

IPEK

INSIDE

NEWSLETTER DES IPEK – INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG

AUSGABE 1 | 2018



Prüfstandsmontage und Prototypenfertigung durch unser Team der Technischen Dienste

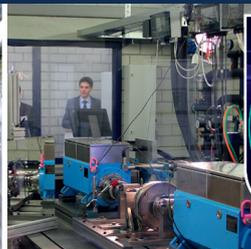
IPEK

Konzipierung, Entwicklung und Aufbau physisch-virtueller Validierungsumgebungen



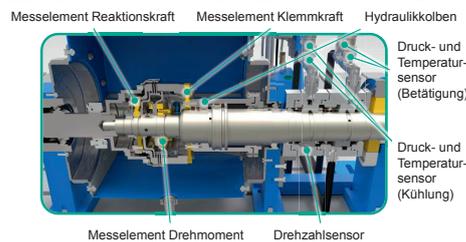
2

Für die
Gesellschaft



19

Sound-
design



YouTube-Kanal
des IPEK

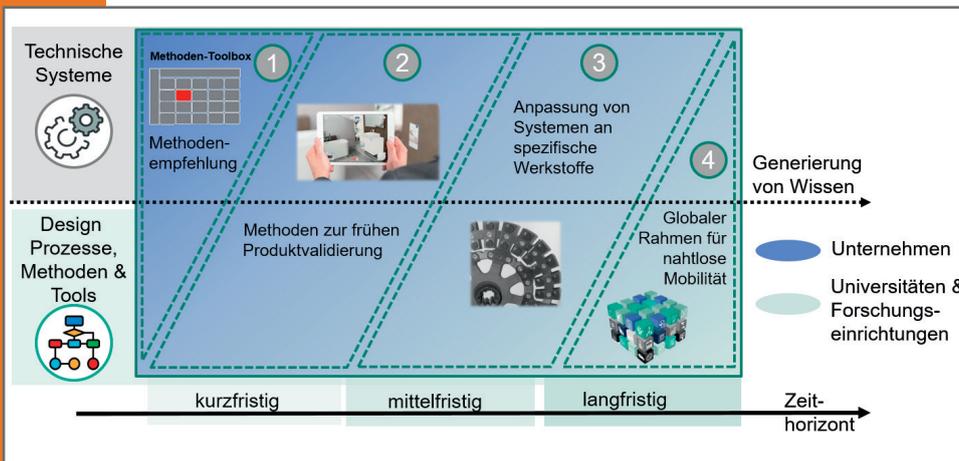
Für die Gesellschaft!

Wie gesellschaftlicher Nutzen durch ingenieurwissenschaftliche Forschung auf unterschiedlichen Zeithorizonten entsteht.

Ob Klimaerwärmung, Feinstaubbelastung oder tägliche Staus: Die meisten Probleme, die die Gesellschaft als Ganzes betreffen, sind von ihr verursacht, aber prinzipiell auch von ihr lösbar. In der Analyse der Problemursachen ist sich die hochentwickelte „erste Welt“ in den meisten Fällen einig: Der Mensch verbrennt zu viele fossile Brennstoffe, nutzt zu häufig das eigene Auto und reist zu häufig in ferne Länder. Vergessen werden dabei allerdings gerne die berechtigten Wünsche nach Entwicklung der übrigen Menschheit, die ja stetig wächst! Anders sieht es bei der Lösung dieser Probleme aus. Denn streng genommen sind fast alle heutigen Probleme durch reine Verhaltensänderungen von Menschen

wollen – Umweltschutz, fairer Zugang zu Mobilität und staufreie Straßen... – unterminieren wir mit unserem Verhalten als Kunden bzw. Konsumenten. Wer kennt das nicht: die Auswirkungen großer Flugreisen sind uns bekannt, aber bei der Buchung der Reise werden es dann doch die Malediven oder zumindest Spanien und nicht der Schwarzwald oder die Eifel. Verhaltensänderungen von Menschen – vor allem freiwillige! – sind also keine stabile Säule, wenn es darum geht, gesellschaftliche Probleme resultierend aus dem Bereich unseres alltäglichen Lebensstils zu lösen. Daher fordert die Gesellschaft – meist implizit – von den Ingenieuren, technische Lösungen zu finden und beispielsweise sauberere

die Prozessverbesserung. Diese wird typischerweise im Schwerpunkt von den Unternehmen eigenständig durchgeführt. Bestimmte Kompetenzen von Instituten und Lehrstühlen werden durch Kooperationsprojekte unterstützend eingebunden. Beim Modus 2 handelt es sich um Forschungsprojekte mit kurzem bis mittlerem Zeithorizont, die als Auftragsforschung kooperativ zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen durchgeführt werden. Da mit steigendem Zeithorizont die Forschungsrisiken wachsen, sind Modus-3-Projekte mit mittlerem bis längerem Zeithorizont z. T. durch öffentliche Mittel – wie in BMBF- und BMWi-Projekten üblich – co-finanziert. In diesen Forschungsprojekten muss aus meiner Sicht durch einen ausgewogenen Methodenfokus die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Unternehmen und Branchen sichergestellt werden. In Modus-4-Projekten mit langen Zeithorizonten wird von Universitäten und Forschungseinrichtungen, wie der Helmholtz Gemeinschaft, in Projekten die langfristige Erkenntnisgrundlage für künftige Innovationen gelegt. Hier sehe ich einen Schwerpunkt der DFG-Forschung in den Ingenieurwissenschaften, bei der immer ein Kriterium sein muss, dass die angegangenen Forschungsfragen auch mit einem hohen Realisierungsrisiko belegt sind. Nur so kann die explorative und auch visionäre Forschung an den ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen wirklich stimuliert und die öffentliche Förderung gerechtfertigt werden. Die hier beschriebenen Forschungsmodi sind dabei nicht streng zu trennen und finden natürlich bestenfalls gleichzeitig und vernetzt statt. Erfolgreiche ingenieurwissenschaftliche Forschung, die durch technische Lösungen die Lebensgrundlage von Menschen verbessert, entsteht dabei aus einem gelungenen Zusammenspiel von Universitäten, Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Politik und Gesellschaft, die dabei jedoch jeweils ihren spezifischen Beitrag leisten müssen. Ich bin überzeugt, dass Universitäten und Forschungseinrichtungen ihr Forschungsportfolio auch in den Ingenieurwissenschaften ausbalancieren müssen. Da Forschung mit langen Zeithorizonten die Grundlage für Forschung mit mittleren und kurzen Zeithorizonten legt,



Die vier Modi ingenieurwissenschaftlicher Forschung mit Beispielen des IPEK

lösbar. Um die Klimaerwärmung einzudämmen bräuchte es keine Elektrofahrzeuge, bessere Häuserdämmungen oder Windkraft, wenn nur der Mensch weniger Auto führe, weniger flöge und weniger heizte. So ist der durchschnittliche Primärenergieverbrauch in Tonnen Öläquivalent (toe) in der Welt 1,79, in den USA 7,04, in Deutschland 3,76, in China 2,14, in Afrika 0,37 aber auch in den oft propagierten „sauberen“ Vorbildregionen wie Norwegen 9,18 und Singapur 13,8. Die Einschränkungen im Lebensstil möchten die meisten von uns allerdings unter keinen Umständen in Kauf nehmen – im Gegenteil, die Menschen in den weniger entwickelten Regionen der Welt haben sicher alle Rechte, ihre Lebensbedingungen auch zu verbessern. Ich sehe da einen Riss in unseren Herzen: Was wir als Bürger in unseren hochentwickelten Gesellschaften

Antriebe, bessere Filtersysteme oder wirksamere Dämmungen zu entwickeln, um dadurch gesellschaftliche Herausforderungen zu bestehen. Genau hierfür legen die Ingenieurwissenschaften die Grundlage, da sie immer neben dem Erkenntnisgewinn auch das Ziel der Synthese neuer Lösungen im Fokus haben (sollten!). Die Umsetzung geschieht aus meiner Sicht in vier Forschungsmodi, die sich anhand der Dimensionen Forschungsgegenstand, unterteilt in Systemforschung und Methodenforschung, und dem Zeithorizont bis zur vermuteten Verwertbarkeit der Forschungsergebnisse (kurz: 0-3 Jahre, mittel: 3-6 Jahre, lang: 6-12 Jahre und länger) beschreiben lassen (Abb.): Bei Modus 1 handelt es sich um Forschung und Entwicklung mit kurzem Zeithorizont und oft starkem Fokus auf das zu entwickelnde, konkrete technische System oder auch

darf diese auf keinen Fall vernachlässigt werden. Zugleich müssen alle, auch die langfristigen Forschungsprojekte, allen vorhandenen Unsicherheiten zum Trotz, immer am Dienst an der Gesellschaft ausgerichtet werden und letztendlich der Synthese zukünftiger technischer Lösungen für die Fragestellungen der Gesellschaft dienen. Und natürlich müssen die Universitäten auch als Partner der Unternehmen in der kooperativen Forschung an aktuellen Fragen im Wissensnetzwerk zur Verfügung stehen. Dazu sind entsprechende Randbedingungen zwingend erforderlich, die eine schnelle Reaktion ohne bürokratische Hemmnisse möglich macht. Die Aufgabe der Politik ist es hier die Randbedingungen zu schaffen, dass erfolgreiche Forschung in den vier Modi kontinuierlich stimuliert wird. Dabei geht es nicht nur um die zwingend notwendige anteilige Forschungsfinanzierung, sondern auch z. B. um Fragen des Rechts, der gesellschaftlichen Kommunikation oder Entbürokratisierung. Dabei darf die Forschung mit langen Zeithorizonten in den Ingenieurwissenschaften, wie derzeit in Ansätzen zu beobachten, nicht

in den Hintergrund geraten. Dies stellt eine große Gefahr für die langfristige Innovationsfähigkeit einer Gesellschaft dar. Gleichzeitig muss die Politik technologieoffen sein. Nur so kann in der ingenieurwissenschaftlichen Forschung auch die notwendige Breite als Fundament der Innovation sichergestellt werden. Ich sehe aber auch die Unternehmen in der Pflicht. Vor allem innovative Unternehmen sind auf neue ingenieurwissenschaftliche Forschungserkenntnisse angewiesen. Dies erfordert eine Offenheit für kooperative Forschungsformate mit mindestens mittleren Zeithorizonten, wie sie in vielen Bereichen eine gute Tradition in Deutschland ist. Hier ist leider in den letzten Jahren durch die auf kurzfristige, Kennzahlenerfüllung ausgerichtete Strategie bei manchen Unternehmen eine Zurückhaltung zu spüren, die sicher nicht der Zukunftssicherung dienlich ist. Ich bin überzeugt, dass in der Zukunft ausgeprägte Wissens- und Kooperationsnetzwerke auf allen Ebenen – aber gerade auch zwischen Unternehmen und Universitäten – von höchster Bedeutung sind. Für diese Erkenntnis braucht man nicht ins Silicon

Valley zu fahren – wir müssen diese Netzwerke einfach nur hier in unserem Land gestalten und aktiv leben. An die Zivilgesellschaft habe ich den Wunsch, den Ingenieurwissenschaften – trotz mancher nichtakzeptabler Fehlleistung – mehr zu vertrauen. Die teilweise zu beobachtende Technologieverdrossenheit ist nicht angebracht. Möchte die Gesellschaft ihren Lebensstandard auf hohem Niveau halten und in den aufstrebenden jungen Ländern ausbauen und gleichzeitig ihre Lebensgrundlage erhalten, braucht sie innovative Ingenieure und Ingenieurinnen sowie starke Ingenieurwissenschaften, die auf allen Gebieten nachhaltige technische Lösungen erarbeiten, um dies zu ermöglichen. Wir als IPEK-Team haben in der Vergangenheit und werden auch in der Zukunft unseren Beitrag zur Forschung für die Gesellschaft in allen vier Modi leisten. Der Newsletter IPEK Inside gibt Ihnen auch in dieser Ausgabe wieder einige Beispiele dazu!

Ihr



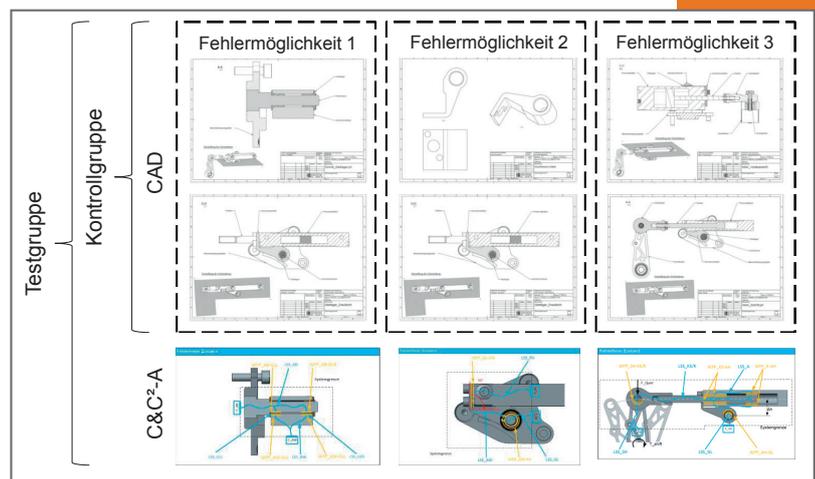
Albert Albers

Besser konstruieren durch Verstehen des Zusammenhangs zwischen Funktion und Gestalt – der C&C²-Ansatz

Seit mehr als 20 Jahren forscht das IPEK unter dem Begriff C&C²-Ansatz an Modellen zur Abbildung des Zusammenhangs zwischen Gestalt und Funktion. Ziel ist es, die Analyse- und Synthese-Prozesse in der Konstruktion methodisch ganzheitlich zu unterstützen, um damit effektiver und effizienter innovative Produktlösungen zu entwickeln. In diesem Jahr wurden am IPEK zwei weitere wichtige Meilensteine erreicht. Erstmals konnte in einem Forschungsprojekt zur FMEA statistisch nachgewiesen werden, dass mit dem C&C²-Ansatz das Systemverständnis bei Bearbeiter/-innen der FMEA erhöht wird. Zudem wird der C&C²-Ansatz in der 2019 erscheinenden 9. Auflage des Springer-Lehrbuchs „Pahl/Beitz Konstruktionsmethodik“ im Kapitel Prozess und Methoden der Gestaltung umfassend beschrieben und Studierenden und Entwicklern/-innen in der Praxis zugänglich gemacht. Hr. Gladysz und Prof. Albers gelang es, in einer Untersuchung nachzuweisen, dass die Einbindung des

C&C²-Ansatzes in die FMEA das erreichte Systemverständnis bei Bearbeiter/-innen der FMEA statistisch signifikant verbessert. Insbesondere die Bedeutung des Connectors für das Verständnis der Zusammenhänge im System wurde hierbei deutlich.

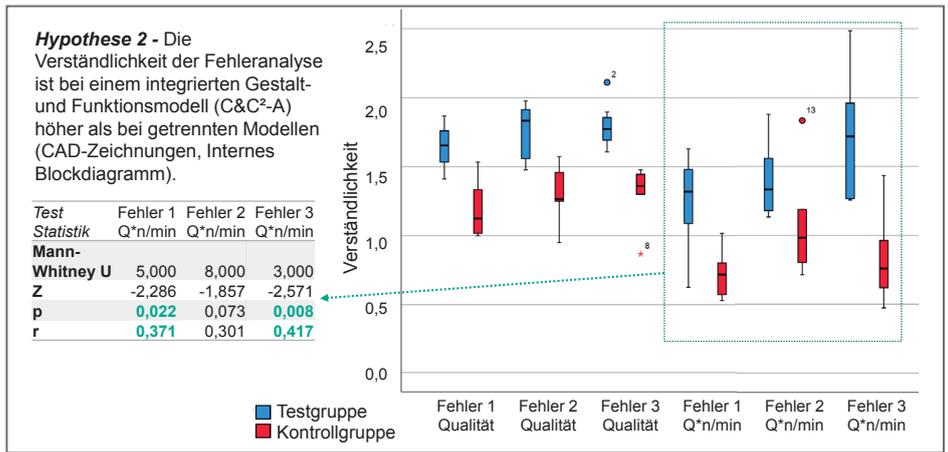
Abbildung 1 zeigt den Studienaufbau im Überblick. Es wurden zwei empirische Studien mit insgesamt 73 Probanden/-innen in 14 Test- und zwölf Kontrollgruppen durchgeführt. Dabei wurde untersucht, ob durch die Einbindung von C&C²-A die Anzahl der identifizierten Fehlerfälle ansteigt und sich der Analysefokus erweitert. Abbildung 2 zeigt als ein Ergebnis



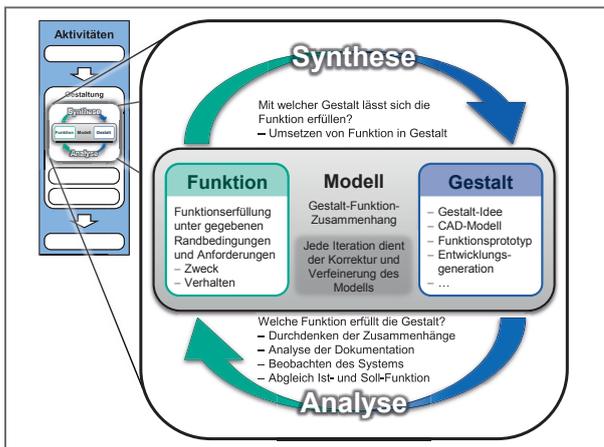
Übersicht des Studiendesigns

einen signifikanten Unterschied in der Verständlichkeit der Dokumentation mit und ohne Nutzung des C&C²-Ansatzes. Die Ergebnisse sind in den Proceedings of the 15th International Design Conference DESIGN 2018 („HOW DO C&C²-MODELS IMPROVE EFFICIENCY, COMPREHENSIBILITY AND SCOPE IN FAILURE ANALYSIS [...]“ erstmals veröffentlicht.

Prof. Matthiesen stellt als Autor des Gestaltungskapitels der geplanten Neuauflage des Lehrbuches „Pahl/Beitz Konstruktionsmethodik“ den C&C²-Ansatz vor. Dort wird der C&C²-Ansatz als zentrales „Denkzeug“ in der Gestaltung eingeführt. Am Beispiel realer Problemstellungen aus der Produktentwicklung wird gezeigt, wie Erkenntnisse in der Gestaltung durch Modellbildung und Modellverifikation gewonnen und genutzt werden können. Dazu wird der C&C²-Ansatz im Detail beschrieben und erläutert, wie mit ihm Modelle aufgebaut



Unterschiede der Verständlichkeit von Analyse-Ergebnissen mit und ohne Nutzung des C&C²-Ansatzes



Der C&C²-Ansatz in der Gestaltung

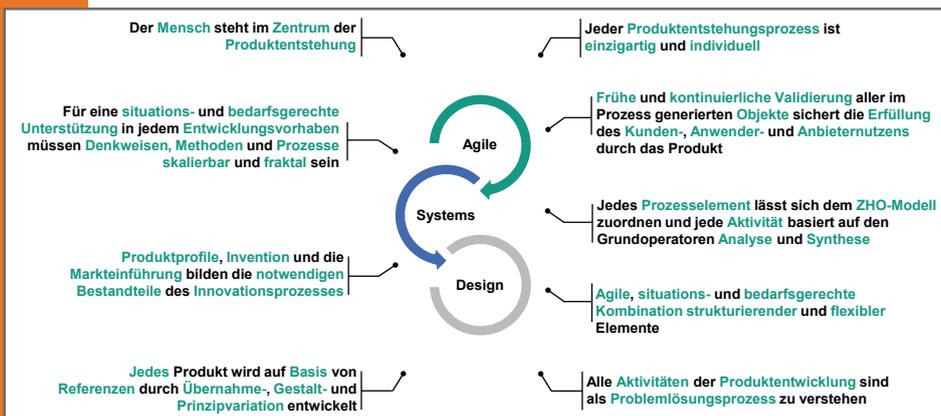
und verifiziert werden können. In Abbildung 3 sind Aktivitäten der Gestaltung dargestellt. Sie haben knifflige Aufgabenstellungen in der Konstruktion und wünschen sich methodische Unterstützung oder Sie haben

Interesse den C&C²-Ansatz näher kennenzulernen und anzuwenden? Gerne sind wir Ihr Partner in Entwicklungs- und Schulungsprojekten.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Tel.: +49 721 608- 42371

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156

Agilität – in der richtigen Dosis wertvoll für die Produktentwicklung, aber kein Allheilmittel



Die 9 Grundprinzipien für erfolgreiche Produktentwicklung nach ASD – Agile Systems Design

Sowohl Wissenschaft als auch unternehmerische Praxis zelebrieren aktuell die Implementierung agiler Ansätze in Entwicklungsprozesse der Unternehmen als das „Wundermittel“ der Wahl im Umgang mit dynamischen Entwicklungsumfeldern und Unsicherheiten. Dies ist durchaus verständlich – helfen doch kleinschrittiges flexibles Vorgehen und der schnelle Aufbau von Prototypen bei der Absicherung von Entwicklungsvorhaben. Allerdings geraten

Ansätze wie Design Thinking oder Scrum schnell an ihre Grenzen, sobald die Entwicklerinnen und Entwickler CAD öffnen, um die Lösung digital zu realisieren oder Produktlösungen – wie im Maschinen- und Fahrzeugbau völlig normal – aufwändig validieren müssen. Das IPEK – Institut für Produktentwicklung erforscht und entwickelt daher seit mehr als 20 Jahren kontinuierlich seinen agilen Ansatz, zusammengefasst unter dem Begriff ASD - Agile

Systems Design, zur Beschreibung von Entwicklungsprozessen und deren Modellierung und Planung auf Basis der Untersuchung realer Entwicklungsprojekte in Unternehmen sowie der Durchführung eigener Produktentwicklungsprojekte mit Unternehmenspartnern. Das Ziel ist nicht, Entwickler/-innen in jeder Situation möglichst agil agieren zu lassen, oder Agilität als Entschuldigung für eintretendes Chaos zu missbrauchen, sondern vielmehr situationsadäquat das richtige Maß an Agilität zu Grunde zu legen. Prof. Albers beschreibt das mit dem Satz „ASD kombiniert das Beste aus den beiden Welten der strukturierten Stage-Gate-Planung und der agilen Entwicklung von Software – wie SCRUM“. Dies geht nur, wenn Entwicklerteams dabei unterstützt werden, die Komplexität der jeweiligen Problemsituation einzuschätzen. So hilft das vom IPEK erforschte und kontinuierlich weiter entwickelte ASD – Agile Systems Design mit seinen Elementen iPeM, IPEK-XiL, SPALTEN und PGE-Model

Entwicklerteams dabei, Produktwissen über mehrere Produktgenerationen zu nutzen, um die jeweilige Problemsituation einzuschätzen und auf dieser Basis nach einem durch ASD empfohlenen Vorgehen flexible und strukturierende Prozesselemente zu kombinieren. Basis ist dabei das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung und das XiL-Konzept einer frühen und

kontinuierlichen gemischt virtuell-physischen Validierung. Dadurch steigen Effektivität und Effizienz im Entwicklungsprozess.

Sie wollen Ihre Entwicklungsprozesse im Unternehmen zukunftssicher neu strukturieren? Gerne sind wir Ihr Partner, um Agilität in der für Sie richtigen Dosis zu definieren und im Unternehmen zu realisieren!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Tel.: +49 721 608- 42371

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156

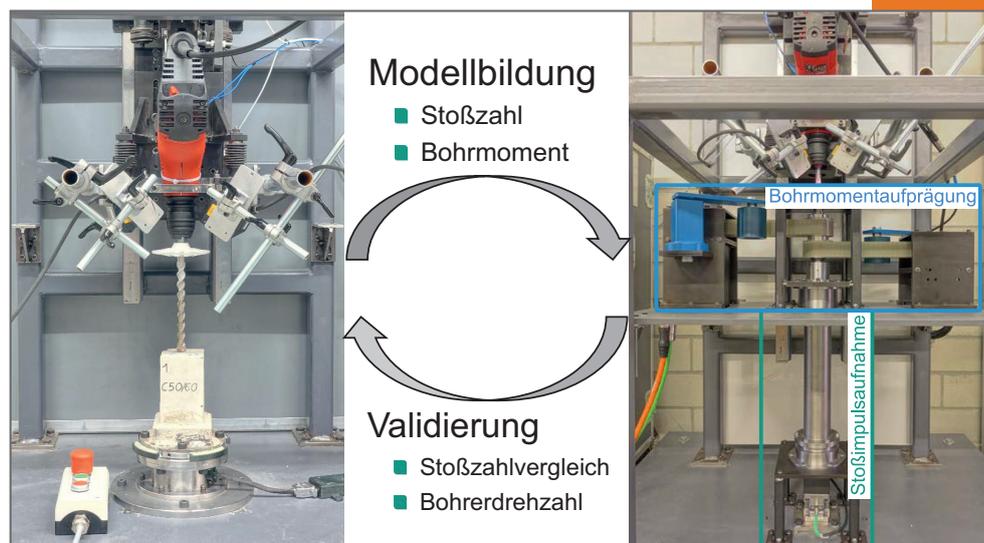
Intelligente Alternative zur Verwendung von Betonuntergründen bei der Erprobung von Bohrhämmern

Realitätsnahes Validieren im Labor ist eine Herausforderung für die Prüfsystementwicklung. Ein Beispiel ist das Validieren von Bohrhämmern, bei denen speziell hergestellte, teure Betonplatten in großer Zahl „zerbohrt“ werden. Um die Streuung der Untergründe, die einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Validierung haben, einzuschränken, muss ein speziell zertifizierter Beton mit sehr engen Streuungen genutzt werden. Durch die große Anzahl der dafür notwendigen Betonplatten ist dies sehr kostenintensiv und logistisch aufwändig. Das IPEK forscht an Ersatzuntergründen, um hier eine höhere Effektivität und Effizienz zu erzielen.

So ist es uns bereits gelungen, einen betonfreien Ersatzuntergrund für Bohrhämmer zur Patentreife zu entwickeln, mit dem die Wechselwirkungen aus Stoß und Bohrmoment realitätsnah auf den Bohrhämmer aufgeprägt werden können. Gegenüber anderen Prüfsystemen weist der IPEK-Ersatzuntergrund weniger Streuung auf, dadurch werden die Versuchsergebnisse reproduzierbarer und die Aussagequalität der Bohrhämmererprobung ist besser. Weiteres Ergebnis der Forschung ist eine Methode, mit der künftig Ersatzuntergründe für beliebige Betonproben entwickelt werden können. Durch die am IPEK vorhandene Messtechnikkompetenz konnten erstmalig die Stoßzahlen im realen Hammerbohrprozess bestimmt und die Einflüsse der Vorschubkraft, des Betons und der Bohrtiefe auf die Stoßzahl statistisch nachgewiesen werden. Zusätzlich konnten Bohrmomente und reale Drehzahlverläufe am Bohrer ermittelt werden. Die Modellparameter Stoßzahl und Bohrmoment wurden genutzt, um zusammen mit der IPEK Synthesekompetenz in der Prüfstandentwicklung einen mittlerweile patentierten Ersatzuntergrund aufzubauen und

zu validieren. Gegenüber den realen Bohrer-Beton-Versuchen können auf dem Ersatzuntergrund die Stoßzahlen mit einer Genauigkeit von bis zu 90 % erzeugt werden. Der IPEK-Ersatzuntergrund besteht aus einem passiven Teil zur Stoßimpulsaufnahme und einem aktiven Teil zur Aufprägung des Bohrmoments auf den Bohrhämmertriebstrang. Die passive Stoßimpulsaufnahme besteht aus

Ersatzuntergrunds zum Fundament und des Temperaturverlaufs am Bohrhämmer Schlagwerk. Im Experiment wurden Simulationsmodell und physischer Ersatzuntergrund sowie Hammerbohren in Beton mit physischem Ersatzuntergrund verglichen. Dies sichert zum einem die Qualität des zur Entwicklung benötigten Simulationsmodells ab und zum anderen wird der Ersatzuntergrund bezüglich Stoßzahl und Bohrmoment validiert, um



Experimentelle Kontaktanalyse Bohrer und Beton (links); Ersatzuntergrund (rechts)

einer Kombination von einem Graugusszylinder mit einer Ringfeder. Mit dieser Kombination können Stoßzahlen realitätsnah nachgebildet werden. Für die Aufprägung des Bohrmoments auf den Triebstrang des Bohrhammers wird eine Kombination aus Zahnriemen und Bremsmotor verwendet. Über ein Reglermodell wird ein anwendungsnahes Bohrmomentsignal auf dem Versuchstand simuliert. Als Reaktion stellt sich im Bohrhämmertriebstrang ein dem Hammerbohren identischer Drehzahlverlauf ein. Die Messtechnik im Versuchsaufbau ermöglicht das Aufzeichnen der Gehäusebeschleunigungen, der Leistungsaufnahme, der Reaktionskräfte des

realitätsnah jedoch reproduzierbare Validierung von Bohrhämmern durchführen zu können. Damit knüpft der IPEK Ersatzuntergrund an die IPEK-XiL Forschung an und liefert den Herstellern von Bohrhämmern ein System-Modell „Umwelt“ für Lebensdauertests, Verschleißtests, Benchmarktests, Anwendereinflusstests und Teilsystemoptimierung. Wir unterstützen Sie gerne bei der Entwicklung von Ersatzuntergründen für Ihr System. Sprechen Sie uns bitte an!

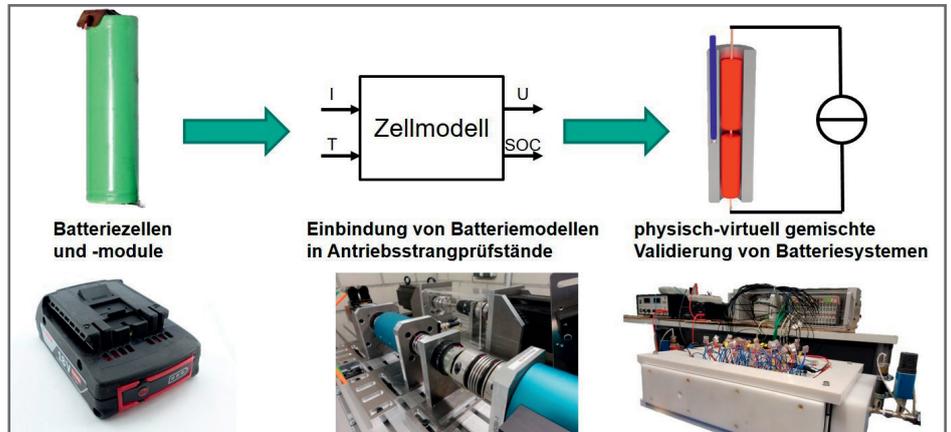
Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156

Megatrend mobile Elektrifizierung durch den Einsatz von Batterien führt zu neuen Herausforderungen in der Produktentwicklung

Der Einzug der Lithium-Ionen Technologie, z. B. im Automobil oder im Power-Tool, führt zu neuen Herausforderungen im Entwicklungsprozess des Antriebssystems. Dabei ist ein wichtiger Aspekt, dass normalerweise die Batterie für den Antriebssystementwickler ein Zukaufteil ist, welches aber trotzdem in seinen Eigenschaften ganz wesentlich mit dem Antriebssystem wechselwirkt. Um das Antriebssystem robust und sicher entwickeln zu können, müssen die Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Dazu sind physische Prototypen oder virtuelle Modelle von Batterien notwendig.

Der IPEK-X-in-the-Loop-Ansatz ermöglicht eine entwicklungsbegleitende Validierungskette unter Berücksichtigung der antriebssystemischen Wechselwirkungen und des Einflusses der Umwelt. Unter Einsatz unserer Antriebssystem- und Komponentenprüfstände validieren wir mit echtzeitfähigen Batteriemodellen das Antriebssystemverhalten in unterschiedlichen Leistungsklassen.

Das IPEK widmet sich ebenso der Entwicklung neuer Batteriesystemdesigns, für deren Validierung neben virtuellen auch physisch-virtuelle Batteriemodelle



am Prüfstand zum Einsatz kommen. Gemäß des IPEK-X-in-the-Loop-Ansatzes wird durch einen experimentellen Abgleich zwischen dem virtuellen Modell und der physischen Batteriezelle eine Verifikation des Batteriemodells gewährleistet. Dadurch können Eigenschaften – zum Beispiel die relevanten Aspekte unterschiedlicher Batteriezellen – schnell, effektiv und effizient berücksichtigt und die Wechselwirkungen im Antriebssystem abgesichert werden.

Auf dieser Basis können wir Sie bei der Entwicklung von Batteriemodulen,

batteriebasierten Antriebssystemen sowie passenden Batteriesystemen unterstützen. Selbstverständlich sind wir auch Ihr Partner zu Fragen der Validierung und Absicherung batteriebasierter Antriebssysteme.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156

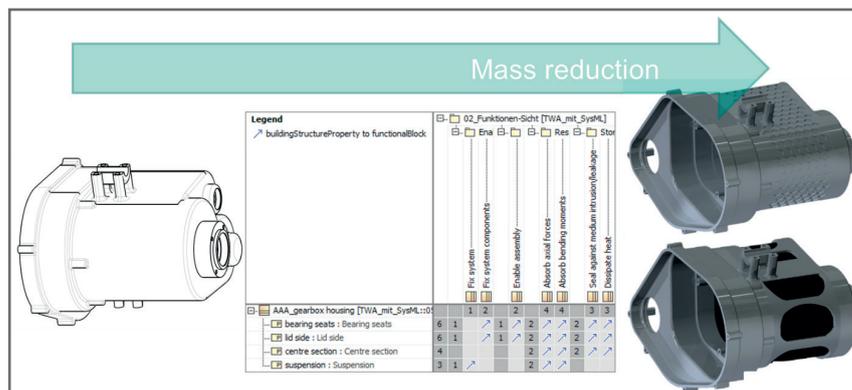
Erweiterter Target Weighing Ansatz meets SysML: Aufwandsreduzierung der Leichtbaumethode durch SysML-Modelle

Der am IPEK entwickelte „Erweiterte Target Weighing Ansatz – ETWA“ unterstützt die systematische Identifikation von Leichtbaupotentialen vorhandener Referenzprodukte als Basis für die Entwicklung innovativer neuer Leichtbaulösungen. Der ETWA

kann den Zusammenhang von Funktion und dafür investiertem Gewicht in komplexen Konstruktionen erfassen und für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration nutzbar machen. Damit eignet sich der ETWA sehr gut als ein Werkzeug im Modell der PGE

– Produktgenerationsentwicklung, um effektiv und effizient innovative Produkte unter dem Aspekt Leichtbau zu entwickeln. Die für die Durchführung des ETWA zwingend erforderliche Funktion-Aufwand-Matrix, die den betrachteten Komponenten ihren prozentualen Anteil

an der Funktionserfüllung der zuvor identifizierten Funktionen zuweist, kann aus einem sauber erstellten SysML-Modell automatisiert abgeleitet werden. Das „Modellbasierte Systems Engineering (MBSE)“ ist ein interdisziplinärer Ansatz zur Systementwicklung, der unter anderem darauf abzielt, früh im Entwicklungsprozess notwendige Produktfunktionen zu definieren. Die vorrangig genutzte Sprache zur Erstellung der Modelle ist die SysML. Der Modellierungsaufwand ist nicht unerheblich, weshalb in Unternehmen häufig



Beispielhafte Kopplung des ETWA mit dem MBSE zur Gewichtsreduktion eines Getriebegehäuses

eine gewisse Skepsis bezüglich des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses herrscht. Diese Skepsis zu überwinden ist eine Motivation für unsere Forschung im Bereich des Systems Engineering. Aus dieser Forschung entstanden durch die Kopplung der beiden Ansätze ETWA und MBSE entscheidende Synergieeffekte, die die Nutzung des ETWA und der MBSE in der Praxis effektiv und effizient machen. Eine weitere Steigerung des

Returns on Investment im Spannungsfeld von Modellierungsaufwand und Modellnutzen in der Praxis des CAE wird durch die konsequente Umsetzung des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung – als strategische Ausrichtung der Produktentwicklung im Unternehmen möglich, in der die Modelle für spezifische Entwicklungstätigkeiten immer weiterentwickelt und genutzt werden. Dazu ist PGE-basiertes

Wissensmanagement zwingend erforderlich. Dies ist ein weiteres aktuelles Forschungsthema am IPEK. Sie möchten diese Ansätze in Ihren Produktentwicklungsprozess integrieren? Sprechen Sie uns an!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

Neues XR-Labor am IPEK ermöglicht frühe Validierung interaktiver Produkte

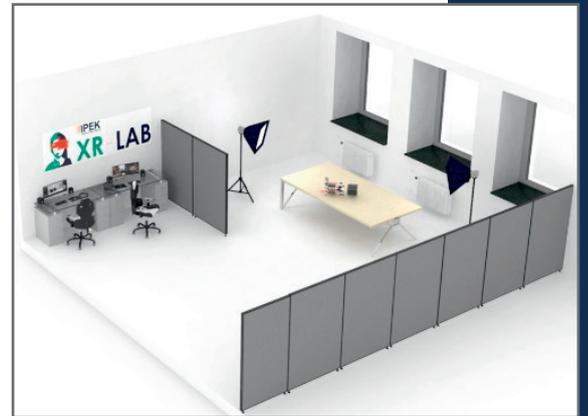
Im August 2018 wurde am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT ein neues XR-Labor eingerichtet, um das Potential von XR-Technologien im Entwicklungsprozess zu erforschen. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf ihrem Potential zur Integration von Kunden/-innen und Anwendern/-innen – auch Konsumenten/-innen – in den Entwicklungsprozess interaktiver Produkte im Rahmen früher Validierungsaktivitäten.

Die sogenannte Extended Reality – XR ist ein Sammelbegriff für verschiedene Technologien zur computergestützten Erweiterung der Realitätswahrnehmung. Sie umfasst die Virtual Reality – VR sowie die Augmented Reality – AR. Die Technologien ermöglichen dem

besten Fall gar nicht mehr in der Lage, zwischen der realen und der virtuellen Umwelt zu unterscheiden.

XR-Technologien bilden die technologische Grundlage, um virtuelle Variationen von Referenzprodukten für den Anwender erfahrbar zu machen. Dies geschieht etwa, indem mithilfe der AR-Technologie bestehende, physische Referenzprodukte mit virtuellen Hologrammen kombiniert werden. Zukünftige Lösungen können so schon in frühen Entwicklungsphasen als erlebbarer Prototyp abgebildet werden. Durch die Konfrontation mit (alternativen) Repräsentationen des späteren Produktes lässt sich so früh relevantes Wissen über explizite und implizite Kundenpräferenzen gewinnen.

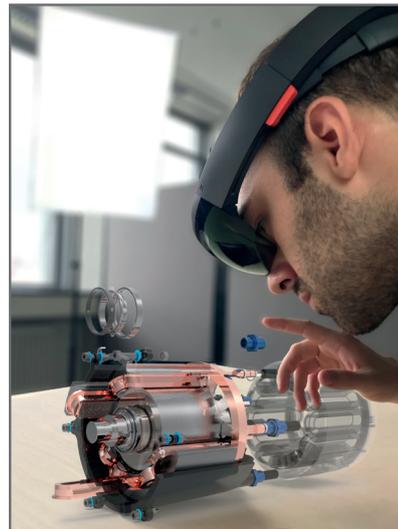
KIT in Kooperation mit dem Fraunhofer ICT im Rahmen des DEmitL-Projekts entwickelten E-Motors aufgebaut.



Aufbau des IPEK XR-Labors



Validierung eines gemischt physisch-virtuellen Prototyps des DEmitL-E-Motors im neuen IPEK XR-Labor (Motorgehäuse bereitgestellt vom Fraunhofer ICT)



Dazu wurde ein physischer Gehäuseausschnitt des E-Motors mit virtuellen Hologrammen verschiedener Motorvarianten mithilfe der AR-Technologie verknüpft. In der AR-Umgebung konnten anschließend verschiedene Gehäusevarianten, Wickelgeometrien des Rotors und geometrische Abmessungen weiterer Komponenten im Hinblick auf das Packaging des E-Motors validiert werden (Bild 2). Gemeinsam mit einem Unternehmen haben wir im IPEK XR-Labor darüber hinaus bereits ein erstes Innovationsprojekt durchgeführt. Dabei wurden bereits im frühen Stadium eines konkreten Produktentwicklungsprojekts Ideen für eine neue Produktgeneration validiert. Sie wollen Ideen für neue Produkte in einer geschützten und doch aussagefähigen Umgebung auf Kundenakzeptanz validieren? Wir sind Ihr Partner!

Anwender eine realitätsnahe Wahrnehmung von vollständig virtuellen (VR) oder gemischt physisch-virtuellen (AR) Umgebungen. Erreicht die virtuelle Umwelt einen hohen sogenannten Immersionsgrad, ist der Anwender im

Wir werden das IPEK XR-Labor sowohl in Forschungs- und Innovationsprojekten als auch in der Lehre einsetzen. In einem ersten Anwendungsbeispiel wurde im IPEK XR-Labor ein gemischt physisch-virtueller Prototyp eines am

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

Konzipierung, Entwicklung und Aufbau physisch-virtueller Validierungsumgebungen

Validierung ist die zentrale Aktivität der Produktentwicklung. Erst durch die Analyse eines Produkts und dessen Subsysteme im Kontext seiner Umgebung können Eigenschaften, Umsetzbarkeit und Kundennutzen ermittelt werden.

In der Entwicklung erfolgreicher Produkte spielt somit die Erarbeitung von Gesamtsystemwissen eine wichtige Rolle. Der IPEK-X-in-the-Loop-Ansatz ist der Schlüssel zu einer systemübergreifenden Validierung technischer Systeme. Er bildet das zu entwickelnde oder zu untersuchende System im Kontext der Wechselwirkungen mit dem Restsystem, dem interagierenden Menschen und der Umwelt ab. Die Modellbildung hängt dabei vom Validierungsziel ab.

Dabei bilden wir verschiedene Validierungsebenen vom Gesamtsystem in seiner realen Umwelt bis hin zum Wirkflächenpaar (WFP) – z. B. eines Kupplungssystems - im Gesamtsystemkontext ab. Am IPEK sind in den letzten zwei Jahrzehnten solche XiL-Validierungsumgebungen für Antriebssysteme aus dem Fahrzeugbau und nun auch für handgehaltene Geräte aufgebaut worden. In den folgenden Beiträgen sind einige aktuelle Beispiele für von uns aufgebaute Validierungsumgebungen beschrieben. Diese nutzen wir für unsere Forschung und stellen sie auch Unternehmenspartnern für Validierungsfragen zur Verfügung. Durch die jahrelange Erfahrung in der Konzipierung und dem Aufbau komplexer gemischt virtuell-physischer Validierungsumgebungen als komplexe mechatronische Gesamtsysteme haben wir auch die Kernkompetenz, Ihre Validierungsherausforderungen zu unterstützen. Unsere Kernkompetenz

auf dem Gebiet der Entwicklung und dem Aufbau von Validierungsumgebungen sind:

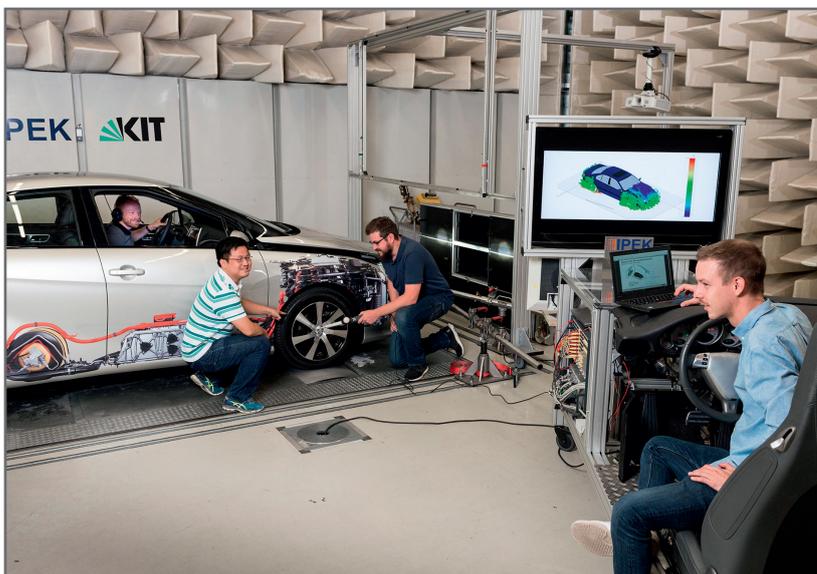
- **Analysekompetenz** zur Erfassung und Beschreibung des Anforderungsprofils auf Basis heutiger und zukünftiger Validierungsfragestellungen im Unternehmen
- **Synthesekompetenz** zur Erarbeitung von Konzepten und Lösungen für die passende Validierungsumgebung auf der Basis langjähriger Erfahrung in der Modellbildung, Messkettenidentifizierung, Regelungstechnik und Konstruktion physisch-virtueller Validierungsumgebungen
- **Realisierungskompetenz** auf der Basis der langjährigen Erfahrung im Aufbau, Inbetriebnahme und Betrieb komplexer Validierungsumgebungen

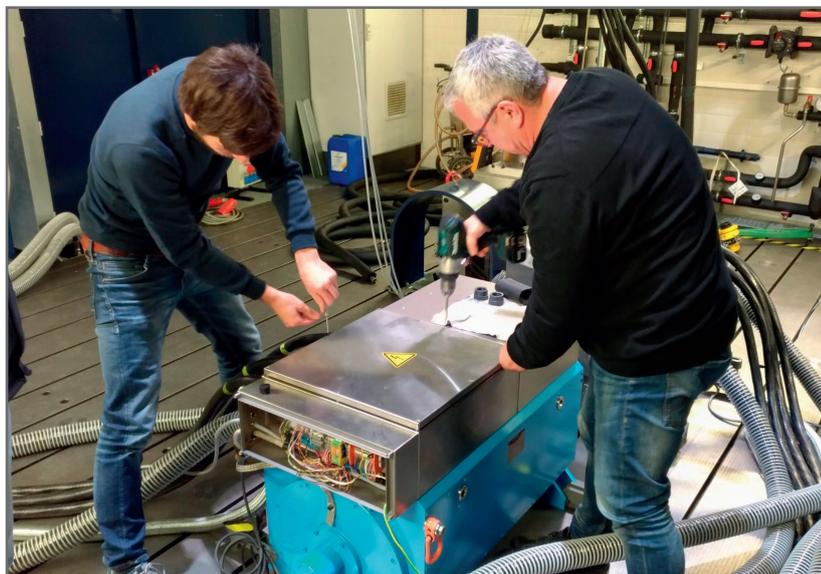
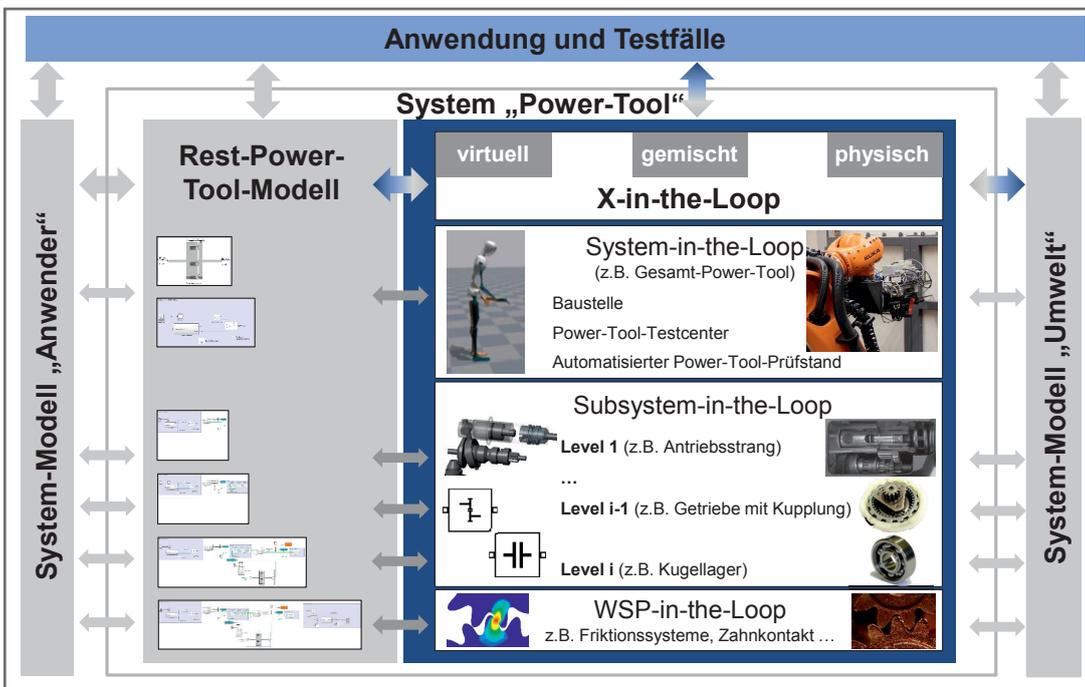
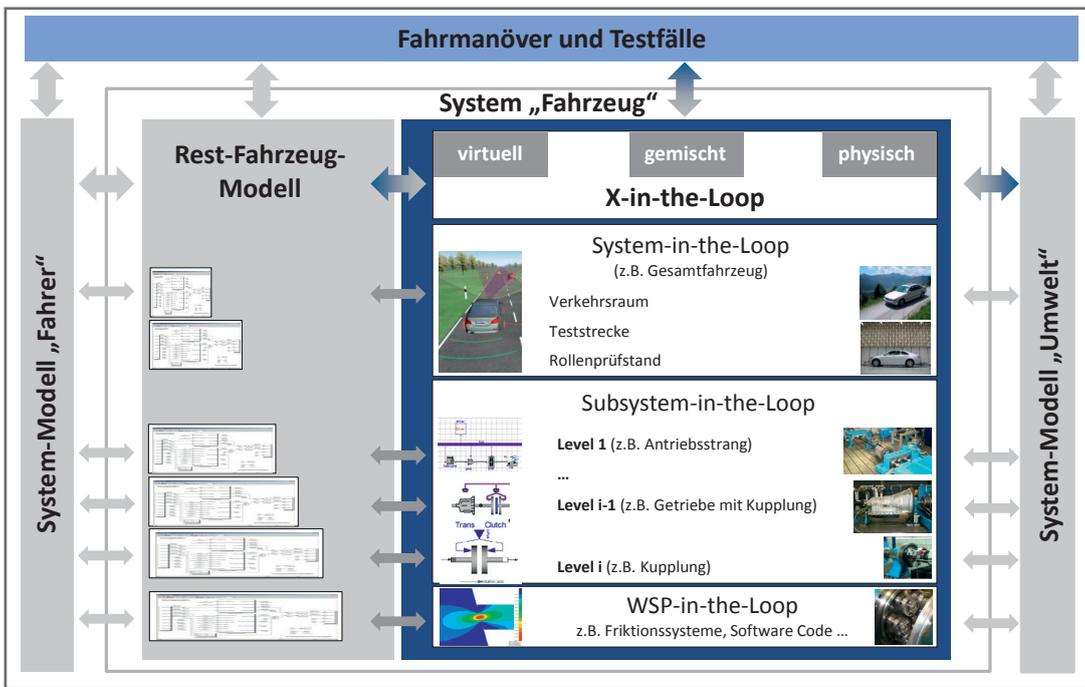
- Kopplung physischer und virtueller Teilsysteme u. a. auf der Basis des Konzeptes „digitaler Zwilling“
- mechanische Fertigung hochgenauer Komponenten durch die technischen Dienste des IPEK in eigener Fertigung
- Montage sowie Inbetriebnahme der mechatronischen Lösungen

Auf Basis dieser Kompetenzen sind wir Ihr Partner beim Aufbau neuer flexibler Validierungsumgebungen zur effizienten und effektiven Prüfung und Validierung Ihrer Produkte. Sprechen Sie uns an!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156





Flexibilität für die Validierung moderner Antriebssysteme durch I

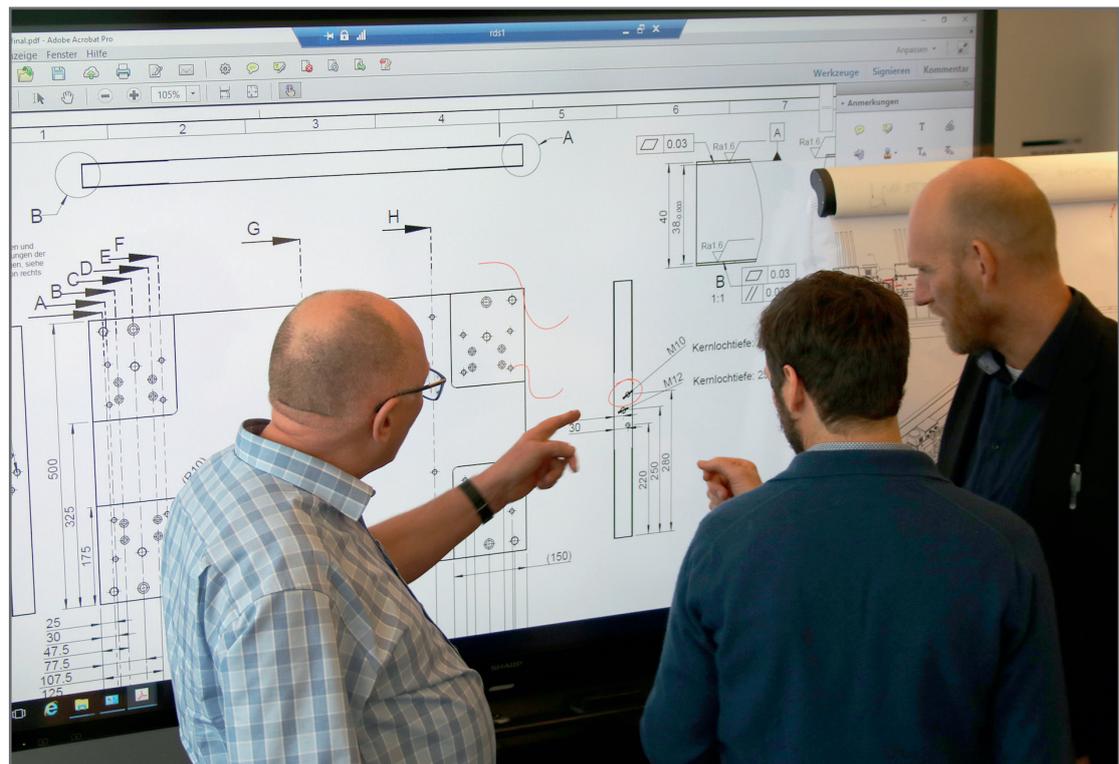
Durch die steigende Diversifizierung in der Antriebsstrangentwicklung müssen die zur Verfügung stehenden Validierungsumgebungen eine steigende Anzahl verschiedener Komponententest abdecken können. Zusätzlich zu dieser Diversifizierung steigen auch die absoluten Anforderungen an die Validierungsumgebungen in Form von immer höheren Drehmomenten und Drehzahlen.

Um diesen steigenden Anforderungen gerecht zu werden, identifizierte das IPEK durch die gezielte Analyse von bestehenden Validierungsumgebungen, sowohl im IPEK als auch extern, derzeitige Grenzen und Schwachstellen dieser Lösungen und erarbeitete basierend darauf und auf den systematisch ermittelten zukünftigen Anforderungen die notwendigen Spezifikationen einer neuen hochdynamischen Prüfumgebung. Hierbei wurde darauf geachtet, eine möglichst flexible Umgebung zu schaffen, die eine Vielzahl verschiedener Aufbauten und Untersuchungen ermöglicht. Ergebnis der Entwicklung ist ein neuartiger Dreimaschinen-Aufbau, der durch ein am IPEK entwickeltes und gefertigtes flexibles Schienensystem und neuartige Hohlwellenmotoren eine Vielzahl an Konfigurationen bei

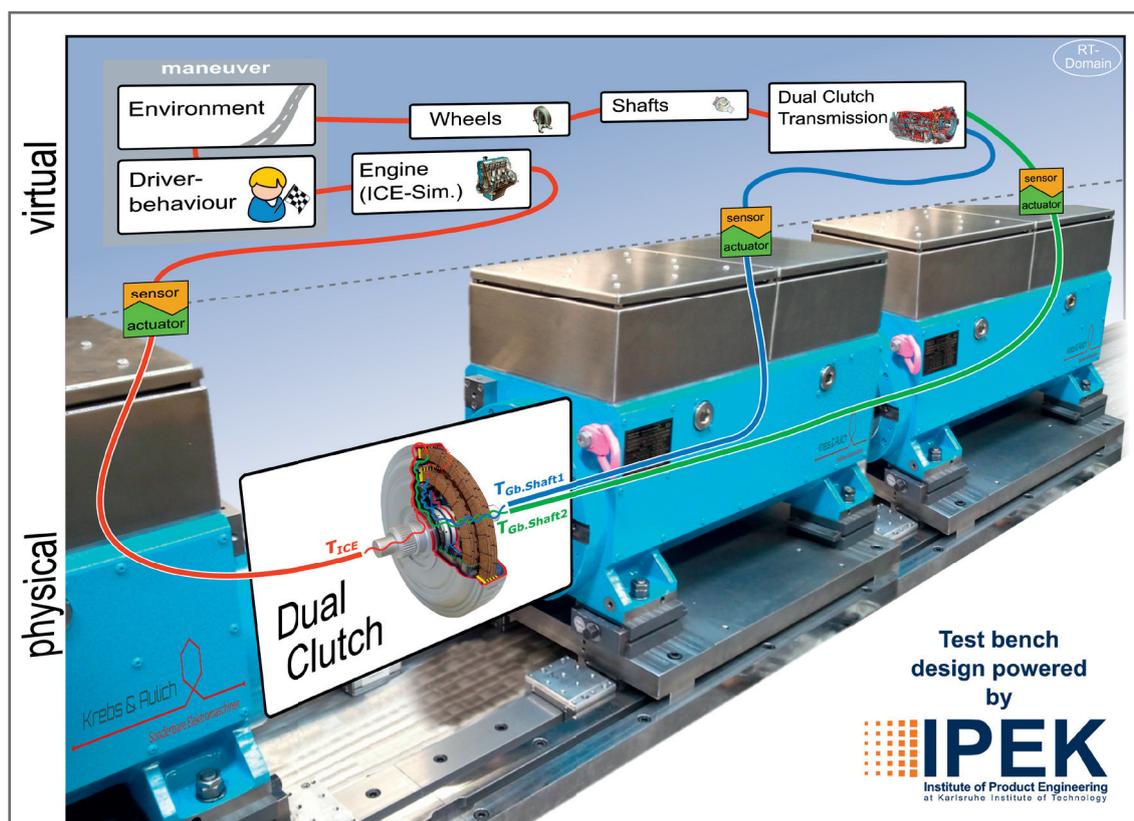
geringen Umbauzeiten vereint. Hierdurch wird es möglich, die Motoren in kürzester Zeit neu zu positionieren und hochgenau auszurichten. So kann zum Beispiel eine Komponente mit geänderten Außenmaßen ohne eine komplette Neuausrichtung des gesamten Aufbaus montiert werden. Um die Flexibilität weiter zu steigern, erarbeitete das IPEK in Zusammenarbeit mit einem langjährigen Partnerunternehmen des Institutes eine neue Generation von hochdynamischen hohlgebohrten Elektromotoren, welche erstmalig am IPEK in Betrieb genommen wurden. Die Hohlbohrung der Motoren ermöglicht komplexe und gleichzeitig flexible Aufbauten. So wird es zum Beispiel ermöglicht, eine Doppelkupplung mit einem Antrieb und zwei konzentrischen Abtrieben zu untersuchen - ohne aufwändige

Adaptionen von Riementrieben. Hierdurch ist es erstmalig möglich, die komplexe Überschneidungsphase beim Betrieb der Kupplungen unter gesicherten Randbedingungen zu untersuchen. Heutige Aufbauten können die erforderliche Dynamik nicht darstellen. Durch die Hohlwellen wird es möglich, beide Abtriebsmaschinen in einer so genannten Inline-Anordnung hintereinander nach der Kupplung zu platzieren und eine der beiden Kupplungen durch eine Vollwelle mit dem hinteren Motor und die andere mit einer Hohlwelle mit dem ersten Motor zu koppeln (siehe Abbildung). Durch diese wesentlich starrere Anbindung der Komponente ermöglicht die Prüfumgebung, die Kupplung unter realeren Belastungen zu untersuchen und zum Beispiel das Getriebe mit dem Resttriebstrang und dem Fahrzeug als virtuelles Modell in Echtzeit mit zu integrieren.

Eine weitere Neuentwicklung für zukünftige Untersuchungen ist die Kopplung der rotatorischen Anregung der E-Maschinen mit durch Shaker aufgebrachte Axialkräfte. Die Notwendigkeit der Untersuchungen des Einflusses der Axialkraft ergibt sich hierbei zum Beispiel aus der steigenden Aufladung der Verbrennungsmotoren



Design-Review eines Prüfstandes



Doppelkupplungsaufbau des neuen Multi Component Prüfstand des IPEK sowie die Kennwerte des Prüfstandes

bei gleichzeitig höheren Ladedrücken. Hierdurch wird die Kurbelwelle höheren Biegebelastungen ausgesetzt und diese werden in Form von pulsierenden Axialkräften an die angrenzenden Komponenten übertragen. Verbunden mit der komplexeren Anregung der Komponenten und der Komplexität der Validierungsumgebung als dynamisches System werden vom IPEK außerdem hochspezifische Regelungsstrategien entwickelt, um die berechneten Anregungen der Komponente am Prüfstand abbilden zu können. Damit die hohe Dynamik und die damit verbundenen Phänomene erfasst beziehungsweise geregelt werden können, wurden durch das IPEK aus den Anforderungen der neuen Validierungsumgebung ebenfalls Anforderungen an die Mess- und Regelungstechnik der Prüfsumgebung abgeleitet und umgesetzt. Das neue System ermöglicht es, die Signale hierbei mit einer wesentlich höheren Frequenz als bisher zu stellen und aufzuzeichnen.

Außerdem wurden die Schnittstellen der verschiedenen Echtzeitsysteme durch das IPEK analysiert und ergänzt. Hierdurch wird es ermöglicht, neue Steuerungs- und Regelungsmodelle in einem deutlich kürzeren Zeitraum umzusetzen und so eine softwareseitige Flexibilität der Validierungsumgebung sicher zu stellen. Verbunden mit der Steigerung der Frequenzen steigt auch die aufgezeichnete Datenmenge. Daher wird am IPEK parallel an Konzepten und Methoden gearbeitet, um aus dieser Datenmenge aussagekräftige Größen zu ermitteln.

- nom. Leistung: 3 x 367 kW
- nom. Drehzahl: 5.000 min⁻¹
- max. Drehzahl: 10.000 min⁻¹
- Drehmoment: 700 / 1.200 Nm
- Drehmomentanregung: bis 500 Hz
- Rotorträgheit inkl. Motorflansche: 0,175 kgm²
- Digitale Signalverarbeitung bis 50 kHz

Gerne unterstützen wir Sie bei der Entwicklung von hochdynamischen modularisierten Validierungsumgebungen, Automatisierungskonzepten und den zugehörigen Modellen und Regelungen.

Gerne laden wir Sie ergänzend dazu ein, sich selbst einen Eindruck der neuen Validierungsumgebung im Rahmen der VDI-Tagung Kupplungen und Kupplungssysteme 2019 zu machen. Rufen Sie uns einfach an!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

InLine-Modul – Validierungsumgebung zur Charakterisierung des Übertragungsverhaltens und des Restsystemverhaltens von nasslaufenden Kupplungssystemen

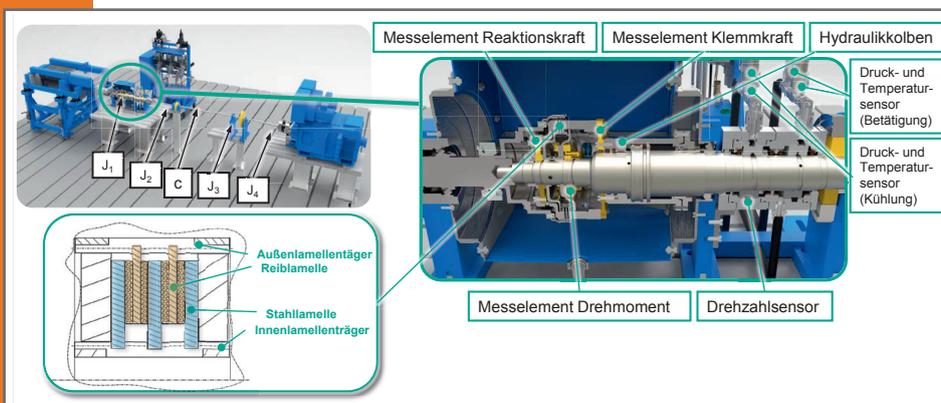
Aufgrund der zunehmenden Ansprüche an situations- und anforderungsgerechte Steuerungen moderner Antriebsstränge kommt es ebenfalls zu höheren Anforderungen an deren Regelbarkeit. Diese Entwicklung resultiert unter anderem in einer fortschreitenden Mechatronisierung von Kupplungssystemen moderner Kraftfahrzeuge. Nasslaufende Kupplungssysteme besitzen ein hohes Potential zur gezielten Beeinflussung des Übertragungsverhaltens im Antriebsstrang

Schlupfbetrieb. Das System Kupplung steht hierbei in Wechselwirkung mit dem Restsystem bis zum Eingang der Kupplung sowie dem Restsystem ab Ausgang der Kupplung. Eine besondere Herausforderung bei der Konzipierung und der Entwicklung dieser Validierungsumgebung bestand u. a. in der Modellbildung des Restsystems, da hierfür ein realer Referenzantriebsstrang eines Serienkraftfahrzeugs zu Grunde gelegt wurde. Die Anzahl der Freiheitsgrade wurde im Zuge dieser

Validierungsumgebung nachbilden. Eine weitere Besonderheit bei der Entwicklung, der konstruktiven Umsetzung und dem eigentlichen Aufbau dieser Validierungsumgebung bestand in der Unterbringung einer Vielzahl von Messketten zur Charakterisierung des dynamischen Übertragungsverhaltens von nasslaufenden Friktionssystemen. Die hochpräzise Messtechnik musste zum einen auf einem stark begrenzten Bauraum untergebracht werden und zum anderen für eine Vielzahl von Geometrien nasslauender Lamellenpakete einsetzbar sein. Beispiele sind die Implementierung der Echtzeittemperaturmessung mittels Thermoelementen in den Stahllamellen und der Einsatz von Drehzahl- und Drehmomentmessgliedern am Kupplungsausgang. Diese einzigartige Validierungsumgebung ermöglicht die Ermittlung der Einflussfaktoren sowie deren eigentliche Effekte auf den im Schlupf befindlichen Funktionsreibkontakt unter dynamischer Anregung. Sie stellt somit die Untersuchungs- sowie Forschungsgrundlage für die Entwicklung einer Regelung für nasslaufende Kupplungssysteme dar.

Sie wollen herausfordernde Probleme im Bereich der Kupplungssysteme untersuchen und lösen?
Wir sind Ihr Partner!

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Sascha Ott
Tel.: +49 721 608-43681



Topologie der Validierungsumgebung InLine - Modul

zur Verbesserung des NVH-Verhaltens. Voraussetzung ist aber ein tiefes Verständnis des Betriebsverhaltens im Bereich geregelter Minimalschlupf. Aus diesem Grund entwickelte das IPEK eine neue Validierungsumgebung zur Charakterisierung des dynamischen Übertragungsverhaltens sowie des Restsystemverhaltens von nasslaufenden Friktionkontakten im gezielten

Modellbildung mit einer Methode zur Freiheitsgradreduktion von Torsionsschwingerketten von neun auf vier reduziert. Hierdurch ließ sich der Prüfstand als Mehrmassenschwinger abbilden. Gleichzeitig ließen sich dadurch in Echtzeit die rotatorischen Schwingungswechselwirkungen bis zur 3. Ordnung wie im Referenzantriebsstrang über die Elektromaschinen der

Anwendereinflüsse in der Validierung reproduzierbar einstellen

In der Validierung Ihrer Produkte stehen Sie vor der Herausforderung, die Einflüsse des/der Anwenders/-in reproduzierbar abzubilden. Wir entwickeln Validierungsumgebungen, die es ermöglichen, in der entwicklungsbegleitenden Validierung diese Einflüsse zu analysieren und durch neuartige Ersatzmodelle einstellbar und reproduzierbar abzubilden. Besonders deutlich wird der Einfluss des/der Anwenders/-in in der Interaktion mit Power-Tools, wie zum Beispiel Winkelschleifer, Stichsäge, Meißelhammer, bei denen

der/die Anwender/-in im Leistungsfluss steht und die Qualität des Arbeitsergebnisses sowie die Lebensdauer des Produktes wesentlich beeinflusst.

Die von uns entwickelten mechanischen Ersatzmodelle ermöglichen es, die dynamischen Interaktionen zwischen Anwender und Power-Tool abzubilden. Neben Ersatzmodellen, welche die translatorischen Wechselwirkungen wiedergeben, ist nun erstmalig auch ein rotatorisches Modell (siehe Bild) entwickelt worden. Auf Basis

von einstellbaren Feder- und Dämpfungselementen kann das mechanische Ersatzmodell so eingestellt werden, dass dies für unterschiedliche Anwendercharakteristiken gültig ist und somit unterschiedliche Anwendertypen abgebildet werden können. Neben dem Wissen, wie diese Ersatzmodelle entwickelt werden, ist am IPEK eine einzigartige Untersuchungsumgebung aufgebaut worden. Mit zwei gekoppelten Shakern ist es möglich, das Hand-Arm-System gleichzeitig translatorisch und angular anzuregen. Dazu haben

I4TP – Deutsch-Chinesische Industrie 4.0 Fabrikautomatisierungsplattform

Um dem Trend immer kürzer werden-der Produktlebenszyklen zu begegnen, bedarf es einer schnellen Konzeption und Inbetriebnahme von Produktionssystemen, die gleichzeitig den Anforderungen im Kontext einer stetig steigenden Produktindividualität gerecht werden müssen.

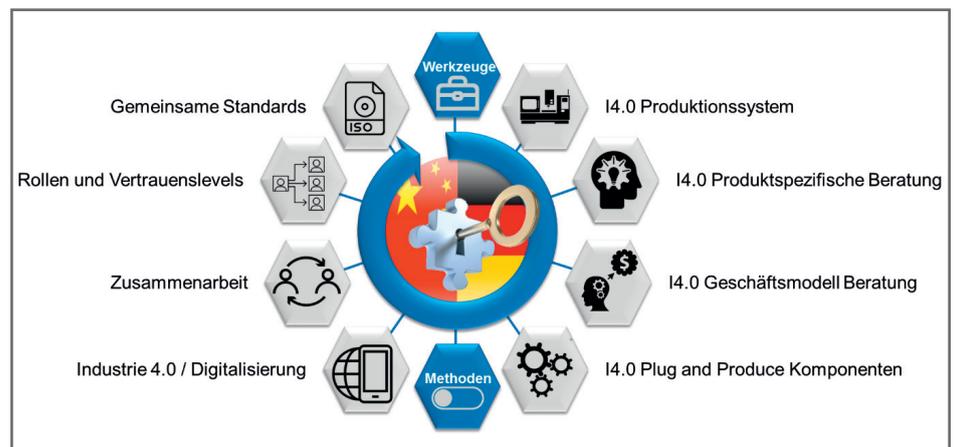
Hier setzt das Forschungsprojekt I4TP an. Dessen Ziel ist der Aufbau einer digitalen Plattform zur Konfiguration und Inbetriebnahme schlüsselfertiger Produktionssysteme. Auf der Plattform werden Informationen zum zu produzierenden Produkt systematisch erfasst und bedarfsgerecht ein passendes Industrie 4.0 Produktionssystem, basierend auf Modulen weltweit agierender Hersteller, konfiguriert. Das Angebot umfasst dabei zusätzlich Beratungen zur Industrie 4.0 basierten Produktentwicklung und Prozessoptimierung – gemäß unseres Verständnisses von Design for Industrie 4.0 und Design with Industrie 4.0 – sowie zu Geschäftsmodellen für den Aufbau und Betrieb des Produktionssystems. Zusätzlich betrachtete Aspekte sind formale funktionsbasierte Formulierungslogiken,

Schnittstellen und standardisierte Beschreibungen (z. B. AutomationML, OPC-UA) sowie Modelle für eine (internationale) Zusammenarbeit hinsichtlich Datenschutz und Vertrauenslevels. Am Projekt I4TP sind neben dem IPEK vier weitere Institute des KIT sowie fünf entsprechende Institute der Tongji Universität Shanghai beteiligt. Zusätzlich sind sowohl auf deutscher als auch auf chinesischer Seite Industriepartner mit Expertise auf dem Gebiet

der Entwicklung, Produktion und des Betriebs von Modulen von Produktionssystemen eingebunden.

Industrie 4.0 auch mit Ihren Produkten – ein Thema für Sie? Gerne sind wir Ihr Partner mit Design for Industrie 4.0 und Design with Industrie 4.0.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371



I4TP – Ganzheitliche Lösungsansätze für schlüsselfertige Industrie 4.0 Produktionssysteme

Hybride Antriebsstrangtopologien: Herausforderungen in der Systemsynthese und in der Validierung durch den enorm großen Lösungsraum

Je nach Anzahl der verwendeten Antriebssystemkomponenten sind mehrere tausend Kombinationsmöglichkeiten bei der Suche nach dem passenden hybriden Antriebsstrang für ein Fahrzeug möglich. Diese Kombinationsvielfalt ist ohne methodische Unterstützung nicht beherrschbar, daher wurde am IPEK eine diskursive Methode entwickelt, mit deren Hilfe automatisiert hybride Antriebsstrangtopologien synthetisiert werden können. Diese unterstützt den/die Entwickler/-in zudem bei der Bewertung und Auswahl einer anforderungsgerechten Topologie. Die Aufgabe des/der Entwicklers/-in ist die Durchführung der anschließenden Gestalt-Funktion-Synthese, in der die mechanische Ausprägung der zuvor identifizierten Eigenschaften

definiert und neue Antriebssystemkomponenten entwickelt werden. Dabei spielen insbesondere dedicated hybrid Topologien – Antriebssysteme, bei denen die hochdrehenden elektrischen Maschinen funktionsbestimmend für den Betrieb sind – eine immer größere Rolle, da diese Topologien ein hohes Energieeinsparpotential bieten. Durch die hohe Systemintegration in diesen Systemen und die teilweise sehr hohen Drehzahlen, unter denen u. a. auch die integrierten Kupplungen betrieben werden müssen, entstehen jedoch höhere Anforderungen an die Entwicklung und Validierung. Durch die Anwendung der diskursiven Methode zur Generierung von hybriden Antriebsstrangtopologien und des IPEK-XIL-Ansatzes mit den

am Institut vorhandenen Prüfständen können wir Sie sowohl bei der Beherrschung großer Lösungsräume mit anwendungsfallspezifischer Bewertung als auch bei der Identifikation neuer Antriebsstrangarchitekturen für Fahrzeuge und Entwicklung neuer Antriebssystemkomponenten als kompetenter Partner unterstützen.

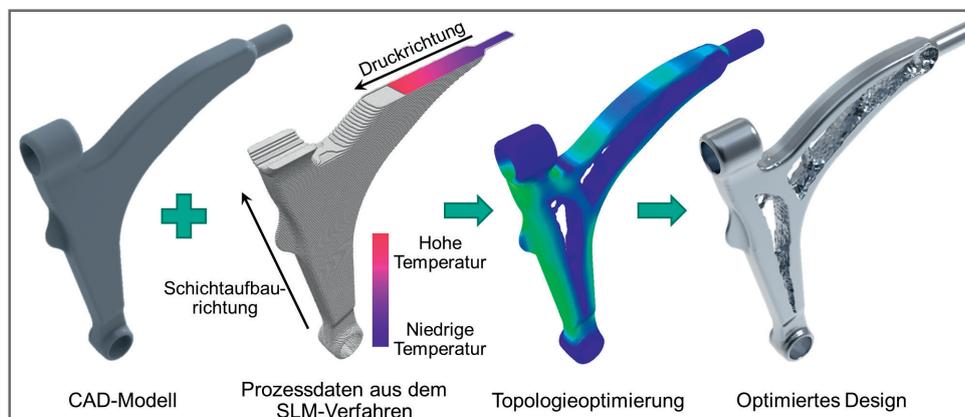
Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

Topologieoptimierung – Als Schlüssel zur agilen Gestaltung von additiv gefertigten Bauteilen

Additiv gefertigte Bauteile erlauben es mehr und mehr, schnell zu repräsentativen Prototypen zur frühen Validierung zu gelangen oder bereits – besonders bei kleinen Stückzahlen – Kundenlösungen im Markt zu etablieren. Damit kann ein Megatrend hin zur Individualisierung der Produkte – Losgröße 1 – bedient werden. Eine Technologie zur Herstellung endkonturnaher Bauteile aus Metall ist das selektive Laserschmelzen (SLM). Bei diesem Verfahren werden Pulverschichten inkrementell aufgetragen und durch einen Laserstrahl lokal aufgeschmolzen,

um das Bauteil Schicht für Schicht aufzubauen. Dieser schichtweise Vorgang führt jedoch häufig zu Aufbaufehlern und zu einer daraus resultierenden Anisotropie innerhalb der Bauteilgeometrie, die in einer richtungsabhängig verringerten Festigkeit und Steifigkeit resultiert. Da bislang keine simulative Möglichkeit besteht, diese Aufbaufehler zu untersuchen, werden bei SLM-Bauteilen zumeist höhere Sicherheitsfaktoren verwendet, um ein mögliches Versagen zu verhindern. Damit können u. a. die Leichtbaupotentiale nicht vollständig genutzt werden.

Das IPEK forscht seit vielen Jahren an der Topologieoptimierung unter Berücksichtigung anisotroper Materialeigenschaften. Auf Basis dieser Erfahrung entwickeln wir im DFG-Projekt „SLM-Topo“ gemeinsam mit Univ.-Prof. Schulze und dem IAM-WK am KIT derzeit eine Methode, um eine an das SLM optimal angepasste Bauteilgeometrie automatisiert zu generieren. Dadurch können weitere Leichtbaupotentiale im Bereich der additiven Fertigungstechnologie erschlossen und qualitativ hochwertigere Bauteile realisiert werden.



Prozessablauf der Topologieoptimierungsmethode unter Berücksichtigung des SLM-Verfahrens

Sie setzen generative Fertigungsverfahren wie das SLM ein und wollen durch die simulationsgestützte Synthese schneller zur Konstruktionslösung für Ihre Kunden kommen? Sprechen Sie uns an!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Dr. h. c. Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

AIProVE – Erforschung und Entwicklung von einstellbaren mechanischen Impedanz-Elementen – International gefördert von DFG und SNF



AIE Uno: Einstellbares mechanisches Impedanz-Element des pdIz

Prüfstanduntersuchungen von technischen Systemen, die in starker mechanischer Interaktion zu Umgebungssystemen stehen, sind herausfordernd. Wechselwirkungen aus der mechanischen Interaktion müssen auf dem Prüfstand wirkungsäquivalent abgebildet werden. Nur so kann ein aussagefähiges Systemverhalten in den Prüfstanduntersuchungen sichergestellt werden. Eine besondere Herausforderung stellt die Modellierung der mechanischen Wechselwirkungen dar, wenn diese zeitlich variieren. Ein Beispiel sind Power-Tools in zeitlich variierender mechanischer Wechselwirkung mit dem Anwender. Während der Nutzung von Power-Tools ändert sich die Steifigkeit und Dämpfung des mit ihm wechselwirkenden Hand-Arm-Systems durch Muskelanspannung. Dies führt zu einem veränderten Systemverhalten. Einstellbare mechanische Impedanz-Elemente sind eine Möglichkeit, dieses veränderte Systemverhalten in der Prüfumgebung abzubilden. Diese Impedanz-Elemente werden im Projekt AIProVE in einem Konsortium aus pdIz – Product Development Group Zürich (ETH Zürich), dem PKT-Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik (TUHH) und dem IPEK – Institut für Produktentwicklung (KIT), gefördert durch die DFG und SNF, entwickelt und erforscht. Mit Hilfe der entwickelten einstellbaren mechanischen Impedanz-Elemente wird in Zukunft die Anpassung der

dynamischen Eigenschaften von Prüfstandaufbauten ermöglicht. Dadurch werden Validierungsaufgaben in der Produktentwicklung unterstützt und Produktinnovationen ermöglicht.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel: +49 721 608-47156

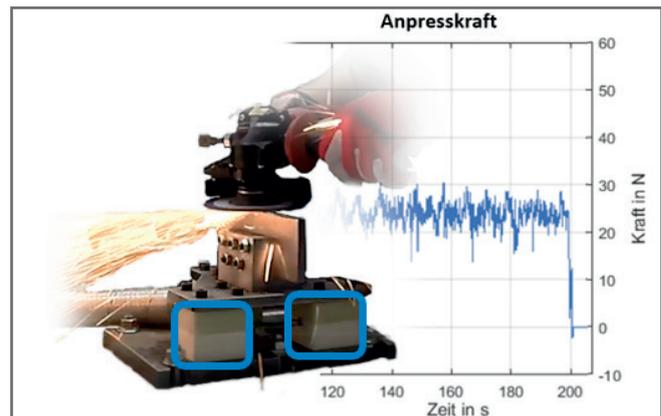
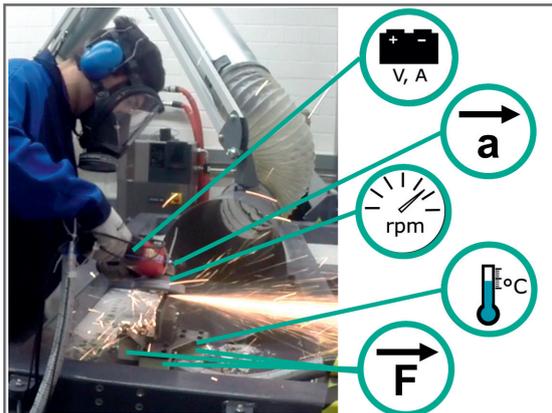
Industrielle Gemeinschaftsforschung in der Gerätebranche als Weg zur Stärkung der Innovationskraft mittelständischer Unternehmen

Kräfte und Momente, die hochdynamisch im Kontakt zwischen Werkstück und Schleifscheibe eines Winkelschleifers entstehen, haben einen großen Einfluss auf die Dynamik und den Verschleiß im Antriebsstrang und damit auch auf die Lebensdauer eines Winkelschleifers. Diese Kräfte und Momente in ihrer Dynamik zu erfassen und auf Prüfständen zur Entwicklung von Winkelschleifern abzubilden, stellt eine Herausforderung dar. Bereits heute bilden wir im IPEK-XIL die Interaktion des Systems Winkelschleifer mit dem Anwender auf Prüfständen ab. Der nächste Schritt im IPEK-XIL ist, zusätzlich die hohe Dynamik zwischen Werkstück und Schleifscheibe abzubilden. Dieses Forschungsziel wird im IGF Vorhaben 19881 N zusammen

mit einem Industriebegleitkreis und dem Institut für Werkzeugforschung u. Werkstoffe (IFW) angegangen. Dabei wird eine Methode mit zugehörigen Prüfeinrichtungen erforscht und entwickelt. Zentrale Herausforderung ist, die Wechselwirkungen im realen Einsatz messbar zu machen, zu messen und modellhaft in der Prüfstandsumgebung abzubilden. Zur Messung der hochdynamischen Wechselwirkungen wurden am IPEK manuelle Versuche an einem Versuchsaufbau mit spezieller Messtechnik und mit professionellen Anwendern durchgeführt. Dazu wurden Untersuchungen mit unterschiedlichen Winkelschleifertypen, Scheibentypen, Schleifmitteln, in verschiedenen Anwendungen durchgeführt. Dies ergab einen Versuchsumfang von mehr

als 150 Versuchen. Die Ergebnisse der manuellen Tests zeigen signifikante Unterschiede in den entstehenden dynamischen Kräften im Antriebsstrang der Winkelschleifer. Auf dieser Basis kann im nächsten Schritt die Methode mit der zugehörigen Prüftechnik erforscht und realisiert werden. Die Ergebnisse des Projektes, die innerhalb vorwettbewerblicher industrieller Gemeinschaftsforschung in der Gerätebranche entstehen, bieten hohes Innovationspotential für die Unternehmen. Gerne können Sie dabei sein! Sprechen Sie uns an.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156



PGE – Produktgenerationsentwicklung: Eine anhaltende Erfolgsgeschichte für das Zusammenspiel aus Forschung und Innovation mit thyssenkrupp Industrial Solutions

Gemeinsam systematische Produktstrategien für die zukünftige Ausgestaltung und Optimierung eines ganzheitlichen Product Lifecycle Managements zu entwickeln, ist das Ziel der Zusammenarbeit des IPEK mit der Business Unit Mining Technologies von thyssenkrupp Industrial Solutions unter der Projektleitung von Matthias Göing und Begleitung durch Martin Krex. Ein großer Fokus liegt dabei auf den Potentialen, die mit der zunehmenden Automatisierung und Digitalisierung einhergehen.

Für eine erfolgreiche und nachhaltige Umsetzung der PGE ist es wichtig, dass alle Projektbeteiligten in die Strategieausarbeitung und initiale Implementierung involviert sind. So werden nicht nur an den deutschen Standorten Rohrbach, Neubeckum und Essen innovative Geschäftsmodelle

F. Marthaler und T. Richter vom IPEK-Projektteam zusammen mit dem thyssenkrupp PLM-Team in Indien





Bildquelle: <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/de/produkte-und-services/mining-systems/schaufelradbagger/bagger-288/>

und -strategien diskutiert und durch Methoden wie die Zukunftsvorausschau und das iPeM erarbeitet,

sondern auch in Pune, Indien. Neben Workshops zu Target-Costing oder der Produktprofilfindung spielt auch

die Akzeptanzsteigerung der Methodenanwendung eine große Rolle. Damit wird wieder einmal deutlich: Der Mensch steht im Mittelpunkt der Produktentstehung.

Die Internationalisierung dieses Projektes erlaubt die Entstehung zukunftsweisender Ideen. Um diese Ideen langfristig realisieren zu können, ist das IPEK-Team hochmotiviert, den Change-Management Prozess über mehrere Jahre zu begleiten. Beratung bei der Strategiefindung und Umsetzung in der Produktentwicklung ist auch in Ihrem Unternehmen Thema? Sprechen Sie uns an – wir sind Ihr pragmatischer Partner!

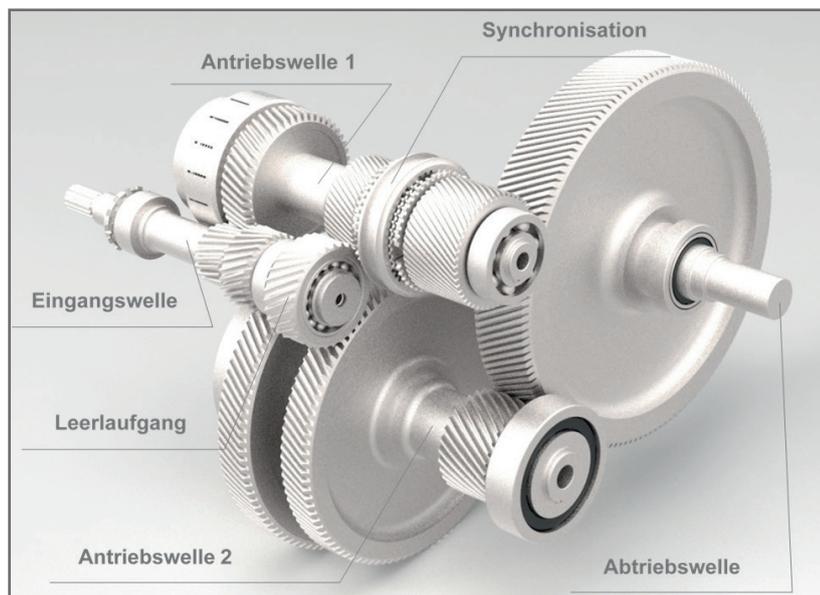
Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371

E-Antriebsstränge für Fahrzeuge mit hochdrehenden E-Maschinen – Ein Weg zu ressourcenschonenden E-Motoren

Das IPEK forscht intensiv an neuen Lösungen für Hochdrehzahltriebe für E-Fahrzeuge. Diese Antriebssysteme verwenden E-Motoren in Drehzahlbereichen von teilweise mehr als 30.000 U/min. Sie bieten den Vorteil hoher Leistungsdichte und bauen damit im System leichter als niedrigdrehende Antriebssysteme. Gleichzeitig kann

eine Einsparung von seltenen Erden und weiterer Ressourcen wie beispielsweise Kupfer erreicht werden. Um diese Potentiale zu heben, müssen jedoch eine ganze Reihe von Herausforderungen gemeistert werden. Neben der Drehzahlfestigkeit der Bauteile sind funktionale Einflüsse durch auftretende Fliehkräfte und

Differenzgeschwindigkeiten zu beachten. So wirken z. B. in tribologischen Teilsystemen bei hohen Drehzahlen veränderte Reib- und Verschleißmechanismen. Neue Schmier- und Kühlkonzepte werden notwendig sowie neue Leichtbaustrukturen und Funktionsreibelemente.



Am IPEK entwickeltes, schaltbares 2-Gang Hochdrehzahlgetriebe

Das IPEK hat in den letzten Jahren in einer Reihe von Projekten sowohl auf System als auch auf Komponentenebene im Bereich der Hochdrehzahltriebe Know-How aufgebaut. So wurde zum Beispiel ein komplettes Hochdrehzahlgetriebe für Drehzahlen von bis zu 30.000 U/min entwickelt. Dies schloss sowohl die Auslegung aller kritischer Komponenten als auch die Konstruktion im Gesamten ein.

Gerne sind wir Ihr Partner bei der Entwicklung innovativer Hochdrehzahl-Antriebssysteme sowie beim Aufbau geeigneter Validierungsumgebungen und bei der Durchführung von Prüfläufen.

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Sascha Ott
Tel.: +49 721 608-43681

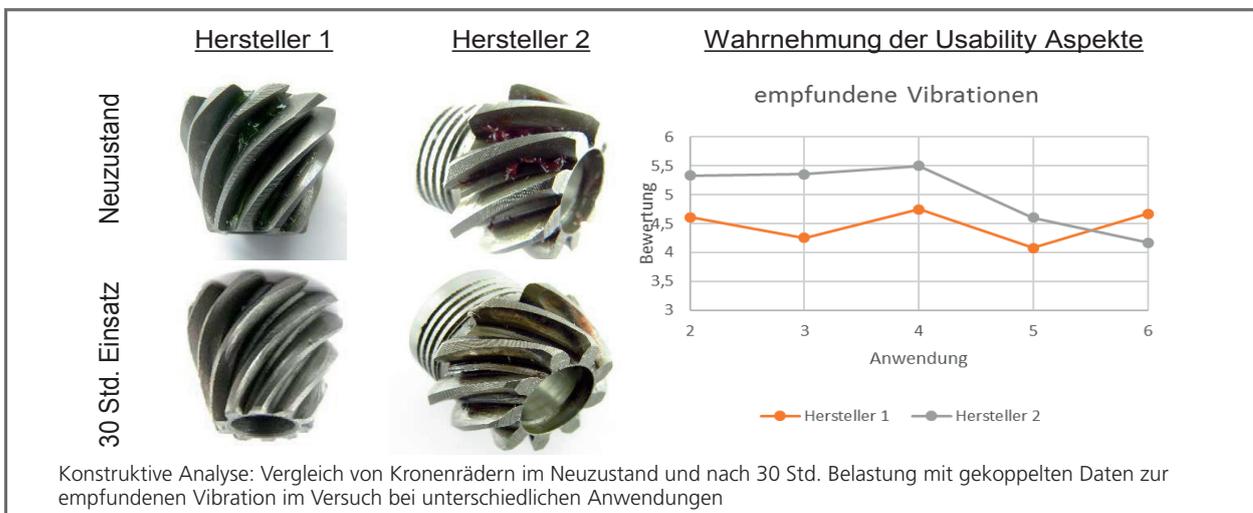
Konstruktionsanalysen von Power-Tools – Aufs Detail kommt's an!

Gibt man einem/einer professionellen Anwender/-in unterschiedliche Power-Tools gleichen Typs und lässt ihn/sie damit arbeiten, findet der Profi im Normalfall sehr schnell zu seinem präferierten Gerät, mit dem er/sie am liebsten arbeitet. Neben Unterschieden in den Leistungsdaten gibt es signifikante Unterschiede in der empfundenen Anwendungseignung. Unsere Untersuchungen zeigen, dass diese Unterschiede nicht nur auf konzeptioneller Ebene, sondern vor allem im konstruktiven Detail der Lösung zu finden sind. Vergleicht man beispielsweise den Aufbau von zwei

Winkelschleifern sehr ähnlichen Konzepts und gleicher Produktarchitektur, die von dem professionellen Anwender bezüglich der Anwendungseignung sehr unterschiedlich eingestuft werden, zeigt sich, dass dieser Unterschied aus der Detaillösung der Konstruktion kommt. Diesen Zusammenhang zwischen den Details in der Konstruktion und der Anwendungseignung untersuchen wir am IPEK in umfangreichen Konstruktionsanalysen. Durchgeführt werden diese sowohl an neuen als auch an nach definierten Kriterien benutzten Power-Tools, wobei die Systeme

zusätzlich durch geschulte Anwender hinsichtlich verschiedener Usability-Aspekte beurteilt werden. Mit unserem standardisierten Analyseprozess sind wir in der Lage, eine Verknüpfung der Faktoren, konstruktive Detailunterschiede, Verschleißzustand und subjektiv wahrgenommener Anwendungseignung aufzubauen und daraus Konstruktionszielgrößen abzuleiten.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156



Antriebsszenarien in Fahrzeugen zur strategischen Produktentwicklung: Die Topologie der Antriebsstränge in den Jahren 2030, 2040 und 2050

Keiner hat die Kristallkugel, um in die Zukunft zu schauen. Ein bewährtes Mittel, um „mögliche Zukünfte“ herauszuarbeiten, ist der Einsatz von Szenarien. Damit lassen sich auf hoher Flughöhe mögliche zukünftige Entwicklungen abschätzen. Eine Herausforderung ist es, diese „Zukünfte“ in der konkreten strategischen Produktplanung nutzbar zu machen. Dieser Herausforderung stellt sich das IPEK in seiner Methodenforschung. Ziel ist es, aus Umfeldszenarien konkrete Informationen zukünftiger Produktprofile und Entwicklungsziele abzuleiten. Damit sollen die strategische Produktplanung und die konkreten Produktentwicklungsprojekte in Unternehmen unterstützt werden. So existiert eine Vielzahl von Studien und Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der Mobilität. Die Herausforderung liegt nun darin, die prognostizierten Veränderungen für konkrete heutige und zukünftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte nutzbar und greifbar zu machen. So hilft z. B. das Abschätzen von Wahrscheinlichkeiten entlang des Zeitstrahles, herrschende Unsicherheiten in der Produktplanung im Unternehmen zu reduzieren. Dazu die richtigen Methoden und Prozesse zu erforschen und zu definieren, ist unser Ziel. Gerne unterstützen wir Sie bei der zukunftsrobusten Planung Ihrer Entwicklungsprojekte.

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Sascha Ott | Tel.: +49 721 608-43681

Wissensmana



Erforschung von Vorgehensweisen für die effiziente Nutzung von Gestaltungsrichtlinien

Potentiale des Sounddesigns für die Mobilität der Zukunft

Schon die Menschen des 19. Jahrhunderts hätten die leisen Elektrofahrzeuge den lauten Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor vorgezogen. 100 Jahre später, an der Schwelle zu einer konsequenten Umsetzung der E-Mo-

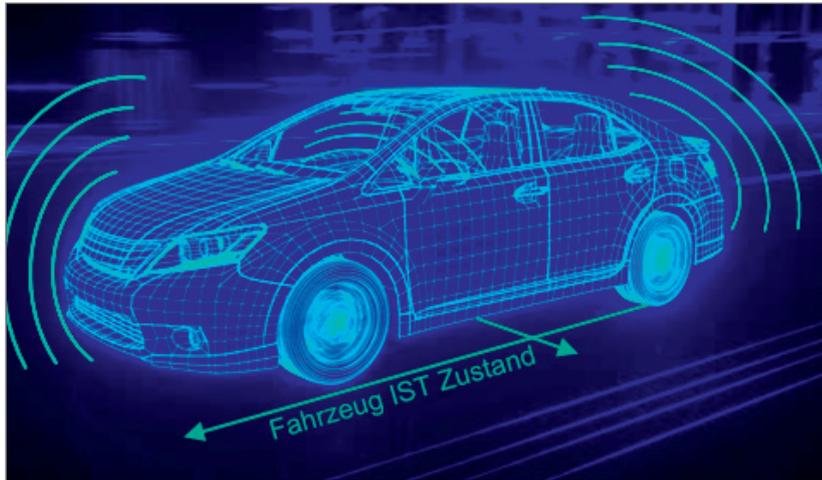
Sound möchte der Kunde und Fahrer, der seinen persönlichen Vorstellungen von einem modernen Fahrzeug entspricht, realisiert sehen? Kann das aktive Sounddesign z. B. dazu genutzt werden, den Fahrer zu einem sparsameren und

er es bewusst wahrnimmt. Oder kann er, durch einen besonders angenehmen, beruhigenden Sound, dazu „verführt“ werden, innerhalb der Geschwindigkeitsvorgaben zu fahren. Auch könnten autonome Eingriffe durch das Fahrzeug mittels eines akustischen Feedbacks angekündigt werden.

Mit seinem X-in-the-Loop-Ansatz und dem Akustikrollenprüfstand, der es ermöglicht, das Innen- und Außengeräusch hinsichtlich der quantitativen, wie auch psychoakustischen Eigenschaften zu untersuchen, ist das IPEK bestens ausgerüstet, um sich diesen Fragen zu widmen.

Gerne sind wir Ihr Partner, um Sounddesign für Ihre zukünftigen innovativen Produkte zu nutzen.

Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Matthias Behrendt
Tel.: +49 721 608-46470



bilität im Individualverkehr, sehen wir uns allerdings mit den Problemen eines fehlenden Fahrzeugsounds konfrontiert. Wie laut muss ein Fahrzeug sein, damit es von Passanten intuitiv geortet und als nahende Gefahr eingestuft werden kann? Wie relevant ist ein gut klingender E-Sound für Marken, deren Kunden die Kaufentscheidung stark von emotionalen Kriterien, wie dem Motorensound, abhängig machen? Das IPEK wird sich zukünftig mit der Verknüpfung dieser Fragestellungen beschäftigen. Dabei sollen die noch ungenutzten Potentiale des Aktiven Sounddesigns aufgedeckt werden. Welchen

sicherheitsbewussteren Fahrverhalten zu motivieren? Welche Parameter des Fahrzeug-Ist-Zustandes können für diese Motivation genutzt werden? Beispielsweise könnte der Fahrer durch ein akustisches Feedback dahin beeinflusst werden, primär rekuperierend zu verzögern, am besten, ohne dass



Management in der Konstruktion optimieren durch Eye-Tracking

Ein Faktor für erfolgreiche Produktentwicklung ist die Nutzung von unternehmensspezifischem Wissen während der Konstruktion. Daher ist Wissensmanagement im Entwicklungsprozess ein wichtiges Forschungsgebiet des IPEK. Das unternehmensspezifische Wissen ist häufig in internen Gestaltungsrichtlinien dokumentiert. Hinsichtlich der effizienten Nutzung dieser Gestaltungsrichtlinien gibt es Optimierungsbedarf.

Am IPEK bieten wir Ihnen die Möglichkeit, Gestaltungsrichtlinien anhand der Nutzung „live“ an Konstruktionsaufgaben zu untersuchen. Wir evaluieren in Studien, wie Kon-

strukteurinnen und Konstrukteure mit vorhandenen Dokumenten arbeiten, wo Informationen gesucht, gefunden und inwieweit diese angewendet werden. Hierfür werden unter anderem Vorgehensweisen von Konstrukteurinnen und Konstrukteuren mit Hilfe von Eye-Tracking – Blickpfaderfassung – sichtbar gemacht. So wird es möglich, Schwächen der Richtlinien im praktischen Gebrauch zu erkennen und zielgerichtet zu beseitigen. Derzeit optimieren wir Richtlinien für die blechgerechte Gestaltung mit einem Unternehmenspartner mit dem Ziel, Akzeptanz und Nutzen zu verbessern.

Sie sind an der Verbesserung Ihres Wissensmanagements in der Konstruktion interessiert? Sie möchten Ihre unternehmensinternen Gestaltungsrichtlinien optimieren – Sprechen Sie uns an!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371



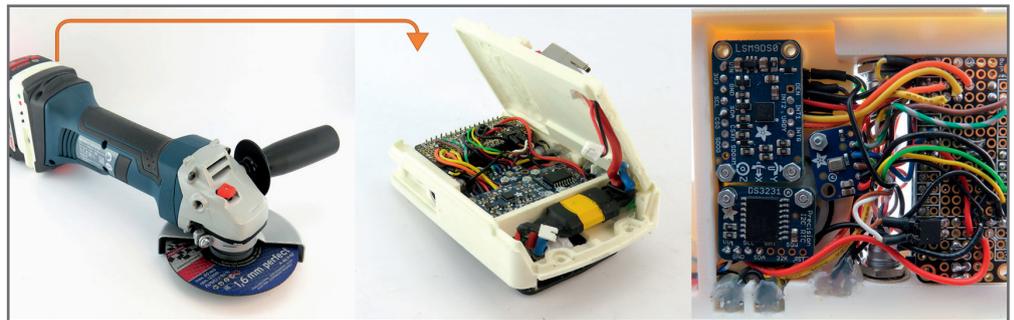
Industrie 4.0: Produktinnovation durch clevere Kombination von kostengünstigen Sensoren und Machine Learning Ansätzen

Produkte werden häufig in unterschiedlichen Anwendungen eingesetzt. Diese Anwendungsfälle in Echtzeit zu erkennen und für die Produktadaption zu nutzen, bietet Innovationspotential. In vielen Produkten muss die dazu verbaute Sensorik einfach und kostengünstig sein. Dies geht im Allgemeinen auf Kosten der Qualität der Messdaten. Dieses Dilemma zu überwinden ist ein Forschungsthema am IPEK. Ziel ist es, durch Machine Learning Ansätze, die fehlende Signalqualität zu kompensieren. Ein Beispiel ist die Anwendung in handgehaltenen Power-Tools. So kann ein Winkelschleifer beispielsweise zur Vor- und Nachbereitung einer Schweißnaht,

zum Polieren einer Oberfläche oder zum Trennen von Material verwendet werden. Die Identifikation der durchgeführten Anwendung birgt hohes Potential für die Produktinnovation. Mit Kenntnis der aktuell ausgeführten Anwendung kann zum Beispiel die Drehzahl des Winkelschleifers intelligent geregelt werden, um die

Produktivität zu erhöhen. Weiter können Potentiale für anwendungsfall-spezifische Geschäftsmodelle gehoben werden – „pay per use“.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156



Innovationen in Befestigungssystemen unterstützen – von der Usability des Gesamtsystems bis zum technischen Detail

Die Befestigungstechnik dient in der Baupraxis der Befestigung von Konstruktionen an Beton, Holz und Mauerwerk. Dazu werden unterschiedliche Befestigungssysteme wie Schrauben, Dübel und Schwerlastanker usw. eingesetzt.

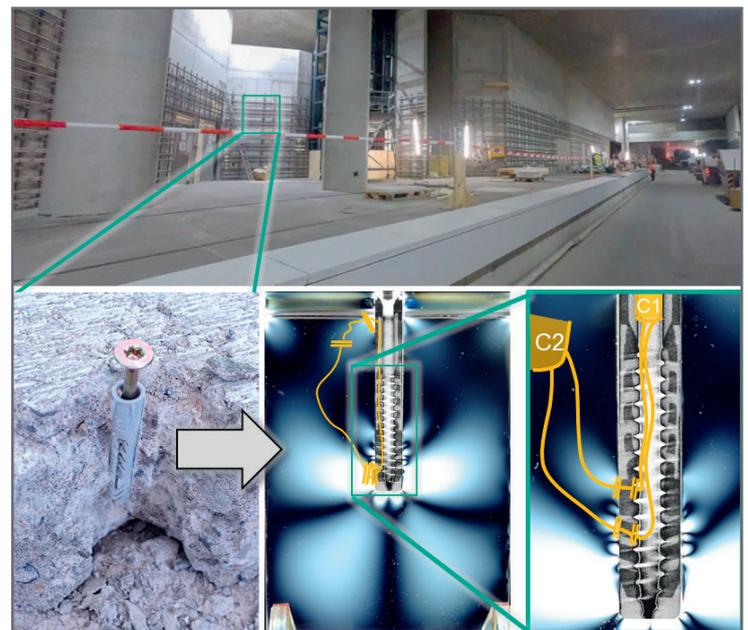
Ein vielversprechender Weg zur Innovation in Befestigungssystemen geht über die Analyse und das Verstehen des Gesamtsystems. Das Gesamtsystem besteht aus Power-Tool, Werkzeug und Befestigungssystem selbst. Wir erforschen das Gesamtsystem von der Usability bis zum technischen Detail, um Innovationen in Befestigungssystemen zu unterstützen. Ein Schwerpunkt dabei ist das Erkennen von unerfüllten Kunden- oder Anwenderwünschen, die vom Anwender selbst bei Nachfrage nicht artikuliert werden. Um die versteckten Anwenderwünsche zu erkennen, analysieren wir Anwender/-innen bei ihrer alltäglichen Arbeit auf der Baustelle oder in der Werkstatt. Dazu nutzen wir umfangreiche Messtechnik am Anwender und speziell von uns mit Messtechnik ausgestattete Geräte. Die Messtechnik umfasst

z. B. Blickpfaderkennung, Greifkraftmessung, Motion Tracking, Ego- und Multiview-Perspektive, Gelenkwinkel- und Anpresskraftmessung.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Verbesserung der Leistungsdaten des Befestigungssystems durch Gestaltoptimierung. Dafür analysieren wir Befestigungssysteme sowie deren Interaktion mit ihrem Untergrund und erforschen hierfür neue Analysemethoden. Durch die Identifikation funktionsrelevanter Gestaltparameter im System mit Hilfe des C&C²-Ansatzes kann die Leistungsfähigkeit zielgerichtet verbessert werden.

Wir beraten und unterstützen Sie gerne bei der Weiterentwicklung Ihrer Befestigungssysteme.

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
Tel.: +49 721 608-47156



Oben: 3500 Befestigungspunkte in Tunnelbaustelle für U-Bahn Wandverkleidung; Unten: Analyse des Eindringverhaltens und der Haltefunktion mit Zuordnung der funktionsbestimmenden Gestaltmerkmale

Wieviel Batterie braucht die Brennstoffzelle?

Das Problem rein batterieelektrischer Fahrzeuge ist Reichweite, Batteriegewicht, Ladezeit sowie CO₂ Ausstoß und Umweltbelastung bei der Zellproduktion. Um diese Herausforderung anzugehen, ist die Brennstoffzelle eine clevere Alternative. Sie kann mit Wasserstoff betrieben werden, wo der Tankvorgang für 450 km in zwei

das Fahrzeug – immer im Zusammenspiel mit Fahrer/-in, Umwelt und Fahrsituation betrachtet werden muss. IPEK-XiL konsequent im Entwicklungsprozess eingesetzt macht es möglich, Antriebssysteme im Spannungsfeld zwischen Kundenwünschen, Energieeffizienz, Akustik und Kosten ganzheitlich zu entwickeln. Ein aktueller

zwischen weit entfernten Standorten (Karlsruhe – Shanghai) untersucht. In diesem Zusammenhang hat das IPEK seine Versuchsfahrzeugflotte um ein Hybrid-Fahrzeug Toyota Mirai erweitert, mit dem wir Untersuchungen auch im alltäglichen Straßenverkehr durchführen.



Neu in der IPEK-Versuchsfahrzeugflotte: Der Toyota Mirai

Minuten an einer Tankstelle, vergleichbar wie heute, durchgeführt werden kann. Dabei wird Wasserstoff kalt verbrannt und es entsteht als Abgas nur Wasserdampf.

Die Brennstoffzelle liefert den Strom, um durch die E-Maschinen das Fahrzeug anzutreiben. Etwa bei Beschleunigungsvorgängen kommt die Brennstoffzelle allerdings bei der hochdynamischen Zurverfügungstellung der elektrischen Energie in kurzer Zeit an ihre Grenzen. Um hier zu unterstützen, haben Brennstoffzellenantriebsstränge in Fahrzeugen auch eine Batterie an Bord. Die zentrale Frage dabei ist „Wieviel Batterie braucht die Brennstoffzelle?“. Das IPEK entwickelt Antriebssysteme mit Brennstoffzellen und dabei spielt diese Fragestellung eine wichtige Rolle. Diese Frage kann mit dem IPEK-XiL beantwortet werden, da das technische System – hier

Forschungsschwerpunkt von uns liegt dabei auf der Erweiterung des IPEK-XiL auf die Brennstoffzellen-Systementwicklung und deren Validierung. Dazu werden virtuelle sowie gemischt physisch-virtuelle Validierungsumgebungen aufgebaut, mit denen konkrete Brennstoffzellenantriebstopologien untersucht und entwickelt werden können. Dabei sind unter anderem auch Phänomene der Brennstoffzelle bei Schwingungsanregung und dem NVH im Fahrzeug Teil der Forschung. Außerdem wird in Kooperation mit der Tongji Universität in Shanghai – quasi in Echtzeit – auch die Verwendung vernetzter Prüfstände



IPEK-Mitarbeiter applizieren sensible Messtechnik im Motorraum

Entwicklung und Validierung von Brennstoffzellen-Antriebssystemen ist auch Ihr Thema? Gerne sind wir Partner und bringen unsere Forschung in Ihre Projekte ein!

Ansprechpartner:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c.
Albert Albers
Tel.: +49 721 608-42371



Preise und Auszeichnungen

■ Abschlussarbeiten von M.Sc. Florian Marthaler und M.Sc. Andreas Lindenmann mit dem Dr.-Ing. Willy Höfler-Preis ausgezeichnet

Der Dr.-Ing. Willy Höfler-Preis für die besten Abschlussarbeiten 2017 in den Bereichen Produktentwicklung und Konstruktion wurde am 13.07.2018 im Rahmen des Fakultätsfestkolloquiums an Florian Marthaler und Andreas Lindenmann verliehen. Ganz besonders freuen sich Professor Albers und Professor Matthiesen über die gleich zweifache Auszeichnung der, durch das IPEK – Institut für Produktentwicklung betreuten und dort angefertigten, Masterarbeiten.



Florian Marthaler beschäftigte sich im Rahmen seiner Arbeit mit der Entwicklung von Szenarien der zukünftigen Anwendung von Entwicklungsmethoden mit dem Ziel, zukunftsrobuste Forschungsstrategien und Geschäftsmodelle abzuleiten. Die Szenarien werden genutzt, um interfachlich die Forschungsstrategien systematisch auszurichten.

Andreas Lindenmann konzentrierte sich in seiner Abschlussarbeit auf die Thematik des Dynamic Substructuring und der Nutzung in Prüfstandsversuchen. Ziel der Arbeit war es, in einem Prüfstandsaufbau, mit Hilfe von mathematischen Methoden der Strukturtechnik, einzelne Systemkomponenten rechnerisch aus dem Gesamtsystem zu entfernen oder zu ersetzen und das zu erwartende dynamische Verhalten des verbleibenden Restsystems vorherzusagen. Mit Hilfe der entwickelten Ansätze können so einfache und günstige Prüfstände konstruiert werden, deren dynamisches Verhalten durch numerisches Post-Processing optimiert werden kann.

■ Gesellschaft für Tribologie (GfT) Förderpreis:

Der diesjährige Förderpreis der Gesellschaft für Tribologie (GfT) in der Kategorie Bachelorarbeit wurde im Rahmen der GfT-Tagung 2018 an Louis Schreyer verliehen. Mit dieser Auszeichnung würdigt die GfT herausragende Arbeiten von Studierenden auf dem Gebiet der Tribologie. Der Titel der Bachelorarbeit ist die „Numerische Untersuchung des Einflusses von Verschleißpartikeln auf das Reibungsverhalten“.





Promotionen

- **You, Yin**
 Eine Studie zur Implementierung des IPEK-X-in-the-Loop-Ansatzes in der verteilten Fahrzeugentwicklung am Beispiel Antriebsstrangentwicklung
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
- **Kurrle, Armin**
 Durchgängige Dokumentation von verteilten Zielsystemen in der Produktentwicklung durch Verwendung semantischer Metainformationen am Beispiel Connected Car
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
- **Kniel, Jonas**
 Potentiale der Temperaturverteilungsmessung zur Analyse trockenlaufender Friktionssysteme auf Basis neuer Messtechnik
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
- **Lochmahr, Marco**
 Methode zur interdisziplinären Analyse und Optimierung von Hinterachssystemen im Spannungsfeld Fahrdynamik, Fahrkomfort und NVH am Beispiel der Raumlenkachse und des Teilsystems Fahr-schemellager im Kontext XiL
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

- **Schäfer, Tobias**
 Ein gesamtsystemischer Ansatz zur simulationsgestützten Analyse und Optimierung eines Bohrhammerschlagwerkes
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen
- **Reiß, Nicolas**
 Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE – Produktgenerationsentwicklung
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
- **Eppler, Florian**
 Entwicklung von Methoden zum Entwurf einer robusten Anti-Rupf-Regelung am Beispiel von Fahrzeugen mit trocken laufender Doppelkupplung
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

**Sie interessieren sich für die Arbeiten? Rufen Sie uns an.
 Ansprechpartner:
 Petra Müller (Sekretariat)
 Tel: +49 721 608-42371**

Neu am IPEK



Alexander Stephan
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 AST
 Januar 2018



Manuel Niever
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 EMM
 Januar 2018



Matthias Dörr
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 GT
 Januar 2018



Tassilo Schröder
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 GT
 Februar 2018



Lucien Nigl
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 AST
 März 2018

Veröffentlichungskennzahlen

■ 25 sonstige Publikationen ■ 68 Konferenzen (Peer-Review) ■ 13 Journals

Neu am IPEK



Manuel Petersen
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
NVH/SV
März 2018



Arn Jörger
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
Mai 2018



John Köber
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
NVH/SV
September 2018



Dominic Waldenmayer
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
AST
April 2018



Joshua Fahl
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
Mai 2018



Sebastian Zimprich
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
GT
September 2018



Jan Holoch
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
April 2018



Katharina Dühr
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin
EMM
Mai 2018



Henk Amann
Auszubildender
Industriemechaniker
Werkstatt
September 2018



Miriam Wilmsen
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin
EMM
April 2018



Markus Döllken
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
KM
Mai 2018



Adrian Braumandl
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
NVH/SV
September 2018



Steffen Schrock
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
April 2018



Moritz Wäschle
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
NVH/SV
Mai 2018



Holger Wessels
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
November 2018



Valentin Wohlgut
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
KtS
April 2018



Tzu-Hsiang Lin
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
KtS
Mai 2018



Arne Bischofberger
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
AST
November 2018



Valentin Zimmermann
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
April 2018



Leonard Sporleder
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
Juli 2018

Kontakt



YouTube-Kanal des IPEK



Institutsleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. A. Albers
(Sprecher)
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Matthiesen
Dipl.-Ing. S. Ott
(Geschäftsführer)
Telefon: +49 721 608-42371
E-Mail: sekretariat@ipek.kit.edu
www.ipek.kit.edu

Postadresse

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
IPEK – Institut für Produktentwicklung
Kaiserstraße 10
76131 Karlsruhe

Herausgeber

Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
www.kit.edu
Karlsruhe © KIT 2018

