

2 Projektbeschreibung

2.1 Projektschwerpunkte

Um die in Abschnitt 1 erläuterten Projektziele zu erreichen, ist das Projekt sehr stark auf Kooperationen mit Industrieunternehmen in Ungarn und Deutschland hinsichtlich Entwicklung und Produktion auszurichten. Aus diesem Grund werden auch bei den Projektschwerpunkten entsprechende Themen in den Vordergrund gerückt.

Folgende Themen sind in der ersten Phase des Projektes zur Bearbeitung vorgesehen:

S01 Einsatz von Sensoren in semi-automatischen Fertigungseinrichtungen

Hier steht der Einsatz optischer Sensoren im Vordergrund, die entweder im sichtbaren oder im Röntgenbereich arbeiten. Die Applikation in der Fertigung umfasst die Aufdeckung versteckter Mängel bei mechatronischen Komponenten. Ihre Einsatzfähigkeit im Fertigungsumfeld steht dabei im Fokus dieses Projektschwerpunktes.

Beispiele für den Einsatz sind:

- Aufdeckung mangelhafter Schweißstellen in überspritzten Bauteilen.
- Überprüfung von Bauteilen auf korrekte Montage, Lage und Vorhandensein geforderter Merkmale.
- Qualitätskontrolle bei der Herstellung und Bestückung von elektronischen Modulen.
- Erkennung von Haarrissen oder anderer Leckstellen in Pneumatik und Hydraulikbauteilen.

S02 Objektive Erfassung und Bewertung von Geräuschen

Viele mechatronische Komponenten unterliegen hohen Anforderungen an ihr Geräuschverhalten.

Beispiele hierfür sind:

- Elektrowerkzeuge und Haushaltsgeräte,
- Fahrzeuggetriebe,
- Startermotoren,
- Scheibenwischermotoren,
- oder auch Komponenten, die im Fahrgastbereich von Kraftfahrzeugen verbaut werden, wie z.B. Wickelfedern zur Übertragung von Airbagzündimpulsen.

Um diese Anforderungen sicher zu erfüllen und ggf. Fehler in einer laufenden Serienproduktion schnell beseitigen zu können, werden die entsprechenden Komponenten am Bandende häufig einer subjektiven menschlichen Geräuschkontrolle unterzogen. Diese Kontrolle kann zum einen dazu dienen, bestimmte Geräuschgrenzwerte einzuhalten und zum anderen lässt sich aus der Abstrahlung bestimmter Geräuschmuster häufig auf Bauteilfehler schließen. Abgesehen von den Kosten einer solchen Maßnahme werden zur Objektivierung derartiger Kontrollen entsprechende

Methoden für das in einer Serienproduktion gegebene Umfeld zur automatischen Geräuschkontrolle dringend benötigt.

S03 Einsatz neuer Methoden zur Systematisierung des Serienanlaufs bei Kunststoff-Spritzteilen

Im Umfeld mechatronischer Anlagen und Komponenten werden sehr hohe Anforderungen bezüglich Produktqualität und der Reproduzierbarkeit qualitätsrelevanter Merkmale an die dort eingesetzten Kunststoffbauteile gestellt. Dem gegenüber stehen kurze Produktentwicklungszyklen und die Forderung nach steigendem Ausstoß. Das Verarbeitungsverfahren des Kunststoffspritzgießens ist fähig, die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Prämisse hierfür ist die Prozessführung in einem robusten Betriebspunkt unter Berücksichtigung der für den Prozess des Spritzgießens großen Anzahl verschiedenster Einflussgrößen.

Ziel dieses Projektes ist es, von der Werkzeugabmusterung über Maschinenfähigkeit zur Findung robuster Betriebspunkte bis hin zur Optimierung des Fertigungsprozesses, eine systematisierte allgemeine Vorgehensweise zu entwickeln. Somit werden Stillstandszeiten, hervorgerufen durch unnötige Nacharbeiten am Werkzeug, und Reproduzierbarkeitsprobleme der Qualitätsmerkmale vermieden.

S04 Abschätzung und Management der Restlebensdauer sowie des Funktionserhalts mechatronischer Systeme und Komponenten

Die Vermeidung von Ausfällen mechatronischer Komponenten und Systeme sowie komplexer fertigungstechnischer Anlagen ist nicht nur aus funktionaler sondern auch aus ökonomischer Sicht erstrebenswert. Moderne mechatronische Komponenten besitzen einen hohen Grad an funktionaler Komplexität der aus einer vermehrten Zahl an Komponenten (Sensoren, Mikrocontroller, Aktoren) besteht. Da diese zusätzlichen Komponenten und ihre Wechselwirkungen mit dem übrigen System sowie der Umgebung zu zusätzlichen Ausfallmöglichkeiten führen, ist insbesondere für hoch integrative mechatronische Komponenten ein ausfallsicheres und fehlertolerantes Design sowie die Möglichkeit zur Erkennung und Vorhersage kritischer Zustände von hohem Interesse.

Zum Design ausfallsicherer Komponenten müssen bereits im Konzeptions- und Entwicklungsprozess dieser Produkte Verfahren der Fehlerdiagnose und Möglichkeiten zur Schaffung von Fehlertoleranz berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere für die Ausfallmöglichkeit dieser Teilsysteme und ihre Interaktion mit anderen Komponenten. Als Basiswerkzeuge eignen sich Verfahren und Methoden der Systemzuverlässigkeit wie beispielsweise der FMEA, der Fehlerbaumanalyse oder der Ereignisbaumanalyse. Das Ergebnis einer solchen Untersuchung kann bestenfalls zu einer Optimierung des Designs oder der funktionalen/räumlichen Verknüpfungen der Teilsysteme führen. Es ermöglicht aber auch die bessere Einschätzung von Ausfällen im Hinblick auf ihr Risiko sowie die Eingrenzung von Schwerpunkten bei der Ausfallvermeidung.

Deuten gemessene oder modellgestützt ermittelte Merkmale auf einen kritischen Zustand des Systems oder der Komponenten hin, so gilt es die Auswirkungen dieses Zustands auf die Funktionalität, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu unterbinden oder zumindest zu reduzieren. Ein mögliches Beispiel hierfür wäre die Implementierung von redundanten Signalen und Bauteilen zur Schaffung von Fehler-

toleranz. Ein anderes Beispiel ist die Reduzierung der Beanspruchung eines Systems durch Änderung der Nutzung und damit einer Änderung des Lastprofils. Letzteres würde zu einem Notlaufverhalten führen, das beispielsweise eine verringerte Funktionalität unter Beibehaltung einer gegebenen Ausfallwahrscheinlichkeit bietet. Somit können betroffene Systeme noch zuverlässig bis zu einem Zeitpunkt genutzt werden, an dem eine genauere Untersuchung und ein sicherer Austausch der ausfallverursachenden Bauteile möglich sind.

Im Rahmen des Projektes wird das integrierte Systemdesign aus System, Fehlerdiagnose und Rückfallebene konzipiert, optimiert und an den Beispielsystemen validiert.

S05 Erarbeitung und Einsatz von Simulationsmethoden für mechatronische Systeme

Der Einsatz moderner Simulationsmethoden ist heute, gerade bei mechatronischen Systemen unverzichtbar. Im Rahmen dieses Projektschwerpunkts sollen von den beteiligten Stellen bereits in der Vergangenheit erfolgreich eingesetzte Modellierungen und Simulationsverfahren fortentwickelt, vernetzt und angewandt werden.

Als Ergänzung zu früheren Anwendungen soll jedoch hier die Möglichkeit zur Zusammenarbeit mit dem ungarischen Partner in dem Sinne genutzt werden, dass Simulation nicht nur für die Entwicklung und Funktionserprobung neuer Produkte eingesetzt wird, sondern es sollen insbesondere aufwendige und riskante Laborversuche durch Simulationen ersetzt werden. Dies erfordert neben der Simulationsmethodik, die überwiegend in Deutschland entwickelt wurde, den Zugriff auf fertigungsnahe Labor- und Testeinrichtungen, wie sie in Ungarn an einer Vielzahl von Standorten deutscher Unternehmen vorhanden sind.

Eine Verknüpfung mit Schwerpunktthema S04 ergibt sich über Simulationsmethoden bei der Auslegung von Kunststoffspritzwerkzeugen zur Produktion von Kunststoffverbundprodukten. Hier ergeben sich sehr interessante Forschungsthemen im Bereich der Wechselwirkung zwischen zu überspritzendem Einlegeteil und der Kunststoffschmelze während des Spritzvorgangs.

Die Aufteilung der Aktivitäten zwischen den ungarischen und deutschen Projektpartnern sowie die Zuordnung der Teilprojekte zeigt Tabelle 2.1

Die in der Tabelle aufgeführten Projekte P01 bis P09 sind detailliert in Anhang 1 beschrieben.

No	Schwerpunktt Themen	Teilprojekte	Anteil Partner D	Anteil Partner H
S01	Einsatz von Sensoren in semi-automatischen Fertigungseinrichtungen mit Schwerpunkt auf der Anwendung von Sensoren auf visueller und Röntgenbasis zur Aufdeckung versteckter Mängel.	P01 P02 P03	Entwicklung und Bereitstellung von Sensoren	Applikation in Fertigungslinien
S02	Objektive Erfassung und Bewertung von Geräuschen beim Betrieb mechatronischer Komponenten aus den Bereichen Kraftfahrzeugtechnik und Elektrowerkzeuge.	P06	Entwicklung geeigneter Algorithmen	HW-Integration in Prüfstände und Fertigungseinrichtungen
S03	Neue Methoden zur Systematisierung des Serienanlaufs von Kunststoffspritzprozessen	P08 P09	Methoden zur Überwachung des Serienanlaufs	Methoden zur Produktionsüberwachung
S04	Abschätzung und Management der Restlebensdauer sowie des Funktionserhalts mechatronischer Systeme und Komponenten	P07	Einbringung und Vertiefung der Grundlagen	Erprobung an ausgewählten Beispielen und Applikation
S05	Erarbeitung und Einsatz von Simulationen zur Simulation Mechatronischer Systeme	P04 P05	Modellierung und Grundlagen	Applikation auf die entsprechenden Anwendungen

Tabelle 2.1: Schwerpunktt Themen

Eine erste Übersicht über die Projekt- und Organisationsstruktur der beantragten bilateralen ungarisch-deutschen Forschungsbasis ist in Tabelle 2.2 wiedergegeben.

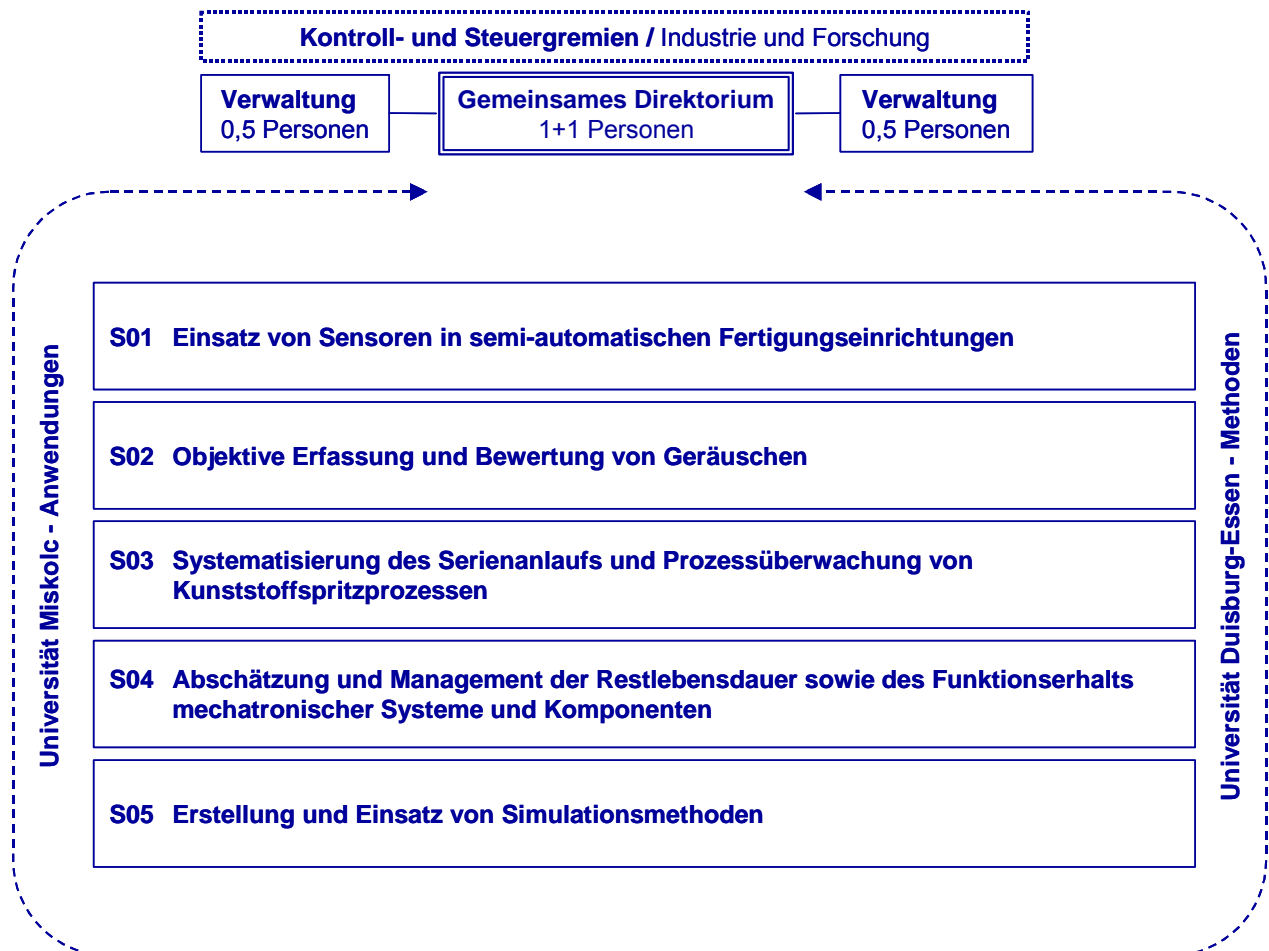


Tabelle 2.2: Geplante Organisationsstruktur

2.2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.2.1 Vorarbeiten der Projektteilnehmer in Deutschland

Eine Übersicht über die Projektteilnehmer aus Deutschland zusammen mit Informationen über vorhandene Einrichtungen und wissenschaftliche Basisdaten ist in Anhang 2 enthalten.

Vorarbeiten und ausgewiesene Expertisen

S01 Einsatz optischer Sensoren in halb-automatischen Fertigungslinien

Das Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS) in Duisburg arbeitet an innovativen Anwendungen der Mikroelektronik und Siliziumtechnologie. Dabei stellt die CMOS-Bildsensorik eines der wichtigsten Gebiete dar, in denen das IMS zur Zeit tätig ist. Dieses Gebiet wurde in den letzten Jahren stetig

ausgebaut und stellt heute eine der wichtigsten Kernkompetenzen dar. Aufträge kommen sowohl aus der Industrie (Siemens, Infineon, Philips, EADS, BMW, ELMOS u.a.) als auch von öffentlichen Geldgebern (BMBF und EU).

Die Entwicklung der CMOS-Bildsensorik begann am Fraunhofer-Institut schon vor mehr als 10 Jahren. Als Grundlage dienten die am Fraunhofer-Institut vorhandenen CMOS-Prozesse, die die Kointegration von analogen und digitalen Schaltungen ermöglichen, verbunden mit dem soliden Know-how auf dem Gebiet der analogen und gemischt analog/digitalen Schaltungstechnik. In den folgenden Jahren wurden verschiedene CMOS-Bildsensoren und Bildsensorysysteme entwickelt: So wurden Flächenbildsensoren sowohl mit logarithmischer als auch mit linearer Auslese mit extrem hoher optischer Helligkeitsdynamik und hoher Auflösung erfolgreich realisiert.

Für die Entwicklung der hochdynamischen 2D-Kamera auf CMOS-Basis für die Fahrspurerkennung (Auftraggeber BMW) wurden die Entwickler 1999 mit dem Philip Morris Forschungspreis ausgezeichnet. In einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt wurden CMOS-Flächenbildsensoren in einem Retina-Implant-System eingesetzt.

Ferner wurden z. B. CMOS-Bildsensoren mit automatischer Helligkeitsadaption sowie sehr schnelle Bildsensoren mit mehr als 1.000 Bildern/sek und Synchronshutter mit extrem kurzen Belichtungszeiten entwickelt.

Auf dieser Basis entwickelte das Fraunhofer IMS in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens in den letzten Jahren sehr erfolgreich "scannerlose" 3D-CMOS Bildsensoren auf der Basis von Laserpulslaufzeitmessungen für verschiedene Anwendungen im automotiven und im industriellen Bereich. Diese neuartige Entwicklung bietet noch ein großes Potenzial zur Erschließung neuer Applikationen. Dazu müssen die Sensoreigenschaften weiter optimiert werden.

Das Fraunhofer IMS entwickelte in Zusammenarbeit mit der Firma Philips in den letzten Jahren sehr erfolgreich Röntgendetektor ICs für die medizinische Computer Tomografie.

Momentan arbeiten etwa 30 Wissenschaftler, Doktoranden und Techniker in der Entwicklung von CMOS Bildsensoren. Die wissenschaftliche Bedeutung der Arbeiten erkennt man an den Veröffentlichungen und Vorträgen auf den wichtigsten internationalen Konferenzen wie "European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC)" oder "IEEE Intern. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC)"

Literatur

Brockherde, Werner, et al: "High Dynamic Range CMOS Camera for Automotive Applications" accepted for presentation at Conference on Advanced Microsystems for Automotive Applications AMAA 2005, March 17-18, Berlin

Brockherde, Werner, et al: "High-Sensitivity, High-Dynamic Range 768x576 Pixel CMOS Image Sensor", Proceedings of the 2004 European Solid-State Circuits Conference, Leuven, September 2004.

Schrey, Olaf: "Dreidimensionales Sehen mit CMOS Bildsensoren", VDI/VDE Conference "Applied Machine Vision", Stuttgart, October 2003

Schrey, Olaf, et al: "A 4x64 Pixel CMOS Image Sensor for 3D Measurement Applications", European Solid-State Circuits Conference 2003, Estoril, September 16.-18.,2003.

R. Jeremias, W. Brockherde, G. Doemens, B. Hosticka, L. Listl, P. Mengel "A CMOS Photosensor Array for 3D Imaging Using Pulsed Laser", Tech. Digest, IEEE Int. Solid-State Circ. Conf. (ISSCC 2001), San Francisco CA, USA, pp. 252ff, Feb.2001

R. Steadman, A. Kemna "A CMOS Photodiode Array with In-Pixel Data Acquisition System", , European Solid State Circuits Conference (ESSCIRC), 2003, Estoril

A. Kemna, W. Brockherde, R. Steadman "Low Noise, Large Area CMOS X-Ray Image Sensor for C.T. Application", IEEE Sensors 2003, Toronto

Relevante Forschungsprojekte:

- Brite BE97-5084 HIPER-High Performance Industrial Vision
- IST-2000-28174MISSY-3D-information Based Safety and Security by Solid State Microsystems
- FP6-507075-IP Prevent- Preventive and Active Road Safety Applications (Teilprojekt: UserCams)
- BMBF Projekt "3D-Cam", FKZ: 01AK915B
- BMBF Projekt "Sensing People" FKZ: 01AK942B

S02 Objektive Erfassung und Bewertung von Geräuschen

Zu diesem Thema liegen im engeren Sinne an der Universität Duisburg-Essen noch keine spezifischen Expertisen vor. Entsprechende Arbeiten sind jedoch an der Universität Miskolc durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen worden, s. Abschnitt 2.3.

Weiterhin liegen jahrelange Praxiserfahrungen mit der Produktion extrem geräuschkritischer Teile und deren Inspektion am Bandende beim Inhaber des Lehrstuhls für Mechatronik in Duisburg (Prof. Schramm) vor.

S03 Einsatz neuer Methoden zur Systematisierung des Serienanlaufs bei Kunststoff-Spritzteilen

Der Lehrstuhl für Konstruktion und Kunststoffmaschinen befasst sich nicht ausschließlich aber in einem Schwerpunkt mit qualitätssichernden Maßnahmen für den Kunststoffspritzgießprozess.

Die in den auf diesem Feld führenden Werken,

- „Eine Qualitätssicherungsstrategie für die Kunststoffverarbeitung auf Basis neuronaler Netze“ von Herrn Häußler,
- „Methoden des prozessnahen Qualitätsmanagements in der Kunststoffverarbeitung“ von Herrn Walter
- sowie „Modellbasierte Ansätze zur Qualitätsregelung beim Kunststoffspritzgießen“ von Herrn Mustafa
- und dem Fachbuch „Qualitätssicherung in der Kunststoffverarbeitung“ von Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Wortberg,

beschriebenen Forschungsarbeiten wurden am Lehrstuhl und im umfangreich ausgestatteten Technikum (siehe Anhang 2) durchgeführt.

Ergänzend zu obigen Angaben und sehr eng verknüpft mit den Projektarbeiten sind die Erfahrungen des Lehrstuhls auf dem Gebiet der Spritzgießmaschinentechnik. Dies führt bis zur Entwicklung und Realisierung einer Prototypen-Spritzgießmaschine mit linearmotorisch angetriebenen Hauptachsen, sowie der Entwicklung alternativer Antriebskonzepte aufbauend auf den Dissertationen „Entwicklung einer Hochleistungs-Spritzeinheit mit innovativer Antriebs- und Verfahrenstechnik“ von Herrn Neumann und „Einsatz von Synchron-Linearmotoren in der Spritzgießmaschinentechnik“ von Herrn Kamps. Weitere Untersuchungen unter anderem verschiedene Energievergleichsstudien, seien hier nur am Rande erwähnt.

Unterstützt wurden die o.g. Untersuchungen von industrieller Seite von Firmen wie (Braun, Ferromatik Milacron, Engel, Schiebl, Fischer, Kautex-Textron, Arburg, Siemens, u.a.)

S04 Abschätzung und Management der Restlebensdauer mechatronischer Systeme und Komponenten

Am Lehrstuhl Steuerung, Regelung und Systemdynamik wurden in den letzten Jahren im Rahmen öffentlicher Forschung, vorindustrieller Verbandsforschung der FVA sowie industriegemittelfinanziert intensiv gearbeitet und publiziert. Schwerpunkt der Arbeiten ist neben der methodischen Entwicklung, Weiterentwicklung von belastungs- und lebensdauerabhängigen Ausfallraten die Integration von Diagnose, probabilistischer Lebensdauerprognose und –optimierter Betriebsführung komplexer z.B. mechatronischer Systeme die Entwicklung und methodische Erforschung von Konzepten zur Realisierung ausfallsicherer mechatronischer Systeme.

In diesem Kontext werden am Lehrstuhl neben den Konzeptstudien auch in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern Versuchsstände zur Realisierung komplexer Fehlerrückhalte- und Überwachungssysteme sowie Lebensdauerermittlung betrieben.

Die zentralen aktuellen Veröffentlichungen in diesem Bereich sind nachfolgend angegeben:

Söffker, D.: Zur Online-Bestimmung von Zuverlässigkeits- und Nutzungskenngrößen innerhalb des SRCE-Konzeptes. at-Automatisierungstechnik. 48 (2000), Seiten 383-391.

Wolters, K.; Söffker, D.: Control of damage dependent online reliability characteristics to extend system utilization. in: Structural Health Monitoring 2003 (Chang, F.K. (Editor)), Proc. Of the 4th Int. Workshop on Structural Health Monitoring, Stanford University, Stanford, CA, Sept. 15-17, 2003, pp. 796-804.

Wolters, K.; Söffker, D.: An Approach to Affect the Probability of Failure by changed Operation Modes. Proc. ESREL 2005, European Safety and Reliability Conf., June 27-30 2005, Gdansk, 2005.

Söffker, D.; Kashi, K.; Wolters, K.: Integration of Reliability Concepts, Diagnosis and Control Realizing Safe Systems. Proc. ESREL 2005, European Safety and Reliability Conf., June 27-30 2005, Gdansk, 2005.

Söffker, D.; Krajcin, I.; Wolters, K.: Fault tolerant design and improved availability of active composite elastic structures. Proc. 12th SPIE Symposium on Smart Structures and Materials, March 6-10, 2005, San Diego, CA, USA.

Söffker, D.; Kashi, K.; Wolters, K.: Entwurf ausfallsicherer Systeme durch die Integration von zuverlässigkeitstechnischen Konzepten, Diagnoseverfahren und modernen Regelungsstrategien. 7. GMA-Kongress 2005 - Automation als interdisziplinäre Herausforderung. Baden-Baden, 7.-8. Juni 2005, auch als VDI-Bericht.

Söffker, D.; Kashi, K.; Wolters, K.: Konzept zum Entwurf ausfallsicherer mechatronischer Systeme. atp 47, Heft 7, 2005.

Wolters, K.; Söffker, D.: The potential of the Safety and Reliability Control Engineering Concept as framework for reliability based utilization strategies. 5th Int. Workshop on Structural Health Monitoring, Stanford University, Stanford, CA, Sept. 2005, accepted.

S05 Erarbeitung und Einsatz von Simulationsmethoden für mechatronische Systeme

Am Lehrstuhl für Mechatronik der Universität Duisburg wurden seit der Gründung des Lehrstuhls im Jahre 1991 Simulationsmethoden für mechatronische Anwendungen entwickelt und eingesetzt. Anwendungsgebiete waren vorwiegend die Kraftfahrzeugtechnik, die Robotik und Sondermaschinen, insbesondere im Bereich Schwerlast-handhabungssysteme und mobile Handhabungstechnik.

Der Lehrstuhl ist nach wie vor national und international führend hinsichtlich Komplexität und Umfang der durchgeführten Simulationsanwendungen insbesondere auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik.

Im Zuge der Forschungstätigkeiten entstanden auf diesem Gebiet mehr als 35 Dissertationen und ca. 200 Veröffentlichungen sowie einige Lehrbücher.

Die Themen

- komplexe Mehrkörpersysteme
- seilgetriebene Manipulatoren (SEGESTA)
- Schreitroboter (ALDURO)

wurden über viele Jahre hinweg von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowohl im Rahmen von Einzelprojekten als auch von Projekten innerhalb von DFG-Schwerpunktprogrammen gefördert.

Das Thema Schwerlastmanipulatoren wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB 291 „Elastische Handhabungssysteme für schwere Lasten in komplexen Operationsbereichen“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft über mehrere Jahre hinweg gefördert. Parallel dazu war der frühere Lehrstuhlinhaber Gastgeber für mehrere Stipendiaten der Alexander-von-Humboldt-Stiftung sowie des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD).

Auf dem Gebiet Fahrzeugsimulation wurden mit maßgeblichen Kraftfahrzeugherstellern (Daimler Chrysler, Ford, BMW) und Zulieferern (Bosch, TRW, Hella, Behr) eine große Zahl von Gemeinschaftsprojekten durchgeführt. Dabei erreichte in den Jahren 2001 und 2002 das jährliche Drittmittelaufkommen insgesamt 1000 T€.

Weiterhin wurden die Simulationsprogramme FASIM und MOBILE (in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Mechanik) entwickelt, die auch an industrielle Anwender vermarktet und bei Projekten für Industrieunternehmen eingesetzt wurden.

Literatur

V. Pichler: Modellbildung der Dynamik von Kraftfahrzeugen unter Anwendung objekt-orientierter Konzepte.

Fortschritts-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 382, Düsseldorf 1999.

Karina Hirsch, Jens Hilgert, Wildan Lalo, Dieter Schramm and Manfred Hiller
Optimization of Emergency Trajectories for Autonomous Vehicles
with respect to Linear Vehicle Dynamics
AIM-Proceedings 2005, Monterey (CA)

O. Öttgen, M. Hiller: Software verification of an active automotive safety system using hardware-in-the-loop.

International Conference on Advances in Computational Multibody Dynamics, EC-COMAS Thematic Conference, Lisbon, Portugal

T. Bertram, F. Bekes, R. Greul, O. Hanke, C. Haß, J. Hilgert, M. Hiller, O. Öttgen, P. Opgen-Rhein, M. Torlo, D. Ward: Modelling and simulation for mechatronic design in automotive systems.

Control Engineering Practice, Vol. 11, No. 2, pp. 177-188.

A. Kecskeméthy: Objektorientierte Modellierung der Dynamik von Mehrköpersystemen mit Hilfe von Übertragungselementen, 1993

M. Anantharaman: Hybride Verfahren für komplexe Mehrkörpersysteme.
Shaker Verlag, Aachen 1999.

M. Schneider: Modellbildung, Simulation und nichtlineare Regelung elastischer, hydraulisch angetriebener Großmanipulatoren.

Fortschritts-Berichte VDI Reihe 8, Nr. 756, VDI-Verlag, Düsseldorf 1999.

J. Müller: Entwicklung virtueller Prototypen des hydraulisch angetriebenen Schreitfahrwerks ALDURO.

Fortschritts-Berichte VDI Reihe 1, Nr. 356, VDI-Verlag, Düsseldorf 2002.

S. Fang, D. Franitza, M. Torlo, F. Bekes, M. Hiller: Motion control of a tendon-based parallel manipulator using optimal tension distribution.

IEEE/ASME Transaction on MECHATRONICS, Editor Prof. Ren C. Luo, 2003.

D. Franitza, T. Lichtneckert: Fast Simulation of Nonlinear Compliant Mechanisms using Convective Rate Formulation, Proceedings of MSNDC, 2005 ASME International Design Engineering Technical Conferences, Long Beach, California, USA, September 24-28, 2005.

M. Hiller, S. Fang, S. Mielczarek, R. Verhoeven, D. Franitza: Design, analysis and realization of tendon-based parallel manipulators
Mechanism and Machine Theory 40 (2005) 429-445

M. Hiller: Multiloop Kinematic Chains

Kinematics and Dynamics of Multi-Body Systems, CISM Courses and Lectures No. 360, pp. 75 – 165, Springer Verlag 1995.

M. Hiller: Dynamics of Multiloop Systems

Kinematics and Dynamics of Multi-Body Systems, CISM Courses and Lectures No. 360, pp. 167 – 215, Springer Verlag 1995.

2.3 Vorarbeiten und ausgewiesene Expertisen der Projektteilnehmer in Ungarn

An der Universität Miskolc werden die Projektarbeiten im Wesentlichen getragen durch das neu eingerichtete und vom NHTK finanzierte Wissenszentrum Mechatronik:

(Die nachfolgenden Passagen wurden vom ungarischen Projektpartner erstellt und sind daher in englischer Sprache verfasst.)

S01 Einsatz optischer Sensoren in halb-automatischen Fertigungslinien

Department of Physical Metallurgy and metal forming has been dealing with specific problems in materials characterization for decades now. Apart from taking part in education of materials and metallurgical engineers in several materials science and engineering fields, e.g. phase-transformations and heat treatment, composite materials design, or metalworking, education of materials characterization (destructive and non-destructive mechanical testing, and micro structural investigation) also belongs to the department.

At the laboratory level, colour metallography, quantitative light microscopy and scanning-electron microscopy, energy-dispersive microanalysis, x-ray diffractography, differential scanning calorimetry traditionally form basis of microstructure characterization, while researches has also been carried out in stereological interpretation of the measured data. In the recent years efforts has been made in computer simulation of microstructures, both in geometrical-stereological approximation of it, and in characterization of the processes and transformations that lead to it, e.g. recrystallization or segregation models with the use of cellular automaton techniques. Crystallization is also investigated at the Department: physical modelling of the effects of various temperature gradients and crystallization speeds from cases of different casting conditions even to laser re-melting are sought, but single-crystal experiments, and UMC development are also carried out. Moreover, numerical calculation of phase diagrams of binary and ternary constitutions is also progressively researched. Composites are also investigated, e.g. powder-metallurgy composites and carbon-fiber MMC-s are produced and optimized.

Stereology – thinking of it as three-dimensional interpretation of two-dimensional data – is also a research field at the Department, e.g. major research activity was carried out in statistical orientation analysis of particles clustered to a different extent.

Several smaller image processing and analysis software have been developed for specific tasks of the measurements, e.g. for calculation of orientation distribution function of particles from electron microscopy images. Fracture surface characterization by stereoscopic methods and differentiating areas on it by localized fractal-dimension based semi-automatic image analysis is another example, and there are plans of international cooperation of using it in characterization of micro crack initiation and growth effects in fracture processes.

In order to design materials of controlled microstructure based on the above models and researches, micro structural defects that lead to failures must be properly controlled, known and managed. While mathematical formulation of stereological relationships provide a means for statistical estimation of effects of different size, shape and orientation distributions of microscopic elements (themselves being rather complex structures than homogeneous phases), there are certain experiments when di-

rect three-dimensional data are indispensable. That is where computer tomography makes good use:

Porosity of cast alloys can be properly estimated from plane sections, but exact shape and size distribution of pores are rather hard to know, though models are to be tested. The same is for microcracks, their initiation and growth properties are functions of their spatial and size distributions. Effects of precipitation on crack initiation also can be tested. Direct spatial data are also of good use in case of composites, because the reinforcing phase and the matrix contain defects with different properties, and so does their interface region, especially if some compound formed (that is the case in Al/C). Powder metallurgy may utilize well computer tomography, too, checking of compaction and sintering adequacy or their optimization can be carried out based upon the 3D data from remaining pores, while in case of composites, mixing characteristics also can be evaluated.

In case of proper hardware and software conditions Department of Physical Metallurgy and metal forming is able to control and test a computer-tomography equipment. Software development, testing or improvement are also manageable.

Publications

Gácsi Zoltán, Sárközi Gábor, Réti Tamás, Kovács Jenő, Csepeli Zsolt, Mertinger Valéria: Stereology and Image Analysis (in Hungarian) WellPress – PHARE. Miskolc, 2001

F. Kretz, Z. Gacsi, J. Kovacs, T. Pieczonka: The electroless deposition of nickel on SiC particles for aluminum matrix composites. Surface and Coatings Technology. Vols. 180 –181, pp. 575–579, 2004

Zoltán Gácsi, Jenő Kovács, Tadeusz Piezonka: Particle Arrangement Characterization by the Pair Correlation Function. Powder Metallurgy Progress. Journal of Science and Technology of Particle Materials. vol.3, no.1, pp.30-39, 2003

Kinga Tomolya, Zoltán Gácsi, Tadeus Pieczonka: Porosity Shrinkage in the Al/SiC Composite. Mater Sci Forum. Materials Science, Testing and Informatics. Ed. J. Gyulai, vols. 414-415, pp. 153-158, 2003

Gacsi Z, Kovacs J, Pieczonka T: Investigation of sintered and laser surface remelted Al-SiC composites. Surface & Coatings Technology, vol. 151, pp. 320-324, 2002

Roosz A, Gacsi Z, Kovacs J Characterisation of solidified microstructure of solid solutions. Praktische Metallographie-Practical Metallography, vol. 39, no. 2, pp. 100-109, 2002

G. Kaptay, P. Bárczy, F. Szigeti, A. Lovas, Z. Gácsi, L. Bolyán: Interface Phenomena in Processing of Ceramic Reinforced Amorphous Metal Composites. Journal of Non-Crystalline Solids, pp. 205-207, pp. 742-747, 2001

Anita Magyar, Zoltán Gácsi, Lajos Daróczy, György Kaptay: Morphological Investigation of the Intermetallic Phases in C/Al Composite by Image Analysis, Image Analysis & Stereology, vol 20 (Suppl 1), pp. 275-280, 2001

Z. Gácsi, G. Sárközi, J. Kovács: Characterization of Fracture Surfaces. Acta Stereologica, vol 18, no. 3, pp. 333-340, 1999

Gácsi Z., Roósz A.: Stereometric Characterization of Dendritic Structure. Acta Stereologica, vol. 13, no. 2, pp. 335-341, 1994

S02 Objektive Erfassung und Bewertung von Geräuschen

The Department of Machine Elements, University of Miskolc has been dealing with the research of inner and outer vibrations and noises generated by machines and structures for ages. These researches include partly the widening of theoretical bases and partly the completing of knowledge and tools of measurement technology.

The character and topic of researches may be determined by two directions:

- Constructional solutions in the drive link (from the energy input to the consumption of energy). Analysis of the drive components to find the possible vibration and noise sources. This part involves the possibility of investigation of vibrations and noises, their sources, formations, spreading and diagnosing.
- The analysis of components of drive link (elements of drive) to decrease or eliminate the noise and vibration. Development of very new motion-transformations and motion-converting, and development of further structural solutions (joints and bearings) that produce less noise and vibration on the entire structure, both from the sides of source and conduction.

The Department has been the possibility to utilize and publish its reports of tests through industrial tasks, e.g.:

- Finding of cause of mechanical noise sources in household frosters and refrigerators (combined), measurement of vibration and noise, discovering the constructional chances of noise decrease, suggestions for solution [2,3](Elektrolux LEHEL Kft., Jászberény)
- Analysis of noise sources of vehicle gearboxes, rating of eigenfrequencies of the elements of drives (theoretically and by tests) [1, 4, 5] (ZF Hungaria Kft, Eger)
- Noise and vibration analysis of newly developed flex machine, suggestion for the chances of decreasing [3,4,5,6] (R. Bosch Power Tools Kft., Miskolc)
- Finding of mechanical and flow noise sources in household vacuum cleaner, analysis, suggestions for the possibility of decreasing (Current project in the frame of Regional Univ. Knowledge Centre, in common with Department of Fluid and Heat Engineering (Elektrolux LEHEL Kft., Jászberény)

Publications

Kováts, A.: *Einige akustische Aspekte zur Auslegung der Antriebselemente*. 7th Seminar and Exhibition on Noise Control. Eger, 1992. OPAKFI. P.: 241-246.

Kováts, A.- Kamondi, L.: *Lärm und Konstruktion am Beispiel einer Haushaltmaschine GÉP*, Jahrgang 48. No: 5. S. 16-19.

Bercsey, T. - Döbröczöni, Á. - Dubcsák, A. - Horák, P. – Kamondi, L. - Péter, J. - Kelemen, G. - Tóth, S.: *Konstruktion und Entwicklung, Lehrbuch*, Budapest, 1997, mit Unterstützung des Phare-Programms HU 93051 /1350/ E1

Kamondi, L.: *Eine Möglichkeit der Verminderung der Schwingungserregung in Eingriff der Zylinderzahnradpaaren* OGÉT 2003. XI. Internationales Treffen der Maschinenbauer, Cluj-Napoca 11 Mai, S. 129-132

Kováts, A. – Bihari, Z.: *Bestimmung der Leistung der verzahnten Elementpaaren in der Entwicklungsphase*, Lärmschutzseminar 2001, Ergebnisse, Neuheiten, Anforderungen im Lärmschutz.

Bihari, Z.: *Ways of Reducing the Noise of Electrical-hand Tools*, XX. Conference of Hungarian Machine Designer, Miskolc, 11-12 November 2004.

S03 Einsatz neuer Methoden zur Systematisierung des Serienanlaufs bei Kunststoff-Spritzteilen

The Department of Polymer Engineering is a new unit inside the Faculty of Materials Science and Engineering. After twelve year activity as a part of the Dept. of Non-metallic materials the independent chair was established in 2003. The main task of the department is to rule the polymer engineering education of materials engineers in gradual and post gradual levels.

As the mass production of polymers is concentrated into the North Hungarian region the department has a regional task to collaborate with the regional polymer industry (companies for ground polymer production and spec appliers) in field of material engineering and technology progress. The instrumental capability for structure and property analysis of the department is satisfactory, the main devices are: XRD, FTIR, DSC, SEM. MFI, Haake rheometer, hardness tester, tribometer, tensile tester. The research areas are: development of polymer blends, surface layers and injection mold technologies.

The background of the Injection Molding Technique project is the following:

Active research works in the Polymer Technology Laboratory with a KRAUSS-MAFFEI KM80/160C1 injection molding equipment. Single and multi cavity tools for technological tests. MPI software for Injection molding simulations. HAAKE POLY-LAB rheometer with extruder head for developing granulated plastics materials for injection molding. CAD,CAM systems, and software for tool design. Workshop for tools constructions.

Existing Intellectual Resources

Staff: 1 professor, 2 associate professor, 1 assistant, 1 engineer, 2 laboratory assistants, 3 PhD students and 15 thesis workers

The most frequent technological topics are industrial problems mainly on plastic processing field. To increase their effectiveness companies dealing with injection molding technology require a higher production speed (a shorter cycle-period of production), besides high quality products with exact dimension. The harmony between the fast production and high quality demand can be realized by using a well developed computer control system as well as a modern sensory. The primary goal of our department is to harmonize the research results with the industrial requirements. Till now the control of injection molding technology under the influence of cavity-pressure has not become widespread in spite of the fact that the quantity of faulty products can highly be decreased and the process of shaping can be optimized much easier. It is necessary to solve the problem of selection of faulty products and to improve the automation of the whole production process (integrated die – machine systems).

Publications and References

Barczy, P: Material Science or Material Design, Materials Science Forum, Vol. 414-415 pp. 1-8 (2003)

Barczy, P, Marossy, K: Improvement of the properties of polyethylene with chlorinated polyethylene, Polymers & Polymer Composites 11, (2) 2003

Barczy,P, Czél,Gy: Development of injected moulded polymer roof supporter, Report to Lindab Ltd. (2005)

Szólláth, A: Effects of Particular Injection Molding Parameters on Quality of Plastic Parts
code: **M1-/2005**

Kiss, J : Fast Temperature Parameter Changing of Hot Runner and Its effect on Injection Molding Technology
code: **M4-/2005**

Darai,G: Development of Outdoor Furniture Plastic Parts produced By Injection Molding Technique
code: **A2-/2005**

Basa,T : Deformation Evaluation of Large Containers after Injection Molding Process
code: **M2-/2004**

Jakab,P: Development of Plastic Ready Made Injection Molded Products
code: **AT-3/2002**

Relevant Industrial Partners

-Syntumex Ltd (Hungary), 1999

-Metri-Med Ltd (Hungary), 2003

-Mol (Hungary) AG, 2003

-Bosch Powertools Ltd, 2005

-Lindab Buttler Ltd, 2005

S04 Abschätzung und Management der Restlebensdauer mechatronischer Systeme und Komponenten

Expertisen im engeren Sinne liegen hier nicht vor. Geplant ist die Anwendung und Betreuung der in Duisburg entwickelten Verfahren im industriellen Umfeld.

2.4 Aktuelle und zukünftige Anwendungsfelder / zukünftige Produkte

Die aktuellen und zukünftigen Anwendungsfelder liegen grundsätzlich in allen Bereichen, in denen mechatronische Systeme und Komponenten entwickelt und gefertigt werden.

Dies sind z.B.

- Entwicklung mechatronischer Systeme im Kraftfahrzeugbau, hier sind insbesondere Simulationsmethoden für domänenübergreifende Systeme zu entwickeln und anzuwenden.
- Optimierung und Systematisierung des Fertigungsanlaufs von Kunststoff- und Kunststoffverbundbauteilen. Auch gibt es umfangreiches Potential für den Einsatz von Simulationsverfahren, z.B. für die Simulation der Wechselwirkung zwischen Leitungsgittern und Kunststoffschmelze während des Spritzvorgangs. Hierfür gibt es bis heute keine auch nur im Ansatz befriedigende Lösung.
- Verfahren zur Geräuschkontrolle. Die hier im Rahmen des Projektschwerpunktes S02 vorgesehenen Arbeiten lassen sich leicht auf viele andere Anwendungen übertragen. Zukünftige Anwendungen liegen hier speziell in allen Bereichen, in denen Produkte für die Nutzung durch einen Endanwender produziert werden oder in denen sich die Funktionsfähigkeit eines Systems durch eine Analyse des Betriebsgeräusches erkennen lässt.
- Sensorgestützte 100%-Bandende-Prüfungen bieten ein umfangreiches Potential für den Einsatz von Sensoren, die teilweise für ganz andere Anwendungen (z.B. im medizinischen oder Kraftfahrzeugbereich) entwickelt wurden, sich aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit, Flexibilität und Kostenstruktur auch für einen Einsatz im Fertigungsumfeld eignen.
- Anwendung der im Rahmen der Forschungsbasis vorgesehenen weiterentwickelten und erprobten Verfahren zur Abschätzung der Restlebensdauer und Funktionsfähigkeit Mechatronischer Systeme. Hier sehen wir Anwendungen hauptsächlich im Fertigungsumfeld, in der Kraftfahrzeugtechnik und bei allen Arten von sicherheitsrelevanten Systemen.

Eine Übersicht über die derzeit geplanten Gemeinschaftsprojekte P01-P09 gibt Tabelle 2.3 und Anhang 1.

Aus Tabelle 2.3 kann die Zuordnung der Gemeinschaftsprojekte P01 – P09 zu den Schwerpunkten S01-S05 entnommen werden.

No	SP	Titel	Verantw. D	Verantw. H	LZ	MMD total	MMH total
P00		Aufbau Organisationsstruktur. Bearbeitung der projekte P01, P02, P06 und P08	Schramm	Csaki	12	60	12
P01	S01	Kontrolle auf versteckte Material- und Kontaktierungsfehler durch Röntgenanalyse	Hosticka	Barczy	36	5	69
P02	S01	Sensorsysteme zur 100% visuellen Kontrolle an semiautomatischen Fertigungslinien	Kemna	Varadi	24	3	28
P03	S01	Visuelle Kontrolle von Lötverfahren durch den Einsatz von Mikrokamerasystemen in Produktionsanlagen	Hosticka	Kovacs	24	6	62
P04	S05	Baukastensystem zur Simulation des Kaltstartverhaltens von Kraftfahrzeugen	Lalo	Csaki	24	15	15
P05	S05	Simulation von Starterversuchsständen und Ersatz aufwendiger Versuchsreihen durch hochgenaue Simulationsmodelle	Schramm	Blaga	24	15	15
P06	S02	Verfahren zur Geräuschkontrolle mechatronischer Elektrowerkzeuge	Söffker Schramm	Kamondi	24	9	18
P07	S04	Abschätzung und Management der Restlebensdauer mechatronischer Systeme	Söffker	Lukacs	24	15	29
P08	S03	Neue Methoden zur Systematisierung des Serienlaufs bei Kunststoffspritzteilen	Jarosch	Barczy	36	66	108
P09	S03	Entwicklung einer Software unterstützten Dimensionierungs- und Lebensdauerprognose-Strategie für Kugelgewindetriebe	Wortberg	Takacs	36	60	36

Tabelle 2.3: Teilprojekte und Anwendungsfelder

2.5 Markt- und Arbeitsplatzpotential

Das Potential des beantragten Projektes hinsichtlich der Marktentwicklung und der Schaffung neuer, bzw. der Erhaltung bestehender Arbeitsplätze erschließt sich am einfachsten, wenn man die Ziele der beantragten Forschungsbasis nochmals zusammenfasst:

1. Entwicklung und Applikation einer neuen mechatronischen Entwicklungsumgebung

Ein rasch größer werdender Anteil der in der Kraftfahrzeugtechnik aber auch in anderen Bereichen, wie z.B. Elektrowerkzeuge oder Industrierausrüstung, eingesetzten Produkte hat heute einen mechatronischen Aufbau. Dabei werden verschiedene Funktionen in einem System integriert, die bei der Entwicklung als Funktionseinheit behandelt werden müssen. Die dabei eingesetzten Teilsysteme kommen dabei in der Regel aus unterschiedlichen technischen Domänen. Die simultane Entwicklung eines solchen Systems macht heute aufgrund der unterschiedlichen Beschreibung nach wie vor technische Probleme und verursacht Zeitverluste und Zusatzkosten.

Es ist damit zu rechnen, dass das Marktwachstum für diese mechatronischen Produkte weiterhin beträchtlich sein wird, wenn die Kosten bei der Herstellung aber auch bei der Entwicklung gesenkt werden können. Das gilt verstärkt für den Kraftfahrzeugbau aber in ähnlicher Weise auch für Produkte aus anderen Bereichen.

Deutschland ist derzeit mit führend bei mechatronischen Produkten, die nach wie vor hauptsächlich in Deutschland entwickelt werden. Um so wichtiger ist es gerade für deutsche Unternehmen, ihre Wettbewerbsfähigkeit durch den Einsatz modernster Entwicklungswerkzeuge zu erhalten und weiter zu verbessern. Das ist der Gegenstand der Projektschwerpunkte S04 und S05.

2. Neue Wege bei der Herstellung mechatronischer Produkte

Die zweite Form der bei mechatronischen Produkten angewandten Integration betrifft die Integration der Hardware-Komponenten. So versucht man häufig Elektroniken aber auch Sensoren und Aktoren in einer Konstruktionseinheit zusammenzubauen. Weiterhin ist es aus Funktions- und Kostengründen häufig vorteilhaft, die so entstandenen Module direkt an die mechanischen Prozesskomponenten anzubauen. Dabei treten Probleme auf, die bei rein mechanischen oder elektronischen Komponenten so nicht auftreten können.

Das Kunststoffverarbeitungsverfahren „Spritzgießen“ erlaubt z.B. die Fertigung hoch komplexer Bauteile und ist daher eines der meist verbreitetsten Verfahren zur Produktion von technischen Kunststoffbauteilen. Verarbeiter und Maschinenhersteller sind zu einem großen Anteil der mittelständischen Industrie zuzuordnen, die einen Großteil der Arbeitsplätze in Deutschland stellt. Die weltweit steigende Verarbeitung von Kunststoffen und die steigenden Umsätze der verarbeitenden Industrie lassen auf eine Wachstumsbranche mit hohem Markt- und Arbeitsplatzpotential schließen.

Auch hier schließen sich Vorteile für deutsche Arbeitsplätze und eine Verlagerung von Teilen der Produktion, z.B. nach Ungarn, nicht aus. Deutsche Produkte können auf dem Weltmarkt nur bestehen, wenn sie zu niedrigen Kosten produziert werden können. Daher werden speziell Assemblage-Vorgänge häufig verlagert, während die

dabei verarbeiteten komplexen Komponenten in hoher Stückzahl weiterhin und verstärkt in der Zukunft wieder auf vollautomatischen Linien in Deutschland produziert werden. Die Verlagerung bedeutet auf der anderen Seite aber häufig auch eine Änderung der Fertigungsstrategie und damit neue Anforderungen, z.B. bei der Montage und der Endkontrolle. Gerade hier setzen aber die Schwerpunkte S01 bis S03 der beantragten Forschungsbasis an.