



## Innovation und Produktentwicklung in Forschung, Lehre und Praxis

**Innovation ist für den Standort Deutschland die wichtigste Ressource. Die Aussage ist altbekannt, doch wie kommen Unternehmen zu Innovationen und wie können sie diese gezielt umsetzen? Dies ist das zentrale Leitthema des IPEK, das die Forschung in den Bereichen Systeme, Methoden und Prozesse antreibt.**

Erfolgreiche Produktentwicklung ist zunehmend schwerer zu beherrschen, so reicht heutzutage Innovation alleine oft nicht mehr aus, um am Markt bestehen zu bleiben. Produktpiraterie kann beispielsweise schnell zu einer existenziellen Bedrohung für ein Unternehmen werden. Diese Komplexität in der Produktentwicklung ist nicht unbedingt neu, neu ist nur, dass die Komplexität nicht länger ignoriert werden kann.

Methoden und Prozesse reichen alleine nicht aus, um diese Komplexität zu beherrschen. Es sind immer Personen notwendig, die die Fähigkeit besitzen, Innovationen zu erkennen und diese trotz aller Widrigkeiten erfolgreich umzusetzen. Innovationen sind immer eng mit den Menschen verbunden, die sie umsetzen.

Die universitäre Lehre und somit die Ausbildung von Ingenieuren, die die Fähigkeit besitzen, den Innovationsprozess aktiv und intensiv zu gestalten und Barrieren zu beseitigen, ist unser Anspruch. Das IPEK arbeitet gezielt daran, selbst Innovationen zu schaffen und gleichzeitig Köpfe auszubilden, die fähig sind, Innovationen umzusetzen und dies in Forschung, Lehre und dem Transfer in die Praxis.

### INNO 5

Die Innovation in einer Woche (Inno 5) ist ein Projekt, bei dem wir innerhalb von fünf Tagen ein neues Produkt für einen Industriepartner entwickeln. Am Ende steht ein Produktkonzept mit Wirtschaftlichkeitsanalyse. Die Herausforderung liegt in der kurzen Projektdauer, der effizienten Gestaltung der Prozessabläufe und der Dokumentation. In dem Projekt arbeiten Institutsangehörige, Studierende und Firmenvertreter intensiv zusammen. Durch diesen einzigartigen Ansatz wird der Praxistransfer aktueller Methoden- und Prozesswissen effizient miteinander verknüpft werden. Aus diesem Grund erarbeiten wir in Kooperation mit Industriepartnern unter realistischen Randbedingungen Methoden, die die Transparenz von Entwicklungsabläufen erhöhen und die Wiederverwendung des im Unternehmen vorhandenen Wissens erleichtern.



## Praxis (Wissensbasierte Produktentwicklung)

Der Erfolg eines Unternehmens wird zukünftig und im wachsenden Maße nicht nur von der Fähigkeit abhängen, neue marktfähige Produkte entwickeln zu können, sondern auch von der Effizienz, mit der diese erarbeitet werden. Entwicklungsaufgaben werden zunehmend komplexer und deren Lösung damit wissensintensiver. Bekannte und ungelöste Probleme bei der Kommunikation, der Dokumentation und der Wiederverwendung von Wissen stellen oft noch „Flaschenhälse“ dar. Aus unserer Sicht ist hier noch vielerorts ein Umdenken notwendig, weg von einer rein prozessorientierten Sicht auf die Produktentwicklung, hin zu einer wissensbasierten Produktentwicklung, in der die beteiligten Personen sowie Produktwissen und Prozesswissen effizient miteinander verknüpft werden. Aus diesem Grund erarbeiten wir in Kooperation mit Industriepartnern unter realistischen Randbedingungen Methoden, die die Transparenz von Entwicklungsabläufen erhöhen und die Wiederverwendung des im Unternehmen vorhandenen Wissens erleichtern.



## Promotionen



Dr.-Ing. Stefan Hauser  
„Konzept zur Validierung geometrischer Charakteristika von Mikroverzahnungen und -getrieben“  
Promotion am: 17.12.2007



Dr.-Ing. Sven Brudniok  
“Methodische Entwicklung hochintegrierter mechatronischer Systeme am Beispiel eines humanoiden Roboters“  
Promotion am: 18.09.2007



Dr.-Ing. Andreas Stuffer  
“Prototyp eines stufenlos verstellbaren Getriebes als Technologieträger für die Potenzialabschätzung von ingenieurkeramischen Werkstoffen in geschmierten Friktionssystemen“  
Promotion am: 13.07.2007

## Neu im Team



Heike Kremer  
Administration  
Eintrittsdatum: 09.07.2007



Dipl.-Ing. Leif Marxen  
Entwicklungsmethodik und -management  
Eintrittsdatum: 16.07.2007



Dipl.-Ing. Christian Stier  
Antriebstechnik  
Eintrittsdatum: 01.08.2007



Dipl.-Ing. Christian Späth  
Antriebstechnik  
Eintrittsdatum: 01.10.07



Dipl.-Ing. Toan Nguyen  
Conditioning Monitoring  
Eintrittsdatum: 15.10.2007



Dipl.-Ing. Peter Börsting  
Entwicklungsmethodik und -management  
Eintrittsdatum: 01.11.2007



Dipl.-Ing. Simon Kelemen  
Conditioning Monitoring  
Eintrittsdatum: 01.11.2007



Dipl.-Ing. Benoit Lorentz  
CAE/Optimierung  
Eintrittsdatum: 12.11.2007

## Veranstaltungen

Am Freitag, den 04.04.2008 findet die Eröffnung des Akustikrollenprüfstands sowie im Anschluss die Jahreshauptversammlung der GfP statt. Zu der Abschlussveranstaltung Integrierte Produktentwicklung lädt das IPEK am 22.02.2008 ein.

## Impressum



Leitung des Instituts  
o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. A. Albers  
Telefon: +49 721 608-2371  
info@ipek.uni-karlsruhe.de  
www.ipek.uni-karlsruhe.de

Postadresse  
IPEK Institut für Produktentwicklung  
76128 Karlsruhe  
Besucheradresse  
Standort Campus  
Kaiserstraße 10  
Geb.: 10.23  
Standort Fasanengarten  
Gotthard-Franz-Straße 9  
Geb.: 50.33  
Standort Mackensenkasernen  
Rintheimer Querallee 2  
Geb.: 70.14

# IPEK INSIDE

AUSGABE 1/2008

Innovative Antriebssysteme  
im Fahrzeug- und Maschinenbau

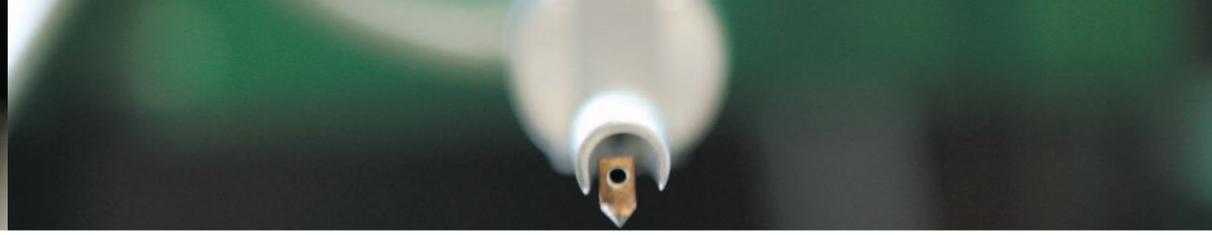
Humanoider Roboter ARMAR

Dünnschicht-Tribosensoren

QuEron

Innovation und Produktentwicklung  
in Forschung, Lehre und Praxis

IPEK Live



## Innovative Antriebssysteme im Fahrzeug- und Maschinenbau

Ein am IPEK traditionell verwurzelter Forschungsbereich wird durch den neu in Betrieb genommenen Akustikrollenprüfstand (ARP) nochmals deutlich gestärkt. Mit zwei unabhängig voneinander angetriebenen Rollen mit einem Außendurchmesser von rund zwei Metern und insgesamt 440 kW Antriebsleistung wird die Durchgängigkeit des IPEK Prüfstandes vervollständigt.

Insbesondere im Bereich der Erforschung von neuen Methoden für die NVH-Entwicklung liefert der im Akustikraum des IPEK installierte Prüfstand einen wertvollen Forschungsbeitrag. Ergänzt wird der Akustikrollenprüfstand durch ein neues 3D Scanning-vibrometer zur berührungslosen und rückwirkungsfreien Erfassung dreidimensionaler Schwingungsdaten komplexer Strukturen. Vom Element bis zum Gesamtsystem stehen damit auf allen Systemabstrahierungsebenen durchgängig einsetzbare Untersuchungs- und Forschungseinrichtungen zur Verfügung.

Gleichzeitig zur Inbetriebnahme des Akustikrollenprüfstandes wurde mit der neu gegründeten Forschungsgruppe NVH/Driveability auf dem Gelände der ehemaligen „Mackensenkaserne“ der nunmehr dritte Standort des IPEK eröffnet. Neben der Fokussierung der Forschungsarbeiten zur Verknüpfung objektiver Messdaten mit subjektiven Fahrbarkeitsbewertungen, stehen in der neu gegründeten Forschungsgruppe die Forschung an Methoden und Prozessen zur Integration von NVH relevanten Informationen in frühe Phasen des Produktentstehungsprozesses im Mittelpunkt. Hierbei werden neben experimentellen Methoden, insbesondere Simulationsmethoden eingesetzt und entwickelt. Beispielhaft für diese Forschungsarbeiten seien hier die Ansätze zur Integration von Simulation und Versuch zur Berechnung des Rupfverhaltens von Kupplungssystemen in Antriebssträngen genannt. Durch die zeitlich und räumlich aufgelöste Betrachtung der Reibungsvorgänge in einer Fahrzeugreibungskupplung konnte ein neuer und praxistauglicher Ansatz zur simulativen Beschreibung von Friktionskontakten geschaffen werden. Dabei wurden Nachteile bisheriger Simulationsverfahren bei der Abbildung des eigentlichen Friktionskontaktes durch die Integration experimentell ermittelter Daten überwunden.

Neben den NVH und Driveability Themen gewinnen im Zuge aktueller Umweltdiskussionen zunehmend Themen der energieeffizienten Antriebstechnik auch am IPEK an Bedeutung. Dabei erforscht das IPEK neben neuen antriebstechnischen Konzepten und Betriebsstrategien die Möglichkeiten geeigneter Leichtbaustrategien. Hierzu engagiert sich das IPEK zusammen mit namhaften Forschungspartnern im KITE, Karlsruher Innovationscluster KITE hyLITE „Technologien für den Fahrzeugleichtbau“.



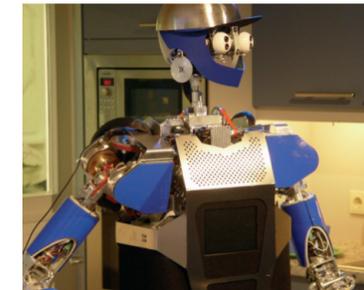
Durch die Kompetenzen des IPEK im Bereich der Forschung an real einsetzbaren Methoden und Prozessen entsteht in Kooperation mit verschiedenen Experten (z. B. der Faserverbundwerkstoffe und der Produktionstechnik) das Potenzial, industriell realisierbare Konzepte im Bereich des Fahrzeugleichtbaus zu erforschen. Das IPEK folgt auch in diesem Beispiel dem Ansatz, eine Brücke zwischen naturwissenschaftlichen Basisdisziplinen über die Entwicklung von Methoden und Prozessen hin zur praxisnahen Forschung an konkreten Produkten zu schlagen.

## Humanoider Roboter ARMAR

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 588 „Humanoide Roboter – lernende und kooperierende multimodale Roboter“ entwickelt das IPEK einen großen Teil der mechatronischen Hardware des Roboters ARMAR. Ziel ist es, neben der reinen Entwicklungsarbeit auch Methoden für die systematische Entwicklung solcher hoch komplexer mechatronischer Systeme zu erarbeiten und in der Praxis zu erproben. ARMAR soll in Zukunft ein selbstständiger Helfer im Haushalt für den Menschen sein und muss deshalb in einer normalen Alltagsumgebung wie z. B. der Küche agieren können.



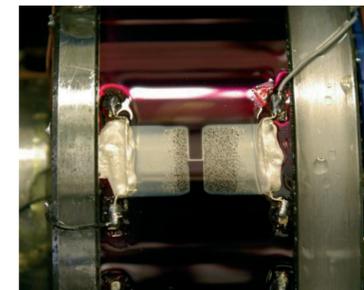
Die „Programmierung“ eines solchen humanoiden Roboters wird auch nicht durch Fachleute per Tastatur oder Teach-in geschehen, sondern durch technische Laien mittels Vorführen und Erklären. Deshalb muss der Roboter menschliche Sprache verstehen sowie Gegenstände, Gesichter und Gesten erkennen.



Bereits im März 2006 wurde die erste Version von ARMAR auf der CEBIT mit großem Medienecho der Öffentlichkeit vorgestellt. Derzeit werden am IPEK neue Methoden entwickelt, die es ermöglichen werden, die Energieeffizienz des Roboters durch konsequenten Leichtbau unter Berücksichtigung der Regelung zu optimieren. Die Entwicklung eines solchen Systems stellt eine typische multidisziplinäre Aufgabe dar, in der die Ingenieurwissenschaften Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik, aber auch Soziologie, Sportwissenschaften und Biomechanik zusammenwirken müssen.

## Dünnschicht-Tribosensoren

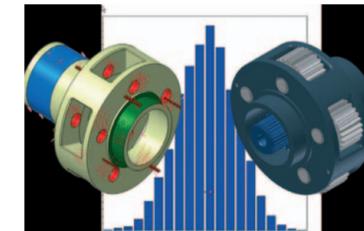
Seit Jahrzehnten werden so genannte Dünnschichtsensoren zur Untersuchung hydrodynamischer und elasto-hydrodynamischer Kontakte mit Erfolg eingesetzt. Solche Sensoren erlauben die örtlich und zeitlich hoch aufgelöste Messung von Druck, Temperatur und Spaltweite im Tribokontakt. In der Vergangenheit beschränkte sich der Einsatz der Sensoren jedoch auf Fälle, in denen kein Festkörperkontakt zwischen den Gleitpartnern herrschte. Festkörperreibung führte innerhalb kürzester Zeit zur Zerstörung der Sensoren. Deshalb arbeitet das IPEK zurzeit daran, neuartige Sensoren auf der Basis Diamantähnlicher Kohlenstoffschichten (DLC) zu entwickeln, die eine wesentlich bessere mechanische Standfestigkeit erwarten lassen.



DLC-Schichten werden bereits heute oft als Verschleißschutzschichten eingesetzt. Mit den neuen Sensoren wird es zukünftig möglich sein, auch unter Mischreibungsbedingungen, d. h. bei teilweiser Festkörperreibung zu messen und so das Wissen über diese in der Praxis häufig vorkommenden Betriebszustände durch experimentell gewonnene Erkenntnisse zu erweitern.

## QuEron – Qualitäts- und Effizienzsteigerung des Produktentwicklungsprozesses durch Anwendung der Methoden des Robust Designs auf die Simulation

Zunehmender Kostendruck und die Anforderung nach immer kleineren Baugrößen erfordern die verstärkte Anwendung von Strukturoptimierungsmethoden. Werden die Möglichkeiten der deterministischen Optimierung konsequent ausgeschöpft, so führt dies häufig zu einer Reduzierung von Robustheit und Zuverlässigkeit.



Ein detaillierter Nachweis von Robustheit und Zuverlässigkeit unter Berücksichtigung von Streuungen ist damit zwingend notwendig. Im Rahmen von QuEron wurden verschiedene Voraussetzungen und Möglichkeiten für diesen Nachweis und für eine darauf aufbauende Optimierung untersucht. Das zweijährige Forschungsprojekt, das von der Stiftung Industrieforschung finanziert und mit den Partnerfirmen FE-DESIGN GmbH, Federn Brand KG, Festo AG & Co. KG sowie Pulsgetriebe GmbH durchgeführt wurde, ist 2007 erfolgreich abgeschlossen worden. Neben der Firma Magna Steyr Powertrain hat auch die Firma NOESIS als einer der führenden Hersteller von Algorithmen und Software für Zuverlässigkeits- und Robustheitsanalysen im Beraterkreis des Projekts teilgenommen. Die Partner stellen jeweils

Simulationsmodelle zur Verfügung, anhand derer eine Evaluation der untersuchten und neu entwickelten Werkzeuge möglich war. Im Fokus des Projektes stand die Frage, ob und wie Robustheitsbetrachtungen mit am Markt verfügbarer Software in vorhandene Entwicklungsprozesse integriert werden können. Ein Schwerpunkt lag deshalb bei der Parametrisierung von Finite Elemente Netzen, einer Grundlage für die für stochastische Analysen notwendige Geometrievariation. Hierfür wurden verschiedene Methoden erarbeitet, implementiert und getestet. Weitere Voraussetzung ist die Verfügbarkeit geeigneter Schnittstellen, die eine reibungslose Erfassung und Übertragung der zu erfassenden Zielgrößen ermöglichen. Ebenso wurden die notwendigen Schnittstellen zwischen den verwendeten Softwareprodukten untersucht und ggf. um fehlende Funktionalitäten ergänzt, um eine reibungslose Erfassung und Übertragung der betrachteten Zielgrößen zu ermöglichen. Verschiedene Lösungen wurden erarbeitet, die als Orientierung für die Weiterentwicklung von Robust Design-Software dienen können. Darüber hinaus wurden weitere Grundlagen für erfolgreiche Robust-

heitsanalysen beleuchtet wie z. B. die Bedeutung von Qualität der erfassten Eingangsgrößen oder der Einfluss der Netzqualität. Abschließend wurden die erarbeiteten Methoden für die robuste Parameter- und Shapeoptimierung eingesetzt und damit die Möglichkeiten und die Grenzen der robusten Strukturoptimierung aufgezeigt. Für die Parameteroptimierung wurde dabei mit Antwortflächenverfahren (Response-Surfaces) gearbeitet. Antwortflächen erlauben eine analytische und damit sehr schnelle Auswertung einer großen Anzahl von Experimenten, womit sie für stochastische Analysen und evolutionäre Optimierungsmethoden prädestiniert sind. Kritisch ist allerdings die Gewährleistung einer ausreichenden Abbildungstreue des realen Verhaltens durch die Antwortfläche. Für die Gestaltoptimierung wurde deshalb bewusst auf die Optimierung auf einer Antwortfläche verzichtet. Stattdessen wurde ein schnell konvergierender, gradientenfreier Optimierungsalgorithmus ausgewählt, der mit einem Standardverfahren für die Robustheitsanalyse kombiniert werden kann. Die entwickelten Methoden und Werkzeuge werden aber am IPEK und bei den Partnern weiterentwickelt und eingesetzt.

