Mindestwerten entspricht.

Für die Optimierung bei instationären Strömungsvorgängen wird zunächst das Verhalten der Zielfunktion bei Änderungen der Steuergrößen analysiert. Aufgrund ihrer fast linearen Abhängigkeit vom Kompressionsverhältnis und vom Kompressionsfluß sowie der Linearität der Kontinuitätsgleichung ist die Zielfunktion unempfindlich gegenüber dem zeitlichen Verlauf der Steuergrößen. Diese Eigenschaft ermöglicht, in Verbindung mit dem zur schnellen Simulation geeigneten Modell, eine direkte

iterative Betriebsoptimierung. Mit dem vorgeschlagenen Verfahren erhält man ebenfalls die günstigsten Zeitpunkte zum Ab- und Anfahren der Verdichterstationen.



Simulation des Netzes, Variation der Abnahme q_{a2} . Links: Berechnung mit dem reduzierten Netzmodell, rechts: Abweichung zur vollständig dynamischen Berechnung



Gastransportnetz mit Verdichterstation

- /85.No-He-St/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Stelter, R.; "The Solution of the Tracking Problem for Large-Scale Systems with Piecewise Constant Control Variables", Proc. of the International Conference on "Problems of Complex Control Systems", Varna, Bulgaria, 1985, pp. 13-23
- /86-1.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; "Analyse des dynamischen Verhaltens einer Rohrgasleitung", at, Vol. 4/86, pp. 156-161
- /86-2.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; "Singular Perturbation Model-Reduction for Gasflow Problems in Long Pipelines", Proc. of the 1st IMACS Symposium on "Modelling and Simulation for Control of Lumped and Distributed Parameter Systems", Lille, France, 1986, pp. 649-652; also published in /87-1.No-St/
- /86-3.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; "A Fast Algorithm for the Simulation of Gasflow in Long Pipelines", International Conference "Systems Science IX", Wroclaw, Poland, 1986, published in "Systems Science" 11/86, p. 102 (abstract); also in "Systems Science" 12/86, pp. 89-98
- /87-1.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; "Singular Perturbation Model Reduction for Gasflow Problems in Long Pipelines", "Applied Modelling and Simulation of Technological Systems", P. Borne and S.G. Tzafestas (Editors), Elsevier Science Publisher B.V. (North-Holland), 1987, pp. 217-221
- /87-1.St/ Stelter, R.; "Two Stage Singular Perturbation Model Reduction for Gas Transmission Networks", Preprints of the "10th IFAC World Congress on Automation Control", Munich, Germany, 1987, Vol. VIII, pp. 182-187

- /87-2.St/ Stelter, R.; *"Modellreduktion und Betriebsoptimierung für Gasverteilnetze"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1987
- /87-2.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"Gas Network Operation Optimization using Singular Perturbation Model Reduction"*, Proc. of the IMACS/IFAC International Symposium on "Modelling and Simulation of Distributed Parameter Systems", Hiroshima, Japan, 1987, pp. 313-319
- /88-1.St/ Stelter, R.; *"Control of Gas Transport Systems - a Multilevel Approach"*, Preprints of the IFAC/IMACS International Symposium on Distributed Intelligence Systems - Methods and Applications DIS'88", Varna, Bulgaria, 1988, pp. 375-380
- /88.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"Application of Singular Perturbation for Modelling and Model-Reduction in Engineering Problems"*, Proc. of the "12th IMACS World Congress on Scientific Computation", Paris, France, 1988, pp. I.154; also published in "Modelling and Simulation of Systems", (Editors: Breedveld et al), IMACS, 1989, pp. 317-322
- /88-2.St/ Stelter, R.; *"The Network Pre-Storage-Method for Optimal Control of Gas Networks"*, Proc. of the "12th IMACS World Congress on Scientific Computation", Paris, France, 1988, pp. III.666-668

Dr. PhD. Mohammed Ahmed Moustafa Hassan

Measurements Placement for Electric Power System Static State Estimation

Supervisors: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin
Prof. Dr. M.F. Sakr (Cairo University)

Examination: January 1988 in Cairo, Egypt

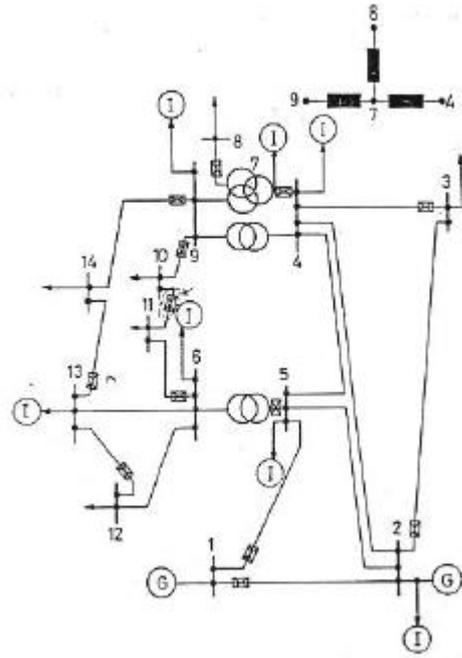
The different techniques for Power System Static State Estimation (PSSSE) are presented in this dissertation. Furthermore, the associated problems with PSSSE are discussed. It is demonstrated that the measurements placement problem plays an important role in PSSSE, with respect to: observability, accuracy and bad data analysis. A review on the meter placement problem is presented. There is no suitable meter placement for transformed measurements technique in PSSSE, although this technique is more suitable for PSSSE due to its main advantages. Therefore, the measurements placement problem in PSSSE has been studied in this thesis via the transformed measurements technique.

A new measurements placement technique for PSSSE is proposed. This technique represents a new contribution in the field of transformed measurements technique in PSSSE. The proposed technique starts with the determination of critical flow measurements. These measurements insure the observability. Furthermore, the required injection measurements (beside the above critical flow measurements) to guarantee the bad data detectability are selected. A new criteria for additional flow measurements is also suggested. Moreover, three criteria for voltage measurements are introduced. The 1st one gives attention to the voltage bad data detectability. While the 2nd one gives attention to the tieness between the buses (which is based on the network parameters), the 3rd one depends mainly on the voltage-angle sensitivity.

A suitable selection of measurements accuracies is developed using the least abnormal error in bad data detection. The proposed measurements placement has been tested on two different networks, one of them is the actual 34-Bus 220 KV network of lower Egypt for year 1983. The 2nd network is AEP 14-Bus test network.

The proposed measurements placement proves to possess the following advantages:

1. The observability is insured.
2. The bad data detectability is guaranteed (single and multiple).
3. Acceptable least abnormal error in bad data detection is obtained.
4. A reasonable accuracy is achieved.
5. Single bad data is easily identified and corrected.



Critical Flow Measurements and Chosen Injection Measurements for Minimum Redundancy in 14-Bus Network

- /87.No-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Hassan, M.A.M.; "New Approach for Measurements Placement in Electric Power Systems", Proc. of the "1st Symposium on Electric Power Systems in Fast Developing Countries", Riyadh, Saudi Arabia, 1987, pp. 606-610
- /87.No-Ma-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; Hassan M.A.M.; "Direct Detection and Identification of Topological Errors in EPS Data Base", Abstracts of the "2nd European Workshop on Fault Diagnostics, Reliability and Related Knowledge-Based Approaches", Manchester, UK, 1987, p. 12
- /88.Ha/ Hassan, M.A.M.; "Measurements Placement for Electric Power System Static State Estimation", Dissertation, Cairo, Egypt, January 1988

Dr.-Ing. Heribert Oberhem

Ein CAD-System für Druckwellenmaschinen

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

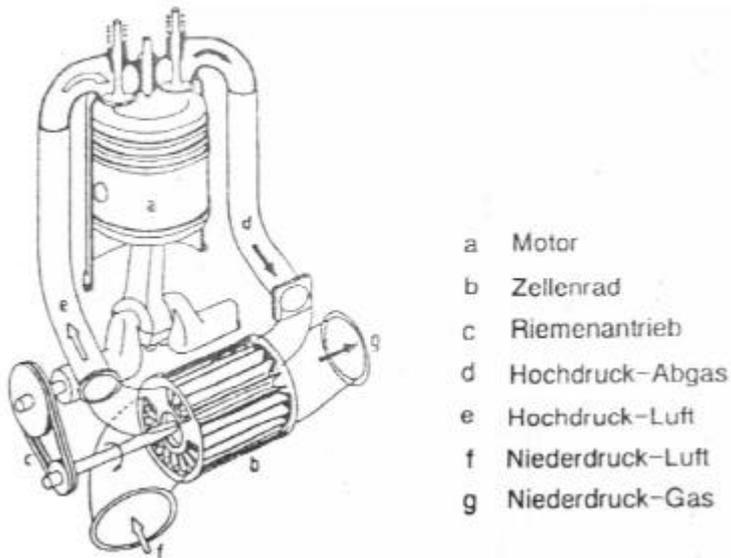
Korreferenten: Univ.-Prof. Dr. H.R. Schwarz

Univ.-Prof. Dr. rer.nat. P.C. Müller

Tag der mündlichen Prüfung: 10.02.89 in Wuppertal

In dieser Arbeit wurde ein neues rechnergestütztes Konzept zur Auslegung des Druckwellenladers Complex in Form eines CAD-Systems vorgestellt. Das Kernstück des CAD-Systems bildet das neu entwickelte Netzaufbauverfahren zur Lösung der eindimensionalen instationären Rohrströmung unter Berücksichtigung schneller Störungen, wie sie im Complex vorkommen.

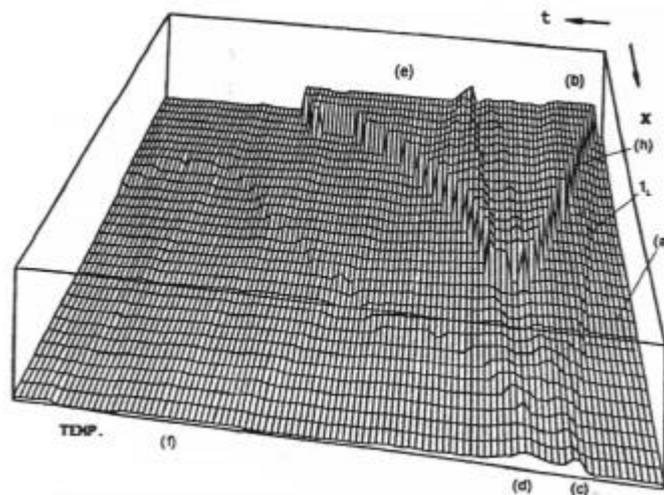
Für diesen Strömungsfall ergibt sich ein mathematisches Modell (Fadenmodell) aus der Kontinuitäts-, der Impuls- und der Energiegleichung. Wandreibung, Wärmeaustausch mit der Umgebung, sowie eine Querschnittsänderung können mit berücksichtigt werden können. Die resultierenden Modellgleichungen bilden ein System aus quasilinearen partiellen Differentialgleichungen vom hyperbolischen Typ, für die reelle Charakteristiken existieren.



*Schematische Darstellung eines
Druckwellenlader-Motors*

Bisherige Berechnungsverfahren zur Complex-Simulation unter Berücksichtigung der Charakteristikentheorie zeigen deutlich, daß das "Graphische Charakteristikenverfahren" von Jenny /49.Je/ durch die flexiblen Eingriffsmöglichkeiten des Konstrukteurs die besten Ergebnisse lieferte. Numerische Verfahren, die ebenfalls auf der Charakteristikentheorie basieren, jedoch mit konstanten Schrittweiten arbeiten, konnten nicht in allen Fällen befriedigende Resultate liefern, da durch die notwendigen Interpolationen die Fronten verschliffen werden.

Auch die Verwendung von Differenzverfahren zeigt ein ähnliches Verhalten. Aus diesen Erfahrungen ergaben sich zwingend die Anforderungen an das neu zu entwickelnde Berechnungsverfahren zur Complex-Simulation. Die Grundgleichungen für das Netzaufbauverfahren basieren auf den Gleichungen, auf denen Jenny sein graphisches Verfahren aufgebaut hat. Für eine definierte Elementarmasche werden Gleichungen aufgestellt, die entsprechend den Genauigkeitsanforderungen mittels numerischer Approximationen gelöst werden. Aus den Berechnungsergebnissen eines linearen Gleichungssystems, welche die isentropen Verhältnisse der Masche repräsentieren, ergaben sich sehr gute Startwerte für eine nachfolgende Newton-Raphson-Iteration, welche ein nichtlineares Gleichungssystem mit höherer Genauigkeit schnell und robust berechnet. Nach der prinzipiellen Berechnung einer Elementarmasche wurde gezeigt, wird das Netz aus der Elementarmasche innerhalb des Lösungsgebietes aufgebaut. Dazu wurde, um lokale Störungen in einer Elementarmasche zu berücksichtigen, ein sicheres Verfahren zur Stördetektion erarbeitet. Hiermit können Kompressionen, Expansionen oder Kontaktunstetigkeiten leicht erkannt und deren Ausbreitung verfolgt werden.



Temperatur: Ort/Zeit-Darstellung in einer Complex-Zelle

Neben schwachen Störungen wird der Grenzfall der nichtlinearen Wellenausbreitung (Verdichtungsstoß) modelliert und verfolgt. Beim Verdichtungsstoß überlagern sich gleichlaufende Charakteristiken, die mathematisch zu Mehrdeutigkeiten führen. Für das Netzaufbauverfahren wird durch den Störindex dieser Grenzfall frühzeitig erkannt. Daraufhin wurden zusätzliche Differenzgleichungen über erkannte Unstetigkeiten aufgestellt und numerisch gelöst. Die Genauigkeit der Simulation ist am Anwendungsfall eines offenen Stoßwellenrohres gezeigt. Die numerischen Resultate des Netzaufbauverfahrens sind mit den analytischen Ergebnissen verglichen.

Verschiedene Randbedingungen zur Comrex-Simulation mit dem Netzaufbauverfahren sind vorgestellt. Für eine geschlossene Zelle erfolgte die Modellbildung direkt aus den Grundgleichungen des Netzaufbauverfahrens. An dem geschlossenen Stoßwellenrohrversuch wurde die Gültigkeit und die Genauigkeit des Netzaufbauverfahrens in Verbindung mit seinen Randmodellen untersucht. Der Anwendungsfall des Stoßwellenrohres als Referenzfall ist wesentlich, da mit vereinfachten Bedingungen eine analytische Lösung unter Berücksichtigung von Randbedingungen konstruiert werden kann. Damit ist gezeigt, daß das neue Berechnungsverfahren auch in der Lage ist, Reflexionen durch Randbedingungen oder Kontaktunstetigkeiten richtig wiederzugeben. Die bekannten Randbedingungsmodelle für variable Rohröffnungen konnten ebenfalls erfolgreich in die dynamische Datenstruktur des Netzaufbauverfahrens integriert werden. Auch für die hier auftretenden nichtlinearen Gleichungen konnten zugeschnittene Lösungskonzepte in Form von Gauß-Seidel und Golden-Section Iterationen angegeben werden.

Die bisher betrachteten Teilergebnisse wurden auf den Comrex-Prozeß angewendet. Die unterschiedlichen Randbedingungen (zunächst mit der Annahme fester Zustandsgrößen in den Kanälen) wurden so miteinander verknüpft, daß die Kantengeometrie einer Druckwellenmaschine nachgebildet werden konnte. Für einen Zyklus wurden die Strömungsvorgänge in einer Comrex-Zelle berechnet und diskutiert. Die Auswirkungen verschiedener Randstörungen können somit verfolgt werden. Simulationstechnisch ist die notwendige Massenbilanzierung eines geschlossenen Comrex-Motor-Kreises realisiert. Für die Anwendung einer automatischen Druckanpassung konnte gezeigt werden, daß das Netzaufbauverfahren in der Lage ist, auch kleine Veränderungen in den Massebilanzen auszugleichen.

/87.No-Ob-Sc/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; Schuster, U.; *"The Variable Grid-Method for Accurate Simulation of Fast Gas Dynamics and Shock-Tube Like Problems"*, Proc. of the IMACS/IFAC International Symposium on "Modelling and Simulation of Distributed Parameter Systems", Hiroshima, Japan, 1987, pp. 241-248

/89.Ob/ Oberhem, H.; *"Ein CAD-System für Druckwellenmaschinen"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Feb. 1989

/90.No-Ob/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; *"Fast and Distributed Algorithm for Simulation and Animation of Pressure Wave Machines"*, Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S²'90", Brussels, Belgium, 4.9.1990, pp. 807-815

/91.No-Ob/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; *"A Variable Grid for Accurate Animation of the Nonstationary Compressible Flow in the Pressure Wave Machine"*, Proc. of the 7th International Conference on "Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow", Stanford, California, USA, 15.-19.7.91, pp. 1239-1248

/93.No-Ob/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; *"Accurate Animation of the Thermo-Fluidic Performance of the Pressure-Wave Machine and its Balanced Material Operation"*, Proc. of the 8th International Conference on "Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow", Swansea, UK, 18.-23.7.93, pp. 912-923

/95.No-Ma-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Makarious, S.H.; Pu, H.; *"Inverse Problem Approach for Unsteady Compressible Fluid-Wave Propagation in the Comrex"*, Proc. of the 9th International Conference on Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow, Atlanta, USA, July 10-14, 1995, Vol. I, pp. 866-877

Dr.-Ing. A. Mansour

Bad-Data Pre-Cleaning and Static State Estimation in Electric Power Networks

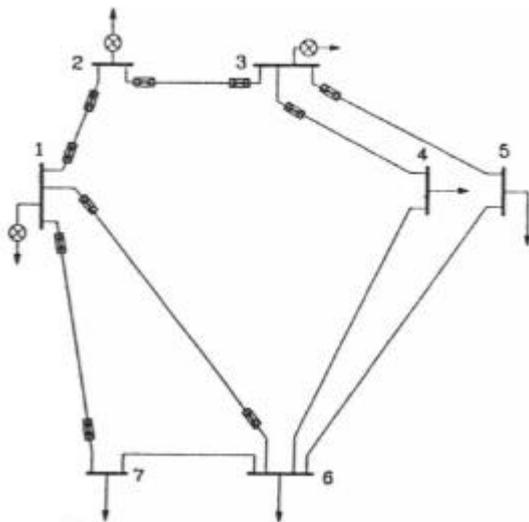
Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Verstege

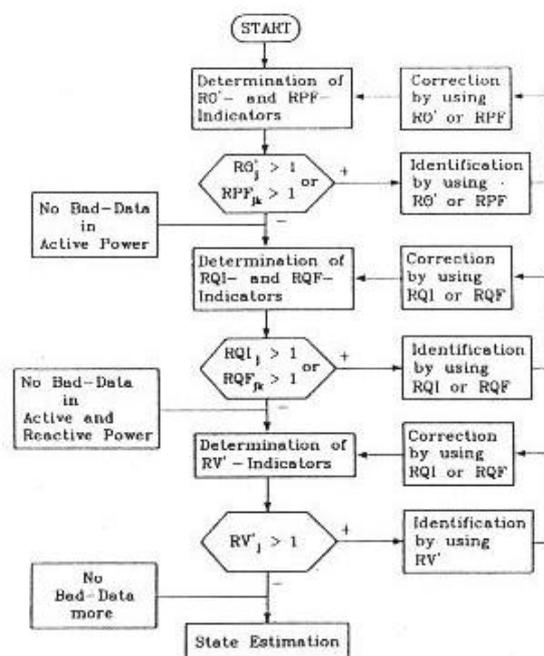
Tag der mündlichen Prüfung: 10.01.1990 in Wuppertal

In this dissertation, a new method for bad-data treatment and static state estimation is presented. It is based on pre-cleaning of single or multiple bad-data before applying a fast recursive static state estimation. The necessary and sufficient conditions for bad-data detection as well as the necessary and sufficient conditions for bad-data identification have been derived. The conditions are valid irrespective of the algorithm used. For the meter configuration problem, an algorithm for evaluating an existing metering system as well as an algorithm for placing the minimum number of measuring meters required to satisfy the observability, detectability, and identifiability conditions have also been introduced.

The new bad-data pre-cleaning (BDPC) technique is based on nonlinear transformations of the available measurements. For this purpose, the node-oriented model equations and new stationarity conditions have been deduced. The stationarity conditions are valid for any operating point. Based on the transformed variables and the stationarity conditions, six types of bad-data indicators are defined. Using the available measurements (P_{jk} , Q_{jk} , P_j , Q_j , V_j), single or multiple bad-data in power flow (P_{jk} , Q_{jk}), power injection (P_j , Q_j) and voltage magnitude measurement (V_j) can be detected.



Minimal Meter Configuration for Bad-Data Observability



The advanced BDPC Technique

The group of bad-data indicators used in the BDPC technique test the verification of the local stationarity conditions that guarantee the fulfilment of Kirchhoff's first law or the line-flow equations. Zero injection buses are handled as very accurate information in the BDPC technique, while voltage measurements are not required. Application results on the AEP 30-bus test network show the validity in the detection, identification and correction of the BDPC technique. The necessary and sufficient conditions for bad-data detectability as well as the necessary and sufficient conditions for bad-data

identifiability have been stated and proved in the dissertation. Independent of the method used for bad-data detection or identification.

The metering system must be, at least, complete one-relation redundant to ensure the detectability in every measurement, and it must be complete multiple-relation redundant to ensure the identifiability in every measurement. In the last chapter of the dissertation, a new and fast recursive static state estimation (RSSE) algorithm is introduced. The estimation is performed in two stages. In the first stage, local linear (not weighted) Least-Square estimation processing the power flow and voltage measurements are performed. In the second stage, the available power-injection measurements as well as zero injections are processed. The bad-data pre-cleaning (BDPC) technique combined with the fast recursive static state estimation (RSSE) ensure a reliable as well as fast (4 ms per bus on CYBER 170/855) state estimation. The basic results obtained regarding the detectability, and the identifiability related to the meter placement problem may help to settle some long-existing problems in this field.

- /87-1.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour A.E.; *"Robust Bad-Data Pre-Cleaning Technique with Subsequent Direct Recursive State Estimation"*, Proc. of the "1st Symposium on Electric Power Systems in Fast Developing Countries", Riyadh, Saudi Arabia, 1987, pp. 615-619
- /87.No-Ma-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; Hassan M.A.M.; *"Direct Detection and Identification of Topological Errors in EPS Data Base"*, Abstracts of the "2nd European Workshop on Fault Diagnostics, Reliability and Related Knowledge-Based Approaches", Manchester, UK, 1987, p. 12
- /87-2.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Hierarchical and Fast Recursive State Estimation with Robust Bad Data Pre-Cleaning for Large-Scale Power Systems"*, Abstracts of the "2nd European Workshop on Fault Diagnostics, Reliability and Related Knowledge-Based Approaches", Manchester, UK, 1987, p. 12
- /87-3.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Fast and Robust Bad-Data Detection, Identification and Correction with Subsequent Direct Recursive State Estimation"*, Proc. of the 9th "Power System Computation Conference PSCC", Lisbon, Portugal, 1987, pp. 516-522
- /88.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Decentralized Robust Bad-Data Pre-Cleaning with Subsequent Hierarchical and Fast Recursive State Estimation"*, Preprints of the International IFAC-Symposium on Power Systems "Modelling and Control Applications", Brussels, Belgium, 1988, pp. 17.3.1-17.3.7
- /90.Ma/ Mansour, A.E.; *"Bad-Data Pre-Cleaning and Static State Estimation in Electric Power Networks"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Jan. 1990
- /90.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"The Measurement Instrumentation Problem for Fault Detection Identification and Correction in Electrical Power Network"*, Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, 4.9.1990, pp. 795-800
- /91.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Minimum Meter Configuration for Bad-Data Detection, Identification and Correction in Electric Networks"*, Proc. of the IMACS-IFAC Symposium on "Modelling and Control of Technological Systems", MCTS '91, Lille, France, 7.-10.5.91, Vol. 2, pp. 55-60
- /91.No-Ma-Os/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; Osman, N.; *"An Advanced Technique for Bad-Data Pre-Cleaning Using Stationarity Conditions of Electrical Power Networks"*, IFAC - "Safeprocess '91", Baden-Baden, Germany, 10.-13.9.91

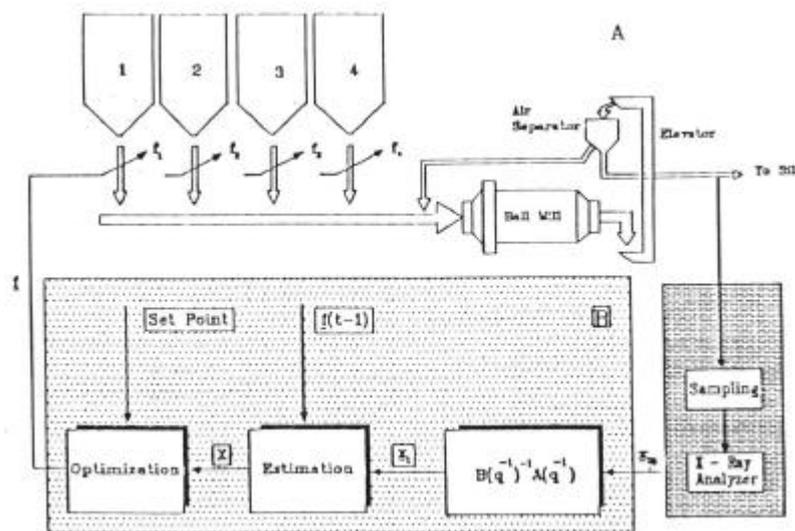
Dr. Ph.D. A.M. Bassiuny

Computer Process Control in the Cement Industry

Supervisors: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin
Prof. Dr. M. Hegazy (University of Helwan)

Examination: February 1990 in Helwan, Egypt

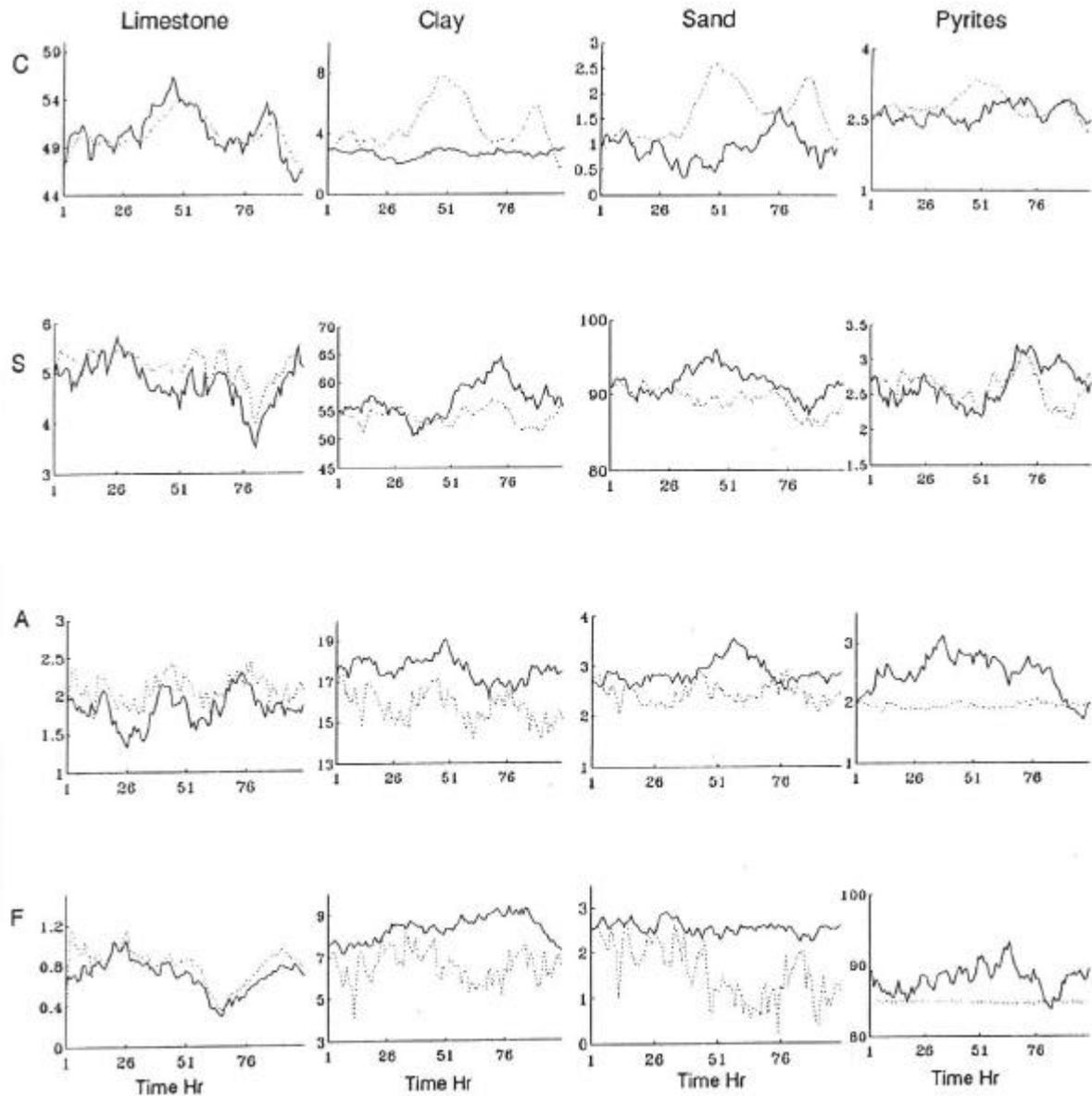
In a computer controlled system, the process to be automated is provided with sensors for measurement of the important process variables. Desired control actions are determined by information processing of the measured signals. Control actions are communicated, converted, and sent to actuators like valves and motors. As control systems also include operators and managers, the process control system should give the operator the information needed for normal operation as well as possible emergencies. The operator may override the control system and run the process manually. However, the control system should also give in such cases reports about operator actuation, energy consumption and raw material etc. in form of management protocol.



A: Homogenisation process, B: On-Line Optimisation Algorithm

For the cement production process, the problems associated with the raw meal preparation in the cement plants utilising the dry method are formulated and the existing solving techniques are analysed. The processes in the raw meal preparation plant involve unit operation such as quarrying, grinding, sampling and sample analysis and homogenisation using large silos. These processes are modelled and simulated in the thesis. It was found via computer simulation that a stochastic model of an autoregressive scheme fits with a reasonable degree of accuracy three different series of actual plant data. The program used is based on the Akaike's method and can be used to fit any other sets of data.

For the size reduction process, the mixing effects of the raw mill are analysed and simulated. As a mixer, the mill dynamics are modelled as two ideal mixed tanks in series and the effect of operating conditions are studied. Due to the sampling process, sample preparation and analysis, a time delay of about 30 minutes is added to the mill model. Based on simulation, one can conclude that the homogenisation effect of the raw mill is very limited and can be neglected.



True and estimated (dashed lines) oxide composition (C,S,A,F in %) using RLS algorithm

The silo dynamics are modelled as a first order system with a large time constant (14 hours). The effect of the residence time distribution and the silo configurations on the homogenisation efficiency are studied and simulated. It was found that the homogenisation efficiency obtained using one large silo with a 15 hours time constant can be obtained from three small silos each with a 5 hour time constant.

Estimation of the raw material chemical composition has been crucial for building an on-line raw material optimisation in the cement industry. For this purposes, recursive least-squares and modified versions are analysed. In the thesis, it is proposed to use simplified algorithms that avoid updating through the use of the projection algorithm. The use of a supervision algorithm is followed. Such an algorithm monitors the incoming measurements. The algorithm stops the recursion procedure, if there are no significant changes over three or four samples. Instead of choosing a forgetting factor, two tuning factors are required in the projection algorithm. The resulting on-line estimation algorithm consists of two parts, an estimation algorithm and an optimisation algorithm. Using both algorithms, the standard deviation of the kiln feed is reduced about four times.

- /88.No-Ba/ Nour Eldin, H.A.; Bassiuny, A.M.; "An Overview on System Modelling and Simulation in Cement Industry", IMACS International Symposium on "System Modelling & Simulation", Cetraro, Italy, 1988
- /90.Ba/ Bassiuny, A.M.; "Computer Process Control in the Cement Industry", Dissertation, Cairo, Egypt, Feb. 1990
- /90.No-Mü-Ba-Mi/ Nour Eldin, H.A.; Müller, M.; Bassiuny, A.M.; Mikhailov, A.K.; "Integrated Knowledge Based System for Planning and Fault Diagnosis in Flexible Manufacturing", Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, 3.9.1990, pp. 539-545
- /90.No-Ba-He/ Nour Eldin, H.A.; Bassiuny, A.M.; Hegazy, A.A.; "Modelling and Simulation of the Homogenization Process in the Dry Process Cement Production", Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, 4.9.1990, pp. 703-708
- /91.No-Ba-He/ Nour Eldin, H.A.; Bassiuny, A.M.; Hegazy, A.; "Stochastic Modelling of Raw Materials Composition in the Cement Industry", IMACS-IFAC Symposium on "Modelling and Control of Technological Systems", MCTS '91, Lille, France, 7.-10.5.91

Dr.-Ing. N. Osman

Nichtlinearer Zustandsbeobachter für die Spannungsregelung des Synchrongenerators

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Holtz

Univ.-Prof. Dr. rer.nat. P.C. Müller

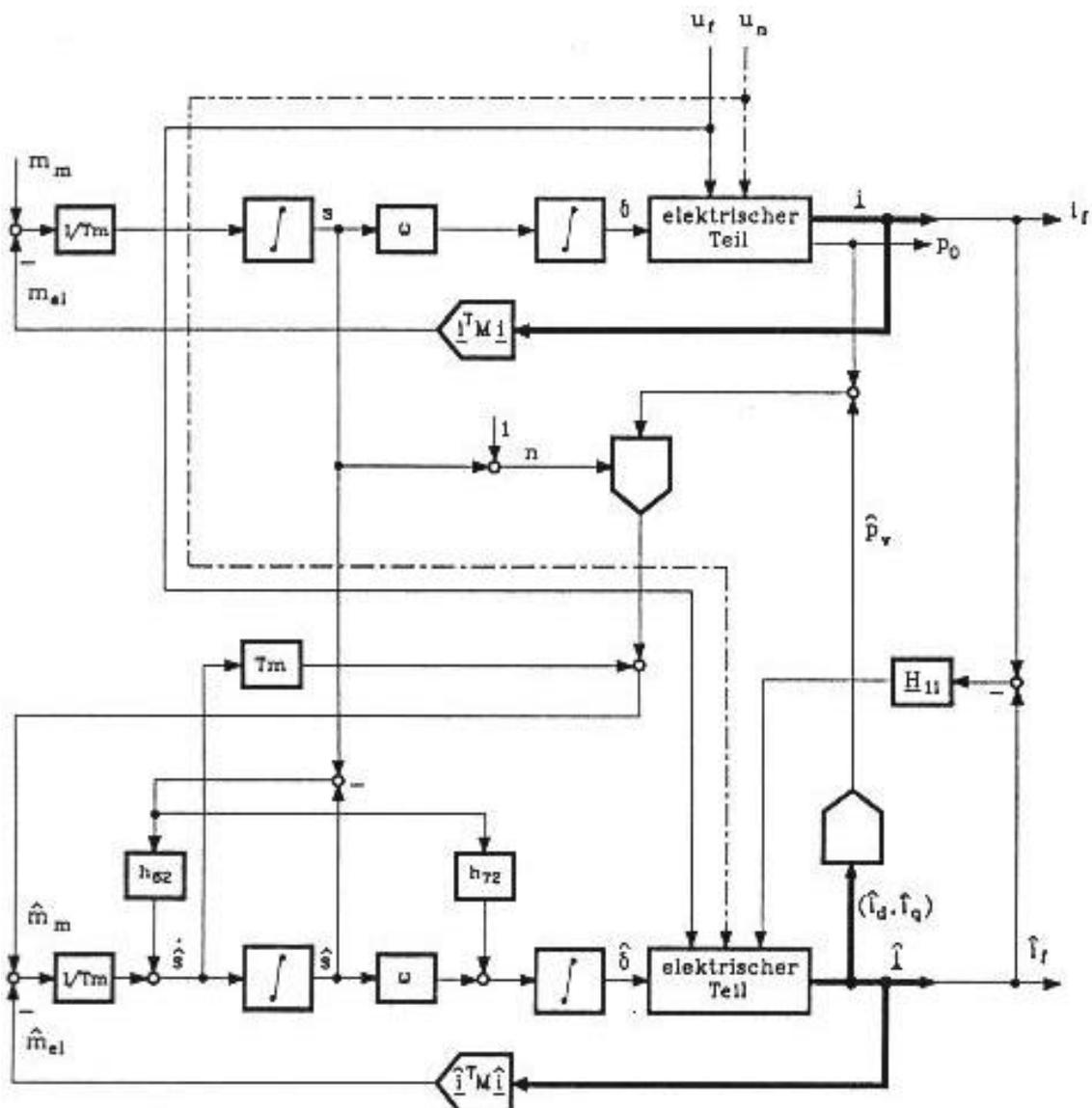
Tag der mündlichen Prüfung: 19.11.1990 in Wuppertal

In der vorliegenden Arbeit wird ein neuer Weg zur Zustandsrekonstruktion von nicht direkt meßbaren Zustandsgrößen des Synchrongenerators vorgestellt. Das Vorgehen basiert auf der Theorie der nichtlinearen Beobachter sowie auf dem grundlegenden dynamischen Verhalten des Synchrongenerators, das als eine Kombination von schnellen elektromagnetischen und langsamen elektromechanischen Vorgängen zu deuten ist. Dieser Umstand wird bei der Konstruktion des Beobachters, bestehend aus zwei Teilbeobachtern, ausgenutzt. Der erste Teilbeobachter rekonstruiert die elektrischen Zustandsgrößen des Synchrongenerators mittels der Messung des Feldstromes $i_f(t)$, während der zweite Teilbeobachter die elektromechanischen Zustandsgrößen durch die Messung des Schlupfes $s(t)$ rekonstruiert.

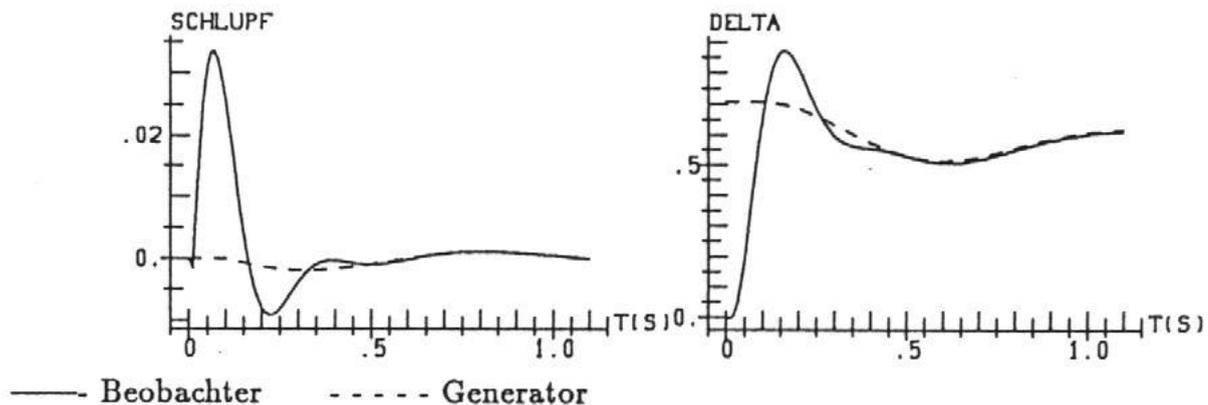
Die Beobachtbarkeit sowohl der elektromagnetischen als auch der elektromechanischen Generatorgrößen aus der Messung von $i_f(t)$ und $s(t)$ wird lokal und global bewiesen. Durch die Einstellung der Rückführungskoeffizienten wird die asymptotische Liapunov-Stabilität der nichtlinearen Beobachterfehlergleichung garantiert, so daß das sichere Anfahren des Beobachters bei beliebigen Anfangsbedingungen der Generator- und Beobachterzustände gewährleistet ist. Die Beobachterrückführung ist konstant, so daß diese Unabhängigkeit von den Generatorzuständen eine einfache Polfestlegung der Beobachterfehlergleichungen aus den gegebenen Generatordaten erlaubt. Das Verhalten des Synchrongeneratorbeobachters bleibt nicht nur beim Anfahren, sondern insbesondere unter Einwirkung von bekannten Netzspannungs- und Netzanschlußimpedanzstörungen robust. Bei unbekanntem Netzanschlußimpedanzstörungen bleibt diese Robustheit ebenfalls erhalten, zumal die Rückführung der Generatorspannung dafür Sorge trägt, daß der Beobachterpolradwinkel ungeachtet einer Netzanschlußimpedanzstörung stationär genau bleibt. Auch bei unbekanntem Antriebsmomentstörungen sichert die vorgenommene Antriebsmomentrekonstruktion die schnelle und genaue Zustandsrekonstruktion.

Der hier erstmalig vorgestellte nichtlineare Synchrongeneratorbeobachter ist somit beim Anfahren als auch beim Eintritt unbekannter äußerer Störungen robust. Seine rekonstruierten Zustandsgrößen können daher für die verschiedenen Regelungs- und Überwachungsaufgaben im Netzbetrieb eingesetzt werden. Exemplarisch dafür wird in dieser Arbeit der Einsatz des Beobachters zur Aufschaltung der Spannungsregelung des Synchrongenerators durchgeführt. Die Aufschaltung der vom Beobachter rekonstruierten Dämpferströme trägt entscheidend dazu bei, sowohl das Führungs- als auch das Störverhalten der Spannungsregelung zu verbessern. Die Zuständigkeit der nach IEEE-Richtlinien dimensionierten Spannungsregelung wird bei der Aufschaltung auf das quasistationäre Verhalten eingeschränkt, so daß die notwendigerweise zu Polradpendelungen führende Erhöhung der Kreisverstärkung im Spannungsregelkreis vermieden wird und trotzdem die erforderliche schwingungsfreie und schnellere Reaktion auf Störungen durch die Aufschaltung gewährleistet bleibt.

Ausführliche Simulationsarbeiten dokumentieren diese Aussagen, so daß der hier entworfene, durch Simulation überprüfte und bestätigte nichtlineare Synchrongeneratorbeobachter, für die verschiedenen Regelungs- und Überwachungsaufgaben im praktischen Betrieb von elektrischen Energienetzen, zur technischen Realisierung empfohlen werden kann.



Blockschaltbild des Synchrongenerators mit Beobachter ohne Antriebsmomentmessung



Anfahrverhalten des Synchrongeneratorbeobachters ohne Antriebsmomentmessung

- /86.No-Os/ Nour Eldin, H.A.; Osman, N.; "Robust Nonlinear State Observer for the Synchronous Generator", Vth Polish-English Seminar on "Real-Time Process Control", Warsaw, Poland, September 1986
- /87.No-Os/ Nour Eldin, H.A.; Osman, N.; "Robust Nonlinear State Observer for the Synchronous Generator", Foundations of Control Engineering, 1987, Vol. 12, No. 1, pp. 11-29
- /90.Os/ Osman, N.; "Nichtlinearer Zustandsbeobachter für die Spannungsregelung des Synchrongenerators", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, November 1990
- /98.No-Ne-Os-Ab-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Osman, N.; Abdel-Hamid, A.M.; Lerch, E.; „Liapunov Stability Analysis of a Nonlinear Observer for the Mechanical States of Turbogenerator Systems“, Proc. of the 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998, Vol. 1, pp. 667-672

Dr. Ph.D. A.M. Abdel-Hamid

Combined Static VAR Compensation and Excitation Control Systems for Damping Subsynchronous Resonance (SSR) Dynamics in Large Power System Generators

Supervisors: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin
 Prof. Dr. Shaban M. Osheba (Menoufia University)
 Prof. Dr. Abas El Hefnawy (Menoufia University)

Examination: November 1991 in Shebin Elkom, Egypt

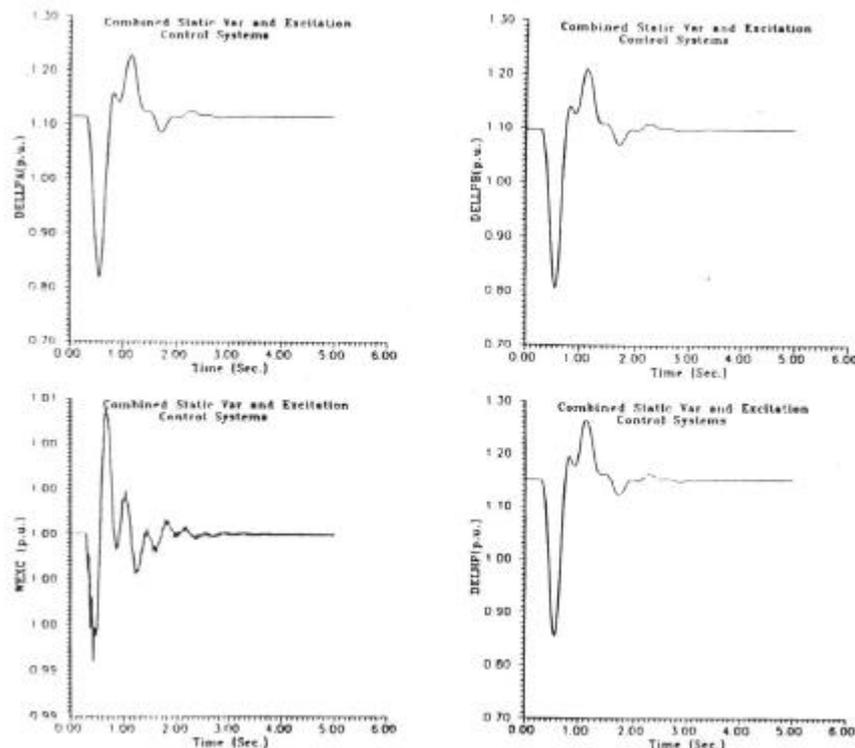
This thesis deals with damping of the Subsynchronous Resonance (SSR) oscillations in electric power systems via the introduction of different control schemes. A full order state observer has been designed to predict the internal state variables which were used as stabilising signals for these schemes. The investigation was undertaken using the first IEEE Benchmark model in its full order form. In this model, the synchronous generator is represented by an 8th order nonlinear differential equation and the turbine is modelled as three stages with reheat. Details of this representation is given in the thesis. The reinvestigations on previous publications and modelling procedure, together with the assessment of the developed control techniques and the results obtained in this thesis lead to the following conclusions.

Results and discussions of the open loop response presented lead to the conclusion that the SSR problem is in fact more serious than it has been expected to be before. Real disturbances can initiate SSR-oscillations and keep them nonlinearly persistent. The proposed damping control schemes, which have been designed according to idealised disturbances, do not perform as stabilisers for the

real disturbances. Further more, most of the signals proposed for use in damping SSR-oscillations found in publications, are inaccessible for measurement.

Investigations of the eigenvalue analysis showed that modes 0,1,3 and 4 have either negative real part or even a very weakly damped eigenvalues. Accordingly, these eigenvalues represent the dominant SSR-unstable modes. Subsequently three strategies are proposed within this thesis to damp all the oscillatory modes of SSR. These are: an excitation controller, a Static VAR Compensator (SVC) and a combined control scheme which includes both excitation and SVC systems. The stabilising signals used as feedback for these control strategies are synthesised from a designed full order state observer. It was demonstrated that selecting the right signals to damp SSR-oscillations is crucial. Therefore, the thesis has presented extensive test results to select the stabilising signals based on both physical and experimental aspects. From these tests it can be asserted that the d-axis stator current components together with the shaft speed signal synthesised from the generator shaft section can provide the best SSR-damping.

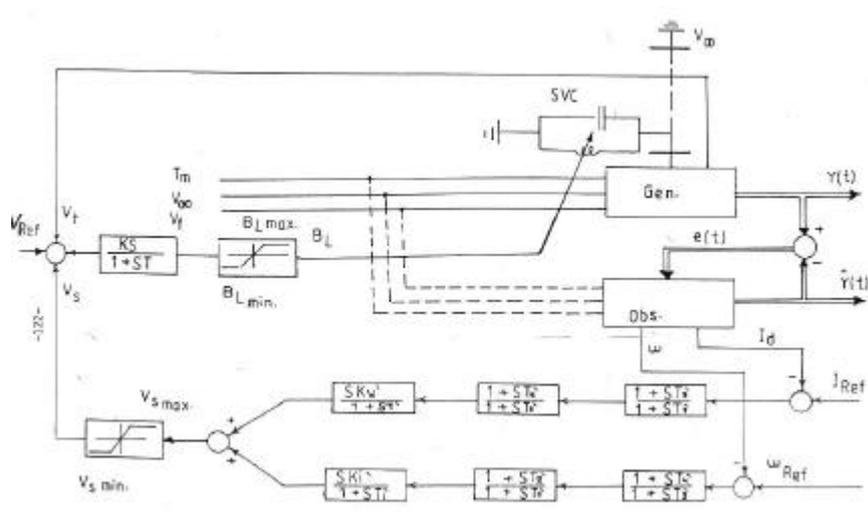
A combined SVC and excitation control system has been proposed in order to attain the benefits of both these two control schemes for SSR-damping. Illustrated results have shown that the combined SVC and excitation control systems lead all eigenvalues stable at the nominal operating conditions. also, the shaft torque oscillations are significantly damped than when either SVC or excitation controller are separately used. Moreover, the variation of the terminal voltage is limited to only 0.08 p.u. The systems states return to their steady state values in a considerable short time.



System response with application of combined VAR Compensator and Excitation Controller

The reliability and robustness of the three proposed controllers has been also checked. Various tests has been performed to illustrate the influence of changing the operating point and/or system configuration. Also, the effect of sever faults on the performance of each controller is fairly studied. Results of changing the operating point and/or system configuration for light disturbance as well as severe disturbance have proved the reliability and robustness of a combined SVC and excitation control

system in damping all the SSR-oscillatory modes. This represents one of the interesting concluding remarks presented in this thesis which may be of the interest to the power system engineers regarding the introduction of efficient damping to SSR-oscillations.



The Compensator

- /90.No-Ab-He/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; Nern, H.-J.; Hefnawy, A.A.E.; "Simulations for Torsional Oscillations and Subsynchronous Resonance (SSR) - Dynamics in Large Power System Generators", IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S²'90", Brussels, Belgium, 4.9.1990
- /91.No-Ha-He-Os/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; Hefnawy, A.E.; Osheba, S.; "Real-Time Stabilizing Signal Generation for Damping of Subsynchronous Resonance (SSR) through Nonlinear Synchronogenerator Observer", Proc. of the IMACS-IFAC International Symposium "Parallel and Distributed Computing in Engineering Systems P.D.COM'91", Corfu, Greece, 23.-28.6.91, pp. 537-544
- /91.Ab/ Abdel-Hamid, A.M.; "Combined Static VAr and Voltage Control System", Dissertation, Menoufia University, Egypt, 1991
- /92.No-Ab-Os/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; Osheba, S.M.; "Design and Implementation of a Physically Realizable State Observer for Damping SSR-Oscillations", Proc. of the 2nd IASTED International Conference on "Computer Applications in Industry", Alexandria, Egypt, 5.-7.5.92, pp. 55-58
- /97.No-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; „A Modal Analysis Based Load-Frequency Control Considering Parameter Uncertainties and Generation Rate Constraints“, Proc. 42nd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'97, Ilmenau, Germany, September 22-25, 1997, Vol. 3, pp. 705-710
- /97.Ab-No-Ne-Fi-Ba/ Abdel-Hamid, A.M.; Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Fischer, F.; Bahgat, A.; „Damping SSR-Oscillations Using Reactive Power Controller fed from a Physically Realizable State Observer“, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 2, pp. 787-791
- /98-1.Ab-No/ Abdel-Hamid, A.M.; Nour Eldin, H.A.; „Damping Improvement of Superconducting Turbogenerator Units Through Coordinated PI and Lead-Lag Networks“, Proc. of the 3rd International Conference on Automation of Mixed Processes ADPM'98, Reims, France, March 19-20, 1998, pp. 443-449
- /98.No-Ne-Os-Ab-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Osman, N.; Abdel-Hamid, A.M.; Lerch, E.; „Liapunov Stability Analysis of a Nonlinear Observer for the Mechanical States of Turbogenerator Systems“, Proc. of the 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998, Vol. 1, pp. 667-672
- /98-2.Ab-No/ Abdel-Hamid, A.M.; Nour Eldin, H.A.; „Modeling and Analysis of SSR Turbine-Shaft Oscillations in Power Systems Incorporating Superconducting Generators“, Proc. of the 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998, Vol. 1, pp. 776-781

Dr.-Ing. F. Pautzke

Invariante Ordnungsreduktion für Mehrgrößensysteme durch analytische Fehlerminimierung im Frequenzbereich

Referent: Prof. Dr. rer.nat. P.C. Müller

Korreferent: Prof. Dr. rer.nat H. Kiendl

Tag der mündlichen Prüfung: 20.01.1995

(Anm. Ein Teil der Voruntersuchungen zu dieser Arbeit wurden während der Tätigkeit von Herrn Dr.-Ing. F. Pautzke in der Fachgruppe atk durchgeführt)

An technische Prozesse werden immer höhere Anforderungen bezüglich Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit gestellt. Zur Erfüllung dieser Kriterien werden leistungsfähige Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungseinrichtungen benötigt. Voraussetzung für die Entwicklung solcher Automatisierungseinrichtungen ist die genaue Kenntnis der betrachteten Prozesse. Theoretische Verfahren, die auf einer mathematischen Beschreibung dieser Prozesse basieren, können einen wesentlichen Beitrag dazu leisten.

Die Ordnung mathematischer Prozeßmodelle ist in der Regel um so höher, je detaillierter die Systemanalyse durchgeführt wurde. Mathematische Modelle hoher Ordnung bedeuten jedoch einen hohen Rechenaufwand bei der Simulation und führen bei der Analyse und beim Entwurf von Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungseinrichtungen oft zu numerischen Problemen. Man ist also bestrebt, mathematische Modelle zu finden, die das Ein-/ Ausgangsverhalten gut approximieren und eine niedrige Ordnung aufweisen. Die Ermittlung mathematischer Prozeßmodelle niedriger Ordnung aus detaillierten Modellen hoher Ordnung ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen und wird als Ordnungsreduktion bezeichnet. Welche Eigenschaften eines mathematischen Modells wesentlich und welche unwesentlich sind, hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab.

Verfahren	Stabilität	stationäre Genauigkeit	flexible Gewichtung	Mehrgrößensysteme	wesentliches numerisches Verfahren
Kettenbruchverfahren				X ¹	Einfache Rekursionsformel
Analytische Fehlerminimierung	2	X	X		Lösung eines linearen Gleichungssystems
Parameteroptimierung	2	X	X		Gütevektoro-optimierung
Minimierung des Gleichungsfehlers	X ³	X		X	Lösung Ljapunov-Matrizengleichung
Anpassung von Markov-Parametern		X		X	Transformation auf Jacobi-Form
Anpassung von Zeitmomenten		X		X	Matrizeninversion und Trans. auf Jacobi-Form
Modale Ordnungsreduktion	X	X		X	Transformation auf Jordansche Normalform
Singuläre Perturbation		X		X	Matrizeninversion und -multiplikation
Balancierte Realisierung	X	X	X	X	Lösung Ljapunov-Matrizengleichungen
Appr. Lösung des Minimal-Design-Problems ⁴	X ²	X	X	X	Lösung Least-Squares-Problem

1 Erweiterungen auf Mehrgrößensysteme existieren, in dieser Arbeit wurde nur das Eingrößenverfahren untersucht

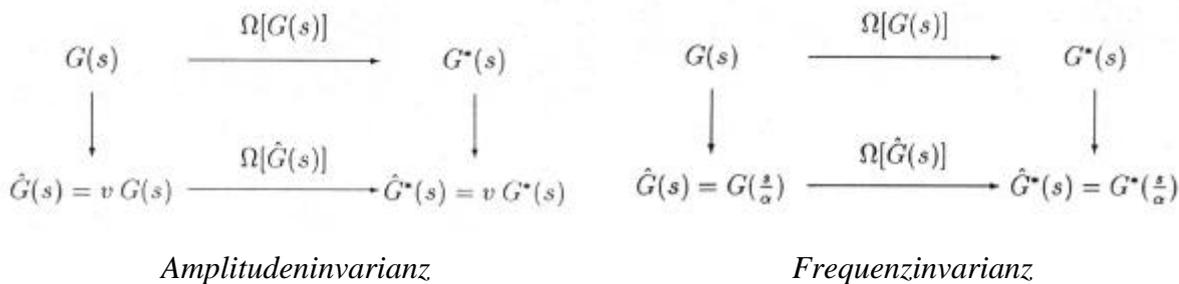
2 Die Erzeugung instabiler Reduktionsergebnisse kann aus mathematischer Sicht nicht ausgeschlossen werden. Die Auslegung der reduzierten Systemmodelle erfolgt jedoch durch den Anwender, der durch Überprüfung der Eigenwerte die Stabilität der reduzierten Systemmodelle sicherstellt

3 Im Ljapunovschen Sinn

4 Stand zu Beginn der Untersuchung nicht zur Verfügung

Vergleich von Ordnungsreduktionsverfahren

Bisher entwickelte Ordnungsreduktionsverfahren wurden überwiegend so ausgelegt, daß sich gute Simulationsergebnisse im Zeit- und/oder Frequenzbereich ergeben. Es läßt sich jedoch exemplarisch zeigen, daß Modellsysteme, die eine gute Approximation der Sprungantwort aufweisen, nicht automatisch auch gute Reglerentwurfsmodelle darstellen. Wird ein Modell für eine sich anschließende Reglersynthese entworfen, so muß der Bereich hoher Frequenzen mit berücksichtigt werden, damit für kleine Zeiten eine gute Übereinstimmung von Original- und Modellsystem erzielt wird.



Ein bisher kaum untersuchtes Anwendungsgebiet für den Einsatz reduzierter Modelle bietet der sicherheitstechnische Bereich. Die Sicherheit und Zuverlässigkeit regelungstechnischer Systeme ist von großer Bedeutung. Bei der Regelung technischer Anlagen werden Prozeßgrößen erfaßt, daraus Stellgrößen berechnet und über Stelleinrichtungen Stelleingriffe vorgenommen. Fehler in den Meß- oder Stelleinrichtungen können das dynamische Verhalten des Regelkreises in gefährlicher Weise beeinträchtigen und katastrophale Konsequenzen nach sich ziehen. Zur Erhöhung der Sicherheit und der Zuverlässigkeit kann durch Mehrfachauslegung von Sensoren Hardware-Redundanz erzeugt werden. Dieses Vorgehen ist jedoch aufwendig und teuer.

Eine Alternative dazu bieten Verfahren der analytischen Redundanz die auf mathematischen Modellen basieren und rechnergestützt Meßinstrumentenfehler ermitteln. Da zahlreiche Methoden der analytischen Redundanz auf Zustandsraummodellen aufbauen, ist für eine sinnvolle Anwendung von Ordnungsreduktionsverfahren in diesem Bereich wesentlich, daß die Gesamtordnung des Mehrgrößensystems im Zustandsraum reduziert wird. Es ist also nicht ausreichend, die einzelnen Übertragungspfade eines Mehrgrößensystems getrennt zu reduzieren.

In der Dissertation werden aus der Literatur bekannte Ordnungsreduktionsverfahren für Ein- und Mehrgrößensysteme vorgestellt, auf ihre Anwendbarkeit im Bereich der Fehlerdetektion untersucht und ein neues Verfahren für Mehrgrößensysteme vorgestellt. Es wird untersucht, inwieweit die Verfahren für Eingrößensysteme auf Mehrgrößensysteme erweitert werden können, und ob die Verfahren zur Ordnungsreduktion von Mehrgrößensystemen geeignete Modelle zur Fehlerdetektion liefern. Ein neues Verfahren zur invarianten Ordnungsreduktion von Mehrgrößensystemen durch Fehlerminimierung im Frequenzbereich wird angegeben. Die Ordnungsreduktion erfolgt dabei durch analytische Fehlerminimierung im Frequenzbereich und geht für Eingrößensysteme in das Verfahren zur invarianten Ordnungsreduktion von Kiendl, Post und Fritsch über. Mittels transparenter Steuerparameter können bestimmte Systemeigenschaften hervorgehoben werden. Dadurch lassen sich reduzierte Modelle erzeugen, die auf den speziellen Anwendungsfall zugeschnitten sind und alle relevanten Systemeigenschaften widerspiegeln.

Die erzielbare Ordnung des reduzierten Systemmodells hängt von der geforderten Reduktionsgüte ab. Sie wird vom Anwender während der Entwurfsprozedur iterativ bestimmt. Für den Reduktionsansatz wird eine Lösung durch Einsetzen spezieller Stützstellen vorgestellt. Dabei wird der Parameterraum der frei wählbaren transparenten Steuerparameter durch Invarianzforderungen eingeschränkt. Es werden Verfahren zur Festlegung der Stützstellen, geeignete Gewichtungsfaktoren und eine Lösung der Reduktionsaufgabe für diskrete Systeme angegeben. Ferner werden verschiedene

kanonische Zustandsdarstellungsformen eingeführt, die bei der Ordnungsreduktion Verwendung finden. Besonders hervorgehoben wird dabei eine in der regelungstechnischen Literatur wenig beachtete kanonische Zustandsdarstellungsform, mit der sich ordnungsreduzierte Modelle durch Anpassung von Markov-Parametern oder durch Anpassung von Zeitmomenten leicht berechnen lassen. Abschließend erfolgt ein Vergleich mit anderen Ordnungsreduktionsverfahren anhand zweier Benchmark-Probleme und der Entwurf von Fehlerdetektionsbeobachtern zur Instrumentenfehlerdetektion und Instrumentenfehlerlokalisierung auf der Basis ordnungsreduzierter Prozeßmodelle.

- /87.Lo-Pa-Sc/ Lopez, L.; Pautzke, F.; Schockenhoff, R.; “*New Hierarchical Concept through a Two Level Tracking Problem Formulation*”, Preprints of the 10th IFAC World Congress on Automatic Control, München, Germany, 1987, Vol. 7, pp. 103 -108
- /88.No-He-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Pautzke, F.; “*A Constructive Solution of the Decoupling Problem for Computer Aided Control System Design*”, Proc. of the IEE International Conference on CONTROL’88, University of Oxford, UK, 1988, pp. 230 - 235
- /90-1.No-Pa-Mü-Wi/ Nour Eldin, H.A.; Pautzke, F.; Müller, M.; Winter, M.; “*PIERS Executive - An Expert System Aided Design Environment for Multivariable Control Systems*”, Preprints of the IMACS-IFAC International Symposium on Mathematical and Intelligent Models in System Simulation, Brussels, Belgium, 1990, pp. II.B.1-1 - II.B.1-6
- /90-2.No-Pa-Mü-Wi/ Nour Eldin, H.A.; Pautzke, F.; Müller, M.; Winter, M.; “*PIERS - Ein regelbasiertes CAD-System zur Analyse, Synthese und Simulation von Mehrgrößensystemen*”, Kongreß der VDI/VDE - Gesellschaft Meß- und Automatisierungstechnik, Baden-Baden, Germany, VDI-Berichte 855, VDI-Verlag, 1990, pp. 327 - 336
- /91.No-Pa-Wi/ Nour Eldin, H.A.; Pautzke, F.; Winter, M.; “*PIERS Executive - An Expert Aided Control System Design Environment*”, Proc. of the IEE International Conference on CONTROL’91, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK, 1991, pp. 277 - 281
- /91.No-Pa-Mi-Sc/ Nour Eldin, H.A., Pautzke, F.; Mikhailov, L.K.; Schockenhoff, R.; “*Towards Building an Intelligent Flexible Manufacturing Control System*”, Preprints of the IFAC International Symposium on Distributed Intelligence Systems, Arlington, Virginia, USA, 1991, pp. 83 - 88
- /91.Sc-Pa/ van Schrick, D.; Pautzke, F.; “*Frequenzgangberechnung durch direkte Frequenzauswertung mittels Hyman-Methode*”, Automatisierungstechnik 39, 1991, pp. 245-246
- /94.Sc-Pa/ van Schrick, D.; Pautzke, F.; “*Frequency Response Computation by Direct Frequency Evaluation Using Hyman’s Method*”, Proc. of the IEE International Conference on CONTROL’94, University of Warwick, Coventry, UK, 1994, pp. 845 - 848
- /95.Pa/ Pautzke, F.; “*Invariante Ordnungsreduktion für Mehrgrößensysteme durch analytische Fehlerminimierung im Frequenzbereich*”, VDI Verlag, 1995
- /96.Pa/ Pautzke, F.; “*Invariante Ordnungsreduktion für Mehrgrößensysteme durch analytische Fehlerminimierung im Frequenzbereich*”, Automatisierungstechnik 44, 1996, pp. 260

Dissertationen in Vorbereitung

Dipl.-Ing. H.-J. Nern

Gasturbosatzbeobachter

Das Forschungsvorhaben besteht in dem Entwurf und der Realisierung einer eigenständigen Zustandserfassungsebene für Turbogeneratorsätze im GuD-Kraftwerk, wobei die meßbaren Ein- und Ausgangsgrößen des Systems "Turbine-Wellenstrang-Generator-Erreger" für die Erfassung des dynamischen und betrieblichen Zustandes der Turbosätze verwendet werden. Zur robusten und arbeitspunktunabhängigen Rekonstruktion der inneren nicht meßbaren Zustände wurden nichtlineare Zustandsbeobachter (Gas- und Dampfturbosatz) konstruiert und im praktischen Einsatz unter Echtzeitbedingungen erprobt (1000 MW Dampfturbogenerator im KKW Gösgen/CH, 100 MW Gasturbosatz und 80 MW Dampfturbosatz im GuD-Kraftwerk München-Süd).

Die Turbosatzbeobachter bestehen aus einer Kaskade lokaler Beobachter, wobei einerseits dem Generator mit Erreger und andererseits der Gas- bzw. Dampfturbine mit Wellenstrang jeweils kombinierte Beobachter zugeordnet sind. Die simulationstechnische Realisierung und der praktische Echtzeiteinsatz des Beobachtersystems ist auf einem verteilten Transputernetz erfolgt. Robustheit gegenüber Störungen (Netzspannungs-, Netzimpedanz- und Antriebsmomentstörungen), wie gegenüber Meßinstrumentenrauschen und Meßinstrumentenausfall wird durch entsprechende Einstellung der Beobachterrückführungen der Generatorbeobachter erreicht. Analog hierzu ist das Vorgehen bei dem Entwurf und der Erstellung der Beobachter für die Gas- und Dampfturbine mit Wellenstrang.

Die Instrumenten- und Modellredundanz wird für die Erhaltung der Robustheit der Zustandserfassung gegenüber Netzspannungs- und Netzimpedanzstörungen genutzt, und außerdem die Aufrechterhaltung der Zustandsschätzung bei Meßinstrumentenausfall gewährleistet.

- /90.No-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; "Survey in Methodology and Real Time Realization of State Observers of Electrical Generators", IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S²'90", Brussels, Belgium, 4.9.1990
- /91-1.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; "Real-Time Animation of Synchronous Generator Dynamics and its State Reconstruction Observers on Transputer-Network", IMACS-IFAC Symposium on "Modelling and Control of Technological Systems", MCTS '91, Lille, France, 7.-10.5.91
- /91.No-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; "Observer Based Control Scheme of Large Turbogenerators on a Distributed Processor System", Proc. of the IMACS-IFAC International Symposium "Parallel and Distributed Computing in Engineering Systems P.D.COM'91", Corfu, Greece, 23.-28.6.91, pp. 333-340
- /91-2.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; "Distributed Real-Time State Reconstruction and Visualization for Control and Monitoring of Turbogenerators", Proc. of the IFAC International Symposium on "Distributed Intelligence Systems", Arlington, Virginia, USA, 13.-15.8.91, pp. 312-318
- /92.No-Ne-So/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Soliman, H.H.; "Observer Based Detection and Recognition of External Disturbances for Large Turbogenerators", IFAC-Symposium on "Control of Power Plants and Power Systems", Munich, Germany, 9.-11.3.92
- /93-1.No-Ne-Kr-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; Fischer, F.; "Reference Measurement of the Dynamic Performance of the Gas- and Steam-Turboset in a CGS-Power Plant", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S²'93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 346-350
- /94-1.No-Ne-La/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Lahtchev, L.; "Design and Verification of a Non Linear Observer for Power Performance of Stationary Gas Turbines", Proc. of the 14th IMACS World Congress, Atlanta, USA, July 11-15, 1994
- /94.No-Ne-Kr-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; Fischer, F.; "Modelling of the Long Term Dynamic Performance of a Gas Turbo Generator Set", Proc. of the 3rd IEEE Conference on Control Applications, Glasgow, Scotland, UK, August 24-26, 1994, pp. 491-496
- /94-2.No-Ne-La/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Lahtchev, L.; "Distributed and Complete Non Linear State Reconstruction Observer for Gas Turbines in a CGS Power Station", Proc. of the IFAC Conference on Integrated Systems Engineering, Baden-Baden, Germany, Sept. 27-29, 1994, pp. 287-292
- /94.No-Ne-So-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J., Soliman, H.H.; Fischer, F.; "On Line Observer Based Detection and Classification of External Disturbance Types for the State Supervision of Turbogenerators", IFAC Symposium on Artificial Intelligence in Real Time Control, Valencia, Spain, Oct. 3-5, 1994
- /95.No-Ne-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Fischer, F.; "Aspects of the Hard- and Software Environment of Transputer Based Non Linear Real Time Observers for Control and Diagnosis of Large Turbo Generator Sets", 3rd IFAC/IFIP Workshop on Algorithms and Architectures for Real-Time Control AARTC'95, Ostend, Belgium, May 31-June 2, 1995
- /97.Dz-Ne-No/ Dziech, A.; Nern, H.-J.; Nour Eldin, H.A.; "Error Analysis and Quality Evaluation of Multioutput Systems Using Random Pulse Stream Models", Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. V, pp. 597-601

Dipl.-Ing. F. Fischer

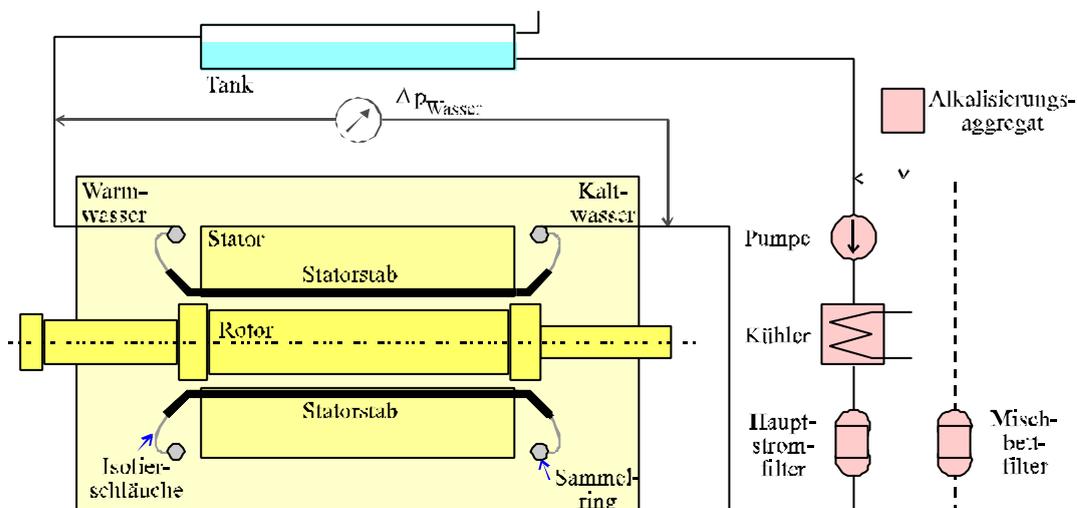
Thermische Fehlerdiagnose der wassergekühlten Statorwicklung von Grenzleistungs-Turbogeneratoren

Die Erzeugung elektrischer Energie erfolgt derzeit zu ca. 77 % durch Turbogeneratoren in Kraftwerken, die fossile Energieträger (Öl, Gas, Kohle) oder nukleare Brennstoffe nutzen. Störungen des Wasserkühlsystems von Grenzleistungs-Turbogeneratoren können eine Überhitzung und Schädigung von Isolierteilen und Leitern bewirken, die Folgeschäden und lange Ausfallzeiten nach sich ziehen. Wird eine derartige Störung rechtzeitig erkannt, können die Generatorleistung dem Grad der Kühlsystemstörung angepaßt und gezielte Arbeiten bei der Revision geplant und vorbereitet werden, so daß der kontinuierliche Kraftwerksbetrieb gewährleistet bleibt.

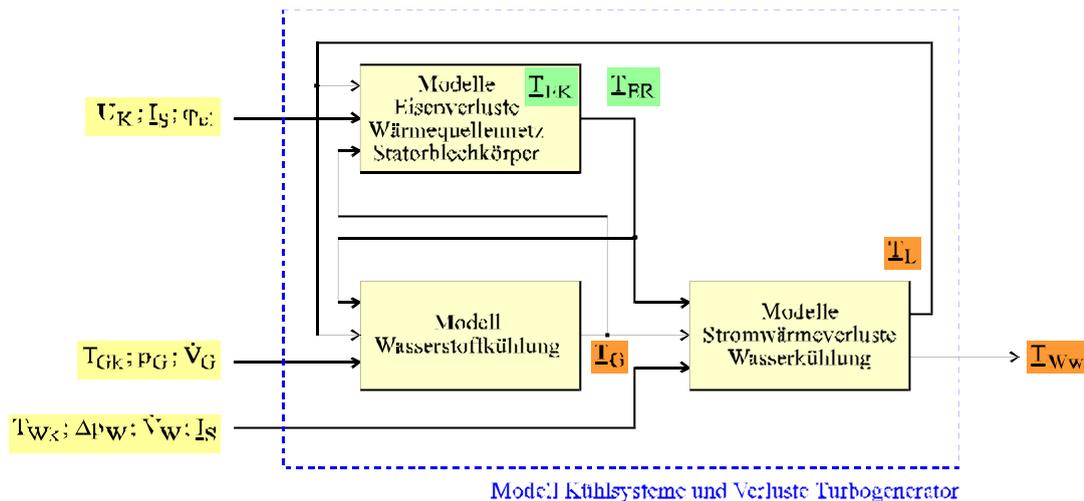


1000 MW Turbogenerator (Siemens/KWU)

Bestehende Diagnosesysteme basieren auf Referenzdaten („Fingerprints“), die während der Inbetriebnahme oder nach einer Revision des Turbogenerators aufgenommen werden. Dazu müssen bestimmte Arbeitspunkte angefahren werden, die die Grenzen üblicher Betriebszustände hinsichtlich der elektrischen Leistung und der Kühlmitteltemperaturen beinhalten. Eine kontinuierliche Fehlerdiagnose ist im Allgemeinen nicht möglich, da ein quasi-stationärer Zustand für die Anwendung derartiger Verfahren vorausgesetzt wird.



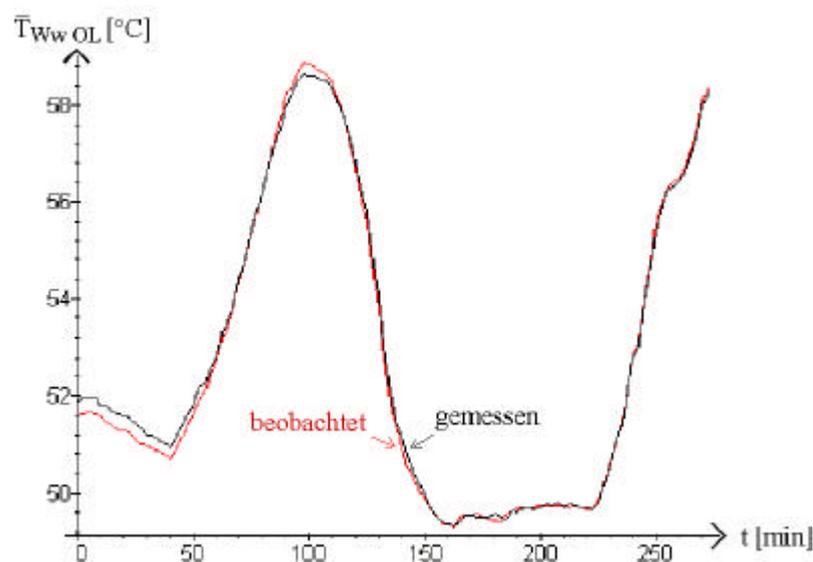
Wasserkühlungssystem eines Grenzleistungs-Turbogenerators



Thermische Modellierung

Das in diesem Forschungsprojekt entwickelte Fehlerdiagnosesystem besteht aus dem Zustandsbeobachter für die thermischen Größen des Turbogenerators sowie dem Diagnosemodul, das eine Bewertung der Differenzen zwischen den gemessenen und den beobachteten Werten der Kühlwasser-Ausgangstemperatur mittels Fuzzy-Logik vornimmt. Ein Vorteil des Verfahrens liegt in der **Selbstlernfähigkeit**, d.h. das betriebsübliche Verhalten wird zur Bestimmung der Modellparameter des Zustandsbeobachters ausgewertet.

Die Bestimmung dieser Parameter wird so durchgeführt, daß durch Meßdaten, die das Verhalten des fehlerfreien Systems repräsentieren, ein Großteil der betriebsüblichen Arbeitspunkte des Turbogenerators erfaßt und durch den Zustandsbeobachter mit der erforderlichen Genauigkeit (z.B. für Temperaturen: $|T - \hat{T}| \leq 0,5 \text{ K}$) nachgebildet werden. Die Zeitdauer der Inbetriebnahme des Fehlerdiagnosesystems orientiert sich am Erreichen eines Spektrums bestimmter, durch Leistungsfaktor und Scheinleistung charakterisierter Arbeitspunkte. Die Residuen, d.h. die Differenzen zwischen den gemessenen und den beobachteten Werten der mittleren Kühlwasser-Ausgangstemperaturen einzelner Statorstabgruppen, werden nach bestimmten, als Fuzzy-Regeln formulierten Kriterien über einen Zeitraum T_{eval} bewertet.



Mittelwert der Kühlwasser-Ausgangstemperatur Oberlagestäbe [°C]

Der Zustandsbeobachter mit dessen aktuellen Modelldaten wird damit bestätigt oder eine **Nachoptimierung**, d.h. eine Wiederholung der Optimierungsprozedur mit einem um den Zeitraum T_{eval} **erweiterten Lerndatensatz**, vorgenommen. Die hydraulischen Durchmesser der Kühlkanäle stellen als „**Fingerprint**“ die zentralen Modellparameter für die Fehlerdiagnose der Statorwicklung dar.

Die Fehlerursachen für eine Verstopfung von Hohlteileitern sind zu betrachten: (a) Ablagerungen in den Hohlteileitern durch Korrosionsprodukte bis hin zur völligen Teileiterverstopfung; (b) teilweise Verstopfung von Wasserkammern durch im Kühlrohrsystem befindliches Dichtungsmaterial. Während sich Fehlerursache (a) mittelfristig auswirkt und bei Vorhandensein ausreichend genauer Referenzwerte als Trend zu erkennen ist, stellt insbesondere Fehlerursache (b) auf Grund der kurzfristigen Auswirkung eine ernsthafte Gefährdung der Statorwicklung des Turbogenerators und damit der Kontinuität des Kraftwerksbetriebs dar. Daher müssen die Residuen in zweierlei Zeitskalen betrachtet werden.

Durch das in diesem Forschungsprojekt entwickelte Fehlerdiagnosesystem wird die Kontinuität der Fehlerdiagnose der wassergekühlten Statorwicklung von Grenzleistungs-Turbogeneratoren gewährleistet und deren Empfindlichkeit verbessert, außerdem wird die Voraussetzung zur zustandsorientierten Revision geschaffen.

- /91.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; *"Distributed Real-Time State Reconstruction and Visualization for Control and Monitoring of Turbogenerators"*, Proc. of the IFAC International Symposium on "Distributed Intelligence Systems", Arlington, Virginia, USA, 13.-15.8.91, pp. 312-318
- /93.No-Za-La-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Zaprianov, J.; Lahtchev, L.; Fischer, F.; *"Distributed Monitoring for a Turbogenerator Set Diagnostic System"*, Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, 12.-16.4.93, Vol. I, pp. 310-316
- /94.No-Fi-Ne-La/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; Lahtchev, L.; *"Explicit Modelling of the Stator Winding Bar Water Cooling for Model-Based Fault Diagnosis of Turbogenerators with Experimental Verification"*, Proc. of the 3rd IEEE Conference on Control Applications, Glasgow, Scotland, UK, August 24-26, 1994, pp. 1403-1410
- /95.No-Ne-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Fischer, F.; *"Aspects of the Hard- and Software Environment of Transputer Based Non Linear Real Time Observers for Control and Diagnosis of Large Turbo Generator Sets"*, 3rd IFAC/IFIP Workshop on Algorithms and Architectures for Real-Time Control AARTC'95, Ostend, Belgium, May 31-June 2, 1995
- /96.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; *"State-Oriented Feature Extraction for the Stator Winding Bar Water Cooling Fault Diagnosis of Turbogenerators using State Observers with Optimized Analytical Depth in Model Parameters"*, Proc. of the Second World Automation Congress WAC'96, Vol. 4, pp. 223-228, Montpellier, France, May 27-30, 1996
- /96.Fi-Ne-Pa/ Fischer, F.; Nern, H.-J.; Pawlova, K.; *"Introduction of State Observers using Physical Model Parameters for the Stator Winding Bar Water Cooling Fault Diagnostics of Turbogenerators"*, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Control, Optimization and Supervision, pp. 924-928, Lille, France, July 9-12, 1996
- /97.No-Na-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Fischer, F.; *"Automated Generation of Fuzzy Rule Base for Complex System Modelling with Experimental Verification for Turbogenerators"*, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Vol. IV, pp. 419-424, Berlin, Germany, August 24-29, 1997
- /98.Fi/ Fischer, F.; *"Thermische Fehlerdiagnose der wassergekühlten Statorwicklung von Grenzleistungs-Turbogeneratoren"*, Proc. 43. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'98, Ilmenau, Germany, September 21-24, 1998, Vol. 4, pp. 219-224
- /99.Fi-No/ Fischer, F.; Nour Eldin, H.A.; *"Elektrothermische Turbogeneratordiagnostik"*, Abschlussbericht zu DFG-Projekt No 133/21, 1999

II.1b Aktuelle Projekte

Dr.-Ing. H. Pu, Dipl.-Ing. H.-J. Nern, M.sc.Eng. O. Hachicho

Hybrid Thickness and Flatness Control of Sendzimir Cold Rolling Mill

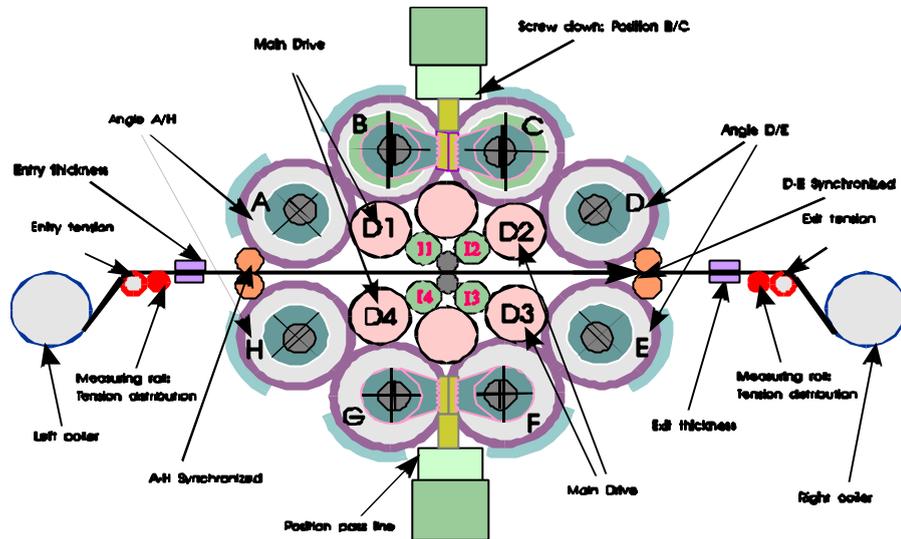
The technological requirements for higher strength, lighter gage cold strip steels is resolvable by cluster-type reversing mills. Especially the 20 Roll Sendzimir cold mill provides high strip reduction capabilities with a corresponding potential for profile shape or thickness control. The almost symmetrical high mill structure along its pass line with two small diameter working rolls, four tapered intermediate rolls, six second intermediate rolls (four of them are driving rolls) and eight back up rolls is so developed to achieve high strip reduction levels coupled with accurate strip thickness and shape control adjustments. Two screw down hydraulic cylinders are used to adjust the gap between the working rolls. For flatness of the strip, there are two kinds of control inputs: the lateral adjustment (roll tapers) of the first intermediate rolls and the 7 roll crown adjustment cylinders. The mill is also equipped with shape meters (strip stress measurement) as well as thickness gauge.

The basic policy in strip reduction is the pass scheduling followed by strip feedback control. Corrective calculations of the pass schedule for each pass on the basis of information obtained from actual results of the proceeding pass may be conducted for pass schedule improvement. The strip feedback control is conducted separately for the strip thickness control and profile shape control. Thickness measurements at both sides of the rolling mill using X-ray sensor depend on the rolling speed and the transfer delay between the mill and sensor. In similar manner the shape sensor suffers also from such transfer delay and is in many cases conducted by using only the measurements at the exit of the mill. While the mill control system should set the screw down cylinders to optimum values for changes in rolling conditions between passes, the strip thickness control and the strip shape control should compensate disturbances that occur within the rolling process by feedback control using thickness measurements or shape sensing signals. These disturbances are rapid changes to rolling load, strip tension and thermal crown. Several proposals for strip shape control or thickness control have been reported. Beside classical feedback or feed-forward control for strip thickness or shape mode control, neural controllers have been also suggested. While such controllers may differ in the method used for control, the essential fact remains that thickness control and strip shape control are done by two distinct and separated controllers that do not take care of the interaction between strip thickness and strip profile shape during the rolling process. In this work, such interaction is explicitly taken into consideration by addressing the problem of an integrated flatness (shape) and thickness control system.

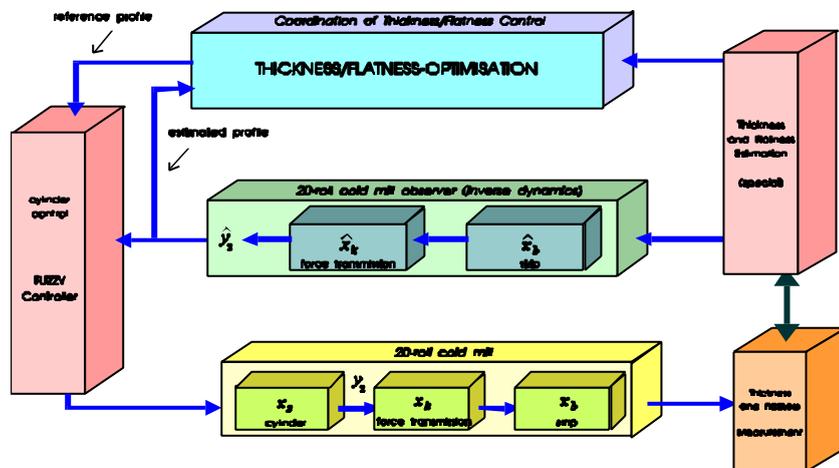
The integrated flatness and thickness control system is developed relying upon modelling the rolling process in a manner that the elastic deflection of the rolls, the plastic deformation of the strip under the rolling force as well as the influences of the control inputs for thickness and flatness are considered in an integrated way. For an accurate control of the strip thickness and strip flatness, the exact state of the rolling mill and the strip due to given control inputs and other process variables are required. Few variables such as the central entry and exit thickness of the strip, the tension stress distribution of the exit strip can directly be measured. However, some internal state variables which are significant for the rolling process like the rolling force and bending force are not directly measurable. They have to be estimated through an observer of the rolling process.

The observer was developed according to the rolling process model. After careful tuning using real measurement data over different rolling conditions, the observer estimation remains accurate during the normal rolling passes and even for rolling passes under stimulated extreme conditions. The flat-

ness estimation errors have a normal distribution with zero mean and a variance of 5 I-Units. The extreme experimental condition were conducted to optimise the observer feedback parameters and robustness. The observer delivers precise estimation of the measurable process variables such as the exit thickness of the strip and the tension distribution along the strip width. Also internal variables like the vertical deflection of rolls (upper and bottom), rolling and bending force, thickness reduction shape, deformed radius distribution of working rolls, length of the contact arc, positions of neutral points and the 3D pressure distribution in the roll gap are simultaneously estimated.



The 20 rolls Sendzimir mill



Structure of the optimal control system

Based on the modelling and the rolling mill state-observer, an optimal control system is developed for integrated thickness and flatness control of the rolling process. The reference strip shape profile generator is adapted using signals from the process measurement and the observer estimation. The Sequential Quadratic Programming (SQP) is used for the optimal control of the thickness and flatness for the cold rolling process with 10 control inputs. Technical mill restrictions are taken into consideration during the optimization. The developed system is able to run under real-time condition. Experiments with on-line data measurements during the mill operation show considerable improvement of the strip flatness and thickness using the proposed optimal control.

- /96.No-Pu-Ke-Ne-Ko-Te/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Kern, P.; Nern, H.-J.; Koerner, W.; Teichert, H.; "Development of an Integrated Flatness and Thickness Control System for the 20 Roll Sendzimir Cluster Mill", 2nd International Conference on Modelling of Metal Rolling Processes, Dec. 9-11, 1996, London, UK
- /98.No-Pu-Ne-Ro-Ke-Je/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Nern, H.-J.; Roemer, R.; Kern, P.; Jelali, M.; „State-Observer Design and Verification towards Developing an Integrated Flatness-Thickness Control System for the 20 Roll Sendzimir Cluster Mill“, Proc. of the 7th Int. Conference on Steel Rolling, Tokyo, Japan, November 9-11, 1998, pp. 124-129
- /99.No-Pu-Mi-Ne-Ke/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Mikhailov, L.; Nern, H.-J.; Kern, P. „Optimal Control of Thickness and Flatness for the 20 Rolls Sendzimir Cold Rolling Mill“, Proc. of the 14th IFAC World Congress, Beijing, China, July 5-9, 1999, Vol. N, pp. 481-486
- /99.No-Pu-Ne-Je-To-Ke/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Nern, H.-J.; Jelali, M.; Totz, O.; Kern, P. „The Hardware-In-Loop Simulations and On-line Tests of An Integrated Thickness and Flatness Control System for the 20 Rolls Sendzimir Cold Rolling Mill“, 3rd International Conference on Modelling of Metal Rolling Processes, Dec. 13-15, 1999, London, UK

Dr.-Ing. A. Nabout

Fuzzy-Modellierung dynamischer Prozesse höherer Ordnung durch Verwendung von Lerndatensätzen

Fuzzy-Systeme sind generelle nicht lineare Approximatoren, die funktionale Zusammenhänge durch Fuzzy-Relationen abbilden. Den Eingangs- und Ausgangsgrößenbereichen werden dabei linguistische Terme (Fuzzy-Sets) zugeordnet, die entsprechend dem funktionalen Zusammenhang durch IF-THEN-Regeln verknüpft werden. Einen solchen funktionalen Zusammenhang kann beispielsweise das Verhalten eines Menschen beim Kauf eines neuen PKW's oder das einer Anlage zur Produktion von Siliconmaßen beschreiben. In diesem Projekt wurden zwecks Erstellung von Fuzzy-Modellen für dynamische Systeme höherer Ordnung die Programmpakete SYMFUZ und FUZGEN entwickelt.

SYMFUZ ist ein objektorientiertes Softwaretool, das den Anwender bei der Erstellung wie auch bei der Simulation von Fuzzy-Systemen symbolbasiert unterstützt. Die einzelnen Komponenten eines Fuzzy-Systems können auf der Benutzeroberfläche in Form von Symbolen (Icons) ausgewählt und entsprechend der Anwendung miteinander verknüpft werden. In der graphischen Oberfläche können sowohl Regeln und Fuzzy-Mengen eingegeben und verändert, als auch geeignete Inferenzmechanismen der Entscheidungslogik ausgewählt werden. In dem integrierten Regeleditor können Regeln komfortabel und schnell editiert und auf ihre Plausibilität überprüft werden. SYMFUZ erlaubt zudem das Importieren bereits existierender Fuzzy-Systeme, um deren Verhalten zu simulieren bzw. zu testen. Bild 1 zeigt ein Beispiel für ein Fuzzy-System mit der integrierten Toolbox von SYMFUZ.

Neben den Knoten für verschiedene Methoden der Fuzzifizierung, Aggregation und Inferenz, stehen verschiedene Ein- und Ausgangsknoten zur Verfügung, um ein erstelltes Fuzzy-System an einen realen Prozeß zu koppeln, sowie Verbindungsknoten (Link-Knoten), um Zeittiefen bzw. Rückführungen bei dynamischen Systemen zu berücksichtigen

FUZGEN ist ein menügeführtes Softwaretool zur automatischen Generierung und Optimierung von Fuzzy-Inferenzsystemen unter Verwendung von Lerndatensätzen. Im FUZGEN sind Lernmethoden zur Generierung von Regelbasen und Ausgangs-Fuzzy Sets, sowie Algorithmen zur Optimierung der Parameterwerte der Eingangs- und Ausgangs-Fuzzy Sets realisiert. Das Lernen von Fuzzy-Systemen erfolgt auf der Basis von vom Anwender vorzugebenden Systemparametern (Initialwerte) und Lern-

datensätzen. FUZGEN enthält drei Lernmethoden, die mit *Learning1-3* bezeichnet werden. Learning 1 generiert nach Festlegung von Ein- und Ausgangs-Fuzzy Sets und Eingabe des Lerndatensatzes automatisch eine Regelbasis, die das Systemübertragungsverhalten beschreibt. Learning 2 erzeugt zusätzlich automatisch die Ausgangs-Fuzzy Sets (hier ist lediglich die Eingabe der Eingangs-Fuzzy Sets erforderlich). Learning 3 optimiert unter Verwendung des gleichen Lerndatensatzes bereits generierte Fuzzy-Systeme mittels eines Evolutionsprozesses.

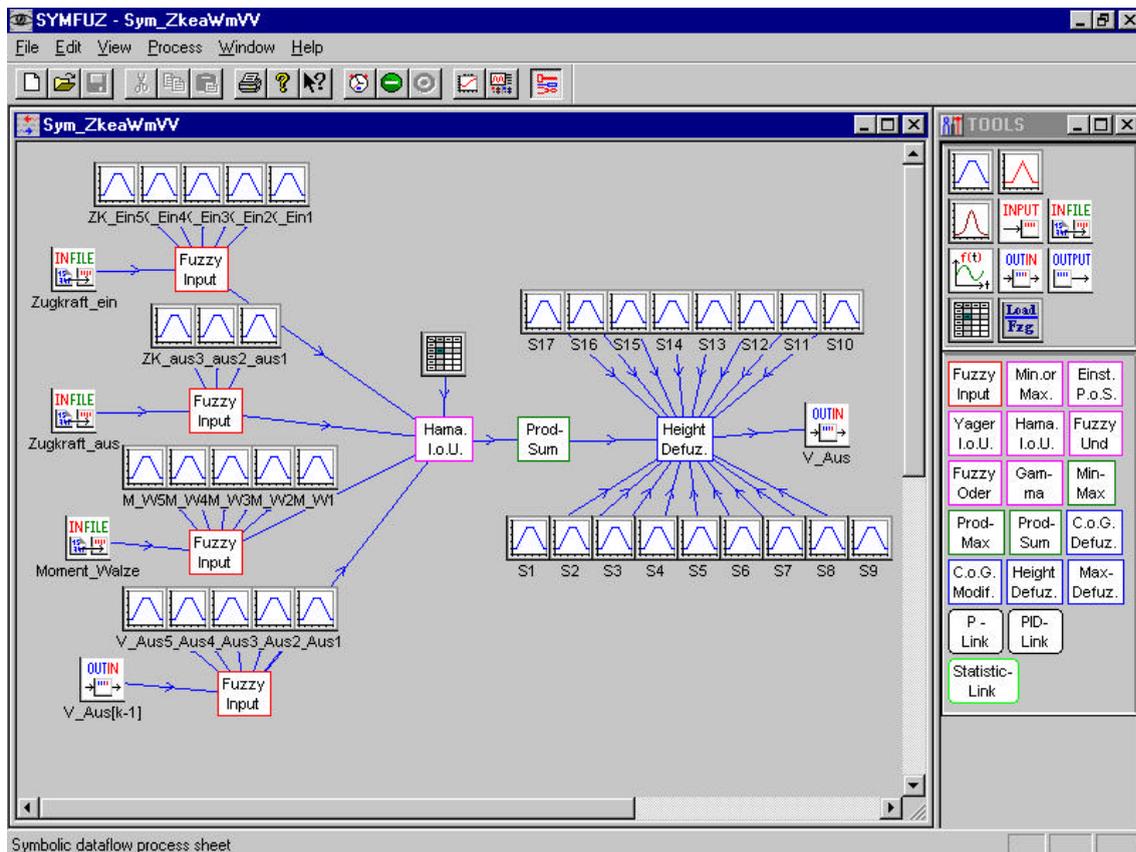
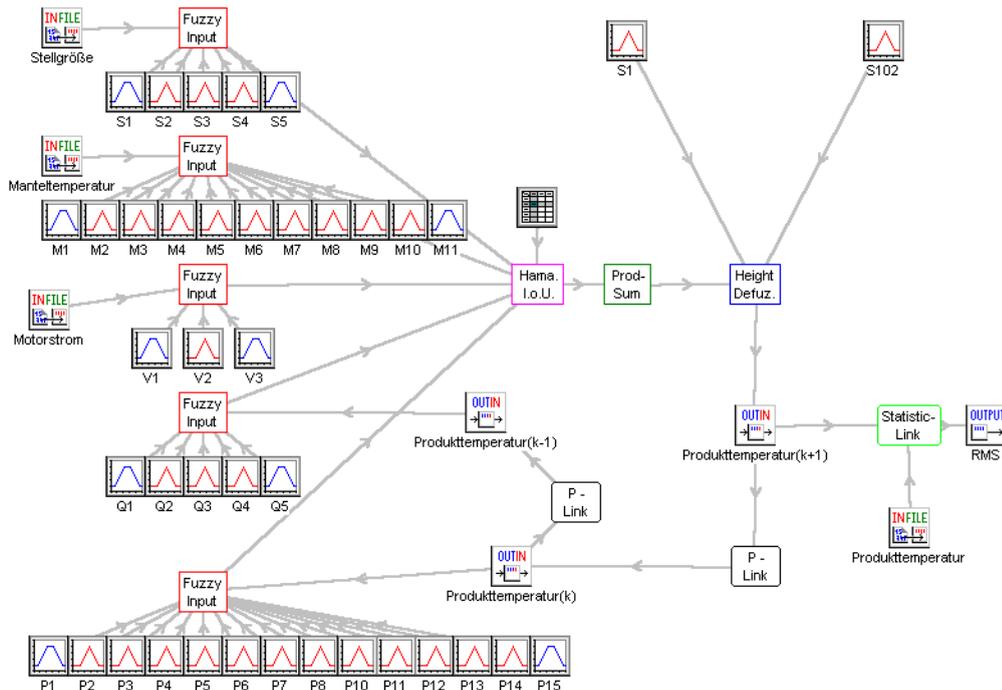


Bild 1: SYMFUZ und seine Toolbox

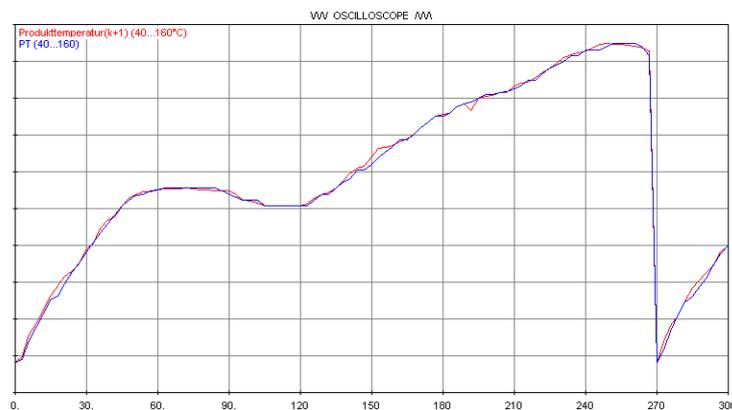
Die Softwaretools FUZGEN und SYMFUZ wurden in mehreren Projekten zur Modellierung von technischen Prozessen eingesetzt:

Fuzzy-Modellierung eines diskontinuierlichen Schaufelkneters

In diesem Projekt wurde ein Fuzzy-Modell für einen diskontinuierlichen Schaufelkneters, welches in der chemischen Industrie zur Herstellung von Siliconmassen verwendet wird, erstellt. Ausgehend von Lerndatensätze, die am realen Prozeß minütlich aufgenommen wurden, wurde der dynamische Verlauf der Produkttemperatur während einer Charge (ca. 4,5 Stunden) unter Berücksichtigung der Viskosität durch eine automatisch generierte Regelbasis nachgebildet. Um die Dynamik des Prozesses zu berücksichtigen, wurden im Modell zwei Rückführungen des Ausgangs auf den Eingang (im Bild mit $P(k)$ und $P(k-1)$) vorgesehen. Dadurch werden zeitliche Gradienten im Temperaturverlauf berücksichtigt und so das dynamische Verhalten approximiert. Bild 4 zeigt die gemessene sowie die modellierte Produkttemperatur im Vergleich. Der mittlere quadratische Fehler beträgt hier 0.76%.



Fuzzy-Modell der Produkttemperatur in SYMFUZ



Gemessene und modellierte Produkttemperatur

- /94.No-Na-Ge-Su-Kü/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; Gerhards, R.; Su, B.; Kühbauch, W.; "Plant Species Identification using Fuzzy Set Theory", Proc. of the IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, Dallas, Texas, USA, April 21-24, 1994, pp. 48-53
- /96.Le-Na-Mi/ Lekova, A.; Nabout, A.; Mikhailov, L.; "An Inductive Method for Learning Fuzzy Membership Functions", Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Control, Optimization and Supervision, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 934-937
- /97.No-Mi-Na-Le-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Mikhailov, L.; Nabout, A.; Lekova, A.; Fischer, F.; „Method for Fuzzy Rules Extraction from Numerical Data“, Proc. of the 12th IEEE International Symposium on Intelligent Control ISIC'97, Istanbul, Turkey, July 16-18, 1997, pp. 61-65
- /97.Mi-Na-Le-Fi/ Mikhailov, L.; Nabout, A.; Lekova, A.; Fischer, F.; „Traffic Light Control Using Fuzzy Reasoning“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. IV, pp. 413-418

- /97.No-Na-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Fischer, F.; „Automated Generation of Fuzzy Rule Base for Complex System Modelling with Experimental Verification for Turbogenerators“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. IV, pp. 419-424
- /97.Na-Fi-Th-No/ Nabout, A.; Fischer, F.; Thiemann, O.; Nour Eldin, H.A.; „Optimierung von Fuzzysets mittels Evolutionsstrategien unter Verwendung von Lerndatensätzen“, Proc. 42nd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'97, Ilmenau, Germany, September 22-25, 1997, Vol. 3, pp. 195-200
- /97.Mi-Na-Le-Fi/ Mikhailov, L.; Nabout, A.; Lekova, A.; Fischer, F.; „Fuzzy Control of Traffic Intersection Using Genetic Algorithm“, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 3, pp. 1284-1288
- /98.Na/ Nabout, A.; „Automatische Fuzzy-Modellierung dynamischer Prozesse höherer Ordnung mittels Mehrfachrückführung“, 43rd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'98, Ilmenau, Germany, September 21-24, 1998, Vol. 3, pp. 186-191

Prof. Dr. H.A. Nour Eldin, Dipl.-Ing. H.-J. Nern, M.sc.Eng. O. Hachicho

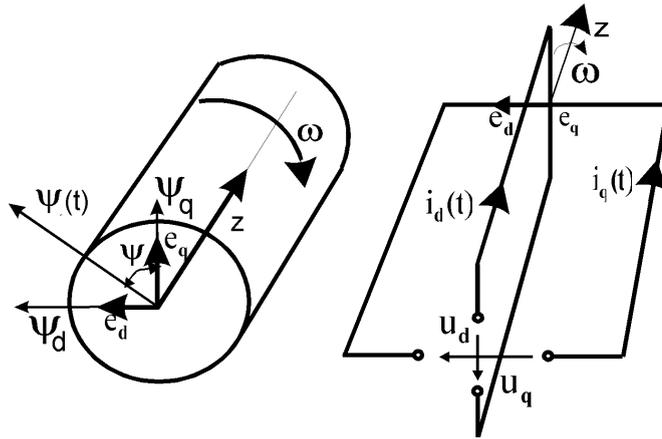
A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part 1 (space z-complex representation), Part 2 (The Flux-Current Relation for a General Non Symmetric AC Machine), Part 3 (The algebraic structure of the IEC-model dynamics for a general AC-machine)

Abstract: In this contribution, a unified dynamic model for a general AC machine (Synchronous generator, motor with permanent magnet) is introduced. The basic contributions of Park (1925) and Kron (1942) on the dq-axis model with real state vector (IEC-model) is reformulated to a novel algebraic d*q*-axis theory. The resulting dynamic models are a generalisation of the „Raumzeiger“ model of Kovács and Rác (1959) of a general AC machine.

Keywords: AC machine dynamics, Space z-complex representation of IEC model, algebraic structure of AC machine dynamics, quaternion algebra and Clifford units in AC machine dynamics

The formulation of the synchronous generator dynamics using the stator and rotor current or flux state vectors with real reactance and resistance parameters is very well established. Especially the fifth order, two axis (d, q-axes) dynamic models like the elder Laible-model and the IEC-model have been widely used. Beside this main stream of modelling of AC machine dynamics, the complex space vector theory of Kovács and Rác has been used, mainly for AC drives. Especially in the visualisation, analysis and the physical interpretation of AC machine feedback control, the advantages of the space vector theory are obvious. However, it was not possible to model non d-q symmetrical AC machines like the synchronous generator. Also, the introduced complex space unit remained intuitive.

In part I, the IEC-Model of the synchronous generator is reformulated using the space hypercomplex and quaternion. Currents, fluxes and voltages in stator or rotor are space hypercomplexes. The coil currents and fluxes are identified to be the physical (geometrical) duals on which the new model formulation is based. The product of the current and voltage of the stator results to the power quaternion with point-volumewise active power and directional reactive power. Similarly, the product of the stator flux and current results to the air gap quaternion with the electrical torque in the direction of the rotation of the prime mover.



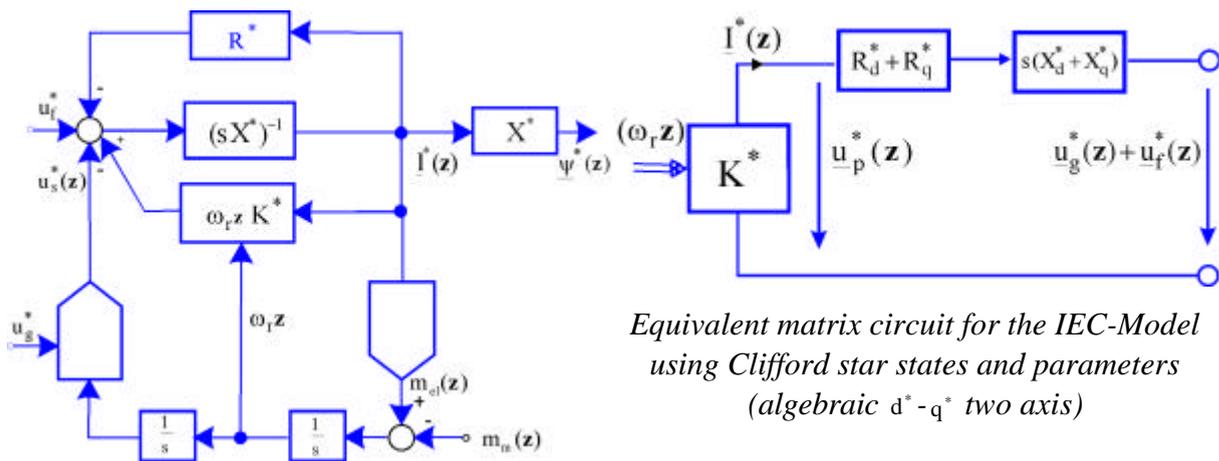
Space orientation and Dirac-space coils for the d-q-axis system representation of an AC Machine structure

Part II of the contribution is devoted to the inherent algebraic structure of a general AC-machine. It is shown, that for a general non symmetrical AC machine, the flux-current relation includes the space conjugate of the current. The intuitive space vector representation of Kovács and Rácz is therefore only applicable for completely symmetrical AC machines. It is also shown that the basic algebraic structure of the flux-current relation is the finite cyclic group ($\varepsilon^2 = 1$). The resulting reactance matrix can be represented by the double number ε -algebra. The flux-current relation as well as the IEC-model states can be represented by the space z -complex variables whose coefficients are double numbers. This representation exploits the d-q-symmetry or asymmetry in a direct manner. Alternatively, the Clifford projection units will be used with the advantage that the d-q-coil geometry of the AC-machine is algebraically described.

Type of repres.	Current	Flux	Reactance	Resistance	Flux-current relation
Vector/ Matrix (re. Numb.)	$\underline{I}_d = [i_d \quad i_D \quad i_f]^T$ $\underline{I}_q = [i_q \quad i_Q \quad 0]^T$	$\underline{\Psi}_d = [\psi_d \quad \psi_D \quad \psi_f]^T$ $\underline{\Psi}_q = [\psi_q \quad \psi_Q \quad 0]^T$	X_d, X_q	R_d, R_q	$\underline{\Psi}_d = X_d \underline{I}_d$ $\underline{\Psi}_q = X_q \underline{I}_q$
space- z - sym. AC-Mach.	$\underline{I}(z) = (\underline{I}_d + z \cdot \underline{I}_q)$	$\underline{\Psi}(z) = (\underline{\Psi}_d + z \cdot \underline{\Psi}_q)$	$X_d = X_q$	$R_d = R_q$	$\underline{\Psi}(z) = X_d \underline{I}(z)$
non symmet- rical .	$\underline{I}(z) = (\underline{I}_d + z \cdot \underline{I}_q)$	$\underline{\Psi}(z) = (\underline{\Psi}_d + z \cdot \underline{\Psi}_q)$	$X(\delta) =$ $X^+ - X^- D(-2\delta_k)$	$R(\delta) =$ $R^+ - R^- D(-2\delta_k)$	$\underline{\Psi}(z) = X(\delta) \underline{I}(z)$
6-dim. (real numb.)	$\underline{I}^\pm(z) = \begin{bmatrix} \underline{I}(z) \\ \underline{I}(-z) \end{bmatrix}$	$\underline{\Psi}^\pm(z) = \begin{bmatrix} \underline{\Psi}(z) \\ \underline{\Psi}(-z) \end{bmatrix}$	$X^\pm = \begin{bmatrix} X^+ & X^- \\ X^- & X^+ \end{bmatrix}$	$R^\pm = \begin{bmatrix} R^+ & R^- \\ R^- & R^+ \end{bmatrix}$	$\underline{\Psi}^\pm(z) = X^\pm \cdot \underline{I}^\pm(z)$
ε -Refl. (double numb.)	$\underline{I}(\varepsilon) = \frac{1}{2}(\underline{I}(z) + \varepsilon \cdot \underline{I}(-z))$	$\underline{\Psi}(\varepsilon) = \frac{1}{2}(\underline{\Psi}(z) + \varepsilon \cdot \underline{\Psi}(-z))$	$X(\varepsilon) = (X^+ + \varepsilon \cdot X^-)$	$R(\varepsilon) = (R^+ + \varepsilon \cdot R^-)$	$\underline{\Psi}(\varepsilon) = X(\varepsilon) \cdot \underline{I}(\varepsilon)$
Clifford c_d^*, c_q^* (proj.)	$\underline{I}^*(z) = (\underline{I}_d^* + z \cdot \underline{I}_q^*)$	$\underline{\Psi}^*(z) = (\underline{\Psi}_d^* + z \cdot \underline{\Psi}_q^*)$	$X^* = (X_d^* + X_q^*)$	$R^* = (R_d^* + R_q^*)$	$\underline{\Psi}^*(z) = X^* \underline{I}^*(z)$

Equivalent representations of the flux-current relations for the IEC-Model

Part III of the paper is devoted to exploit the inherent algebraic structure of the IEC-model dynamics for a general AC-machine. Three algebraic models representing the general IEC-model dynamics with the space \mathbf{z} -complex states are introduced. The flow diagram, equivalent matrix circuit and the time-space impedance matrix is deduced. The matrices of the 6th order model have real coefficients, while that of the three dimensional \mathbf{z} space representation have double number coefficients. The impedance matrix and the characteristic polynomial have double number coefficients. Finally, a novel algebraic d^*-q^* two axis model of the synchronous generator dynamics together with a e^* - space conjugation operator model are presented. These models are a **generalisation** of the Kovács and Rác theory for a general AC machine.



Equivalent matrix circuit for the IEC-Model using Clifford star states and parameters (algebraic d^*-q^* two axis)

The state diagram of the IEC-Model dynamics in the space \mathbf{z} -($*$ -)representation

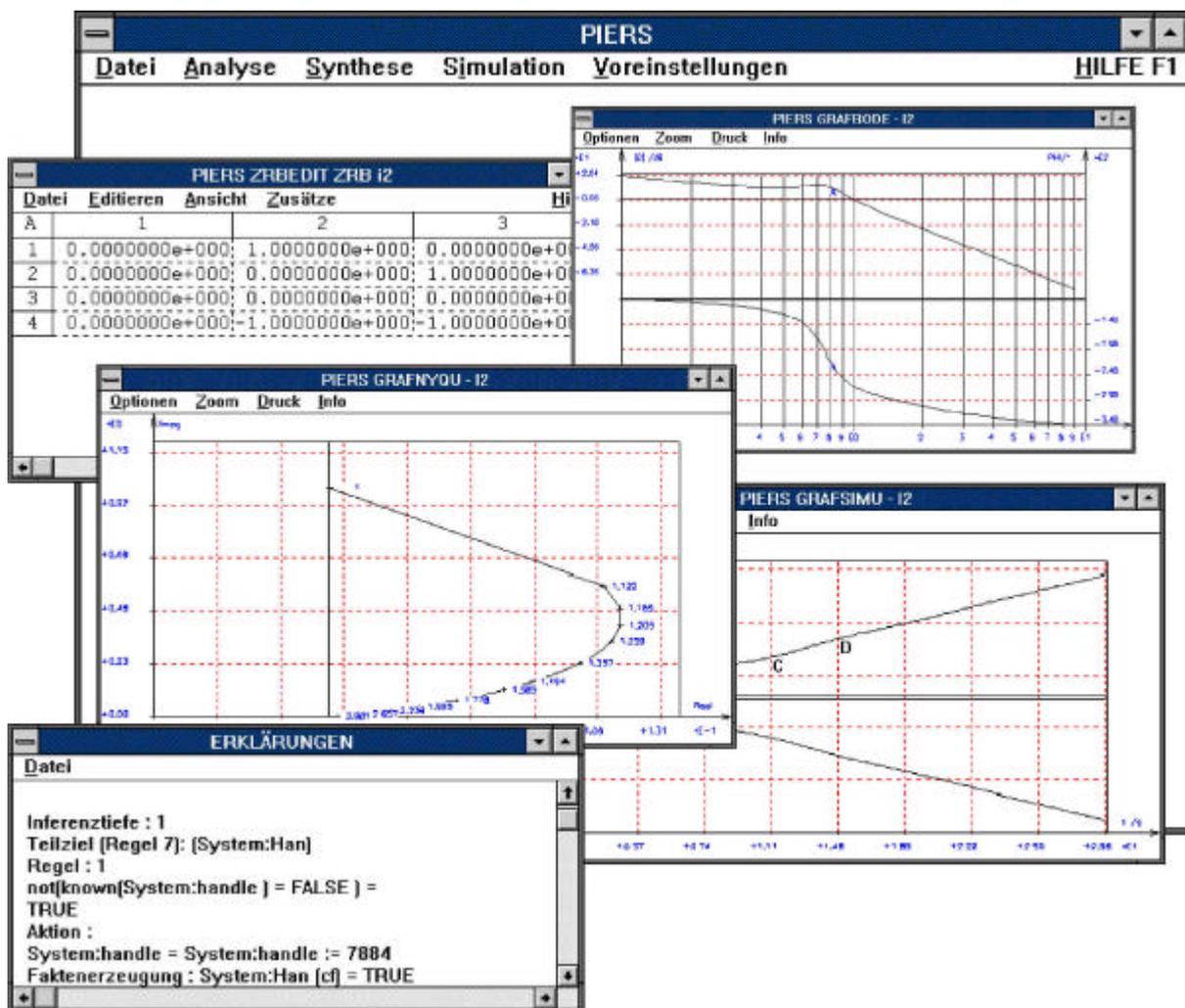
- /99-1.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part I (Space-z Complex Representation)“, Proc. of the 1999 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering LESCOPE 99, Halifax, Canada, June 20-22, 1999, pp. 254-259
- /99-2.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „The Novel Algebraic d^*-q^* Two Axis Theory and the Generalisation of Kovács-Rác Theory – Part II“, Proc. of the 1999 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering LESCOPE 99, Halifax, Canada, June 20-22, 1999, pp. 260-264
- /99-3.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part I (Space-z Complex Representation)“, IEEE Power Review (Power Letters), December 1999
- /99-4.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part 2 (The Flux-Current Relation for a General Non Symmetric AC Machine)“, IEEE Power Review (Power Letters), December 1999
- /99-5.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part 3 (The Algebraic Structure of the IEC-Model Dynamics for a General AC-Machine)“, IEEE Power Review (Power Letters), December 1999

II.1c Abgeschlossene Projekte

Dipl.-Ing. M. Winter, Dr.-Ing. F. Pautzke

PIERS - Ein expertensystemgestütztes CAD-System zur Analyse, Synthese und Simulation von Mehrgrößensystemen

Aufgrund der großen Anzahl der zur Verfügung stehenden Verfahren im Bereich der linearen Regelungstheorie ist es nicht ausreichend, in einem CAD-System lediglich Programm-Module für die Analyse, Synthese und Simulation von Mehrgrößensystemen bereit zu stellen. Das CAD-System muß zusätzlich sowohl den Ablauf der Programm-Module steuern, als auch die Verwaltung der berechneten Daten übernehmen, zumal Ausgangsdaten eines oder mehrerer Module Eingangsdaten eines oder mehrerer anderer Module sein können. Im Programmpaket **PIERS-Executive** (Programmpaket für den Interaktiven Entwurf Regelungstechnischer Systeme) wurde neben einer umfangreichen Sammlung numerischer Module zur Analyse, Synthese und Simulation von Mehrgrößensystemen ein Expertensystem zur Ablaufsteuerung und zur Verwaltung der anfallenden Daten implementiert.



Bildschirmkopie der PIERS-Benutzeroberfläche

Zur Bedienung des CAD-Systems muß der Anwender weder eine spezielle Kommandosprache beherrschen noch Wissen über die Ablauffolge der Module sowie über die Verwaltung der Daten besitzen. Der Benutzer wird durch Fenster-Technik zu den entsprechenden Untermenüs geführt und

kann dort Maus-unterstützt Menüpunkte auswählen. Nach Anwahl eines Menüpunktes werden vom Expertensystem die Programm-Module mit entsprechenden Daten ablaufbezogen aufgerufen. Durch die beschriebene Struktur ist das System einfach zu warten. Neue Module sind lediglich als ablauffähige Programm-Module bereitzustellen. Die Regelbasis des Expertensystems ist um entsprechende Regeln zu ergänzen und der neue Menüpunkt einzutragen. Das CAD-System wurde in der Programmiersprache C entwickelt und ist auf AT-kompatiblen Computern unter der graphischen Betriebssystemerweiterung MS-Windows lauffähig.

/88.No-He-Va/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; van Schrick, D. "PIERS - a Program Package for Interactive Design of Control Systems", Proc. of the IEE International Conference "CONTROL 88", pp. 10-13, University of Oxford, UK, 1988

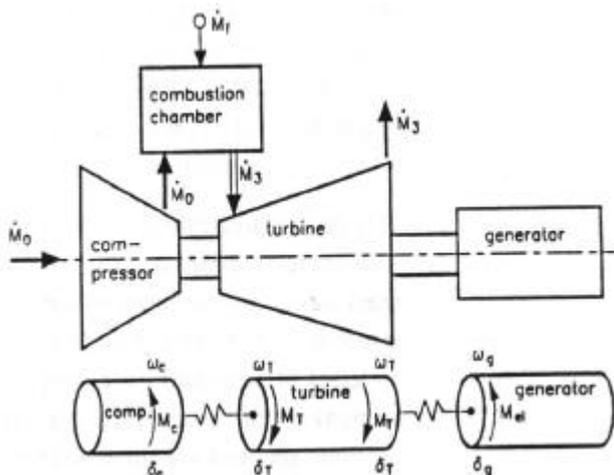
/88.No-He-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Pautzke, F. "A Constructive Solution of the Decoupling Problem for Computer Aided Control System Design", Proc. of the IEE International Conference "CONTROL 88", pp. 230-235, University of Oxford, UK, 1988

/90.No-Mü-Wi-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Müller, M.; Winter, M.; Pautzke, F.; "PIERS Executive - An Expert System Aided Design Environment for Multivariable Control System", IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, 4.9.1990, also published in "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation", (Editors: Hanus, Kool, Tzafestas), pp. 183-188, IMACS, 1991

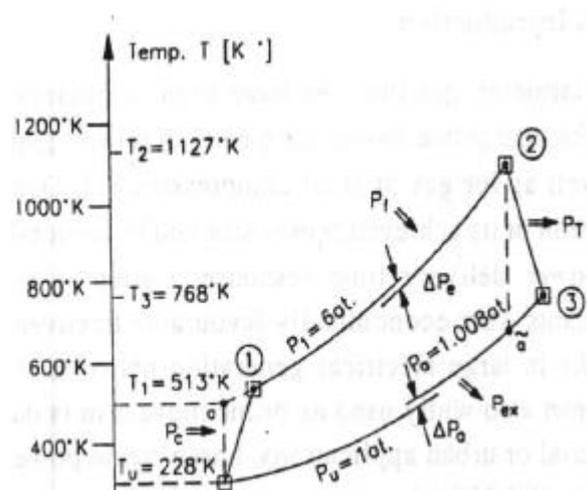
M.Sc.Eng. H. Kreshman

Modelling and Simulation of the Dynamic Behaviour of a Stationary Gas Turbine

Stationary gas turbines have been in operation for electrical or mechanical power generation since the first quarter of this century. In its form as a jet engine, gas turbines have dominated the air transport industry. This has been in contrast to the situation in the field of electrical power generation, where stationary gas turbines played only a minor role as the robust stationary steam turbines have dominated. However this will not be the case for the next decades where the new and promising combined gas-steam turbines for electrical power generation gives higher prospects with regard to overall generation efficiency as well as smart environmental side effects. The dominate role of gas turbines as a jet engine have stimulated numerous efforts to encounter its static and dynamic behaviour within the aeroplane dynamics. The result has been that modelling and simulations for gas turbines as jet engines are mostly advanced. This has not been the case for stationary gas turbines.

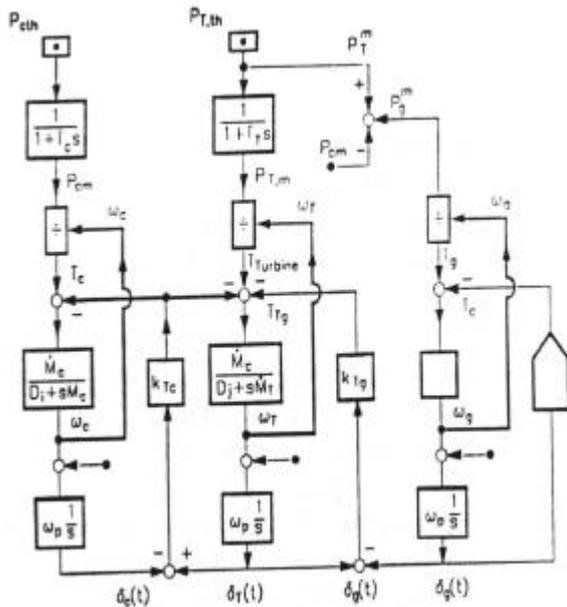


Schematic diagram of simple open gas turbine plant

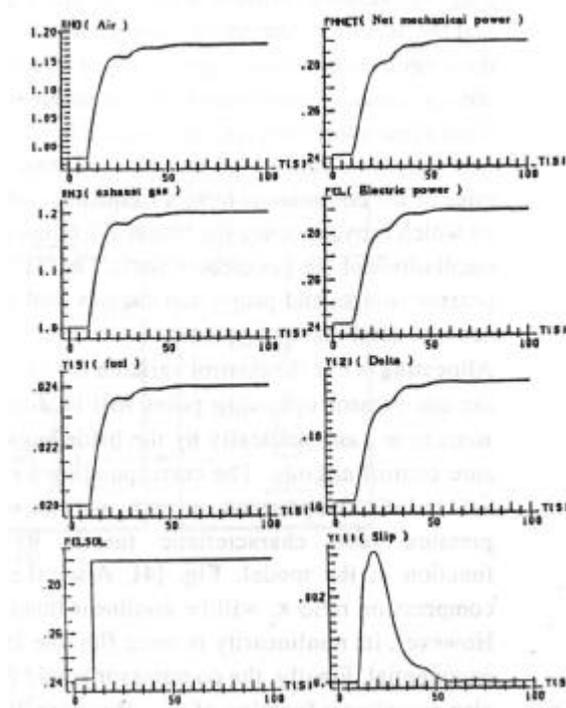


TS diagram for non regenerative gas turbine power cycle

While the short term as well as the long term dynamic behaviour and models for the jet engine are well established, there exists no reliable models for the stationary gas turbine dynamics for electrical power generation. This project addresses this problem and introduces the long term thermo-mechanical dynamic model for stationary gas turbines with especial attention for its use in combined gas-steam generation.



Interacting Dynamics



PI Control

- /90.No-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Kreshman, H.; "Modelling and Simulation of the Dynamic Performance of Steam Power Stations", Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, 4.9.1990, pp. 825-832
- /91.No-Kr-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Kreshman, H.; Nern, H.-J.; "Modelling and Simulation of the Dynamic Behaviour of Stationary Gas Turbine", IMACS-IFAC International Symposium "Parallel and Distributed Computing in Engineering Systems" P.D.COM'91, Corfu, Greece, June 23-28 1991
- /93-1.No-Ne-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; "The Boiler Compartment Model for the Animation of the Long Term Steam Dynamics", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, 12.-16.4.93, Vol. I, pp. 325-330
- /93-2.No-Ne-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; "Closed-Loop Performance and Control for the Steam Power Station", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, 12.-16.4.93, Vol. I, pp. 331-336
- /93-3.No-Ne-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; "The Long Term Dynamics of the Thermo-Mechanical Energy Conversion in Steam Turbines", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, 12.-16.4.93, Vol. I, pp. 337-345
- /93.No-Ne-Kr-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; Fischer, F.; "Modellierung und Realzeit-Simulation des dynamischen Langzeitverhaltens von GuD-Kraftwerksgasturbinen", ETG-Tage, Mannheim, Germany, 19.-21.10.93

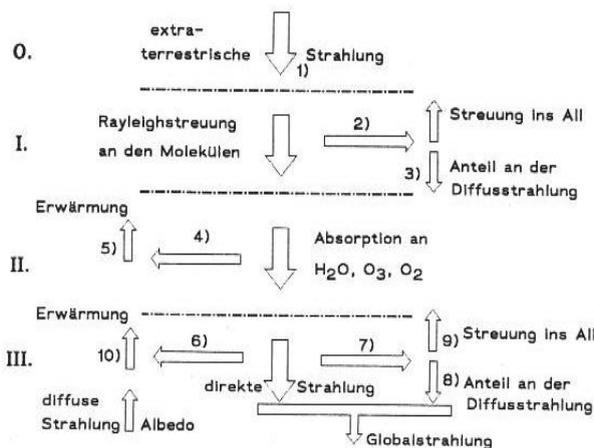
Dipl.-Ing. S. El Massah

Thermo-solar vacuum collector desalination for Southern Mediterranean sites

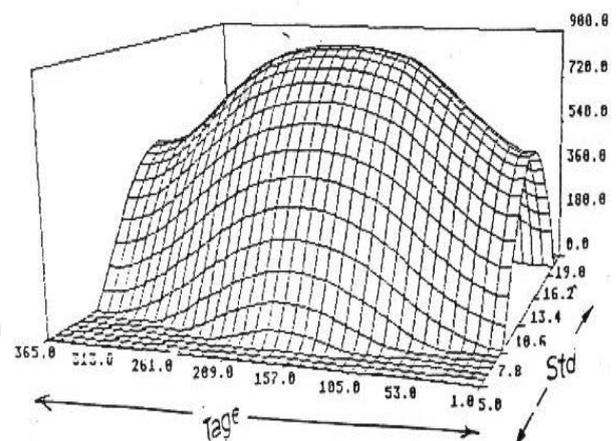
For planning as well as for the operation of solar Systems, the knowledge of the existing local irradiate conditions is of decisive importance. On account of this, a solar radiation model for sunbelt regions has been developed and verified, which renders the simulation and calculation of the daily momental as well as the monthly and yearly average of the global, direct and diffuse radiation intensity. The simulation package allows the user to determine the solar radiation in relation to the geographical site, the topographical and regional situations with regard to the water vapour content of the atmosphere, the aerosol as well as the aerosol turbidity. Validation measurements of daily, monthly and yearly irradiation in southern areas of the Mediterranean show good agreement with the model simulation results.

G [MWh/m ² a]	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
gemessen	0.102	0.126	0.182	0.206	0.232	0.240	0.244	0.228	0.193	0.181	0.113	0.095	2.132
Wetterdienst	0.102	0.128	0.167	0.194	0.234	0.224	0.233	0.212	0.179	0.150	0.106	0.093	2.022
Klimamodell	0.116	0.131	0.184	0.211	0.240	0.241	0.243	0.225	0.188	0.159	0.117	0.107	2.262

Mittlere Monatswerte der Globalstrahlung (MWh/m²) und Stunden der Sonnenscheindauer in Kairo; die mittlere tägliche Globalstrahlung G_S: vom Wetteramt G_S = 5.539 KWh/m², eigene Messung G_S = 5.8685 KWh/m², aus dem Modell G_S = 5.92 KWh/m²



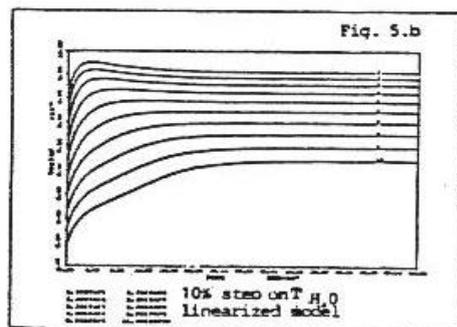
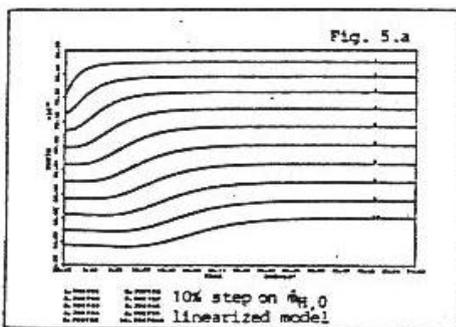
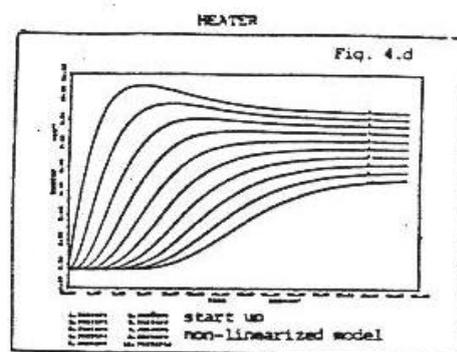
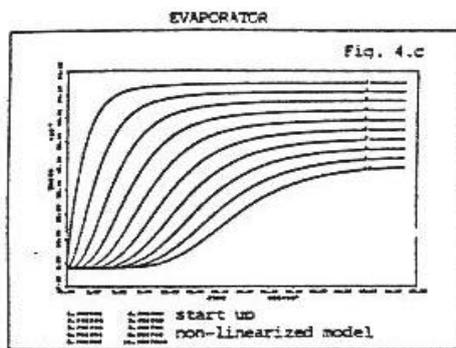
Solar Three-Layer-Model



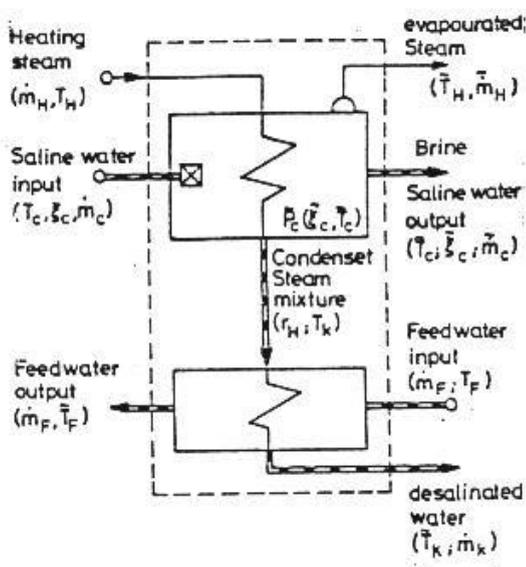
Solar Radiation in Cairo

In the project, the vacuum collector and the novel multistage, multiple effect VTE-desalination plant, which is especially suitable for thermal solar desalination, are modelled. The desalination plant can have up to 50 stages. In spite of the physical fact that the energy required for salt separation is about 1 kwh/m³ (with 50% recovery), the energy consumption of actual desalination plants range from 12 to 25 kwh/m³. Thus, heat energy consumption (kwh/m³), heat transfer values (kwh/m²k) and the concept with which heat transfer is adopted are very essential. Since desalination plants are usually connected to power plants (or recently to solar plants) with variable load curves, it is essential to develop, analyse and use models of desalination plants for analysis and operational process control. The multiple effect VTE-stage can be represented by eight state variables related by the heat- and product balance equation for circulating steam, desalinate product and brine. The complete dynamic and steady state model, of a ten stage process with the corresponding simulation results have been achieved. Besides, the stage modelling leads to a minimum number of states to describe the desalination process. The novel desalination process modelled in this project is essentially based on latent

heat exchange principle. This means that only the latent heat of steam at the inlet of every stage is mostly responsible for saline evaporation and heat recovery of feed water. Thus only latent heat is exchanged between the primary inlet and the secondary outlet streams. The temperature drop ranges within 2-3 C with the corresponding pressure drop. The major part of the primary steam latent heat should be exchanged to the secondary outlet steam. The rest is used to preheat the feedwater of the next "upper" stage. The condensed steam is actually the desalinate product per Stage which is collected and cooled by a feedwater cooling condenser. Since process modelling is not only related to the physical process but also to the scope for which the model is needed, it seems essential to mention here that the model introduced represents a basic model that can be used for operational studies and for primary process design.



Some results



Evaporator heater stage

- /86.No-Na-El/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabou, A.; El Massah, S.A.; "Modelling and Model-Reduction of Multistage VTE-Desalination Plant", Preprints of the Workshop "Automatic Control in Petroleum, Petrochemical and Desalination Industries", Vol. II, Kuwait, 1986
- /88-1.No-Ne-El/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; El Massah, S.; "Modelling and Model-Reduction of Solar Collectors", Proc. of the "3rd Arabian International Solar Energy Conference", Baghdad, Iraq, 1988, pp. 238-243
- /88-2.No-Ne-El/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; El Massah, S.; "Modellierung und Simulation der terrestrischen Einstrahlungsverhältnisse für sonnenreiche Länder", Proc. of the 6th International DGS Solar Energy Conference, Berlin, 1988, Bd.1, pp. 101-105
- /88-3.No-Ne-El/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; El Massah, S.; "Modelling and Model-Reduction of Solar Collectors", IMACS International Symposium on "System Modelling & Simulation", Cetraro, Italy, 1988

II.2 Roboterdynamik / Robot Vision / Information Technology (IT)

Übersicht

Das sehr aktuelle Forschungsgebiet der **Robotik, CAQ und Robot Vision** wurde von der Fachgruppe im Verbund mit dem Einsatz **intelligenter Informationstechnologie (IT)** behandelt. Die erste Dissertation der Fachgruppe zu diesem Gebiet "Computer Vision for Automated Inspection of Fabric Products" von Dr.-Ing. **Ahmed Alam Eldin** /88.A1/ beinhaltet die schnelle automatische Erkennung und Beschreibung von technischen Produkten. Eine Methodik zur Fehlerdetektion in flachen Produkten, insbesondere durch Merkmalextraktion für eine 2D-Fläche sowie durch die geometrische Klassifikation im pseudo-euklidischen Raum, wurde eingeführt. Die nachfolgende Dissertation von Dr.-Ing. **Adnan Abou-Nabout** "Modulares Konzept und Methodik zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen" /92.Na/ legt demgegenüber den Grundstein zur szenenunabhängigen Extraktion und Repräsentation von Objekten durch Objektkonturen (topologieinvariante Konturextraktion). Komplexe 2D-Objekte bzw. Sensoraufnahmen werden durch eine einmalige Bildaufnahme automatisch erlernt. Sämtliche Objektdaten- und Wissensbasen werden automatisch, d.h. maschinell generiert. Die Fortsetzung dieser Methodik bildet den Inhalt der auf neuronalen Netzen basierenden Dissertation von Dr. PhD. **Hassan Soliman** "Theory and Applications of Hardware-Implemented Algorithms" /92.So/ die CAQ-Methodik für bewegte (1 m/s), quasi-transparente Produkte (Folien, Textilien) behandelt. Die Erkennung und Klassifikation wird durch den Einsatz von neuronalen Netzen auf eine sehr hohe Zuverlässigkeitsgrenze gebracht. Diese zuverlässige und sichere Erkennungsmethode ist in der Dissertation von Dr. PhD. **Ibrahim El Nahry** "Neural Network Based Pattern Recognition of Coloured Objects" /94.Na/ weiterentwickelt und wird im Forschungsprojekt von Dipl.-Ing. **Martin Hubert** mit dem Thema "Flexible automatische Fern-Sichtprüfung" mit moderner IT Technologie (CORBA) und Decision Support Methoden eingesetzt. Dazu sind die Forschungsarbeiten von **Dr.-Ing. Adnan Abou-Nabout** auf dem Gebiet der Fuzzy-Modellierung bzw. Decision Support sehr geeignet, insbesondere bei der automatischen Generierung von Fuzzy-Regeln (FUZGEN) und Fuzzy-Simulation (SYMFUZ). Diese Methodik wird u.a. bei Fehlererkennungsproblemen, insbesondere bei der Prozeßüberwachung, übernommen. Die IT-Grundlagen dazu wurden in der Dissertation von Dr.-Ing. **Raymund Schockenhoff** "Realisierung einer Expertensystem-Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter kooperierender Expertensysteme" /95.Sc/ mit der Entwicklung von "DESys - Distributed Expert System" gelegt. Einzelne Expertensysteme kooperieren mit anderen Expertensystemen. Die Konfiguration eines DESys kann vom Entwerfer maßgeschneidert durchgeführt werden kann. Die Generierung von DESys geschieht voll automatisch. Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der neuen Informationstechnologie (IT) im Verbund mit der Automatisierung werden z.B. in Zusammenarbeit mit Forschungsteams aus Finnland (Datenbanken, Intelligent Knowledge Broker), Ungarn (Internet, Multimedia), Polen (Intelligent Agents) und Bulgarien (Decision Support) im INCO-Kopernikus EU-Forschungsprojekt KNIXMAS "Knowledge Shared XPS-Based Research Network Using Multi-Agent Systems" durchgeführt.

Die Forschungsgruppe **Robotik** setzt den Schwerpunkt der Forschung auf verteilte Intelligenz im Robotereinsatz. Dazu hat die Fachgruppe das Konzept einer **Roboterleitebene** entwickelt. In dieser Bewegungsleitebene werden entsprechend den Anforderungen einer Anwendung die Direktiven für die operative Ebene (Bahnvorgabe) bestimmt. Die Leitebene steht mit der Außenwelt (Mensch-Maschine), der Planungsstufe und der diskreten Produktionslinie (CIM) in Kommunikation. Eingepaßt und einsetzbar in diesem **Konzept** ist die Generierung von Roboterwinkeldirektiven zur Bahn- bzw. Trajektorienplanung. In der Dissertation von Dr. PhD.

Anis Abdalla "Simulation of Industrial Robot for Flexible Manufacturing Cell" /93.Ab/ werden sämtliche Varianten einer Bahn- bzw. Trajektorienplanung berechnet und in vollständig dokumentierter Form der Leitebene übergeben. Winkeldirektiven, Kraft- bzw. Drehmomentdirektiven oder Antriebsleistungsdirektiven können zusammen mit entsprechenden Zustandsgrößen zur Regelung und Überwachung der Roboterbewegung eingesetzt werden. Die numerischen Algorithmen dazu sind in sehr effizienter bzw. übersichtlicher Form in der Dissertation von Dr.-Ing. **Hongjun Pu** "Novel Algorithms towards Systematic, Generalised and Compact Recursive Generation and Computation of the Complete Robot Dynamics with Realisation Aspects in CAD-Systems" /97. Pu/ gegeben. Neue algorithmische Strukturen zur parallelen rekursiven Berechnung der roboter-inversen Dynamik (PPO-Rekursion) sind realzeitmäßig realisiert.

Die Dissertation von Dr.-Ing. **Markus Müller** "Ein Konzept für dreidimensionales Maschinensehen durch aktive flächenbasierte Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturierter Beleuchtung" /97.Mü/ bietet die realzeitmäßige Erkennung von Werkstücken bzw. Gegenständen und deren Raumposition bzw. Raumorientierung. Die für die Bahnplanung und Roboterbewegungsdynamik notwendigen Roboterparameter (Massen, Trägheitsmomente und Gliederschwerpunkte) werden durch das Forschungsprojekt "Robotergymnastik zur Parameteridentifikation" von Dipl.-Ing. **Nabil Abdulazim** realzeitmäßig aus Robotergymnastiken ermittelt. Hingegen ist die **algebraische** Formulierung der Roboterkinematik und Roboterdynamik durch **Raumhyperkomplexe und Quaternionen** das Forschungsthema von M.sc.Eng. **Ossama Hachicho**. Die Ausführung dieser DFG-Forschungsprojekte bot die Basis für die Formulierung der d^*q^* Achsentheorie von elektrischen Maschinen und der Einführung von Spiegelungszahlen (**double numbers**) für die Synchrongeneratorndynamik. Diese algebraische Roboterkinematik wird z.Zt. in den Forschungsgebieten von Dipl.-Ing. **Amr Kandil** über "Direkte Bahnplanung in der Robotik" zur Charakterisierung bzw. Optimierung von Roboterbahnen für Roboter mit Baumstruktur eingesetzt, während das Forschungsprojekt von M.sc.Eng. **Kamil Fatih Dilaver** "Roboterdynamik für parallele bzw. kooperierende Roboter" die Kinematik, Dynamik und Bahnplanung für Roboter mit geschlossenen Strukturen (z.B. **Stewart-Plattform**) betrifft.

The new technology research areas of **Computer Aided Quality Control (CAQ)**, **Robotics** and **Robot Vision** are treated in connection with **Intelligent Information Technology (IT)**. The dissertation of Dr.-Ing. **Ahmed Alam Eldin** "Computer Vision for Automated Inspection of Fabric Products" /88.Al/ delivers the principal methodology for feature extraction of flat product defects, especially for grey textiles. For fault classification, the new geometrical classification in the pseudo-Euclidean space has been developed. Complementary to this methodology, the dissertation of Dr.-Ing. **Adnan Abou-Nabout** "Modulares Konzept und Methodik zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen" /92.Na/ devotes to scene-independent extraction of object contours (segmentation). The extracted contour is **guaranteed** to be closed and is hardware-realised ($f=50$ Hz). Translation, rotation and zooming invariant features and expert system techniques are used in such a way that the object cognition is completely automated as a machine cognition process. This field of research is further developed using neural networks in CAQ by Dr. PhD. **Hassan Soliman** in his dissertation "Theory and Applications of Hardware-Implemented Algorithms" /92.So/ for moving (1m/s) flat products (foils, textiles). Using neural networks, the fault detection and classification efficiency has been highly enhanced to near 100%. This type of pattern recognition methodology has been further developed in the dissertation of Dr. PhD. **Ibrahim El Nahry** "Neural Network Based Pattern Recognition of Coloured Objects" /94.Na/ and is applied in the research project of Dipl.-Ing. **Martin Hubert** "Flexible automatische Fern-Sichtprüfung" in connection with modern IT technology (CORBA) and Decision Support Methods. For this purpose,

the Fuzzy modelling developed by Dr.-Ing. **Adnan Abou-Nabout** is very suitable, especially whenever the automatic generation of Fuzzy rules (FUZGEN) or Fuzzy simulation (SYMFUZ) is used. This methodology has also been applied e.g. for detecting faults in process supervision. The basic IT-tools for this concept have been realised by Dr.-Ing. **Raymund Schockenhoff** in his dissertation "Realisierung einer Expertensystem-Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter kooperierender Expertensysteme" /95.Sc/ through **DESYs – Distributed Expert System**. Expert systems can cooperate within an expert network. But DESys is a self generating system, in the sense that it can be used to configure a distributed expert system for a concretely given problem, and the portation is completely automated. The research in the field of Intelligent Information Technology (IT) in connection with automation is now in execution in coordination with research teams in Finland (Data bank, intelligent Knowledge Broker), Hungary (Internet, multimedia), Poland (Intelligent agents) and Bulgaria (Decision support) within the INCO-Copernicus EU Research project KNIXMAS (Knowledge Shared XPS Based Research Network Using Multi -Agent Systems).

In the field of **Autonomous Robotics**, the main attention has been given to intelligent robotics. The concept of robot supervision level has been introduced and developed. Within this level, the path and trajectory planning can be derived autonomously. The **IT**-communication to production line (CIM) can be structured as a high task level. Directives to the operational level can be generated, and Man-Machine communication can be achieved. The theoretical and numerical methods required for path planning and trajectory determination has been established in the dissertation of Dr. PhD. **Anis Abdalla** "Simulation of Industrial Robot for Flexible Manufacturing Cell" /93.Ab/ . Trajectory variants are numerically generated and documented completely to be used by the supervision level. Almost all trajectory variables like angle, force or moment directives (driving or bearing types) together with the robot state trajectories are generated. The necessary flexible and efficient numerical algorithms required for the supervision level have been developed by Dr.-Ing. **Hongjun Pu** in his dissertation "Novel Algorithms towards Systematic, Generalised and Compact Recursive Generation and Computation of the Complete Robot Dynamics with Realisation Aspects in CAD-Systems" /97. Pu/. New parallel recursive algorithm structures (PPO-recursion) for robot direct and inverse dynamics have been realised in real time.

The dissertation of Dr.-Ing. **Markus Müller** "Ein Konzept für dreidimensionales Maschinensehen durch aktive flächenbasierte Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturierter Beleuchtung" /97.Mü/ comprises a novel approach for three dimensional machine vision. It extracts the 3D object plane faces and determines their space orientation and position in real time. The determination of robot parameters required for path planning, direct or inverse dynamics (mass, centre of gravity, inertia parameters), using especially selected robot link movements (robot gymnastic) is the research field of Dipl.-Ing. **Nabil Abdulazim**. On the other hand, the research field of M.sc.Eng. **Ossama Hachicho** is devoted to the **algebraic** formulation of the robot kinematics and dynamics using Space Hypercomplex and Quaternions. A fruitful synergetic effect out of this DFG Project resulted to a new formulation of the d-q-axis theory for AC Machines (synchronous generators, AC drive dynamics using quaternions and double numbers (ϵ -complex, $\epsilon^2=1$)). This type of algebraic robot kinematics build the base for the research field of Dipl.-Ing. **Amr Kandil** on "Direct Robot Path planning" to characterise and optimise the robot space Path for robots with tree structure. This is complemented by the research field of M.sc.Eng. **Kamil Fatih Dilaver** "Robot dynamics for parallel/cooperative robots" whose kinematics, dynamics and path planning have closed structures (**Stewart Platform**).

II.2a Dissertationen

Dr.-Ing. Ahmed Alam Eldin

Computer Vision for Automated Inspection of Fabric Products

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Heidepriem

Tag der mündlichen Prüfung: 9.12.88 in Wuppertal

The central problem considered in this dissertation is the development of a technique for the Automated Visual Inspection (AVI) of uniformly textured flat surface products. Emphasis is placed on the development of a robust feature set and to classification. Different techniques are proposed which are feasible for software implementation and superior to many other existing schemes for AVI. An AVI system must be capable of detecting, locating and classifying defects. The most commonly occurring defects in textile products depend on the mechanism of the production process. The majority of defects taking place in fabric products fall into six classes: (1) dark filling thread defects (horizontal), (2) light filling thread defects (horizontal), (3) dark warp defects (vertical), (4) light warp defects (vertical), (5) dark area defects (area), and (6) light area defects (area). In order to be able to discriminate between these defects, several types of robust features are extracted. One approach proposed is based on the descriptive statistical measures such as histogram parameters and contingency table analysis. A novel approach for feature extraction by modelling the product surface as a wide sense stationary process is presented. This process is characterised by its autocorrelation function.

Bild 1: Fehlerfreies Originaltextil (links), Textilbild nach Datenreduktion (rechts).

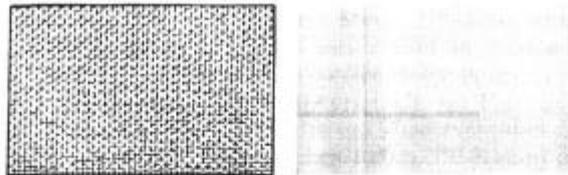


Bild 2: Originaltextil mit Horizontalfehler (Schuffaden, links), Textilbild nach Datenreduktion (Mitte), Ergebnis der 2D-DCT (rechts).



Bild 3: Originaltextil mit Vertikalfehler (Kettfaden, links), Textilbild nach Datenreduktion (Mitte), Ergebnis der 2D-DCT (rechts).

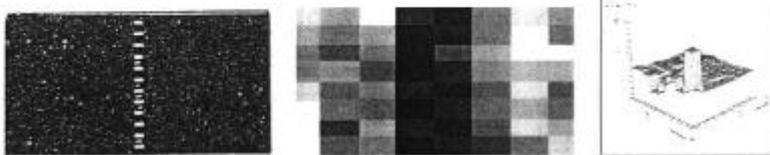


Bild 4: Originaltextil mit Flächenfehler (Fleck, links), Textilbild nach Datenreduktion (Mitte), Ergebnis der 2D-DCT (rechts).



Fault Detection for Textiles (taken from /95.No-Hu-So/)

The motivation behind this approach is the availability of modern industrial hardwired correlators, which are capable of handling data at TV rates. Another motivation is that such correlators can be used at the same time for speed measurement of a production line. The implementation of a method that is based on the well-known and much used fast transforms in both frequency and sequency domains for defect identification is given. The motivation behind this implementation is to conduct the fastest scheme for the classification problem at hand. This approach can be used for AVI of either fine or rough textures textile products. The most obvious advantage over the previous approaches is to allow efficient hardware implementation.

In short, the techniques developed in this dissertation are a step in the direction of automating the visual inspection of industrial products and introduce an improvement over the existing methods. All the schemes proved to be capable of classifying textile defects with a high percentage correct classification rate. They are particularly helpful in noisy pictures as a result of the inherent filtering effect in the feature selection process. The proposed approaches are generally applicable for all homogeneous flat surface products irrespective of the scanning method. Undoubtedly, a continuation of this work will yield distinct benefits to the flat surface product industries.

i	Euklidische Distanzen			Klasse	Wahre Klasse
	d_{i1}	d_{i2}	d_{i3}		
1	1.27216	3.55958	2.28878	1	H
2	1.38365	3.45002	2.18239	1	H
3	1.22321	5.45056	4.12217	1	H
4	0.50558	4.45751	3.16426	1	H
5	0.67313	4.78106	3.44752	1	H
6	1.84648	2.88845	1.56198	3	HF
7	2.18690	3.23244	1.98900	3	H
8	2.18365	2.55317	1.25672	3	HF
9	1.55605	6.14948	4.84441	1	H
10	4.76929	0.04353	1.37693	2	V
11	4.58365	0.20913	1.17883	2	V
12	4.51491	0.21221	1.12177	2	V
13	4.82128	0.11618	1.43673	2	V
14	3.95675	0.77058	0.57004	3	VF
15	4.31943	0.61334	1.07395	2	V
16	3.56272	1.21111	0.20008	3	F
17	3.75667	0.97562	0.36664	3	VF
18	2.95484	1.77354	0.47895	3	F
19	3.40702	1.33378	0.00000	3	F
20	3.49750	1.26028	0.11780	3	F
75% korrekte Klassifikation				1 = H, 2 = V, 3 = F	

Classification with the Minimum-Distance-Classifcator for Test Patterns (taken from /95.No-Hu-So/)

Additional possible application fields might be identification of roads and road intersections directionality measurement and terrain classification. Interesting possible applications of the Haar transform based approach could be colour segmentation of printed flat objects, image segmentation, localised feature extraction in images with different objects, and speeding up the image processing operations.

/86.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin A.T.; "Survey on Automated Visual Industrial Inspection of Uniformly Textured Surfaces", Proc. of the IASTED/afcet International Symposium on "Identification and Pattern Recognition", Toulouse, France, 1986, pp. 547-566

- /87-1.No-AI/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "A Hybrid Technique for Texture Analysis and its Application to Defect Detection and Classification", Proc. of the IASTED International Symposium on "Applied Control, Filtering and Signal Processing", Geneva, Switzerland, 1987, pp. 153-156
- /87-2.No-AI/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Automated Visual Inspection of Uniformly Textured Flat Surfaces using Correlation Analysis", Proc. of the IASTED International Symposium on "Applied Control, Filtering and Signal Processing", Geneva, Switzerland, 1987, pp. 157-161
- /88-1.No-AI/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin A.T.; "Automated Visual Inspection of Web-Type Products Using Unitary Transforms", 36th ISMM International Conference on "Mini- and Microcomputers and their Applications", Gerona, Spain, 1988
- /88-2.No-AI/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Automated Visual Inspection of Web-Type Products", Proc. of the "4th European Signal Processing Conference", Grenoble, France, 1988, pp. 851-854
- /88-3.No-AI/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Automated Inspection of Web-Type Products in Pseudo-Euclidean Spaces", Proc. of the 10th DAGM-Symposium "Mustererkennung 1988", Zurich, Switzerland, 1988, pp. 262-269
- /88.AI/ Alam Eldin, A.; "Computer Vision for Automated Inspection of Fabric Products", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Dec. 1988
- /91.No-AI/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Robot Vision: Geometric Classification for Automated Inspection", published in "Intelligent Robotic Systems", (Editor: S.G. Tzafestas), Marcel Dekker, New York, 1991, Ch. 13, pp. 509-525

Dr.-Ing A. Abou-Nabout

Modulares Konzept und Methodik zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Heidepriem

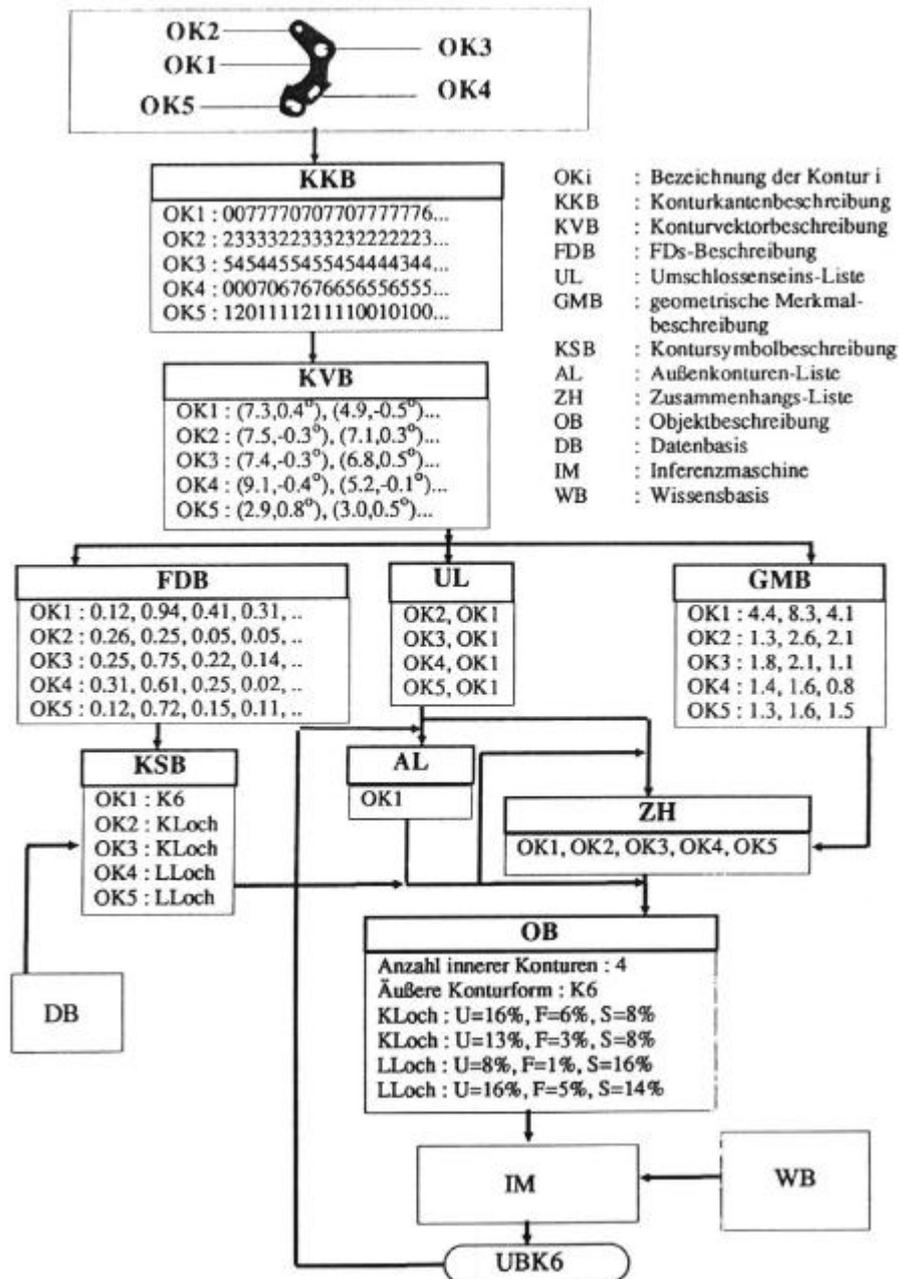
Univ.-Prof. Dr. rer.nat. P.C. Müller

Tag der mündlichen Prüfung: 06.07.1992 in Wuppertal

Die Analyse von Objekten in zweidimensionalen Bildaufnahmen ist eine wesentliche und häufig gestellte Aufgabe bei zahlreichen Anwendungen der CAQ (Computer Aided Quality Control) und der Robotik. Die automatische, d.h. maschinelle Erkennung, Vermessung und Zählung von Objekten, die translations-, rotations- und zoominginvariant erfolgen muß, stellt in diesem Zusammenhang das zentrale Problem dar. In der vorliegenden Arbeit ist ein modulares Konzept zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen entwickelt worden. Solche Objekte treten beispielsweise bei der Aufnahme von Werkstücken auf, wenn deren Bohrungen unterschiedliche Formen und Größen aufweisen.

Zur Erkennung der komplexen Objekte ist es unerlässlich, aufgrund der großen anfallenden Datenmenge zunächst eine Datenreduktion durchzuführen. Da für die Erkennung der Form eines Objektes oder für die Bestimmung seiner metrischen Eigenschaften lediglich die Konturen des Objektes eine relevante Information darstellen, ist es sinnvoll, diese zunächst aus dem Bild zu extrahieren und in einer für die Auswertung geeigneten Form zu beschreiben. In der Forschungsarbeit wurde ein objektorientiertes Konturextraktionsverfahren (OKE-Verfahren) entwickelt, das vorhandene Bildstörungen im Laufe des Extraktionsprozesses erkennt und herausfiltert. Die Extraktionsvorschrift wird bei dem OKE-Verfahren mittels boolescher Funktionen formuliert. Dies erlaubt die Realisierung der Konturextraktion in Echtzeit (entsprechend der Fernsehnorm wird die Konturextraktion 25 mal pro Sekunde durchgeführt). Mit Methoden der Graphentheorie wird in

dieser Arbeit gezeigt, daß die durch die booleschen Funktionen extrahierten Konturen stets gerichtete Eulersche Linien sind (Lücken oder Verzweigungen treten nicht auf). Dadurch können die Objektkonturen als einfach geschlossene Linienverläufe dargestellt werden. Die globale Geschlossenheit der extrahierten Konturen wird somit durch die lokale Überprüfung der booleschen Funktionen garantiert.



Extraktion elementarer Objektbestandteile am Beispiel eines Unterbrecherkontaktes

Für die Ableitung einer geeigneten höheren Beschreibungsform wurde aufbauend auf dem OKE-Verfahren ein schnelles krümmungsabhängiges Konturapproximationsverfahren (KKA-Verfahren) entwickelt, mit dessen Hilfe die Objektkonturen linear approximiert und in Polarvektorform beschrieben werden. Das KKA-Verfahren erlaubt, stark gekrümmte Konturteile unabhängig von dem globalen Verlauf der Kontur mit einer vorgegebenen Genauigkeit zu approximieren.

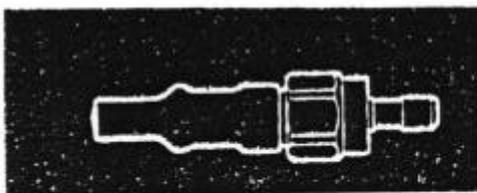
Zur Beurteilung der Invarianzeigenschaften von Objektmerkmalen sowie zur Ableitung geeigneter Normierungsvorschriften wurde in dieser Arbeit erstmalig die Parametrisierung der 2D-affinen Transformation mit Hilfe von Invarianzparametern durchgeführt. Die Erkennung von Konturformen erfolgt bei diesem Konzept mittels der Fourieranalyse. Dabei wird auf der Grundlage der parametrisierten Transformationsgleichung für die 2D-affine Transformation eine aufgrund der garantierten Geschlossenheit der Konturen periodische Winkelfunktion abgeleitet, welche den Konturverlauf eines Objektes unabhängig von seiner Lage, Orientierung und Größe beschreibt. Die Winkelfunktion kann ohne Verwendung der DFT bzw. FFT und somit ohne Berechnung von Funktionswerten an äquidistanten Stützpunkten in eine Fourierreihe entwickelt werden. Für eine Objektkontur werden dadurch Koeffizienten (FD's) ermittelt, die für den Konturverlauf spezifisch und gegenüber Translationen, Rotationen, Größenänderungen sowie Aufpunktverschiebungen invariant sind.

```
AATTCAAAC TTTTTCTGATAAGCTGG
ACAGACACCTAAAGCTACATCGTCAACG
GTTTTCTTCATTGCATTGATGGATAC
GATATTGCTTTTGATGCCGACCTAAAT
GACTACCTCCCGACTGCCTATGATGTT
TCAAGGACTGTGTGACTATTGACGTCCT
GTTTGGTCTAACTTTACCGCTACTAAAT
TATTTGTCTCCAGCCACTTAAGTGAGGT
TCTTGCTGGTGGCGCCATGTCTAAATTG
GTGATGTGCTTGCTACCGATAACAATAC
GGCTCTAATGTTCCCTAACCTGATGAGG
TAAAGGACTTCTTGAAGGTACGTTGCGAG
TTGGACTTGGTGGCAAGTCTCCCGCTGA
```

```
AATTCAAAC TTTTTCTGATAAGCTGG
ACAGACACCTAAAGCTACATCGTCAACG
GTTTTCTTCATTGCATTGATGGATAC
GATATTGCTTTTGATGCCGACCTAAAT
GACTACCTCCCGACTGCCTATGATGTT
TCAAGGACTGTGTGACTATTGACGTCCT
GTTTGGTCTAACTTTACCGCTACTAAAT
TATTTGTCTCCAGCCACTTAAGTGAGGT
TCTTGCTGGTGGCGCCATGTCTAAATTG
GTGATGTGCTTGCTACCGATAACAATAC
GGCTCTAATGTTCCCTAACCTGATGAGG
TAAAGGACTTCTTGAAGGTACGTTGCGAG
TTGGACTTGGTGGCAAGTCTCCCGCTGA
```

Automatische Zählung und Sortierung einfacher Objekte (Ausschnitt der kodierten Erbinformation eines Zellkerns), links: Originalbild, rechts: Konturbild.

Ergebnis: Anzahl Buchstabe A: 86, C: 82, G: 78, T: 118



(a)



(b)

Ergebnis der Konturextraktion mittels des OKE-Verfahrens, a: störungsbehaftetes Originalbild, b: Ergebnis nach der Störungsfilterung

Für die Erkennung von komplexen Objekten ist es notwendig, die Konturformen (innere und äußere) zu erkennen, ihre relativen Lagen und Größen zu bestimmen und sie in Zusammenhang zu bringen. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde zur Lösung dieser Aufgabe ein wissensbasiertes System zur Erkennung komplexer Objekte (WISEKO) entwickelt und an mehreren Anwendungen aus dem Bereich der CAQ getestet. Das WISEKO-System ist mittels Expertensystemtechniken realisiert worden. Für die Darstellung des Wissens werden bei diesem System Frames und ein semantisches Netz angewendet. Das Erlernen von Objektmustern erfolgt beim WISEKO-System automatisch. Hierzu ist es lediglich notwendig, das zu erlernende Objekt einmal aufzunehmen und eine Objektbezeichnung zu vergeben. Das WISEKO-System extrahiert alle für die Erkennung des

Objektes benötigten Merkmale und generiert programmgesteuert sämtliche Objektdaten sowie die Wissensbasis automatisch.

- /87.No-Na/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; *"Polar-Vektor-Repräsentierung von Kurven in der Bildverarbeitung und Mustererkennung"*, Proc. of the IASTED International Symposium on "Applied Control, Filtering and Signal Processing", Geneva, Switzerland, 1987, pp. 130-134
- /92-1.Na/ Abou-Nabout, A.; *"Extraktion von Objektkonturen an digitalisierten Bildaufnahmen in Echtzeit"*, 26. Regelungstechnisches Kolloquium, Boppard, Germany, 26.-28.2.92
- /92-2.Na/ Abou-Nabout, A.; *"Modulares Konzept und Methodik zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1992
- /93.Ge-Na-Sö-Kü-No/ Gerhards, R.; Abou-Nabout, A.; Sökefeld, M.; Kühbauch, W.; Nour Eldin, H.A.; *"Automatische Erkennung von zehn Unkrautarten mit Hilfe digitaler Bildverarbeitung und Fouriertransformation"*, published in "Agronomy and Crop Science", Paul Parey Scientific Publishers, 1993
- /93.No-Na/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; *"The Topological Contour Closure Requirement for Object Extraction from 2D-Digital Images"*, International IEEE/SMC Conference on "Systems, Man and Cybernetics", Le Touquet, France, 17.-20.10.93
- /93.Na/ Abou-Nabout, A.; *"WISEKO: Ein wissensbasiertes System zur Erkennung komplexer Objekte"*, Bergisches Seminar für Robotik, BUGH Wuppertal, 3.12.93
- /94.No-Na-Hu-La-Mi-Za/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Hubert, M.; Lahtchev, L.; Mikhailov, L.K.; Zaprianov, J.; *"WISEKO: A Knowledge-Based System for the Recognition of 2D-Complex Objects in CAQ Applications"*, IEEE/RSJ/GI International Conference on Intelligent Robots and Systems, Munich, Germany, Sept. 12-16, 1994
- /95-1.No-Na-Su/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Su, B.; *"Measurement of Ring-Shaped and Toothed Mechanical Parts through Image Processing"*, Proc. of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC/95, Waltham, MA, USA, April 23-26, 1995, pp. 396-401
- /95-2.No-Na-Su/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Su, B.; *"A Novel Closed Contour Extractor, Principle and Algorithm"*, Proc. of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS '95, Seattle, WA, USA, April 29 - May 3, 1995, pp.445-448
- /96.Dz-Na-No/ Dziech, A.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; *"Contour Extraction and Compression Using Piecewise Linear Transform"*, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 58-60
- /96.Na/ Nabout, A.; *ESEKO: Einzelstruktureinheit zur Echtzeit-Konturextraktion*, Symposium Aktuelle Entwicklungen und industrieller Einsatz der Bildverarbeitung, Aachen, Germany, September 5-6, 1996, pp. 199-203
- /97.Dz-Be-Na-No/ Dziech, A.; Besbas, W.S.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; *Fast Algorithm for Closed Contour Extraction*, Proc. of the 4th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing, Poznan, Poland, May 28-30, 1997, pp. 203-206
- /97.Dz-Be-Pa-Na-No/ Dziech, A.; Belgassem, F.H.; Pardyka, I.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; *Contour Compression Using Wavelet and Piecewise Linear Transforms*, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. IV, pp. 701-706
- /97.Dz-Be-Na-No/ Dziech, A.; Besbas, W.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; *Closed Contour Extraction Using 4-Directional Chain Code for Low Bit Rate*, Workshop on Digital Methodologies and Applications for Multimedia and Signal Processing DMMS97, Budapest, Hungary, October 27-28, 1997
- /97.No-Na-Dz-Am/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Dziech, A.; Amuri, A.; *Contour Recognition Using Transform Methods and Fuzzy Set Approach*, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 3, pp. 1205-1208
- /98.No-Dz-Be-Na/ Nour Eldin, H.A.; Dziech, A.; Belgassem, F.; Nabout, A.; *Image Data Compression Using Sample Selection Methods*, 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998

Dr. PhD. H.H. Soliman

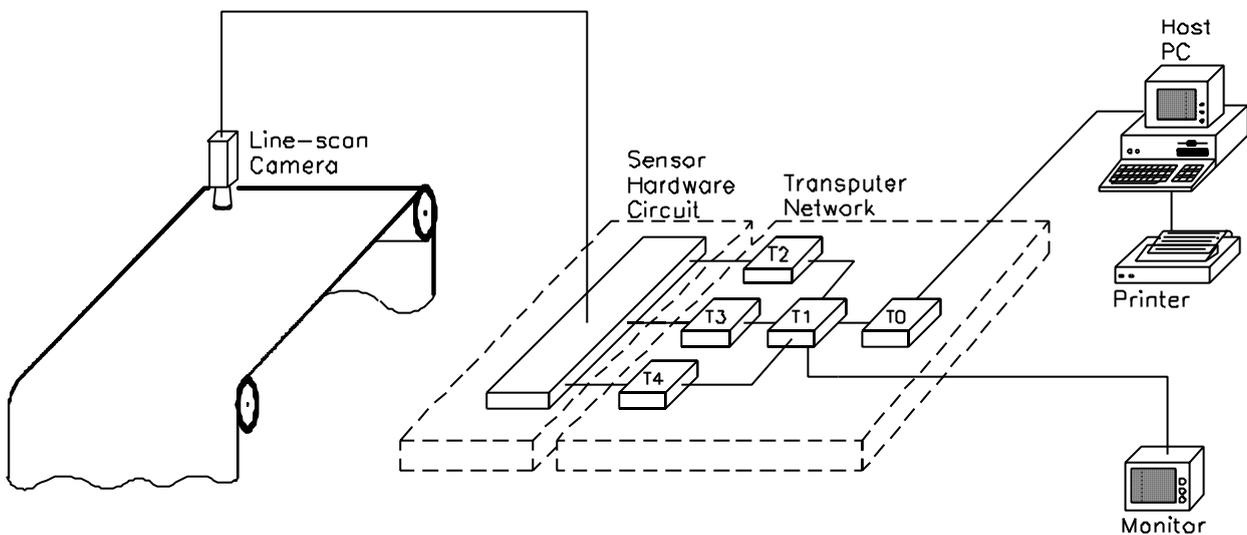
Theory and Applications of Hardware-Implemented Algorithms

Supervisors: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Prof. Dr. Eng. A.F.I. Abdel Fattah (Mansoura University, Egypt)

Examination: December 1992 in Mansoura, Egypt

Total Quality, i.e. 100 % yield, of mass-produced products is becoming one of the main automation objectives of industry. As a result, Automated Inspection Systems have become an indispensable part of production lines. Due to the recent developments in digital image processing, automated visual inspection is being extensively applied. However, most of the known general purpose inspection systems are based on time-consuming algorithms and hence are only suitable for stationary or slow-moving inspection.



Transputer-Based CAQ for linearly moving products

i	Given class	Feature Vector			Desired Output		
		σ_{cr}	S_{cr}	R_{cr}	O_1	O_2	O_3
1	H	4.415880	6.066667	2.600000	0.9	0.1	0.1
2		2.911945	3.484848	2.333333	0.9	0.1	0.1
3		2.502173	3.000000	1.714286	0.9	0.1	0.1
4		4.246039	4.268293	2.500000	0.9	0.1	0.1
5		2.173129	1.437500	2.545455	0.9	0.1	0.1
6	V	0.309291	0.230769	0.461538	0.1	0.9	0.1
7		0.430510	0.455782	0.428571	0.1	0.9	0.1
8		0.085520	0.114370	0.140000	0.1	0.9	0.1
9		0.109077	0.115646	0.097561	0.1	0.9	0.1
10		0.214609	0.176471	0.304348	0.1	0.9	0.1
11	A	1.282060	1.384615	1.043478	0.1	0.1	0.9
12		1.000000	1.000000	1.000000	0.1	0.1	0.9
13		0.993073	0.882353	1.000000	0.1	0.1	0.9
14		1.053188	0.846154	1.166667	0.1	0.1	0.9
15		1.227056	1.423529	1.080000	0.1	0.1	0.9

Feature vectors of the training set of textile samples

In this thesis, new concepts for efficient realisation of a general purpose Automated Visual Inspection Systems (AVIS) using concurrent processors are proposed. In order to enhance the inspection speed, new high-speed algorithms for both feature extraction and defects classification are suggested. Besides, the system is supposed to accept the outputs of two CCD image sensors, namely line-scan and matrix-cameras, so that it is usable for the inspection of a wide spectrum of products. Geometrical as well as neural network-based classification techniques are used. In case of geometrical classification, new efficient algorithms for real-time applications are proposed. To prove the effectiveness of the proposed techniques in real industrial applications, several case studies have been done where a 100 % correct classification was achieved. Furthermore, an inspection speed up to 480 m/min is supposed to be attainable.

/92.No-Ne-So/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Soliman, H.H.; *"Observer Based Detection and Recognition of External Disturbances for Large Turbogenerators"*, IFAC-Symposium on "Control of Power Plants and Power Systems", Munich, Germany, 9.-11.3.92

/92.No-So-Ab-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Soliman, H.H.; Abd Elfattah, A.I.; Hamdy, N.A.; *"Classification of Flat Product-Defects Using Neural Networks Concepts"*, Proc. of the 2nd IASTED International Conference on "Computer Applications in Industry", Alexandria, Egypt, 5.-7.5.92, pp. 5-8

/92.So/ Soliman, H.H.; *"Theory and Applications of Hardware-Implemented Algorithms"*, Dissertation, Mansoura University, Egypt, Dec. 1992

/94.No-Ne-So-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J., Soliman, H.H.; Fischer, F.; *"On Line Observer Based Detection and Classification of External Disturbance Types for the State Supervision of Turbogenerators"*, IFAC Symposium on Artificial Intelligence in Real Time Control, Valencia, Spain, Oct. 3-5, 1994

/95.No-Hu-So/ Nour Eldin, H.A.; Hubert, M., Soliman, H.H.; *"Qualitätssicherung bei homogenen 2D-Strukturen durch Klassifikation mit Neuronalen Netzen"*, Journal 'Automatisierungstechnik at', Special Issue 'Intelligente Methoden der Automatisierung', Sept. 1995, pp. 424-435

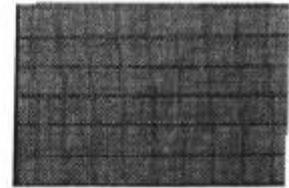
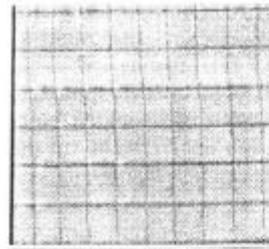


Bild 11: Fehlerfreie Originalfolie (links), fehlerfreie Originalfolie nach Datenreduktion (rechts).

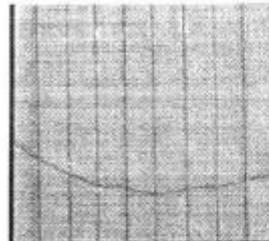


Bild 12: Originalfolie mit Horizontalfehler Typ 1 (links), Originalfolie mit Horizontalfehler Typ 1 nach Datenreduktion (rechts).

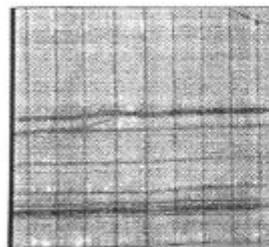


Bild 13: Originalfolie mit Horizontalfehler Typ 2 (links), Originalfolie mit Horizontalfehler Typ 2 nach Datenreduktion (rechts).

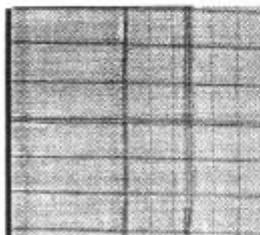


Bild 14: Originalfolie mit Vertikalfehler Typ 1 (links), Originalfolie mit Vertikalfehler Typ 1 nach Datenreduktion (rechts).

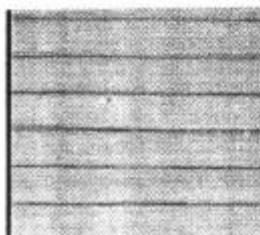


Bild 15: Originalfolie mit Vertikalfehler Typ 2 (links), Originalfolie mit Vertikalfehler Typ 2 nach Datenreduktion (rechts).

Some results taken from /95.No-Hu-So/

Dr. PhD. E.A.M. Abdalla

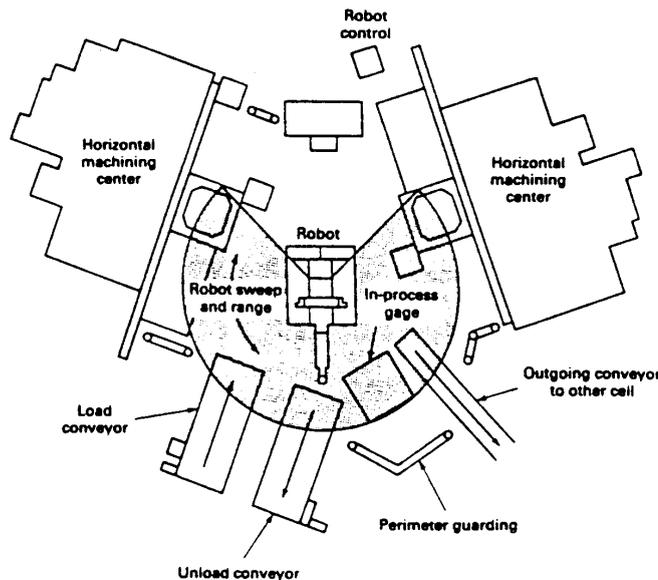
Simulation of Industrial Robot for Flexible Manufacturing Cell

Supervisors: Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin
 Prof. Dr. habil. L.A. Abdel-Latif (University of Helwan)
 Prof. Dr. A.A.H. Tantawy (University of Helwan)
 Ass. Prof. Dr. E.M. Bakr (University of Helwan)

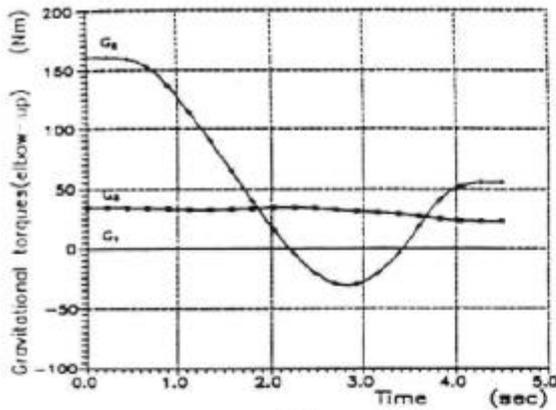
Examination: 2.11.1993 in Helwan, Egypt

This thesis covers the study of robot's kinematics and dynamics in relation to the trajectory planning with a special attention to the driving energy for the above-arm and below-arm configurations. A complete study which is based upon simulating the motion of three straight line paths is introduced.

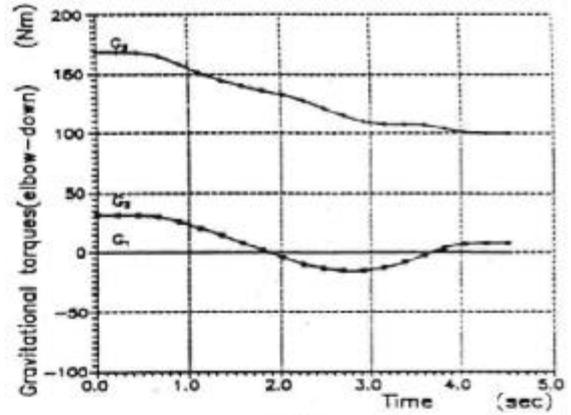
Six main contributions have been achieved in this research. The first contribution is the introduction of a new identification approach to estimate the mass as well as the centre of gravity of robot links. The second contribution is devoted to control the inverse kinematics to produce elbow-down as well as elbow-up solutions. An accurate non-inverting algorithm for solving the inverse kinematics of both elbow configurations of the robot arm is then presented. The research work exploits, as a novel further contribution, a study of the robot elbow configurations for planar and spatial revolute robot manipulators. The approach is based on a search algorithm to find out the point of configuration changing from elbow-up to elbow-down or vice versa. Further, efficient straight line Cartesian trajectories are proposed providing a continuity in position, velocity, acceleration, and jerk. Moreover, the dynamic behaviour of the elbow-down configuration of the robot arm is completely studied. Also, the driving torque and its gravitational component as well as the inertial forces at the compound centre of gravity of the entire robot manipulator are discussed and analysed. Finally, the driving energy for the two different arm configurations are evaluated in order to demonstrate the effect of the arm configuration on the driving energy for the same path.



Example of a flexible manufacturing robot cell

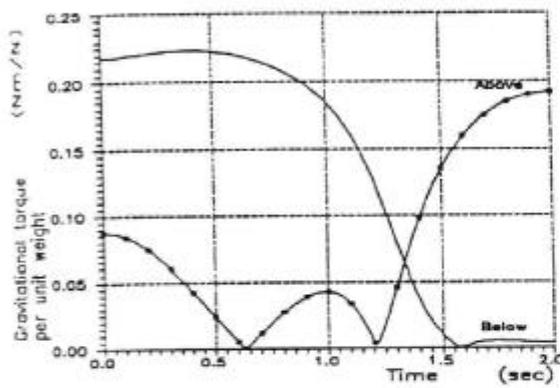


(a)

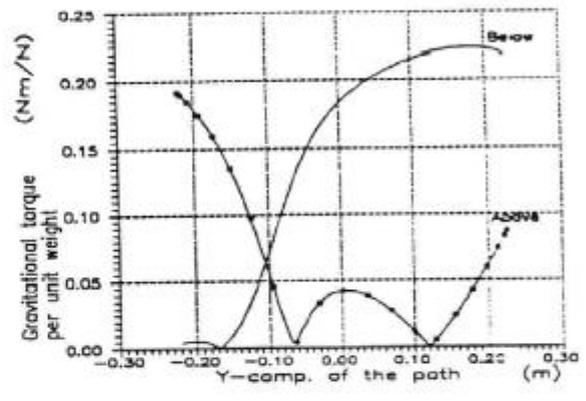


(b)

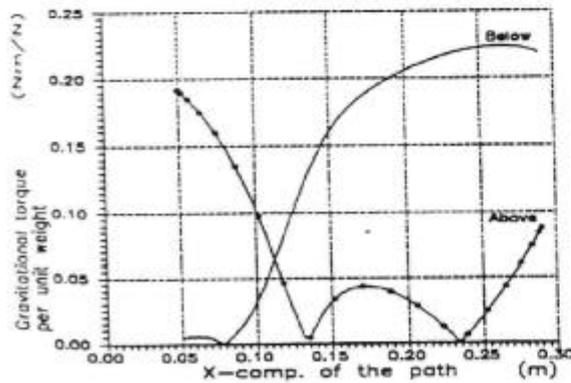
Gravitational torques for both elbow configurations



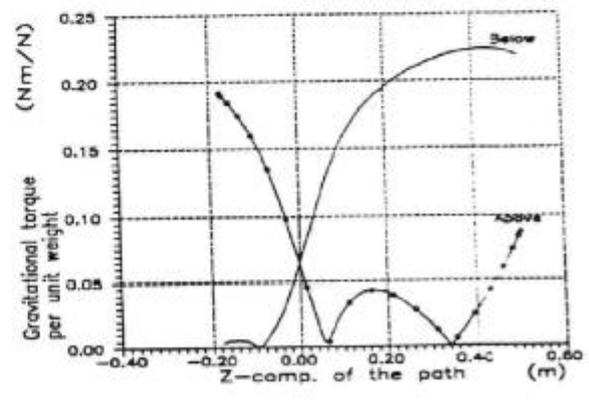
(a)



(c)



(b)



(d)

Fig. 5.20. Gravitational torque per unit weight of the robot(spatial path #1):

(a) vs. time,

(b) vs. X-component of the path,

(c) vs. Y-component of the path, (d) vs. Z-component of the path

- /93.No-Ab-Pu-Mü-Aw-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Abdalla, A.; Pu, H.; Müller, M.; Awad, A.; Abdel-Latif, L.; "A Novel Recursive Newton-Euler Algorithm for Modelling and Computation of Robot Dynamics", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, 12.-16.4.93, Vol. II, pp. 200-208
- /93.No-Ab-Pu-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Abdalla, A.; Pu, H.; Abdel-Latif, L.; "A Physically Parallel One-Directional Recursion (PPO-Recursion) for Robot Inverse Dynamics", Proc. of the International IEEE/SMC Conference on "Systems, Man and Cybernetics", Le Touquet, France, 17.-20.10.93, Vol. 2, pp. 112-117
- /93.Ab/ Abdalla, A.; "Simulation of Industrial Robot for Flexible Manufacturing Cell", Dissertation, Helwan University, Egypt, Nov. 1993
- /93.No-Pu-Ab-Mü/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Abdalla, A.; Müller, M.; "Parallel Computation of the Manipulator Inertia Matrix through One-Directional Recursion in the Newton-Euler Formulation", VDE-Fachtagung "Intelligente Steuerung und Regelung von Robotern", Langen, 9.-10.11.93, VDI-Berichte 1094, pp. 231-240
- /94.No-Pu-Mü-Ab-Ab-Ba/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Müller, M.; Abdalla, A.; Abdel-Latif, L.; Bakr, M.; "Parallel Computation of the Inertia Matrix of a Tree-Type Robot using One-Directional Recursion of Newton-Euler Formulation", accepted for the 1st Mathmod Conference, Technical University of Vienna, Austria, 2.-4.2.94

Dr. PhD. Ibrahim Fahrouk El Nahry

"Neural Network Based Pattern Recognition of Coloured Objects"

Supervisors: Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Prof. Dr. M.M. Hamed

Ass. Prof. Dr. I. Amin

Dr. A. Alam Eldin

Examination: April 1994 in Port Said, Egypt

Pattern recognition is an essential part of any high-level image analysis system. The goal of a typical computer vision system is to analyse images of a given scene in order to recognise its content. Such systems are now in use in variety of fields, among them robotics, military, reconnaissance, remote sensing, document processing, and industrial automation. Most of these systems share a general structure which is composed of four building. The first may be defined as image acquisition for converting a scene into an array of numbers that can be manipulated by the computer while the second can be called as pre-processing for removing either noise, enhancing the picture or if necessary segmenting the image into meaningful regions to be analysed separately. The third is feature extraction, where the image is represented by a set of numerical "features" to remove redundancy from the data and reduce its dimension. The fourth is the classification technique.

The thesis presents the colour fundamentals and properties of light as incident and reflected. The effect of hue, saturation and brightness on a picture has been analysed. The concept of colour mixing either additive or subtractive is included. Some known colour models have been summarised and compared in order to find the way for more generalised effective and sensitive method for colour recognition. So, the desired can be determined in a new concept by transforming the fundamental colours into a new 8 channel system. The digital processing can be applied for each one individually and then the results of analysis should be inversed into the actual model of fundamental colour.

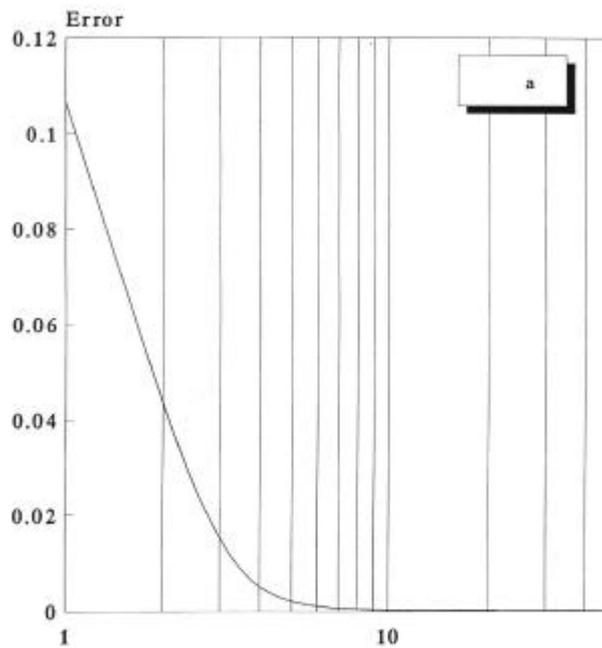


Figure (5.8) The system error using BP algorithm.

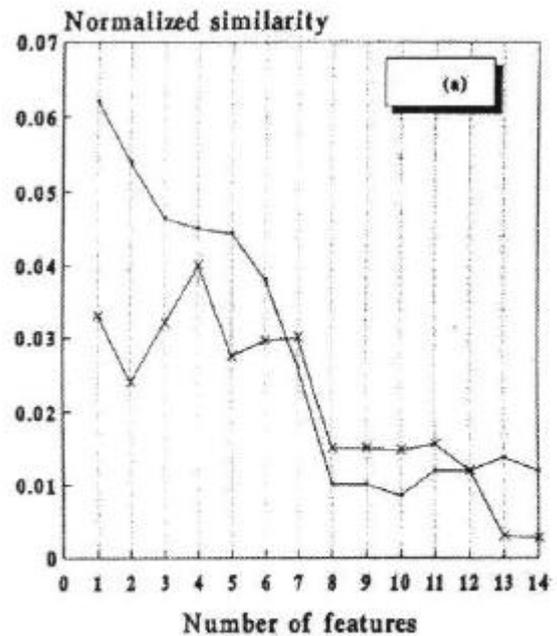
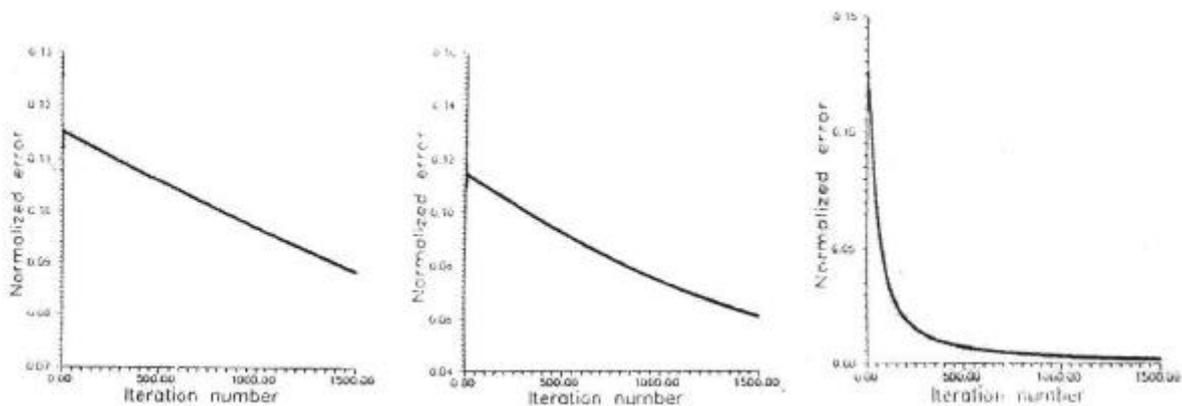


Figure (4.6a) The similarity estimated from the error of figure (3.10) using eigenvalue features.



In the proposed technique the parallel connected stripes coding scheme is used for decoding the colour objects into colour contours. This method is particularly suitable for extracting the fundamental colour objects. The basic idea lies in the subdivision of the regions to be represented as a horizontal stripes with constant height as basic units of information. In this way the data to be represented are given for coding and decoding Victorian information (the colour regions) and for the main operations that may be done on the resulting data structure. This method eliminates the problems of information ambiguity and redundancy. The proposed concept depends on complement and intersection mathematical base for decoding the colour contours. The Freeman chain coding has been included. Chapter 3 deals with features extraction techniques and presents the mathematical analysis of two known methods. Moment invariants and Fourier coefficient known features are compared with proposed concept which depends on the eigenvalues of matrix. Geometrical luminance polygons as well as actual objects have been introduced for comparison. The normalisation technique is introduced in the proposed concept. Then we have illustrated two new algorithms which decoding and extracting invariant features of objects from image. The first algorithm decoding the colour objects to 8 colour contours. But the second algorithm representing the invariant images for translation, scale and rotation of luminance and colour objects recognition.

On the other hand the classification of images has been tried on the basis of minimum mean distance through descriptor recognition. The mathematical analysis is presented while a comparison between the two known methods (Fourier & Moment) and the proposed model (Eigenvalues) has been studied. The results prove a great sensitivity for the suggested method.

A neural network (NN) based approach for classification of images represented by translation, scale and rotation-invariant features is presented. The utilised network is a Multi-layer perceptron (MLP) classifier. The backpropagation learning is used for its training. The new algorithm (Eigenvalues) is used as a feature to classify a closed contour. Through neural network comparing this concept with the other two known methods the eigenvalues algorithm appears to be more powerful than the moment invariant and Fourier descriptor for classification using backpropagation algorithm. In this work it is shown that the neural network classifier is most suitable than minimum distance classifier when classes cannot be separated by a hyperplane.

A multi-layer perceptron (MLP) with back propagation learning algorithm is used for translation, scale and rotation invariant luminance and colour objects recognition. Seven Moment invariant features, effective Fourier descriptors and the effective descriptors of Eigenvalues features are used to represent the images. The net is trained with seven moments, 20 Fourier descriptors and 14 Eigenvalues features from each object and tested with complex image.

/94.Na/ El Nahry, I.F.; "*Neural Network Based Pattern Recognition of Coloured Objects*", Dissertation, Suez Canal University, Port Said, Egypt, April 1994

Dr.-Ing. Raymund Schockenhoff

Realisierung einer Expertensystem Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter kooperierender Expertensysteme

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Heidepriem

Tag der mündlichen Prüfung: Dezember 1995 in Wuppertal

Der Einsatz kooperierender Expertensysteme bietet eine Möglichkeit, komplexe Problemstellungen zu lösen. Dabei verfolgt die Kooperation der Expertensysteme als Ziel die verteilte Problemlösung, um die Beschränkung der Wissensverarbeitung auf engumgrenztes Domänenwissen zu durchbrechen. Die Entwicklung kooperierender Expertensysteme ist sehr aufwendig, da jedes einzelne für einen Teilbereich zuständige Expertensystem speziell für diesen Teilbereich entwickelt und in das Gesamtszenario eines Expertensystemverbundes integriert werden muß. Zusätzlich zur AI-Funktionalität monolithischer Expertensysteme müssen verteilte Expertensysteme auch Methoden des verteilten Problemlösens beinhalten. Daher kommen bei der Entwicklung kooperierender Expertensysteme den Aspekten der ökonomischen Erstellung und der Realisierung der verteilten Problemlösung zentrale Bedeutung zu.

Diese zentralen Aspekte der Entwicklung kooperierender Expertensysteme gehen in die Zielsetzung dieser Forschungsarbeit ein, deren Gegenstand die Realisierung einer Expertensystem-Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter Expertensysteme ist. Die Erstellung eines verteilten Expertensystems erfolgt nach dem Baukastenprinzip durch Bereitstellen von Methoden und Techniken der „Distributed Artificial Intelligence“-Technologie, die neben klassischen Methoden und Techniken der AI auch die des verteilten Problemlösens umfaßt. Darüber hinaus sind die einzelnen Expertensubsysteme eines Expertensystemnetzes im Hinblick auf Spezialisierung für Teilbereiche zu

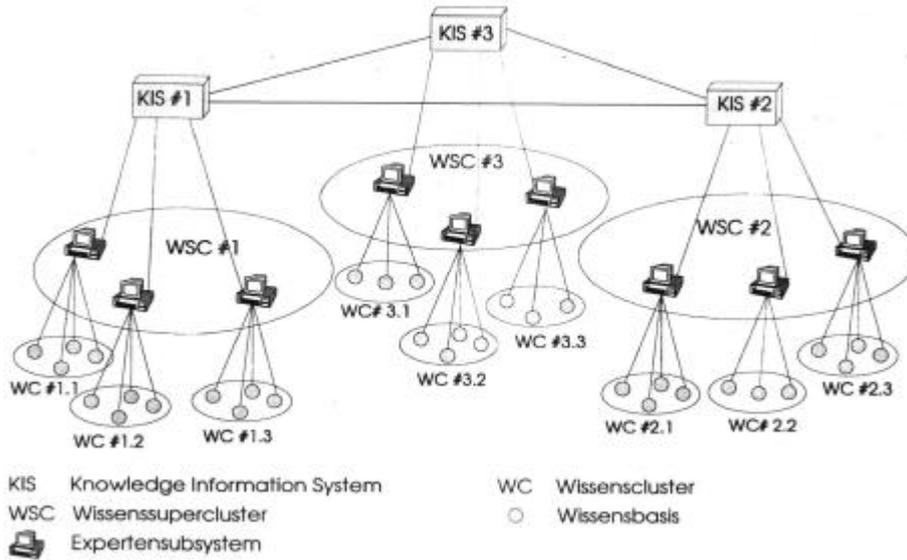
konfektionieren. Mit der realisierten DESys-Expertensystem-Metashell können verteilte Expertensysteme ökonomischer erstellt werden. Damit geht dieser Ansatz über die Entwicklung einer Expertensystem-Shell, mit der in sich geschlossene Expertensysteme aufgebaut werden, hinaus.

Mit der DESys-Expertensystem-Metashell erfolgt die Spezialisierung durch Konfektionierung der Expertensystem-Shell, wobei die Metashell den generativen Rahmen darstellt. In der DESys-Metashell werden je nach Anforderungsprofil des Expertensubsystems ausgewählte Wissensverarbeitungseinheiten sowie die Wissensrepräsentation, Erklärungskomponente, Dialogkomponente, Akquisitionskomponente, Schnittstellenapplikation zur Kommunikation und falls erforderlich spezielle Anwenderapplikationen eingebettet. Durch das Konfektionieren der DESys-Metashell wird sie zu einer für das jeweilige Expertensubsystem spezifischen Expertensystem-Shell. Aus dieser spezifischen Expertensystem-Shell wird durch Hinzufügen von Fachwissen das kompetente Expertensubsystem generiert. Mehrere Expertensubsysteme werden dann zu einem verteilten Expertensystem zusammengestellt, wobei die Methoden und Techniken zur verteilten Problemlösung systemimmanent enthalten sind. Die vom Anwender vorzugebende Topologie des Expertensystemnetzes ergibt sich aus der inhärenten Problemverteilung und der Verteilung der Problemlösung.

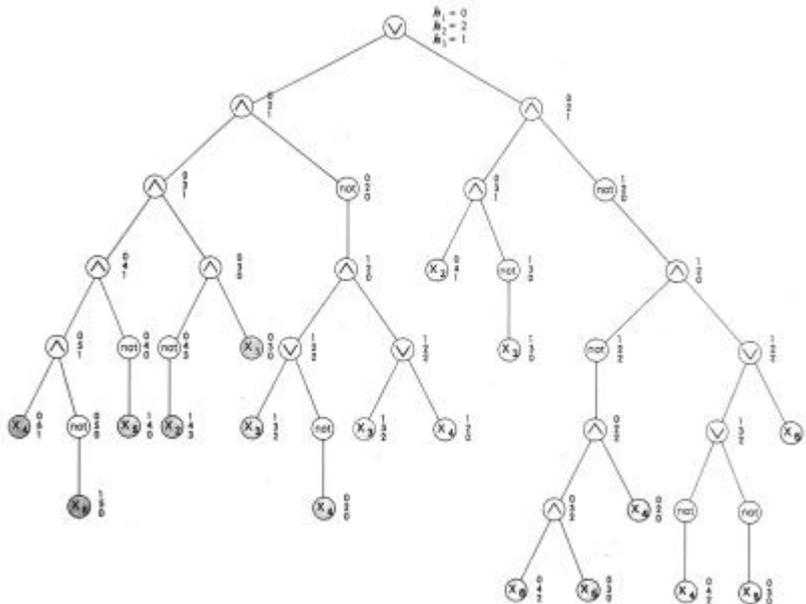
Als Wissensverarbeitungseinheiten stehen in den Expertensubsystemen Inferenzmaschinen zur Verarbeitung von (un-)scharfem und (un-)sicherem Wissen zur Verfügung. Die Auswertung von (un-)sicherem Wissen erfolgt in framebasierten und regelbasierten Inferenzmaschinen. Die regelbasierten Inferenzmaschinen unterstützen verschiedene Kontrollstrukturen, wie beispielsweise backward- und forward-chaining und darüber hinaus verschiedene vom Anwender vorzugebende Betriebsarten. Die Reihenfolge der Verarbeitung der Regeln kann über Metaregeln beeinflusst werden. In der framebasierten Inferenzmaschine werden die Regeln zum Steuern des Inferenzprozesses verwendet. (Un-)scharfes Wissen wird durch eine Fuzzy-Inferenzmaschine verarbeitet. Der Bediener kommuniziert mit dem verteilten Expertensystem über die Dialogkomponente. Die Dialogkomponente unterstützt zusätzlich zur Eingabe von Problemstellungen und Ausgabe von Problemlösungen die Verwaltung und Steuerung des Expertensystemnetzes. Von der Erklärungskomponente werden nach dem Wissensverarbeitungsprozeß Erklärungen extrahiert und diese entsprechend der Rolle des Bedieners als Anwender, Experte oder Wissensingenieur aufbereitet und ausgegeben. Die Akquisitionskomponente unterstützt das interaktive Erfassen von Wissen, die dieses Wissen in die von den Wissensverarbeitungseinheiten auszuwertenden binären Wissensbasen integriert. Dabei werden hybride Wissensrepräsentationsformalismen verwendet.

Die Wissensrepräsentationsformalismen bestimmen maßgeblich Realisierung, Akzeptanz und effizienten Einsatz von Expertensystemen. Daher wird in DESys ein breites Spektrum an Wissensrepräsentationsformalismen zur Darstellung von Wissen unterstützt. Das Wissen kann in Form von Regeln, Klauseln, Prozeduren und Frames/Objekte, mit denen auch semantische Netze erstellt werden können, beschrieben werden. In den Wissensrepräsentationsformalismen wird die (Un-)Sicherheit von Wissen berücksichtigt. Zur Darstellung von (un-)scharfem Wissen sind Objektstrukturen definiert. Das Wissen kann entweder in der DESys-Akquisitionssprache oder interaktiv im Dialog mit den Akquisitionssprachen erfaßt werden. Das in der DESys-Akquisitionssprache dargestellte Wissen wird durch einen Compiler in die binären Wissensbasen überführt. Zur verteilten Problemlösung sind adäquate Methoden zur Kooperation, Kommunikation und Koordination umgesetzt. Die Wissensverarbeitungseinheiten unterstützen als Kooperationsformen sowohl Task- als auch Result-Sharing. Dabei erfolgt der Wissensaustausch nach dem Message-Passing-Verfahren oder über ein Blackboard. Beim Message-Passing wird die DESys-Akquisitionssprache als abstrakte Wissenstransfersyntax verwendet. Das zu transferierende

Wissen wird durch einen Recompiler in die DESys-Akquisitionssprache überführt und beim Empfänger durch den Compiler in die lokalen Wissensstrukturen des Empfängers integriert.



Expertensystemsupernetz mit Wissenscluster und Wissenssupercluster

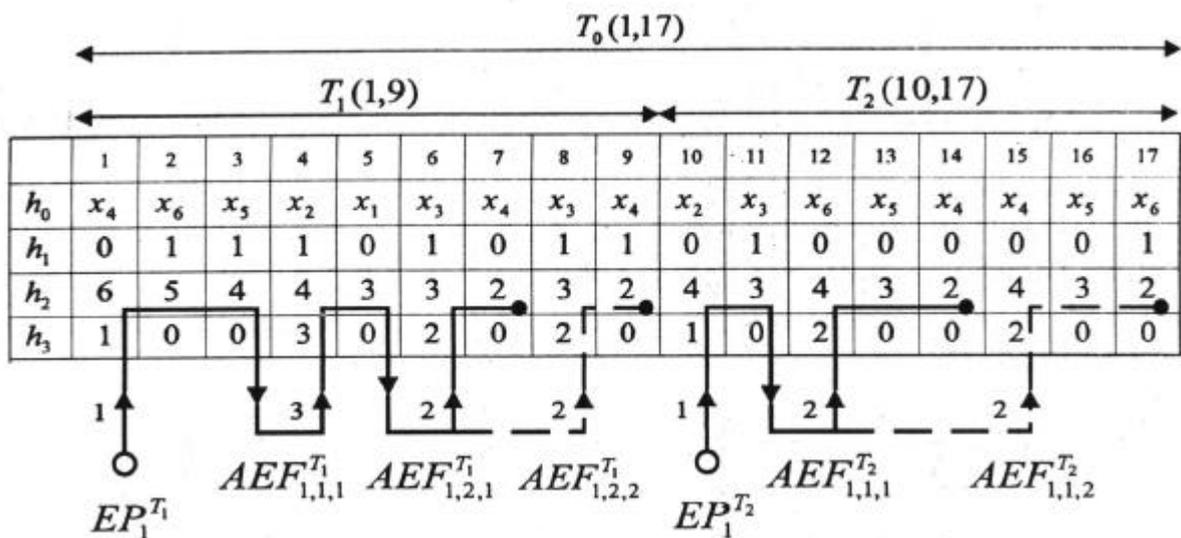


Binärer Baum mit Label

Die verteilte Problemlösung erfolgt nach dem Client-Server-Prinzip mit dynamischer und/oder statischer Beteiligung der Wissensverarbeitungseinheiten. Die Form der Beteiligung wird durch den Wissensingenieur in Regeln vorgegeben. Während bei der dynamischen Beteiligung die Problemverteilung durch einen Knowledgebroker umgesetzt wird, wird bei der statischen Beteiligung die Problemverteilung vom Wissensingenieur als Wissen in die Wissensbasis eingebracht. Bei der dynamischen Beteiligung erfolgt die Kooperation, Koordination und Kontrolle der Wissensverarbeitungseinheiten im Knowledgebroker, der Metawissen besitzt. Das Metawissen umfaßt das Wissen über die Fähigkeiten der Wissensverarbeitungseinheiten und über das in den Expertensubsystemen verfügbare Wissen. Die verteilte Problemlösung mit statischer Beteiligung der Wissensverarbeitungseinheiten wird durch eine a priori Fokussierung auf entsprechend kompetente

Wissensverarbeitungseinheiten umgesetzt. Das zu transferierende Wissen und die Wissensdialoge werden dabei in Regeln formuliert, wobei die Kooperation, Koordination und Kontrolle regelgesteuert durchzuführen sind. Damit lassen sich auch vom Anwender verschiedene Koordinationsformen flexibel umsetzen.

Im Zusammenhang mit dem Aspekt der Verarbeitung von Regeln in den Inferenzmaschinen ist in dieser Forschungsarbeit das Reduced-Structure-Verfahren entwickelt worden, das in den regelbasierten Inferenzmaschinen integriert ist. Von besonderer Bedeutung ist, daß dieses Verfahren in Problemfeldern der praktischen Informatik, wie auch bei der Erfüllbarkeitsuntersuchung, eingesetzt werden kann. Die Verarbeitung von Regeln in den Inferenzmaschinen beinhaltet eine Problemstellung bezüglich der Umformung des Bedingungsteils, die sich auch in dem Erfüllbarkeitsproblem wiederfindet. Bei der Regelverarbeitung werden die Bedingungsteile in disjunktiv verknüpfte Terme umgeformt, die ausschließlich konjunktiv verknüpfte Literale besitzen. Eine Möglichkeit zur Lösung des Erfüllbarkeitsproblems besteht darin, Boolesche Funktionen in die disjunktive Normalform zu überführen, so daß die Erfüllbarkeit direkt abgelesen werden kann. Anhand der Problematik des Erfüllbarkeitsproblems wird das entwickelte Reduced-Structure-Verfahren vorgestellt. Das methodische Vorgehen des Verfahrens erfolgt über das Reduced-Structure-Labeling, die Erstellung der Reduced-Structure-Tabelle und davon ausgehend das Aufstellen der disjunktiven Normalform. Beim Reduced-Structure-Labeling werden die logischen Verknüpfungen, Klammern und Negationen der Boole'schen Funktionen, die in einem binären Baum dargestellt sind, durch Anwendung von Erbvorschriften für Labels maschinell aufgelöst. Nach einer Baumtraversierung stehen Labels an den Blättern zur Verfügung, die in der Reduced-Structure-Tabelle notiert werden. Die Reduced-Structure-Tabelle, in der die Boolesche Funktion beschrieben ist, vereint zwei Vorteile. Zum einen benötigt sie weniger Speicherplatz als die Repräsentation einer Boole'schen Funktion durch einen binären Baum und zum anderen ermöglicht sie eine beschleunigte Auswertung des Erfüllbarkeitsproblems. Die beschleunigte Auswertung ergibt sich aufgrund der Identifizierung systemimmanenter Parallelismen in der Boole'schen Funktion und der Möglichkeit des direkten effizienten Extrahierens der disjunktiven Normalform. Zum Nachweis der Effizienz des Reduced-Structure-Verfahrens wäre eine daraufhin ausgerichtete Untersuchung sinnvoll.



Erfüllbarkeitstabelle des Beispielbaumes

Die in dieser Arbeit vorgestellte Realisierung der DESys-Expertensystem-Metashell verbindet das ökonomische Entwerfen verteilter Expertensysteme mit der Forderung nach Spezialisierung der Expertensubsysteme. Charakteristisch für die Expertensystem-Metashell ist die offene Systemstruktur und die modulare Realisierung. Der Einsatz der Expertensystem-Metashell findet sich zur Zeit in den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekten „Roboterkameraführung und „Elektrothermische Turbogeneratordiagnostik in der Fachgruppe für Automatisierungstechnik und Technische Kybernetik der Bergischen Universität-GH Wuppertal. Im Projekt „Roboterkameraführung wird ein verteiltes Expertensystem zur Planung von Bewegungsbahnen für kooperierende Robotersysteme generiert. Darüber hinaus ergibt sich für die DESys-Expertensystem-Metashell aufgrund der Möglichkeit des gezielten anwendungsbezogenen Zuschneidens von verteilten Expertensystemen ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten.

/92.No-Sc-Mü-Mi/ Nour Eldin, H.A.; Schockenhoff, R.; Müller, M.; Mikhailov, L.K.; "Distributed Expert Systems in Flexible Manufacturing", Proc. of the IFAC-Workshop on "Intelligent Manufacturing Systems", Dearborn, Michigan, USA, October 1-2, 1992, pp. 281-286

/95.Sc/ Schockenhoff, R.; "Realisierung einer Expertensystem-Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter kooperierender Expertensysteme", Dissertation, Wuppertal, December 1995; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 10, Nr. 456, 1996

Dr.-Ing. Markus Müller

Ein Konzept für dreidimensionales Maschinensehen durch aktive Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturierter Beleuchtung

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Heidepriem

Tag der mündlichen Prüfung: 25.04.1997 in Wuppertal

Der Mensch nimmt seine Umgebung zum größten Teil über seinen Gesichtssinn wahr. Für Computer wurde die Verarbeitung und Nutzung visueller Informationen erst mit dem Fortschreiten der Technologie möglich. Die theoretischen Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung wurden bereits Anfang der 60er Jahre untersucht. Die praktische Anwendung der Ergebnisse war jedoch erst mit der allgemeinen Verfügbarkeit hoher Verarbeitungskapazitäten bei Computern möglich. Nicht zuletzt aufgrund der Vielfalt möglicher Anwendungen ist die digitale Bildverarbeitung inzwischen zu einem wichtigen und breiten Forschungsgebiet herangewachsen.

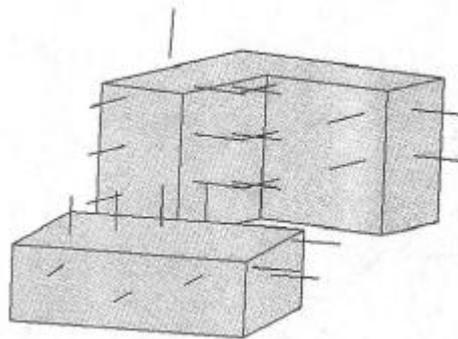
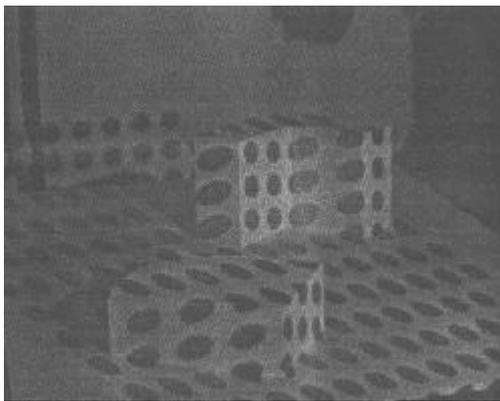
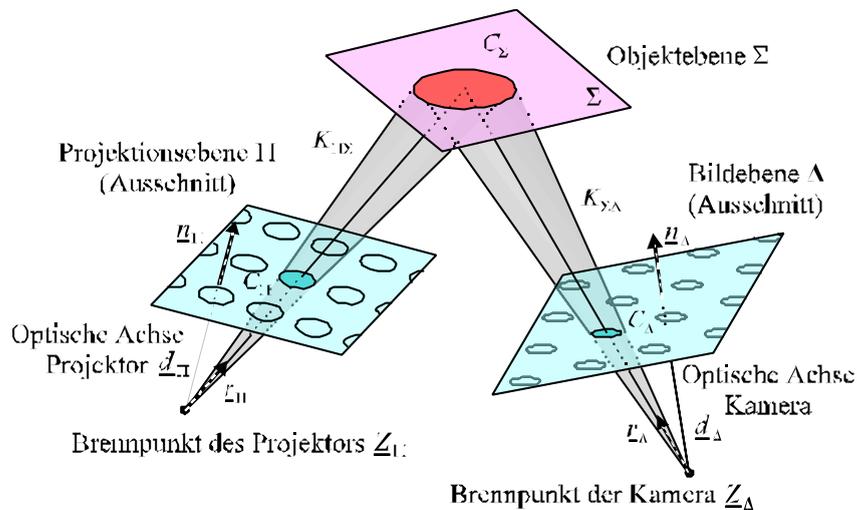
Wurden in den Anfängen der digitalen Bildverarbeitung hauptsächlich zweidimensionale Szenen betrachtet, so hat mit der heute verfügbaren Verarbeitungsgeschwindigkeit und Speicherkapazität bei Computern auch die Analyse dreidimensionaler Szenen immer mehr an Interesse und Bedeutung gewonnen. Anwendungsbereiche sind z.B. die Industrie (Robotik, computergestützte Qualitätskontrolle CAQ), der Transport (führerlose Botenfahrzeuge, automatische Fahrzeugführung, Navigation), Schutz und Rettung (autonome mobile Roboter), Geographie (Kartographierung, Exploration), Militär (Überwachung, Navigation, Lenkwaffen) sowie Medizin und Biologie (Tomographie, Mikroskopie). Die Umgebungen reichen dabei von künstlich (in geschlossenen Räumen: "indoor") über halbnatürlich (Straßen, Gebäude) bis natürlich (Landschaften, Satellitenbilder). Die Anwendungsziele sind unter anderem die Automatisierung (von Vorgängen in der Industrie), die Vermessung (von Produkten und Landschaften), die Überwachung (von Gebäuden), die Erkennung (von Personen) und die Unterstützung der visuellen Analyse (in der Medizin).

Für die technische Lösung dieser Aufgaben sind abhängig von der Art der Szene verschiedene Verfahren zur Gewinnung der dreidimensionalen Szeneninformation (3D-Szenenerfassung) notwendig. So ist es bei künstlicher Umgebung möglich, mittels gezielter Beleuchtung die Szenenerfassung zu vereinfachen, während bei natürlichen Szenen robuste und aufwendige Meßmethoden und Algorithmen verwendet werden müssen. In speziellen Einsatzbereichen können optisch nicht erfaßbare Informationen über die dreidimensionalen Objekte durch spezielle physikalische Verfahren gewonnen werden (z.B. bei der Tomographie). Für die Interpretation der 3D-Szeneninformation (3D-Szeneninterpretation) kann, abhängig vom Anwendungsziel und der Art der Information, wiederum eine Vielzahl an Verfahren eingesetzt werden. Das Ergebnis der 3D-Szeneninterpretation ist jedoch höchstens so gut, wie die aus der 3D-Szenenerfassung resultierenden Szenenmerkmale. Entscheidend ist die präzise Abstimmung zwischen Szenenerfassung und Szeneninterpretation. Dabei kann durch eine geschickte Wahl der 3D-Szenenerfassung die 3D-Szeneninterpretation wesentlich vereinfacht und die Qualität des Ergebnisses entscheidend verbessert werden. Dies wird insbesondere in dem in dieser Arbeit adressierten Bereich der Handhabung und Montage durch Roboter (Maschinensehen) deutlich. Weiterhin wird gezeigt, daß für eine eindeutige Interpretation einer Szene in vielen Fällen die Erfassung und Auswertung mehrerer Szenenausschnitte aus verschiedenen Sensorlagen zwingend erforderlich ist. Es werden Entscheidungsgrundlagen geschaffen, die eine Festlegung der zur eindeutigen Interpretation erforderlichen Sensorlagen (Kameraposition und -orientierung) ermöglichen. Somit wird die Entscheidung, ob und wie die Erfassung weiterer Szenenausschnitte durchzuführen ist, weitgehend szenenorientiert und auf dem hohen Niveau der Objekt- und Szeneninterpretation getroffen.

Es existiert eine Vielzahl verschiedener Verfahren für die 3D-Szenenerfassung, die sich durch die verwendeten Prinzipien zur Gewinnung der 3D-Information und den hierzu benötigten Meßaufbau unterscheiden. Jedes dieser Verfahren weist mindestens einen der folgenden Nachteile auf: 1) Ein eng begrenztes Anwendungsgebiet, 2) aufwendige und langwierige Softwarealgorithmen, 3) aufwendige und teure Systemkomponenten oder 4) keine Kompatibilität zur nachfolgenden Szeneninterpretation. Das Resultat sind zu teure oder auf Grund der langen Verarbeitungszeit, des aufwendigen Meßaufbaus und der unzureichenden Aufgabenlösung in der Praxis nicht einsetzbare Systeme. Speziell in der RoboterMontage werden kurze Verarbeitungszeiten, hohe Flexibilität und Robustheit gegenüber Störungen aus der Umgebung gefordert. Für die Akzeptanz in der Industrie sind insbesondere nicht zu hohe Investitions- und Betriebskosten wichtig.

Die Komplexität einer Szene läßt sich mit Hilfe verschiedener Randbedingungen festlegen. Ist die Szene künstlich oder natürlich, ist sie dreidimensional oder zweidimensional, haben die Objekte planare oder gekrümmte Oberflächen, sind die Objekte vereinzelt oder überlappen sie, ist das zugrundeliegende Modell allgemein oder spezifisch, können die Meßbedingungen gesteuert werden oder nicht? Im Bereich der RoboterMontage (Maschinensehen) existieren Randbedingungen, die es ermöglichen, den Aufwand für die 3D-Szenenerfassung und Interpretation zu reduzieren: Die zu erfassenden Objekte entstammen einer Menge von a priori bekannten Referenzobjekten (spezifisches Modell); Gesucht ist die Lage (Position und Orientierung bezüglich einer Referenzlage) und die Identität der erfaßten Objekte (spezifisches Modell); Die Szene ist künstlich; Die Objekte haben oft planare Oberflächen; Die Meßbedingungen (Beleuchtung, Position des Sensors) können gesteuert werden. Die in der Szene enthaltenen Objekte können prinzipiell durch Oberflächenpunkte, Raumkurven (z.B. Kanten) und Flächen repräsentiert werden. Auf Grund der hohen Aussagekraft und kompakten Darstellung der Flächeninformation arbeiten die Verfahren für die 3D-Szeneninterpretation jedoch überwiegend flächenorientiert. Die für die Szenenerfassung existierenden Verfahren weisen mindestens einen der folgenden Nachteile auf:

Das Meßverfahren erfaßt die Oberflächenpunkte oder die Kanten der Szenenobjekte, die Flächeninformation muß aufwendig aus diesen Daten extrahiert werden bzw. das Verfahren nutzt die im Bereich Maschinensehen vereinfachenden Randbedingungen nicht aus. Die resultierenden Systeme sind deshalb unnötig aufwendig. Die vorliegende Arbeit berücksichtigt die speziell in der Robotik gegebenen vereinfachenden Randbedingungen und die wichtige Kopplung zur Szeneninterpretation. Es werden neue Ansätze für die 3D-Szenenerfassung und die sich daraus ergebenden Perspektiven für die 3D-Szeneninterpretation vorgestellt. Dabei wird besonderer Wert auf eine einfache und modulare Realisierung gelegt. Es werden keine speziellen technischen Geräte für den Meßaufbau oder die Verarbeitung benötigt. Das neu vorgestellte Verfahren wird mit verschiedenen bekannten Methoden der digitalen Bildverarbeitung zu einem Gesamtsystem kombiniert und kann so auf einfache Weise an spezielle Aufgabenstellungen und Umgebungen angepaßt werden.



Dreidimensionales Maschinensehen durch aktive Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturierter Beleuchtung

In vielen Fällen ist eine eindeutige Interpretation einer Szene mit einer einzigen Sensorlage unmöglich. Daher ist die Erfassung und Auswertung mehrerer Szenenausschnitte aus verschiedenen Sensorlagen zwingend erforderlich. Für diese Fälle werden Entscheidungsgrundlagen geschaffen, die eine Festlegung der zur eindeutigen Interpretation erforderlichen Sensorlagen (Kameraposition und -orientierung) ermöglichen. Die Entscheidung, ob und wie die Erfassung weiterer Szenenausschnitte

durchzuführen ist, wird dabei weitgehend szenenorientiert und auf dem hohen Niveau der Objekt- und Szeneninterpretation getroffen.

- /95.Mü/ Müller, M.; *"Three-Dimensional Object Perception for Automated Assembly by Structured Light Method using Cone Sections"*, Proc. of the 3rd IFAC/IFIP/IFORS Workshop "Intelligent Manufacturing Systems IMS 95", Bucharest, Romania, Oct. 24-26, 1995, Vol. I, pp. 209-214
- /96.Mü-No/ Müller, M.; Nour Eldin, H.A.; *"Extraction of 3-D Planar Surface of a priori known Objects with Structured Light using Cone Section"*, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 61-66
- /97.Mü/ Müller, M.; *Ein Konzept für dreidimensionales Maschinensehen durch aktive flächenbasierte Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturierte Beleuchtung*, Dissertation, BUGH Wuppertal, April 1997; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 10, Nr. 507, 1997
- /97.Mü-No/ Müller, M.; Nour Eldin, H.A.; *Three-dimensional Object Perception by the Structured Light Method using Cone Sections: A Face Oriented Approach*, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. V, pp. 325-330

Dr.-Ing. Hongjun Pu

Novel Algorithms Towards Systematic, Generalised And Compact Recursive Generation And Computation Of The Complete Robot Dynamics With Realisation Aspects In CAD-Systems

Referent: Univ.-Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Dipl.-Ing. H. Tolle

Tag der mündlichen Prüfung: 25.06.1997 in Wuppertal

Roboter werden in zunehmendem Maße für die industrielle Produktionsautomatisierung eingesetzt. Da die Roboterdynamik eine wichtige Rolle in den verschiedenen Phasen der Roboteranwendung spielt, gewinnt deren Modellierung zunehmend an Aktualität. Bei Industrierobotern mit einer größeren Anzahl von Freiheitsgraden ist die Aufstellung der Dynamikgleichungen praktisch nur rechnergestützt durchführbar. Der heutige Stand der Technik ist der, daß prinzipiell nur für Teilziele, wie inverse oder direkte Dynamik, Inertialmatrix usw., rekursive Algorithmen eingesetzt werden. Für die Gesamtheit der Aufgaben müssen solche Algorithmen zusammengesetzt werden. Dies führt aber nicht automatisch zu einer optimalen Gesamtlösung.

Die vorliegende Dissertation befaßt sich mit der systematischen Darstellung und rekursiven Erstellung der Roboterdynamik sowie deren Realisierung als CAD-Systemkern. In Kapitel 1 werden die Strukturbeschreibung des Roboters, die Roboterkinematik sowie gängige Methoden für die inverse Roboterdynamik kurz diskutiert. Im zweiten Kapitel wird ein neues Verfahren für die numerische Berechnung sowie für die symbolische Erstellung der inversen Roboterdynamik vorgestellt. Der PPO ("Physical Parallel One-Directional")-Algorithmus berechnet die Antriebskräfte bzw. -momente in den physikalisch unterschiedlichen Komponenten (Inertial-, Zentrifugal-, Coriolis- sowie Gravitationskomponente).

Im Gegensatz zur bekannten Vorwärts- und Rückwärts-Durchführung der Newton-Euler-Rekursion werden drei voneinander unabhängige Rekursionen entwickelt, die nur in einer Richtung (vorwärts oder rückwärts) durchgeführt werden können. Dies führt zu einer besser strukturierten Berechnung, die auch wesentlich mehr Flexibilität für eine mögliche verteilte Berechnung bietet. In Kapitel 3 wird eine kompakte Methode zur integrierten Behandlung der direkten sowie der inversen Roboterdynamik vorgestellt, die die antriebsdynamischen Gleichungen und ihre strukturellen Anteile in separaten Rekursionen vollständig berechnet. Für die unterschiedlichen Aufgabenstellungen der

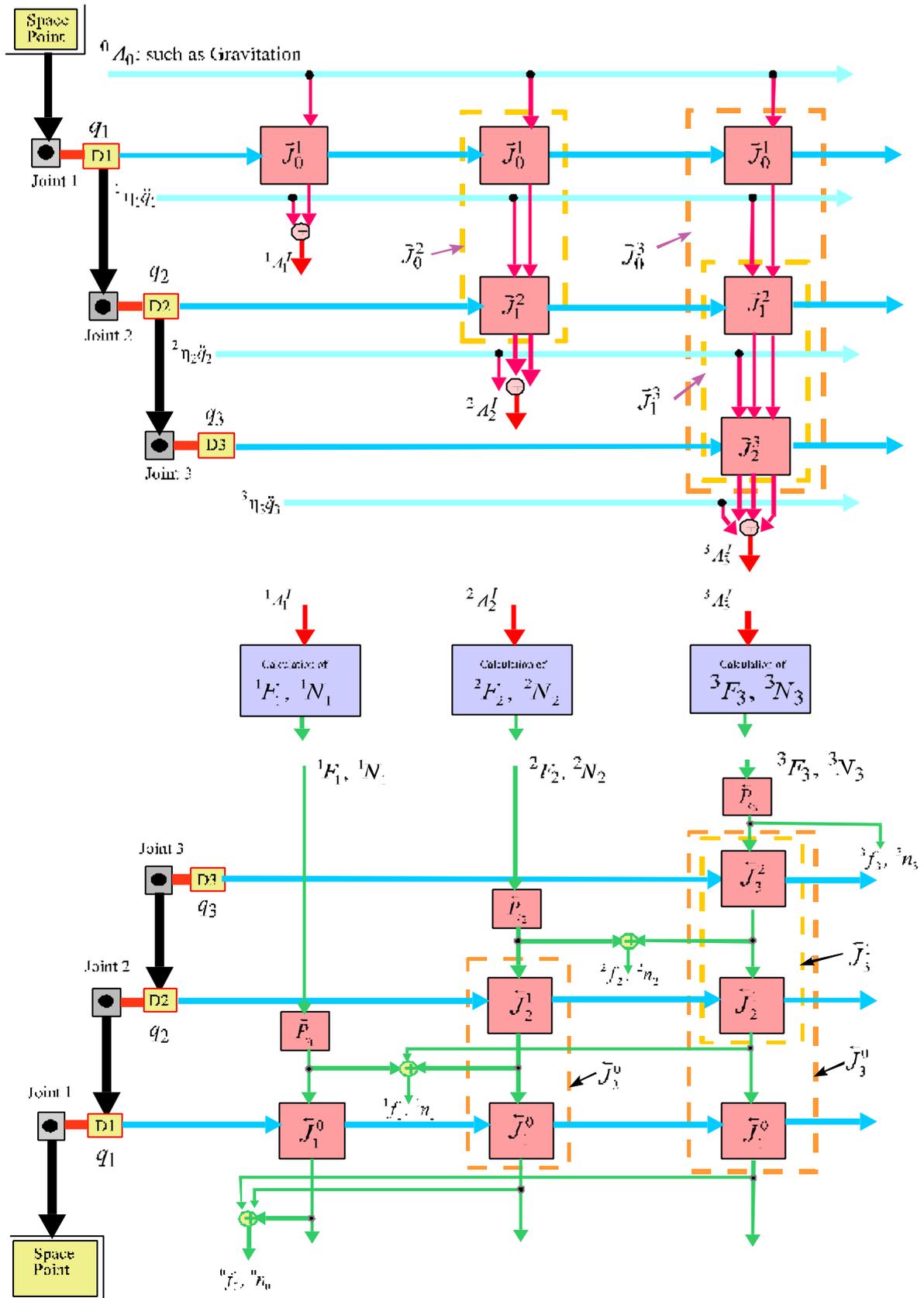
Roboterantriebsdynamik werden flexible und effektive, aus dem integrierten Algorithmus abgeleitete, symbolische sowie numerische Berechnungen bereitgestellt. In Kapitel 4 wird die vollständige Roboterdynamik (Antriebsdynamik, Lagerkräfte und -momente) für Roboter mit allgemeinem Antrieb (Gelenk mit bis zu sechs Freiheitsgraden) behandelt. Es wird gezeigt, daß für die Schub- oder Drehbewegungen die Kräfte und Momente einheitlich von einem Roboterglied zu anderen durch rekursiv erstellbare Übertragungsmatrizen transformiert werden.

Diese Übertragungsmatrizen werden aus den Jacobi-Matrizen der einzelnen Roboterglieder gebildet und in Form einer Jacobi-Kette zusammengestellt. Die so gebildete Jacobi-Kette ist für die Roboterdynamik sehr grundlegend und bietet interessante mathematische wie numerische Eigenschaften. Basierend auf diesen Jacobi-Ketten wurde ein rekursiver Algorithmus zur automatischen Erstellung der vollständigen Roboterdynamik (symbolisch wie numerisch) entwickelt. Die vollständige Roboterdynamik wird durch Vorwärtsrekursionen bestimmt. Die zur Zeit bekannten rekursiven Algorithmen der Roboterdynamik können als Spezialfall bzw. Variante aus dem neu entwickelten Verfahren abgeleitet werden.

$$\begin{aligned}
 M_{3,3} := & \frac{1}{2} T_{yk1} + T_{zk0} + \frac{1}{2} T_{xk1} + \frac{1}{4} T_{xk2} + \frac{1}{2} m_{k4} a_7^2 + \frac{1}{2} m_{k4} a_7^2 \%1 + \frac{1}{2} T_{zk2} + \frac{1}{4} T_{yk2} + \frac{1}{2} m_{k4} a_8 a_7 \cos(\%7) \\
 & + \frac{3}{4} m_{k4} a_9^2 + \frac{1}{4} m_{k4} a_9^2 \%1 + \frac{1}{2} m_{k4} a_7 a_9 \cos(\%8) + m_{k4} d_{k1}^2 - \frac{1}{2} m_{k4} d_{k3}^2 \%1 + m_{k2} d_{k1}^2 + m_{k2} a_7 z_{k2} \%9 \\
 & + \frac{3}{2} m_{k4} a_8 a_9 \cos(\theta_{k3}) + \frac{1}{4} m_{k4} a_8 a_9 \cos(\theta_{k3} - 2\theta_{k1}) - \frac{1}{2} m_{k4} a_9 d_{k4} \sin(\%5) + m_{k4} a_7 d_{k3} \%9 \\
 & + \frac{1}{2} m_{k4} a_9 d_{k3} \sin(\%8) + m_{k4} a_7 a_9 \cos(\theta_{k3} + \theta_{k2}) + \frac{1}{2} m_{k4} a_8 a_7 \cos(\%6) + m_{k4} a_8 a_7 \cos(\theta_{k2}) \\
 & + \frac{1}{2} m_{k4} d_{k3}^2 + 2 m_{k4} d_{k1} a_9 \sin(\theta_{k3} + \theta_{k2}) - \frac{1}{2} m_{k4} a_8 d_{k4} \sin(\%7) + m_{k2} a_7 x_{k2} \cos(\theta_{k2}) + m_{k4} a_7 d_{k4} \%9 \\
 & + \frac{3}{4} m_{k4} a_8^2 + \frac{1}{4} m_{k4} a_8^2 \%1 + \frac{1}{4} m_{k4} a_8 a_9 \cos(\theta_{k3} + 2\theta_{k1}) + m_{k4} d_{k3} d_{k4} + \frac{1}{2} m_{k4} a_8 d_{k3} \sin(\%6) \\
 & - \frac{1}{2} m_{k4} a_8 d_{k3} \sin(\%7) + 2 m_{k4} a_8 d_{k1} \sin(\theta_{k2}) - m_{k4} d_{k3} d_{k4} \%1 + 2 m_{k2} d_{k1} x_{k2} \sin(\theta_{k2}) \\
 & + \frac{1}{4} m_{k4} a_8 a_9 \cos(\theta_{k3} + 2\theta_{k2} + 2\theta_{k1}) + \frac{1}{2} m_{k2} z_{k2}^2 + \frac{1}{2} m_{k2} a_7^2 + \frac{3}{4} m_{k2} x_{k2}^2 - \frac{1}{2} m_{k2} x_{k2} z_{k2} \sin(\%7) \\
 & + \frac{1}{2} m_{k2} x_{k2} z_{k2} \sin(\%6) + \frac{1}{4} m_{k2} x_{k2}^2 \%1 - \frac{1}{2} m_{k2} z_{k2}^2 \%1 + \frac{1}{2} m_{k2} a_7^2 \%1 + \frac{1}{2} m_{k2} a_7 x_{k2} \cos(\%7) \\
 & + \frac{1}{2} m_{k2} a_7 x_{k2} \cos(\%6) + \frac{1}{2} m_{k3} a_7^2 + \frac{1}{2} m_{k4} d_{k4}^2 + m_{k1} d_{k1}^2 + m_{k0} y_{k0}^2 + \frac{1}{2} T_{yk1} \%1 - \frac{1}{2} T_{xk1} \%1 \\
 & - \frac{1}{4} m_{k2} x_{k2}^2 \%3 + \frac{1}{8} m_{k2} x_{k2}^2 \%4 + \frac{1}{8} m_{k2} x_{k2}^2 \%2 + m_{k3} d_{k3} a_7 \%9 + 2 m_{k1} d_{k1} z_{k1} + m_{k1} z_{k1}^2 \\
 & - \frac{1}{2} m_{k4} d_{k4}^2 \%1 + \frac{1}{2} m_{k4} a_7 a_9 \cos(\%5) - \frac{1}{8} T_{xk2} \%4 + \frac{1}{2} m_{k4} a_8 d_{k4} \sin(\%6) + \frac{3}{4} m_{k3} a_8^2 \\
 & + m_{k3} a_8 a_7 \cos(\theta_{k2}) + \frac{1}{2} m_{k4} a_9 d_{k4} \sin(\%8) + \frac{1}{2} m_{k3} a_8 a_7 \cos(\%7) + \frac{1}{4} m_{k4} a_8 a_9 \cos(\theta_{k3} + 2\theta_{k2} - 2\theta_{k1}) \\
 & - \frac{1}{2} m_{k4} a_8 a_9 \cos(\theta_{k3} + 2\theta_{k2}) - \frac{1}{4} m_{k4} a_9^2 \cos(2\theta_{k3} + 2\theta_{k2}) + \frac{1}{8} m_{k4} a_9^2 \cos(2\theta_{k3} + 2\theta_{k2} - 2\theta_{k1}) \\
 & - \frac{1}{4} m_{k4} a_8^2 \%3 + \frac{1}{4} T_{xk2} \%3 + \frac{1}{8} m_{k4} a_8^2 \%4 + \frac{1}{8} m_{k4} a_8^2 \%2 + \frac{1}{8} m_{k4} a_9^2 \cos(2\theta_{k3} + 2\theta_{k2} + 2\theta_{k1}) \\
 & + 2 m_{k3} a_8 d_{k1} \sin(\theta_{k2}) + \frac{1}{4} m_{k3} a_8^2 \%1 + m_{k3} d_{k1}^2 + \frac{1}{2} m_{k3} d_{k3}^2 - \frac{1}{2} m_{k3} d_{k3}^2 \%1 + \frac{1}{2} m_{k3} d_{k3} a_8 \sin(\%6) \\
 & - \frac{1}{2} m_{k3} d_{k3} a_8 \sin(\%7) - \frac{1}{8} T_{xk2} \%2 + \frac{1}{8} T_{yk2} \%4 - \frac{1}{4} T_{xk2} \%1 + \frac{1}{2} m_{k3} a_7^2 \%1 + \frac{1}{2} m_{k3} a_8 a_7 \cos(\%6) \\
 & - \frac{1}{2} m_{k4} a_9 d_{k3} \sin(\%5) - \frac{1}{4} m_{k3} a_8^2 \%3 + \frac{1}{8} m_{k3} a_8^2 \%2 + \frac{1}{8} m_{k3} a_8^2 \%4 - \frac{1}{4} T_{yk2} \%1 - \frac{1}{4} T_{yk2} \%3 \\
 & + \frac{1}{8} T_{yk2} \%2 + \frac{1}{2} T_{zk2} \%1
 \end{aligned}$$

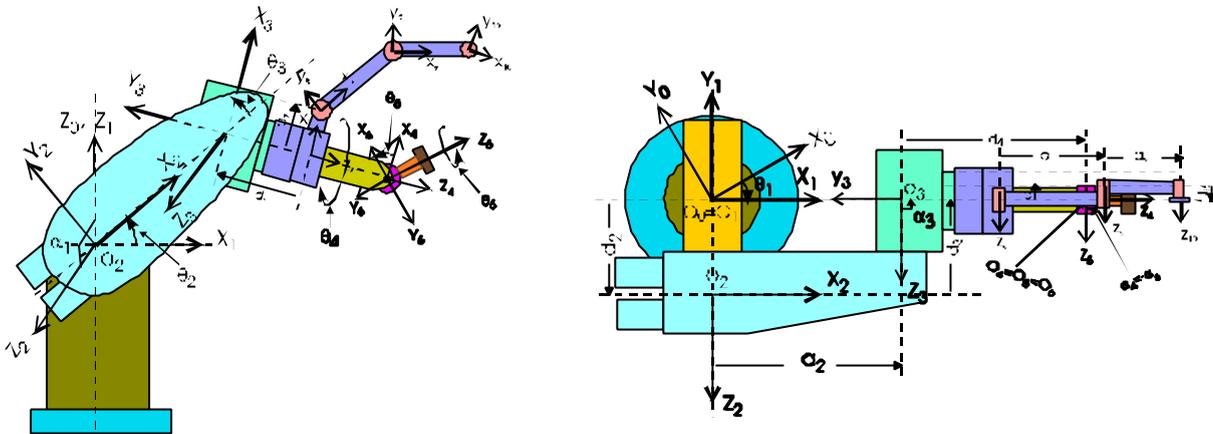
$$\begin{aligned}
 \%1 & := \cos(2\theta_{k1}) & \%6 & := -2\theta_{k1} + \theta_{k2} \\
 \%2 & := \cos(2\theta_{k2} + 2\theta_{k1}) & \%7 & := -2\theta_{k1} + \theta_{k2} \\
 \%3 & := \cos(2\theta_{k2}) & \%8 & := \theta_{k3} + \theta_{k2} + 2\theta_{k1} \\
 \%4 & := \cos(2\theta_{k2} - 2\theta_{k1}) & \%9 & := \sin(2\theta_{k1}) \\
 \%5 & := -2\theta_{k1} + \theta_{k3} + \theta_{k2}
 \end{aligned}$$

Symbolische Berechnung (Maple) der Trägheitsmatrix für den Kameraarm

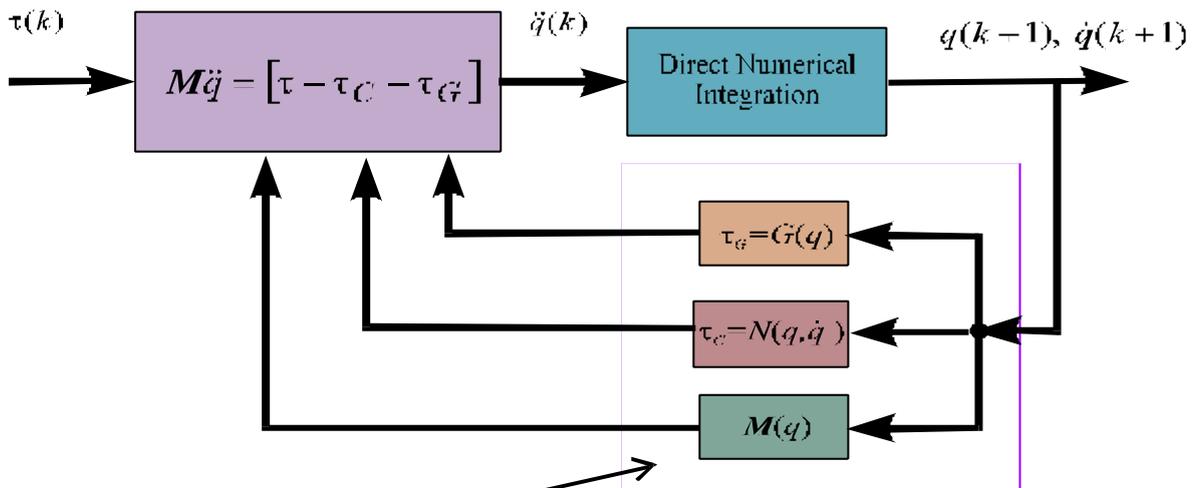


Berechnung von Kräften, Drehmomenten und Beschleunigungen

Die in den Kapiteln 1-4 dargestellten Verfahren sind als CAD-Systemkern realisiert. In Kapitel 5 werden Funktionen und Einsatz dieses CAD-Systemkerns anhand eines baumartigen Robotersystems (Roboter mit 6 Drehachsen und zusätzlichem Kameraarm mit 4 Achsen) erläutert. Kapitel 6 umfaßt Zusammenfassung und Ausblick.



Koordinatensysteme für den Roboter Manutec R2 mit Kameraarm



Inverse Dynamics

Simulation der Roboterdynamik, basierend auf Struktur- und Geometriedaten des Roboters

/93.No-Ab-Pu-Mü-Aw-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Abdalla, A.; Pu, H.; Müller, M.; Awad, A.; Abdel-Latif, L.; "A Novel Recursive Newton-Euler Algorithm for Modelling and Computation of Robot Dynamics", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. II, pp. 200-208

/93.No-Pu-Ab-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Abdalla, A.; Abdel-Latif, L.; "A Physically Parallel One-Directional Recursion (PPO-Recursion) for Robot Inverse Dynamics", Proc. of the International IEEE/SMC Conference on "Systems, Man and Cybernetics", Le Touquet, France, October 17-20, 1993, Vol. 2, pp. 112-117

/93.No-Pu-Ab-Mü/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Abdalla, A.; Müller, M.; "Parallel Computation of the Manipulator Inertia Matrix through One-Directional Recursion in the Newton-Euler Formulation", VDE-Fachtagung

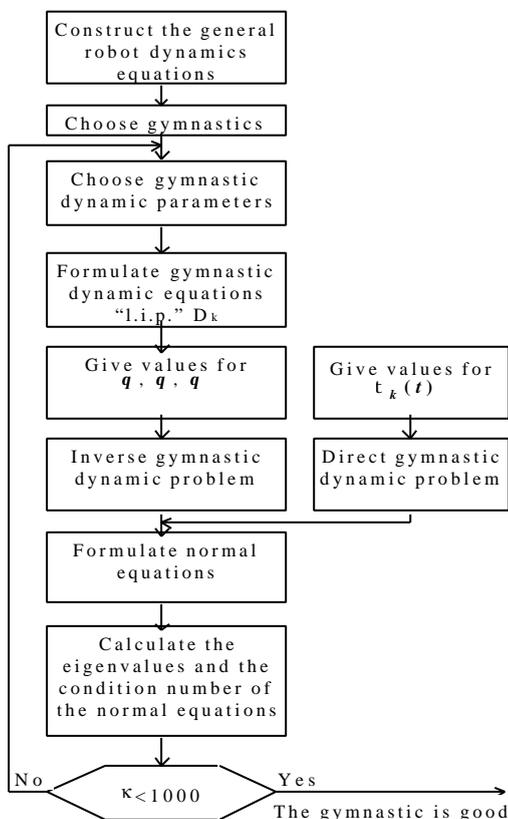
- "Intelligente Steuerung und Regelung von Robotern", Langen, Germany, Nov. 9-10, 1993, VDI-Berichte 1094, pp. 231-240
- /94.No-Pu-Mü-Ab-Ab-Ba/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Müller, M.; Abdalla, A.; Abdel-Latif, L.; Bakr, M.; *"Parallel Computation of the Inertia Matrix of a Tree-Type Robot using One-Directional Recursion of Newton-Euler Formulation"*, Proc. of the 1st Mathmod Conference, Technical University of Vienna, Austria, Feb. 2-4, 1994, Vol. 4, pp. 626-629; also published in the Journal of Intelligent & Robotic Systems, Vol. 15, No. 1, Jan. 1996, pp. 33-39
- /94.No-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; *"A Novel Parallel Forward Newton-Euler Algorithm for Computing the Robot Inverse Dynamics"*, Proc. of the 3rd International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision ICARCV'94, Singapore, Nov. 8-11, 1994, pp. 977-981
- /96.No-Na-Mü-Pu-An-Ig-Pe/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Müller, M.; Pu, H.; Ananiev, A.; Ignatova, D.; Petrov, E.; *"Lightweight Robot Arm-Camera for Interaction with Robot Assembly"*, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 54-57
- /96.Pu-No/ Pu, H.; Nour Eldin, H.A.; *"One Directional Recursion for Complete Robot Dynamics Using Geometric Transfer Matrices"*, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 145-150
- /96.No-Ha-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; *"Quaternion and Hypercomplex Formulation for Robot Kinematics"*, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 151-156
- /97.Pu/ Pu, H.; *Novel Algorithms towards Systematic, Generalized and Compact Recursive Generation and Computation of the Complete Robot Dynamics with Realisation Aspects in CAD-Systems*, Dissertation, BUGH Wuppertal, June 1997; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 8, Nr. 687, 1998
- /97-1.No-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; *Some Experiments of Parallel Computation of Robot Dynamics in Transputer Networks*, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. V, pp. 361-366
- /97-2.No-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; *Symbolic Compilation of Robot Dynamic Equations*, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. II, pp. 715-720
- /98-1.No-Ha-Pu-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; Pautzke, F.; *Quaternionic Recursions for the Positions, Velocities and Accelerations of a Revolute-Joint-Robot*, 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998
- /98-2.No-Ha-Pu-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; Pautzke, F.; *Generalized Quaternionic Recursions for Positions, Velocities and Accelerations of Robot Links*, Proc. of the 9th SYMPOSIUM of the International Federation of Automatic Control on INFORMATION CONTROL in Manufacturing systems, Nancy, France, June 24-26, 1998, Vol. 2, pp. 325-330

II.2b Aktuelle Projekte

Dipl.-Ing. N. Abdulazim

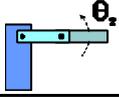
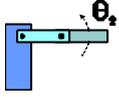
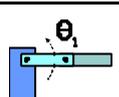
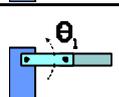
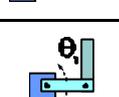
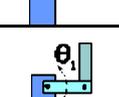
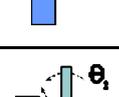
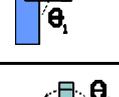
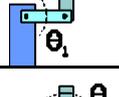
Robotergymnastik zur Parameteridentifikation

Die Roboterparameter lassen sich einerseits physikalisch in verschiedene Kategorien einteilen, andererseits kommen bei verschiedenen Anwendungsfällen unterschiedliche Parametersätze im Robotermodell vor. Die Parameter der Roboterantriebsdynamik z.B. sind physikalisch nicht direkt an ein Glied gebunden, sondern aus verschiedenen Beiträgen anderer Roboterglieder zusammengesetzt. Außerdem reichen die Parameter der Roboterantriebsdynamik nur zur Regelung bzw. zur Simulation der Roboterantriebsdynamik selbst aus. Für andere Aufgaben, wie Inverse Dynamik, Bewegung von Gliederschwerpunkten, Bahn- und Trajektorienplanung usw. müssen zusätzlich die physikalisch lokalen Gliederparameter identifiziert werden. Diese physikalischen Parameter könnten für sämtliche Roboterarbeiten (Regelung, Inverse Dynamik usw.) eingesetzt werden. Derzeit stößt ihre Identifikation aber auf das Neuauftreten des Parameteridentifizierbarkeitsproblems, so daß die Bereitstellung von persistenten Testanregungen zur Parameteridentifikation erschwert wird. Die Einschränkung auf eine einzige Roboterantriebsgleichung trägt wesentlich dazu bei. Die Zielsetzung des Projektes erkennt die äußerst wichtige Rolle der Roboteranregung für die Roboterparameteridentifikation, insbesondere, wenn zugleich verschiedene konfigurationsabhängige Robotermodelle gezielt aufgestellt werden. Die Zielsetzung ist es, die Roboterparameteridentifikation durch eine gesamtheitliche Bestimmung der Konfigurationen, Bahnen und Trajektorien der Roboteranregung zusammen mit den entsprechenden Newton-Euler gliederrekursiven Roboterparametern durchzuführen.



Algorithmus

Die Robotergeometrieparameter sowie die die Aktuatorparameter werden als a priori bekannt angenommen und zur Parameteridentifikation eingesetzt. Konfigurations- und Dynamikgymnastiken werden aufgestellt und so geschickt ausgewählt, daß die resultierende Gymnastikgleichung für die auftretenden Roboterparameter in hohem Maße identifikationsgeeignet ist. Für jede Gymnastikgleichung wird die Roboteranregung speziell ausgewählt. Sowohl heuristische Methoden zur Festlegung der Roboterkonfiguration bzw. Roboterbahn, als auch speziell optimierte Trajektorien werden vorgeschlagen. Die Parameteridentifikation wird durch nichtlineare Programmierung durchgeführt, wobei die Abweichung zwischen direkt gemessenen und den durch Inverse Dynamik neu geschätzten Robotergrößen, insbesondere Antriebsleistungen, Bahnen und Trajektorien, minimiert wird. Die Qualität der Parameteridentifikation wird an speziell ausgewählten Testbewegungen getestet.

	R R	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇
	G1 $\kappa_2 = 3.203$	×	×	×				
	G2 $\kappa_1 = 23.582$	×		×				
	G3 $\kappa_2 = 56.628$	×	×			×	×	
	G4	×				×		
	G5 $\kappa_2 = 1634.899$	×	×	×	×			
	G6 $\kappa_1 = 121.199$	×		×				
	G7 $\kappa_1 = 4.392$	×		×				
	G8 $\kappa_2 = 3.085$	×	×	×				×
	G8* $\kappa_2 = 223.093$	×	×	×	×			

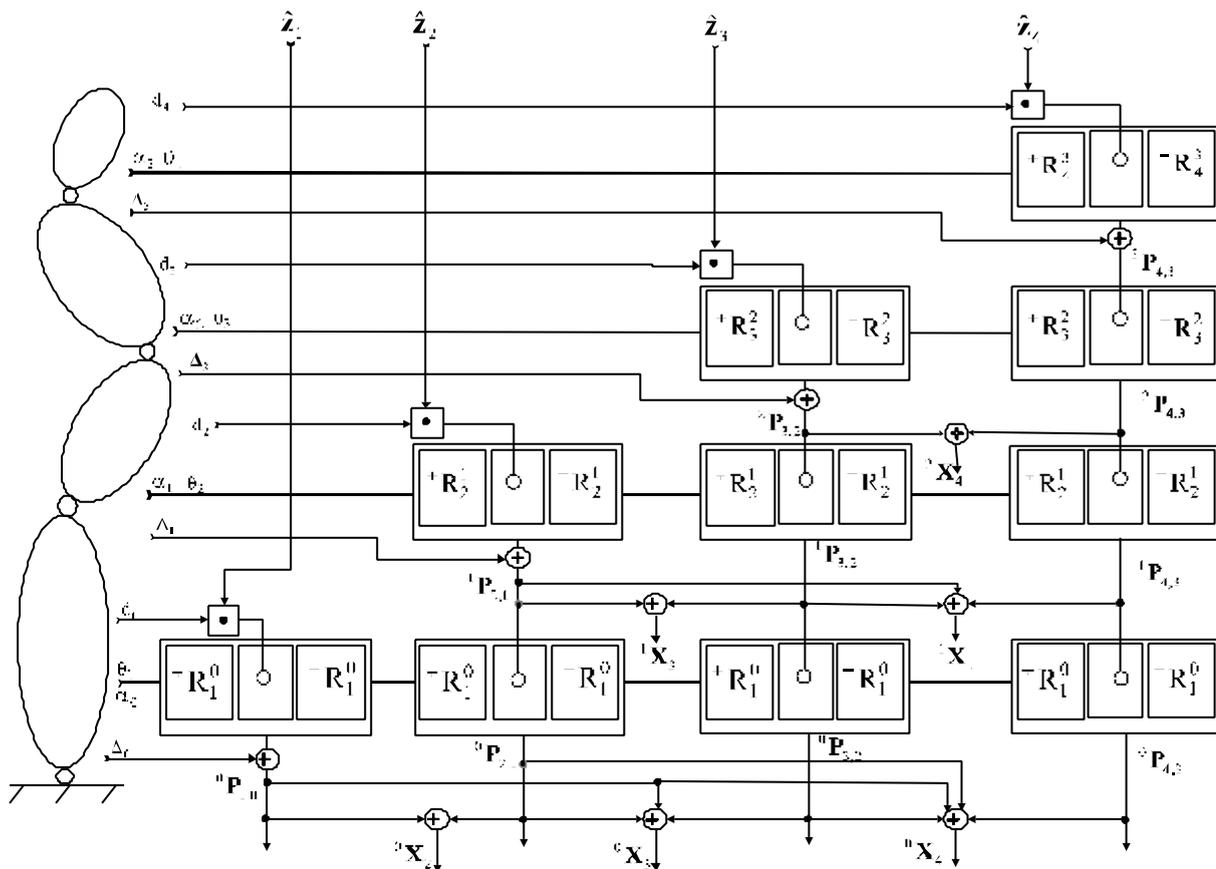
List of gymnastics for R||R with the corresponding dynamic gymnastic parameters

- /98-1.No-Ab-Pu-Gr-Za/ Nour Eldin, H.A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Grancharova, A.; Zaprianov, J.; *The l.i.p. Gymnastic Method for Link Parameter Identification for Robot Type (Manutec R2)*, Proc. of the MOSIS98 Conference, Svaty Hostyn, Czech Republic, May 5-7, 1998, Vol. 3, pp. 247-254
- /98-2.No-Ab-Pu-Gr-Za/ Nour Eldin, H.A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Grancharova, A.; Zaprianov, J.; *Planar robot-gymnastics for parameter identification*, Proc. of the 9th SYMPOSIUM of the International Federation of Automatic Control on INformation Control in Manufacturing systems, Nancy, France, June 24-26, 1998, Vol. 2, pp. 363-368
- /99-1.No-Gr-Ab-Pu-Za/ Nour Eldin, H.A.; Grancharova, A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Zaprianov, J.; *“The l.i.p. Gymnastic Method with Two Arm Movements for the Robot Link Parameter Identification (Robot Type, Manutec R2)”*, Proc. of the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation CIMCA 99, Vienna, Austria, February 17-19, 1999, pp. 255-261
- /99-2.No-Gr-Ab-Pu-Za/ Nour Eldin, H.A.; Grancharova, A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Zaprianov, J.; *“Application of the l.i.p. Gymnastic Method to Parameter Identification of Planar Revolute Robot Type in the Presence of Torque Measurement Noise”*, Prof. of the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation CIMCA 99, Vienna, Austria, February 17-19, 1999, pp. 262-268

M.sc.Eng. O. Hachicho

Roboterdynamik mit Raumhyperkomplexen und Quaternionen

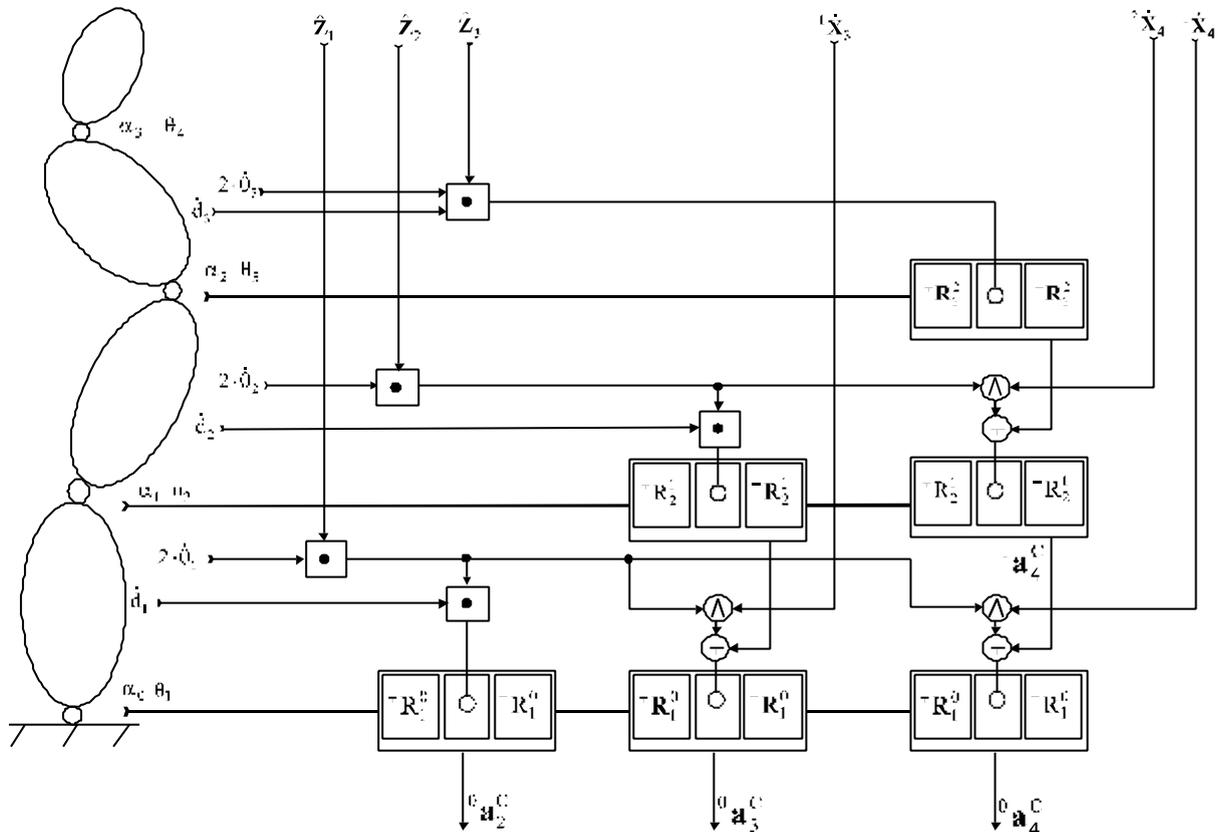
Die Forschung auf dem Gebiet der Robotik hat sich in den letzten Jahren neben der Bahnregelung in Richtung Bahnplanung (einschließlich Kollisionsvermeidung) von kooperativen Robotern mit redundanten Freiheitsgraden verschoben. Die Zielsetzung hin zu kooperativen Fertigungsrobotern, Hilfs- oder Servicerobotern ist vorgezeichnet. Dazu stehen preisgünstige und bewährte Hardware sowie hochentwickelte Numerik zur Lösung roboterspezifischer Aufgaben in der Kinematik, Direkten bzw. Inversen Dynamik insbesondere für determinierte Systeme (d.h. ohne verbleibende Freiheitsgrade) zur Verfügung. Hingegen wirkt sich bei kooperierenden Robotern mit redundanten Freiheitsgraden der direkte Einsatz der Numerik auf den Handlungsspielraum von kooperativen Robotern sehr restriktiv aus. Die Ausnutzung vorhandener Freiheitsgrade erfordert die Charakterisierung und Parametrisierung des Lösungsraums. Diese Charakterisierung und Parametrisierung redundanter Konfigurations- und Bewegungsmöglichkeiten erfordert eine grundlegende analytische, insbesondere gruppentheoretische Behandlung. Die Einbeziehung algebraischer Eigenschaften in die Bahnbestimmung kann durch algebraische Inferenz vollzogen werden. In dieser Konzeption kann die Forschung auf dem Gebiet der kooperativen bzw. autonomen Roboter einen algebraisch definierbaren Sinn erhalten.



Rekursion für Positionen

Unter den gruppentheoretischen Methoden, die zum Einsatz in der Robotik vorliegen, zeichnen sich die Quaternionen, und Raumhyperkomplexe, durch ihre algebraische Struktur als Schiefkörper aus, so daß Orientierungsrichtungen von Raumkurven, Drehungen und entsprechende physikalische Größen (Position, Winkelgeschwindigkeit, Kraft, Moment, Leistung, Energie) durch Hyperkomplexe

und Quaternionen algebraisch darstellbar sind. Das Ziel dieses Projektes konzentriert sich deshalb auf den Einsatz von gruppentheoretischen bzw. differentialgeometrischen Methoden auf der Basis von Raumhyperkomplexen und der Divisionsalgebra der Quaternionen zur Beschreibung, rekursiven Aufstellung und Berechnung der Roboter-Kinematik, Kinetik, Dynamik und Bahnplanung für autonom kooperierende Roboter.



Rekursion für Coriolis Beschleunigungen

In der Direkten bzw. Inversen Kinematik werden Roboter mit Baumstrukturen durch Positionshyperkomplexe und Drehquaternionen dargestellt, um die Lösungsvarianten durch Charakterisierung und Parametrisierung der verbleibenden Freiheitsgrade zu bestimmen bzw. algebraisch zu inferieren. Die Kinetik und die rekursive Aufstellung der vollständigen Roboterdynamik wird ebenfalls durch Raumhyperkomplexe und Drehquaternionen erstellt.

/96.No-Ha-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; "Quaternion and Hypercomplex Formulation for Robot Kinematics", Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 151-156

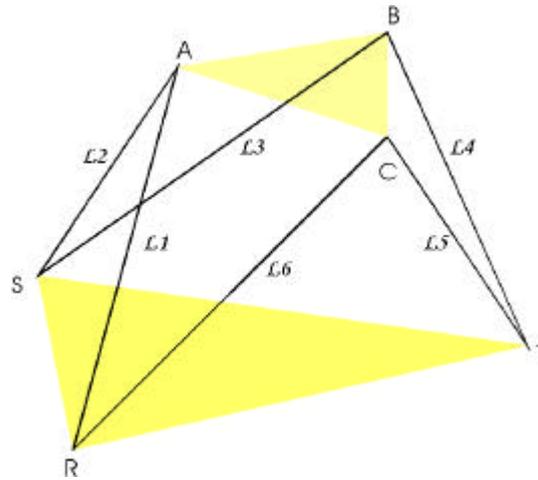
/98-1.No-Ha-Pu-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; Pautzke, F.; Quaternionic Recursions for the Positions, Velocities and Accelerations of a Revolute-Joint-Robot, 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998

/98-2.No-Ha-Pu-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; Pautzke, F.; Generalized Quaternionic Recursions for Positions, Velocities and Accelerations of Robot Links, Proc. of the 9th SYMPOSIUM of the International Federation of Automatic Control on INFORMATION CONTROL in Manufacturing systems, Nancy, France, June 24-26, 1998, Vol. 2, pp. 325-330

M.sc.Eng. K.F. Dilaver

Roboterdynamik für parallele bzw. kooperierende Roboter

Basierend auf der Dissertation von Dr.-Ing. H. Pu wird die Kinematik und die Dynamik von Robotern für die Stewart-Plattform formuliert. Zunächst soll die Dynamik der reduzierten Stewart-Plattform (3-Glieder) rechnerisch und symbolisch durchgeführt werden. Darüber hinaus gilt es, für die Stewart-Plattform ein Bewegungskoordinatensystem zu entwickeln.

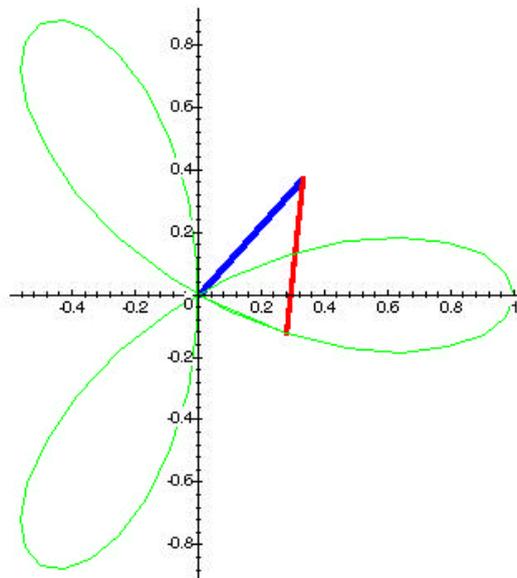


Dipl.-Ing A. Kandil

Direkte Bahnplanung in der Robotik

Bei der Roboterbahnplanung werden die möglichen Bahnen durch die Robotergeometrie und die zeitveränderlichen Größen der Roboterkinematik parametrisiert. So gelangt man zu einer parametrisierten Schar von Roboterbahnen, die einerseits die Vielfalt der möglichen Bahnen eines vorgegebenen Roboters anzeigen, andererseits die geeigneten Roboterstrukturparameter, mit denen sich eine vorgegebene Bahn realisieren lässt, festlegen.

Für synchronisierte Armbewegungen werden unterschiedliche Arten von Bahnen erzeugt. Für Planarroboter (ohne Redundanz) sind die Bahnen durch die Bogenlänge der geschlossenen Kurven, die Krümmung und die Fläche charakterisiert. Ihre Abhängigkeit von den verschiedenen Geschwindigkeitsverhältnissen der Roboterglieder wird untersucht.



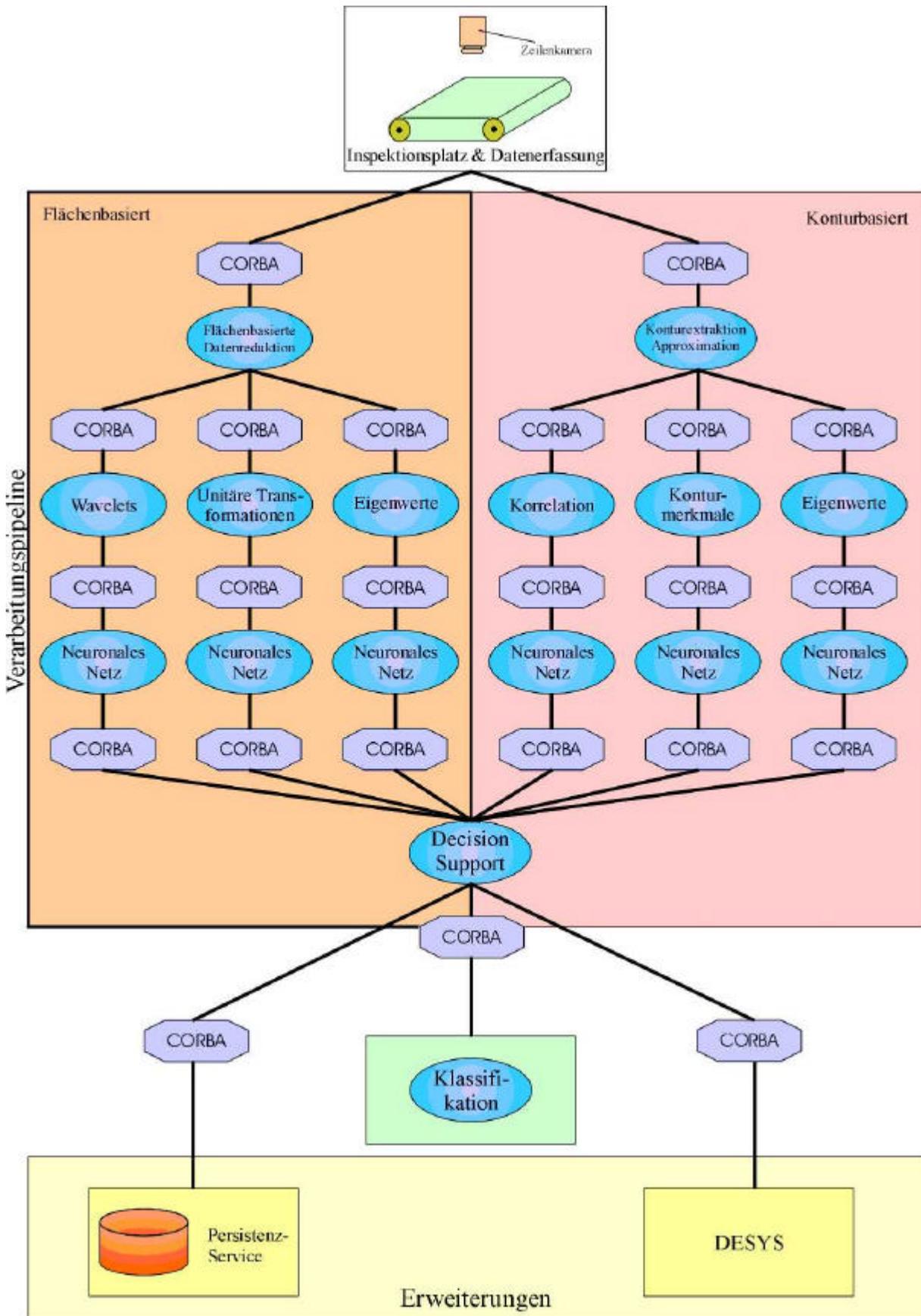
Dipl.-Ing. M. Hubert

Flexible automatische Fern-Sichtprüfung

Die Integration der automatischen Sichtprüfung technischer Objekte in den Produktionsprozeß ist ein wesentliches Element der industriellen Qualitäts- und Produktivitätssteigerung, das zunehmend an Bedeutung gewinnt. Gerade bei kontinuierlich (Textilien, Folien) beziehungsweise diskret (Stahl, gefräste Werkstücke) bewegten Texturen nimmt die Sichtprüfung eine zentrale Funktion für die Integration in den Produktions- bzw. Inspektionsprozeß ein. Dabei werden jedoch in bisherigen Sichtprüfungssystemen wichtige Aspekte wie Flexibilität in der Klassifikation und Nutzung bestehender Ressourcen wie Netzwerke wenn überhaupt, dann nicht genügend berücksichtigt. Dieses Projekt ist deshalb auf die Konzeption und Realisierung eines flexiblen und asynchronen Fern-Sichtprüfungssystem für bewegte Texturen gerichtet. Die konzeptionelle Ausrichtung auf eine asynchron arbeitende Fern-Sichtprüfung führt zur Harmonisierung und zugleich zur genauen Spezifizierung der Teilziele der Sichtprüfung. Nur das Fehlerereignis selbst und die dazu notwendige Beschreibung muß realzeitmäßig erfaßt und registriert werden. Dadurch werden hohe Anforderungen an die Fehlerdetektion gestellt. Hingegen entfällt die realzeitmäßige Kopplung zwischen Fehlerregistrierung und Klassifikation.

Pakete von registrierten Fehlerereignissen können zur weiteren Auswertung asynchron in das Fern-Sichtprüfungssystem übertragen werden. Zur Fehlerklassifikation können numerisch aufwendige Klassifikationsverfahren eingesetzt werden. Das Bild illustriert den schematischen Aufbau eines Fern-Sichtprüfungssystems. Eine mit einer Zeilenkamera erfaßte Fehlerszene einer bewegten Textur wird sowohl flächenbasiert als auch konturbasiert untersucht. Diese mehrgleisige Sichtprüfungsmethodik erhöht in großem Maße die Flexibilität des Sichtprüfungssystems, insofern, als daß alle möglichen Fehlertypen einer Textur korrekt erfaßt und ausgewertet werden können. Nachdem in der ersten Stufe zumeist eine Datenreduktion erfolgt, werden in beiden Fällen Merkmale extrahiert, wobei auch hier parallel verschiedene Methoden angewandt werden für jedes Verfahren der Merkmalsextraktion, was ebenfalls zu einer Flexibilitätssteigerung beiträgt. Im nachfolgenden Schritt erfolgt eine Fehlerdetektion mit Hilfe eines Neuronalen Netzes. Alle Neuronale Netze liefern ein Detektionsergebnis, welches anschließend im Decision Support Modul mit Hilfe von Fuzzy Logik ausgewertet wird und zu einem endgültigen Detektionsergebnis führt. Dieses Ergebnis kann zusammen mit den Fehlermerkmalen jedes Neuronalen Netzes einer weiteren Stufe zugeführt werden, die die eigentliche Klassifikation des jeweiligen Fehlertyps vornimmt. Diese Klassifikation erfolgt asynchron, da die Detektion eines Fehlers bereits vorher erfolgte. Hier können auch numerisch aufwendigere Verfahren als die beispielhaft genannten Neuronale Netze eingesetzt werden.

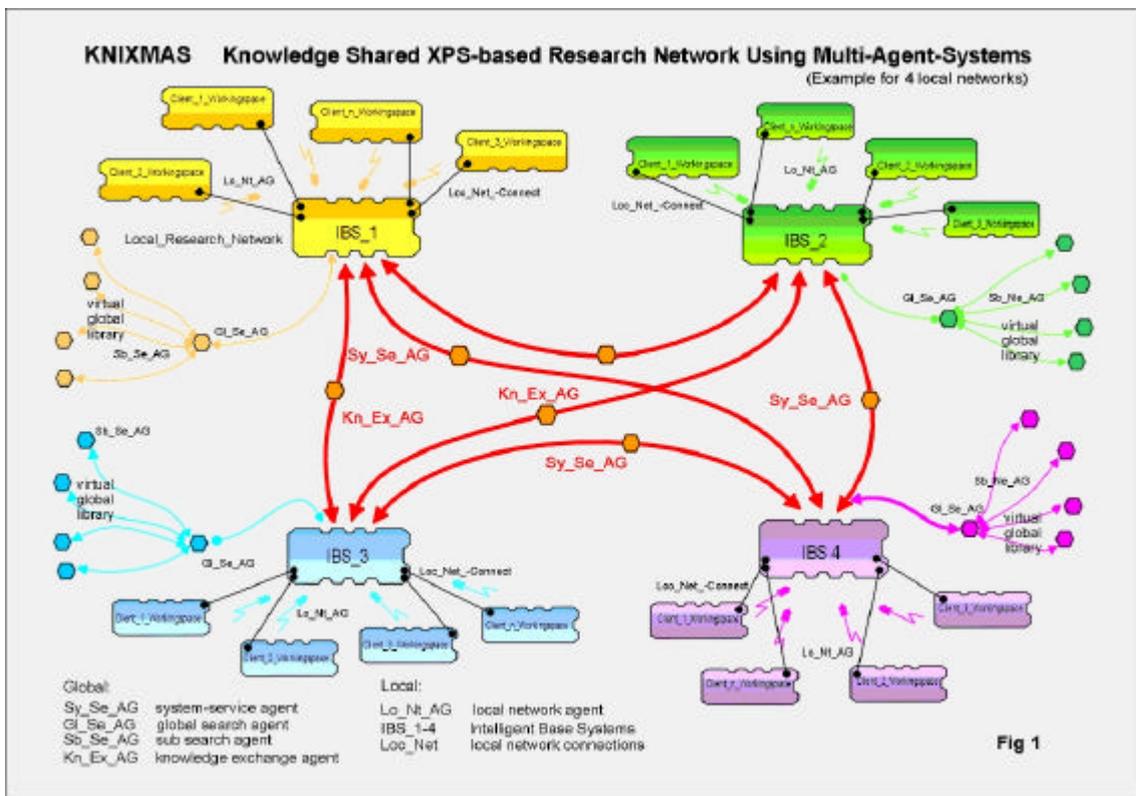
Die einzelnen Verarbeitungsstufen sind über die Middleware CORBA miteinander verknüpft, was die Erweiterbarkeit erleichtert, z.B. durch eine direkte Ankopplung der verteilten Expertensystemshell DESYS, einer Datenbank zur persistenten Speicherung von Detektionsergebnissen, Parametern, etc. oder auch durch das Hinzufügen anderer Mustererkennungsverfahren. Durch den Einsatz von CORBA wird die Skalierbarkeit erhöht, und die Ausführbarkeit auf verschiedenen gängigen Maschinen ist gegeben.



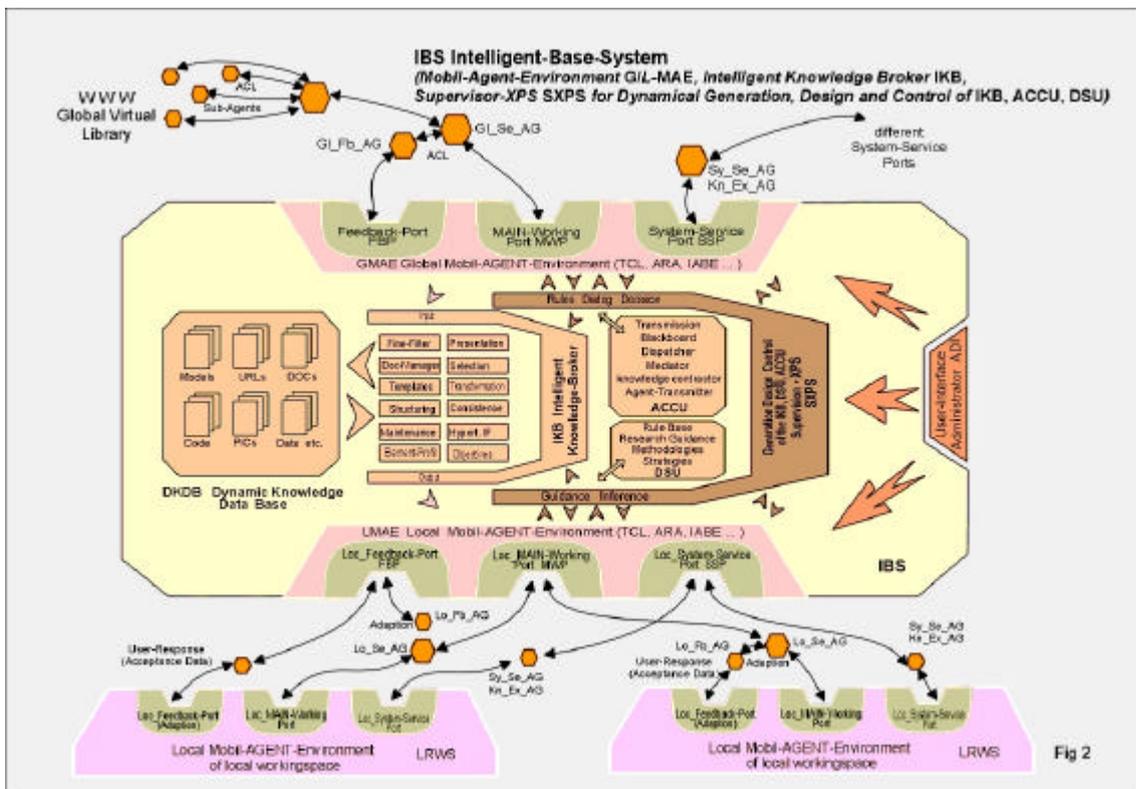
Verteiltes Inspektionssystem

INCO-Kopernikus EU Project

KNIXMAS (Knowledge Shared XPS-Based Research Network Using Multi-Agent Systems)



Structure of the system (1)



Structure of the system (2)

Due to the increasing demand of globally distributed information within complex research and development there is a need for intelligent self adapting global research and development networks, especially under GroupWare aspects. The main objective is to design and establish a framework (shell) for an intelligent global research network consisting of connected local (national) working and research networks. This framework will consist of distributed co-operating expert systems (Intelligent Base Systems) with decision support modules for research management and intelligent knowledge retrieval provided by applied multi-agent systems. For the prototype, the local research networks and workspaces will be realised as Intranets in 5 different European countries (Germany, Finland, Hungary, Poland, Bulgaria). The centre of each local network will be an intelligent base system conceived as expert system with co-operating and communication facilities via Internet/Intranet. The entire knowledge will be shared over the whole network and managed by Intelligent Knowledge Brokers.

The main characteristics of the research network are the following: The entire network is supplied with AI-components and methods. Modularity and flexibility will be guaranteed by structuring and designing the whole system in an object oriented way. Adaptiveness and flexible adjustment will be provided by reflecting and evaluating user response and acceptance data via complex feedback and influence loops. Developing this research network as a modular AI-system ensures a high degree of transferability and adjustment capabilities.

Using dynamic knowledge and databases together with digital repositories controlled by intelligent knowledge brokers guarantees inter- and exchange of specialised knowledge. For the intelligent knowledge retrieval, global and local standard multi-agent systems will be installed on heterogeneous platforms using CORBA standards. The benefit for the users will be the decision supported research management as well as an intelligent knowledge retrieval embedded in collaborative workspaces. In particular, the following achievements will be attained to the European user:

1. Enhancing efficient global/local group networking,
2. Shortening integration time of new individual research terms,
3. Flexible allocation and supervision of global research teams,
4. Flexible long term planning and research task scheduling,
5. Maintainability, continuity, tracing and documentation of global/local research teams.

The flexible modular structure of the framework gives the possibility to apply the system to other than technical or scientific areas. It will be universally applicable for several areas in industry and economies. At first, it is planned to process the knowledge of high-tech areas like control theory and communication techniques. In addition, several testing partners are involved to test the system in other than scientific areas (customising of SPP/(R/3) software, enterprise modelling, Tele teaching etc.).

The participating project partners are:

Univ.- Prof. Dr. sc.techn. H.A. Nour Eldin as project co-ordinator, Institute of Automatic Control and Technical Cybernetics, University of Wuppertal, Germany, (Intelligent Base System (IBS) realised as co-operating expert system)

Prof. Dr. sci. J. D. Zaprianov as scientific co-ordinator, Institute of Control and Systems Research, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, (Decision Support Unit as research management system, Dynamic Knowledge Data Base)

Prof. Dr. hab. A. Dziech, Telecommunication Department, AGH ,University of Mining and Metallurgy , Krakow, Poland, (GroupWare for collaborative researching, Mobile Agent Architectures, CORBA-Standards

Prof. Dr. Laszlo Kovacs, MTA SZTAKI, Computer and Automation Research Institute of the Hungarian Academy of Science, Hungary, (Searching and Filtering in the WWW, Mobile Agent Architectures)

Prof. Dr. Matti Hämäläinen, Espoo-Vantaa Institute of Technology, Espoo, Finland, (Intelligent Knowledge Broker, market mechanisms, Document Manager)

Prof. Dr.-Ing. J. Wassermann, Institute of Applied Science, FHD Stuttgart, Germany, (User interfaces, screen designs, communication models, multi media components)

TEMPUS EU Project

Modern Structure for Teaching and Higher Education (MSTE) in Signal Processing, Robotics and Communication

The European Commission certifies that the Joint European Project having as partners the following institutions: Kielce Technical University, Kielce (PL); Bergische Universität - Gesamthochschule Wuppertal, Wuppertal (D); Ecole Centrale de Lille, Lille (F); Academy of Mining and Metallurgy, Krakow (PL) is awarded a grant in the framework of the Tempus Programme (Scheme for cooperation and mobility in higher education between Central/Eastern Europe and the European Union). Tempus is funded from the European Union's overall Phare budget for assistance to the countries of Central and Eastern Europe. Acquisition, delivery and installation of equipment provided for the above-mentioned Central and Eastern European Institutions are part of the Project. Outcome Foreseen: New teaching specialisations and modern teaching laboratories - creation, updating.

Activities Carried Out: Creation and updating specialisations for diploma students: Communication Engineering and Communication Networks and Multidimensional Signal Processing in University AMM Cracow and TU of Kielce (especially Multidimensional Signal Processing); Creation of laboratories: Multidimensional Signal Processing – preparation of several algorithms; Creation of educational structure for new specialisations; Creation and updating of Digital Communication and Computer Communication Network laboratories, introducing new algorithms and exercises, installation of Computer facilities; Preparation of several algorithms for Computer Communication Networks and Signal Processing; Simulation of complex computer communication networks; Preparation of new laboratory: Digital Signal Processing; creation of algorithms for 1D and 2D discrete transforms (7 algorithms) and description of experiments in laboratories; Upgrading existing laboratories: Coding Systems, Electronic Systems; Training courses on image processing and compression.

The given outcome was achieved according to the Activity Plan for 1997/98. The subjects of Signal Processing laboratory and training courses associated with image compression algorithms and new algorithms on transform coding for image compression have been developed. The creation and upgrading teaching laboratories play very important role in achievement of Project objective. There is strict coherence with other outcomes, as establishing link between teaching laboratories , modern courses and upgrading of teaching level. Upgrading the teaching laboratories is associated with upgrading the proper lectures (e.g. on multidimensional signal processing, digital communication, communication networks).

II.2c Abgeschlossene Projekte

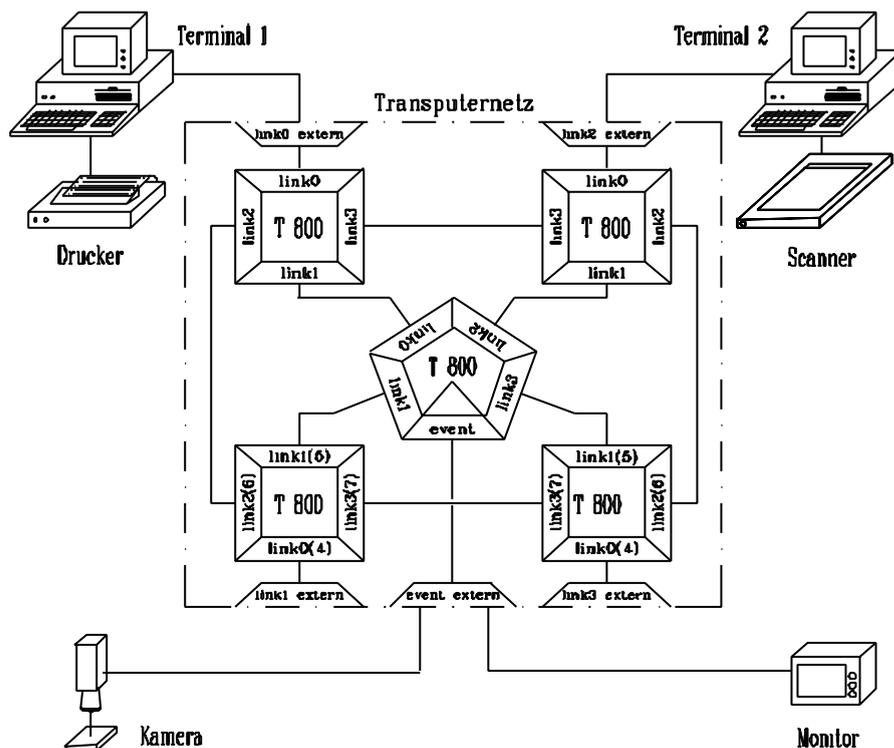
Dipl.-Ing. V. Heukeroth

Optimierung eines Konturverfolgers mit Transputern

Bei beliebiger Lage von Körper auf einem Meßtisch sollen einzelne Körperkanten separiert und bestimmte Parameter wie Kantenlängen, Kantenwinkel und -krümmungen in Hinblick auf eine Qualitätskontrolle ermittelt werden. Zur Untersuchung der Körperkanten ist hierzu zunächst das Konturbild zu bestimmen. Zusätzlich soll die Position und Lage der Körper im Objektraum ermittelt werden, um gegebenenfalls einem Handhabungsautomaten das gezielte Greifen zu ermöglichen.

Die Realisierung eines Konturverfolgers löst die gestellten Aufgaben umfassend. Schritthaltend mit der Konturverfolgung kann der Konturverlauf recht einfach kodiert werden, was für eine nachfolgende Kantenanalyse sehr sinnvoll ist. Das realisierte Verfahren bietet einen guten Ansatz für die Parallelisierung mit Transputern. Hierbei arbeiten die jeweiligen Prozessoren auf den ihnen zugeteilten Bildbereichen mit identischen Prozessen. Somit ist sichergestellt, daß die zur Zeit vorhandenen fünf Transputer beliebig ergänzt werden können und Datenkonsistenz, aufgrund der gemeinsamen Datenbasis, gewährleistet ist. Im Anschluß an die Kodierung wird eine Eckenerkennung in Einheit mit einer Kantenseparierung durchgeführt. Auch diese Prozesse werden parallel ausgeführt. Für die so separierten Kanten können jetzt alle Parameter bestimmt und gemeinsam mit ebenfalls ermittelten Flächen-, Lage- und Positionsparametern, im Hinblick auf eine Qualitätskontrolle sowie Steuerung eines Handhabungsautomaten, analysiert werden.

Der Vorteil der realisierten Verfahren ist eine deutliche Reduzierung der Auswertzeit, durch das weitgehende Vermeiden einer sequentiellen Bildverarbeitung, bei einer gleichzeitigen Parallelisierung mit Hilfe moderner Transputer. Der Einfluß der Eckenanzahl der analysierten Objekte auf die Auswertzeit ist dabei sehr gering. Ein Objekt mit 6 Ecken wird in ca. 150 ms analysiert, während die Rechenzeit für ein Objekt mit 80 Ecken nur ca. 240 ms beträgt.



Transputer-Netz zur Konturverfolgung

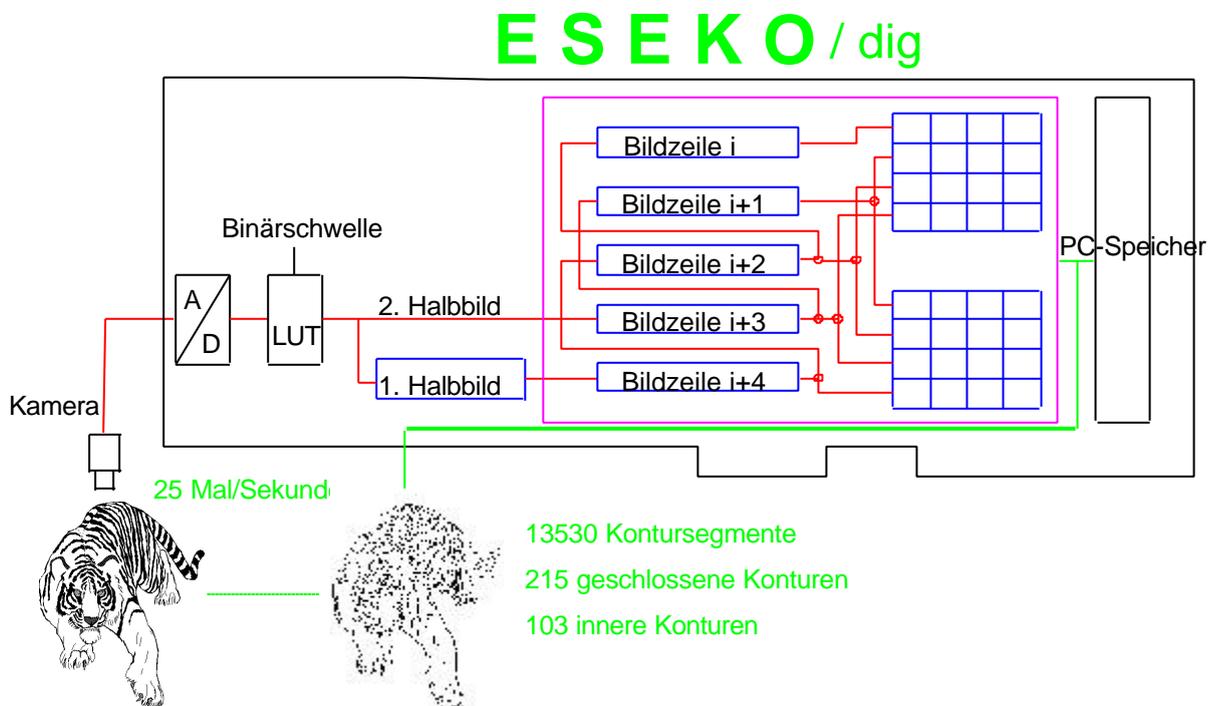
Dr.-Ing. A. Nabout

ESEKO: Einzelstruktureinheit zur Echtzeit-Konturextraktion

Für Anwendungen im Bereich der digitalen Bildverarbeitung wurden im Rahmen dieses Projektes spezielle Hard- und Software-Komponenten entwickelt. Hierbei handelt es sich um ESEKO und IMPPAS.

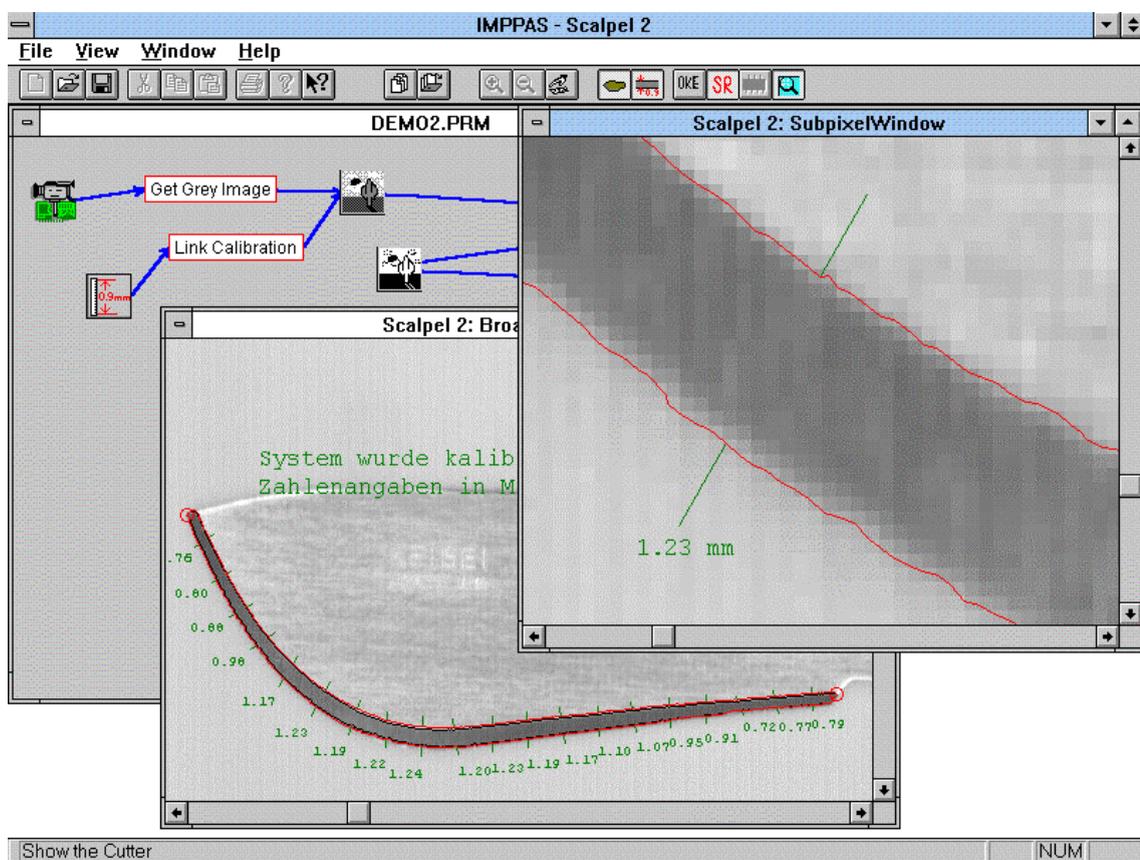
ESEKO (Einzelstruktureinheit zur Echtzeit-Konturextraktion) ist eine spezielle Bildverarbeitungshardware, die in Verbindung mit einer CCD-Matrixkamera, die Konturen von Objekten in Echtzeit (25 Bilder/Sekunde) extrahiert und dem Anwender zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellt. Die Konturextraktion beinhaltet die Bestimmung der Konturpunkte bzw. -kanten, die mathematisch durch Angabe von Koordinatenwerten bzw. in kodierter Form (z.B. Freeman-Code) dargestellt werden. ESEKO stellt das Ergebnis der Hardwarerealisierung eines in Deutschland patentierten Verfahrens (OKE-Verfahren) zur Konturextraktion dar. Die Hardware erlaubt die exakte und schnelle Extraktion der Konturen in Graubildaufnahmen und garantiert ihre Geschlossenheit.

In Verbindung mit der symbolbasierten Benutzeroberfläche IMPPAS (s. weiter unten) können komplette Anwendungen, wie Erkennung, Vermessung oder Zählung von Objekten, realisiert und Online ausgeführt werden. Bild 1 zeigt schematisch die interne Struktur von ESEKO dar. Neben ESEKO, die für den ISA-Bus die Konturen von digitalisierten Bildern in der Standardauflösung (512x512) ermittelt, existieren die Versionen ESEKO/dig, ESEKO/1024 und ESEKO/PCI. ESEKO/dig erfordert keinen zusätzlichen Frame Grabber, ESEKO/1024 und ESEKO/PCI arbeitet in ‚progressiv mode‘ und extrahiert die Konturen von Bildern mit sehr hoher Auflösung (1024x1024). Beide Hardwareversionen sind für den PCI-Bus konzipiert.



ESEKO: Einzelstruktureinheit zur Echtzeit-Konturextraktion

IMPPAS (*Image Processing and Pattern Recognition System*) ist ein symbolbasiertes Softwaretools zur Erstellung von Anwendungen im Bereich der automatischen Qualitätskontrolle (CAQ). Das Tool beinhaltet eine Vielzahl von Softwaremodulen, die in Form von Icons implementiert sind und entsprechend der Anwendung miteinander verbunden werden können. In Verbindung mit einem Kamerasystem und einem Frame Grabber können beispielsweise Objekte erkannt, vermessen oder gezählt werden. Um hohe Geschwindigkeiten zu erzielen, ist der Einsatz von ESEKO erforderlich. Mit ESEKO können Objekte Online während der Produktion auf ihre Qualität überprüft und entsprechend ausgewertet werden. Durch den Einsatz von Grauwertinterpolationen, die in IMPPAS als Module zur Verfügung stehen, können zudem sehr hohe Genauigkeiten erzielt, die sonst nur durch spezielle teure Hardware realisiert werden können. IMPPAS beinhaltet ebenfalls Module zur statistischen Auswertung und zur Archivierung von Ergebnissen. In Bild 2 sind die IMPPAS-Oberfläche sowie einige der Softwaremodule der Werkzeugleiste dargestellt.



IMPPAS: Image Processing and Pattern Recognition System

/96.Na/ Nabout, A.; „ESEKO: Einzelstruktureinheit zur Echtzeit-Konturextraktion“, Symposium „Aktuelle Entwicklungen und industrieller Einsatz der Bildverarbeitung“, Aachen, Germany, September 5-6, 1996, pp. 199-203

/98.No-Na/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; *Verfahren und Vorrichtung zur Extraktion der Konturen von Objekten*, Patentschrift DE 4135881 C2, published April 2, 1998

II.3 Mitarbeit in technischen und wissenschaftlichen Gremien

Von verschiedenen Industrieunternehmen wurden mehrere Mitarbeiterstellen in Schlüsseltechnologischen Forschungsbereichen finanziert und direkt (ABB, Siemens, Mannesmann) im Sinne des Technologietransfers zwischen Hochschule und Industrie vom BMFT (Bundesministerium für Forschung und Technik) gefördert. Darüber hinaus wurden von der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) mehrere Mitarbeiterstellen für Forschungsarbeiten in den Gebieten Leittechnik und Robotik zur Verfügung gestellt. Die DAAD förderte den Aufenthalt verschiedener Gastwissenschaftler. Es bestehen mehrere EU-Projekte (TEMPUS, KOPERNIKUS) die seitens der Fachgruppe koordiniert und organisiert werden.

Mit dem 'Institute of Control Systems and Systems Research' und dem 'Institute of Mechanics and Biomechanics, Department of Robotics' der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften in Sofia besteht, durch die gemeinsame Teilnahme an Konferenzen, gemeinsame Veröffentlichungen und gegenseitige Arbeitsbesuche, ein reger wissenschaftlicher Austausch. Insbesondere durch das vor etwa 20 Jahren initiierte gemeinsame Deutsch-Bulgarische Seminar mit dem von Prof. Dr. Jordan Zaprianov († 1999) geleiteten 'Institute of Control Systems and Systems Research' bestand in zweijährigem Rhythmus die Gelegenheit des gegenseitigen (wissenschaftlichen) Austausches mit den bulgarischen Seminarteilnehmern, begünstigt durch die Klausurform des Seminars und das kulturelle Rahmenprogramm.

Auch mit dem Institut von Prof. Dr. A. Dziech (AGH Krakau, zuvor TU Kielce, Polen) besteht eine langjährige Partnerschaft, gefördert durch die Aufenthalte polnischer Wissenschaftler in Deutschland, zahlreiche gemeinsame Veröffentlichungen und gemeinsame EU-Forschungsprojekte (TEMPUS, KNIXMAS). Die EU-Projekte verstärken die Kontakte der Fachgruppe mit dem skandinavischen Raum (Finnland, Schweden), sowie mit Ungarn und Frankreich. In der Fachgruppe arbeiten Wissenschaftler aus Ägypten, dadurch ergibt sich insbesondere zu den Universitäten Kairo, Helwan, Suez-Kanal und zur 'Egyptian Electricity Authority' ein langjähriger enger Kontakt.

Die Fachgruppe ist Mitglied des Instituts für Robotik der BUGH Wuppertal, dessen zweiter Vorsitzender Prof. Nour Eldin ist. Prof. Nour Eldin war offizieller Repräsentant der IFAC (International Federation of Automatic Control) und Acting Chairman des technischen Komitees (TC) für 'Distributed Intelligence Systems' und außerdem in den IFAC TC für Developing Countries und Systems Engineering aktiv. In diesem Zusammenhang war Prof. Nour Eldin IPC-Chairman des IFAC-Symposiums 'Distributed Intelligence Systems, Methods and Applications' (DIS'88) in Varna, Bulgarien, und IPC-Vice-Chairman der DIS'91 in Arlington, USA. Außerdem war er IPC-Member für mehrere internationale IMACS Symposia 'Mathematical and Intelligent Models in System Simulation' (u.a. Brüssel 1990, Brüssel 1993, Berlin 1997, Nancy 1998).

Prof. Nour Eldin ist Life Member des 'Institute of Electrical and Electronical Engineers' (IEEE), Mitglied in der 'American Mathematical Society' (AMS), der 'New York Academy of Sciences', der 'International Association for Mathematics and Computers in Simulation' (IMACS) und dem 'Verband Deutscher Elektrotechniker' (VDE). Außerdem wirkt Professor Nour Eldin als Editor für das 'Journal of Intelligent & Robotic Systems' und (bis vor einigen Jahren) für die Zeitschrift 'Automatisierungstechnik'. Ebenso ist Prof. Nour Eldin Reviewer für das Journal 'Mathematical Reviews' der 'American Mathematical Society' (AMS) und das 'Mathematical Journal for Numerical Methods in Fluids'. Prof. Nour Eldin wirkt u.a. als Gutachter für die Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Alexander von Humboldt-Stiftung.

II.4 Veröffentlichungen (Publications)

- 01 /63-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Nonlinear Stability Analysis for Restricted Nonlinearities Using the Second Method of Liapunov", Proc. of the IFAC World Conference, Basle, Switzerland, 1963, pp. 561-567
- /63-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "A Continuous Electronic Delay Element using Storage Tubes for Constant Delay between 0.1 and 10 Seconds", Dissertation, ETH Zurich, Switzerland, 1963
- /69.No/ Nour Eldin, H.A.; "A New Stability Criterion for Linear, Stationary Sampled-Data Systems", Scientia Electrica, Vol XV, 1969, pp. 45-46
- /70-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Computergesteuertes Landungssystem für Verkehrsflugzeuge", Proc. of the 25th SGA Congress, Zurich, Switzerland, Sept. 1969, NT A1/1970, pp. 1-14
- /70-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "Optimierung verteilter Systeme mit quadratischen Zielfunktionen", Proc. of the 25th SGA Congress, Zurich, Switzerland, Sept. 1969, NT A3/1970, pp. 112-122
- /70-3.No/ Nour Eldin, H.A.; "Trajectory Control in Rendezvous Problems Using the Regularization Techniques", Proc. of the 3rd IFAC-Symposium on "Automatic Control in Space", Toulouse, France, March 1970, pp. 101-115
- /70-4.No/ Nour Eldin, H.A.; "Optimale Steuerung linearer Regelsysteme mit quadratischer Zielfunktion", RT, Vol. 4/70, pp. 164-169
- /71.No-Ru/ Nour Eldin, H.A.; Rufer, D.F.; "Application of a Modified Regularization Technique for the Optimum Trajectory Control", Proc. of the 4th IFAC Symposium on "Automatic Control in Space", Dubrovnik, Yugoslavia, Sept. 1971, pp. 9.23-9.29
- /71-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Optimierung linearer Regelsysteme mit quadratischer Zielfunktion", Inauguration Dissertation, ETH Zürich, Switzerland, 1971, published in the series "Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Systems", Springer Verlag, 1971
- 10 /71-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "Die optimale Steuerung von linearen partiellen Differentialgleichungen mit quadratischen Zielfunktionen", RT, Vol. 5/71, pp. 197-203
- /71-3.No/ Nour Eldin, H.A.; "Ein neues Stabilitätskriterium für abgetastete Regelsysteme", RT, Vol. 7/71, pp. 301-307
- /72.No/ Nour Eldin, H.A.; "An Adaptive Convex Feedback Method for Linear Control Systems with Quadratic Performance Index", 5th IFAC World Congress, Paris, France, June 1972
- /74-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Polynomfestlegung beim Beobachterentwurf", RT, Vol. 9/74, pp. 288-289
- /74-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "Polynomfestlegung für Mehrgrößenregelsysteme", RT, Vol. 9/74, pp. 286-287
- /75.No/ Nour Eldin, H.A.; "Simulation of the Initial-Value Problem in Partial Differential Equations", Proc. of the IASTED Simulation Conference, Zurich, Switzerland, 1975, pp. 52-56
- /76.No/ Nour Eldin, H.A.; "A Survey on Algorithmic Implementations for Computer Automation of Industrial Processes", Proc. of the "XIV Convegno Internazionale di Automazione e Strumentazione", Milan, Italy, Nov. 1976, pp. 183-214
- /77.No/ Nour Eldin, H.A.; "Minimalrealisierung der Matrix-Übertragungsfunktion", RT, Vol. 3/77, pp. 82-87
- /78-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Über einen Zusammenhang zwischen den Mittelwerten von Koeffizienten der Flußverkettung bei Synchronmaschinen", etz-Archiv, Bd. 99, Vol. 2/78, p. 110
- /78-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "Einsatz der Optimierung in der Automatik", Proc. of the 25th SGA Congress "Klassische neue Verfahren in der Automatik – Theorie und Anwendung", Zurich, Switzerland, March 1978, pp. 35-46
- 20 /78-3.No/ Nour Eldin, H.A.; "Berechnung der Matrix-Übertragungsfunktion mittels Hessenbergform", RT, Vol. 4/78, pp. 134-137
- /78-4.No/ Nour Eldin, H.A.; "Spezielle Minimalrealisierung der reellen positiven Matrix-Übertragungsfunktion", RT, Vol. 7/78, pp. 240-242
- /78-5.No/ Nour Eldin, H.A.; "Programme für die Regelungstechnik – RASP G", RT, Vol. 8/78, pp. 273-274
- /78-6.No/ Nour Eldin, H.A.; "Einzelne Steuerbarkeit durch lokale Ausgangsrückführung", RT, Vol. 9/78, pp. 308-309
- /78-7.No/ Nour Eldin, H.A.; "Doppelte Orthogonalisierung der 'Instrument Variable'-Gleichung", RT, Vol. 10/78, pp. 336-337

- /78-8.No/ Nour Eldin, H.A.; "Regions of Stationary Operating Points in Electrical Power Distribution Network", Preprints of the 6th "Power System Computation Conference PSCC", Darmstadt, Germany, 1978, pp. 1-5
- /79-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Programme für die Regelungstechnik – EXTREM", RT, Vol. 5/79, p. 171
- /79-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "A Report on the Convex Feedback Method with Applications", Preliminary Paper presented at the IFAC/IFIP Conference on "Optimization Methods & Applied Aspects", Varna, Bulgaria, Oct. 1979
- /80-1.No/ Nour Eldin, H.A.; "Bemerkung über die numerische Lösung der Liapunov-Gleichung $A^T P + PA = -Q$ ", RT, Vol. 3/80, pp. 102-103
- /80-2.No/ Nour Eldin, H.A.; "Programme für die Regelungstechnik – Least Square Problem", RT, Vol. 3/80, p. 106
- 30 /80.No-Le-We-We/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; Wegmann, P.; Wehrli, P.; "Digitale Simulation der Synchronmaschine mit Zustandsraumdarstellung", etz-Archiv, Bd. 2, Vol. 12/80, pp. 335-340
- /80.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "Zwei neue Zustandsdarstellungsformen zur Gewinnung von Kroneckerindizes, Entkopplungsindizes und eines Prim-Matrix-Produktes", Part I: RT, Vol. 12/80, pp. 420-425, Part II: RT, Vol. 1/81, pp. 26-30
- /81.No/ Nour Eldin, H.A.; "Programme für die Regelungstechnik: APL – Programm zur Regelkreisberechnung nach Nyquist", RT, Vol. 4/81, p. 138
- /81.No-Le/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; "Numerical Determination of the Stationary Operation Points in Power Networks", Proc. of the 7th "Power System Computation Conference PSCC", Lausanne, Switzerland, 1981, pp. 839-844
- /81.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "A Unified Computer Aided System Analysis Program Package for Linear Multivariable Systems", Preprints of the 8th IFAC World Congress "Control Science and Technology for the Progress of Society", Vol. XI, Kyoto, Japan, 1981, pp. 23-28
- /82.He/ Heister, M.; "Eine Methodik zur rechnergestützten Analyse und Synthese von Mehrgrößenregelsystemen", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1982
- /83.Sa/ Sakr, M.M.F.; "Static State Estimation in Electric Power Systems", Dissertation, Cairo, Egypt, March 1983
- /83.No/ Nour Eldin, H.A.; "Eduard Gerecke", RT, Vol. 8/83, pp. 274-275
- /84.Le/ Lerch, E.; "Ein neues Verfahren zur robusten Lösung stationärer Arbeitspunktprobleme im elektrischen Energienetz", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, May 1984
- /84-1.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.F.; "Modelling and Model-Reduction of the Synchronous Machine through Singular Perturbation", Proc. of the International IMACS Symposium on "Modelling and Simulation of Electrical Machines and Converters", Liege, Belgium, 1984, pp. 1.4.1 - 1.4.8, also published in "Electrical Machines and Converters – Modelling and Simulation", H. Buyse and J. Robert (Editors), Elsevier Science Publishers B.V., 1984, pp. 27-34
- 40 /84-2.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; "Modelling and Model-Reduction of the Synchronous Machine through Singular Perturbation Methods", Preprints of the 9th IFAC World Congress "A Bridge between Control Science and Technology", Vol. V, Budapest, Hungary, 1984, pp. 149-154
- /84-1.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "Die Ausführung vom 'Jury-Inners'-Test für kontinuierliche und diskrete Systeme", RT, Vol. 12/84, pp. 403-405
- /84-2.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "A Unified Computer Aided Design Approach for Linear Multivariable Systems Based on the Unique Prime Matrix Fraction Description", "Regelungstechnisches Kolloquium" – Manuscripts, Duisburg, Germany, 1984, pp. 12-31
- /85.No-Ve/ Nour Eldin, H.A.; Verstege, J.; "VI. Optimaler Lastfluß", "XVII. Qualitative dynamische Analyse", "XV. Dynamik kleiner Systeme", "XVIII. Dynamische Analyse linearer Systeme", Report on the 8th "Power System Computation Conference PSCC" (Helsinki, Finland, August 1984), etz, Vol. 1/85, pp. 16-24
- /85.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; "Solving the Quadratic Regulator - or Optimal Filtering Problem using Matrix Fraction Description and Spectral Factorization", Proc. of the International Conference on "Problems of Complex Control Systems", Varna, Bulgaria, 1985, pp. 3-12

- /85.No-He-St/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Stelter, R.; *"The Solution of the Tracking Problem for Large-Scale Systems with Piecewise Constant Control Variables"*, Proc. of the International Conference on "Problems of Complex Control Systems", Varna, Bulgaria, 1985, pp. 13-23
- /85.No-He-Rü/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Rückwald, R.; *"A Spectral Factorization Algorithm for Solving the Quadratic Regulator Problem"*, Proc. of the afcet Congress "The Tools for Tomorrow", Toulouse, France, 1985, pp. 159-169
- /86.No-Na-El/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; El Massah, S.A.; *"Modelling and Model-Reduction of Multistage VTE-Desalination Plant"*, Preprints of the Workshop "Automatic Control in Petroleum, Petrochemical and Desalination Industries", Vol. II, Kuwait, 1986
- /86-1.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"Analyse des dynamischen Verhaltens einer Rohrgasleitung"*, at, Vol. 4/86, pp. 156-161
- /86-2.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"Singular Perturbation Model-Reduction for Gas-flow Problems in Long Pipelines"*, Proc. of the 1st IMACS Symposium on "Modelling and Simulation for Control of Lumped and Distributed Parameter Systems", Lille, France, 1986, pp. 649-652; also published in /87-1.No-St/
- 50 /86.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin A.T.; *"Survey on Automated Visual Industrial Inspection of Uniformly Textured Surfaces"*, Proc. of the IASTED/afcet International Symposium on "Identification and Pattern Recognition", Toulouse, France, 1986, pp. 547-566
- /86.No-Le-Sa/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; Sakr, M.M.F.; *"Pre-Estimation and Bad-Data Detection in Power Systems"*, Preprints of the 2nd International Conference on "Power System Modelling", Durham, UK, 1986, pp. 135-139
- /86.No-Os/ Nour Eldin, H.A.; Osman, N.; *"Robust Nonlinear State Observer for the Synchronous Generator"*, Vth Polish-English Seminar on "Real-Time Process Control", Warsaw, Poland, September 1986
- /86-3.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"A Fast Algorithm for the Simulation of Gasflow in Long Pipelines"*, International Conference "Systems Science IX", Wroclaw, Poland, 1986, published in "Systems Science" 11/86, p. 102 (abstract); also in "Systems Science" 12/86, pp. 89-98
- /86-1.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; *"New Hierarchical Concept through a two Level Tracking Problem Formulation"*, International Conference "Systems Science IX", Wroclaw, Poland, 1986, published in "Systems Science" 11/86, p. 101 (abstract); also in "Systems Science" 13/87, pp. 41-56
- /86-2.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; *"Static and Dynamic Considerations for a Systematic Model-Reduction Procedure of Large Scale Energy Systems"*, Preprints of the 4th IFAC/IFORS Symposium on "Large Scale Systems: Theory and Applications", Zurich, Switzerland, 1986, pp. 131-136
- /87-1.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"Singular Perturbation Model Reduction for Gas-flow Problems in Long Pipelines"*, "Applied Modelling and Simulation of Technological Systems", P. Borne and S.G. Tzafestas (Editors), Elsevier Science Publishers B.V., 1987, pp. 217-221
- /87.No-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Hassan, M.A.M.; *"New Approach for Measurements Placement in Electric Power Systems"*, Proc. of the "1st Symposium on Electric Power Systems in Fast Developing Countries", Riyadh, Saudi Arabia, 1987, pp. 606-610
- /87-1.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour A.E.; *"Robust Bad Data Pre-Cleaning Technique with Subsequent Direct Recursive State Estimation"*, Proc. of the "1st Symposium on Electric Power Systems in Fast Developing Countries", Riyadh, Saudi Arabia, 1987, pp. 615-619
- /87.No-Ma-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; Hassan, M.A.M.; *"Direct Detection and Identification of Topological Errors in EPS Data Base"*, Proc. of the "2nd European Workshop on Fault Diagnostics, Reliability and Related Knowledge-Based Approaches", Manchester, UK, 1987, pp. 181-188
- 60 /87-2.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Hierarchical and Fast Recursive State Estimation with Robust Bad Data Pre-Cleaning for Large-Scale Power Systems"*, Abstracts of the "2nd European Workshop on Fault Diagnostics, Reliability and Related Knowledge-Based Approaches", Manchester, UK, 1987, p. 12
- /87.No-Lo-Pa-Sc/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; Pautzke, F.; Schockenhoff, R.; *"New Hierarchical Concept through a two Level Tracking Problem Formulation"*, Preprints of the "10th IFAC World Congress on Automation Control", Munich, Germany, 1987, Vol. VII, pp. 103-108

- /87-1.St/ Stelter, R.; *"Two Stage Singular Perturbation Model Reduction for Gas Transmission Networks"*, Preprints of the "10th IFAC World Congress on Automation Control", Munich, Germany, 1987, Vol. VIII, pp. 182-187
- /87.Lo/ Lopez, L.; *"Modellierung und systematische Modellreduktion von nichtlinearen Netzmodellen mittels Singular Perturbation"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, April 1987
- /87-2.St/ Stelter, R.; *"Modellreduktion und Betriebsoptimierung für Gasverteilnetze"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1987
- /87-3.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Fast and Robust Bad Data Detection, Identification and Correction with Subsequent Direct Recursive State Estimation"*, Proc. of the 9th "Power System Computation Conference PSCC", Lisbon, Portugal, 1987, pp. 516-522
- /87.No/ Nour Eldin, H.A.; *"Linear Multivariable Systems Controllability and Observability: Numerical Aspects"*, Systems & Control Encyclopaedia "Theory, Technology, Applications", Madan G. Singh (Editor-in-Chief), Pergamon Press, 1987, pp. 2815-2828
- /87.No-Na/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; *"Polar-Vektor-Repräsentierung von Kurven in der Bildverarbeitung und Mustererkennung"*, Proc. of the IASTED International Symposium on "Applied Control, Filtering and Signal Processing", Geneva, Switzerland, 1987, pp. 130-134
- /87-1.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; *"A Hybrid Technique for Texture Analysis and its Application to Defect Detection and Classification"*, Proc. of the IASTED International Symposium on "Applied Control, Filtering and Signal Processing", Geneva, Switzerland, 1987, pp. 153-156
- /87-2.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; *"Automated Visual Inspection of Uniformly Textured Flat Surfaces using Correlation Analysis"*, Proc. of the IASTED International Symposium on "Applied Control, Filtering and Signal Processing", Geneva, Switzerland, 1987, pp. 157-161
- 70 /87.No-Ob-Sc/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; Schuster, U.; *"The Variable Grid-Method for Accurate Simulation of Fast Gas Dynamics and Shock-Tube Like Problems"*, Proc. of the IMACS/IFAC International Symposium on "Modelling and Simulation of Distributed Parameter Systems", Hiroshima, Japan, 1987, pp. 241-248
- /87-2.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; *"Gas Network Operation Optimization using Singular Perturbation Model Reduction"*, Proc. of the IMACS/IFAC International Symposium on "Modelling and Simulation of Distributed Parameter Systems", Hiroshima, Japan, 1987, pp. 313-319
- /87.No-Lo/ Nour Eldin, H.A.; Lopez, L.; *"Three Time Scale Modelling and Systematic Order Reduction of Nonlinear Electrical Multimachine Systems"*, IMACS International Symposium on "Modelling and Simulation of Electrical Machines, Converters and Power Systems", Quebec City, Canada, 1987
- /87.No-Os/ Nour Eldin, H.A.; Osman, N.; *"Robust Nonlinear State Observer for the Synchronous Generator"*, Foundations of Control Engineering, 1987, Vol. 12, No. 1, pp. 11-29
- /88.Ha/ Hassan, M.A.M.; *"Measurements Placement for Electric Power System Static State Estimation"*, Dissertation, Cairo, Egypt, January 1988
- /88-1.No-Ne-El/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; El Massah, S.; *"Modelling and Model-Reduction of Solar Collectors"*, Proc. of the "3rd Arabian International Solar Energy Conference", Baghdad, Iraq, 1988, pp. 238-243
- /88.No-He-Sc/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; van Schrick, D.; *"PIERS – a Program Package for Interactive Design of Control Systems"*, Proc. of the IEE International Conference "CONTROL 88", Oxford, UK, 1988, pp. 10-13
- /88.No-He-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Heister, M.; Pautzke, F.; *"A Constructive Solution of the Decoupling Problem for Computer Aided Control System Design"*, Proc. of the IEE International Conference "CONTROL 88", Oxford, UK, 1988, pp. 230-235
- /88.No-He/ Nour Eldin, H.A.; Heukeroth, V.; *"Interactive Systems: Knowledge Representation, Organization and Automation"*, Preprints of the IFAC/IMACS "International Symposium on Distributed Intelligence Systems – Methods and Applications DIS'88", Varna, Bulgaria, 1988, pp. 71-77
- /88-1.St/ Stelter, R.; *"Control of Gas Transport Systems – a Multilevel Approach"*, Preprints of the IFAC/IMACS International Symposium on Distributed Intelligence Systems – Methods and Applications DIS'88", Varna, Bulgaria, 1988, pp. 375-380

- 80 /88-1.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin A.T.; "Automated Visual Inspection of Web-Type Products Using Unitary Transforms", 36th ISMM International Conference on "Mini- and Microcomputers and their Applications", Gerona, Spain, 1988
- /88.No-St/ Nour Eldin, H.A.; Stelter, R.; "Application of Singular Perturbation for Modelling and Model-Reduction in Engineering Problems", Proc. of the "12th IMACS World Congress on Scientific Computation", Paris, France, 1988, pp. I.154; also published in "Modelling and Simulation of Systems", (Editors: Breedveld et al), IMACS, 1989, pp. 317-322
- /88-2.St/ Stelter, R.; "The Network Pre-Storage-Method for Optimal Control of Gas Networks", Proc. of the "12th IMACS World Congress on Scientific Computation", Paris, France, 1988, pp. III.666-668
- /88-2.No-Ne-El/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; El Massah, S.; "Modellierung und Simulation der terrestrischen Einstrahlungsverhältnisse für sonnenreiche Länder", Proc. of the 6th International DGS Solar Energy Conference, Berlin, Germany, 1988, Bd.1, pp. 101-105
- /88.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; "Decentralized Robust Bad-Data Pre-Cleaning with Subsequent Hierarchical and Fast Recursive State Estimation", Preprints of the International IFAC-Symposium on Power Systems "Modelling and Control Applications", Brussels, Belgium, 1988, pp. 17.3.1-17.3.7
- /88-2.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Automated Visual Inspection of Web-Type Products", Proc. of the "4th European Signal Processing Conference", Grenoble, France, 1988, pp. 851-854
- /88.No-Ba/ Nour Eldin, H.A.; Bassiuny, A.M.; "An Overview on System Modelling and Simulation in Cement Industry", IMACS International Symposium on "System Modelling & Simulation", Cetraro, Italy, 1988
- /88-3.No-Ne-El/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; El Massah, S.; "Modelling and Model-Reduction of Solar Collectors", IMACS International Symposium on "System Modelling & Simulation", Cetraro, Italy, 1988
- /88-3.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Automated Inspection of Web-Type Products in Pseudo Euclidean Spaces", Proc. of the 10th DAGM-Symposium "Mustererkennung 1988", Zurich, Switzerland, 1988, pp. 262-269
- /88.No/ Nour Eldin, H.A.; Interview, in "Messen - Steuern - Regeln (msr)", VEB Verlag Technik, East-Berlin, GDR, 1988, pp. 515-516
- 90 /88.Al/ Alam Eldin, A.; "Computer Vision for Automated Inspection of Fabric Products", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Dec. 1988
- /89.Ob/ Oberhem, H.; "Ein CAD-System für Druckwellenmaschinen", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Feb. 1989
- /89.No-Le/ Nour Eldin, H.A.; Lerch, E.; "Robust Determination of all Controlling Equilibriums in Electrical Power Systems", etz-Archiv, Bd.11, Vol. 9/89
- /90.Ma/ Mansour, A.E.; "Bad-Data Pre-Cleaning and Static State Estimation in Electric Power Networks", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, Jan. 1990
- /90.Ba/ Bassiuny, A.M.; "Computer Process Control in the Cement Industry", Dissertation, Cairo, Egypt, Feb. 1990
- /90.No-Mü-Ba-Mi/ Nour Eldin, H.A.; Müller, M.; Bassiuny, A.M.; Mikhailov, L.K.; "Integrated Knowledge Based System for Planning and Fault Diagnosis in Flexible Manufacturing", Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990, pp. 539-545
- /90-1.No-Pa-Mü-Wi/ Nour Eldin, H.A.; Pautzke, F.; Müller, M.; Winter, M.; "Piers Executive - An Expert System Aided Design Environment for Multivariable Control System", Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990, pp. 183-188
- /90-1.No-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; "Survey in Methodology and Real Time Realization of State Observers of Electrical Generators", IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990
- /90-2.No-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; "Modelling and Model Reduction of Thermal Solar Power Collectors", IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990

- /90.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"The Measurement Instrumentation Problem for Fault Detection Identification and Correction in Electrical Power Network"*, Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990, pp. 795-800
- 100 /90.No-Ob/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; *"Fast and Distributed Algorithm for Simulation and Animation of Pressure Wave Machines"*, Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990, pp. 807-815
- /90.No-Ab-Ne-He/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; Nern, H.-J.; Hefnawy, A.A.E.; *"Simulations for Torsional Oscillations and Sub-synchronous Resonance (SSR) - Dynamics in Large Power System Generators"*, IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990
- /90.No-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Kreshman, H.; *"Modelling and Simulation of the Dynamic Performance of Steam Power Stations"*, Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990, pp. 825-832
- /90.No-Ba-He/ Nour Eldin, H.A.; Bassiuny, A.M.; Hegazy, A.A.; *"Modelling and Simulation of the Homogenization Process in the Dry Process Cement Production"*, Proc. of the IMACS International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '90", Brussels, Belgium, Sept. 1990, pp. 703-708
- /90.No-Ne-Sa/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Sadlo, A.F.; *"Konzeption eines modular und verteilt strukturierten Expertensystems zur Entscheidungsunterstützung im kommunalen Umwelt-Energie-Bereich"*, 6th International DGS Solar Energy Conference, Frankfurt a.M., Germany, Oct. 1990
- /90-2.No-Pa-Mü-Wi/ Nour Eldin, H.A.; Pautzke, F.; Müller, M.; Winter, M.; *"PIERS – Ein regelbasiertes CAD-System zur Analyse, Synthese und Simulation von Mehrgrößensystemen"*, VDI-Berichte 855, at 1990, pp. 327-336
- /90.Os/ Osman, N.; *"Nichtlinearer Zustandsbeobachter für die Spannungsregelung des Synchrongenerators"*, Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, November 1990
- /91.No-Pa-Wi/ Nour Eldin, H.A.; Pautzke, F.; Winter, M.; *"PIERS-Executive – An Expert System Aided Control System Design Environment"*, IEE International Conference on "Control 91", Session 3D1, Edinburgh, Scotland, UK, March 25-28, 1991
- /91.No-Ma/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; *"Minimum Meter Configuration for Bad-Data Detection, Identification and Correction in Electric Networks"*, Proc. of the IMACS-IFAC Symposium on "Modelling and Control of Technological Systems", MCTS '91, Lille, France, May 7-10, 1991, Vol. 2, pp. 55-60
- /91-1.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; *"Real-Time Animation of Synchronous Generator Dynamics and its State Reconstruction Observers on Transputer Network"*, IMACS-IFAC Symposium on "Modelling and Control of Technological Systems", MCTS '91, Lille, France, May 7-10, 1991
- 110 /91.No-Ba-He/ Nour Eldin, H.A.; Bassiuny, A.M.; Hegazy, A.; *"Stochastic Modelling of Raw Materials Composition in the Cement Industry"*, IMACS-IFAC Symposium on "Modelling and Control of Technological Systems", MCTS '91, Lille, France, May 7-10, 1991
- /91.No-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; *"Observer Based Control Scheme of Large Turbogenerators on a Distributed Processor System"*, Proc. of the IMACS-IFAC International Symposium "Parallel and Distributed Computing in Engineering Systems P.D.COM'91", Corfu, Greece, June 23-28, 1991, pp. 333-340
- /91.No-Kr-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Kreshman, H.; Nern, H.-J.; *"Modelling and Simulation of the Dynamic Behaviour of Stationary Gas Turbine"*, Proc. of the IMACS-IFAC International Symposium "Parallel and Distributed Computing in Engineering Systems P.D.COM'91", Corfu, Greece, June 23-28, 1991, pp. 529-536
- /91.No-Ab-He-Os/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; Hefnawy, A.E.; Osheba, S.; *"Real-Time Stabilizing Signal Generation for Damping of Subsynchronous Resonance (SSR) through Nonlinear Synchronergenerator Observer"*, Proc. of the IMACS-IFAC International Symposium "Parallel and Distributed Computing in Engineering Systems P.D.COM'91", Corfu, Greece, June 23-28, 1991, pp. 537-544

- /91.No-Ob/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; "A Variable Grid for Accurate Animation of the Nonstationary Compressible Flow in the Pressure Wave Machine", Proc. of the 7th International Conference on "Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow", Stanford, California, USA, July 15-19, 1991, pp. 1239-1248
- /91.Sc-Pa/ van Schrick, D.; Pautzke, F.; "Frequenzgangberechnung durch direkte Frequenzbewertung mittels Hyman-Methode", at, Vol. 7/91, pp. 245-246
- /91.Ab/ Abdel-Hamid, A.M.; "Combined Static VAR and Voltage Control System", Dissertation, Menoufia University, Egypt, 1991
- /91.No-Mi-Pa-Sc/ Nour Eldin, H.A.; Mikhailov, L.K.; Pautzke, F.; Schockenhoff, R.; "Towards Building an Intelligent Flexible Manufacturing Control System", Proc. of the IFAC International Symposium on "Distributed Intelligence Systems", Arlington, Virginia, USA, August 13-15, 1991, pp. 83-88
- /91-2.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; "Distributed Real-Time State Reconstruction and Visualization for Control and Monitoring of Turbogenerators", Proc. of the IFAC International Symposium on "Distributed Intelligence Systems", Arlington, Virginia, USA, August 13-15, 1991, pp. 312-318
- /91.No-Ma-Os/ Nour Eldin, H.A.; Mansour, A.E.; Osman, N.; "An Advanced Technique for Bad-Data Pre-Cleaning Using Stationarity Conditions of Electrical Power Networks", IFAC - "Safeprocess '91", Baden-Baden, Germany, Sept. 10-13, 1991
- 120 /91.No-Al/ Nour Eldin, H.A.; Alam Eldin, A.T.; "Robot Vision: Geometric Classification for Automated Inspection", published in "Intelligent Robotic Systems", (Editor: S.G. Tzafestas), Marcel Dekker, New York, 1991, Ch. 13, pp. 509-525
- /92.No-Ne-So/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Soliman, H.H.; "Observer Based Detection and Recognition of External Disturbances for Large Turbogenerators", IFAC-Symposium on "Control of Power Plants and Power Systems", Munich, Germany, March 9-11, 1992
- /92.No-Ab-Os/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; Osheba, S.M.; "Design and Implementation of a Physically Realizable State Observer for Damping SSR-Oscillations", Proc. of the 2nd IASTED International Conference on "Computer Applications in Industry", Alexandria, Egypt, May 5-7, 1992, pp. 55-58
- /92.No-So-Ab-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Soliman, H.H.; Abd Elfattah, A.I.; Hamdy, N.A.; "Classification of Flat Product-Defects Using Neural Networks Concepts", Proc. of the 2nd IASTED International Conference on "Computer Applications in Industry", Alexandria, Egypt, May 5-7, 1992, pp. 5-8
- /92.Na/ Abou-Nabout, A.; "Modulares Konzept und Methodik zur wissensbasierten Erkennung komplexer Objekte in CAQ-Anwendungen", Dissertation, BUGH Wuppertal, Germany, July 1992; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 20, Nr. 92, 1993
- /92.No-Sc-Mü-Mi/ Nour Eldin, H.A.; Schockenhoff, R.; Müller, M.; Mikhailov, L.K.; "Distributed Expert Systems in Flexible Manufacturing", Proc. of the IFAC-Workshop on "Intelligent Manufacturing Systems", Dearborn, Michigan, USA, October 1-2, 1992, pp. 281-286
- /92.So/ Soliman, H.H.; "Theory and Applications of Hardware-Implemented Algorithms", Dissertation, Mansoura University, Egypt, Dec. 1992
- /93.No-Ab-Pu-Mü-Aw-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Abdalla, A.; Pu, H.; Müller, M.; Awad, A.; Abdel-Latif, L.; "A Novel Recursive Newton-Euler Algorithm for Modelling and Computation of Robot Dynamics", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. II, pp. 200-208
- /93.No-Za-Ge-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Zaprianov, J.; Gegov, A.; Fischer, F.; "Multilevel Intelligent Fuzzy Control of Power Systems", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 317-324
- /93.No-Za-La-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Zaprianov, J.; Lahtchev, L.; Fischer, F.; "Distributed Monitoring for a Turbogenerator Set Diagnostic System", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 310-316
- 130 /93-1.No-Ne-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; "The Boiler Compartment Model for the Animation of the Long Term Steam Dynamics", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 325-330

- /93-2.No-Ne-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; "Closed-Loop Performance and Control for the Steam Power Station", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 331-336
- /93-3.No-Ne-Kr/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; "The Long Term Dynamics of the Thermo-Mechanical Energy Conversion in Steam Turbines", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 337-345
- /93-1.No-Ne-Kr-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; Fischer, F.; "Reference Measurement of the Dynamic Performance of the Gas- and Steam-Turboset in a CGS-Power Plant", Preprints of the IMACS 2nd International Symposium on "Mathematical and Intelligent Models in System Simulation MIM-S² '93", Brussels, Belgium, April 12-16, 1993, Vol. I, pp. 346-350
- /93.No-Ob/ Nour Eldin, H.A.; Oberhem, H.; "Accurate Animation of the Thermo-Fluidic Performance of the Pressure-Wave Machine and its Balanced Material Operation", Proc. of the 8th International Conference on "Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow", Swansea, UK, July 18-23, 1993, pp. 912-923; full paper published in the International Journal "Heat & Fluid Flow", Vol. 5, No. 1, Jan. 1995, pp. 63-74
- /93.No-Pu-Ab-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Abdalla, A.; Abdel-Latif, L.; "A Physically Parallel One-Directional Recursion (PPO-Recursion) for Robot Inverse Dynamics", Proc. of the International IEEE/SMC Conference on "Systems, Man and Cybernetics", Le Touquet, France, October 17-20, 1993, Vol. 2, pp. 112-117
- /93.No-Na/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; "The Topological Contour Closure Requirement for Object Extraction from 2D-Digital Images", Proc. of the International IEEE/SMC Conference on "Systems, Man and Cybernetics", Le Touquet, France, October 17-20, 1993, Vol. 3, pp. 120-125
- /93-2.No-Ne-Kr-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; Fischer, F.; "Modellierung und Realzeit-Simulation des dynamischen Langzeitverhaltens von GuD-Kraftwerksgasturbinen", ETG-Tage, Mannheim, Germany, October 19-21, 1993, ETG-Fachbericht 47, pp. 133-142
- /93.Ab/ Abdalla, A.; "Simulation of Industrial Robot for Flexible Manufacturing Cell", Dissertation, Helwan University, Egypt, Nov. 1993
- /93.No-Pu-Ab-Mü/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Abdalla, A.; Müller, M.; "Parallel Computation of the Manipulator Inertia Matrix through One-Directional Recursion in the Newton-Euler Formulation", VDE-Fachtagung "Intelligente Steuerung und Regelung von Robotern", Langen, Germany, Nov. 9-10, 1993, VDI-Berichte 1094, pp. 231-240
- 140 /93.Ge-Na-Sö-Kü-No/ Gerhards, R.; Abou-Nabout, A.; Sökefeld, M.; Kühbauch, W.; Nour Eldin, H.A.; "Automatische Erkennung von zehn Unkrautarten mit Hilfe digitaler Bildverarbeitung und Fouriertransformation", published in "Agronomy and Crop Science", Paul Parey Scientific Publishers, Vol. 171, 1993, pp. 321-328
- /94.No-Pu-Mü-Ab-Ab-Ba/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Müller, M.; Abdalla, A.; Abdel-Latif, L.; Bakr, M.; "Parallel Computation of the Inertia Matrix of a Tree-Type Robot using One-Directional Recursion of Newton-Euler Formulation", Proc. of the 1st Mathmod Conference, Technical University of Vienna, Austria, Feb. 2-4, 1994, Vol. 4, pp. 626-629; also published in the "Journal of Intelligent & Robotic Systems", Vol. 15, No. 1, Jan. 1996, pp. 33-39
- /94.Na/ El Nahry, I.F.; "Neural Network Based Pattern Recognition of Coloured Objects", Dissertation, Suez Canal University, Port Said, Egypt, April 1994
- /94.No-Na-Ge-Su-Kü/ Nour Eldin, H.A.; Abou-Nabout, A.; Gerhards, R.; Su, B.; Kühbauch, W.; "Plant Species Identification using Fuzzy Set Theory", Proc. of the IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, Dallas, Texas, USA, April 21-24, 1994, pp. 48-53
- /94-1.No-Ne-La/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Lahtchev, L.; "Design and Verification of a Non Linear Observer for Power Performance of Stationary Gas Turbines", Proc. of the 14th IMACS World Congress, Atlanta, USA, July 11-15, 1994
- /94.No-Ne-Kr-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Kreshman, H.; Fischer, F.; "Modelling of the Long Term Dynamic Performance of a Gas Turbo Generator Set", Proc. of the 3rd IEEE Conference on Control Applications, Glasgow, Scotland, UK, August 24-26, 1994, pp. 491-496

- /94.No-Wi-Sc-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Winter, M.; Schockenhoff, R.; Pu, H.; "BLOCKSIM – Application of Non-Linear Modelling and Simulation in Fuzzy Logic System Design", Proc. of the 3rd IEEE Conference on Control Applications, Glasgow, Scotland, UK, August 24-26, 1994, pp. 1337-1342
- /94.Ge-Ne/ Gegov, A.; Nern, H.-J.; "Decomposed Fuzzy Control of Power Systems", Proc. of the 3rd IEEE Conference on Control Applications, Glasgow, Scotland, UK, August 24-26, 1994, pp. 659-664
- /94.No-Fi-Ne-La/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; Lahtchev, L.; "Explicit Modelling of the Stator Winding Bar Water Cooling for Model-Based Fault Diagnosis of Turbogenerators with Experimental Verification", Proc. of the 3rd IEEE Conference on Control Applications, Glasgow, Scotland, UK, August 24-26, 1994, pp. 1403-1408
- /94.No-Na-Hu-La-Mi-Za/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Hubert, M.; Lahtchev, L.; Mikhailov, L.K.; Zaprianov, J.; "WISEKO: A Knowledge-Based System for the Recognition of 2D-Complex Objects in CAQ Applications", IEEE/RSJ/GI International Conference on Intelligent Robots and Systems, Munich, Germany, Sept. 12-16, 1994
- 150 /94-2.No-Ne-La/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Lahtchev, L.; "Distributed and Complete Non Linear State Reconstruction Observer for Gas Turbines in a CGS Power Station", Proc. of the IFAC Conference on Integrated Systems Engineering, Baden-Baden, Germany, Sept. 27-29, 1994, pp. 287-292
- /94.No-Ne-So-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J., Soliman, H.H.; Fischer, F.; "On Line Observer Based Detection and Classification of External Disturbance Types for the State Supervision of Turbogenerators", IFAC Symposium on Artificial Intelligence in Real Time Control, Valencia, Spain, Oct. 3-5, 1994
- /94.No-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; "A Novel Parallel Forward Newton-Euler Algorithm for Computing the Robot Inverse Dynamics", Proc. of the 3rd International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision ICARCV'94, Singapore, Nov. 8-11, 1994, pp. 977-981
- /95-1.No-Na-Su/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Su, B.; "Measurement of Ring-Shaped and Toothed Mechanical Parts through Image Processing", Proc. of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC/95, Waltham, MA, USA, April 23-26, 1995, pp. 396-401
- /95-2.No-Na-Su/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Su, B.; "A Novel Closed Contour Extractor, Principle and Algorithm", Proc. of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS '95, Seattle, WA, USA, April 29 - May 3, 1995, pp.445-448
- /95.No-Ne-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Fischer, F.; "Aspects of the Hard- and Software Environment of Transputer Based Non Linear Real Time Observers for Control and Diagnosis of Large Turbo Generator Sets", 3rd IFAC/IFIP Workshop on Algorithms and Architectures for Real-Time Control AARTC'95, Ostend, Belgium, May 31-June 2, 1995
- /95.No-Ma-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Makarious, S.H.; Pu, H.; "Inverse Problem Approach for Unsteady Compressible Fluid-Wave Propagation in the Compresx", Proc. of the 9th International Conference on Numerical Methods in Laminar and Turbulent Flow, Atlanta, USA, July 10-14, 1995, Vol. I, pp. 866-877
- /95.No-Hu-So/ Nour Eldin, H.A.; Hubert, M., Soliman, H.H.; "Qualitätssicherung bei homogenen 2D-Strukturen durch Klassifikation mit Neuronalen Netzen", Journal 'Automatisierungstechnik at', Special Issue 'Intelligente Methoden der Automatisierung', Sept. 1995, pp. 424-435
- /95.Mü/ Müller, M.; "Three-Dimensional Object Perception for Automated Assembly by Structured Light Method using Cone Sections", Proc. of the 3rd IFAC/IFIP/IFORS Workshop "Intelligent Manufacturing Systems IMS 95", Bucharest, Romania, Oct. 24-26, 1995, Vol. I, pp. 209-214
- /95.Sc/ Schockenhoff, R.; "Realisierung einer Expertensystem-Metashell zur Konfektionierung und Generierung verteilter kooperierender Expertensysteme", Dissertation, Wuppertal, December 1995; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 10, Nr. 456, 1996
- 160 /96.No-Dz-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Dziech, A.; Nern, H.-J.; „A New Approach for Defining Quality of Multioutput Systems“, Proc. of the Second World Automation Congress WAC'96, Montpellier, France, May 27-30, 1996, Vol. 4, pp. 175-180

- /96.No-Fi-Ne/ Nour Eldin, H.A.; Fischer, F.; Nern, H.-J.; „*State-Oriented Feature Extraction for the Stator Winding Bar Water Cooling Fault Diagnosis of Turbogenerators using State Observers with Optimized Analytical Depth in Model Parameters*“, Proc. of the Second World Automation Congress WAC'96, Montpellier, France, May 27-30, 1996, Vol. 4, pp. 223-228
- /96.Dz-Na-No/ Dziech, A.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; „*Contour Extraction and Compression Using Piecewise Linear Transform*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 58-60
- /96.Mü-No/ Müller, M.; Nour Eldin, H.A.; „*Extraction of 3-D Planar Surface of a priori known Objects with Structured Light using Cone Section*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 61-66
- /96.No-Na-Mü-Pu-An-Ig-Pe/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Müller, M.; Pu, H.; Ananiev, A.; Ignatova, D.; Petrov, E.; „*Lightweight Robot Arm-Camera for Interaction with Robot Assembly*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 54-57
- /96.Pu-No/ Pu, H.; Nour Eldin, H.A.; „*One Directional Recursion for Complete Robot Dynamics Using Geometric Transfer Matrices*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 145-150
- /96.No-Ha-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; „*Quaternion and Hypercomplex Formulation for Robot Kinematics*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 151-156
- /96.Dz-Be-Ab-Na/ Dziech, A.; Belgassem, F.H.; Aboukhres, S.; Nabout, A.; „*Periodic Haar Piecewise Linear Series and Transform*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Robotics and Cybernetics, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 157-160
- /96.Fi-Ne-Pa/ Fischer, F.; Nern, H.-J.; Pawlova, K.; „*Introduction of State Observers using Physical Model Parameters for the Stator Winding Bar Water Cooling Fault Diagnostics of Turbogenerators*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Control, Optimization and Supervision, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 924-928
- /96.Dz-Ne-No/ Dziech, A.; Nern, H.-J.; Nour Eldin, H.A.; „*Quality Evaluation of Multioutput System Using Random Pulse Stream Model*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Control, Optimization and Supervision, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 929-933
- 170 /96.Le-Na-Mi/ Lekova, A.; Nabout, A.; Mikhailov, L.; „*An Inductive Method for Learning Fuzzy Membership Functions*“, Proc. of the Computational Engineering in Systems Application CESA'96 Multiconference, Symposium on Control, Optimization and Supervision, Lille, France, July 9-12, 1996, pp. 934-937
- /96.Na/ Nabout, A.; „*ESEKO: Einzelstruktureinheit zur Echtzeit-Konturextraktion*“, Symposium „Aktuelle Entwicklungen und industrieller Einsatz der Bildverarbeitung“, Aachen, Germany, September 5-6, 1996, pp. 199-203
- /96.No-Pu-Ke-Ne-Ko-Te/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Kern, P.; Nern, H.-J.; Koerner, W.; Teichert, H.; „*Development of an Integrated Flatness and Thickness Control System for the 20 Roll Sendzimir Cluster Mill*“, 2nd International Conference on Modelling of Metal Rolling Processes, Dec. 9-11, 1996, London, UK
- /96.No-Ne-St-Wa/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Stummer, C.; Wassermann, J.; „*Dynamic Generation of Web-Pages Using Complex Database Structures*“, Proc. of Euromedia 96, London, UK, Dec. 19-21, 1996, pp. 299-302
- /97.Mü/ Müller, M.; „*Ein Konzept für dreidimensionales Maschinensehen durch aktive flächenbasierte Objektextraktion mittels kreisrasterförmiger strukturiertes Beleuchtung*“, Dissertation, BUGH Wuppertal, April 1997; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 10, Nr. 507, 1997
- /97.Dz-Be-Na-No/ Dziech, A.; Besbas, W.S.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; „*Fast Algorithm for Closed Contour Extraction*“, Proc. of the 4th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing, Poznan, Poland, May 28-30, 1997, pp. 203-206

- /97.Pu/ Pu, H.; „*Novel Algorithms towards Systematic, Generalized and Compact Recursive Generation and Computation of the Complete Robot Dynamics with Realisation Aspects in CAD-Systems*“, Dissertation, BUGH Wuppertal, June 1997; published as VDI Fortschrittsbericht, Reihe 8, Nr. 687, 1998
- /97.No-Hu-Di-Bo-Na-Za/ Nour Eldin, H.A.; Hubert, M.; Dimitrova, M.; Boyadjiev, D.; Nabout, A.; Zaprianov, J.; „*Neural Networks for Classification and Recognition of Individual Users in Adaptive Human-Computer Interface*“, Proc. of the 12th IEEE International Symposium on Intelligent Control ISIC'97, Istanbul, Turkey, July 16-18, 1997, pp. 101-106
- /97.Hu-Dz-Ne-Am-Be/ Hubert, M.; Dziech, A.; Nern, H.-J.; Amuri, A.; Besbas, W.; „*Parallel Contour Recognition Using Matched Filter*“, Proc. of the 12th IEEE International Symposium on Intelligent Control ISIC'97, Istanbul, Turkey, July 16-18, 1997, pp. 293-296
- /97.No-Mi-Na-Le-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Mikhailov, L.; Nabout, A.; Lekova, A.; Fischer, F.; „*Method for Fuzzy Rules Extraction from Numerical Data*“, Proc. of the 12th IEEE International Symposium on Intelligent Control ISIC'97, Istanbul, Turkey, July 16-18, 1997, pp. 61-65
- 180 /97.No-Ma-Ha/ Nour Eldin, H.A.; Makarious, S.H.; Hachicho, O.; „*Wave-Control Modelling in the Pressure-Wave Supercharger (Comprex)*“, 10th International Conference on Numerical Methods for Laminar and Turbulent Flow, Swansea, UK, 21-25 July, 1997
- /97.No-Mo/ Nour Eldin, H.A.; Mohsen, A.; „*A Simplified Treatment of the Nonuniqueness Problem in Integral Equation Solutions in Electromagnetics*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. III, pp. 557-562
- /97.Mi-Na-Le-Fi/ Mikhailov, L.; Nabout, A.; Lekova, A.; Fischer, F.; „*Traffic Light Control Using Fuzzy Reasoning*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. IV, pp. 413-418
- /97.Dz-Be-Pa-Na-No/ Dziech, A.; Belgassem, F.H.; Pardyka, I.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; „*Contour Compression Using Wavelet and Piecewise Linear Transforms*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. IV, pp. 701-706
- /97.Dz-Ne-No/ Dziech, A.; Nern, H.-J.; Nour Eldin, H.A.; „*Error Analysis and Quality Evaluation of Multioutput Systems Using Random Pulse Stream Models*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. V, pp. 597-601
- /97.Mü-No/ Müller, M.; Nour Eldin, H.A.; „*Three-dimensional Object Perception by the Structured Light Method using Cone Sections: A Face Oriented Approach*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. V, pp. 325-330
- /97-1.No-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; „*Some Experiments of Parallel Computation of Robot Dynamics in Transputer Networks*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. V, pp. 361-366
- /97-2.No-Pu/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; „*Symbolic Compilation of Robot Dynamic Equations*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. II, pp. 715-720
- /97.No-Na-Fi/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Fischer, F.; „*Automated Generation of Fuzzy Rule Base for Complex System Modelling with Experimental Verification for Turbo-generators*“, Proc. of the 15th IMACS World Congress, Berlin, Germany, August 24-29, 1997, Vol. IV, pp. 419-424
- /97.Na-Fi-Th-No/ Nabout, A.; Fischer, F.; Thiemann, O.; Nour Eldin, H.A.; „*Optimierung von Fuzzysets mittels Evolutionsstrategien unter Verwendung von Lerndatensätzen*“, Proc. 42nd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'97, Ilmenau, Germany, September 22-25, 1997, Vol. 3, pp. 195-200
- 190 /97.No-Na-Dz-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Dziech, A.; Aboudeana, M.; „*1D and 2D Hybrid Coding Using Piecewise Linear Transforms PWL and PHL*“, Proc. 42nd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'97, Ilmenau, Germany, September 22-25, 1997, Vol. 1, pp. 581-586
- /97.No-Ab/ Nour Eldin, H.A.; Abdel-Hamid, A.M.; „*A Modal Analysis Based Load-Frequency Control Considering Parameter Uncertainties and Generation Rate Constraints*“, Proc. 42nd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'97, Ilmenau, Germany, September 22-25, 1997, Vol. 3, pp. 705-710

- /97.Dz-Be-Na-No/ Dziech, A.; Besbas, W.; Nabout, A.; Nour Eldin, H.A.; „*Closed Contour Extraction Using 4-Directional Chain Code for Low Bit Rate*“, Workshop on Digital Methodologies and Applications for Multimedia and Signal Processing DMMS'97, Budapest, Hungary, October 27-28, 1997
- /97.No-Na-Dz-Am/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; Dziech, A.; Amuri, A.; „*Contour Recognition Using Transform Methods and Fuzzy Set Approach*“, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 3, pp. 1205-1208
- /97.Mi-Na-Le-Fi/ Mikhailov, L.; Nabout, A.; Lekova, A.; Fischer, F.; „*Fuzzy Control of Traffic Intersection Using Genetic Algorithm*“, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 3, pp. 1284-1288
- /97.Ab-No-Ne-Fi-Ba/ Abdel-Hamid, A.M.; Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Fischer, F.; Bahgat, A.; „*Damping SSR-Oscillations Using Reactive Power Controller fed from a Physically Realizable State Observer*“, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 2, pp. 787-791
- /97.No-Hu-Ha-Di/ Nour Eldin, H.A.; Hubert, M.; Haverbeck, G.; Dimitova, M.; „*Classification of Homogeneous 2D-Texture Using Different Neural Network Topologies*“, Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS'97, Cairo, Egypt, December 15-18, 1997, Vol. 1, pp. 47-51
- /98-1.Ab-No/ Abdel-Hamid, A.M.; Nour Eldin, H.A.; „*Damping Improvement of Superconducting Turbogenerator Units Through Coordinated PI and Lead-Lag Networks*“, Proc. of the 3rd International Conference on Automation of Mixed Processes ADPM'98, Reims, France, March 19-20, 1998, pp. 443-449
- /98.No-Ne-Os-Ab-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Osman, N.; Abdel-Hamid, A.M.; Lerch, E.; „*Liapunov Stability Analysis of a Nonlinear Observer for the Mechanical States of Turbogenerator Systems*“, Proc. of the 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998, Vol. 1, pp. 667-672
- /98-2.Ab-No/ Abdel-Hamid, A.M.; Nour Eldin, H.A.; „*Modeling and Analysis of SSR Turbine-Shaft Oscillations in Power Systems Incorporating Superconducting Generators*“, Proc. of the 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998, Vol. 1, pp. 776-781
- 200 /98-1.No-Ha-Pu-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; Pautzke, F.; „*Quaternionic Recursions for the Positions, Velocities and Accelerations of a Revolute-Joint-Robot*“, Lecture, 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Symposium on Signal Processing and Cybernetics, Session 3A10 „Robotics“, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998
- /98.No-Dz-Be-Na/ Nour Eldin, H.A.; Dziech, A.; Belgassem, F.; Nabout, A.; „*Image Data Compression Using Sample Selection Methods*“, Lecture, 2nd IMACS Multiconference CESA 98, Symposium on Signal Processing and Cybernetics, Session 3P1M „Image Processing and Pattern Recognition I“, Nabeul-Hammamet, Tunisia, April 1-4, 1998
- /98.No-Na/ Nour Eldin, H.A.; Nabout, A.; „*Verfahren und Vorrichtung zur Extraktion der Konturen von Objekten*“, Patentschrift DE 4135881 C2, published April 2, 1998
- /98-1.No-Ab-Pu-Gr-Za/ Nour Eldin, H.A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Grancharova, A.; Zaprianov, J.; „*The l.i.p. Gymnastic Method for Link Parameter Identification for Robot Type (Manutec R2)*“, Proc. of the MOSIS'98 Conference, Svaty Hostyn, Czech Republic, May 5-7, 1998, Vol. 3, pp. 247-254
- /98-2.No-Ha-Pu-Pa/ Nour Eldin, H.A.; Hachicho, O.; Pu, H.; Pautzke, F.; „*Generalized Quaternionic Recursions for Positions, Velocities and Accelerations of Robot Links*“, Proc. of the 9th SYMPOSIUM of the International Federation of Automatic Control on INFORMATION CONTROL in Manufacturing systems, Nancy, France, June 24-26, 1998, Vol. 2, pp. 325-330
- /98-2.No-Ab-Pu-Gr-Za/ Nour Eldin, H.A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Grancharova, A.; Zaprianov, J.; „*Planar robot-gymnastics for parameter identification*“, Proc. of the 9th SYMPOSIUM of the International Federation of Automatic Control on INFORMATION CONTROL in Manufacturing systems, Nancy, France, June 24-26, 1998, Vol. 2, pp. 363-368
- /98.Na/ Nabout, A.; „*Automatische Fuzzy-Modellierung dynamischer Prozesse höherer Ordnung mittels Mehrfachrückführung*“, 43rd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'98, Ilmenau, Germany, September 21-24, 1998, Vol. 3, pp. 186-191

- /98.Fi/ Fischer, F.; „*Thermische Fehlerdiagnose der wassergekühlten Statorwicklung von Grenzleistungs-Turbogeneratoren*“, Proc. 43. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium IWK'98, Ilmenau, Germany, September 21-24, 1998, Vol. 4, pp. 219-224
- /98.No-Pu-Ne-Ro-Ke-Je/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Nern, H.-J.; Roemer, R.; Kern, P.; Jelali, M.; „*State-Observer Design and Verification towards Developing an Integrated Flatness-Thickness Control System for the 20 Roll Sendzimir Cluster Mill*“, Proc. of the 7th Int. Conference on Steel Rolling, Tokyo, Japan, November 9-11, 1998, pp. 124-129
- /99-1.No-Gr-Ab-Pu-Za/ Nour Eldin, H.A.; Grancharova, A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Zaprianov, J.; „*The „l.i.p.“ Gymnastic Method with Two Arm Movements for the Robot Link Parameter Identification ($D^{\wedge}D$ Robot Type, Manutec R2)*“, Proc. of the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation CIMCA 99, Vienna, Austria, February 17-19, 1999, pp. 255-261
- 210 /99-2.No-Gr-Ab-Pu-Za/ Nour Eldin, H.A.; Grancharova, A.; Abdulazim, N.; Pu, H.; Zaprianov, J.; „*Application of the „l.i.p.“ Gymnastic Method to Parameter Identification of Planar Revolute D Robot Type in the Presence of Torque Measurement Noise*“, Proc. of the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation CIMCA 99, Vienna, Austria, February 17-19, 1999, pp. 262-268
- /99.No-Ne-St/ Nour Eldin, H.A., Nern, H.-J.; Stummer, C.; „*Realisation of a Workflow and Redaction System Using MIIS and Oracle-Database*“, Euromedia 99, Munich, Germany, April 25-28, 1999
- /99-1.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „*A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part I (Space-z Complex Representation)*“, Proc. of the 1999 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering LESCOPE 99, Halifax, Canada, June 20-22, 1999, pp. 254-259
- /99-2.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „*The Novel Algebraic d^*-q^* Two Axis Theory and the Generalisation of Kovács-Rác Theory – Part II*“, Proc. of the 1999 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering LESCOPE 99, Halifax, Canada, June 20-22, 1999, pp. 260-264
- /99.No-Pu-Mi-Ne-Ke/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Mikhailov, L.; Nern, H.-J.; Kern, P. „*Optimal Control of Thickness and Flatness for the 20 Rolls Sendzimir Cold Rolling Mill*“, Proc. of the 14th IFAC World Congress, Beijing, China, July 5-9, 1999, Vol. N, pp. 481-486
- /99.Na-Le-Bo/ Nabout, A.; Lekova, A.; Boyadjiev, D.; „*A Web Learning Agent for Querying the Server Databases*“, the 14th International Symposium on Computer and Information Sciences ISCIS'99, Kusadasi, Turkey, October 18-20, 1999
- /99-3.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „*A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part I (Space-z Complex Representation)*“, IEEE Power Engineering Letters, December 1999
- /99-4.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „*A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part 2 (The Flux-Current Relation for a General Non Symmetric AC Machine)*“, IEEE Power Engineering Letters, December 1999
- /99-5.No-Ne-Ha-Le/ Nour Eldin, H.A.; Nern, H.-J.; Hachicho, O.; Lerch, E.; „*A New Formulation of the Synchronous Generator Model Using Space Hypercomplex and Quaternion – Part 3 (The Algebraic Structure of the IEC-Model Dynamics for a General AC-Machine)*“, IEEE Power Engineering Letters, December 1999
- /99.No-Pu-Ne-Je-To-Ke/ Nour Eldin, H.A.; Pu, H.; Nern, H.-J.; Jelali, M.; Totz, O.; Kern, P. „*The Hardware-In-Loop Simulations and On-line Tests of An Integrated Thickness and Flatness Control System for the 20 Rolls Sendzimir Cold Rolling Mill*“, 3rd International Conference on Modelling of Metal Rolling Processes, Dec. 13-15, 1999, London, UK