

IITB

visIT

3/2005

[Intelligente Regelungssysteme]

Fraunhofer

Essay:

Ganzheitliche Prozessoptimierung

Forum: NuTech Solutions

Fuzzy-Modellierung

Adaptive Produktionsregelung

Intelligente Robotersteuerung

Qualitätsüberwachung RoboSens

www.iitb.fraunhofer.de

ISSN 1616-8240



Fraunhofer

Institut
Informations- und
Datenverarbeitung

Inhalt

Essay

- Seite 4 Ganzheitliche Überwachung und Regelung industrieller Prozesse
Helge-Björn Kuntze

Forum

- Seite 6 Fuzzy-Modellierung zur industriellen Qualitätsüberwachung,
-optimierung und Regelung
Peter Krause, NuTechSolutions GmbH

Themen

- Seite 8 Adaptive Produktionsregelung –
Basis für dynamische Geschäftsprozesse in der Fertigung
Michael Baumann
- Seite 10 Visionbasierte Regelung humanoider Roboter
Giulio Milighetti
- Seite 12 Roboterbasierte Qualitätsüberwachung mit bildgebenden Sensoren
Chen-Ko Sung

Infothek

- Seite 14
- Seite 15 Impressum

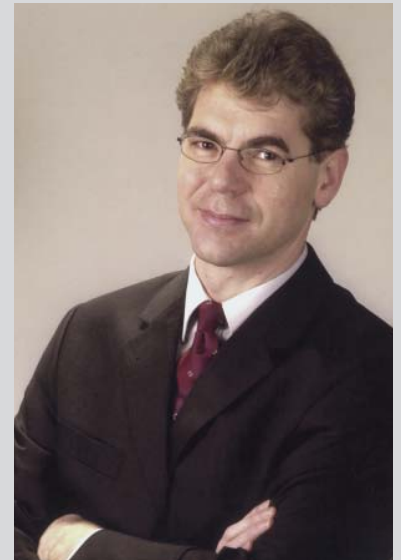
Liebe Freunde des IITB,

Zukünftige »intelligente« informationsbasierte Regelungssysteme zeichnen sich gegenüber konventionellen signalbasierten Konzepten durch eine wesentlich flexiblere, diskret-kontinuierliche Struktur aus, die durch Lernfähigkeit und Strukturvariabilität gekennzeichnet ist. Ein weiterer entscheidender Vorteil besteht darin, dass alle relevanten Sensorsignale zunächst zielgerichtet fusioniert werden, um höherwertige Informationen zum aktuellen Gesamtzustand des Prozesses zu gewinnen. Diese bildet die Grundlage für eine ganzheitlich, nach unterschiedlichen Kosten- und Qualitätskriterien, optimierte Regelung aller Teilprozesse.

Die vorliegende Ausgabe von visIT vermittelt einen Überblick über die vielfältigen FuE-Aktivitäten des IITB auf dem Gebiet der informationsbasierten Regelung von Fertigungsprozessen und innovativen Produkten. Zunächst wird in einem Essay von Dr. Helge-Björn Kuntze ein Systemkonzept zur gesamtheitlichen Überwachung und Regelung industrieller Prozesse sowohl innerhalb des Fertigungsbereiches (horizontale Optimierung) als auch zwischen Geschäfts-, Leit- und Produktionsebenen (vertikale Optimierung) vorgestellt. Am Beispiel von Kunststoffverarbeitungsanlagen wird verdeutlicht, dass die Anwendung von informationsbasierten Überwachungs- und Regelungskonzepten eine notwendige Voraussetzung für die Einführung technologisch neuartiger Fertigungsprozessen ist. Lösungsansätze und Erfahrungen beim Einsatz von Fuzzy-Methoden werden von

Dr. Peter Krause von der Firma NuTech Solutions in seinem Beitrag aufgezeigt. Dr. Michael Baumann umreißt ein Konzept der adaptiv geregelten Produktionsplanung durch eine »vertikale« Integration von Unternehmensleit- und fertigungsebene, das neben der gesamtheitlichen Optimierung auch die kurzfristige Reaktion auf unerwartete Störungen des Produktionsablaufes ermöglicht. Die Notwendigkeit einer multisensoriellen, informationsbasierten Überwachung und Regelung von Robotern bei der Kooperation und Interaktion mit dem Menschen werden von Giulio Milighetti vorgestellt. Es wird dargelegt, dass für das Imitieren menschlicher Verhaltensweisen durch den Roboter besonders Neuro-fuzzy-basierte Methoden sehr gut geeignet sind. Die flexible Nutzung unterschiedlicher bildgebender Sensoren bei einer roboterbasierten In-line Qualitätsüberwachung von komplexen, großen Flugzeugteilen wird von Chen-Ko Sung beschrieben. Die Kombination einer Vielfalt von Nah- und Weitbereichssensoren mit den reproduzierbaren Positionierungseigenschaften eines Industrieroboters schaffen das Potenzial für die erfolgreiche Bearbeitung sehr unterschiedlicher Prüfzenarien. Bereits gewonnene sensorielle Information wird dabei rückgeführt in die Ablaufplanung des Sichtprüfungsprozesses und ermöglicht so eine flexible Antwort auf Variationen der Prüfsituation.

Karlsruhe, im Dezember 2005
Jürgen Beyerer



Jürgen Beyerer

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Beyerer'.

Moderne automatisierte Produktionsanlagen zeichnen sich einerseits durch eine hohe Komplexität und Vernetzung, andererseits durch eine starke Dynamik bedingt durch häufigen Produktwechsel oder zufällige Störungen aus.

Ständig steigende Anforderungen an die Qualität bei gleichzeitigem Kostendruck führen zur Notwendigkeit von immer ausgefeilteren Prozessführungsstrategien.

Jedoch kann der Einfluss solcher Veränderungen auf die Qualität des Produktes und die Kosten der Produktion immer weniger abgeschätzt werden, da Modelle zur Beschreibung der Produktqualität in Abhängigkeit von den Prozessparametern oft fehlen. Ganzheitlicher Integrations- und Optimie-

bedarft besteht sowohl innerhalb der Produktionsebene (»horizontale« Shop-Floor-Integration) als auch zwischen Produktions-, Leit- und Geschäftsebene (»vertikale« Shop-Floor-Top-Floor-Integration), wie die vereinfachte schematische Darstellung veranschaulicht.

»Horizontaler« Integrationsbedarf resultiert aus der Erkenntnis, dass die Steuerungen der verschiedenen materialflussmäßig verknüpften Teilprozesse im Shop-Floor-Bereich gegenwärtig noch vielfach voneinander isoliert sind. Besonders in Produktionsbereichen, die durch sehr lange Durchlaufzeiten gekennzeichnet sind (z. B. nanotechnologische Beschichtungstechnologien mit einer Durchlaufdauer von mehreren Tagen), werden ganzheitlich optimierte Systemlösungen benötigt.



Dr.-Ing. Helge-Björn Kuntze

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon: 07 21/60 91-3 10
kuntze@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/MRD

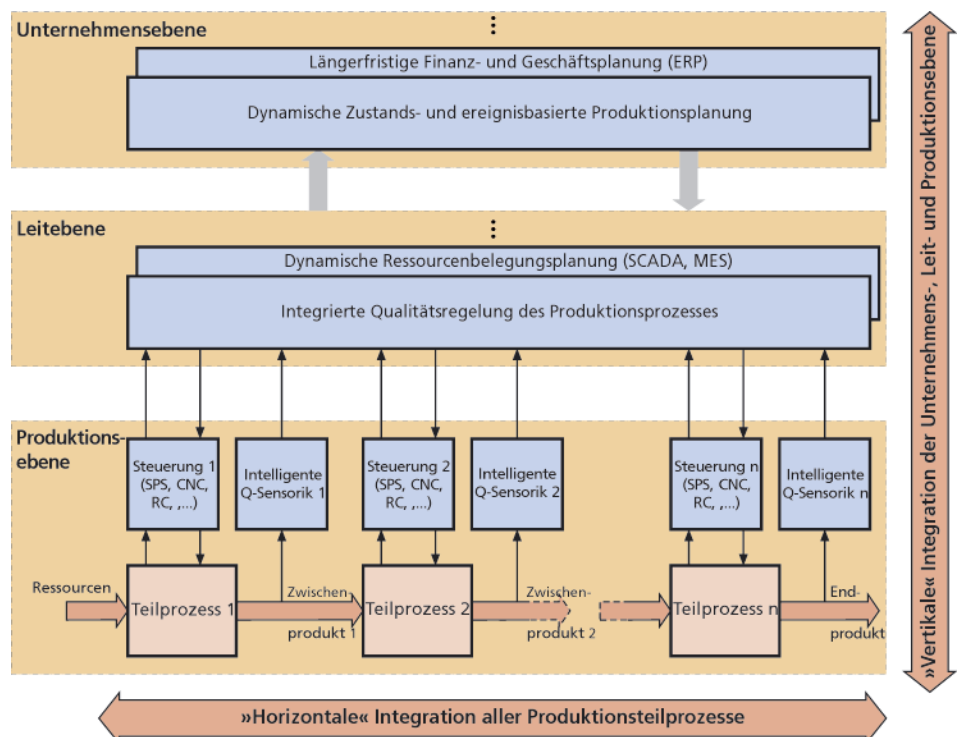


Abb. 1: Schematische Darstellung: vertikale Shop-Floor-Top-Floor-Integration.

industrieller Prozesse

Eine wesentliche Voraussetzung für die »horizontale« Integration und die Einführung einer ganzheitlich optimierten Qualitätsregelung sind automatisierungsfähige Inline-Qualitätssensoren, deren Messdaten sich intelligent fusionieren lassen. Besonders mit universell parametrierbaren bildgebenden Sensoren (z. B. Farbkameras, Thermokameras, Multispektralkameras, spektralauflösende Kameras zur Farbmessung oder 3-D-Triangulationskameras etc.), deren industrielle Einführung gegenwärtig durch ein sehr gutes Preis-Leistungsverhältnis begünstigt wird, lassen sich flexible, z. B. roboterbasierte Qualitätsüberwachungs- und -regelungskonzepte implementieren.

Zur Prozessmodellierung und der darauf basierenden ganzheitlichen Optimierung der Qualitätsregelung sind wissensbasierte Data-Mining Methoden (DM-Methoden) erforderlich, die es gestatten, aus großen Datenmengen relevante Informationsmuster (z. B. Prozessparameter, Qualitätsparameter, Reglerparameter, bauliche Parameter, usw.) zu extrahieren und zueinander in Beziehung zu setzen (z. B. Qualitätsparameter = $F\{\text{Prozessparameter}\}$).

Für dynamische Prozessanwendungen interessante DM-Methoden, die am IITB bereits für verschiedenartige Anwendungsfelder erfolgreich eingesetzt werden, sind z. B. statistische Regressionsmethoden, Neuro- und Neuro-Fuzzy-Methoden und Bayessche Netze.

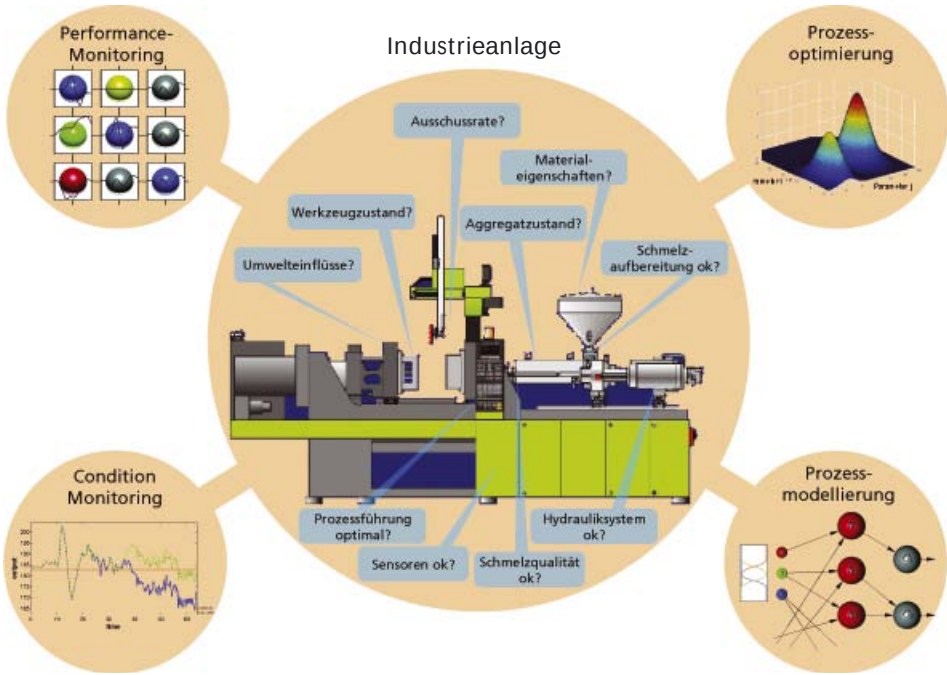


Abb. 2: Fallbeispiel: Condition und Performance Monitoring bei einer Kunststoffverarbeitungsanlage.

Moderne DM-Verfahren bilden auch die methodische Grundlage für die Einführung von multi-sensoriellen Online-Diagnosesystemen, mit deren Hilfe eine echtzeitfähige Überwachung der Produkt- und Prozessgüte (Performance Monitoring) sowie die Detektion und Lokalisierung von Fehlfunktionen, sowie allmählicher Fehlertrends (Condition Monitoring) ermöglicht wird, wie das Fallbeispiel aus dem Bereich der Kunststoffverarbeitung veranschaulicht. Sie bilden somit auch die Grundlage für gezielte Abhilfe- bzw. Instandhaltungsstrategien (Asset Management).

Der vertikale Integrationsbedarf zwischen „Shop-Floor“ und „Top-Floor“ resultiert derzeit vielfach daraus, dass

die technologische Fertigungs координаtion über die Leitebene (SCADA-Supervisory Control and Data Acquisition) weitgehend noch getrennt von der Finanz- und Geschäftsplanung in der Unternehmensebene (ERP Enterprise Resource Planning) durchgeführt wird. Erste Softwarekonzepte zur vertikalen Integration dieser Ebenen (MES Manufacturing Execution System) werden gegenwärtig besonders in der Prozessindustrie (chemische und Pharmaindustrie), vereinzelt auch in der Stückgutindustrie, implementiert. Sie bilden die Voraussetzung, um zukünftig ganzheitlich optimierte Regelungskonzepte einer zustands- und ereignisabhängigen dynamischen Produktionsplanung erfolgreich einzuführen.



Dr.-Ing. Peter Krause

Director R&D
NuTech Solutions GmbH

Tel.: 0231/725463-21
krause@nutechsolutions.de

www.nutechsolutions.com

Fuzzy-Modellierung zur industriellen Quali



NuTech Solutions liefert innovative Lösungen mittels intelligenter Programmkomponenten, die Einblicke und messbare Resultate in Geschäftsprozesse liefern. Die verwendeten Methoden analysieren, prognostizieren, optimieren und passen sich an, um anspruchsvolle Problemstellungen zu lösen. Gleichzeitig werden greifbare Gewinne für Industriekunden erzielt.

Die Anforderungen an die Methoden, die zur Überwachung, Regelung und Optimierung von industriellen Prozessen eingesetzt werden, werden immer größer und komplexer. Häufig stoßen hier die klassischen Verfahren an ihre Grenzen. Die Gründe dafür sind unter anderem unbekannte oder nur unzureichend bekannte Prozesszusammenhänge, eine Vielzahl von Einflussgrößen, schwer zu erfassende Einflussgrößen oder große Datenmengen. Um diese Grenzen zu überwinden, werden heute Methoden aus dem Bereich der so genannten Computational Intelligence eingesetzt.

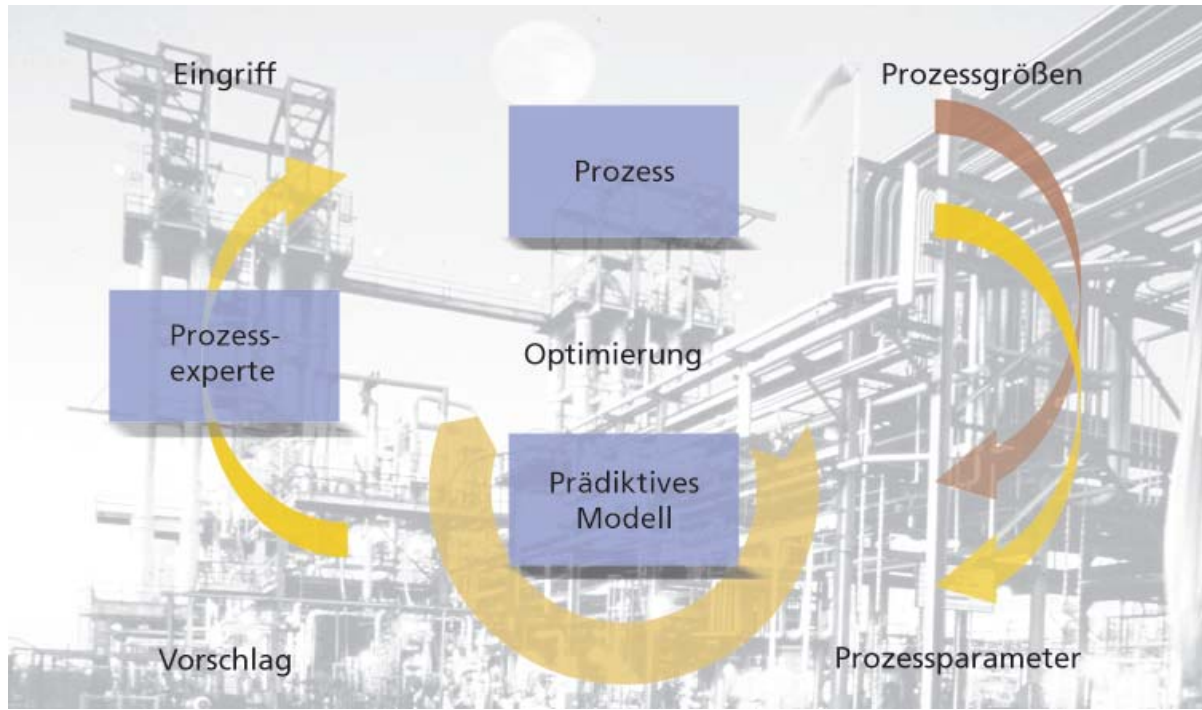
Das Forschungsgebiet Computational Intelligence (CI) umfasst Methoden der subsymbolischen (numerischen) Wissensverarbeitung. Dazu gehören die Fuzzy-Logik (FL), neuronale Netze (NN) und evolutionäre Algorithmen (EA), aber auch andere, weniger bekannte Methoden.

Die Fuzzy-Logik und damit Fuzzy-Modelle sind dabei von speziellem Interesse, da sie neben qualitativ guten Modellen einfach verständliche Modelle liefern. Es gibt verschiedene Ansätze Fuzzy-Modelle zu erstellen: wissensbasiert oder datenbasiert. Der wissensbasierte Weg ist meistens sehr zeitintensiv oder nicht gangbar, da das Wissen nicht vorhanden oder ausgedrückt werden kann. In heutigen industriellen Umgebungen werden mittlerweile standardmäßig Prozessdaten erhoben und archiviert, sodass einem datenbasierten Modellierungsansatz nichts im Wege steht.

Für die verschiedenen Aufgaben in der industriellen Überwachung, Regelung und Optimierung sind Modelle von zentraler Bedeutung. Dies wird anhand einiger Teilbereiche im Weiteren beschrieben.

Die Qualität und die Quantität eines Produktes, das aus einem industriellen Prozess gewonnen wird, hängen stark von der Güte der Regelung und Steuerung des Prozesses ab. Es gibt zwei verschiedene Arten der Regelung und Steuerung eines Prozesses: zum einen hat ein Prozess eine Reihe automatischer Regler, die den Prozess in einem vorgegebenen Zustand halten. Zum anderen werden die Prozesse, gerade in der chemischen Industrie, durch einen Prozessexperten gesteuert, indem sie

tätsüberwachung, -optimierung und Regelung



auf eine gegebene Situation korrigierend eingreifen und somit selber als Regler fungieren. Der Erfolg hängt dabei stark von der Erfahrung des Prozessexperten ab.

Für die initiale Auslegung der technischen Regelung wird häufig ein Modell des Prozess benötigt um mithilfe eines Simulators die Reglerparameter einstellen zu können. Die direkte Einstellung der Reglerparameter ist meist undurchführbar, da dadurch Standzeiten entstehen, bzw. der Prozess in unerwünschte oder gefährliche Zustände gefahren werden kann. Da die meisten Prozesse komplex und hochgradig nichtlinear sind, reichen lineare Modelle nicht aus um eine qualitativ gute Regelung zu entwerfen. Daher kommen hier verstärkt Methoden der Computational Intelligence zum Einsatz.

Häufig werden Prozesse, gerade in der chemischen Industrie, von Prozessexperten gesteuert. Um diese zu unterstützen wird das folgende Konzept verwendet:

Es wird ein prädiktives Modell erstellt, das die Veränderung des Prozesses in einem bestimmten Zeitraum vorhersagt. Dieses Modell wird genutzt, um mithilfe einer Optimierungsschleife Einstellungen für die veränderbaren Prozessparameter zu finden, die das Verhalten des Prozesses verbessern. Diese werden dem Prozessexperten als Empfehlung präsentiert. Die letzte Entscheidung über Prozesseingriffe trifft der Experte. Das prädiktive Modell wird dabei in festen Intervallen durch die Archivierung neuer Daten angepasst. Dadurch können Abnutzungen und neue Situationen gelernt und in der

Folge die Prognosen verbessert werden. Einige Firmen und Institutionen setzen schon seit einiger Zeit Fuzzy-Technologie erfolgreich in diesem Zusammenhang ein. So beschäftigt sich das IITB in Karlsruhe schon seit den frühen 90ern mit der Anwendung von Fuzzy-Logik und setzt diese erfolgreich in Prozessführung und Regelung ein.

Für die Firma NuTech Solutions ist der Einsatz von CI-Methoden von zentraler Bedeutung. Gerade die Fuzzy-Methodiken konnten sehr erfolgreich in den Bereichen Prozessoptimierung und Produktentwicklung eingesetzt werden.

Neben dem Einsatz in dem genannten Gebiet werden die Methoden auch immer stärker in anderen, nichttechnischen Anwendungsfeldern erfolgreich verwendet.

Modellierung der Geschäftsprozesse

Durchgängige Geschäftsprozesse von der kaufmännischen Ebene bis zur Maschine sind die Voraussetzung für Fertigungsunternehmen, um kurzfristig auf Veränderungen des Marktes oder von Kundenwünschen zu reagieren.

In der Vergangenheit war die IT-Landschaft geprägt von vielen unterschiedlichen Systemen, die häufig als Inseln agierten. Insbesondere die produktionsnahen IT-Systeme sind sehr heterogen und es existieren viele kundenspezifische Lösungen. Jede dieser Lösungen bringt ihre eigene Technologie mit, die i.d.R. nicht ausreichend auf die Systeme anderer Anbieter abgestimmt ist. Eine einheitliche unternehmensübergreifende Modellierung von Produktionsstätten und -abläufen soll dieses Problem entschärfen und die Integration von Softwaresystemen unterschiedlicher Hersteller vereinfachen.

Aus diesem Grund ergriffen 1995 das American National Standards Institute (ANSI) und die Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA) die ISA S95 Initiative. Die ISA S95 stellt eine funktionale Beschreibung eines Unternehmens dar und wurde mittlerweile quasi zum Standard für die Integration betrieblicher Steuerungssysteme. Sie stellt Datenmodelle und Terminologien für die allgemeine, einheitliche Beschreibung von Produktionsanlagen und -abläufen zur Verfügung.

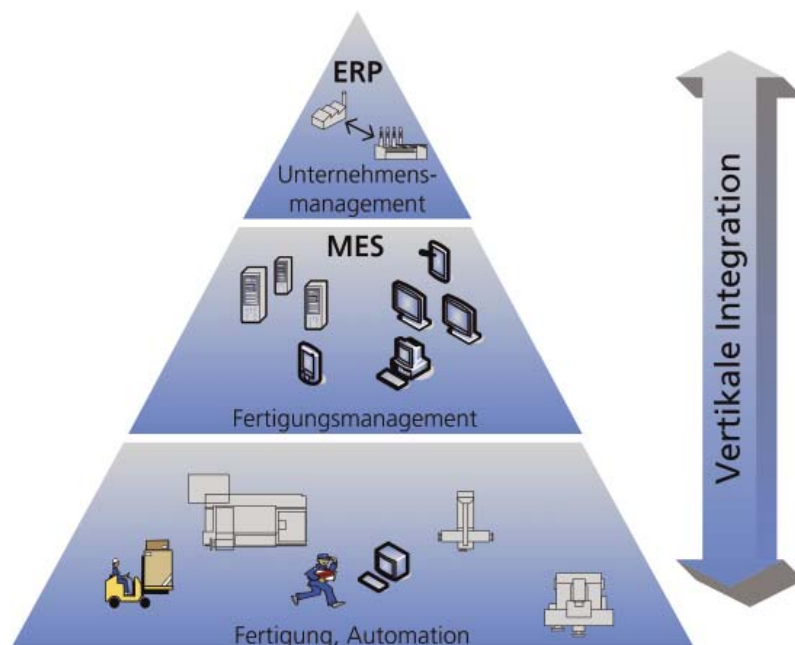
Diese Modellierung kann im gesamten Unternehmen von unterschiedlichen SW-Systemen verwendet werden, was die Einführung von Systemen beschleunigt und vereinfacht. Der Fokus der ISA S95 liegt bei der vertikalen Integration der Systeme zum Fertigungsmanagement, neuerdings auch als MES-Systeme (Manufacturing Execution System) bezeichnet und den darüber angesiedelten ERP-Systemen (Enterprise Resource Planning).



Dr.-Ing. Michael Baumann

Leitsysteme
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon: 07 21/60 91-3 74
baumann@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/LTS



Vertikale Integration der Unternehmensebenen.

dynamische Geschäftsprozesse in der Fertigung



MES-Regelkreis

Eine wesentliche Aufgabe auf der MES-Ebene liegt in der Feinplanung und Regelung der Produktion aufbauend auf dem aktuellen Produktionsgeschehen. In diesem Regelkreis kommt der Feinplanung als Stellglied eine wesentliche Aufgabe für die Produktionssteuerung zu.

Die Feinplanung stellt sich als sehr komplexes Optimierungsproblem dar, das wesentlich von unternehmensspezifischen Randbedingungen abhängt. Die derzeit verfügbaren Algorithmen zur Lösung der Feinplanungsaufgabe sind von problemimmanentem Wissen geprägt. Ändert sich die Feinplanungsaufgabe z. B. durch Hinzukommen einer neuen Randbedingung, so muss der Algorithmus aufwändig angepasst oder ein komplett Neuer entwickelt werden. Der Aufwand, und damit die Kosten, für die Unternehmen sind enorm.

Standard-konforme Feinplanung

Eine Herausforderung stellt aus diesem Grund eine allgemeingültige Optimierungsfunktion dar, die über ein Modell zur Beschreibung des Planungsproblems individuell an unterschiedliche

Unternehmen und Randbedingungen flexibel adaptiert werden kann. Die ISA S95 kann die Basis für eine derart standardisierte Feinplanungsfunktion darstellen.

Wesentlich dabei ist, dass die Feinplanung über die Modelle flexibel an Veränderungen von Produkten oder Prozessen z. B. über die Formulierung von Constraints angepasst werden kann, ohne dass eine Neu- oder Umprogrammierung der aufwändigen Planungsalgorithmen erforderlich wird.

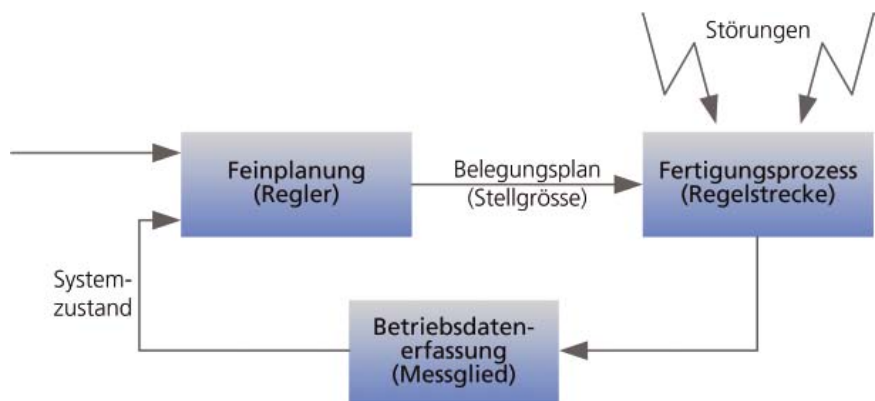
Beispiele für derartige Constraints sind etwa die allgemeingültige Definition von Abhängigkeiten wie »Starte Prozess B nachdem Prozess A endet« oder

durch die allgemeingültige Ressourcenspezifikation wie z. B. ein Prozess A benötigt eine Person der Klasse »Schweißer« mit den Eigenschaften »Klasse-1-zertifiziert« und »Ausbildungsstufe > Lehrling«.

Ausgehend von diesem über Constraints modellierten Planungsproblem ermittelt die Feinplanung die optimalen Zeitpunkte zur Ausführung der verschiedenen Aufträge, wobei alle Einschränkungen hinsichtlich der Ressourcenverwendung und Abhängigkeiten von Maschinen, Werkern, Betriebsmitteln und Materialien berücksichtigt werden.

Insgesamt ergibt sich für den Anwender einer derart standardisierten Feinplanung folgender Nutzen:

- Vereinfachung der Planung
- Verkürzung der Planungszeiten
- Kurzfristige Reaktion auf Abweichungen und Störungen
- Optimierung des Produktionsablaufs
- Einheitliche Modellierung ohne Brüche und damit verkürzte Inbetriebnahmezeiten.



MES-Regelkreis zur reaktiven Produktionssteuerung.

Systemarchitektur

Im privaten und beruflichen Umfeld werden zukünftig mehr und mehr menschenähnliche, so genannte »humanoide«, Roboter eingesetzt, die den Menschen bei der Erledigung verschiedenster Aufgaben unterstützen sollen.

Gegenüber marktüblichen Industrierobotern werden humanoide Roboter mit verschiedenen komplementären menschenähnlichen Sensoren (»Augen«, »Ohren«, usw.) ausgestattet, die es ihm ermöglichen, unter Verwendung lernfähiger Überwachungs- und Regelungs- algorithmen auch komplexere Aufgaben allein oder in Kooperation mit dem Menschen auszuführen.

Ziel eines vom IITB geleiteten Teilprojektes im DFG-Sonderforschungsbereich SFB 588 »Humanoide Roboter« besteht darin, auf der Grundlage von Neuro-Fuzzy-Methoden ein intelligentes Überwachungs- und Regelungskonzept zu entwickeln. Um ein hohes Maß an Flexibilität zu erzielen, wurde eine zweischichtige diskret-kontinuierliche Systemarchitektur gewählt (Abb. 1).

Basierend auf dem multisensorisch identifizierten Systemzustand bzw. bestimmten Ereignissen (z. B. Kollision) rekonfiguriert ein diskreter Regler in der oberen Hierarchieebene dynamisch die Aktionsfolge und wählt die am besten passende bezüglich der erkannten Situation aus. In der unteren Hierarchieebene stellt die kontinuierliche Regelung sicher, dass die jeweils aktuell laufende Aktion unter Verwendung des bestmöglichen spezifischen Reglers optimal durchgeführt wird.

Für die Entwicklung und die Optimierung verschiedener multisensoriell geregelter Fähigkeiten (engl.: Skills) wurde am IITB eine modulare multisensorielle Mechatronikplattform implementiert (Abb. 2 und Abb. 3). Nach erfolgreicher Testung der entwickelten Skills werden diese auf der Grundlage von MCA-Modulen (Modular Controller Architecture) auf den gemeinsamen Demonstrator des SFB 588 ARMAR transferiert. Von verschiedenen bisher entwickelten Skills werden im Folgenden zwei vorgestellt, in denen bildgebende Sensoren bei der geregelten Roboterbewegung eine dominierende Rolle spielen.



Dott.-Ing. Giulio Milighetti

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon: 07 21/60 91-5 02
milighetti@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/MRD



Abb. 2: Visiongeregeltes Balancieren einer Kugel auf einem Tablett.

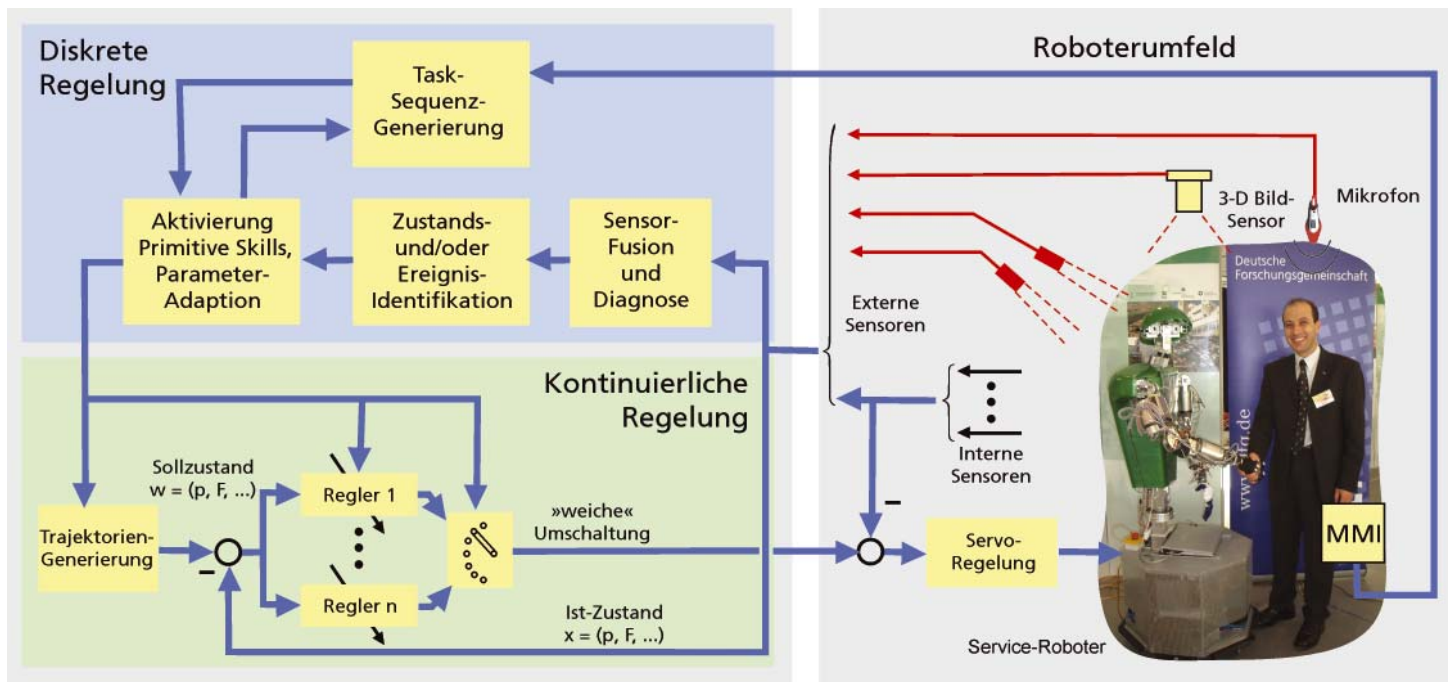


Abb. 1: Multisensorisches Überwachungs- und Regelungskonzept.

Visiongeregeltes Balancieren instabiler Objekte auf einem Tablett

Eine charakteristische Fähigkeit humanoider Roboter im häuslichen Umfeld wird darin bestehen, beliebige, auch instabile Gegenstände auf einem Tablett sicher zu transportieren. Als repräsentatives Benchmark-Beispiel für diese Klasse von Aufgaben wurde ein Skill entwickelt, in dem der Roboter allein über seine Augen eine Kugel balanciert, die mit seinen beiden Armen auf einem ebenen Tablett transportiert wird (Abb. 2). Abweichungen von der gewünschten Soll-Lage der Kugel auf dem Tablett werden von der 3-D-Stereokamera (Augen) vermessen und durch geregeltes Gegenkippen des Tablets um dessen Roll- und Nickachse kompensiert. Mit Hilfe eines Fuzzy-adaptiven Regelungskonzeptes gelingt es, die besonderen Schwierigkeiten der Regelungsaufgabe, die aus der langsamen Taktzeit der 3-D-Stereokamera und dem komplexen Reibungsverhalten der Kugel resultieren, robust zu bewältigen.

Hören, Schauen und Greifen heruntergefallener Teile

Eine sehr oft benötigte Fähigkeit für humanoide Roboter ist die Lokalisierung und das Greifen von zufällig heruntergefallenen Teilen (Abb. 3). Um dieses Problem zu bewältigen, verhält sich der Roboter ähnlich wie der Mensch. Zuerst wird eine grobe Richtung des Fallgeräusches durch einen Audiosensor-Array (»Ohren«) detektiert. Obwohl dieses Messergebnis nur relativ ungenau sein kann, wird es verwendet, um die 3-D-Kamera im Kopf (»Augen«) in Richtung der Geräuschquelle auszurichten.

Nach der visuellen Erkennung und Groblokalisierung des Objekts mit Hilfe eines Bildverarbeitungsalgorithmus wird die Annäherungstrajektorie zum Ziel berechnet und ausgeführt. Durch die zusätzliche Einbeziehung einer zweiten miniaturisierten 3-D-Kamera (»Brille«), die in die Roboterhand integriert ist, kann die Genauigkeit des visiongeregelten Greifvorganges mit zunehmender Zielannäherung sukzessive verbessert werden.

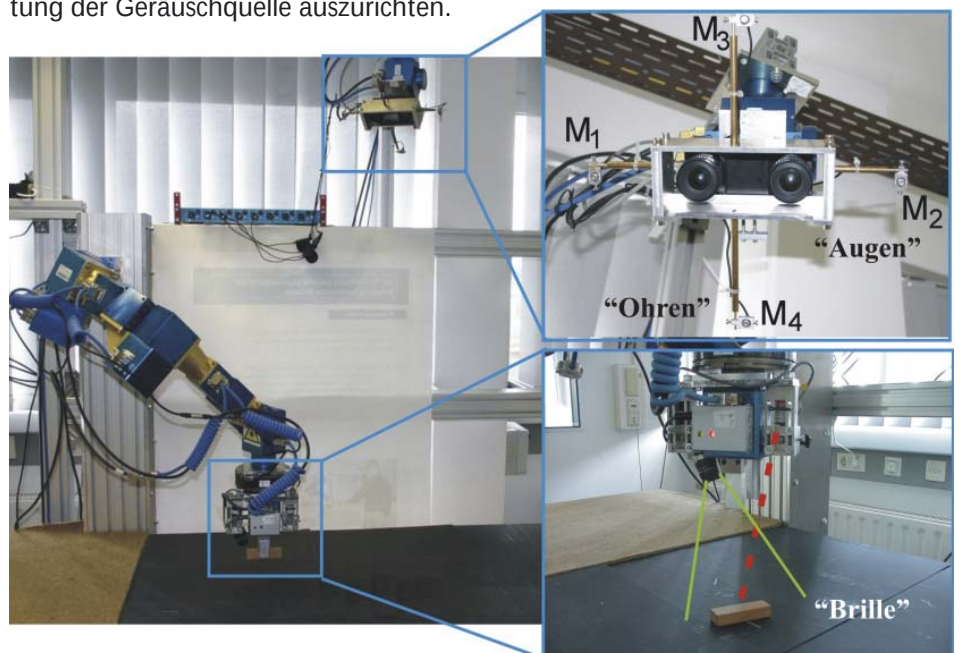


Abb. 3: »Augen«, »Ohren« und »Brille« für die Lokalisierung eines heruntergefallenen Objekts.

In der industriellen Fertigung lassen sich gegenwärtig zwei wichtige Trends beobachten, die den Einsatz von Robotern mit bildgebenden Sensoren sehr begünstigen. Zum einen werden Produktionsserien immer mehr durch häufigen Typenwechsel, kürzere Laufzeiten und kleinere Stückzahlen gekennzeichnet, so dass klassische Automatisierungskonzepte mit einer Vielzahl von starr programmierten (sensorlosen) Industrierobotern oft zu aufwändig sind.

Zum anderen lässt sich eine günstige Preisentwicklung bei hochwertigen intelligenten, besonders bildgebenden, Sensoren feststellen, wodurch sich völlig neuartige flexible Robotersensoranwendungen im Fertigungsumfeld zu vertretbaren Kosten realisieren lassen. Als Konsequenz dieser Entwicklung werden in zunehmendem Maße Roboter mit Multisensorik für anspruchsvolle Fertigungs- und Montageaufgaben eingesetzt. Ein besonders attraktives

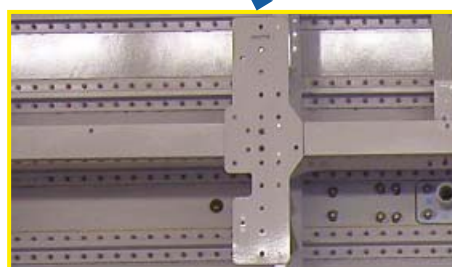
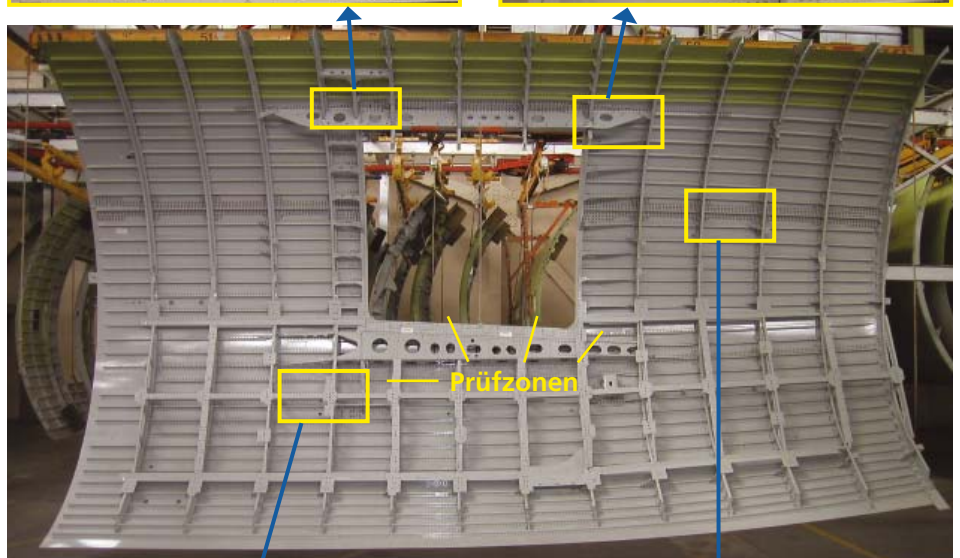
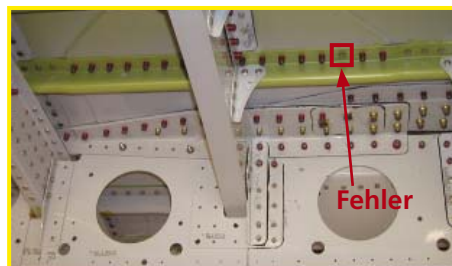


Abb. 1: Prüfung von Flugzeugschalen im Nah- und Weitbereich.



Dipl.-Ing. Chen-Ko Sung

Autonome Systeme und
Maschinensehen
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon: 07 21/60 91-3 75
sung@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/ASM

bildgebenden Sensoren

Einsatzgebiet ist die Inline-Qualitätsüberwachung komplexer großflächiger Fertigungsteile wie z. B. Rumpfschalen von Flugzeugen oder Karosserieteile von Straßen- und Schienenfahrzeugen (Abb. 1).

Am IITB wurde hierzu im Rahmen des ROBOSENS-Projektes ein neuartiges zweistufiges Konzept der multisensoriellen Qualitätsüberwachung entwickelt und untersucht. Es geht davon aus, für die roboterbasierte Inspektion verschiedene prüfspezifische Nah- und Weitbereichssensoren zu verwenden, die den Prüfablauf flexibler und problem-spezifischer gestalten können. In einem ersten Schritt wird mit Hilfe eines bildgebenden Weitbereichssensors zunächst die genaue Position des, meistens ungenau positionierten, Werkstückes (z. B. durch Hängeförderer) bestimmt und problematische Prüfbereiche auf dem großen Werkstück lokalisiert. Anschließend wird ein aktualisierter Prüf-ablaufplan generiert, der schließlich mit Hilfe verschiedener prüfspezifischer Nahbereichssensoren (z. B. Kameras, Taster etc.) ausgeführt wird.

Hierzu ergreift der Roboter die für den Prüfablauf jeweils benötigten Sensoren und führt diese entlang einer optimalen Bewegungstrajektorie in die vorher identifizierten Prüfbereiche. In diesen erfolgt auf der Grundlage intelligenter Bildverarbeitungsmethoden ein qualitativer Vergleich der beobachteten Ist-Topographie mit der als Modell abgelegten Soll-Topographie. Zusätzlich kann noch eine quantitative Vermessung bestimmter Fertigungsparameter erfolgen.



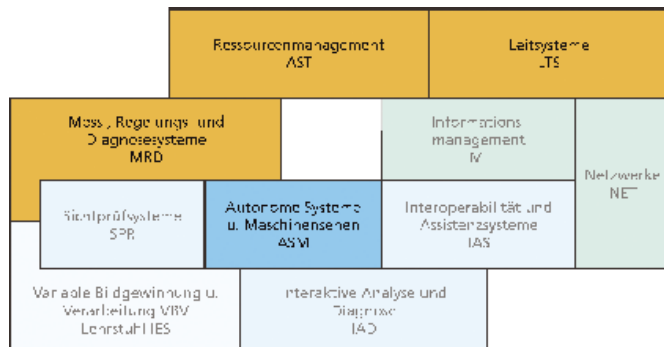
Abb. 2: Entwicklungs- und Demonstrationsplattform.

Bei einer Flugzeugrumpfschale kann zum Beispiel geprüft werden, ob Bauelemente fehlen und / oder ob bestimmte Bohrungen maßhaltig sind. Eine hohe Genauigkeit der Roboterbewegung bezüglich des Werkstückes und Sicherheit bezüglich möglicher Kollisionen mit unerwarteten Hindernissen wird durch die Einführung eines sensorbasierten Abstandsregelungskonzeptes (Visual-Servoing-Prinzip) erzielt.

Für die Navigation und Positionsregelung der Roboterbewegung bezüglich des ungenau geführten Fertigungsobjektes sowie zum Vergleich der beobachteten Ist-Topographie mit der Soll-Topographie benötigt man Referenzmodelle, die vor dem automatisierten Prüfablauf mit Hilfe geeigneter Nah- und Weitbereichssensoren (z. B. 3-D-Lichtschnittsensor) gescannt werden. Auf die Verwendung von aufwendigen 3-D-CAD-Modellen der Prüfobjekte, wie sie z. B. bei hochpräzisen CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen oder Koordinatenmessmaschinen verwendet werden, kann bei dem vorge-

schlagenen roboterbasierten Konzept der multisensoriellen Qualitätsüberwachung weitgehend verzichtet werden. Zur Untersuchung dieses innovativen Inline-Qualitätsüberwachungskonzeptes sowie zu dessen Adaption an kundenspezifische Aufgabenstellungen wurde eine Entwicklungs- und Demonstrationsplattform realisiert, die aus einem Industrieroboter mit verschiedenen Sensorschnittstellen, einem »Sensorbahnhof« mit verschiedenen prüfspezifischen Wechselsensoren sowie einem flexiblen Werkstück-Transportsystem besteht (Abb. 2). Die Entwicklungs- und Demonstrationsplattform dient primär dazu, aufwandsvermindernde und flexibilitätssteigernde Maßnahmen, wie z. B. die roboterbasierte Koordination der Weit- und Nahbereichsinspektion, die Einführung lernfähiger Auswerteverfahren, Werkzeuge der Ergebnisvisualisierung und Nutzerinteraktion sowie die flexible Vernetzung und Integration verschiedener Weit- und Nahbereichssensoren zu untersuchen, zu optimieren und potentiellen Kooperationspartnern zu demonstrieren.

Arbeitskreis »Realzeitsysteme«



Beteiligt sind Mess-, Regelungs- und Diagnosesysteme (MRD), Autonome Systeme und Maschinensehen (ASM), Leitsysteme (LTS) und Ressourcenmanagement (AST).

Der Arbeitskreis Realzeitsysteme wurde Mitte 2004 gegründet. Er befasst sich mit modernen Methoden der intelligenten multisensoriellen Überwachung und Regelung von dynamischen Prozessen (Realzeitsysteme).

Dieses Fachgebiet ist wie kaum ein anderes sehr interdisziplinär ausgerichtet und bündelt spezifische Fachkompetenzen aus den Bereichen Sensortechnologie, Regelungstechnik, Simulationstechnik und Signalverarbeitung. Das primäre Ziel des Arbeitskreises ist der fach- und abteilungsübergreifende Informationsaustausch zu innovativen methodisch-technologischen Ideen und Konzepten, zu neuesten Anwendungen und Projekten sowie zu aktuellen wichtigen internationalen Ereignissen und Entwicklungen (Tagungen, Projektausschreibungen, etc.).

Der Arbeitskreis versteht sich auch als Plattform zur Anbahnung und Vorbereitung gemeinsamer F&E-Verbundprojekte zu bestimmten besonders aktuellen Schwerpunktthemen.

Eines der beiden Schwerpunktthemen ist die »ganzheitlich optimierte Regelung der Produkt- und Prozessqualität in der industriellen Fertigung«. Hierbei geht es sowohl um die integrierte multisensorielle Qualitätsüberwachung und -regelung der verschiedenen materialflussmäßig verknüpften Teilprozesse im Shop-Floor-Bereich der industriellen

Fertigung, als auch um die dynamische Integration und Optimierung der »vertikalen« Informationsflüsse zwischen Produktions-, Leit- und Geschäftsebene von Industrieunternehmen.

Das andere Schwerpunktthema ist die »intelligente Bewegungsregelung von Robotern und Mechatroniksystemen mit bildgebenden Sensoren«. Hier geht es um die primär visuell geregelte kollisionsfreie Navigation und Bewegung von Robotern bei der Durchführung anspruchsvoller Aufgabenstellungen und Missionen in einem komplexen industriellen oder privaten Umfeld. Aktuelle Anwendungsfelder sind u. a. die roboterbasierte Qualitätsüberwachung großer komplexer Werkstücke (z. B. in der Luft- und Raumfahrtindustrie) sowie die visionbasierte Bewegungsregelung humanoider Roboter.

Um einen umfassenden fundierten Überblick über moderne methodische Ansätze und industrielle Einsatzerfahrungen zu gewinnen, wurden zwei wissenschaftliche Vorträge organisiert, in denen international ausgewiesene Wissenschaftler zu beiden Themenkomplexen referieren konnten.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Helge-Björn Kuntze

Mess-, Regelungs- und Diagnosesysteme
kuntze@iitb.fraunhofer.de

Veranstaltungen

ISVAplus-Workshop

Im Oktober führte das IITB zusammen mit Vertretern von acht Dienststellen der Bundeswehr einen erfolgreichen Workshop zum Thema »Intelligenter Sensorverbund Aufklärung« (ISVAplus) durch. Die FuT-Studien zum Intelligenten Sensorverbund von Aufklärungssystemen ISVA I+II aus den Jahren 1999-2002 bildeten die Grundlage für die Gestaltung des Experimentalsystems ISVA plus. Das System bietet den schnellen Zugriff auf abgesetzte Datenbanken und ermöglicht den Aufbau eines notwendigen Wissensverbundes als Grundlage für Entscheidungsprozesse in der Bundeswehr. Eine Besonderheit ist der angestrebte Einsatz »intelligenter Software-Agententechnologie« und von Web-Diensten mit dem Ziel der Arbeitserleichterung und Zeitersparnis bei der Bewältigung der Datenflut.

Zur Unterstützung militärischer Entscheidungsprozesse, insbesondere bei der Erkennung, Identifizierung, Auswertung und Analyse entwickelte das IITB das elektronische Handbuch CEMan (Critical Elements Manual). Informationen, die in diesem interaktiven Handbuch nach einem speziellen Schema gespeichert sind, können vom Benutzer aktualisiert, jederzeit erweitert und über Volltextsuche komfortabel recherchiert werden. Den Workshop nutzten die Anwender zur Optimierung der endgültigen Produktversion von »CEMan«. Die Ergebnisse des Workshops werden in die weitere Forschung auf diesem Gebiet und im Bereich der IT-Unterstützung bei der Bundeswehr einfließen.

Ansprechpartner:
Dipl.-Inform. Sandro Leuchter
Interoperabilität und Assistenzsysteme
leuchter@iitb.fraunhofer.de

Agenten-Workshop

Vom 9. - 10. Februar 2006 richtet der Arbeitskreis Agenten einen internationalen Workshop zum Thema »Software Agents in Information Systems and Industrial Applications (SAISIA)« aus. Als Keynote Speaker wird Prof. Michael Wooldridge von der Universität Liverpool in das Thema einführen. Der Workshop gliedert sich in insgesamt drei thematische Sessions: »Information Systems«, »Industrial Applications« und »Opportunities of Agent-Based Systems in the next years«. Ausführliche Informationen zum Programm und Anmeldemöglichkeiten finden Sie auf unserer Webseite unter: www.iitb.fraunhofer.de/saisia
saisia@iitb.fraunhofer.de



11. - 12. Mai 2005,
DORINT Hotel Karlsruhe

Leitsysteme entwickeln sich zu Schlüsselkomponenten moderner Manufacturing Execution Systeme (MES). In der horizontalen Integration produktionsnaher Informationssysteme liegen große Potentiale für produzierende Unternehmen. Diese Trends nimmt das erste Karlsruher Leittechnische Kolloquium auf. An vier Halbtagen beleuchten Referenten aus der Praxis und Systementwicklung die wichtigsten Facetten heutiger Leitsysteme.

Ausführliche Informationen und Anmeldemöglichkeiten finden Sie unter: www.iitb.fraunhofer.de
rebstock@iitb.fraunhofer.de

Impressum

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer

Redaktion
Sibylle Wirth

Layout und graphische Bearbeitung
Christine Spalek, Sibylle Wirth

Druck
Engelhardt & Bauer
Karlsruhe

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut
Informations- und Datenverarbeitung IITB

Fraunhoferstr. 1
76131 Karlsruhe
Telefon: +49 (0) 7 21 / 60 91-3 00
Fax: +49 (0) 7 21 / 60 91-4 13
presse@iitb.fraunhofer.de

© Fraunhofer IITB
Karlsruhe 2004

ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der angewandten
Forschung e. V. München

6. Jahrgang
ISSN 1616-8240

Bildnachweis

Titelseite
Sibylle Wirth

Seite 7
NuTech Solutions

Nachdruck, auch auszugsweise,
nur mit vollständiger Quellenangabe und
nach Rücksprache mit der Redaktion.

Belegexemplare werden erbeten.

Karlsruhe

Fraunhofer-Institut für
Informations- und
Datenverarbeitung IITB

Fraunhoferstraße 1

76131 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 7 21 / 60 91-0

Fax: +49 (0) 7 21 / 60 91-4 1 3

info@iitb.fraunhofer.de

www.iitb.fraunhofer.de

Ilmenau

Fraunhofer-Anwendungszentrum
Systemtechnik AST

Am Vogelherd 50

98693 Ilmenau

Telefon: +49 (0) 36 77 / 4 61-1 31

Fax: +49 (0) 36 77 / 4 61-1 00

btk@ast.iitb.fraunhofer.de

www.ast.iitb.fraunhofer.de

Beijing

Representative for Production and
Information Technologies

Unit 0610, Landmark Tower 2

8 North Dongsanhuan Road

Chaoyang District

100004 Beijing, PR China

Telefon: +86 10 65900 621

Fax: +86 10 65900 619

E-Mail: muh@fraunhofer.cn

