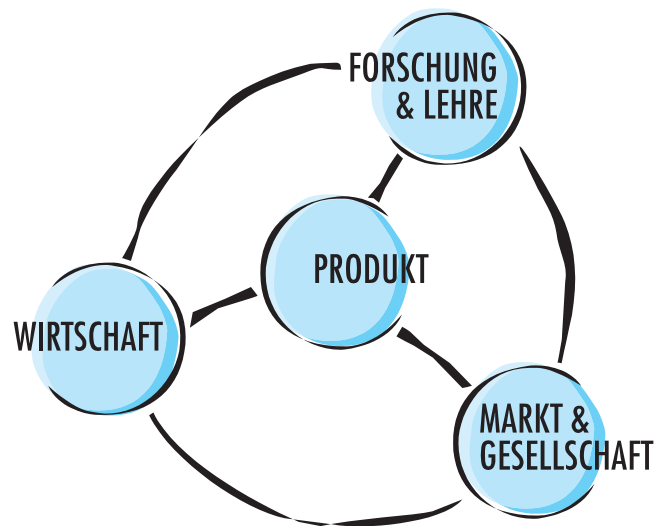


Bayerischer Forschungsverbund Systemtechnik

9 Jahre Systemtechnikforschung in Bayern



BAYERISCHER
FORSCHUNGSVERBUND
SYSTEMTECHNIK

Erlangen • München • Passau

Inhaltsverzeichnis

9 Jahre Forschungsverbund Systemtechnik – Ein Rückblick	5
Forschungsperiode 1990 - 1992	15
Forschungsperiode 1993 - 1995	31
Forschungsperiode 1996 - 1998	45
Adressen	59
Personelle Zusammensetzung	61

9 Jahre Forschungsverbund Systemtechnik – Ein Rückblick

F. Mayinger

Wir leben in einer Welt zunehmender Komplexität und dies nicht nur wegen der für den Laien und sicher auch für den Fachmann schwer zu durchschauenden Funktionalität unserer technischen Hilfsmittel. Auch unser gesellschaftliches Zusammenleben, unsere politische Ordnung, ja selbst unser privater Bereich, unterliegt immer komplizierteren Regeln oder Gebräuchen.

Eine Vielzahl von Gebrauchsgegenständen des täglichen Lebens erfordert aufgrund ihrer Komplexität die Entwicklung und Produktion des Expertenwissen unterschiedlichster Wissensgebiete. Die durch den technologischen Fortschritt und steigende Kundenansprüche notwendigen Änderungen an den Produktspezifikationen, stellen bei der Einarbeitung in den laufenden Entwicklungs- und Produktionsprozess hohe Anforderungen an die Unternehmen und können nur mit einem interdisziplinären Lösungsansatz effizient behandelt werden. Ferner ergeben sich auch in der Betriebsphase komplexer Produkte aus den Wechselwirkungen zwischen den Einzelkomponenten zahlreiche Fragestellungen, die nur durch die umfassende Betrachtung des Gesamtsystems beantwortet werden können.

Anschaulich ist der Grund für die zunehmende Komplexität am Beispiel des PKW-Motors leicht zu erklären. Die Anforderungen an die modernen PKW-Motoren sind in vielfältigerweise, nämlich hinsichtlich Brennstoffverbrauch, emissionsarme Abgase und nicht zuletzt auch Leistung, enorm gestiegen und diese Anforderungen sind nur durch eine Steuer- und Regelungstechnik höchster Perfektion zu erfüllen. Nicht nur der Motor muss höchsten Anforderungen genügen, sie bestehen für den gesamten Antriebsstrang - also einschließlich Getriebe und Achse - ja, schließlich für das gesamte Fahrzeug. Damit erhöht sich die Komplexität der Regelung und Steuerung und in gleichem Maße auch die gegenseitige Abhängigkeit der verschiedenen Komponenten untereinander.

Um Größenordnungen höher als beim Automobil ist die Komplexität moderner technischer Großanlagen in allen Bereichen, sei es in der Energietechnik, der Produktion oder der Chemie.

Große technische Anlagen sind nicht nur für den Laien in ihrer Arbeitsweise und in ihrer Funktion nicht mehr durchschaubar, sie sind auch für den Experten nur teilweise erschließbar, nämlich nur in dem Bereich, für dessen Technik er ausgebildet ist, in dem er Erfahrung hat. Für einen effizienten, wirtschaftlichen und störungsfreien Betrieb einer Anlage genügt es nicht, jeden Bereich und jede Funktionalität für sich durch den jeweiligen Experten perfektionieren zu lassen. Die gegenseitigen Abhängigkeiten der Bereiche und der wirksamen Einflussgrößen erfordert die enge Zusammenarbeit der Experten im Team und das Bewusstsein eines jeden für die Vielfalt der Interdependenzen der Einflussgrößen und damit ein tiefes Verständnis des Systems.

Was ist ein System? Viele Erscheinungen werden im üblichen Sprachgebrauch als System bezeichnet. Man spricht von Kommunikations-Systemen, von Transport-Systemen, vom Sonnen-System oder vom Wirtschafts-System.

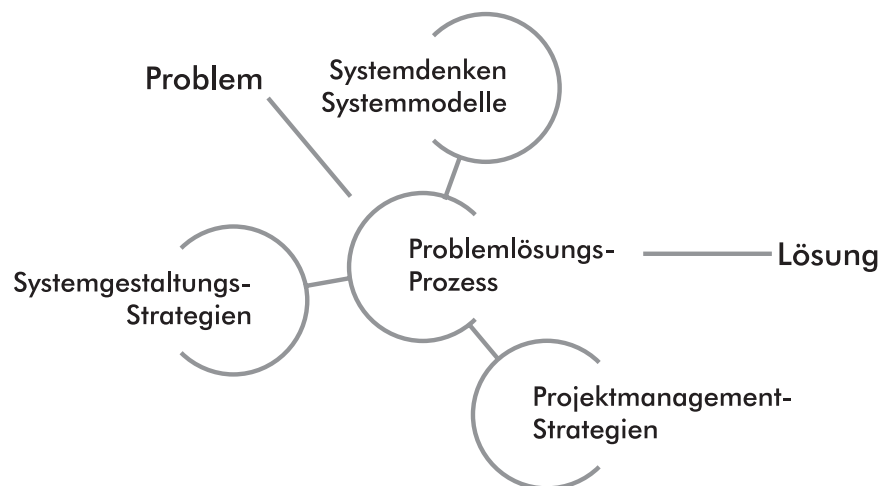


Abbildung 1: Problemlösungsprozess

Sprachlich hat das Wort System seine Wurzel im griechischen Verb $\sigma\upsilon\upsilon\iota\sigma\tau\eta\mu\iota$, was übersetzt zusammenstellen heisst. Beim Versuch den Begriff System anschaulich zu deuten, kann man vielleicht von einer Ansammlung von Teilen, Komponenten oder Individuen sprechen, die miteinander in Beziehung stehen, und die über ihre Interaktionen ein Ganzes bilden.

Systemverständnis heisst also, über die Wechselwirkungen der einzelnen Teile für das Funktionieren des Ganzen Bescheid zu wissen, um eine Anlage zu planen, sie zu betreiben und auftretende Probleme wirksam lösen zu können.

Die Lösungssuche im Problemlösungsprozess beginnt zunächst mit dem Aufbau eines problemadäquaten Modells, in dem die vielfältigen Funktionen und Aufgaben eines Produktes oder auch einer Organisation möglichst realitätsnah nachgebildet werden (Abb. 1). Das Know-how verschiedener Fachrichtungen wird in der Gestaltung des Systems in den Problemlösungszyklus eingebracht. Die Strategien zur Systemgestaltung sind hierbei sehr eng vernetzt mit den Methoden des Projektmanagements, die für die Organisation von Problemlösungsvorgängen unentbehrlich sind. Aufgabe des Ingenieurs ist es Systemverständnis und Wissen in Können für Planung, Betrieb und Problemlösung umzusetzen, also Systemtechnik oder, wie es im Angelsächsischen heisst, Systems-Engineering zu betreiben. Systemtechnik hat aber auf allen drei Ebenen, der Planung, dem Betrieb und der Problemlösung auch eine erhebliche

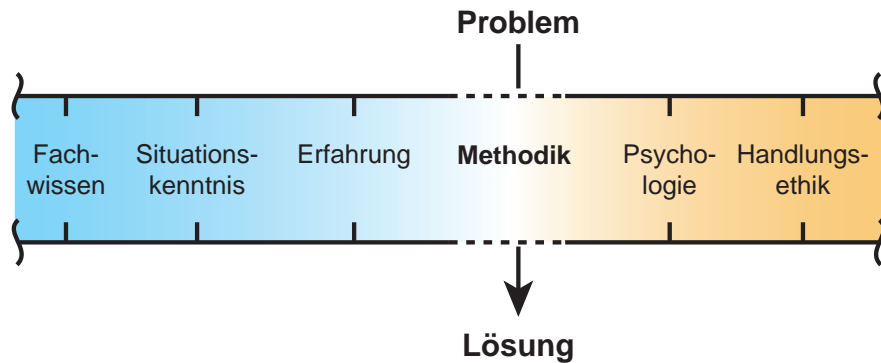


Abbildung 2: Einflussfaktoren bei der Problemlösung

psychologische Komponente (Abb. 2). Das Team, das die Aufgabe der Problemlösung übernommen hat, muss nicht nur Fachwissen, Situationskenntnis und Erfahrung mitbringen. Es muss in gewissem Maße auch psychologische Schulung aufweisen und last not least, der Handlungsethik verpflichtet sein. Damit wachsen die Anforderungen und der Umfang einer Ausbildung in Systemtechnik oder in Systems-Engineering, und damit auch das dazugehörige Forschungsfeld in erheblichem Maße.

Vor dieser Situation stand im Jahre 1988 eine, im Auftrag des bayerischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst - damals waren Unterricht und Kultus sowie Wissenschaft, wie heute wieder, in zwei verschiedenen Ressorts angesiedelt - tätige Arbeitsgruppe zur „Förderung der Systemtechnik in Bayern“, die sich mit der Frage beschäftigte, wie die Systemtechnik in Forschung und Lehre besser integriert werden könnte. In Zusammenarbeit von Vertretern aus Wirtschaft und Hochschule wurden damals Anregungen für Lehrveranstaltungen erarbeitet und flankierend dazu Vorschläge und Themen für ein erstes Forschungsprogramm entwickelt, das als enge

Kooperation zwischen bayerischen Hochschulen und bayerischen Wirtschaftsunternehmen konzipiert wurde.

Aufbauend auf diesem inhaltlichen Konzept, konstituierte sich im Jahre 1989 der Bayerische Forschungsverbund Systemtechnik als enge Kooperation zwischen Hochschule und Wirtschaft.

Neben der Forschung engagiert sich der Bayerische Forschungsverbund Systemtechnik seit seiner Gründung auch in der Lehre und so fließen die in den Forschungsprojekten gewonnenen Resultate unmittelbar in das universitäre Ausbildungsprogramm der drei darin seit 1990 beteiligten Universitäten, nämlich der Universität Erlangen-Nürnberg, der Technischen Universität München und der Universität Passau, ein (Abb. 3).

Wichtiges Ziel des Bayerischen Forschungsverbundes Systemtechnik war und ist auch der Technologie- und Know-how-Transfer zwischen Hochschule und Wirtschaft im Sinne einer Interaktion, also keineswegs im Einbahnverkehr. Neue Erkenntnisse aus Forschungsprojekten der Hochschulinstitute sollen möglichst rasch und unmittelbar in die Wirtschaft gelangen und

Anregungen und Problemstellungen, aber auch Know-how sollen aus der Wirtschaft in die Universitäten fließen.

Die Arbeitsgruppe des damaligen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst stand aber

begrenzt, ja, man muss vielleicht sogar sagen beschränkt, werden.

Wie erwähnt setzt sich der Bayerische Forschungsverbund Systemtechnik aus einzelnen Lehr- und Forschungseinrichtungen

den Industrieunternehmen wird eine besonders effiziente Forschungsarbeit erreicht.

In der ersten Phase seiner Aktivitäten, einer sicher noch orientierenden Phase, widmete sich der Forschungsverbund aktuel-

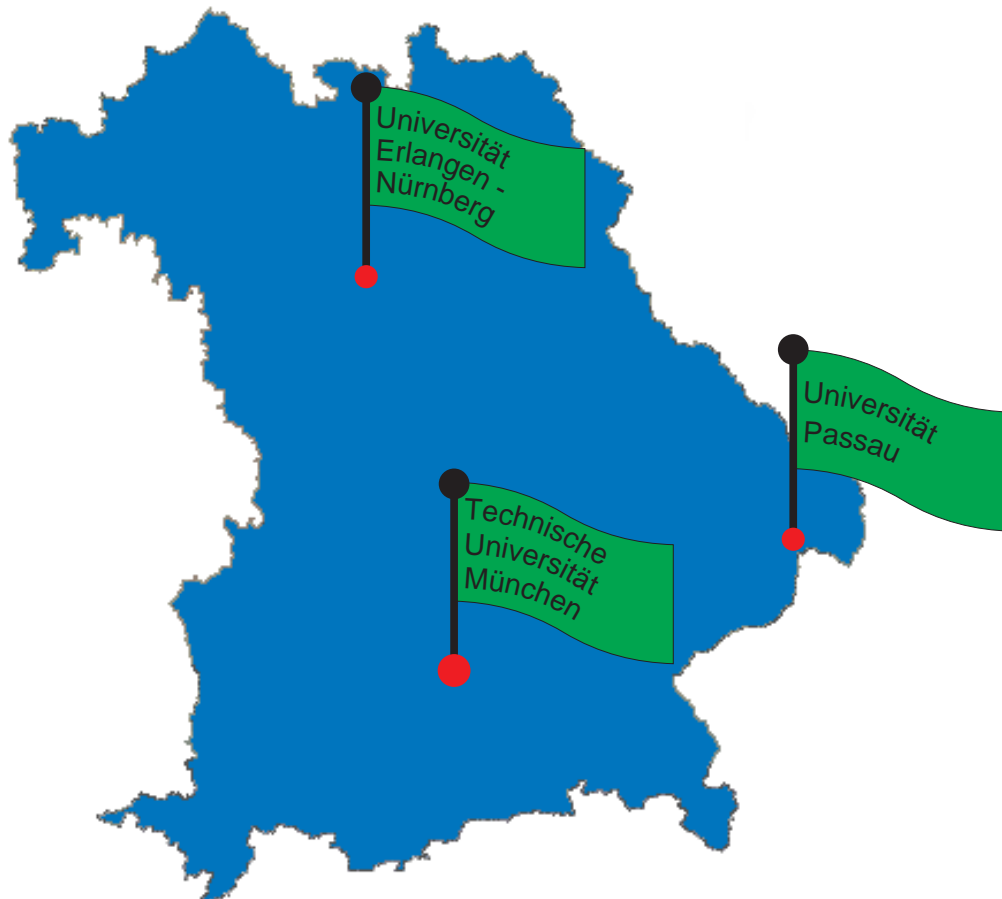


Abbildung 3: Standorte

auch vor der Frage des Machbaren. So sehr die Einbindung psychologischer Inhalte und sozialer Randbedingungen in den Forschungsverbund auch wünschenswert gewesen wäre, so musste man sich doch aus verschiedenen Gründen auf Themen aus den Naturwissenschaften, den Ingenieurwissenschaften und den Wirtschaftswissenschaften beschränken. Die Arbeiten sollten zunächst auf die beim Planen und Betreiben von Anlagen unmittelbar zusammenspielenden Bereiche

der Universität Erlangen-Nürnberg, der Technischen Universität München und der Universität Passau zusammen. In die Kooperation der Institute unterschiedlicher Fachrichtungen sind zahlreiche Unternehmen der bayerischen Wirtschaft mit eingebunden (Abb. 4). Durch die enge Verknüpfung der Hochschulinstitute der Fachbereiche Maschinenwesen, Elektrotechnik, Physik und Informatik im Systemtechnikverbund und die unmittelbare Einbindung praktischen Wissens aus

den Fragen der Prozesssteuerung, gegliedert in die Bereiche

- Diskontinuierliche Prozesse
- Kontinuierliche Prozesse
- Informationelle Prozesse

Im erstgenannten Bereich arbeiteten aus den Hochschulen Lehrstühle der Betriebswissenschaften, der Fertigungsautomatisierung und der Wirtschaftswissenschaften mit Unternehmen der Automobilindustrie und der Elektrotechnik zu-

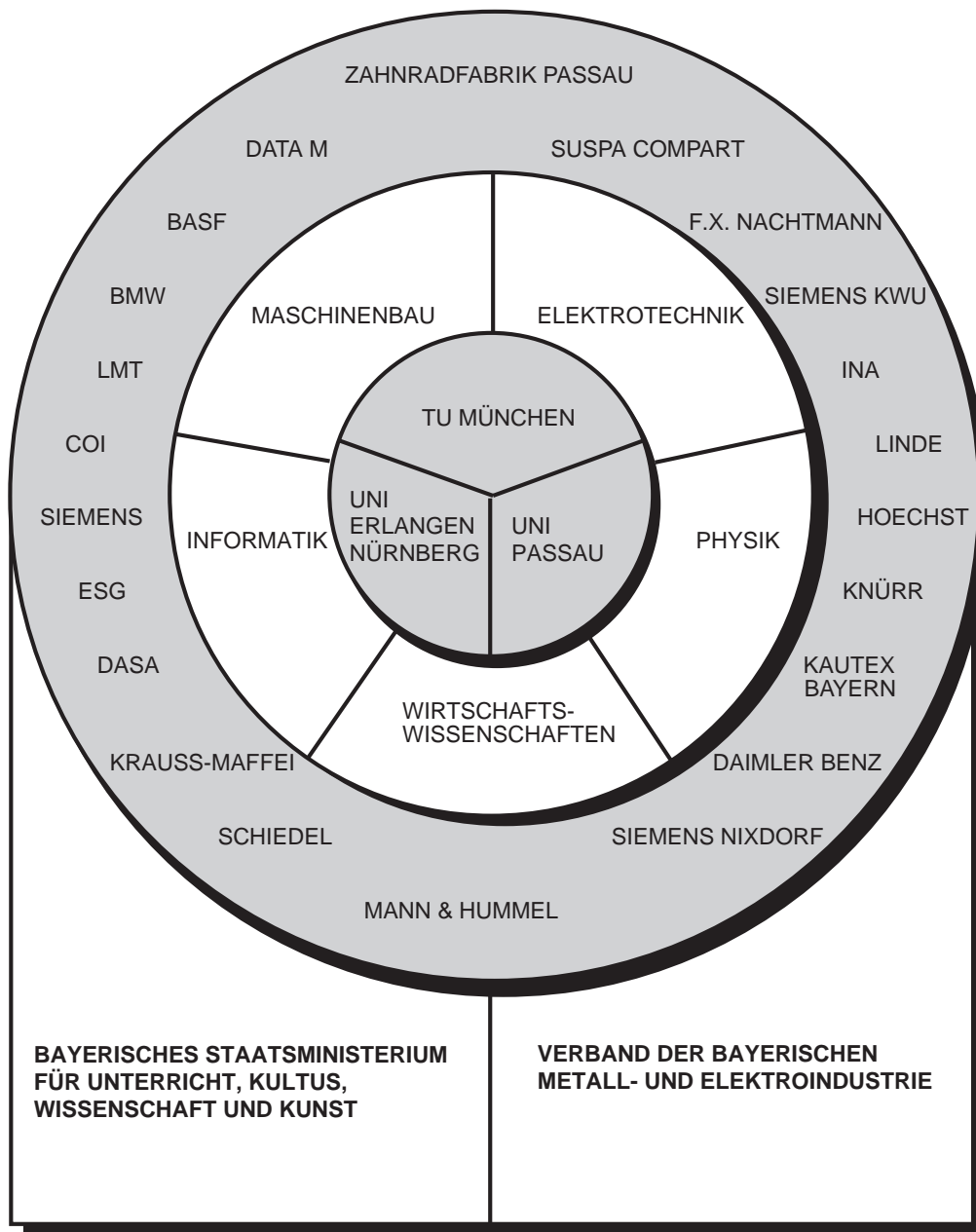


Abbildung 4: Organisation des Forschungsverbundes

sammen. Die Themen behandelten Fragen aus der Logistik, der Produktionskontrolle, der Montagetechnik bis hin zur Anlagenplanung.

Für die Betrachtung kontinuierlicher Prozesse sind einerseits Systemtheorie und Systemtechnik, stimuliert durch die langjährige Entwicklung im Kraftwerks- und im Chemie-Anlagenbau, sehr gut entwickelt, andererseits aber gerade dort mit besonderen Aufgaben

behaftet. Letzteres resultiert aus dem zunehmenden Zwang sparsamer Energienutzung, rohstoffschonender Verarbeitung, geringer ökologischer Belastung und hohen Sicherheitsstandards.

Großunternehmen und mittelständische Betriebe sehen sich diesen Problemen gleichermaßen ausgesetzt, jedoch mit dem Unterschied, dass das mittelständische Unternehmen meist nicht in ausreichendem

Maße über Know-how und Mitarbeiterpotential verfügt, um systemtechnische Analysen und daraus resultierende neue Entwicklungen zur Optimierung eines sicheren, ressourcen- und energieschonenden Betriebes durchzuführen.

Im Projektbereich „Kontinuierliche Prozesse“ wurde deshalb besonderer Wert auf die Kooperation mit mittelständischen Unternehmen gelegt. Hier arbeiteten Lehrstühle der Rege-

lungstechnik, der Physik, der Thermodynamik sowie der Datenverarbeitung und Informatik

sammenarbeit zwischen den einzelnen Projekten besser zu nutzen und durch gezieltere

gnose, dem Controlling und der Produktionsregelung. Im Projektbereich „Systemoptimierung“ stand die Optimierung von Energiewandlungssystemen und Produktionssystemen im Vordergrund. Schließlich behandelte der Projektbereich „Projektentwicklung“ Fragen der Produktentwicklung und der Auftragsabwicklung.

- **Diskontinuierliche Prozesse**
- **Kontinuierliche Prozesse**
- **Informationelle Prozesse**

Abbildung 5: Themenbereiche der 1. Forschungsperiode

mit mittelständischen Unternehmen, aber auch mit der Firma Siemens zusammen und befassten sich mit Fragen der thermodynamischen und wirtschaftlichen Interaktion der Optimierung zwischen Energieverbund und Reststoffbehandlung bis hin zur Überwachung kontinuierlicher Prozesse und zum Einsatz von Modellbeschreibungen.

Im Projektbereich „Informationelle Prozesse“ haben sich in der ersten Arbeitsphase schließlich Lehrstühle der Betriebswirtschaftslehre, der Fertigungstechnik und der Betriebswissenschaften mit Unternehmen der Elektrotechnik sowie des Maschinen- und Anlagenbaus zusammengefunden, um ein weites Gebiet der systemtechnischen und systemorientierten Informationsverarbeitung mit unterschiedlichen Zielrichtungen zu untersuchen, die sich über den gesamten Bereich der Produktions- und Unternehmensstruktur erstrecken. Anwendungsgebiete waren die Qualitätssicherung, die Produktionsregelung und neue Fabrikstrukturen.

Die Planung für die zweite 3-jährige Arbeitsphase konnte schließlich auf genügend Erfahrung zurückgreifen, um Synergie-Effekte bei der Zu-

Themenstellung den Systemgedanken bei den in den Projekten beteiligten Mitarbeitern zu stärken. Die Arbeiten konzentrierten sich jetzt auf systemtechnische Fragestellungen der Modellbildung, der Diagnose, der Optimierung und der Projektentwicklung.

Auf der Hochschuleseite hatte sich die Auslese der kooperierenden Partner bewährt, so dass hier wenig Wechsel erfolgte. Anders in der Wirtschaft. Hier fühlten sich durch die neue Themenstellung weitere Industriepartner angesprochen.

Im Projektbereich „Systemmodelle“ wurden Fragen der Montagetechnik, der Anlagenplanung und der Simulation von Planungs- und Produktprozessen behandelt. Der Projektbereich „Systemdiagnose“ widmete sich insbesondere den Problemstellungen der Qualitätssicherung, der Produktionsdia-

In der 3. ebenfalls dreijährigen Phase wandte sich der Forschungsverbund Fragen der Sicherheit im weiten Sinne zu.

Einerseits wurde gerade in jüngster Zeit die Öffentlichkeit im Hinblick auf vermutete oder mögliche Gefahren, die aus technischen Anlagen resultieren können, zunehmend sensibilisiert und andererseits vermehrt die zunehmende Komplexität und die Vielfalt sowie gegenseitige Abhängigkeiten wirksamer Einflussgrößen in modernen Großanlagen, die Anfälligkeit für Störungen, so dass besondere Maßnahmen ergriffen werden müssen, um Fehlfunktionen zu beherrschen und zu eliminieren. Die Sicherheit moderner Produktionsstätten ist damit ein nicht nur gesellschaftspolitisch, sondern auch wirtschaftlich hochaktuelles Thema.

Sie erfordert wegen der durch die technische Entwicklung erwähnten stark gestiegenen

- **System Modelle**
- **System Diagnose**
- **System Optimierung**
- **Projektentwicklung**

Abbildung 6: Themenbereiche der 2. Forschungsperiode

Komplexität der Anlagen äußerst tiefgreifende Systemanalysen, um auch sehr unwahrscheinliche, eine Störung oder einen Störfall einleitende Ereignis-Sequenzen, so zu beherrschen, dass es nicht zum Unfall kommt und die Anlage wieder

lage beginnen bereits bei deren Planung. Es ist ein geflügeltes Konstrukteur-Wort, dass die schlimmsten Fehler - hinsichtlich Qualitäts- und Betriebssicherheit - diejenigen sind, die man hineinkonstruiert. Studien und Analysen zur Planungssicherheit

und es besteht sogar die Gefahr eines Unfalls. Deshalb kommt neben der Planungssicherheit auch der Gewährleistung der Betriebssicherheit große Bedeutung zu. Auch sie ist ein umfassendes systemtechnisches Thema.

- **Planungssicherheit**
- **Betriebssicherheit**
- **Störfallsicherheit**

Abbildung 7: Themenbereiche der 3. Forschungsperiode

in den sicheren, bestimmungsgemäßen Betrieb übergeführt wird. Die Anlagen der Chemie und der Energieversorgung weisen eine so komplizierte Verschaltung ihrer Komponenten und eine aufwendige, computergesteuerte Regelung ihrer Apparate und Maschinen auf, dass sich Sicherheitsbetrachtungen nicht mehr auf einfache und separate Kriterien, wie zum Beispiel druckfeste Auslegung, Materialqualität oder Zuverlässigkeit der Steuerung, beschränken können, sondern es müssen die Wechselwirkungen zwischen Anlagenteilen und daraus resultierenden Gefahren für die Fortpflanzung von Fehlern oder Störungen im Vordergrund sicherheitstechnischer Untersuchungen stehen. Wirtschaftliche Gesichtspunkte machen es notwendig, bei Auftreten einer Störung möglichst nicht die gesamte Anlage aus der Produktion zu nehmen, sondern nur davon betroffene Teile oder Abschnitte kurzzeitig stillzulegen.

Systemtechnische Überlegungen für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb einer An-

sind deshalb ein notwendiger, integraler Bestandteil aller Sicherheitsbemühungen.

Planungssicherheit ist aber auch allein als wirtschaftlicher Faktor zu sehen und erfordert deshalb auch Systemanalysen, die den finanziellen und zeitlichen Aufwand bei der Herstellung einer Anlage, aber auch bei der Produktion von Massengütern minimieren und auch bei evtl. notwendig werdenden Planungsänderungen den geregelten Ablauf von Herstellung und Produktion garantieren.

Produktionsausfälle aber auch Unfälle entwickeln sich fast immer aus kleinen, für sich scheinbar unbedeutenden, Ereignissen - also Störungen - in der Anlage. In den meisten aller Fälle beherrscht das automatische Regelsystem solche kleine Störungen und bringt die Anlage rasch wieder in den Normalbetrieb zurück. Spielen jedoch zufällig oder als Folgeerscheinungen von Fehlern zwei oder drei zunächst kleinere Störungen zusammen, so kann die Notwendigkeit zur Notabschaltung der Anlage gegeben sein,

Zur Gewährleistung und Verbesserung moderner technischer Anlagen und Produktionsstätten sind deshalb Systemanalysen mit mehrdimensionalem Vorgehen notwendig. Aber nicht nur die großtechnische Anlage oder Produktionsstätte selbst, ist ein hinreichend kompliziertes und in ihren Komponenten engvernetztes System, auch die Vernetzung zwischen Planung, Betrieb sowie Schutz- und Sicherheitseinrichtungen, bietet ein kompliziertes, wenn auch immaterielles, System. Der Forschungsverbund Systemtechnik hat sich deshalb in seiner dritten, jetzt ablaufenden, Projektphase, dem Thema Sicherheit komplexer, technischer Systeme gewidmet. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Arbeiten liegen auf der Anwendung systemtechnischer Lösungsmethoden und der Nutzung integraler Betrachtungsweisen für sicherheitstechnische Analysen, wie sie die Systemtechnik bietet.

Die enge Verknüpfung zwischen Hochschule und Wirtschaft, die sich bei den bisherigen Arbeiten des Forschungsverbundes als grundlegend für die Effizienz und für den Erfolg erwiesen hat, wurde beibehalten. Auch in dieser dritten Bewilligungsperiode arbeiteten in jedem Projekt ein Hochschulinstitut und ein oder auch mehrere Industrieunternehmen eng zusammen.

Adam Opel AG	innovative software technologie GmbH
Agfa AG	Kautex-Werke Bayern GmbH
Audi AG	Knürr AG
BASF AG	Krauss Maffei AG
Bayernwerk AG	KUKA Wehrtechnik GmbH
BMW AG	Linde AG
Boston Consulting Group	LMT GmbH
Brau-Control Steuerungstechnik GmbH	Loctite GmbH
Christian Seltmann GmbH	Loos International GmbH
COI GmbH	MAN AG
Consult GmbH	Mann & Hummel GmbH
Daimler-Benz AG	Molkerei Müller
data M GmbH	Motorenfabrik Hatz GmbH & Co. KG
Digital Equipment GmbH	Océ Printing Systems GmbH
Dornier Luftfahrt GmbH	Rohde & Schwarz GmbH
ESG GmbH	Schnupp GmbH & Co. KG Hydraulik
Eurocopter Deutschland GmbH	Siemens AG
F.X. Nachtmann GmbH	Siemens Nixdorf AG
Faserwerk Kelheim GmbH	SUSPA Compart AG
Force Computers Inc.	Telenorma GmbH
Heinz Hurth Maschinenvertrieb GmbH	Tharsos AG
Hewlett-Packard GmbH	TÜV Bayern Sachsen
Hoechst AG	Zahnradfabrik Passau GmbH
igm-Robotersysteme AG	Zeuna Stärker GmbH & Co. KG
INA Wälzlager Schaeffler KG	ZSO GmbH

Abbildung 8: Auswahl von Kooperationspartnern und Interessenten aus der Wirtschaft

Einige Zahlen mögen die Aktivitäten des Forschungsverbundes quantifizieren und vielleicht auch das Interesse der Wirtschaft an seinen Arbeiten demonstrieren.

Der Forschungsverbund hat in den vergangenen neun Jahren 33 Projekte bearbeitet, an denen Lehrstühle in den Hochschulen, Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Universität München und Universität Passau zusammen mit 23 baye-

rischen Unternehmen tätig waren. Nachweislich und im einzelnen nachvollziehbar, haben weitere 44, vorwiegend bayerische, Unternehmen aus den Ergebnissen dieser Arbeiten Nutzen gezogen (Abb 8).

Sechs Existenzgründungen gingen aus dem Forschungsverbund hervor.

Finanziell wurde der Forschungsverbund überwiegend, nämlich zu fast 70% von der

bayerischen Wirtschaft getragen (Abb. 9.).

Die finanziellen Aufwendungen für den Forschungsverbund betrugen in den vergangenen neun Jahren insgesamt 42,4 Mio DM. Davon stammen 13,8 Mio DM vom bayerischen Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst, die ausschließlich den Hochschulinstitutionen zufließen. Der Verband der bayerischen Metall- und Elektroindustrie fi-

nanzierte die Arbeiten der Hochschulinsti- tute mit 6,75 Mio DM. Die Partner aus der Indu-

Wirtschaftsunternehmen, zu- sammen. Analog zu den sin- kenden Studentenzahlen in den

Die Auswahl der Themen ori- entierte sich einerseits am fach- lichen Postulat, andererseits

Fördermittel in Mio. DM

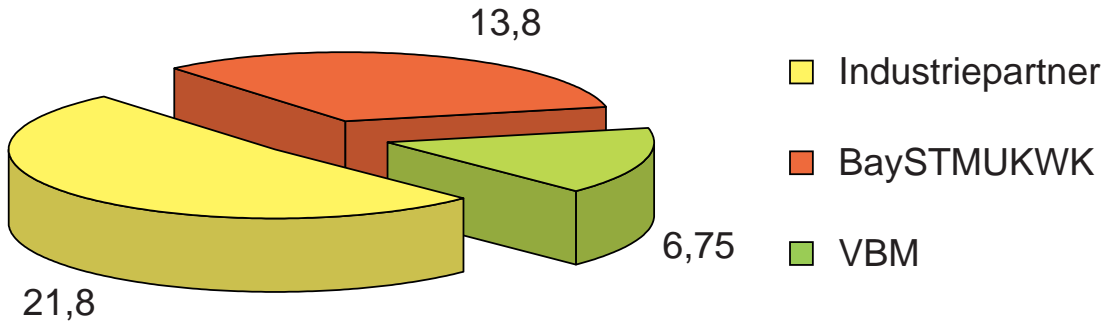


Abbildung 9: Finanzierung des Forschungsverbundes

strie schließlich brachten 21,8 Mio DM auf.

In seinen Ringvorlesungen ver- mittelte der Forschungsverbund, aufsummiert über die 9 Jahre seines Bestehens, rund 1.400 Hörern Systemwissen und regte sie an zum Systemdenken (Abb. 10). Das Auditorium setzte sich besonders in der 2. und 3. Phase seines Bestehens zu- nehmend aus Vertretern der Praxis, also Mitarbeitern von

Ingenieur- und Naturwissen- schaften, ging im Laufe der Jah- re leider auch die Zahl der stu- dentischen Teilnehmer an den Ringvorlesungen zurück.

Diese Ringvorlesungen wurden an allen drei beteiligten Univer- sitäten angeboten, an deren Gestaltung Persönlichkeiten aus den Universitäten und aus der Wirtschaft gleichermaßen betei- ligt waren.

wurde aber auch versucht, fachübergreifende Aspekte, ge- sellschaftlicher, juristischer oder auch sozialpolitischer Art, die im übergreifenden Sinne system- immanent sind, mit einzubezie- hen. Einige wenige und willkür- lich herausgegriffene Beispiele aus den Themen der Ringvor- lesungen zeigt Abbildung 11.

Die Ringvorlesungen waren und sind aber keineswegs den Mitt- wochnachmittags-Schlaf be-

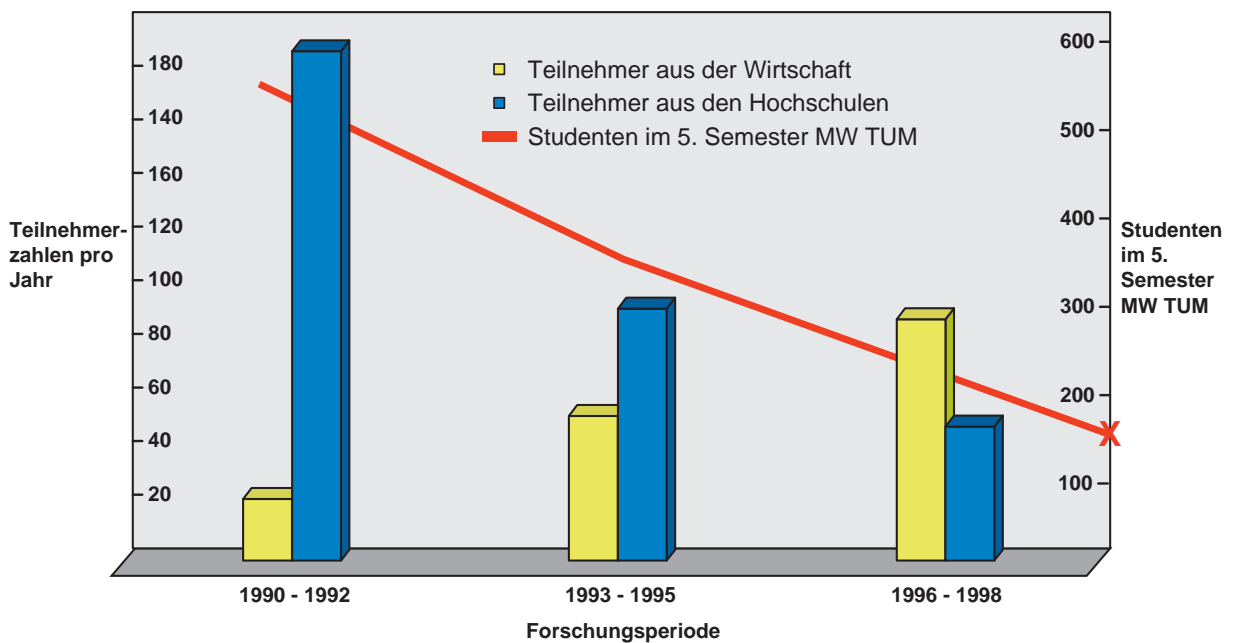


Abbildung 10: Entwicklung der Teilnehmerzahlen in der Ringvorlesung

gleitende Berieselungsveranstaltungen. Die Studenten waren eingeladen über das in den Ringvorlesungen erworbene Wissen am Ende jedes Semesters eine Prüfung abzulegen

schaft waren es vor allem Herr Stärker und auch Herr Bayer, aus dem Hause VBM, die den Forschungsverbund mit initiierten. Ich möchte aber auch, wenn auch leider posthum, an

Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Dr.-Ing. E.h. Joachim Milberg
Vorsitzender des Vorstands der BMW AG, München

Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans-Kurt Tönshoff,
Universität Hannover, Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen

Ministerialdirigent Dr. Hans Zimmermann,
Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst

und als Beiratsvorsitzender

Dipl.-Kfm. Hubert Stärker
Geschäftsführer der Zeuna-Stärker GmbH & Co. KG,
Ehrevorsitzender des Verbandes der Bayerischen Metall- und Elektroindustrie

berufen wurden. Haben Sie herzlichen Dank für Ihre richtungweisenden Ratschläge und für Ihre stets konstruktive Kritik.

- Evolutionäre Algorithmen für die Systemanalyse
- System- und umweltverträgliche Gestaltung und Entwicklung von Unternehmen
- Systemtechnische Ansätze bei der Synthese und Optimierung verfahrenstechnischer Prozesse
- Wohlstand durch Wissen
- Optimierung von Geschäftsprozessen und Organisationsstrukturen
- Innovationsmanagement am Beispiel der Mikrosystemtechnik
- Systembetrachtungen bei der Elektrischen Energieversorgung
- Der industrielle Auftragsdurchlauf - Disposition und Optimierung

Abbildung 11: Ausgewählte Themen der Ringvorlesung

und mehr als 80% bis 90% der Studenten haben diese Einladung auch angenommen. Sie erhielten ein Zertifikat über die erbrachte Leistung mit einer Notenbewertung.

Zum Schluss darf ich als Sprecher des Forschungsverbundes Systemtechnik noch meinen ganz herzlichen Dank an alle aussprechen, die zum Gelingen und zum Erfolg dieses Forschungsverbundes beigetragen haben. Zuallererst gilt dieser Dank Herrn Staatsminister Zehetmair und seinem Hause, nicht nur für die finanzielle Unterstützung, sondern auch für Rat und Tat, die wir aus dem Kultusministerium, insbesondere auch von Herrn Großkreutz erfahren durften. Aus der Wirt-

Herrn Köhne, ehemaliges Vorstandsmitglied der BMW AG erinnern, der damals auch wesentlich dazu beitrug, dass dieser Forschungsverbund auf den Weg gebracht werden konnte. Haben Sie alle herzlichen Dank dafür.

Danken möchte ich auch dem Beirat des Forschungsverbundes in den vom bayerischen Kultusministerium die Herren

Professor Dr.-Ing. Matthias Bohnet,
Technische Universität Braunschweig, Institut für Verfahrens- und Kerntechnik

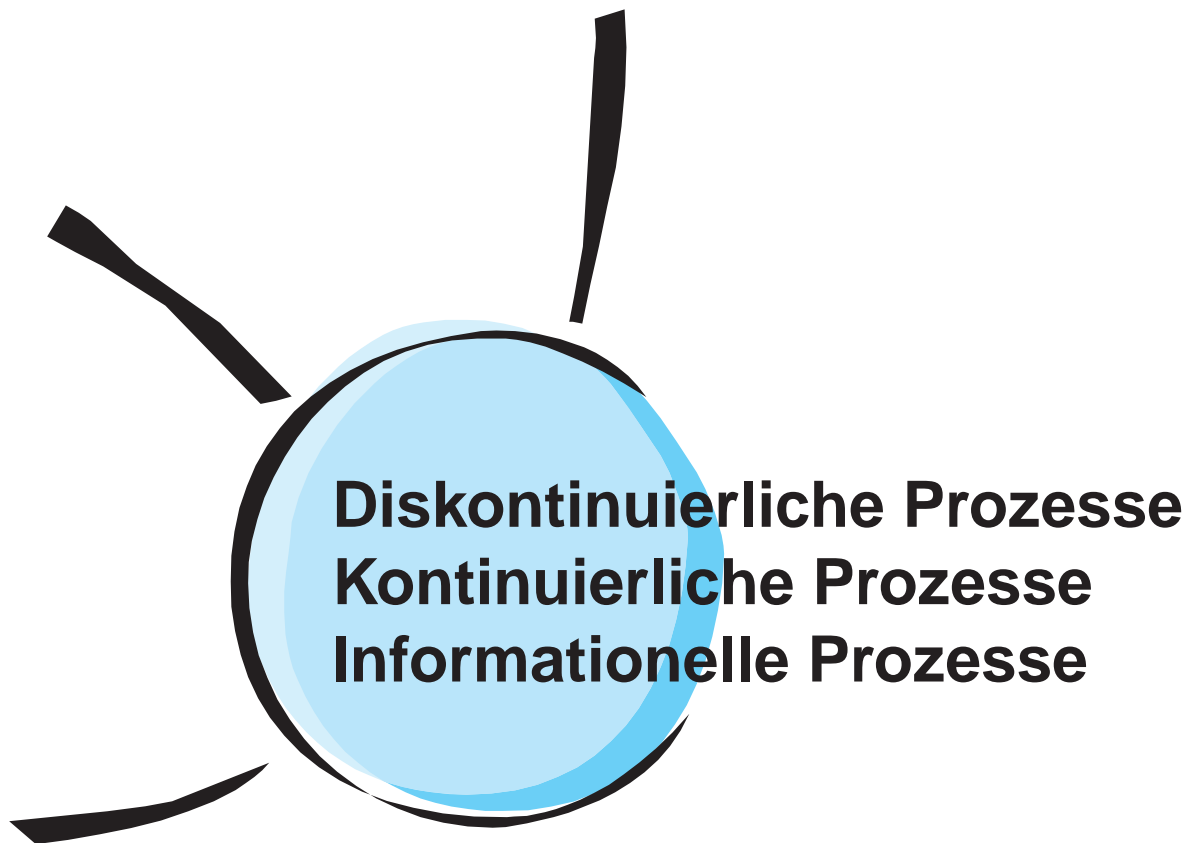
Dipl.-Ing. Dieter Jensen,
Mitglied des Vorstands der König + Bauer AG, Würzburg

Danken möchte ich selbstverständlich auch allen aus Wirtschaft und Hochschulen, die im Forschungsverbund mitgearbeitet haben, angefangen vom Vorstand, der mich immer tatkräftig unterstützte über die Projektleiter bis zu den Bearbeitern der verschiedenen Forschungsvorhaben.

München, den 31.12.1998

F. Mayinger
Sprecher des Bayerischen Forschungsverbundes Systemtechnik

**Forschungs-
Periode
1990 - 1992**



DISKONTINUIERLICHE PROZESSE

Prof. Ehrlenspiel, Prof. Igenbergs, Technische Universität München	BMW AG, München	Systemtechnische Zusammenhänge zwischen Automobileigenschaften und - funktionsstruktur
Prof. Milberg, Technische Universität München	BMW AG, München	System zur rechnergestützten Anlagenplanung am Beispiel des Automobilrohbaus
Prof. Feldmann, Universität Erlangen-Nürnberg	BMW AG, München	Systemoptimierung in der Montage- technik - Simulation als Beispiel interdisziplinärer Zusammenarbeit
Prof. Wildemann, Technische Universität München	Siemens AG, München	Systemorientiertes Produktionscontrolling
Prof. Wildemann, Technische Universität München	Audi AG, Ingolstadt	Optimierung des Behälterkreislaufes zwischen Zulieferanten und Industrie- unternehmen

KONTINUIERLICHE PROZESSE

Prof. Alefeld, Technische Universität München	Siemens KWU AG	Verknüpfung von thermodynamischer und wirtschaftlicher Optimierung
Prof. Mayinger, Technische Universität München	F.X. Nachtmann GmbH, Neustadt a.d. Waldnaab Christian Seltmann GmbH, Weiden i.d. Opf.	Systemanalyse und Optimierung des Energieverbundes und der Reststoff- behandlung in mittelständischen Unternehmen
Prof. G. Schmidt, Technische Universität München	ESG GmbH, München Hoechst AG, Gendorf	Verfahren zur intelligenten Über- wachung kontinuierlicher Prozesse der chemischen Verfahrenstechnik
Prof. B. Schmidt, Universität Passau	Siemens AG, München	Systemtechnik und Systemsimulation - Einsatz der Modellbeschreibungssprache SIMPLEX-MDL in der Praxis

INFORMATIONELLE PROZESSE

Prof. Wildemann, Technische Universität München	Krauss Maffei AG, München	Regelorientiertes PPS-System für neue Fabrikstrukturen
Prof. Feldmann, Universität Erlangen-Nürnberg	Siemens AG, Erlangen	Systemkonzept zur prozeßbegleitenden Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion
Prof. Milberg, Technische Universität München	Siemens Nixdorf, Informationssysteme AG, Poing	Verfahren zur Produktionsregelung für die Serienfertigung variantenreicher Produkte am Beispiel von Kommuni- kationsendgeräten

Systemtechnische Zusammenhänge zwischen Automobileigenschaften und - funktionsstruktur

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. K. Ehrlenspiel
Lehrstuhl für Konstruktion
im Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. E. Igenbergs
Lehrstuhl für Raumfahrttechnik
Technische Universität München

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. E. Steinmeier
Dipl.-Ing. C. Walther

Industriepartner:

BMW AG

Ausgangssituation

Die Entwicklung eines modernen Automobils ist ein hochkomplexer Vorgang, in dem das zu entwickelnde Produkt mit den Wünschen und Anforderungen der Kunden in Einklang gebracht werden muß. Gerade die vielen Arbeitsschritte zwischen dem Kundenwunsch und dem fertigen Produkt führen jedoch dazu, daß die alles entscheidende Kundensicht auf das zu entwickelnde Automobil häufig in den Hintergrund gerät.

Verknüpfung der Marktanforderungen mit der Funktionsstruktur

Ziel des ersten im Rahmen von FORSYS durchgeführten Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Verfahrens zur Untersuchung der systemtechnischen Zusammenhänge zwischen den Automobileigenschaften und seiner Funktionsstruktur. In der praktischen Anwendung können damit die Wünsche des Kunden und des

Marktes an die Eigenschaften eines Automobils besser mit seiner Funktionsstruktur in Einklang gebracht werden. Änderungen an der Funktionsstruktur des Produkts können so auf ihre Auswirkungen auf die Produkteigenschaften und damit auf die Erfüllung der Marktanforderungen hin überprüft werden. Die Gefahr des Abweichens der Produkteigenschaften von den Marktanforderungen soll so von vornherein vermindert werden.

Systemtechnische Modellbildung

Die Modellierung von Systemen baut auf den Grundbegriffen der Formalisierung auf. Die zentrale Forderung ist eine möglichst genaue Abbildung eines realen Systems im Modell mit allen relevanten Systemparametern. Da von Beginn an nicht abzuschätzen ist, welche Systemparameter in das Modell aufgenommen werden müssen, wurde eine flexible Modellierungsmethode gewählt.

Bisherige Modelle zeigen ein System meist nur aus einer Blickrichtung. Dies reduziert den Aussagegehalt des Modells und erschwert die Überführung in andere Modellierungsverfahren. Angestrebt wurde deshalb eine Methode, die eine ganzheitliche Systembetrachtung unter verschiedenen Gesichtspunkten ermöglicht. Der hierarchische Aufbau des Modells erleichtert seine schrittweise Erweiterung und flexible Anpassung an veränderte Bedingungen.

Das Informationssystem AUTOSYS

Die entwickelte Methodik zur systemtechnischen Modellierung wurde in dem Informationssystem AUTOSYS umgesetzt. Das rechnergestützte Pro-

duktmodell AUTOSYS soll in seiner höchsten Ausbaustufe in der Lage sein, ein Kraftfahrzeug in seiner Gesamtheit zu simulieren und dem Entwicklungsingenieur eine neue Art der Prototypenerstellung zu ermöglichen. Derzeit befindet es sich beim Projektpartner BMW im Pilot-einsatz.

Auf Basis einer relationalen Datenbank bildet AUTOSYS die qualitativen Zusammenhänge zwischen den Fahrzeugkomponenten und der Vielfalt der Anforderungen ab. Auf diese Weise ist es für den Benutzer möglich, Parameteränderungen bidirektional zu analysieren. Wird z. B. über die Veränderung eines bestimmten Bauteils nachgedacht, so liefert AUTOSYS alle von dieser Veränderung betroffenen Bauteile ebenso, wie die damit verknüpften Anforderungen. Umgekehrt lassen sich auch gewandelte Anforderungen auf ihre Auswirkungen im Produkt hin untersuchen.

In weiteren Entwicklungsstufen soll AUTOSYS die Relationen zwischen den Teilen des Systems Automobil nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ modellieren. Auf diese Weise soll nach und nach eine immer aussagekräftigere Simulation der Abhängigkeiten der Teilsysteme untereinander möglich werden.

System zur rechnergestützten Anlagenplanung am Beispiel des Automobilrohbaus

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. J. Milberg
Technische Universität München

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. M. Schöpf

Industriepartner:

BMW AG

Ausgangssituation

Die Schnelligkeit und Reaktionsfähigkeit eines Unternehmens gewinnt immer mehr an Bedeutung. Durch Automatisierung und Rechnerintegration wurde ein Komplexitätsgrad erreicht, der sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln im Planungs- und Steuerungsbereich nur un-

zureichend beherrschen läßt.

Ziele und Vorgehensweise

Die Ziele des Projekts lagen in der Verkürzung der Entwicklungszeit, dem Einsatz paralleler Arbeitstechniken, der Herstellung von transparenten Abläufen und der Integration von Hilfsmitteln (siehe Abbildung).

Aufbauend auf Methoden der Systemtechnik in Verbindung mit bereichsspezifischem Wissen (Planungserfahrung, Schweißtechnik, Anlagenverhalten) wurde ein System zur rechnergestützten Anlagenplanung im Karosserierohbau mit den rechnerunterstützten Planungshilfsmitteln PLATO-MAP und PLATO-SIM entwickelt.

Ergebnisse

Das Rechnerwerkzeug PLATO-MAP ist ein Hilfsmittel zur rechnerunterstützten Layouterstellung und Projektorganisation. Die einzelnen Schritte des Planers werden mit entsprechenden Rechnerfunktionen unterstützt.

PLATO-SIM ist ein Hilfsmittel zur schnellen, sturkturf flexiblen Abbildung und Simulation unterschiedlicher Planungsvarianten. Dabei kommt eine Bibliothek von Bausteinen zum Einsatz, die in ihrem Verhalten den realen Komponenten der Fabrik entsprechen.

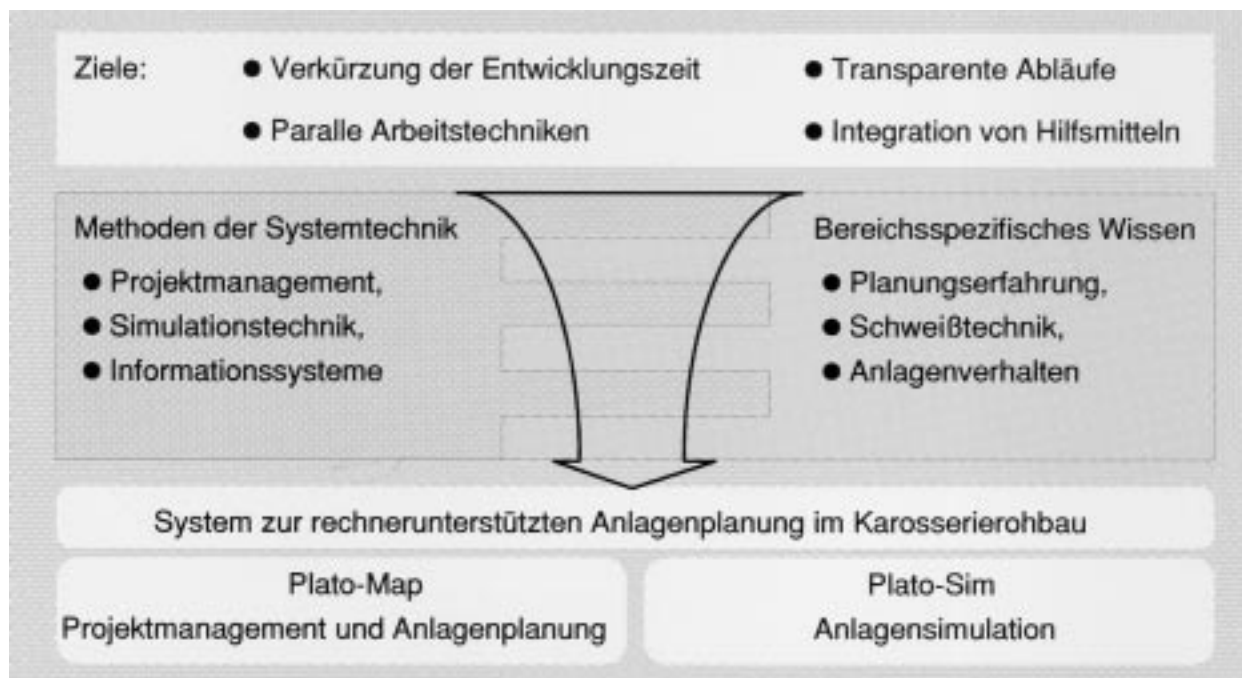


Abbildung: Ziele und Vorgehen im Teilprojekt

Systemoptimierung in der Montagetechnik - Simulation als Beispiel interdisziplinärer Zusammenarbeit

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. Stephanie Abels
Dr.-Ing. Christoph Thim

Industriepartner:

Siemens AG, AUT

Einleitung

Die Entwicklung neuer Montagesysteme ist durch steigende Investitionsvolumina bei kürzer werdenden Produktlebenszyklen und zunehmender Komplexität gekennzeichnet. Die resultierenden technologischen und betriebswirtschaftlichen Risiken dieser Projekte müssen bereits in der Planungsphase minimiert werden. Gerade die Simulation eignet sich, in der Planungsphase das spätere Systemverhalten zu untersuchen und gegebenenfalls frühzeitig Modifikationen durchzuführen.

Vorgehensanalyse und Modelldatenbank

Eine Analyse der Vorgehensweise bei Simulationsstudien zeigte die Notwendigkeit auf, die Simulation, in die vorausgehenden Systemgestaltung im CAD-System zu integrieren.

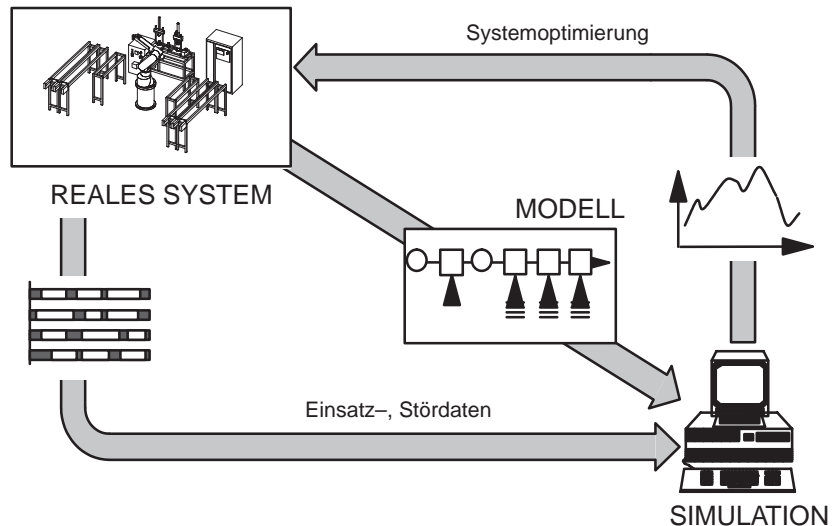
Zunächst wurde auf der Basis des Simulationssystems SIM-

PLEX II die anwendungsorientierte Modellbank STACK entwickelt. Durch sie steht eine leistungsfähige Bibliothek anwendungsorientierter Simulationsbausteine zur Verfügung. Diese Modellbank erlaubt es auf schnelle und einfache Weise ein Simulationsmodell aufzubauen.

programm greift auf die in der Modellbank STACK bereitgestellten Komponenten zurück. Danach kann der Anwender die Simulationsexperimente starten.

Ergebnispräsentation

Neben üblichen Möglichkeiten der Darstellung der Endzustän-



Simulation zur Optimierung komplexer Montagesysteme

CAD-Systeme werden bei der Planung von Montagesystemen, zum Beispiel zur Erzeugung von Hallenplänen und zur Gestaltung von Arbeitsplätzen eingesetzt. Damit sind bereits Strukturinformationen verfügbar, die für den Aufbau von Simulationsmodellen genutzt werden können. Das geometrische Modell wird um simulationsrelevante Daten ergänzt.

Die Übertragung der Informationen vom CAD-System zum Simulator erfolgt mit Hilfe einer standardisierten Schnittstelle. In dem nachgeschalteten Analyseprogramm werden die Bausteine des Layouts identifiziert und die Verbindungen zwischen den Komponenten rekonstruiert.

Mit diesen Informationen wird dann, das Hauptprogramm generiert. Dieses Haupt-

de von Simulationsläufen in Diagrammform, zum Beispiel Kreisdiagramm wurde ein Animationssystem entwickelt, das eine schnelle Generierung eines Animationslayouts und eine leichte Bedienung gewährleistet.

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurde die Simulation als Planungswerkzeug für Montagesysteme weiterentwickelt. Es steht ein System bereit, das den Planer und den Simulationsexperten in jeder Phase ihrer gemeinschaftlichen Arbeit unterstützt, indem es die Simulation eng in den Planungsvorgang einbindet.

Systemorientiertes Produktions- Controlling

Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr. rer. pol.
Horst Wildemann
Technische Universität
München

Lehrstuhl für Betriebswirt-
schaftslehre mit Schwerpunkt
Logistik

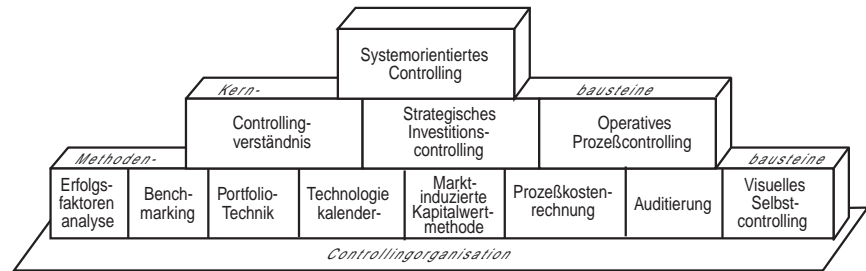
Projektmitarbeiter:

Dipl.-Kfm.
Michael Hadamitzky

Industriepartner:

Siemens AG, München

Die Einführung neuer Technologien und die Anwendung moderner Produktionskonzepte wie Lean-Production, Just-in-Time oder TOM eröffnen neue Gestaltungsoptionen zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit industrieller Unternehmen. Sie stellen aber auch neue Anforderungen an das Produktions-Controlling. Nach wie vor ist das Controlling vom Markt weitgehend abgekoppelt und es mangelt an Instrumenten, die eine vom Markt ausgehende Reorganisation des Produktionsprozesses unterstützen. Organisatorisch kann die Ausrichtung auf Markt und Kunden durch die Bildung flexibler, autonomer Einheiten entscheidend gefördert werden. Dabei erweisen sich die häufig rein kostenorientierten Informationen des Controlling zur Selbststeuerung dieser Einheiten als ungeeignet. An die Stelle von aggregierten und für die Mitarbeiter meist unverständlichen Kosteninformationen müssen deshalb vermehrt nichtfinanzielle Mengen- und Zeitsteuergrößen treten, die den



Kostenbeeinflussern vor Ort die für ihre Arbeit notwendigen Hinweise geben. Nichtfinanzielle Kenngrößen können ebenfalls zur Integration von operativem und strategischem Controlling beitragen. Sinnvoll gewählte nichtfinanzielle Kennzahlen lassen sich beispielsweise zur operativen Umsetzung einer gegebenen oder neu einzuführenden Fertigungsstrategie einsetzen. Es ist eine Veränderung im Selbstverständnis des Controllings gefordert. Controlling darf nicht von Konzepten und Methoden einzelner Organisationseinheiten vorgegeben werden, sondern Controlling muß in den Köpfen aller Mitarbeiter stattfinden.

Um eine effiziente Steuerung und Koordination schlanker Produktionsstrukturen sicherzustellen, wurden bestehende Controllingkonzepte um systemorientierte Denk- und Gestaltungsansätze erweitert. Zur Bewältigung der Unternehmens- und Umweltkomplexität wird das Selbststeuerungsprinzip präferiert. Dieser Sachverhalt trägt der Erkenntnis Rechnung, daß direkte Eingriffe in ein System meist nicht den gewünschten Erfolg bringen, da aufgrund der Vernetztheit der Elemente die Auswirkungen solcher Eingriffe praktisch nicht mehr überschaubar sind. Controlling ist damit verstärkt als Selbstcontrolling der Mitarbeiter zu verstehen

und muß die dazu notwendigen Steuerungsinformationen liefern. Nichtfinanzielle, dezentral bereitgestellte Informationen stehen dabei im Vordergrund. Neben einem Kostencontrolling ist vermehrt ein Leistungscontrolling gefordert. Zur Umsetzung der genannten Anforderungen dient ein Bausteinmodell, das Methodenbausteine zur technologischen und organisatorischen Neustrukturierung und Überwachung von Wertschöpfungsaktivitäten enthält. Gegenstand der Methodenbausteine sind unter anderem Verfahren der Zielermittlung, das Instrument des Technologiekalenders, die marktinduzierte Kapitalwertmethode zur wirtschaftlichen Absicherung von Investitionsentscheidungen, die Prozeßkostenrechnung, die Auditierung und Visualisierung sowie ein Ansatz zum Controlling von Verbesserungsprozessen. Das systemorientierte Produktionscontrolling unterstützt Unternehmen, die bereits erfolgreich JIT, CIM und Lean Management eingeführt haben, auf dem Weg zu einer strate-

Optimierung des Behälterkreislaufes zwischen Zulieferer und Industrieunternehmen

Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr. rer. pol.
Horst Wildemann
Technische Universität München, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Kfm. Udo Böckle
Dipl.-Kfm. Kai Bielenberg

Industriepartner:

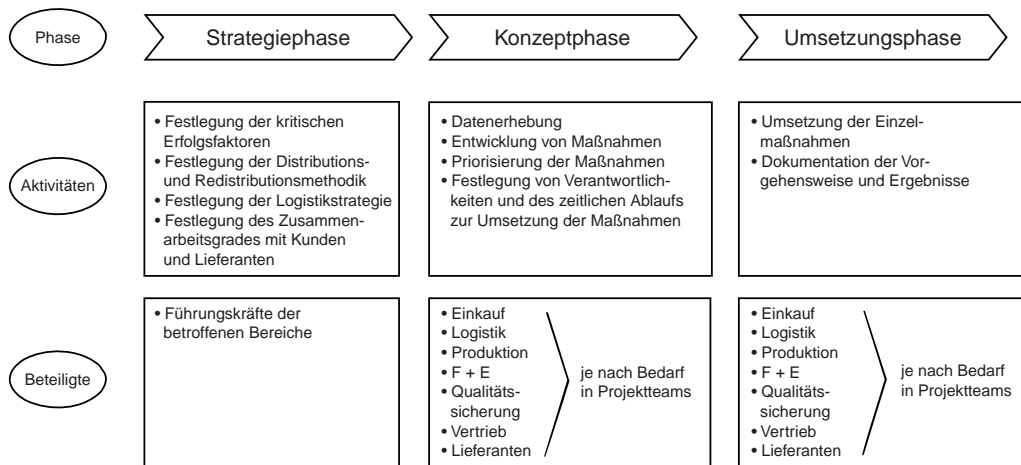
Audi AG, Ingolstadt

Vorsprünge hinsichtlich der Herstellkosten und der Durchlaufzeiten fordern die Vermeidung von jeglicher Verschwendung im Unternehmen. Konzepte wie Lean Management zielen darauf ab, durch eine wertanalytische Untersuchung der gesamten logistischen Kette vom Zulieferanten über das betrachtete Unternehmen bis hin zum Kunden einen durchgängigen Material- und Informationsfluss im Sinne einer kundennahen Produktion sicherzustellen. Wesentliche Gestaltungselemente im Materialfluß stellen Behälter und Verpackungen dar.

Empirische Untersuchungen in 67 Unternehmen zeigten, daß die Behältersituation oft durch Behältervielfalt und -heterogenität geprägt war. Hieraus resultierte eine mangelhafte Kompatibilität mit den Materialflußsystemen für Bestandsvohaltung, Handhabung und Transport sowie mit den eingesetzten Informationssystemen. Dies führt sowohl zu erhöhten Kosten in den indirekten Bereichen als auch zur negativen Beeinflussung der Durchlaufzeiten. Behälter und Verpackungen wurden in der Vergangenheit funktionsbezogen analysiert, gestaltet und optimiert. Dieser Sichtweise steht der systemorientierte Ansatz dieses Forschungsprojektes gegenüber, der zum einen Behälter als gestaltende Elemente in Logistiksystemen auffaßt und zum anderen Behälterkreisläufe betrachtet, die zu einem durchgängigen Gesamtsystem zu integrieren sind.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde eine systemtechnische Planungsmethodik für die effiziente Gestaltung von Behälterkreisläufen entwickelt. Hierzu erfolgte eine Identifizierung der Einflußgrößen sowie der relevanten Parameter für die Kreislaufgestaltung. Die Ergebnisse mündeten in einem Pflichtheft, das die korrespondierende

Umsetzung in einem rechnergestützten Planungsinstrument ermöglicht. Mit Hilfe von Materialflußdurchdringungsgraden wird die Differenzierung von Verpackungskreisläufen operationalisiert. Für diese lassen sich die verbundenen wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile mit Hilfe einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse überprüfen. Das Behälterkreislaufsystem bildet ein integriertes Produktions-, Transport-, Lager- und Verpackungssystem inklusiv Leergutrückführung. Form und Art der beteiligten Behälter (Pool-Behälter, Pendelverpackung, Werkstückträger) sind Ergebnis einer typenspezifischen Behälterentwicklung. Ein sinnvolles Beispiel bildet ein Behälterkreislaufsystem mit Einbeziehung der Lieferanten, Produktion und der Montage. Das vorliegende Rationalisierungspotential läßt sich nur durch eine ganzheitliche Betrachtungsweise der vollständigen Logistikkette in vollem Maße ausschöpfen. Der Rationalisierungseffekt tritt durch die Vermeidung von allen Tätigkeiten, die nicht zur Wertschöpfung beitragen (z.B. unnötiges Handling wie Umladen und Umpacken) ein.



Verknüpfung von thermodynamischer und wirtschaftlicher Optimierung

Projektleiter:

Prof. Dr. G. Alefeld
TU München
Technische Physik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Phys. S. Demmel

Industriepartner:

Siemens AG/ KWU

Ausgangsfragestellung

In vernetzten Energieversorgungsunternehmen gewinnt die Bewertung der Versorgungssysteme im Hinblick auf deren Umweltverträglichkeit zunehmend an Bedeutung. Bei der Bewertung spielt heutzutage besonders die Reduzierung der CO₂-Emission eine wichtige Rolle.

Für die Beurteilung von Energieerzeugungseinrichtungen auf der Basis thermodynamischer Ansätze existieren eine Reihe von Methoden, die jedoch häufig sehr unterschiedliche und teilweise sogar widersprüchliche Resultate liefern. Da die gebräuchlichen Definitionen für den thermodynamischen Wirkungsgrad bei stark verkoppelten Energieversorgungssystemen mit zahlreichen Eingangs- und Produktionsströmen nicht mehr angewandt werden können, wurden in diesem Projekt Methoden erarbeitet, die eine gleichzeitige thermodynamisch und wirtschaftlich optimale Bewertung verschiedener Versorgungskonzepte ermöglichen. Mit Hilfe der entwickelten Methoden können vernetzte Systeme bezüglich ihres Ver-

brauchs an Primärenergie verglichen werden, ohne dass den einzelnen Produktionsströmen Anteile der Primärenergie zugeordnet werden müssen. Im Detail wurde untersucht, wieviel CO₂-Einsparung durch vermehrten Einsatz von Systemen wie Heizkraftwerke, Blockheizkraftwerke oder Kraftwerke mit elektrisch bzw. thermisch getriebenen Wärmepumpen im Vergleich zur derzeit in der Bundesrepublik vorhandenen Strom- und Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Resultate

Im Gegensatz zur häufig vertretenen Meinung ermöglichen elektrisch getriebene Wärmepumpen in Verbindung mit existierender Kraftwerkstechnik nur eine sehr geringe Reduktion der CO₂-Emission, falls der Strom zu deren Betrieb aus einem Kohlekraftwerk stammt. Wird der Strom zum Antrieb der Wärmepumpe aus einem Kohleheizkraftwerk entnommen, ist bereits eine deutliche Verringerung des CO₂-Ausstoßes feststellbar. Ein weiterer großer Schritt in der CO₂-Reduktion kann durch eine Brennstoffumstellung von Kohle auf Erdgas vollzogen werden. Mit dem CO₂-arm erzeugte Strom werden elektrische Wärmepumpen, selbst ohne zusätzliche Kraft-Wärme-Kopplung, zu einer sehr effektiven Methode Emissionen zu vermeiden.

Es stellt sich natürlich auch die Frage, mit welchem der betrachteten Energieerzeugungssysteme man wirtschaftlich am effizientesten CO₂-Emissionen verringern kann. Bei der Betrachtung der Gesamtkosten des jeweiligen Systems wurden die Kapital-, Brennstoff-, Wartungs-, Versicherungs- und Personalkosten sowie die unter-

schiedlichen Abschreibungszeiten berücksichtigt. Ersetzt man ein Steinkohlekraftwerk durch ein Gas- und Dampf-Kraftwerk so ergibt sich nicht nur eine deutliche CO₂-Minderung, sondern auch eine starke Reduktion der Stromkosten.

Insgesamt zeigt sich, dass mit heutiger fossiler Technik bereits deutlich geringere CO₂-Emissionen möglich sind und dass die dazu notwendigen Massnahmen keineswegs automatisch Mehrkosten verursachen müssen. Der effiziente Einsatz von Erdgas in GuD-Kraftwerken oder Blockheizkraftwerken kann hier einen bedeutenden Beitrag leisten.

Systemanalyse und Optimierung des Energieverbundes und der Reststoffbehandlung in mittelständischen Unternehmen

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Mayinger
Technische Universität München
Lst. A für Thermodynamik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. W. Götz

Industriepartner:

F. X. Nachtmann GmbH
Christian Seltmann GmbH

Ausgangsfragestellung

Am festlich gedeckten Tisch, beim Betrachten des form-schönen und vor allem auch un-mittelbar bevorstehende Gau-menfreuden versprechenden Porzellans, denkt wohl kaum jemand an die zur Herstellung jedes einzelnen Stückes notwendigen Fertigungsabläufe und schon gar nicht bringt man damit systemtechnische Probleme und Aufgaben in Verbindung.

Noch weniger kommt man bei der Betrachtung und Bewunderung einer Vase oder Schale aus Bleikristallglas auf solch profane, ingenieur-wissenschaftliche Gedanken, wie Verbesserung des Produktionsprozesses durch systemtechnische Analyse, die sich schließlich, auf das scheinbar einfache und selbstverständliche Problem des Wärmeübergangs zwischen dem noch fließfähigen, heißen Bleikristallglas und der Preßform fokussiert.

Porzellan- und auch Glaswarenhersteller sind häufig mittelständische Unternehmen, und man unterstellt, daß die systemtechnischen Aufgaben beim Mittelstand noch nicht so ausgeprägt und gravierend wären, wie bei den Großunternehmen mit ihren komplizierter und vermaschter aufgebauten, mit aufwendigen Regelungen versehenen, Produktionsanlagen. Für seine Konkurrenzfähigkeit am Markt muß sich der Mittelstand aber heute hoch rationaler Produktionsanlagen bedienen, was aufwendige Technik, engen Verbund der Apparate und Maschinen, mit daraus wieder resultierender komplizierter Regelungstechnik bedeutet.

Der Bayerische Forschungsverbund Systemtechnik ermöglichte dem Lehrstuhl A für Thermodynamik eine enge Kooperation mit den Firmen Seltmann und Nachtmann. In der Zusammenarbeit mit dem Porzellanhersteller Seltmann lautete die Aufgabenstellung, den Energiefluß eines Zweigwerkes zu verbessern. Zusammen mit dem Bleikristall-Glasersteller Nachtmann konzentrierten sich die Bemühungen um eine systemtechnische Optimierung auf die Qualitätssicherung, was wiederum indirekt zu erheblichen Energieeinsparungen führt.

Resultate

Durch eine umfangreiche Recherche bei der Firma Seltmann wurde eine Datenbasis geschaffen, die die Voraussetzung für den Vergleich der alternativen Reinigungsverfahren mit dem derzeit eingesetzten Filtersystem darstellt. Durch den Einsatz eines selbstentwickelten Simulationsprogramms konnten bei der Bewertung der Konzept-

würfe konkrete Grenzwerte ermittelt werden, ab welchen Investitionsentscheidungen gerechtfertigt sind. Hierbei wurde der Entscheidungsprozess sowohl auf ökologische als auch auf wirtschaftliche Kriterien abgestützt. Diese gesamtwirtschaftliche Bewertung dient dem Unternehmen als Entscheidungsbasis für den wirtschaftlich optimalen Zeitpunkt ein neues Verfahren einzuführen. Das während der Situationsanalyse ermittelte Datenmaterial hat auch grundlegende Bedeutung für zukünftige Entscheidungen zur Verbesserung des Produktionsflusses und des Energie- und Reststoffhaushaltes.

Die in Zusammenarbeit mit der F. X. Nachtmann GmbH durchgeführte Systemanalyse zeigte für den Energiehaushalt, den Reststoffanfall, die Produktqualität und somit für die Wirtschaftlichkeit der Produktionsstätte primär verantwortliche Schlüsselkomponenten. Durch das entwickelte Simulationsprogramm ist es beispielsweise möglich, noch vor Inbetriebnahme einer Produktserie den Preßprozess zu optimieren, wodurch sowohl die Ausschußrate verringert als auch die Qualität verbessert wurde, was letztlich auch zu einer Reduzierung des Energiebedarfs beiträgt.

Verfahren zur intelligenten Überwachung kontinuierlicher Prozesse der chemischen Verfahrenstechnik

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Günther Schmidt
Technische Universität München

Lst. f. Steuerungs- und Regelungstechnik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. Gerhard Lappus
Dipl.-Ing. Franz Perschl
Dipl.-Ing. Uwe Hanebeck

Industriepartner:

Hoechst AG, Frankfurt (Main)/
Kelheim

Motivation und Zielsetzung

Wirtschaftlicher, sicherer und ökologisch verträglicher Betrieb von Anlagen der chemischen Verfahrenstechnik läßt sich ohne fortlaufende Überwachung eines ordnungsgemäßen Prozeßablaufes nicht gewährleisten. Nur durch rechtzeitige zuverlässige Unterrichtung des Bedien- und Wartungspersonals über lokale Fehler und Störungen im Prozeß, in der Instrumentierung und in der Bedienung, kann Abhilfe geschaffen und eine Auswirkung auf den Gesamtprozeß vermieden werden. Dies gilt für den Normalbetrieb ebenso wie für Anfahr- und Abfahrvorgänge und ist auch auf andere Prozesse, wie Fertigungsprozesse, anwendbar.

Ziel ist es deshalb, dem Anlagenfahrer oder Bedienenden einen akzeptierbaren evaluierten "informationstechnischen Assistenten" in der Form eines Beratungssystems an die Seite zu stellen. Dieses wird die un-

terschiedlichen Fehler- und Störungssituationen erkennen und diagnostizieren, den Bediener auf sie hinweisen und bei der Behebung beraten. Ein solches Beratungssystem leistet zusätzlich einen Beitrag zur Streßminderung und steigert die Qualität des Bedien-Arbeitsplatzes.

Ergebnisse

Als praktisches Ergebnis entstand für Gasverteilnetze das universell einsetzbare online-Prozeßüberwachungs- und Fehlerdiagnosesystem GADIAG.

Dieses System, ein spezialisiertes Echtzeit-Expertensystem, ist Teil eines Prozeßleitsystems (siehe Abbildung). Es erhält aus diesem aktuelle Prozeßinformationen. Zusätzliche Instrumentierung ist nicht erforderlich. Das streng in die hierarchischen Ebenen:

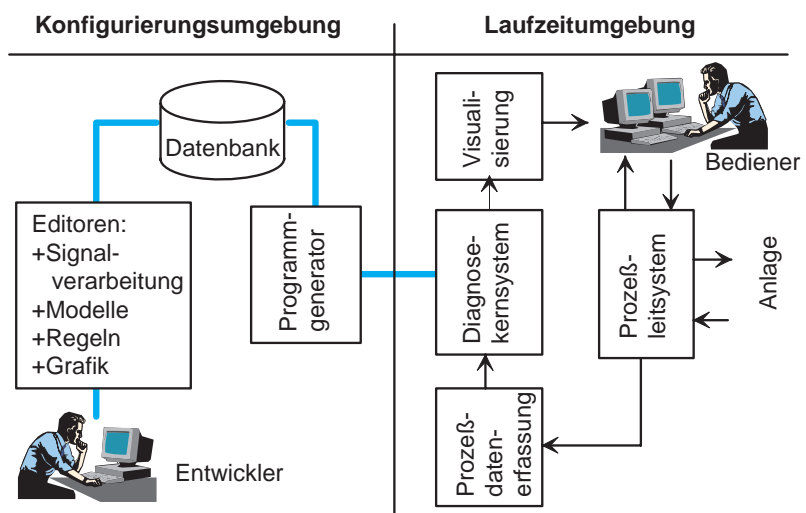
- Signalaufbereitung
- Fehlererkennung
- Fehlerdiagnose

strukturierte Kernsystem bedient sich signalorientierter, modellgestützter und wissensbasierter Methodiken. Für die Konfigurierung stehen vorgefertigte

Software-Module (Algorithmen) zur Verfügung. Diese Systemstruktur ermöglicht flexible Anpassungen an die jeweilige Anlage. Betriebserfahrungen können mit geringem Engineering-Aufwand berücksichtigt werden.

Erfolgreich erprobt wurde das Diagnosesystem an einem Hochdruckgasverteilungsnetz (Rohrlänge insgesamt 130km, 70 Netzknoten, Überwachungsintervall 15s). Zuverlässig erkannt und diagnostiziert wurden Meß-, Anlagen- und Bedienfehler (Art und Ort), zum Beispiel Lecks, Leitungsblokaden, falsche Ventilstellungen etc. . Gegenüber einer rein modellbasierten Lecküberwachung zeigte die erweiterte wissensbasierte Lösung wesentliche Stärken, da auf einfache Weise fachübergreifende praktische Erfahrungen einbezogen werden können.

System und Engineering wurden zur INTERKAMA'93 einer breiten Öffentlichkeit mit bemerkenswerter Resonanz präsentiert. Das erstrebte Teilziel wurde damit voll und ganz erreicht.



Systemtechnik und Systemsimulation

Projektleiter:

Prof. Dr. Bernd Schmidt,
Lehrstuhl für Operations
Research und Systemtheorie
Universität Passau

Projektmitarbeiter:

Dr. Thomas Apsel
Dr. Karin Reger

Projektpartner:

Siemens AG
Bereich
Automatisierungstechnik

Ausgangsfragestellung

Herkömmliche Simulations-
sprachen lassen erkennen, daß
sie aus der Anforderung der
Praxis heraus entwickelt worden
sind. Das unmittelbar zu lösen-
de Problem war bestimmend.
Hieraus ergaben sich neue Kon-
sequenzen:

- Der Bezug zum Anwen-
dungsgebiet stand im
Vordergrund. Dadurch
wurden Ähnlichkeiten zu
anderen Anwendungsge-
bieten übersehen. Die
Folge war, daß ein allge-
meiner fachübergreifender
Ansatz nicht erreicht wurde.
Es fehlte eine allgemeine,
fachübergreifende Metho-
dologie. Alle Gesichtspun-
kte der Systemtechnik wur-
den verletzt.
- Die enge Bindung an ein
Fachgebiet führte dazu,
daß die Beziehung der
Systemsimulation zu be-
nachbarten wissenschaftli-
chen Disziplinen wie z.B.
Informatik, Systemtheorie
und dergleichen nicht ins
Blickfeld kam. Aus diesem

Grund wurde die Einord-
nung der Systemsimulation
in das wissenschaftliche
Gesamt tätigkeitsfeld nicht
geleistet.

Die Simulationssysteme der
fünften Generation erheben
den Anspruch auf einer allge-
meinen Grundlage aufzuba-
uen. Sie ersetzen den bisherigen
von der Anwendung her be-
stimmten unbefriedigenden Zu-
stand durch eine einheitliche
fachübergreifende Methodolo-
gie.

Auswertung

a) Die Modellbeschreibungs-
sprache SIMPLEX-MDL

In Simplex-II ist eine eigenstän-
dige Modellbeschreibungs-
sprache (Model Description
Language MDL) integriert. Sie
erlaubt eine formale, nicht
prozedurale Modellspezifika-
tion. Die zur Modellbeschrei-
bung angebotenen Sprachkon-
strukte sind sehr systemnah,
sehr anschaulich und nahezu
selbsterklärend.

Die Modellbeschreibungs-
sprache SIMPLEX-MDL zeichnet
sich durch folgende Eigenschaf-
ten aus:

- Sie beruht auf system-
theoretischer Grundlage
- Sie erlaubt hierarchische
Strukturierung
- Sie verfügt über das
Klassenkonzept
- Darstellbar sind: Kombi-
nierte kontinuierlich-diskre-
te Modelle Warteschlan-
gen- und Transportmodelle

b) Die Experimentierbeschrei-
bungssprache

SIMPLEX-II bietet eine integrier-
te Experimentierumgebung, die
dem Anwender alle Funktionen
zur Verfügung stellt, die für eine
vollständige Modellunter-
suchung benötigt werden.
Hierzu gehören z.B.:

- Intelligente Modellbank-
verwaltung
- Experimentbeschreibung
- Ergebnisdatenverwaltung

c) Die Ergebnisaufbereitung

Die Ergebnisaufbereitung be-
trifft die folgenden drei Berei-
che:

- Analytische Auswerte-
verfahren
- Präsentationsgraphik
- Animation

Die Bedienung erfolgt über eine
graphische Oberfläche. Diese
erleichtert das Arbeiten mit dem
Simulationssystem. Auf diese
Weise kann auch der auf dem
Gebiet der Systemsimulation
unerfahrene Anwender mit SIM-
PLEX-II umgehen.

Zur Erprobung werden die bei-
den Einsatzgebiete

- Produktions-
automatisierung
- Verfahrenstechnik

gewählt.

Regelorientiertes PPS-System für neue Fabrikstrukturen

Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr. rer. pol.
Horst Wildemann
Technische Universität München
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Kfm. Manfred Heil
Dipl.-Ing. M. Hupfauer

Industriepartner:

Krauss Maffei AG

Aufgrund der stark angestiegenen Anforderungen an die Unternehmen in Hinblick auf Lieferzeiten und Kostenreduktion muß neben der Anwendung moderner Technologien auch die Fertigungsablauforganisation ständig verbessert werden. Vor diesem Hintergrund erwies es sich als notwendig, die bisherigen Konzeptionen der Produktionsplanung und -steuerung kritisch zu analysieren. Die Zielsetzung bestand dabei in der Erarbeitung der Bedingungen, Anforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten zur Realisierung einer regelorientierten Produktionsplanung und -steuerung, die mittels hierarchischer und vermaschter Regelkreissysteme eine Reduktion der beeinflussbaren unternehmensinternen sowie -externen Störgrößen erlaubt. Auf Basis einer empirischen Untersuchung wurden Entstörregelkreise für unterschiedliche Störungs-

typen entwickelt. Diese Entstörregelkreise haben die Optimierung der im System verwendeten Parameter, Methoden sowie der Systemstruktur zum Ziel (siehe Abbildung). Kapazitäts- und Transportstörungen sind in aller Regel auf Parameterabweichungen zurückzuführen. Material- und organisatorische Störungen werden hingegen durch verbesserte Methoden und Strukturen bekämpft. Ausgangspunkt für eine derartige Optimierung ist das Identifizieren und Lokalisieren von Störungen. Zur systematischen Störungsidentifikation erfolgen regelmäßige Soll-/Ist-Vergleiche und ereignisorientierte Meldungen im Zeitpunkt des Störungseintritts. Aufgabe der Störungsbewertung ist die Feststellung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs zwischen den aufgetretenen Störungen und den daraus resultierenden Wirkungen hinsichtlich Zeit, Kosten und Qualität. Auf der Basis dieser Bewertung erfolgt die Festlegung von Eingriffs- und Präventionsstrategien. Die eigentliche Entstörung erfolgt weitestgehend unter Verwendung vordefinierter Entstörpläne. Bei diesen Entstör-

plänen handelt es sich um normierte Ablaufregelungen für häufig auftretende Störungstypen. Sie entlasten die Organisation von zeit- und kostenintensiven Koordinations- und Informationsprozessen. Um das wiederholte Auftreten der Störung zu verhindern wird parallel geprüft, ob die verwendeten Methoden und Organisationsstrukturen zu verändern sind. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse ergab, daß durch regelorientierte PPS-Systeme die Aufgabenerfüllung im Produktionsbereich nachhaltig verbessert werden kann. Die Planungstreue konnte in Pilotanwendungen um 35% gesteigert werden und dies bei um 15% verminderten Gemeinkosten im Steuerungsbereich. Durch die ursachenorientierte Bekämpfung der Störungen konnten Sicherheitsbestände um 30-65% und Zeitpuffer im gleichen Umfang vermindert werden. Zudem wurde die Entstörzeit ohne den Einsatz von zusätzlichem Personal um bis zu 35% verkürzt.



Systemkonzept zur prozeßbegleitenden Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion

Projektleiter:
 Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
 Universität Erlangen-Nbg.
 Lehrstuhl für
 Fertigungsautomatisierung
 und Produktionssystematik

Projektmitarbeiter:
 Dr.-Ing. Bernd Zöllner
 Dipl.-Ing. Stefan Walter

Industriepartner:
 Siemens AG, AUT

Einleitung

In der Elektronikfertigung werden zur Bestückung von Leiterplatten sehr aufwendige und kapitalintensive Automaten eingesetzt. Um diese noch weiter zu verbessern, werden Methoden zur Steigerung der Verfügbarkeit und des Nutzungsgrades angewendet. Das Hauptinteresse liegt in der Erkennung von Störungen, die zur Minderung des Nutzungsgrades und zu Qualitätsbeeinträchtigungen der Produkte führen.

Diagnose - ein Werkzeug zur Qualitätssicherung

Grundsätzlich werden Qualität und Verfügbarkeit an Bestücksystemen durch die Faktoren Anlagenstruktur, Zuverlässigkeit der Komponenten, eingesetztes Material sowie die Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter bestimmt. Um diese Zusammenhänge transparent zu gestalten, werden Diagnosesysteme zum Auffinden technischer und organisatorischer Schwachstellen eingesetzt.

Datenerfassung als Grundlage der Diagnose
 Zur Datenerfassung an Bestückmaschinen werden zwei unterschiedliche Datenkanäle benutzt.

Aus diesem Grund werden Möglichkeiten für die linienvergleichende sowie linienübergreifende Auswertung zurückliegender Fertigungsperioden zur Verfügung gestellt.

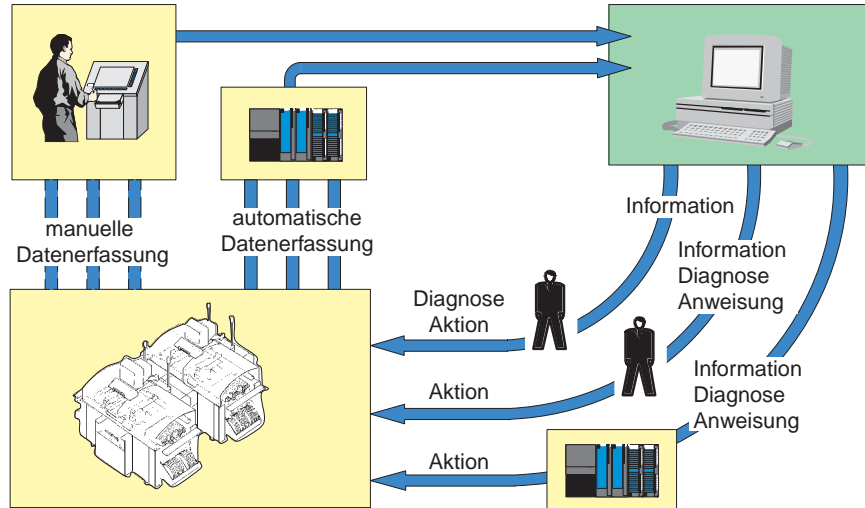


Abbildung: Rechnergestützte Diagnose auf Basis einer breiten Datenerfassung

Zum einen werden Maschinen-daten direkt aus den Automaten entnommen und zum anderen können Daten durch den Bediener mittels Tastaturen manuell eingegeben werden.

In dem entwickelten rechnergestützten Diagnosesystem werden zur Analyse der Informationen, basierend auf den erfaßten Fertigungsdaten, vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung gestellt. Bei den generierten Auswertungen wurde besonders darauf geachtet, daß die visualisierten Informationen eine möglichst geringer Redundanz besitzen, um den Analyseaufwand zu reduzieren.

Oftmals betreiben Unternehmen mehrere parallele Bestücklinien, die hinsichtlich des Störungsaufkommens oder des Nutzungsgrades verglichen werden sollen.

Zusammenfassung

Im Vergleich zu anderen Produktionsbereichen hat die Qualitätssicherung bei der Fertigung elektronischer Geräte aus Gründen der Produktionssicherheit, der Prüfbedingungen und der Maschinennutzung einen herausragenden Stellenwert. Das entwickelte Diagnosesystem für Bestückautomaten zielt darauf ab, auf Basis einer umfangreichen Datenerfassung und detaillierten Auswertungen, die Fertigungsprozesse in der Elektronik möglichst fehlerfrei zu führen, Abweichungen sofort zu erkennen und entsprechende Reaktionen auszulösen.

Verfahren zur Produktionsregelung für die Serienfertigung variantenreicher Produkte am Beispiel von Kommunikationsendgeräten

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. J. Milberg
Technische Universität München
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. C. Burger

Industriepartner:

Siemens Nixdorf Informationssysteme AG

Ausgangssituation

Die Flexibilität bei der Auftragsabwicklung und die Reduzierung der Auftragsdurchlaufzeit gewinnt für die Konkurrenzfähigkeit eines Unternehmens zunehmend an Bedeutung. Die Durchlaufzeitanteile der Fertigung und Montage sowie der Logistik müssen mit Hilfe rechnergestützter Verfahren reduziert werden.

Ziele und Vorgehensweise

Die Ziele des Projekts lagen in der Optimierung des Auftragsdurchlaufs, der Verbesserung der Produktionssteuerung, und der Einrichtung transparenter Prozesse und schneller Regelkreise. Sie sollten mit Hilfe systemtechnischer Methoden (Simulationstechnik, Künstliche Intelligenz) und praktischer Erfahrungen (Kennzeichnende Größen, Störungen und Folgen) erreicht werden.

Ergebnisse

Ergebnis der Arbeiten ist ein prototypisches System zur Regelung des Auftragsdurchlaufs bei mehrstufiger Produktion. Es besteht aus Komponenten zur Prozeßvisualisierung, zur Simulation und zur Entscheidungsunterstützung. Das besondere an dem Simulationsmodell ist, daß nicht nur Anlagen und Leitsysteme, sondern auch Aufträge und Materialpuls im Modell als Objekte abgebildet sind und damit gewissermassen körperlich existieren.

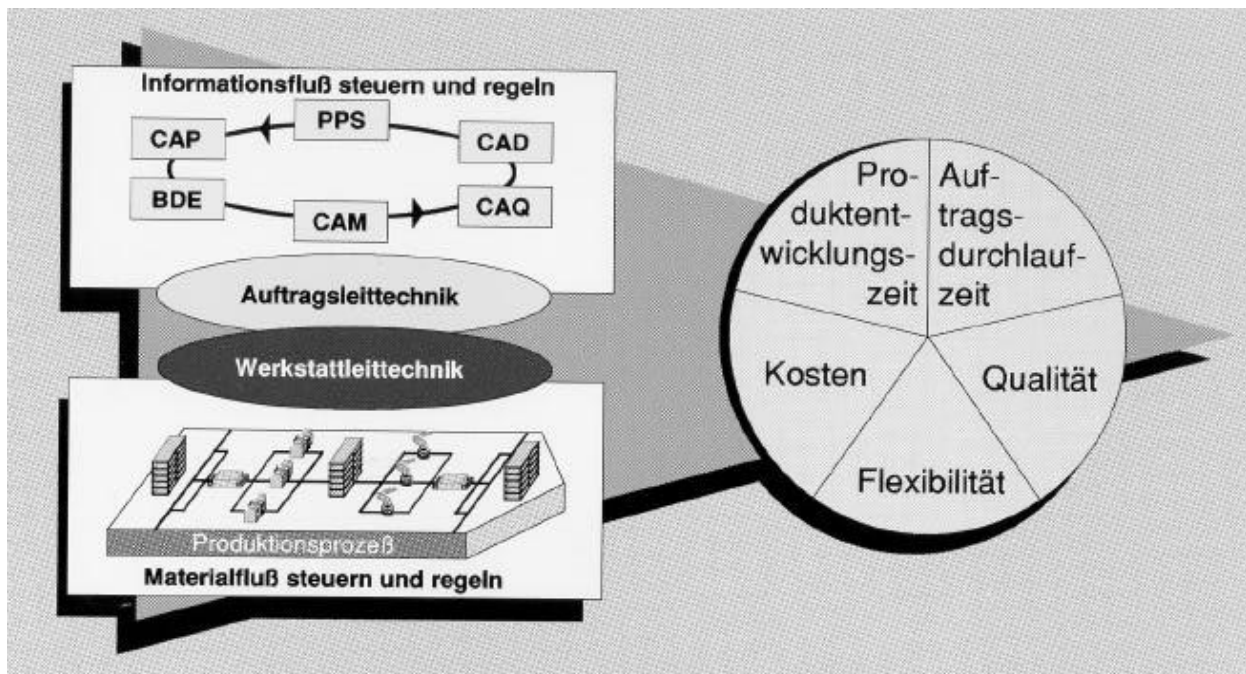
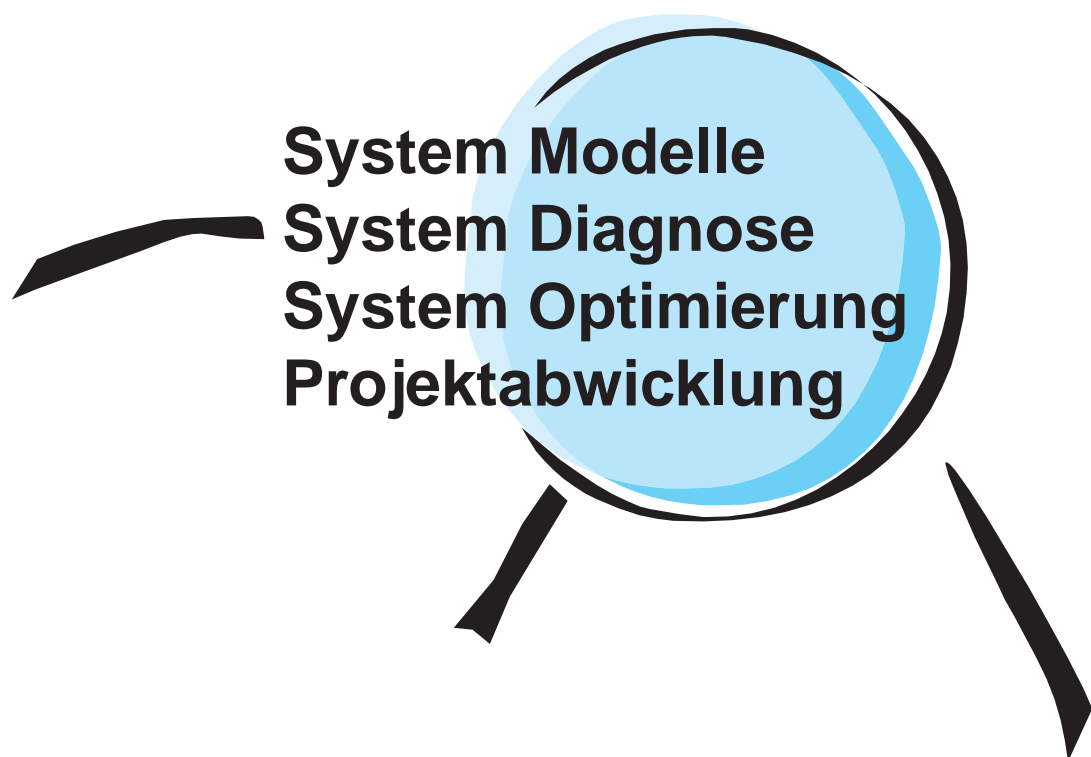


Abbildung: Information und Material müssen geregelt fließen

**Forschungs-
Periode
1993 - 1995**



A SYSTEM MODELLE

A1	Prof. Feldmann, Universität Erlangen-Nürnberg	Siemens AG, Erlangen	Simulation von Montagesystemen - ein systemorientierter Ansatz
A2	Prof. Reinhart, Prof. Milberg, Technische Universität München	BMW AG, München	Rechnergestützte Anlagenplanung am Beispiel des Automobilrohbaus
A3	Prof. B. Schmidt, Universität Passau	Zahnradfabrik Passau GmbH	Integration der Simulation in den betrieblichen Planungs- und Produktionsprozeß

B SYSTEM DIAGNOSE

B1	Prof. Feldmann, Universität Erlangen-Nürnberg	Siemens AG, Erlangen	Systemkonzept zur prozeß- begleitenden Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion
B2	Prof. Milberg, Prof. Reinhart, Technische Universität München	Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, Poing	Verfahren und Systeme zur Produktionsregelung bei komplexen Produktionsstrukturen
B3	Prof. G. Schmidt, Technische Universität München	ESG GmbH, München Hoechst AG, Gendorf	Modell- und wissensbasiertes Fehlererkennungs-, Diagnose- und Beratungssystem zur Führung automatisierter Fließprozesse
B4	Prof. Wildemann, Technische Universität München	Knürr AG, München Kautex-Werke Bayern GmbH, Mallersdorf	Systemorientiertes Controlling indirekter Funktionsbereiche

C SYSTEM OPTIMIERUNG

C1	Prof. Alefeld, Technische Universität München	Siemens KWU AG	Verlustfortpflanzung in komplexen Energieumwandlungssystemen
C2	Prof. Mayinger, Technische Universität München	F.X. Nachtmann GmbH, Neustadt a.d. Waldnaab	Energieträger-Substitution Strom, Gas und recycelte Wärme - Systemanalyse zur Prozess- optimierung am Beispiel der Glaserstellung

D PROJEKTABWICKLUNG

D1	Prof. Ehrlenspiel, Prof. Igenbergs, Prof. Lindemann, TU München	BMW AG, München	Systemtechnisches Modell des zeitlichen Ablaufes der Entwicklung eines Automobils
D2	Prof. Mertens, Universität Erlangen-Nürnberg	INA Wälzlager Schaeffler KG, Herzogenaurach	Integration von Daten- und Dokumentenverarbeitung in der Kundenbetreuung und Auftragsabwicklung

Simulation von Montagesystemen - ein systemorientierter Ansatz

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
 Universität Erlangen - Nürnberg
 Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. Elke Rauh
 Dr.-Inf. Peter Steinwasser

Industriepartner:

Siemens AG, AUT

Einleitung

Die Simulation gewinnt als ein wichtiger Bestandteil des Planungs- und Betriebsprozesses komplexer Montageanlagen zunehmend an Bedeutung. Sie kann bereits in einer frühen Planungsphase eingesetzt werden, um gewählte Anlagenkonfigurationen zu überprüfen und effiziente Verbesserungen vorzuschlagen.

Projekt-Management-System

Wird im Rahmen einer Systemplanung eine Simulation durchgeführt, so müssen alle an der Planung Beteiligten unter Umständen auch über Systemgrenzen hinweg eng zusammenarbeiten. Eine Koordination des Projektes ist daher zwingend erforderlich. Unnötige Mehrarbeiten können hier insbesondere durch die Sammlung aller benötigten Daten und deren geordnete Bereitstellung vermieden werden. Die Verwaltung der für die Simulation relevanten Daten erfolgt durch ein Projekt-Management-System.

Modellierungssystem

Um die Modellierung zu unterstützen, wurde das Modellierungswissen für Montagesysteme analysiert und systematisiert. Darauf aufbauend wurden Konzepte zur Unterstützung des

wiederkehrenden Auswertearbeiten entlastet. Darüber hinaus wird ihm ein qualifizierter Vorschlag zur Parametermodifikation unterbreitet. Es ermöglicht auch Benutzern, die nicht über ein umfangreiches

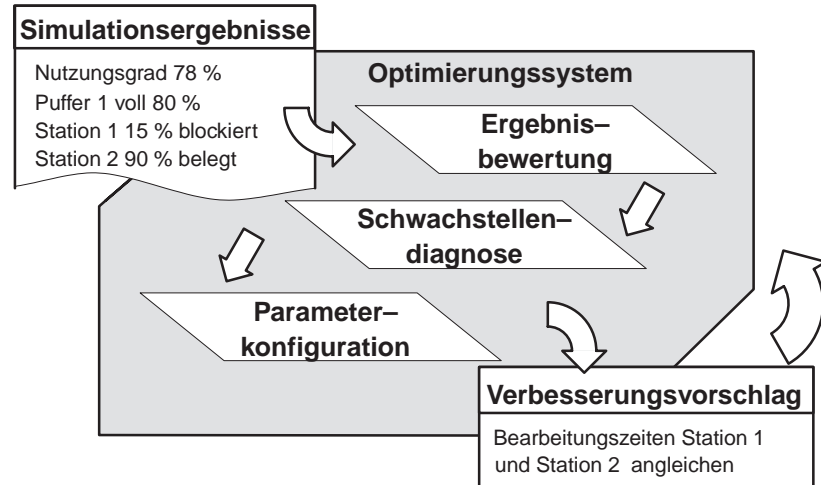


Abbildung: Aufbau des Optimierungssystems

Benutzers während der Modellierung erarbeitet.

Ziel war es Modellierungswissen aufzubereiten, zu erweitern und bereitzustellen sowie den Anwender zu befähigen, Simulationsmodelle selbständig aufzubauen und Simulationsstudien durchführen zu können. Um das notwendige Modellierungswissen verarbeiten zu können, wurde das Modellierungssystem mit einem Expertensystem realisiert.

Optimierungssystem

Zur Unterstützung der Optimierung, die sich an die Modellierung und nachfolgende Experimentdurchführung anschließt, wurde ein Optimierungssystem entwickelt. Das Optimierungssystem setzt sich aus den Modulen Ergebnisbewertung, Schwachstellenanalyse und Parameterkonfiguration zusammen. Mit diesem Optimierungssystem wird der Anwender von ständig

Wissen verfügen, derartige Optimierungen durchzuführen.

Zusammenfassung

Durch Zusammenfassung des Modellierungs- und Optimierungssystems zu einem integrierten Simulationssystem soll der Benutzer bei der Durchführung von Simulationsstudien umfassend unterstützt werden. Einfache verständliche Oberflächen und eine gute Bedienführung sollen es dem Planer ermöglichen, nahezu eigenständig derartige Studien durchzuführen. Für den nicht so erfahrenen Anwender wird ein derartiges System besonders vorteilhaft sein, da er durch die Bereitstellung von umfangreichen Expertenwissen optimal unterstützt wird.

Rechnergestützte Anlagenplanung am Beispiel des Automobilrohbaus

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart

Prof. Dr.-Ing. J. Milberg

Technische Universität München

Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften
(iwb)

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. F. Decker

Dipl.-Ing. B. Goldstein

Industriepartner:

BMW AG

Ausgangssituation

Im konventionellen Planungsprozeß ergeben sich durch eine Vielzahl hoch spezialisierter Werkzeuge vielfältige Probleme mit der Konsistenz der Daten, der Aktualität von verteilten Datenbeständen und dem Informationsgehalt bei der Datenweitergabe.

Ziele und Vorgehensweise

Der Planungsvorgang sollte beschleunigt und die Güte der Planungsergebnisse verbessert werden. Dies sollte durch eine Optimierung und Systematisierung des Planungsprozesses selbst und durch eine Verbesserung und Integration der eingesetzten Planungshilfsmittel erreicht werden.

Ergebnisse

Es wurde einerseits eine Methodik entwickelt, mit deren Hilfe der Planungsprozeß mit Teilmodellen für den Prozeß, die verwendeten Daten, die Funktionen und die Organisation abgebildet und optimiert werden kann (siehe Abbildung).

Andererseits wurde eine Simulations- und Entwicklungsumgebung bereitgestellt, mit deren Hilfe Ablaufsteuerungen in der Planungsphase erstellt, optimiert und verifiziert werden können. Die Steuerungen können dann direkt in die reale Anlage überspielt werden.

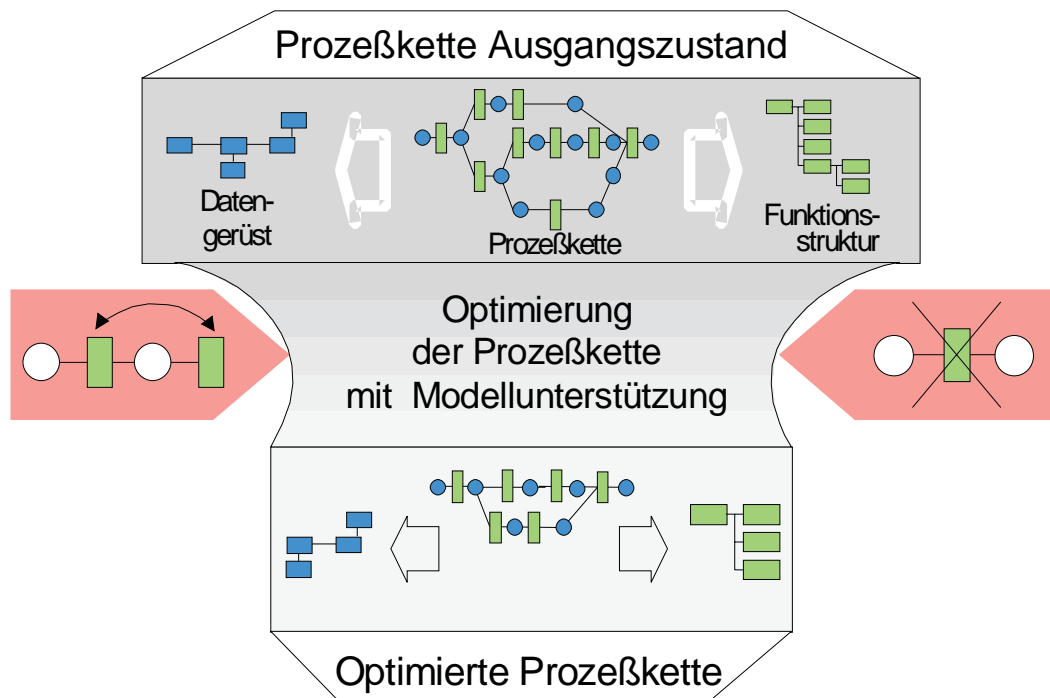


Abbildung: Optimierung von Prozessketten im Planungsbereich

Integration der Simulation in den betrieblichen Planungs- und Produktionsprozess

Projektleiter:

Prof. Dr. B. Schmidt
Universität Passau
Lehrstuhl für Operations
Research und Systemtheorie

Projektmitarbeiter:

Dr. Thomas Apsel
Dr. Karin Reger

Industriepartner:

Zahnradfabrik Passau

Ausgangsfragestellung

Die Integration der Simulation in den betrieblichen Planungs- und Produktionsprozeß erfordert die folgenden Voraussetzungen, die von der Systemsimulation zu erfüllen sind:

- Modularer Aufbau des Simulationssystems

Es muß möglich sein, einzelne Module des Simulationssystems an eine fremde Softwareumgebung anzuschließen oder darin zu integrieren. Das trifft insbesondere für den Simulator selbst zu.

- Benutzerdefinierbare, graphische Oberfläche

Es muß eine graphische Bedienoberfläche zur Verfügung stehen, die es dem in der Simulationstechnik ungeübten Anwender gestattet, das Simulationssystem zu bedienen.

Ein Simulationssystem mit den geforderten Voraussetzungen ist zur Zeit noch nicht verfügbar.

Die angewandten Methoden beziehen sich auf den Entwurf und die Implementierung der Prozeßstruktur und die Ausgestaltung der graphischen Benutzeroberfläche.

Auswertung

Die drei wesentlichen Teile sind die graphische Oberfläche, das Experimentiersystem und der Simulator.

- Die graphische Oberfläche erlaubt ein menügeführtes und maussensitives Arbeiten. Sie stellt dem Anwender den gesamten Funktionsumfang des Simulationssystems zur Verfügung. Die Teile für die graphische Modellerstellung, Animation und Ergebnispräsentation sind der Oberfläche zugeordnet und werden in jeweils eigenen Prozessen implementiert.
- Das Experimentiersystem stellt die Grundfunktionalität des Systems. Sie umfaßt eine intelligente Modellbank- und Experimentverwaltung.
- Das Simulationsprogramm (kurz Simulator) enthält das übersetzte Modell und das Laufzeitsystem, welches dieses Modell simuliert.

Die einzelnen Prozesse werden so entworfen, dass sie eigenständig ablauffähig sind.

Für die Kommunikation zwischen den Prozessen werden Kommunikationsprotokolle spezifiziert, die auf einem Client-Server-Modell beruhen. Basierend auf diesem Modell wird ein Experimentiersystem- und ein Simulatorprotokoll entworfen, wobei die jeweiligen

Prozesse als Server betrieben werden.

Die Offenlegung dieser Protokolle und der Kommunikationsbibliotheken sowie die Eigenschaft der eigenständigen Abauffähigkeit der Prozesse macht es nun möglich, das Experimentiersystem bzw. den Simulator in andere Systemumgebungen zu integrieren.

Soll der Simulator beispielsweise mit seiner Grundfunktionalität in Experten- oder Planungssystemen eingesetzt werden, so können diese die Dienstleistungen des Experimentiersystems, welches hier als Server dient, in Verbindung mit der entsprechenden Kommunikationsbibliothek nutzen.

Die graphische Bedienoberfläche

Graphische Bedienoberflächen erleichtern den Umgang mit Simulationssystemen erheblich. Jedoch ist die Programmierung von graphischen Bedienoberflächen - trotz Unterstützung durch komfortable Graphikpakete - immer noch mit großem Aufwand verbunden. Hier wurde eine sehr einfache Spezifikationsprache entworfen, mit der graphische Bedienoberflächen für parametrisierte Simulationsmodelle konfiguriert werden können. Auf diese Weise können sehr schnell ohne weitere Kenntnisse des zugrundeliegenden Graphikpakets Bedienoberflächen für verschiedene Anwendungsgebiete spezifiziert werden bzw. bestehende Oberflächen sehr einfach an Änderungen im Modell angepaßt werden. Die Oberfläche, wie sie sich dem Anwender anbietet, besteht aus einer nichtkonfigurierbaren Hauptoberfläche und dem konfigurierbaren Modelleditor.

Systemkonzept zur prozessbegleitenden Qualitätssicherung in der Elektronikproduktion

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
Universität Erlangen-Nürnberg

Lehrstuhl für Fertigungs-
automatisierung und
Produktionssystematik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. Bernd Zöllner
Dipl.-Ing. Stefan Krug

Industriepartner:

Siemens AG, AUT

Einleitung

Um die bestehende Position der Unternehmen auf den Märkten zu festigen und weiter zu verbessern, kommen immer komplexere Fertigungsanlagen zum Einsatz, was zur Erhöhung der Störraten führt. Zur Vermeidung und schnellen Behebung der Störungen sind deshalb leistungsfähigere Diagnosesysteme notwendig.

Wissensakquisition zur Fehlerbeschreibung

Entscheidend für die Erfüllung der Diagnoseaufgaben ist die frühzeitige und strukturierte Ermittlung von Expertenwissen, um einen rationalen Aufbau des Diagnosesystems zu erreichen. Die Methode zur Wissensakquisition ist ein sequentieller einstufiger Prozess, der mehrmals hintereinandergeschaltet werden kann. Dabei bauen die Informationen in den verschiedenen Bereichen aufeinander auf und

bilden so ein unidirektionales Netz an Informationselementen.

Anwenderunterstützung bei der Fehlerbehebung

Die Informationseinheiten werden in einer 2-stufigen Verkettung zunächst zu Fehlergraphen und auf höchster Stufe zu Fehlerbäumen verkettet.

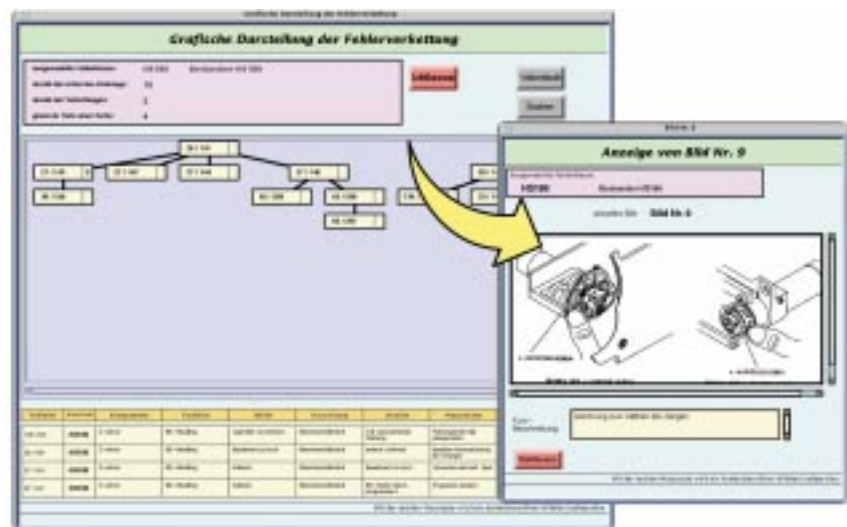
Die Fehlerbäume bilden die Grundlage zur Durchführung von Diagnosen und zur Ableitung von Behebungsmassnahmen. Im Fehlerfall werden dabei gezielt Hinweise generiert, die zu einer Minimierung der Stillstandszeiten führen und Prozessschwankungen anzeigen. Die an den Bedürfnissen der Praxis orientierte Lösung stellt dem Bediener online und ohne Zeitverzug Informationen zur Verfügung, die den Störungsort, die Störungsart sowie Vorschläge zur Fehlerbehebung enthalten.

Das Diagnosesystem wurde in eine übergreifende produktionsbegleitende Qualitätssicherung integriert. Dies wurde einerseits durch die sukzessive

Akquisition von Informationen aus der Entwicklungsphase bis hin zur Inbetriebnahme erreicht, andererseits durch die Rückführung von Betriebs- und Prozessdaten in den Planungsbereich. Dieser Regelkreis ermöglicht die frühzeitige Erkennung systematischer Fehler im Anlagenaufbau und vermindert somit die Störrate.

Zusammenfassung

Der Aufbau einer prozessbegleitenden Qualitätssicherung setzt die frühzeitige Ermittlung relevanter Informationen aus der Entwicklungsphase zum Aufbau eines umfassenden Diagnosesystems voraus. Dadurch wird eine schnelle und adäquate Reaktion auf mögliche Störungen erreicht, um die Sicherheit der Prozesse zu erhöhen und die Stillstandszeiten zu minimieren.



Expertensystem zur Diagnose auf der Basis von Fehlerbäumen

Verfahren und Systeme zur Produktionsregelung bei komplexen Produktionsstrukturen

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
 Prof. Dr.-Ing. J. Milberg
 Technische Universität München
 Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. C. Martin
 Dipl.-Ing. K. Heitmann

Industriepartner:

Siemens Nixdorf Informationssysteme AG

Ausgangssituation

Im vorausgegangenen Antragszeitraum wurde eine entscheidungsunterstützte, aber manu-

elle Regelung aufgebaut. Das Simulationsmodell diente bislang lediglich zum Test von Optimierungsstrategien.

Ziele und Vorgehensweise

Das Ziel der Arbeiten ist der Übergang von einer rein vorwärts gerichteten, auf Planparametern basierenden Steuerung hin zu einer schritt haltenden, flexibel auf den Daten der aktuellen Situation aufsetzenden Regelung des Auftragsdurchlaufs. Das Simulationsmodell soll mit der realen Produktion zeitlich synchronisiert und mit denselben Daten gespeist werden, mit denen auch in der Produktion gearbeitet wird.

Ergebnisse

Ergebnis der Arbeiten ist ein automatisierter Regler, der im wesentlichen aus zwei Komponenten besteht (siehe Abbildung):

Der *Simulationsbasierte Beob-*

achter vergleicht zwischen den Daten der realen Anlage, die Störungen unterliegt, und des Simulationsmodells, das den ungestörten Produktionsablauf nachbildet. Durch den Vergleich der Daten wird ein sehr frühes Erkennen von auftretenden Fehlerzuständen möglich.

Im *Wissensbasierten Optimierungszyklus* werden Erfahrungen aus der manuellen Produktionsregelung nutzbar gemacht.

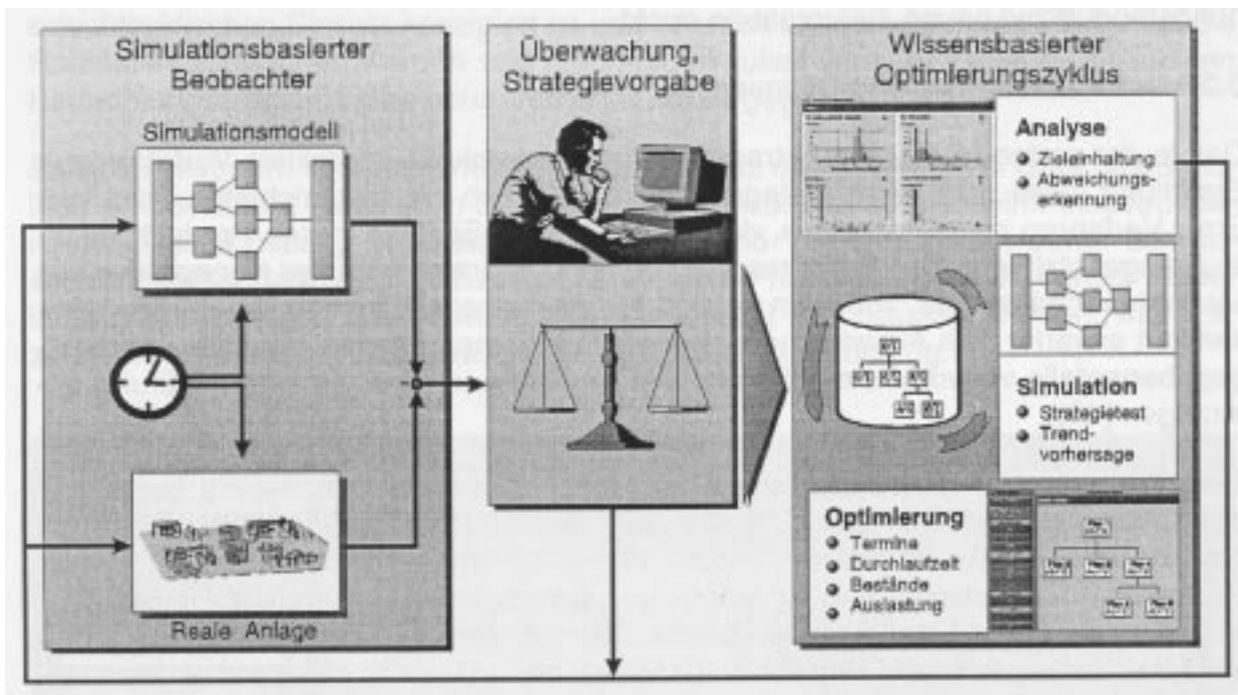


Abbildung: Module des automatisierten Reglers

Modell- und wissensbasiertes Fehlererkennungs- und Beratungssystem zur Führung automatisierter Fließprozesse

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Günther Schmidt
Technische Universität München
Lst. f. Steuerungs- und Regelungstechnik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. Franz Perschl
Dipl.-Ing. Attila Médl

Industriepartner:

Hoechst AG, Frankfurt (Main), Gendorf,
ESG Elektronik-System-Gesellschaft mbH München

Zielsetzung

Folge steigender wirtschaftlicher und ökologischer Anforderungen an verfahrenstechnische Produktionsanlagen, sind engere Verkopplungen und komplexere Betriebsweisen. Trotz ausgefeilter Prozeßleittechnik wachsen die Anforderungen an die Anlagenfahrer im Hinblick auf die Interpretation der dargebotenen Prozeßinformationen und ihrer Historie, sowie darauf aufsetzender Handlungsentscheidungen. Dies führt vor allem bei Ausnahmesituationen zu hoher Streßbelastung und häufigen falschen Entscheidungen.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines "informationstechnischen Beratungsassistenten" für das Bedienpersonal beim Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen.

Der entwickelte Assistent ist ein eigenständiges Software-System mit Echtzeiteigenschaften, das rückwirkungsfrei an das Prozeßleitsystem gekoppelt wird und von dort die relevanten und aktuellen Prozeßdaten und -informationen in Echtzeit entnimmt. Die Gesamtstruktur (siehe Abbildung) des Beratungssystems umfaßt im wesentlichen die Komponenten: VADIAG (Verfahrenstechnische Anlagen Diagnose) und Therapie. Daneben wurde eine Methodik entwickelt für die systematische Analyse und Synthese der anlagenabhängigen Fehlererkennung- und Diagnosemaßnahmen.

Anwendungen

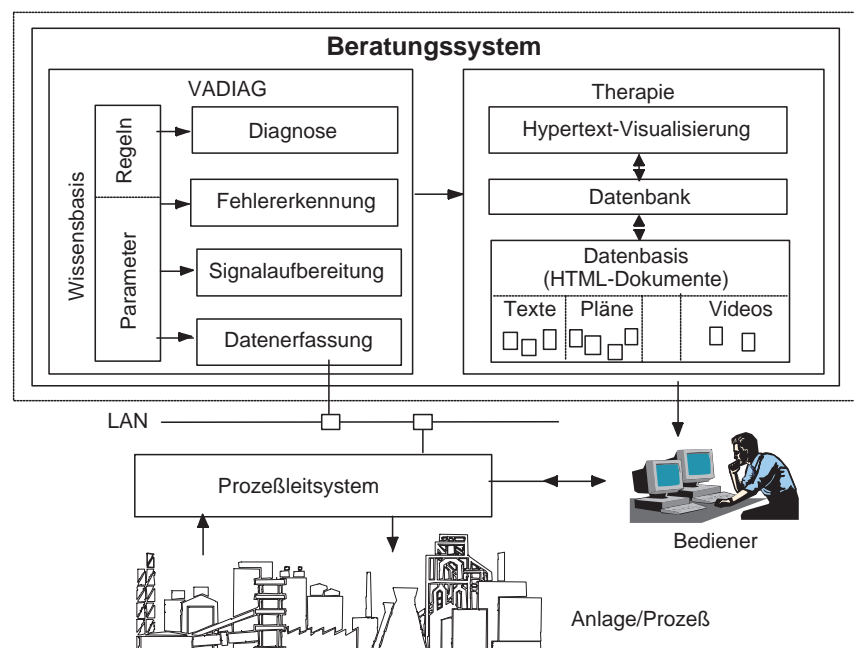
Mehrere Prototypen von VADIAG wurden bereits im industriellen Umfeld an verfahrenstechnischen Produktionsanlagen des Industriepartners, Hoechst AG, getestet. Die Auswertung der dabei gewonnenen Betriebserfahrungen fand in vielen Detailverbesserungen ihren Niederschlag. Das einsatzfähige Programmpaket steht für UNIX Workstations wie auch für

PCs unter MS-Windows, zur Verfügung.

Neben den verfahrenstechnischen Einsätzen wurde VADIAG auch erfolgreich in einem Fertigungsprozeß für Pkw-Türen bei einer kanadischen Zulieferfirma für Automobilzubehöerteile eingesetzt. Hierzu mußten wenige neue statistische Verarbeitungsmodulare in den Ebenen Fehlererkennung und Signalaufbereitung ergänzt werden.

Transfer

Der Einbezug des Systemhauses ESG mbH als industrieller Partner sowie die Ausrichtung von drei Firmenseminaren garantierten den Transfer der Entwicklungen und schufen den Boden für die Akzeptanz derartiger Beratungs-Assistenten in der Industrie.



Systemorientiertes Controlling indirekter Funktionsbereiche

Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr. rer. pol.
Horst Wildemann
Technische Universität München
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik

Projektmitarbeiter:

Dr. Michael Hadamitzky
Dipl.-Kfm. Christoph Bliss

Industriepartner:

Knürr AG, München
Kautex Bayern GmbH,
Mallersdorf-Pfaffenberg

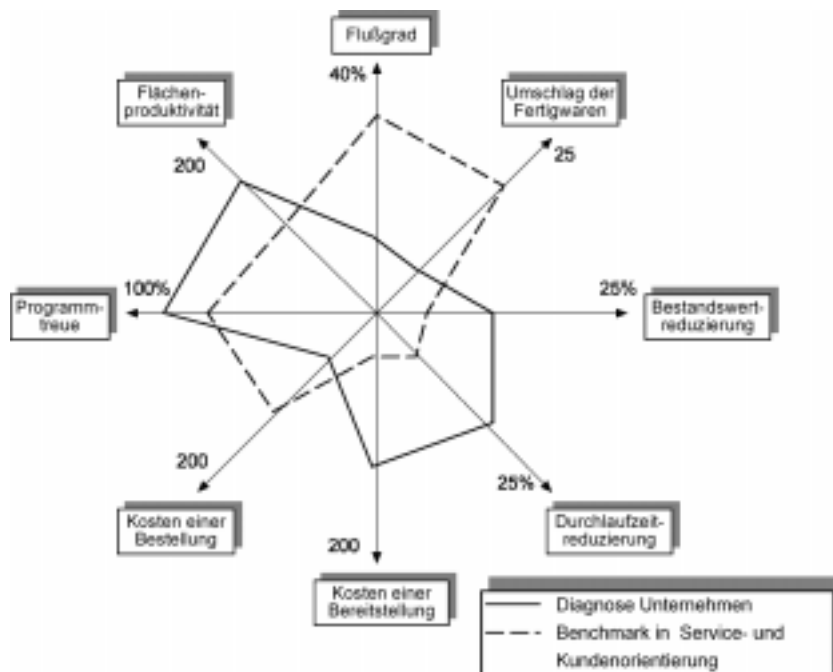
Veränderte Kostenstrukturen und die wachsende Bedeutung der indirekten Funktionsbereiche stellen neue Anforderungen an das Controlling. Die bislang eingesetzten Konzepte waren vor allem auf das Produktionssystem der Unternehmung ausgerichtet. Im Vordergrund stand die Abbildung der Kosten der Produktionsprozesse, während die Kosten indirekter Bereiche sowie die Wirkungsinterdependenzen zwischen direkten und indirekten Kosten vernachlässigt wurden.

Um Fehlentscheidungen zu vermeiden und das Leistungspotential der indirekten Bereiche zu erschließen, war deshalb eine Weiterentwicklung bestehender Controlling-Konzeptionen erforderlich. Diese muß die Unternehmung als Gesamtsystem abbilden und die Effizienz der gesamten Wert-

schöpfungs- und Innovationsprozesse beurteilen.

Das Forschungsprojekt stützte sich auf die im Projekt „Systemorientiertes Produktions-Controlling“ gewonnenen Erkenntnisse und die dort erzielten Forschungsergebnisse. Es basiert auf den methodischen Grundlagen der Mustererkennung. Mit Hilfe einer relationalen Datenbank in Verbindung mit einem neuronalen Netz als Musterklassifikator wurde ein Prototyp entwickelt, der den veränderten Anforderungen an ein systemorientiertes Controlling gerecht wird. Die Konzeption des am Wertschöpfungsprozeß orientierten Diagnosemodells erfolgt über die Formulierung von Teilmustern. Jedes Teilmuster der Leistungsebenen wird dabei durch maximal acht Merkmale dargestellt (siehe Abbildung). Die Ausgangsmuster der Unternehmensdiagnose, die den Folgerungen und Handlungsoptionen entsprechen und durch ein künstliches neuro-

nales Netz ermittelt werden, sind ein Leistungsindexsystem und ein Katalog erfolgsversprechender Reorganisations-schwerpunkte. Der Einsatz künstlicher neuronaler Netze erweist sich sowohl für die Leistungsbeurteilung als auch für das Controlling indirekter Bereiche als besonders geeignet. Entscheidend für den Erfolg ist zum einen der strukturelle Aufbau und die Anfangsinitialisierung des neuronalen Netzes und zum anderen die Qualität und Menge der Basisdaten für das Trainieren des Klassifikators. Die Anwendung der Mustererkennung und des Mustervergleichs ermöglicht neben der generellen Positionierung des Unternehmens und der Identifikation mehrerer Zielmuster auch die gezielte Selektion erfolgsversprechender Reorganisationsschwerpunkte in den direkten und in den indirekten Funktionsbereichen.



Verlustfortpflanzung in komplexen Energieumwandlungs- systemen

Projektleiter:

Prof. Dr. G. Alefeld
Technische Universität Mün-
chen
Technische Physik

Projektmitarbeiter:

Dr. S. Demmel
Dr. G. Feuerecker
Dipl.-Phys. A. Stengl

Industriepartner:

Siemens AG/ KWU

Ausgangsfragestellung

Mit zunehmender Komplexität werden die Zusammenhänge in Energieumwandlungssystemen immer schwieriger durchschaubar. Für die optimale Gestaltung derartiger Systeme ist eine Methode, die die Interaktionen der Verluste untereinander und ihre Sensitivität auf Änderungen der Prozessbedingungen transparent darstellt, äußerst hilfreich. Ein geeignetes Verfahren stellt die Entropiemethode dar. Die direkte Einbeziehung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik in die Prozessanalyse ermöglicht die Aufstellung einer Beziehung zwischen den lokalen Verlusten aller betrachteten Anlagenkomponenten und deren Auswirkung auf den Wirkungsgrad der Gesamtanlage, wodurch auch die Zusammenhänge in stark verkoppelten Systemen leicht erfasst werden können.

Der Ausgangspunkt der Entropiemethode ist die Bilanzierung aller Energie- und Entropie-

ströme an den festgelegten Systemgrenzen. Durch die Kombination beider Bilanzen entsteht ein Zusammenhang zwischen den Stoff- und Energieströmen, die die Anlage mit der Umgebung austauscht und den aufgrund der Irreversibilität thermodynamischer Prozesse verursachten Verluste.

Die Auswirkungen einer Änderung der Prozessrandbedingungen, wie zum Beispiel der Veränderung von Betriebsparametern oder die Wirkungsgradsteigerung der Teilkomponente Gasturbine, können anhand der vorher durchgeführten Systembetrachtung exakt festgestellt werden. Zudem können auch die Wirkungsgradänderungen der Teilkomponentenbeiträge quantifiziert werden.

Die Fortpflanzung der Änderung einer Komponente auf die restlichen Teile des Systems ist mit der Entropiemethode direkt zugänglich. Sobald die Fortpflanzung erfasst ist, können Prozessänderungen mit Hilfe einfacher analytischer Ausdrücke unter Berücksichtigung der Verlustfortpflanzung berechnet werden. Dies führt zu deutlichen Vereinfachungen von Optimierungsaufgaben. Neben der Bewertung der Einzelverluste in thermodynamischen Systemen tritt speziell bei Energieumwandlungssystemen das Problem der Bewertung der Gesamtanlage auf. Dies gilt besonders dann, wenn verschiedene Anlagenkonzepte miteinander verglichen werden sollen. Nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt des CO_2 -Ausstosses ist eine aussagekräftige und genau definierte Bewertungsmethode von großer Bedeutung.

Resultate

In diesem Forschungsprojekt wurden in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Siemens KWU verschiedene Energieerzeugungskonzepte verglichen und bewertet. Der Vergleich zeigte deutlich die Überlegenheit der Kraft-Wärme-Kopplung im Hinblick auf die CO_2 -Emission gegenüber der Einzelerzeugung von Wärme und Strom. Die niedrigsten Emissionen werden mit modernen Erdgas-Kombikraftwerken erzielt. In weiterführenden Studien wurden aus verschiedenen Siedlungstypen zeitabhängige Strom- und Wärmelastverläufe zusammengestellt. Mit Hilfe dieser typischen Bedarfsverläufe konnten die optimale Auslegung und Betriebsweise von Gas- und Dampf-Kraftwerken erarbeitet werden.

Energieträger-Substitution Strom, Gas und recycelte Wärme - Systemanalyse zur Prozeßoptimierung am Beispiel der Glasherstellung

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Mayinger
Technische Universität München
Lehrstuhl A für Thermodynamik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. W. Götz
Dipl.-Ing. F. Ludwig

Industriepartner:

F. X. Nachtmann GmbH

Ausgangsfragestellung

Die systemtechnische Gestaltung komplexer Produktionsprozesse hat die Aufgabe ein Optimum aus Produktqualität, Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung, Energiebedarf und Reststoffanfall zu suchen. Der Einsatz systemtechnischer Methoden ist insbesondere für die Produktionsverfahren der Glashüttenindustrie bedeutend, da hier, aufgrund des hohen Energieumsatzes und Reststoffanfalls sowie durch den hohen Anspruch an die Produktqualität, sehr vielschichtige Anforderungen an den Produktionsprozeß zu stellen sind.

Die Forschungsarbeiten hatten die Zielsetzung, am Produktionssystem des Industriepartners Lösungsansätze zur Optimierung des Produktionsprozesses hinsichtlich seines Energiebedarfs und Reststoffanfalls zu erarbeiten, wobei die Pro-

duktqualität und die Wirtschaftlichkeit beibehalten werden mußte.

Systemanalyse - Angewandte Methoden

Mit der Erfassung des Ist-Zustandes, die der Strukturierung des Betrachtungsbereiches sowie der Erhebung prozeßrelevanter Daten diente, und der Aus- sowie Bewertung dieser Prozeßdaten beginnend, wurden Schlüsselkomponenten hinsichtlich des Energiebedarfs, des Reststoffanfalls und der Qualitätsgewährleistung ermittelt. Zur Optimierung dieser Schlüsselkomponenten wurden diese isoliert modelliert und durch Variation der relevanten Parameter Erkenntnisse und Verbesserungspotentiale abgeleitet.

Auswertung der Analyse (Problemdefinition)

Das Ergebnis der Energieflußanalyse machte deutlich, daß der größte Teil des Energiebedarfs und damit über zwei Drittel der gesamten Energiekosten des Produktionsstandortes durch die „heiße Produktion“ (Schmelz-, Preßprozeß, Feuerpolitur, Kühlbänder) und hier hauptsächlich durch den Schmelzprozeß bedingt ist. Insbesondere die Strömungsführung und die Temperaturverteilung in der Glasschmelzwanne hat einen starken Einfluß auf den Energieverbrauch und die Qualität des Glases aber auch auf die Lebensdauer der sehr teuren Schmelzöfen.

Umsetzung

An einem geometrisch verkleinerten, optisch transparenten Nachbau der eingesetzten Glasschmelzwanne, die mit einer dem Glas ähnlichen Modellflüssigkeit bei niedrigen

Temperaturen betrieben wurde, konnten Geschwindigkeitsverteilungen berührungslos optisch gemessen werden. Parallel hierzu wurde das Temperatur- und Geschwindigkeitsfeld der realen Schmelzwanne dreidimensional berechnet. Durch Variation konnte die optimale Geometrie der Schmelzwanne bestimmt werden.

Resultat der Untersuchung

Durch die im Rahmen des Forschungsvorhabens erzielten Ergebnisse konnten grundlegende Aussagen über das Strömungs- und Temperaturfeld in Glasschmelzwannen gewonnen werden. Die durchgeführten Variationen trugen dazu bei, Einflussfaktoren zu erkennen und letztlich durch die Nutzbarmachung die Konstruktion künftiger Wannen und die Prozeßführung bestehender Wannen zu verbessern.

Der Industriepartner ließ die Ergebnisse in Neu- bzw. Umbauten von Schmelzwannen mit einfließen. Es wurde eine deutliche Erhöhung der Produktqualität bei längerer Wannenlebensdauer und geringerem Energieeinsatz erzielt und stellte somit eine erhebliche Verbesserung des Anfangszustandes dar.

Durch zusätzliche Optimierungsmaßnahmen im Produktionsprozeß und weitere organisatorische Veränderungen konnte eine rationellere Energieverwendung im Betrieb, eine Verringerung des Ausschusses und somit auch eine höhere Wirtschaftlichkeit erzielt werden.

Systemtechnisches Modell des zeitlichen Ablaufs der Entwicklung eines Automobils

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. K. Ehrlenspiel
 Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann
 Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau
 Prof. Dr.-Ing. E. Igenbergs
 Lehrstuhl für Raumfahrttechnik
 Technische Universität München

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. R. Kleedörfer
 Dipl.-Ing. H. Negele

Industriepartner:

BMW AG

Ausgangssituation

Durch gestiegene Ansprüche der Kunden, strengere gesetzliche Bestimmungen, die härtere Konkurrenzsituation in globalen Märkten und verkürzte Entwicklungszeiten haben sich die Anforderungen an einen erfolgreichen Produktentwicklungsprozeß erheblich verschärft. Alle bisherigen Ansätze zur Beschreibung von Entwicklungsabläufen werden den weitreichenden Zusammenhängen und Abhängigkeiten innerhalb des Gesamtsystems Produktentwicklung nicht gerecht, da sie Produkt, Prozeß oder Organisation nur isoliert voneinander betrachten. Hier soll ein systemtechnischer Lösungsansatz Abhilfe schaffen.

Ganzheitliche Modellbildung

Der Aufbau eines ganzheitlichen Modells zur Beschreibung der Produktentwicklung ermöglicht die zuverlässige Planung des Ent-

wicklungsprozesses und die flexible Anpassung der zugrundeliegenden Organisationsstrukturen. Durch Analysen am Modell können Einsparpotentiale und Widersprüche in der Produkt- und Prozeßplanung aufgedeckt werden.

Das ZOPH-Modell

Ausgehend von den im Rahmen des Forschungsprojekts untersuchten realen Entwicklungsprozessen in der Automobilindustrie und den systemtechnischen Ansätzen zur Systemmodellierung wurde das sogenannte ZOPH-Modell geschaffen. Dieses Modell umfaßt mit dem Zielsystem, dem Objektsystem, dem Prozeßsystem und dem Handlungssystem alle wesentlichen Einflußgrößen der Produktentwicklung (siehe Bild) und ihre Vernetzung.

Integriertes Informations- und Planungssystem

Auf der Grundlage des ZOPH-Modells wurden Prototypen für ein Integriertes Informations- und Planungssystem (GRIPS

bzw. TIPS) zur Unterstützung von komplexen, dezentralen Entwicklungsprozessen projektiert und entwickelt. Ideen und Ergebnisse aus der Entwicklung dieser Werkzeuge fließen in das kommerzielle Tool RPlan ein, welches von der RCOM GmbH sehr erfolgreich vermarktet wird.

GRIPS und TIPS bilden das ZOPH-Modell der Produktentwicklung in Form einer relationalen Datenbank ab. Auf diese Datenbank kann mit Hilfe benutzerspezifischer Abfragen zugegriffen werden. So ist es möglich, das Gesamtsystem Produktentwicklung aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten. Durch diese Art der Prozeßmodellierung kann zum Beispiel der Abstimmungsbedarf zwischen betroffenen Organisationseinheiten optimal an das Produktmodell angepaßt werden.

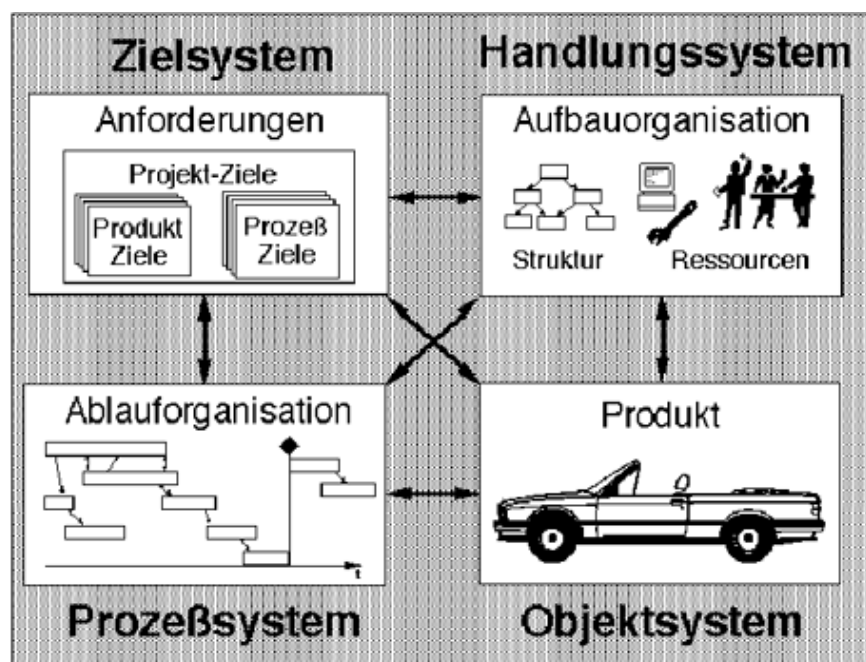


Abbildung: Ganzheitliche Abbildung der Produktentwicklung mit dem ZOPH-Modell

Integration von Daten- und Dokumentenverarbeitung in der Kundenbetreuung und Auftragsabwicklung

Projektleiter:
 Prof. Dr. Dr. h. c. mult.
 Peter Mertens
 Universität Erlangen-Nürnberg
 Bereich Wirtschaftsinformatik I

Projektmitarbeiter:
 Dipl.-Inf. Stefan Morschheuser
 Dipl.-Kfm. Heinz Raufer

Industriepartner:
 INA Wälzlager Schaeffler oHG, Herzogenaurach

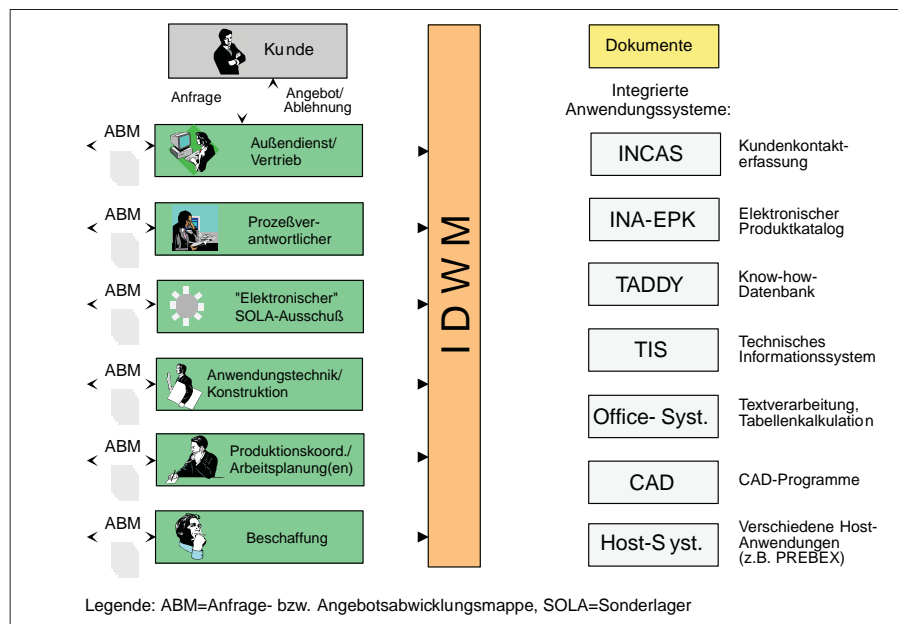
Problematik
 Die INA Wälzlager Schaeffler oHG in Herzogenaurach stellt Nadel-, Kugel- und Rollenlager für den Maschinenbau und die Kraftfahrzeugindustrie her. Gegenstand der Untersuchung waren Kunden- bzw. Interessentenanfragen, die von INA mit einem individuellen Angebot beantwortet werden. Dieser Vorgang war dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den beteiligten INA-Abteilungen weiterzureichenden Dokumente ausschließlich in Papierform vorlagen. Die zahlreichen Papierdokumente brachten einige Probleme mit sich, so z. B. Medienbrüche, mangelnde Verfügbarkeit von Dokumenten am Arbeitsplatz und schließlich zu lange Durchlaufzeiten bis zum Eintreffen des Angebots beim Interessenten. Ziel des Projekts war es, die Nach-

teile, die durch das Nebeneinander von Papierdokumenten und verschiedenen IV-Systemen entstanden, mit Hilfe einer integrierten Lösung zu vermeiden.

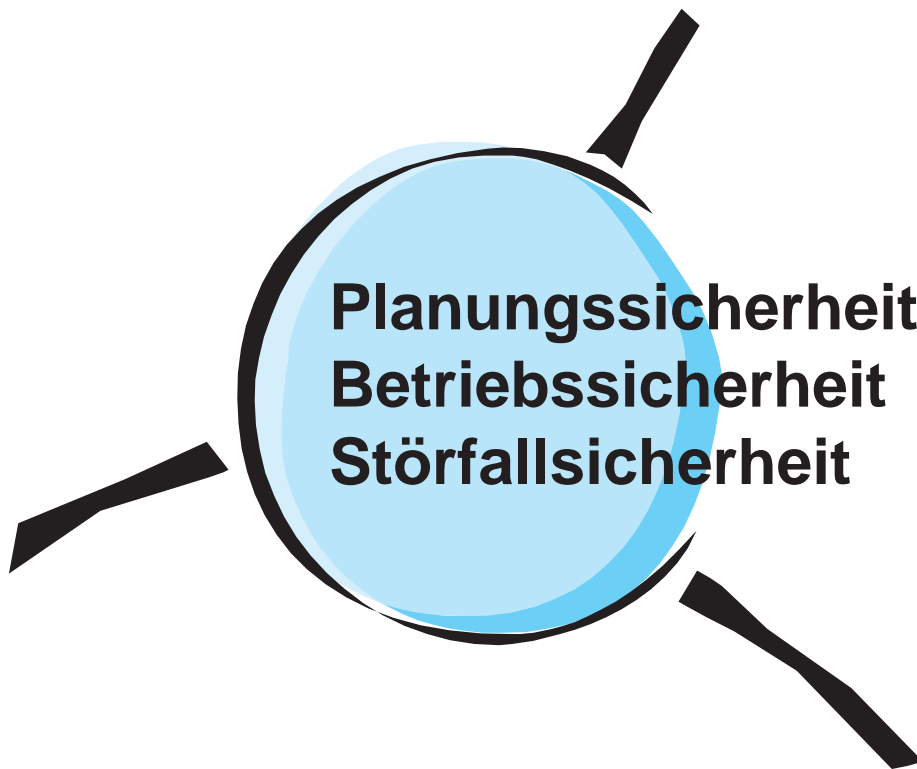
Lösung
 In enger Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen und der Entwicklungsabteilung der INA Wälzlager Schaeffler oHG wurde ein integriertes Dokumenten- und Workflow-Management-System (IDWM) geschaffen. Die Abbildung zeigt den groben Aufbau des Systems, mit dem es gelingt, alle im Rahmen der Angebotsbearbeitung relevanten Dokumente in elektronischer Form zwischen den involvierten Abteilungen weiterzuleiten sowie die schon vorhandenen betrieblichen IV-Systeme anzubinden.

Erfolge
 Das System wurde mittlerweile weiterentwickelt und in den Praxisbetrieb von INA übernommen. Der Erfolg der Lösung wird u. a. sichtbar durch deutlich kürzere Zeiten für die Erstellung eines Angebots sowie durch eine bessere Angebots-

qualität. Die Ergebnisse konnten auf verschiedenen Ebenen in die Wirtschaft bzw. Wissenschaft transferiert werden. Einige Aspekte der Lösung wurden bspw. in ein Standard-Softwareprodukt übernommen und finden somit Eingang in weitere Unternehmen. Weiterhin wurde ein sog. Referenzmodell entwickelt, das es vergleichbaren, mittelständischen Unternehmen aus der Maschinenbaubranche erleichtert, ähnliche Lösungen im Bereich der Angebotsabwicklung einzuführen. Dieses Referenzmodell übernahm der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA). Zahlreiche nationale und internationale Publikationen zeugen von der Innovation des Projekts. Eine der aus dem Projekt entstandenen Dissertationen wurde mit dem renommierten Preis für Integrierte Datenverarbeitung der INTEGRATA AG ausgezeichnet. Schließlich haben die beiden Projektmitarbeiter eine technologie-orientierte Unternehmung gegründet, die mittlerweile 25 Mitarbeiter beschäftigt.



**Forschungs-
Periode
1996 - 1998**



A PLANUNGSSICHERHEIT

A1	Prof. Lindemann, Technische Universität München	BMW AG, München	Planungssicherheit von Änderungsprozessen
A2	Prof. Geiger, Universität Erlangen-Nürnberg	data M GmbH, München LMT GmbH, Hilpoltstein	Erhöhung der Planungssicherheit von Fertigungssystemen der Blech- verarbeitung
A3	Prof. Mertens, Universität Erlangen-Nürnberg	COI GmbH, Herzogenaurach	Zwischenbetriebliche integrierte Informationsverarbeitung für sichere Entsorgungsprozesse
A4	Prof. Reinhart, Technische Universität München	BMW AG, München	Planungssicherheit durch Entwicklung und Bewertung von Migrations- strategien

B BETRIEBSSICHERHEIT

B1	Prof. B. Schmidt, Universität Passau	SUSPA Compart AG, Altdorf	Planungssicherheit im Rahmen komplexer, operativer Systeme - Interaktive Steuerung von Simu- lationsmodellen im Online-Betrieb
B2	Prof. G. Schmidt, Technische Universität München	Hoechst AG, Frankfurt & Kehlheim	Sicherheitsorientierte Überwachung komplexer verfahrenstechnischer Anlagen
B3	Prof. Schröder, Technische Universität München	BMW AG, München	Sicherheitskonzepte in komplexen dynamischen Systemen; Beispiel autonomes Hybridfahrzeug
B4	Prof. Wildemann, Technische Universität München	Knürr AG, München Kautex-Werke Bayern GmbH, Mallersdorf Mann&Hummel GmbH, Marklkofen	Organisation des Entstörmange- ments zur Risikominimierung in Industriebetrieben

C STÖRFALLSICHERHEIT

C1	Prof. Feldmann, Universität Erlangen-Nürnberg	Siemens AG, Erlangen	Ganzheitliches Konzept zur Funktionssicherung bei komplexen Montagesystemen
C2	Prof. Mayinger, Technische Universität München	Linde AG, Höllriegelskreuth	Entwicklung von Modellen zur Simulation transienter Betriebs- zustände und Störfallereignisse in verfahrenstechnischen Anlagenkomponenten

Planungssicherheit von Änderungsprozessen

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann
Technische Universität München
Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. R. Kleedörfer
Dipl.-Ing. J. Wulf

Industriepartner:

BMW AG

Ausgangssituation

Die zunehmende Globalisierung des Wettbewerbs und die stetige Verkürzung der Innovationszyklen bestimmen seit Beginn der achtziger Jahre die weltweite wirtschaftliche Entwicklung. Um dieser Herausforderung zu begegnen, wurde von den Unternehmen in den vergangenen Jahren versucht, vor allem die Dauer und die Kosten der Produkterstellung zu senken, ohne Abstriche an der Produktqualität machen zu müssen.

Technische Änderungen werden darum häufig als reine Störfaktoren im Produkt-erstellungszustand gesehen, die Kapazitäten im Entwicklungsbereich binden. Änderungen müssen jedoch immer auch als Chance zur Verbesserung des noch nicht optimalen Produkts begriffen werden.

Effizientes Änderungsmanagement

Ziel des aktuellen For-

schungsprojekts im Rahmen von FORSYS war es, die Grundlagen für ein effizientes Änderungsmanagement in der industriellen Praxis zu schaffen.

Systemtechnischer Lösungsansatz

Im Sinn der Systemtechnik können Änderungen als Systeme verstanden werden, die es zu planen gilt und denen Zielgrößen wie Kosten, Dauer und Kapazitätsbedarf zugeordnet werden müssen. Zur Einhaltung der geplanten Ziele muß eine möglichst effizient arbeitende Aufbau- und Ablauforganisation eingesetzt werden. Schließlich müssen zur Bearbeitung der Änderungen an die Randbedingungen angepaßte Methoden und Werkzeuge bereitgestellt werden.

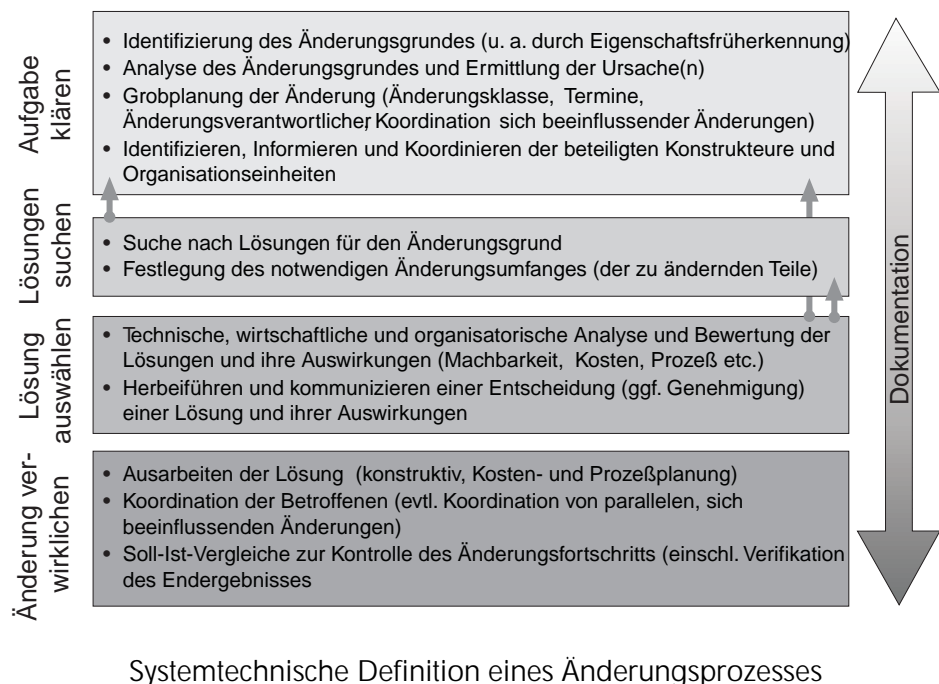
Organisatorischer Lösungsansatz

Als besonders problematisch erwiesen sich bei der Untersuchung realer Änderungsprozesse beim Projektpartner BMW die sog. 'schnittstellenübergreifenden' Änderungen. Zur Bearbeitung schnittstellenübergreifender Änderungen

wurden die sog. 'Matrixteams' genutzt. In diesen Matrixteams werden die schnittstellenübergreifenden Änderungen (z. B. wegen Problemen mit der Akustik des Gesamtfahrzeugs, bei Montageproblemen etc.) besprochen, geplant und koordiniert.

Rechnertechnischer Lösungsansatz

Zur Unterstützung der Matrixteams bei der Bearbeitung schnittstellenübergreifender Änderungen wurde ein Rechnerwerkzeug projektiert und entwickelt. Ziel bei der Entwicklung dieses sogenannten 'Änderungsdokumentations- und Planungstools' war es, alle bis dahin erarbeiteten Maßnahmen zur Einführung eines integrierten Änderungsmanagements wirksam zu unterstützen. Diese Software dokumentiert alle im Rahmen der Planung einer Änderung erzeugten Daten und stellt sie den Betroffenen zur Verfügung. Diese Daten dienen im weiteren Prozeßverlauf als Führungsgröße auf deren Grundlage Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt werden können.



Erhöhung der Planungssicherheit von Fertigungssystemen der Blechverarbeitung

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. M. Geiger

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Fertigungstechnologie

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Inf. H. Hagenah

Industriepartner:

data M GmbH
LMT GmbH

Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsprojektes ist am Lehrstuhl für Fertigungstechnologie ein Simulationssystem entwickelt worden, welches Fertigungsplaner kleiner und mittelständischer Unternehmen der Blechverarbeitung bei der Beurteilung eines Fertigungsplanes unterstützt. Mit Hilfe dieses Simulationssystems ist es vor Beginn der Fertigung möglich, Aussagen über die zu erwartende Maßhaltigkeit der zu fertigenden Blechbiegeteile zu machen.

Ausgangssituation

Eine derartige Vorhersage war bisher nicht möglich, da das Ergebnis beim Blechbiegen von vielen nicht vorhersagbaren, interagierenden Faktoren, z.B. Blechdickenschwankungen oder der Walzrichtung, abhängig ist. Die Schwankung des Bearbeitungsergebnisses macht die Planung auch wirtschaftlich unsicher, da nicht ge-

plante Nacharbeiten notwendig werden können.

Simulationssystem

Das Simulationssystem benötigt als Eingabedaten neben der Produktgeometrie Informationen über die Schwankungen der Bearbeitungsergebnisse der Maschinen des jeweiligen Unternehmens für die verwendeten Werkstoffe und geplanten Winkel. Diese Informationen werden durch maschinenspezifische Messungen gewonnen. Als weiteren Eingabeparameter benötigt das System den Fertigungsplan.

Das Simulationssystem modifiziert das Modell des ebenen Blechzuschnitts nach den Anweisungen des Fertigungsplans (siehe Abbildung). Dabei wird für jeden Fertigungsschritt die Abweichung von dem zu erreichenden Sollwert gemäß der für die Maschine zutreffenden Verteilung quantifiziert und das Modell des Werkstücks entsprechend modifiziert. Das modifizierte Modell ist Ausgangspunkt für den nächsten simulierten Fertigungsschritt. Somit werden auf Fehlerfortpflanzung basierende Abweichungen in mehrstufigen Blechbiegefertigungen von der Simulation erfaßt. Für ein Simulationsexperiment wer-

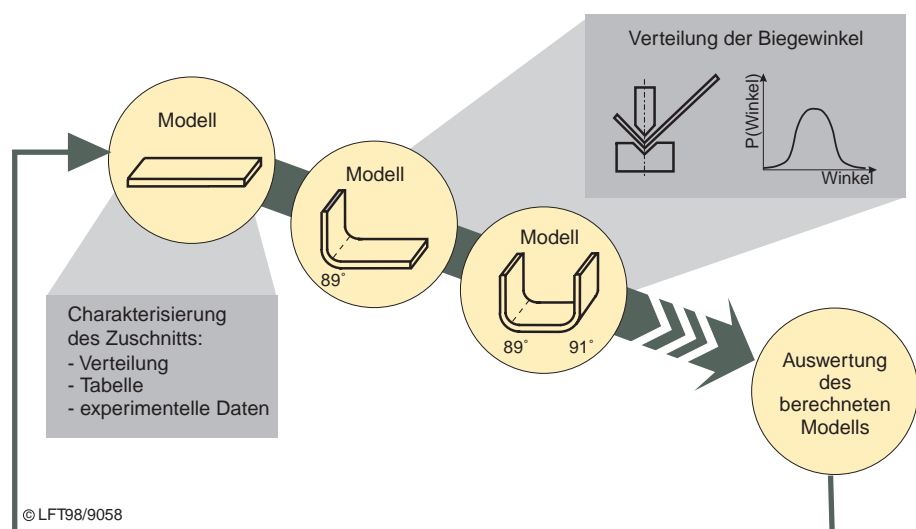
den eine Vielzahl von Produktionen simuliert. Nach der Auswertung einer berechneten Produktgeometrie wird für die nächste Berechnung wieder mit dem ebenen Blechzuschnitt begonnen. Die Quantifizierung der Umformergebnisse geschieht unabhängig von den Ergebnissen der letzten Berechnung.

Ergebnis

In jedem berechneten Modell werden definierte Maße bestimmt und ausgegeben. Durch die Simulation der Fertigung einer großen Stückzahl können statistische Aussagen über die Häufigkeitsverteilung der Ausprägungen der untersuchten Maße gemacht werden.

Es ist möglich, alternative Fertigungspläne, die eine andere Biegestadienfolge aufweisen oder andere Maschinen verwenden, ebenfalls zu simulieren. Durch den Vergleich der Simulationsergebnisse kann der beste Fertigungsplan gefunden werden.

Der Umfang der Nacharbeit ist vor Beginn der Fertigung bekannt und kann von dem Unternehmen in der Planung berücksichtigt werden.



Zwischenbetrieblich integrierte Informationsverarbeitung für sichere Entsorgungsprozesse

Projektleiter:

Prof. Dr. Dr. h. c. mult.

Peter Mertens

Universität Erlangen-Nürnberg

Bereich Wirtschaftsinformatik I

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Inf. Thorsten Wewers

Industriepartner:

COI - Consulting für Office und Information Management GmbH, Herzogenaurach

INA Wälzlager Schaeffler

oHG, Herzogenaurach

SEF - Sonderabfall-Entsorgung

Franken GmbH, Schwabach

LfU - Landesamt für Umweltschutz, Kulmbach

Diesem Projekt liegen als Anwendungsfälle Geschäftsprozesse bei der Entsorgung von Sonderabfällen zugrunde. Abfallerzeuger, -entsorger und Behörden bearbeiteten auf Papier in der Vergangenheit jährlich zwischen 5.000 und 30.000 Entsorgungsnachweise sowie ca. 100.000 Begleitscheine alleine in Bayern. Beispielhaft für das abfallerzeugende Unternehmen steht die INA Wälzlager Schaeffler oHG, die ihre betrieblichen Abläufe mit dem Workflow-Management-System (WMS) der COI GmbH, einer 100%igen INA-Tochter, unterstützt. INA entsorgt Sonderabfälle bei der SEF GmbH. Das Landesamt für Umweltschutz (LfU) genehmigt und überwacht die Sonderabfallentsorgung in Bayern. Allen drei Organisationen wurde dabei geholfen, die betroffenen Geschäftsprozesse nach den Gesichtspunkten modernen Work-flow-Manage-

ments zwischenbetrieblich zu unterstützen. Die Kooperation mit den drei Organisationen war sehr erfolgreich - nicht zuletzt auch durch einen einmonatigen Forschungsaufenthalt des Projektmitarbeiters bei der Behörde sowie durch insgesamt 12 Studien- und Diplomarbeiten, die bei den Partnern direkt vor Ort durchgeführt werden konnten und durch zahlreiche Präsentationen sowie Überlassung des Programmcodes transferiert wurden. Drei der betreuten Studenten fanden nach dem Studium einen Arbeitsplatz bei COI. Darüber hinaus wurde der Prototyp im VDMA-Arbeitskreis "Dokumenten- und Workflow-Management im Industriebetrieb" und auf den Messen CeBIT '97, CeBIT '98, Online im Park (Nürnberg) sowie der COI-Hausmesse gezeigt. Fernerhin wurde das Projekt in 9 Veröffentlichungen und 15 Vorträgen, darunter renommierte internationale Konferenzen, wie Informis '98 und HICSS '98, vorgestellt.

COI

Arbeitsschwerpunkt bei COI war die Entwicklung von Werkzeugen und Erweiterungen am Basis-WMS COI-BusinessFlow. Ideen aus dem Projekt flossen in die Entwicklung einer Email-Schnittstelle ein, die Organisationen koppeln kann, um Vorgänge zu beschleunigen und ihre Fehleranfälligkeit zu verringern. Des Weiteren wurde eine Komponente geschaffen, die es gestattet, Vorgänge über das Internet zu bearbeiten und zu verfolgen. COI hat beide Module in die aktuelle Version 3.5 von BusinessFlow übernommen.

INA

Für INA bringt das entwickelte System eine Vereinfachung und Automation des zwischenbe-

trieblichen Dokumentenflusses. Durch die Verzahnung mit SEF werden die Prozesse für INA zum einen weniger aufwendig und gestatten zum anderen eine einfachere umweltorientierte Kostenrechnung und Ökobilanzierung. So kann INA Entsorgungen bei SEF über das Internet avisieren und Entsorgungsdaten von SEF elektronisch beziehen. Derzeit wird die Übernahme von Teilen des Prototyps seitens INA diskutiert.

SEF

Die für SEF realisierte Workflow-Management-Anwendung soll teilweise eingeführt werden. Sehr großen Nutzen verspricht sich SEF vom mit dem WMS integrierten WWW-Informationssystem, das sich auf dem wettbewerbsintensiven Markt der Abfallentsorgung als "strategische Waffe" eignet, da es zahlreiche "Added Values" bietet, die Kunden an das Unternehmen binden. Des Weiteren erhält SEF mit diesem System frühzeitige Informationen zu Abfällen, welche die Anlagendisposition vereinfachen und das Unternehmen wirtschaftlicher operieren lassen.

LfU

Der Prototyp enthält einen wissensbasierten Suchmechanismus, der ähnliche Vorgänge zu einem aktuell zu bearbeitenden Fall aufspürt und es so ermöglicht, ähnliche Sachverhalte in gleicher Weise zu behandeln. Daneben umfaßt das System eine Controllingkomponente, die das LfU übernehmen will. Sie unterstützt den Sachbearbeiter dabei, besonders auffällige Trends in der Abfallmengenentwicklung bei den einzelnen Erzeugern aufzuspüren, um Abfälle zu vermeiden bzw. illegale Entsorgungen zu entdecken.

Planungssicherheit durch Entwicklung und Bewertung von Migrationsstrategien

Projektleiter:
 Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
 Technische Universität München
 Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)

Projektmitarbeiter:
 Dipl.-Ing. B. Goldstein
 Dipl.-Ing. M. König

Industriepartner:
 BMW AG

Ausgangssituation
 Die Notwendigkeit einer organisatorischen Änderung stellt viele Unternehmen vor große

Probleme. Sie schrecken vor den Unwägbarkeiten der Veränderung zurück, den Risiken der Transformation vom Ausgangszustand in den Endzustand.

Ziele und Vorgehensweise
 Ziel des Projekts war es, komplexe organisatorische Veränderungen in Unternehmen planbar zu gestalten und somit sicherer und effizienter in der Zielerreichung zu machen. Die Anforderungen an eine Methode zur Durchführung solcher Veränderungen wurden beim Industriepartner ermittelt.

Ergebnisse
 Es wurde ein Vorgehensmodell zur Migrationsplanung entwickelt, das sich aus fünf Teilschritten aufbaut (siehe Abbildung). Durch die Untergliederung komplexer Veränderungen in überschaubare Verände-

rungsschritte, die das Gesamtsystem jeweils in funktionsfähige Zwischenzustände überführen, wird die Dauer der Produktionsunterbrechung insgesamt minimiert und das Veränderungsrisiko verringert. Das Vorgehensmodell wurde im Rahmen eines Projekts beim Industriepartner getestet.

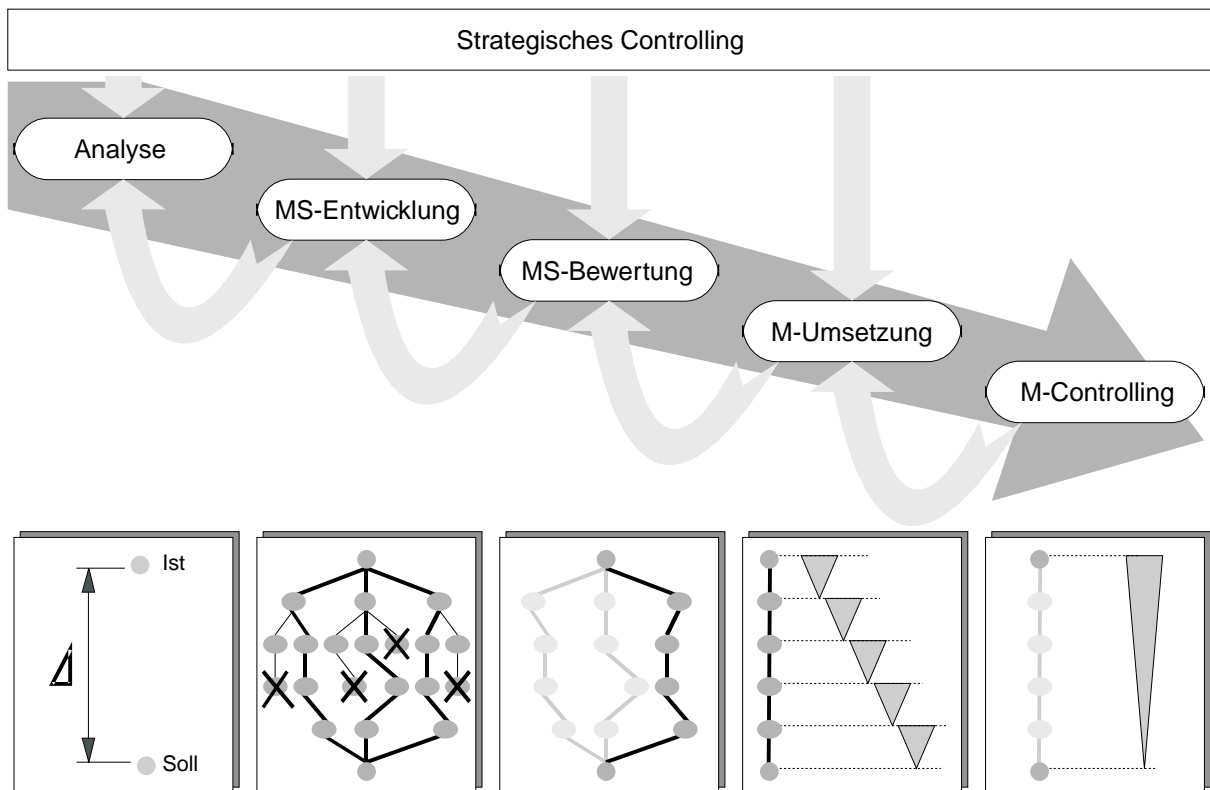


Abbildung: Vorgehensmodell zur Migrationsplanung

Planungssicherheit im Rahmen komplexer, operativer Systeme - Interaktive Steuerung von Simulationsmodellen im Online-Betrieb

Projektleiter:

Prof. Dr. Bernd Schmidt,
Lehrstuhl für Operations
Research und Systemtheorie
Universität Passau

Projektmitarbeiter:

Dr. Karin Reger

Projektpartner:

SUSPA Compart AG,
Altdorf

Ausgangsfragestellung

Zu den operativen Systemen zählen alle Systeme, die in irgendeiner Weise geregelt oder gesteuert werden. Insbesondere gehören Anlagen der Verfahrenstechnik und Produktionssysteme dazu. Die Komplexität der operativen Systeme ist derartig angewachsen, daß herkömmliche Verfahren, die auf dem Sachverstand des Fachmanns aufbauen, versagen. Planungssicherheit für komplexe, operative Systeme setzen ein leistungsfähiges Instrumentarium voraus, zu dem auch die Simulationstechnik gehört.

Sehr häufig erfolgt die Planung und Steuerung im wesentlichen noch immer ohne begleitendes Simulationsmodell. Diese Vorgehensweise ist sehr zeitaufwendig und insbesondere fehleranfällig. Die Planungssicherheit wird wesentlich erhöht, wenn eine Feinanpassung der Planungsdaten mit Hilfe eines Simulationsmodells möglich wird.

Es wird daher in verstärktem Maß versucht, Simulationsmodelle nicht allein zu betreiben. Vielmehr werden sie als integrativer Bestandteil der gesamten Planung und Steuerung gesehen.

Als Voraussetzung, um Simulationsmodelle in dieser Weise betreiben zu können, müssen die Simulationsmodelle über interaktive Steuerungsmöglichkeiten im Online-Betrieb verfügen.

Für diese Aufgabenstellung gibt es vereinzelt Sonderlösungen, die nicht verallgemeinerungsfähig sind und keinem grundsätzlichen Konzept entsprechen. Es sollen Werkzeuge entwickelt werden, die allgemein und anwendungsfachübergreifend zur interaktiven Steuerung von Simulationsmodellen im Online-Betrieb eingesetzt werden können.

Die Leistungsfähigkeit des Vorgehens soll in direkter Zusammenarbeit mit zunächst einem Anwender aus der mittelständischen Industrie erprobt werden.

Auswertung

Um eine interaktive Steuerung von Simulationsmodellen im Online-Betrieb in allgemeingültiger Form einsetzen zu können, sind die folgenden Aufgaben grundsätzlich zu bearbeiten:

- Echtzeitproportionale Steuerung der Simulationszeit

Es muß in das Simulationsmodell eine Komponente eingefügt werden, die die Simulationszeit mit der Echtzeit synchronisiert.

Eine Komponente zur zeitlichen Synchronisierung von Simula-

tionsmodellen muß so konzipiert werden, daß sie allgemein einsetzbar ist und auch in andere Simulationssysteme übernommen werden kann.

- Entkopplung des Simulationsprozesses von den Ein- und Ausgabeprozessen

Die Online-Kopplung des Simulationsmodells darf selbst keine Voraussetzungen an das Aussehen der Ein- und Ausgabeschnittstelle machen. Es wird eine allgemeine Kommunikationsschnittstelle entwickelt mit deren Hilfe Daten zwischen beliebigen Prozessen ausgetauscht werden können.

- Wahrung der Datenkonsistenz

Um die Datenkonsistenz sicherzustellen, müssen alle Daten, die über die Kommunikationsschnittstelle an das Modell übergeben werden, in den Datenbestand des Simulationsmodells zeitrichtig integriert werden.

Die relative Komplexität der Produktionsprozesse läßt den Einsatz der Simulation wünschenswert erscheinen. Angestrebt wird auf diese Weise eine verbesserte Planungssicherheit, die zu einer gesteigerten Auslastung der Ressourcen, zu reduzierten Liegezeiten und damit zu günstigeren Kosten und einem erhöhten Durchsatz führen.

Sicherheitsorientierte Überwachung komplexer verfahrenstechnischer Anlagen

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Günther Schmidt
Technische Universität München

Lst. f. Steuerungs- und Regelungstechnik

Projektmitarbeiter:

Dr.-Ing. F. Perschl
Dipl.-Ing. P. Kammermeier
Dr.-Ing. F. Freyberger

Industriepartner:

Hoechst AG, Frankfurt (Main), Gendorf

Zielsetzung

Die Betriebssicherheit automatisierter verfahrenstechnischer Anlagen wird im wesentlichen durch vier Risikofaktoren bestimmt: Mensch, Anlage, Leittechnik und Umwelt. Sicherheitsanalysen und -maßnahmen, die bereits in der Planungsphase einer neuen Anlage vorgesehen werden, können das Gefahrenpotential wirksam vermindern ohne es jedoch gänzlich auszuschalten. Verbleibende Risiken sind:

- der menschliche Bediener, der kaum berücksichtigt werden kann
- viele Altanlagen verfügen über kein ausreichendes Sicherheitskonzept
- Veränderungen und Modernisierungen können in Altanlagen zu neuen Sicherheitsproblemen führen

- bei den Sicherheitsanalysen in der Planungs- und Projektierungsphase sind falsche Annahmen und Fehler unvermeidlich
- mehrere praktisch gleichzeitig auftretende Fehler werden in der Regel nicht berücksichtigt.

Diese Sicherheitsrisiken lassen sich nur beherrschen, wenn die "geplante" Sicherheit durch online-Maßnahmen der Fehlererkennung, Diagnose und Therapie wirksam ergänzt werden. Mit Erfolg konnte hierfür das im Rahmen von BayFORSYS entwickelte intelligente Beratungssystem VADIAG eingesetzt und spezifisch ausgebaut werden.

Erweiterungen

Für die Projektierungs- und Konfigurierungsunterstützung wurde eine diagnostische Analysemethode entwickelt, die ausgehend von der bekannten PAAG-Analyse über qualitative Wirkungsmodelle zur quantitativen Analyse und damit zu den erforderlichen Verarbeitungs- und Erkennungsmodulen (Algorithmen) und Parametern führt. Zusätzliche Erweiterungen schließen vor allem wissensbasierte Methoden zur Erkennung von Mehrfachfehlern und zur Rekonstruktion des Betriebszustandes, der für kontextabhängige Fehlerdiagnose notwendig ist, mit ein. Letztere ist speziell für die Diagnose von Bedienfehlern bedeutsam.

Zugang zum Beratungssystem über INTERNET im Hinblick auf die Ferndiagnose erweitert den Einsatzbereich. Die Konfigurierung des Beratungssystems sowohl für die numerisch analytischen wie auch die wissensbasierten logischen Module erfolgt grafisch auf der Grundla-

ge von MATLAB und SIMULINK. Dies erleichtert das Engineering wesentlich.

Das Beratungssystem wurde nach objektorientierten Prinzipien in C++ implementiert. Es läuft auf Standard-PCs unter DOS und MS-Windows sowie auf UNIX Workstations.

Anwendungen

Die neuartigen Methoden wurden in sicherheitskritischen Anlagenteilen, Reduzierstation und Turbosatz, des Heizkraftwerkes der Technischen Universität München in Kooperation mit dem Betreiber, Lehrstuhl für Thermische Kraftanlagen, erfolgreich piloterprobt.

Transfer

Neben der Einführung der Methodiken in den Kraftwerksbereich erfolgten weitere Transfers durch ein Firmenseminar beim Kooperationspartner Hoechst AG sowie anlässlich der Ausstellung Bayern Innovativ 1997 in München.



Heizkraftwerk TU-München

Sicherheitskonzepte in komplexen dynamischen Systemen Beispiel autonomes Hybridfahrzeug

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. h.c.D.
Schröder
Technische Universität München
Lehrstuhl für Elektrische Antriebstechnik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. C. Müller

Industriepartner:

BMW AG

Ziel des vorliegenden Projekts ist die Erarbeitung und Realisierung eines Konzepts zum sicheren Betrieb eines "Autarken Hybridfahrzeugs". Dieses Hybridfahrzeug weist sowohl einen Verbrennungsmotor als auch einen elektrischen Antrieb als Antriebsquellen auf. Beide Antriebsquellen sind parallel geschaltet, d.h. beide Antriebsquellen können einzeln oder gemeinsam genützt werden. Dies bedeutet, dieses Hybridfahrzeug kann in Ballungsräumen rein elektrisch (keine Emissionen), auf Langstrecken rein verbrennungsmotorisch und ganz wesentlich auch so genützt werden, daß der Verbrennungsmotor mit bestem Wirkungsgrad als Antriebsquelle für das Fahrzeug genützt wird und dabei noch die Batterie über den elektrischen Antriebsstrang auflädt. Dieser Typ von Fahrzeug benötigt daher keine Aufladung der Batterie vom elektrischen Versorgungsnetz und wird deshalb autarkes Hybridfahrzeug genannt.

Eine weitere Ziel-Eigenschaft

des autarken Hybridfahrzeugs ist zusätzlich, daß gegenüber einem rein verbrennungsmotorischen Fahrzeug auch noch eine Kraftstoffersparnis erreicht werden soll. Dieses sehr interessante Ziel ist durch ein kontinuierlich verstellbares Getriebe erreichbar, in dem erstens bei unterschiedlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten durch eine entsprechende Getriebeverstellung keine oder nur geringe Änderungen der Drehzahlen des Verbrennungsmotors notwendig sind; dies bedeutet der Verbrennungsmotor kann in den günstigen Drehzahlbereichen gehalten werden. Nun ergibt sich aber aus dem Verbrauchskennfeld des Verbrennungsmotors weiterhin, daß ein günstiger spezifischer Verbrauch - außer dem engen Drehzahlbereich - zweitens auch nur bei höheren Drehmomenten erreicht wird. Es muß somit die überschüssige Leistung (Leistung = Drehmoment mal Drehzahl) genützt werden, um den minimalen Kraftstoffverbrauch zu erzielen und dies geschieht durch das Laden der Batterie. Ein Laden der Batterie erfolgt auch beim Abbremsen des Fahrzeugs.

Ein derartiges Fahrzeug kann somit in Ballungsgebieten emissionsfrei - rein elektrisch - fahren; in ländlichen Gebieten wechselweise elektrisch oder verbrennungsmotorisch und elektrisch und bei höheren Geschwindigkeiten rein verbrennungsmotorisch. Es entfällt somit auch die Notwendigkeit, getrennte Fahrzeuge für Ballungsgebiete (nur elektrisch) und für Langstrecken herzustellen und zu nützen. Ein wesentlicher Punkt unter Beachtung der Ökonomie und dem Material- sowie Energieeinsatz.

Derartige bzw. ähnliche Fahr-

zeuge befinden sich zur Zeit bei einigen Herstellern in verschiedenen Phasen der Entwicklung. Das vorliegende Projekt schafft wesentliche Grundlagen für die Erforschung der Komponenten, des Zusammenspiels dieser Komponenten, der Optimierung des komplexen Systems und speziell im BayFORSYS-Projekt der sicherheitstechnischen Aspekte. Das vorliegende Projekt ist in der Laufzeit auf die dritte Periode '96 - '98 beschränkt. Im Weiteren ist geplant, das Projekt in Zusammenarbeit mit einem Kraftfahrzeughersteller in Hinblick auf eine erweiterte On-Board-Diagnose (OBD) fortzuführen.

Organisation des Entstörmanagements zur Risikominimierung in Industriebetrieben

Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr. rer. pol.
Horst Wildemann
Technische Universität München
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Logistik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing.
Jörg M. Eisenbach
Dipl.-Ing. Erich Schwinge

Industriepartner:

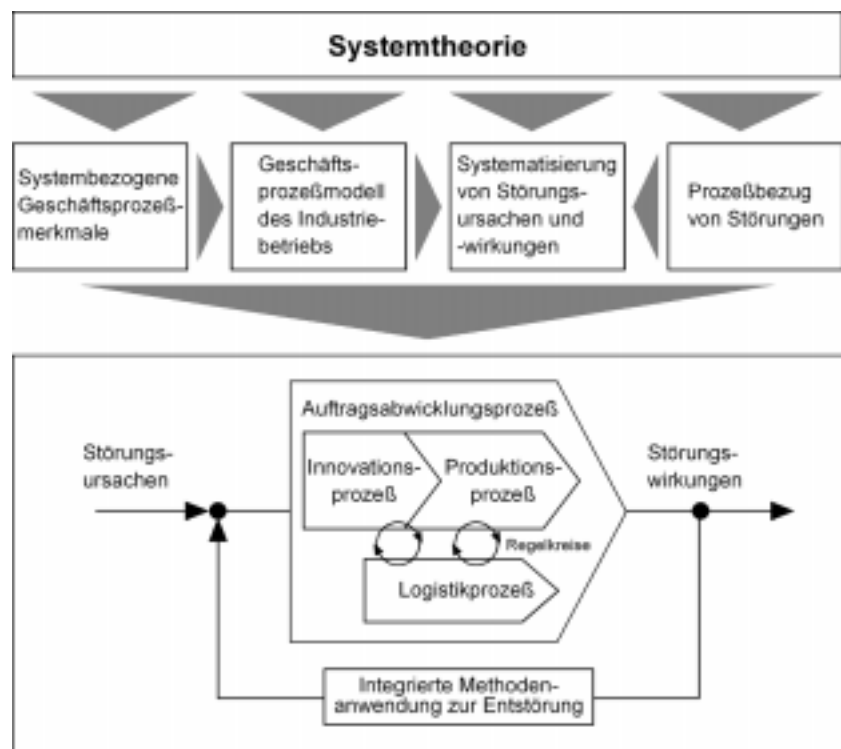
Knürr AG, München
Kautex Bayern GmbH,
Mann + Hummel GmbH

In Industriebetrieben treten neben Umweltrisiken, den Unfallrisiken für Mitarbeiter, dem Risiko des Maschinenausfalls und des Organisationsversagens Risiken aus der nicht anforderungsgerechten oder kundenorientierten Gestaltung der Produkte und Geschäftsprozesse auf. Diese Risikolagen resultieren aus Störungen in betrieblichen Abläufen. Die vorhandenen Untersuchungen des Störverhaltens beschränken sich weitgehend auf die direkten Bereiche, insbesondere auf die partielle Aufnahme von Verlustquellen von Anlagensystemen, und gehen entweder nicht oder nur begrenzt auf die Ursachen und Einflußgrößen ein. Es ist ferner in der Praxis festzustellen, daß der zunehmende Komplexitätsgrad der Störungen und ihrer Wirkungen nur bedingt durch die Mitarbeiter beherrscht wird. Ihnen feh-

len zielgerichtete Methoden, um Störungen, wenn nicht präventiv, dann ursachenbezogen, bekämpfen zu können. Dabei erfolgt die erforderliche Störungsbekämpfung überwiegend funktions- und bereichsbezogen.

Ziel des Forschungsprojekts war es deshalb, unternehmensweit die Realisierung störungsrobuster Wertschöpfungsprozesse zu erreichen. Basierend auf den Leitlinien zur Verminderung der Störungsfrequenz und Verbesserung der Entstöreffizienz, wurde ein Regelkreissystem zur ganzheitlichen Entstörung entwickelt. Mit Hilfe eines systemorientierten Erklärungs- und Gestaltungsmodells erfolgt die Analyse von Verknüpfungen und koordinationsintensiven Schnittstellen, um Ursache-Wirkungszusammenhänge von Störungsphänomenen ableiten und einer funktions- und bereichsübergreifenden Entstörsystematik zuführen zu können. Durch die Wahl der Geschäftsprozesse als über-

geordnete Regelstrecke ist eine ganzheitliche Vorgehensweise gewährleistet. Auf Basis einer integrierten Methoden-anwendung läßt sich eine Abkehr von isolierten Optimierungsstrategien erzielen, die sich auf einzelne Funktionsbereiche wie Arbeitssicherheit oder Instandhaltung und damit auf monokausale Zusammenhänge beschränken. Darüber hinaus wird durch die Wahl der eingesetzten Methoden eine dezentrale Selbststeuerung erreicht, die zum einen die flexible ursachenbezogene Störungsbekämpfung gewährleistet und zum anderen den schrittweisen Übergang zu einer flächendeckenden präventiven Störungsvermeidung ermöglicht. Für die unternehmensspezifische Ausgestaltung und Implementierung des Entstörmanagements, das von dem geschäftsprozeßbezogenem Einsatzfeld, vom Störungsprofil und den daraus resultierenden Wirkungen abhängt, wurde ein mehrstufiger Phasenplan erarbeitet.



Ganzheitliches Konzept zur Funktionssicherung bei komplexen Montagesystemen

Projektleiter:
 Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
 Universität Erlangen-Nbg.
 Lehrstuhl für Fertigungs-
 automatisierung und
 Produktionssystematik

Projektmitarbeiter:
 Dipl.-Ing. J. Göhringer

Industriepartner:
 Siemens AG, AUT

Einleitung

Mit der zunehmenden Integration neuer Technologien, den steigenden Flexibilitätsanforderungen und der verstärkten Kombination manueller und automatisierter Systeme hat die Komplexität der Montageanlagen deutlich zugenommen. Dies hat zwangsweise zahlreiche Störungsquellen zur Folge, mit denen die Gefährdung von Maschine, Prozeß und Bediener verbunden sind.

Konzeptionelle Systemgestaltung

Auf Basis dieser Problemstellung wurde ein ganzheitliches Konzept für ein Störungsmanagementsystem erstellt. Zur Ermittlung der Fehlerursachen und zur Fehlerbehebung wurde, aufbauend auf einer flexiblen Produktionsdatenerfassung, ein Diagnosesystem entwickelt und um Sicherheitsstrategien erweitert.

Koppelung von Automatisierungsgeräten und Produktionsdatenerfassung

In Montagezellen wird eine hohe Vielfalt von Automatisierungsgeräten eingesetzt. Der Aufwand zur datentechnischen Koppelung eines Datenerfassungssystems mit einer Montageanlage ist deswegen derzeit sehr hoch, da für jede Anlage individuelle Lösungen aufgebaut werden müssen. Es wurde deshalb ein Softwaremodul entwickelt, daß eine universelle Schnittstelle zu verschiedenen Automatisierungsgeräten zur Verfügung stellt.

Informationssystem und Strategien zur Diagnose

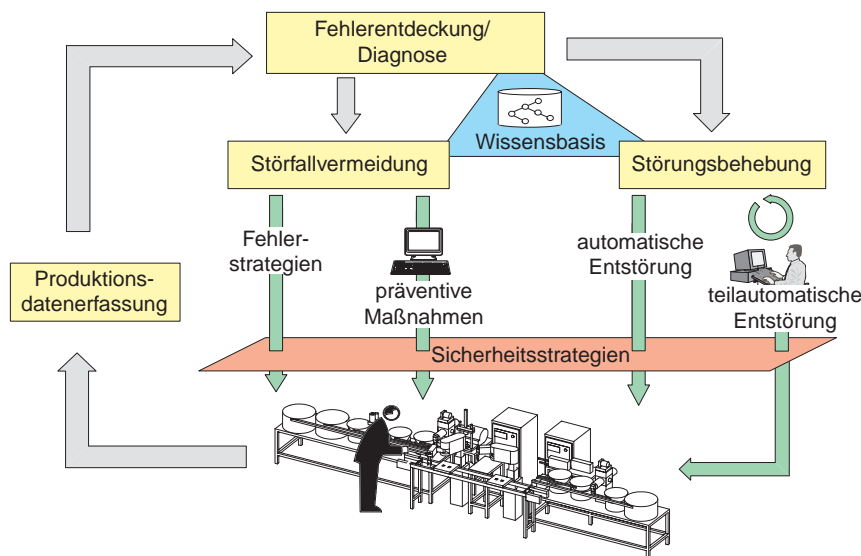
Nach der Bestimmung der Fehlerursache sollen vom System Maßnahmen zur Fehlerbehebung und zur Wiederaufnahme des korrekten Anlagenbetriebs vorgeschlagen werden. In Folge der Fehlererkennung erfolgt die rechnergestützte Diagnose. Die im Informationssystem gespeicherten Fehlerbeschreibungen werden für die Diagnose durch kausale Verknüpfungen zu Fehlergraphen verbunden. Auf Basis dieser

Struktur der Fehlergraphen wurden verschiedene Diagnosealgorithmen entwickelt, die eine unterschiedliche Strategie zur Fehlerursachenermittlung verfolgen.

Auf Basis der Analyse der erfaßten Daten können konstruktive oder organisatorische Maßnahmen abgeleitet werden, um Störungen präventiv zu vermeiden. Diese Vorgehensweise ist deswegen von hoher Bedeutung, da der Schutz des Bedieners vor allem im Störfall nicht immer gewährleistet ist.

Zusammenfassung

Mit dem rechnerunterstütztem Störungsmanagementsystem soll eine schnelle und effektive Reaktion bei Störungen erzielt werden, mit der Einleitung von Maßnahmen zur Fehlerbehebung und zum Wiederanlauf. Hierbei kommen Strategien zum Schutz der Anlagenkomponenten und zur Gewährleistung der Sicherheit des Bedienpersonals zum Einsatz.



Wirkungsprinzip der Störfallstrategien auf Montagesystem und Bedienpersonal

Entwicklung von Modellen zur Simulation transienter Betriebszustände und Störfallereignisse in verfahrenstechnischen Anlagenkomponenten

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Maying
Technische Universität München
Lehrstuhl A für Thermodynamik

Projektmitarbeiter:

Dipl.-Ing. Peter Gerstl

Industriepartner:

Linde AG

Ausgangsfragestellung

Die große Zahl der Erzeugnisse der chemischen Industrie lässt sich in ihrer Produktion auf eine sehr begrenzte Anzahl von Grundverfahren zurückführen. Eine häufig verwendete Methode zur Separation von flüssigen und dampfförmigen Stoffgemischen ist die thermische Trennung durch Mehrfachdestillation in Kolonnen. Durch den intensiven Kontakt von Dampf und Flüssigkeit auf den im Trennapparat eingebauten Böden wird am Kopf der Rektifikationskolonne das leichtersiedende Destillat gewonnen.

Um die Kondensations- und Verdampfungsvorgänge mit in der Anlage vorhandenen Medien betreiben zu können, wird die Rektifikation von Kohlenwasserstoffgemischen meist auf einem höheren Temperatur- und Druckniveau durchgeführt. Der Überdruck erfordert bei den eingesetzten Apparaten korrekt ausgelegte Sicherheitsmaßnahmen, die sich am maximal

möglichen Verfahrensdruck orientieren. Da in der Anlagenplanungsphase der Maximaldruck nur über Abschätzungen bestimmt werden kann, müssen bei Druckbehältern hohe Sicherheitsfaktoren und aufwendige Schutzeinrichtungen berücksichtigt werden.

Für die beanspruchungsoptimale Auslegung und Dimensionierung aller Sicherheitseinrichtungen sind Kenntnisse über das dynamische Prozessverhalten unverzichtbar. Die aus Kostengründen nur sehr eingeschränkt nutzbare Möglichkeit der experimentellen Ermittlung der jeweiligen Verfahrensdynamik, erhöht den Bedarf an Softwarewerkzeugen für die dynamische Verfahrensberechnung.

Die derzeit verfügbaren Simulationsprogramme stellen dem Anwender eine Modellbibliothek oft benötigter Grundverfahren bereit und erlauben eine schnelle Abbildung bestehender oder geplanter Anlagen im Rechner. Die den Modellen zu Grunde gelegten mathematischen Gleichungssysteme berücksichtigen nur die physikalischen Effekte im Bereich des normalen Produktionsbetriebes. Zur Überprüfung von Störungsauswirkungen sind diese Simulatoren nur bedingt geeignet, da die Beschreibung der physikalischen Vorgänge einen limitierten Gültigkeitsbe-

reich aufweist und nur innerhalb dieses Wertebereiches verlässliche Resultate liefert. Die Optimierung von Lastwechselabläufen oder die Erneuerung von Sicherheitskonzepten auf der Basis inkorrekt Simulationsergebnisse würde ein hohes Gefährdungspotential für die Produktionsstätten darstellen.

Resultate

In diesem Forschungsprojekt wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Linde AG vollständige Sätze von Gleichungen zur Beschreibung typischer Komponenten verfahrenstechnischer Anlagen erarbeitet und in die Simulationsumgebung Speedup (Aspen Technology, Inc.) implementiert. Die in modularer Form erstellten Modelle ermöglichen nun die dynamische Berechnung stark transienter Vorgänge, wie zum Beispiel das Fluten der Kolonnenböden, Leckagesimulation oder auch die Rückströmung durch den Destillatkondensator.



Abbildung: Rektifikationskolonnen

Adressen

em. Prof. Dr.-Ing.
K. Ehrlenspiel
Lehrstuhl für Konstruktion
im Maschinenbau
Technische Universität
München
Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
Lehrstuhl für Fertigungs-
automatisierung und
Produktionssystematik
Universität Erlangen -
Nürnberg
Egerlandstr. 7-9

91058 Erlangen

Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c.
M. Geiger
Lehrstuhl für Fertigungstechnik
Universität Erlangen -
Nürnberg
Egerlandstr. 11

91058 Erlangen

Prof. Dr.-Ing. E. Igenbergs
Lehrstuhl für Raumfahrttechnik
Technische Universität
München
Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann
Lehrstuhl für Konstruktion im
Maschinenbau
Technische Universität
München
Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.
F. Mayinger
Lehrstuhl A für
Thermodynamik
Technische Universität
München
Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.
Dr.-Ing. E.h. J. Milberg
Institut für Werkzeugmaschi-
nen und Betriebswissen-
schaften
Technische Universität
München
Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Prof. Dr. Dr. h.c. mult.
P. Mertens
Bereich Wirtschaftsinformatik I
Universität Erlangen -
Nürnberg
Lange Gasse 20

90403 Nürnberg

Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
Institut für Werkzeugmaschi-
nen und Betriebswissen-
schaften
Technische Universität
München
Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Prof. Dr. B. Schmidt
Lehrstuhl für Operations
Research und Systemtheorie
Universität Passau
Innstr. 33

94032 Passau

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.
G. Schmidt
Lehrstuhl für Steuerungs- und
Regelungstechnik
Technische Universität
München
Arcisstr. 21

80333 München

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. h.c.
D. Schröder
Lehrstuhl für Elektrische
Antriebstechnik
Technische Universität
München
Arcisstraße 21

80333 München

Prof. Dr. H. Wildemann
Lehrstuhl für Betriebswirt-
schaftslehre mit Schwerpunkt
Logistik
Technische Universität
München
Leopoldstr. 145

80804 München

Personelle Zusammensetzung des Bayerischen Forschungsverbundes Systemtechnik

Der Sprecher

Prof. Dr. F. Mayinger
(Technische Universität München)

Der Technisch-Wissenschaftliche Beirat

Vorsitzender

Dipl.-Kfm. H. Stärker
(Ehrenvorsitzender des Verbandes der Bayerischen Metall- und Elektroindustrie e.V.)
Prof. Dr. M. Bohnet
(Technische Universität Braunschweig)
LMR K.-H. Fromm
(Bayer. Staatsmin. für Wirtschaft, Verkehr und Technologie)
Dipl.-Ing. D. Jensen
(Mitglied des Vorstandes der König & Bauer AG)
Prof. Dr. J. Milberg
(Vorstandsvorsitzender der BMW AG)
Prof. Dr. H.-K. Tönshoff
(Universität Hannover)
MR C. Schubert
(Bayer. Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst)

Der Vorstand

Vorsitzender
Prof. Dr. F. Mayinger
(Technische Universität München)
Prof. Dr. K. Feldmann
(Universität Erlangen-Nürnberg)
Dr. W. Hell (Institut für Mobilität)
Dir. E. Jungmann (Siemens AG)
Prof. Dr. B. Schmidt (Universität Passau)
Prof. Dr. G. Schmidt
(Technische Universität München)
Dipl.-Ing. M. Schmitt (ehem. Hoechst AG)

Die Mitglieder

RA K. Bayer
(Verband der Bayer. Metall- und Elektroindustrie)
Dr. H. Bokelmann (Schiedel GmbH & Co.)

Prof. Dr. H.-H. Braess (ehem. BMW AG)
Prof. Dr. K. Feldmann
(Universität Erlangen-Nürnberg)
Prof. Dr. M. Geiger
(Universität Erlangen-Nürnberg)
Dr. W. Hell (Institut für Mobilität)
Prof. Dr. E. Igenbergs
(Technische Universität München)
Dir. E. Jungmann (Siemens AG)
Dr. W. Kroy (Tharsos AG)
M. Lämmer (SBM mbH)
Prof. Dr. U. Lindemann
(Technische Universität München)
Prof. Dr. F. Mayinger
(Technische Universität München)
Prof. Dr. P. Mertens
(Universität Erlangen-Nürnberg)
Dr. B. Nill (Krauss Maffei AG)
Prof. Dr. B. Radig
(Technische Universität München)
Prof. Dr. G. Reinhart
(Technische Universität München)
Dr. B. Rukes (Siemens AG)
Prof. Dr. B. Schmidt (Universität Passau)
Dipl.-Ing. F. Schmidt
(Firma Nachtmann GmbH)
Prof. Dr. G. Schmidt
(Technische Universität München)
Dipl.-Ing. M. Schmitt (Hoechst AG)
Prof. Dr. D. Schröder
(Technische Universität München)
Prof. Dr. H. Wildemann
(Technische Universität München)

Korrespondierende Mitglieder (ohne Antrags- und Stimmrecht):

Dr. P. Deimel (Daimler-Benz AG)
Prof. B. Greiner (Hoechst AG)
Prof. Dr. F. Hofmann
(Universität Erlangen-Nürnberg)
Dipl.-Ing. N. König (Siemens AG)
Prof. Dr. G. Lappus
(Technische Universität Cottbus)
Dipl.-Kfm. J. Müller (GSSE GmbH)
Dr. K.-U. Schmidt
(ehem. Siemens-Nixdorf AG)
Prof. Dr. R. Schuster (BMW AG)

Wissenschaftlicher Koordinator

Dipl.-Ing. P. Gerstl
(Technische Universität München)

**Bayerischer
Forschungsverbund
Systemtechnik**

Sprecher:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Mayinger
TU München, Lehrstuhl A für Thermodynamik
85747 Garching

Information:

Dipl.-Ing. Peter Gerstl
TU München, Lehrstuhl A für Thermodynamik
85747 Garching
Telefon (089) 289 16245
Telefax (089) 289 16218