



IPEK

## Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers Faszination Produktentwicklung – Systeme, Methoden und Prozesse des 21. Jahrhunderts



8

Fest-  
kolloquium  
Prof. Albers



14

Power-Tool  
Prüffeld

## Wiederstartphänomene hybrider Antriebsstränge

Hybridelektrische Fahrzeuge nehmen eine zunehmend wichtige Rolle ein, gerade im Hinblick auf Kraftstoffeinsparung und Fahrerlebnis. Hierbei rücken charakteristische Phänomene durch hybridelektrische Antriebssysteme in den Vordergrund, wie sie beispielsweise durch den Wiederstart des Verbrennungsmotors mit seinen Wechselwirkungen in PHEVs auftreten. Einerseits resultieren hieraus komfortrelevante kurzzeitige Schwingungen und Vibrationen, die auf dem Fahrer- und Beifahrersitz wahrgenommen werden können. Andererseits treten auch höhere bzw. schädigungsrelevante Beanspruchungen auf, die Festigkeits- und Designfragen mit sich bringen.

Mit beiden Sichten ist in diesem Betriebszustand insbesondere das Kupplungssystem die Schlüsselkomponente, da dieses dabei als Drehmomentsteller sowie -modulator und -isolator dient. Methoden für objektive Bewertungsmetriken und effiziente Komfortobjektivierung der transienten Anregungen sowie eine optimierte Ansteuerung des Kupplungsaktuators stehen somit ebenso im Fokus wie der Drehmomentfluss, die dynamische Drehmomentumkehr während des



Wiederstarts sowie die Ermittlung lokal wirkender Beanspruchungen. Auf der Forschungsagenda stehen unter anderem Validierungsansätze zur Abbildung der jeweils relevanten Wechselwirkungen in diesem Zusammenhang, mit den damit verbundenen Fragen rund um die Anwendungsgrenzen heutiger virtuell gestützter Methoden und Modelle. Ergänzend müssen auch die Einflüsse sich abzeichnender technologischer Trends vorgedacht werden. So offenbart die 48-Volt-Technologie gesteigerte oder gar neue Anforderungen

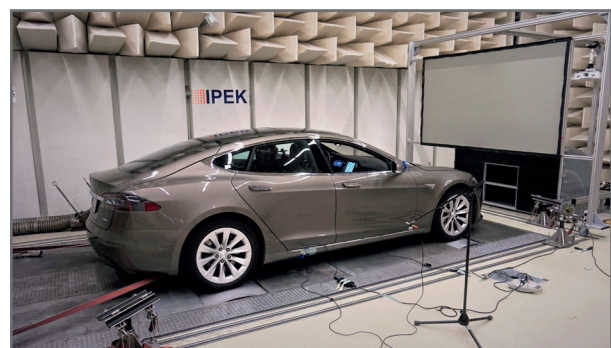
an die Drehmomentberuhigung, die heutige Kupplungssystemdesigns im wahrsten Sinne des Wortes auf den Prüfstand stellen werden. Ist der Wiederstartkomfort ein Thema für Sie? Wir können Ihnen helfen!

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

## Analyse und Identifikation NVH-relevanter Komponenten bei modernen Antriebstopologien

Der Fahrkomfort spielt bei Kaufentscheidungen moderner Fahrzeuge eine immer wichtigere Rolle. Hersteller und Zulieferer sind bestrebt, Schwingungen und Geräusche, welche vom Fahrer als störend oder unangenehm empfunden werden, zu reduzieren oder gar vollständig auszulöschen. Die Hybridisierung und Elektrifizierung stellt hierbei eine besondere Herausforderung dar. Bei Fahrzeugen dieser Antriebstopologien fehlt die Maskierung von Störgeräuschen durch den Verbrennungsmotor entweder vollständig – wodurch die Geräusche der Nebenaggregate stärker in den Fokus rücken – oder es treten unerwartete Geräusche und Schwingungen z. B. durch den Wiederstart des Verbrennungsmotors auf. Im Gegensatz zu konventionellen Antriebstopologien mangelt es in diesem Bereich bislang an wertvoller Erfahrung hinsichtlich Akustik- und Schwingungsoptimie-

rung. Aus diesem Grund bedarf es neuer Methoden, um eine effiziente Entwicklung von Fahrzeugen mit moderner Antriebstopologie zu unterstützen. Neben Untersuchungen an reinen E-Fahrzeugen stehen bspw. auch P2-Parallelhybridfahrzeuge im Fokus. Hier kann die Trennkupplung zwischen den Kraftmaschinen einen entscheidenden Einfluss auf die auftretenden Vibrationen des Wiederstarts haben. Die am IPEK entwickelte Methode zeigt eine echtzeitfähige Kalibrierung des Kupplungssystems während Messfahrten auf einem Akustikrollenprüfstand. Ziel ist hierbei, die Auswirkungen einer veränderten Regelstrategie der



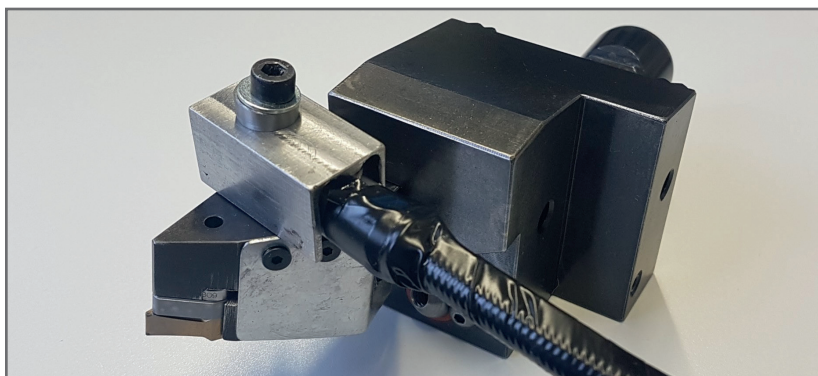
Kupplungsaktorik auf das Schwingungsverhalten des Triebstrangs zu analysieren, um eine Verbesserung des Fahrkomforts erreichen zu können. Ein Thema für Sie? Gerne sind wir Ihnen hierbei behilflich!

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



# Industrie 4.0 – Produktentwicklung und Produktionssystem Hand in Hand

Der Begriff „Industrie 4.0“ beschreibt die Hybridisierung von Produktionssystem, -prozess und Produkt. Ein solch ganzheitlicher Ansatz wirkt sich sowohl in der Entwicklung und Produktion, als auch in der Nutzung der Produkte aus. Um die Potenziale möglichst vollumfänglich nutzen zu können, müssen -Industrie 4.0- Konzepte frühzeitig im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden. Damit das erfolgreich gelingt, ist es notwendig, die aktuellen Entwicklungsprozesse und -methoden entsprechend weiterzuentwickeln. Im Sinne des Simultaneous Engineerings besteht somit Forschungsbedarf, wie Produkt



Wendeschneidplatte mit integriertem Kraft- und Körperschallsensor

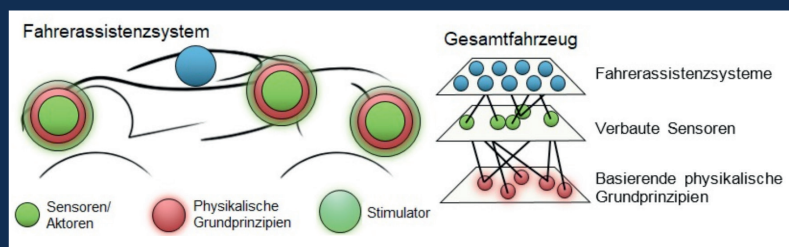
und Produktionssystem miteinander wechselwirken und für den Einsatz von

Industrie 4.0-Technologien optimiert werden können. Diese Fragestellung wird das IPEK - Institut für Produktentwicklung gemeinsam mit deutschen und chinesischen Forschungspartnern sowie Unternehmen in einem Forschungsprojekt beginnend 2018 untersuchen. Das IPEK forscht auch im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts „IQ4.0 – intelligente Qualitätsregelungssysteme“ an Methoden und Prozessen zur Einführung von Industrie 4.0 bei kleinen und mittelständischen Unternehmen. Dazu werden vorhandene Produktionssysteme von Industriepartnern mit ausgewählter Sensortechnik ausgestattet. Die gewonnenen Daten werden aufgrund der großen Datenmenge zu Kennwerten verdichtet und anschließend mit Qualitäts- und Maschinendaten korreliert. Somit werden Aussagen über die Produkt- und Prozessqualität möglich. So können beispielsweise Schneidkantenbrüche oder Verschleiß detektiert werden. Neben einer damit verbundenen Minimierung des Ausschusses durch die Online-Prozesskontrolle können dadurch beispielsweise nachfolgende, langfristige Ziele verfolgt werden. Durch die Kenntnis des Werkzeugverschleißes wird eine bedarfsgerechte, vorausschauende Wartung ermöglicht. Der Produktionssystemhersteller kann außerdem die Daten nutzen, um die Entwicklung seiner künftigen Maschinen generation zu unterstützen. Beispielsweise können neue Produktprofile oder Testfälle für die Validierung abgeleitet und definiert werden.

Industrie 4.0 – ein Thema für Sie? Wir sind Ihr Entwicklungspartner!

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

## Validierung von Fahrerassistenzsystemen auf dem Rollenprüfstand



Prinzip der Signalstimulation für Fahrerassistenzsysteme

Neben der Elektrifizierung des Antriebes und der immer stärkeren Vernetzung zwischen Fahrzeug und Insassen über Smartphone sowie Cloud-Dienste, stellt die Automatisierung der Fahrzeugführung einen der drei großen Megatrends in der Automobilbranche dar. Im Zuge dessen werden von Fahrzeuggeneration zu Fahrzeuggeneration die Fahrerassistenzsysteme optimiert und erweitert. Schon heute können bestimmte Fahraufgaben, wie beispielsweise Fahrten im Stau oder Einparkmanöver automatisiert gefahren werden. Um auch in Zukunft mit der Komplexität und dem Aufwand bei der Funktionsabsicherung sowie -entwicklung Schritt halten zu können, forscht das IPEK an neuen Methoden zur Validierung von Fahrerassistenzsystemen. Dabei kommen sowohl physische als auch virtuelle Komponenten bei der Umweltsimulation zum Einsatz. Hierdurch kann dann ein automatisiertes manöverbasiertes Testen sowie eine automatisierte Versuchsauswertung Zeit und Kosten sparen. Zu diesem Zweck wird ein Großteil der Entwicklung von der Teststrecke in die reproduzierbare Umgebung des Rollenprüfstands verlegt, welcher dazu mit speziellen Vorrichtungen aufgerüstet wird. Konkret bedeutet dies, dass für jede relevante Sensorik des Fahrzeugs eine entsprechende Stimulation zur Anwendung kommt, welche dem Fahrzeug ohne Eingriff in dessen Elektronik Umwelteindrücke aus einer virtuellen Testumgebung zuspielet. Auf diesem Weg kann z. B. ein kamerabasierter adaptiver Abstandsregeltempomat durch „Stimulation“ der Kamera einem virtuellen Fahrzeug folgen. Mit Hilfe dieses Aufbaus kann dabei dann das Reglerverhalten der Fahrzeugsteuerung in unterschiedlichen Situationen beobachtet werden und anschließend eine Bewertung erfolgen.

Ist die Validierung automatisierter Systeme auch für Sie ein Thema? Gerne unterstützen wir Sie hierbei.

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

## XiL-BW-e Labornetzwerk



Das zunehmend komplexere Zusammenwirken von mechanischen, elektrischen und informationstechnischen Komponenten in modernen Fahrzeugen erfordert interdisziplinäre und systemisch hoch integrative Entwicklungsumgebungen. Möglichst früh im Produktentstehungsprozess müssen einzelne Fahrzeugkomponenten trotz fehlender Fahrzeugprototypen in einer gesamtsystemnahen Umgebung untersucht werden. In XiL-BW-e haben sich deswegen gezielt Forschungsstellen in Baden-Württemberg zu einem Labornetzwerk zusammengeschlossen. Die Netzwerkpartner sind das KIT, die Universitäten Stuttgart und Ulm sowie die Hochschulen Aalen und Esslingen.

In diesem Netzwerk ist es möglich, räumlich getrennte Teilsysteme wie Batterie, E-Motor und Getriebe in Echtzeit zu koppeln und als Gesamtsystem zu testen.

Das Forschungsnetzwerk wurde am 17. Oktober 2017 in Stuttgart unter Anwesenheit von Frau Theresia Bauer, Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg, feierlich eröffnet. In Begleitung von Vertretern aus Forschung und Industrie wurde diese Veranstaltung durch eine Vortragsreihe und Podiumsdiskussion zum Thema „Was kann die Wissenschaft zu den Transformationsprozessen in der Automobilindustrie beitragen?“ abgerundet.

Durch die fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit werden Untersuchungen verschiedener System- und Antriebsstrangkomponenten im Wechselspiel mit neuartigen Energiespeichern ermöglicht. Komponenten für Hybridfahrzeuge können so z. B. schnell und flexibel im Zusammenspiel getestet werden, ohne dass diese am selben Standort aufgebaut werden müssen.

Des Weiteren kann die

umfangreiche Testinfrastruktur, die im Netzwerk vorhanden ist, besser ausgelastet werden. Das Labornetzwerk lässt sich bedarfsorientiert erweitern und steht auch Industriepartnern zur Verfügung.

Sie interessieren sich für dieses Thema? Wir beraten Sie gerne!

Sprechen Sie uns bei Interesse gerne an.

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

## Sie wollen nicht nur über Agilität reden, sondern wirklich agil sein. Wir helfen Ihnen dabei mit ASD – Agile Systems Design

Derzeit stellen sich den deutschen Unternehmen durch die Volatilität der Märkte und Veränderungen Fragen, wie zukünftige Entwicklungsprozesse gestaltet werden können. Gängige Meinung ist, dass die Unternehmen im Silicon Valley für innovative und kreative Produkte stehen. Methoden und Schlagworte wie Design Thinking, Scrum oder Agilität locken ganze Delegationen aus Politik und Unternehmen an, um von den „Innovations-Freaks“ zu lernen. Aber sind diese Ansätze mit denen u. a. Apps und digitale Services entwickelt werden wirklich die seligmachende Lösung für die Entwicklung komplexer Maschinen und Fahrzeuge? Und so ganz schlecht kann die Innovationsstärke Deutschlands auf dem

Gebiet Maschinen- und Fahrzeugbau ja nicht sein, wenn wir dort seit Jahren ganz vorne im Export sind. Es gilt also nicht den Kopf zu verlieren und die deutsche „Ingenieurskunst“ nicht über Bord zu werfen. Mit dem ASD - Agile Systems Design Ansatz - an dem wir am IPEK seit mehr als 20 Jahren forschen und bauen - gibt es eine Lösung für neue Produktentwicklungsprozesse mit dem die zielorientiert, strukturiert, effizient und trotzdem flexibel geplante und organisierte Produktentwicklung gezielt an den geeigneten Stellen durch agile Methoden und Konzepte ergänzt und damit noch leistungsfähiger gemacht werden kann. Damit werden keine „Modeprozesse“ von Innovationsgurus kopiert, sondern agile

Herangehensweisen zur Entwicklung komplexer Produkte des Maschinen- und Fahrzeugbaus für die Unternehmen nutzbar gemacht.

Dieser Ansatz bereichert gemäß der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung die praxisorientierte Methode der PGE – Produktgenerationsentwicklung gezielt um ausgewählte Methoden aus der agilen Produktentwicklung im Softwarebereich. Diese werden für den Maschinen- und Fahrzeugbau angepasst. Die konsequente Integration von Agilität und Struktur ist seit 20 Jahren Grundlage der Forschung in der KaSPro und wird heute unter dem Namen ASD als Gesamtkonzept zusammengefasst (siehe Abbildung). Ziel ist es, situations- und



bedarfsgerechte Methoden und Prozesse für die reale, praktische Anwendung zu erforschen, weiterzuentwickeln und zu implementieren.

Entgegen der Grundlage verschiedener agiler Ansätze – Produktentwicklung beginne auf einem weißen Blatt Papier – gelingt durch die Integration der PGE – Produktgenerationsentwicklung eine ganzheitlichere Betrachtung realer Produktentwicklung in den Unternehmen, wodurch das über Jahrzehnte generierte Entwicklungsknowhow in der richtigen Dosis in den Prozess einfließt. Hierbei liegen zwei Hypothesen zugrunde: Zum einen werden neue Produkte und technische Lösungen immer auf der Grundlage von oft mehreren bestehenden Referenzprodukten oder Referenzlösungen entwickelt. Zum anderen geschieht die Entwicklung einer neuen Produktgeneration immer durch die gezielte Kombination der Aktivitäten Übernahme- (ÜV), Gestalt- (GV) und Prinzipvariation (PV). Aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden Produktentstehungsprozesses, der Interdisziplinarität innerhalb der Entwicklungsteams und immer komplexer werdender Systeme, können Produktentstehungsprozesse zudem als äußerst komplex angesehen werden. Gerade die frühen Phasen sind durch eine hohe Ungewissheit bezüglich des Lösungsraums gekennzeichnet. Die Handhabung dieser Ungewissheit gelingt durch ASD mittels schneller Iterationszyklen und früher sowie kontinuierlicher Validierung. Der Mensch steht hierbei im Zentrum, so wird der Entwickler als zentrales Element im Handlungssystem durch ASD unterstützt. Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen werden in den Mittelpunkt gestellt. Agilität umfasst vier Aspekte: Die Geschwindigkeit um zu einem Ergebnis zu gelangen, die

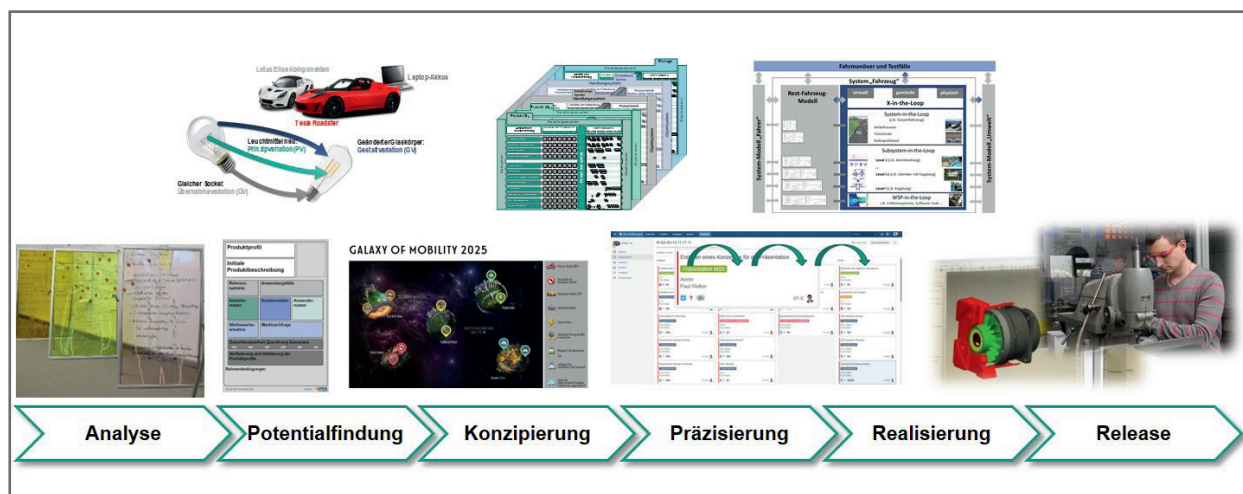
Anpassungsfähigkeit bei Problemen, Kundenzentriertheit und die agile Haltung. In klassischen Maschinenbauunternehmen ist eine **bewusst** gelebte, methodisch unterstützte Agilität – trotz der oft vorhandenen Reaktionsschnelligkeit und Flexibilität gerade im Mittelstand – eher selten anzutreffen. ASD bildet ein Mensch-zentriertes Framework, das den gesamten Prozess der Produktentwicklung durch agile Denkweisen, Methoden und Prozesse, wie sie in der KaSPo erforscht werden, unterstützt. Der Ansatz gliedert sich in die sechs Phasen *Analyse, Potentialfindung, Konzipierung, Präzisierung, Realisierung* und *Release*. Basierend auf einer intensiven Auseinandersetzung mit dem gesamten Entwicklungskontext und Referenzprodukten in der *Analyse* erfolgt die systematische Identifikation von Produktprofilen in der *Potentialfindung*. In den vier darauffolgenden Phasen werden jeweils Ideen, Konzepte und Prototypen, deren Funktionsumfang und Reifegrad über die Phasen hinweg kontinuierlich gesteigert wird, erarbeitet. So wird eine frühe und kontinuierliche Validierung physischer und gemischt physisch-virtueller Prototypen durch den Kunden – eingebunden in den Entwicklungsprozess - ermöglicht, wodurch dessen Anforderungen, Bedürfnisse und Wünsche durchgängig in den Prozess einfließen. Die Tatsache, dass Methoden im Sinne der PGE generationenübergreifend eingesetzt werden können birgt hierbei große Potentiale. So kann ein initialer Invest in den Aufbau adäquater Methodenkompetenz den Prozess der Entwicklung mehrerer Produktgenerationen effektiver und effizienter gestalten. Der ASD-Ansatz ist hierbei auf die Unterstützung des

gesamten Entwicklungsprozesses ausgerichtet und orientiert sich an den folgenden sechs Prinzipien:

- Verständnis vom Menschen als zentrales Element des Handlungssystems
- Gleichgewicht von Struktur und Agilität im Prozess
- Konsequente Integration des Gedankens der PGE – Produktgenerationsentwicklung in agile Prozesse
- Aktivitätenbasiertes Prozessverständnis nach dem integrierten Produktentstehungsmodell iPeM
- Frühe und kontinuierliche Validierung mittels IPEK-X-in-the-Loop (IPEK-XiL)
- Skalierbarkeit – von zweitägigen Workshops bis zu mehrjährigen Entwicklungsprojekten
- Durchgängiges Denken in Produktprofilen
- „Gezieltes Vergessen“ als Methode zur Überwindung von Denkschienen

ASD integrieren wir auch konsequent in den Lehr-Formaten **Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor, Mechatronische Systeme und Produkte, Gerätekonstruktion, Integrierte Produktentwicklung** und **Agile Innovation Lab in der Lehre** um so die angehenden Ingenieure fit für eine agile Zukunft zu machen. ASD erlaubt es uns auch, gemeinsam mit unseren Partnern agil aber strukturiert zu entwickeln. Nun ist es an Ihnen: denken Sie ASD! Wir unterstützen Sie gerne!

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



Elemente und Phasen des ASD – Agile Systems Design

## AIL – Agile Innovation Lab

AIL – Agile Innovation Lab bietet Ihnen als potentiellem Projektpartner eine neue Möglichkeit, ein Innovationsprojekt unter der Nutzung von Open Innovation Potentials sowie dem langjährigen Prozessverständnis des IPEK durchzuführen, um mit Studierenden die Entwicklung von Produktkonzepten und Prototypen mit hohem Innovationspotential zu realisieren. Das neue Live-Lab („Prüfstand für Prozess- und Methodenforschung“) wurde aus dem Ansatz ASD – Agile Systems Design ausgeleitet. Neu konzipierte Entwicklungsmethoden finden umgehend praktische Anwendung im Entwicklungsprojekt, in welchem die Bedingungen sehr realitätsnah gestaltet, allerdings weiterhin kontrollierbar sind. Die resultierenden Erkenntnisse sind dadurch weder zu generisch (Laborstudien) noch zu spezifisch (Feldstudien). Jedes Jahr hat ein anderes Unternehmen die Möglichkeit, als Projektpartner teilzunehmen und gemeinsam mit den Studierenden innovative Lösungen für seine Problemstellungen zu entwickeln. AIL wurde im Jahr 2017 erstmals in Kooperation mit dem Unternehmen TRUMPF, welches die Entwicklungsaufgabe der „smarten Handarbeitsplätze im Kontext von

Industrie 4.0“ stellte, durchgeführt. In den sechs Phasen *Analyse, Potentialfindung, Konzipierung, Präzisierung, Realisierung* und *Release* folgt das Entwicklerteam (4-7 Personen) dem agilen Prozess des ASD-Ansatzes. Die Studierenden gestalten die Projektphasen in starker Eigenverantwortung – die strategischen Entscheidungen trägt der Projektpartner. Bereits in der dritten Projektphase wird ein physischer Prototyp aufgebaut, der über den gesamten Prozess hinweg weiterentwickelt und mit dem Partnerunternehmen validiert wird und dadurch an Reife gewinnt. Neben der Entwicklertätigkeit sind die Studierenden als Forscher tätig, wodurch sie Forschungskompetenzen aufbauen. Sie verfassen ihre Abschlussarbeit in der Erforschung von Entwicklungsmethoden im Entwicklungsprojekt. Die Methoden werden früh konzipiert und direkt im Projekt validiert und optimiert. So bietet sich Ihnen als potentielles Partnerunternehmen zum einen die Möglichkeit, die neuesten Entwicklungsmethoden kennenzulernen und Ihre Prozesse auf den Prüfstand zu stellen. Zum anderen nehmen Sie in den Meilensteinen richtungsweisende Entscheidungen für das Gesamtprojekt



Teilnehmende Studierende im Projekt AIL 2017 bei der Durchführung einer Workshopscheinheit

vor, sodass das Produktkonzept und der Prototyp, den Sie am Ende des Projektes erhalten, genau in die Unternehmensstrategie passt. Tolle Ideen, Profile, Konzepte und Prototypen erhalten Sie für Ihre eigene Produktentwicklung. Sie interessieren sich für eine enge Zusammenarbeit mit fähigen Talenten des Ingenieurstudiums? Sie sind auf der ständigen Suche nach der Möglichkeit, Open-Innovation-Potentiale zu nutzen? Dann werden Sie Projektpartner!

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

## Gekoppelte CAE-Methoden ermöglichen die Entwicklung optimierter Orthesen

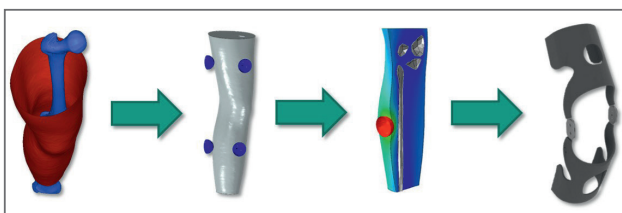
Medizinische Orthesen werden u. a. zur Behandlung von Verletzungen oder Verschleißerscheinungen bei Kniegelenken eingesetzt. Durch den Einsatz dieser Orthesen werden gezielt Kräfte auf das Kniegelenk eingeleitet, um so geschädigte Bereiche des Gelenks zu entlasten. Orthesen, die nicht optimal auf das Bein des Patienten angepasst sind, können zu schmerzhaften Hautreizungen führen. Abhilfe schaffen Individualorthesen, die einen bestmöglichen Sitz der Orthese ermöglichen, Hautreizungen vermeiden und so den Tragekomfort erhöhen. Der

Herstell- und Anpassungsprozess dieser Individualorthesen ist jedoch aufgrund des hohen Anteils an manueller Fertigung, wie beispielsweise der Anfertigung mehrerer Gipsabdrücke des Beins, sehr aufwändig und kostenintensiv. Um diese Problematik zu adressieren und den Herstellprozess von Individualorthesen zu vereinfachen, wird am IPEK eine Methodik entwickelt, die es ermöglicht, durch Kopplung verschiedener CAE-Methoden den Produktentwickler und Orthopädietechniker bei der Individualisierung und Formoptimierung der Orthese zu unterstützen.

Durch diese auf 3D-Scandaten beruhende Methodik kann künftig der Individualisierungs- und Herstellprozess der Orthesen

soweit digitalisiert werden, dass auf die Anfertigung mehrerer Gipsabdrücke verzichtet werden kann und viele manuelle Schritte eingespart werden können. Dieses Beispiel verdeutlicht, wie durch den Einsatz verschiedener CAE-Methoden, die miteinander gekoppelt werden, neue Bereiche adressiert werden können, die durch einzelne Methoden nicht abgedeckt werden. Gerne unterstützt das IPEK, mit seiner mehr als 20 jährigen Erfahrung, Ihre Entwicklung spezifischer Methoden für komplexe, individuelle Problemstellungen, bei denen bislang keine durchgängigen/ gekoppelten CAE-Methoden zum Einsatz kommen.

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



Orthesenentwicklung durch gekoppelte CAE-Methoden



## Leichtbau durch carbonfaserverstärkte Werkstoffe

Der Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere solcher mit Lang- und Endlosfaserverstärkungen, bietet aufgrund der guten spezifischen mechanischen Eigenschaften erhebliches Leichtbaupotenzial. Durch ein hohes Maß an Automatisierbarkeit und relativ kurzen Zykluszeiten sind spritzgegossene Thermoplaste und im Fließpressprozess hergestellte Duomere ein Weg zu leichten Strukturen in der Serienfertigung. Um die Potenziale dieser Werkstoffe bei der Gestaltung nutzen zu können, werden am IPEK maßgeschneiderte Methoden zur Gestaltung und Auslegung von glas- und kohlenstofffaserverstärkten Polymeren erforscht. Insbesondere in der frühen Gestaltungsphase kommt zur Generierung erster Designvorschläge häufig die Topologieoptimierung zum Einsatz. Diese wurde am IPEK für den Einsatz mit faserverstärkten, anisotropen Werkstoffen weiterentwickelt und

ermöglicht dadurch, die lokalen Werkstoffeigenschaften bestmöglich zu nutzen. Durch die Integration der sich durch den Fertigungsprozess einstellenden Materialeigenschaften wird die Materialeffizienz deutlich erhöht und Leichtbaupotenziale können optimal ausgeschöpft werden.

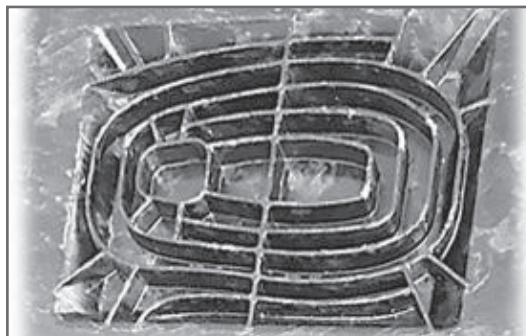
Durch unseren innovativen, auf künstlicher Intelligenz basierenden Ansatz zur Empfehlung von Gestaltungsrichtlinien bei der Entwicklung faserverstärkter Strukturen mit CFK und GFK können wir Sie unterstützen.

Wenn auch Sie die Potenziale faserverstärkter Polymere optimal in ihrem Produktentwicklungsprozess nutzen möchten, dann kontaktieren Sie uns.

Sind Sie darüber hinaus an innovativem Leichtbau

interessiert, laden wir Sie ein, an der ALLIANCE Lightweight Open Innovation Challenge teilzunehmen. Nähere Infos finden Sie unter: [www.lightweight-alliance.eu/lightweight-challenge](http://www.lightweight-alliance.eu/lightweight-challenge)

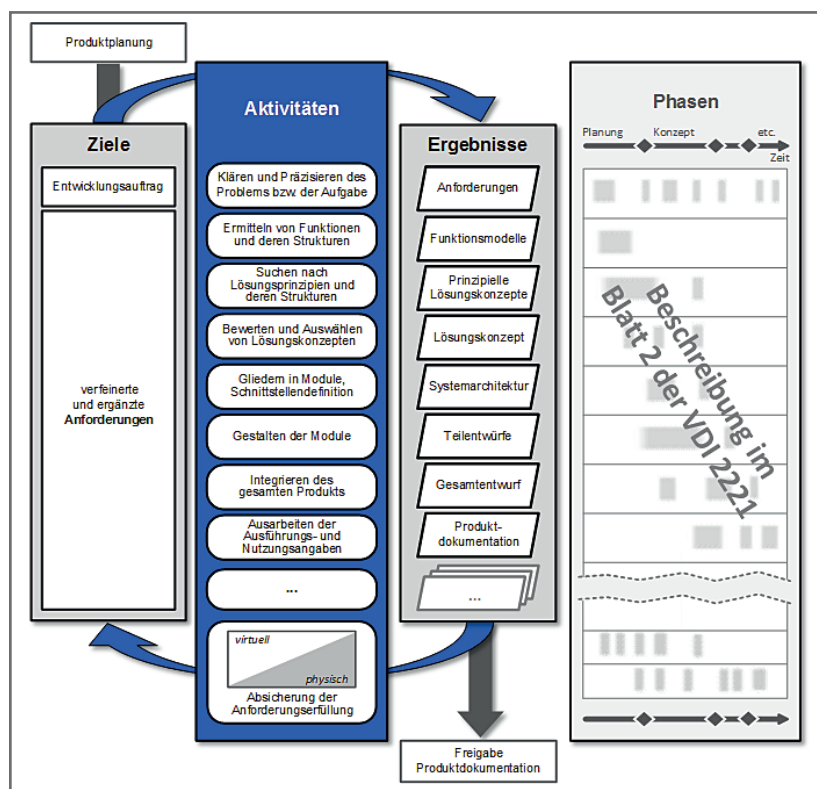
**Ansprechpartner:**  
**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers**  
**Tel.: +49 721 608-42371**



CFK-Rippenstruktur unter Berücksichtigung der lokalen, anisotropen Materialeigenschaften

## Überarbeitung VDI-Richtlinie 2221

Die VDI 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ ist eine der verbreitetsten VDI-Richtlinien. Sie unterstützt seit 1986 Konstrukteure bei der Entwicklung neuer Produkte und ist ein zentrales Element in der Lehre an Universitäten und Fachhochschulen. Seit der letzten Überarbeitung der Richtlinie im Jahr 1993 wurden viele Erkenntnisse im Bereich der Produktentwicklungsforschung gewonnen, so dass es an der Zeit war, die Richtlinie grundlegend zu überarbeiten. Das IPEK engagierte sich mit mehreren Mitarbeitern im Fachgruppenausschuss zur Überarbeitung der Richtlinie unter der Leitung von Prof. Mantwill. Viele Erkenntnisse aus der Prozessforschung rund um das iPeM – integrierte Produktentstehungsmodell sind nun wesentliche Bestandteile der Richtlinie. So wurde beispielsweise in Analogie zum iPeM eine Unterscheidung zwischen Aktivitäten und Phasen eingeführt. Dadurch können nun Iterationen abgebildet werden. Im Rahmen der Überarbeitung ist auch ein Blatt 2 entstanden. Hier wird gezeigt, wie das Meta-Modell der Richtlinie auf verschiedene Prozesse angewandt werden kann und wie sich die Entwicklungsprozesse durch



Allgemeines Modell der Produktentwicklung

verschiedene Rahmenbedingungen verändern. Als ein Beispiel wurde die Entwicklung von Produkten in Generationen aufgenommen und durch den Ansatz der PGE - Produktgenerationsentwicklung beschrieben.

Die überarbeitete Richtlinie erscheint zeitnah als Gründruck.

**Ansprechpartner:**  
**Dr.-Ing. Nikola Bursac**  
**Tel.: +49 721 608-46472**



## Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Albert Albers

Zu Ehren des 60. Geburtstags von Prof. Albers fand am 28. April 2017 ein Festkolloquium im Präsidiumsgebäude des KIT statt. Die Veranstaltung stand hierbei unter dem Motto „Faszination Produktentwicklung – Systeme, Methoden und Prozesse des 21. Jahrhunderts“.

Unter den Gästen waren langjährige Wegbegleiter von Prof. Albers aus dem Wissenschaftsbereich – wie zum Beispiel aus der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung – WiGeP – aus Unternehmen und auch viele ehemalige Mitarbeiter des IPEK, die ihrem Doktorvater zum Geburtstag gratulieren wollten.



Prof. Matthiesen moderierte die geladenen Gäste gekonnt durch das Programm des Festkolloquiums. Aufbauend auf wissenschaftlichen Vorträgen von Dr. Reik, Dr. Börsting, Prof. Höhn, Dr. Düser, Prof. Meboldt, Dr. Müller, Prof. Gausemeier und Dr. Siebe wurden intensive Gespräche zur Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Produktentwicklung geführt. Weiterhin gratulierte und überreichte Prof. Abramovici im Namen der WiGeP ein Portrait von Prof. Albers mit WiGeP-Handschrift. Durch den Mix aus Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft zogen die Vorträge und Gespräche alle Teilnehmer in ihren Bann. Prof. Albers' Begeisterung

für die Produktentwicklung sprang fühlbar auf alle Gäste über.

Der Tag des Festkolloquiums begann mit einem sehr interessanten und kurzweiligen Vortrag durch Dr. Wolfgang Reik, einem ehemaligen Kollegen von Prof. Albers von der LuK.

Hierbei wurden tiefe Einblicke in die Entstehung des ZMS und damit in die Vergangenheit von Prof. Albers gegeben.

Das offizielle Programm des Festkolloquiums mündete in eine amüsante Dinner Speech von Dr. Siebe während des Abendessens, das in entspannter und fröhlicher Atmosphäre im Foyer des Tulla-Hörsaals stattfand. Dort moderierte Herr Ott die Festtagsgäste durch die Abendveranstaltung.







Dabei entführte Herr Dr. Siebe die gespannt lauschenden Gäste in die Welt der letzten 60 Jahre und zeigte mit vielen liebevoll zusammengetragenen Bildern, was sich in der Welt und unserem Leben in dieser Zeit verändert hat. Als Überraschung des Abends hatte der Jazzchor des KIT dem Jubilar ein Ständchen gesungen, was das Sänglerherz des Maschinenbau-Professors sicher höherschlagen ließ. Zu guter Letzt wurde nach dem WiGeP Motto „Willi gibt Energie und Power“ als kleine Erinnerung an diesen feierlichen Tag eine



„Miniflasche“ des entkernten Williams vom Edel-Brenner Rudolphi aus Sinzheim – dem Wohnort von Prof. Albers – an die geladenen Gäste überreicht. Das Dankeschön wurde hierbei stilgerecht mit einem Etikett in Form eines ZMS geziert.



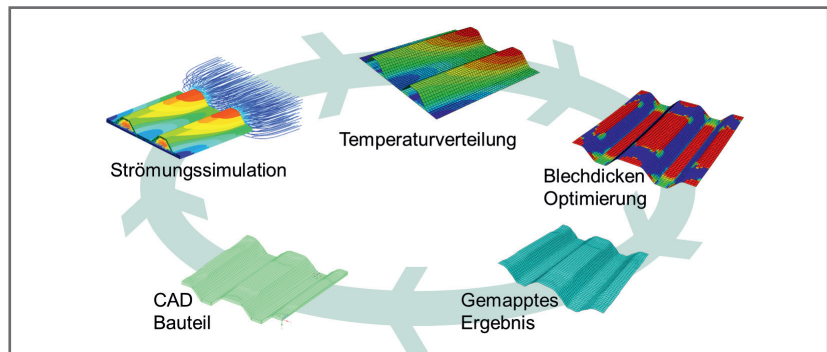
## Numerische Blechdickenoptimierung an Komponenten von Hochtemperatur-Brennstoffzellen

Im Zuge der Energiewende rücken ökologisch nachhaltige Lösungen, wie beispielsweise bei der Hilfsstromversorgung von Fahrzeugen immer stärker in den Fokus. Dabei ist die batterieelektrische Euphorie, wie in aktuellen Interviews von Prof. Albers zur Dieseldiskussion aufgezeigt, nur einer von vielen Wegen. Eine weitere Möglichkeit stellen Hochtemperatur Brennstoffzellen (SOFC) durch ihren hohen Wirkungsgrad und ihre niedrigen Schadstoffemissionen dar. SOFC Systeme werden bei bis zu 800°C betrieben, sodass auch Kohlenwasserstoffe als Energieträger möglich werden, nicht nur der schwerer zu speichernde Wasserstoff. Eine Ausfallursache von SOFC Systemen stellen Undichtigkeiten im System dar, die aus thermomechanischen Spannungen resultieren. Hierzu wird am IPEK eine Methodik entwickelt, die es ermöglicht, die thermomechanischen Spannungen im System durch die Kopplung von

strömungs- und strukturmechanischen Simulationen zu berechnen und die Gestalt der Systemkomponenten durch eine automatisierte numerische Gestaltvariation widerstandsfähiger auszulegen. Dies geschieht durch eine gezielte Anpassung der Blechdicken der Komponenten. Da sich dabei auch die Gestalt der Strömungskanäle zur Versorgung der Brennstoffzelle ändert, wird im Anschluss an die Optimierung eine Strömungssimulation

nachgeschaltet, um sicherzustellen, dass eine optimale Gasversorgung auch mit optimierten Blechdicken weiterhin gegeben ist. Wenn auch Sie das Thema gekoppelte numerische Optimierung interessiert, sprechen Sie uns gerne an.

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



Optimierungszyklus der gekoppelten numerischen Blechdickenoptimierung

## Batteriesysteme

Welche Form der Energiespeicherung sich für welche Mobilitätsaufgabe durchsetzt, bleibt von mehreren Schlüsselfaktoren abhängig und ist noch nicht langfristig absehbar. Allen hybridelektrischen, wasserstoffbetriebenen oder batterieelektrischen Fahrzeugen ist jedoch das Vorhandensein eines Batteriesystems gemein. Im Bereich der Energiespeicher forscht das IPEK sowohl an Brennstoffzellen als auch an Batteriesystemen für Mobilitätsanwendungen.

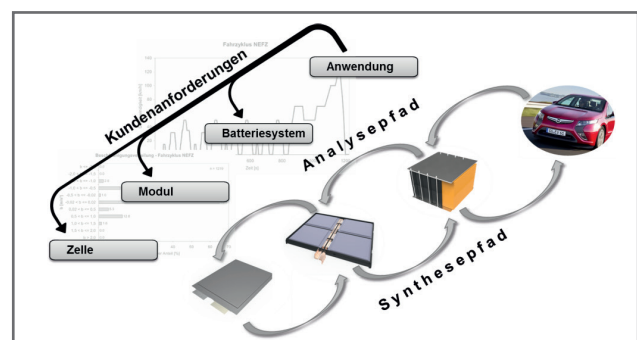
Das IPEK verfügt über Kompetenzen im Anforderungsmanagement, in der Gestaltung von Batteriesystemen im Sinne der Integration und des Leichtbaus sowie Knowhow in der Entwicklung und Validierung von Batterieteilsystemen. Das IPEK verfolgt das Konzept der ganzheitlichen Betrachtung mechatronischer Systeme, um Wechselwirkungen im Sinne von Funktionssynergien nutzen zu können. So betrachten wir bei der mechanischen, thermischen und elektrischen Integration von Batteriezellen in ein Batteriesystem auch die Wechselwirkungen mit übergeordneten Systemen, wie dem Antriebssystem, dem Gesamtfahrzeug und besonders auch dem Fahrerverhalten.

Durch diese Vorgehensweise können bedarfsgerechte Batteriesystemdesigns entwickelt werden, welche Kundenanforderungen möglichst gut erfüllen. Ein wesentliches Element dafür ist es optimale Bedingungen für den Betrieb der Batteriezellen zu schaffen. Zur Prüfung der technischen Machbarkeit und Optimierung von Konzepten nutzen wir sowohl kommerzielle als auch eigens entwickelte Software, bspw. für die Topologie- und Packaging-Optimierung in Batteriesystemen.

Erst durch geeignete Validierungsmethoden können technische Umsetzbarkeit und Kundennutzen sichergestellt werden. Der IPEK-X-in-the-Loop-Ansatz ermöglicht eine durchgängige Validierungskette unter Berücksichtigung der gesamtsystemischen Wechselwirkungen und dem Einfluss der Umwelt sowie des Nutzers / Fahrers. Neben der rein

virtuellen Validierung durch Simulationen und der physischen Validierung des Produkts am Ende des Entwicklungsprozesses, führen wir gemischt physisch-virtuelle Untersuchungen unter Einsatz unserer Antriebssystem- und Komponentenprüfstände durch. Dabei werden Teilsysteme bedarfsgerecht physisch oder virtuell abgebildet und das Gesamtsystem in verschiedenen Testfällen untersucht. Sind Batteriesysteme ein Thema für Sie? Sprechen Sie uns an!

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

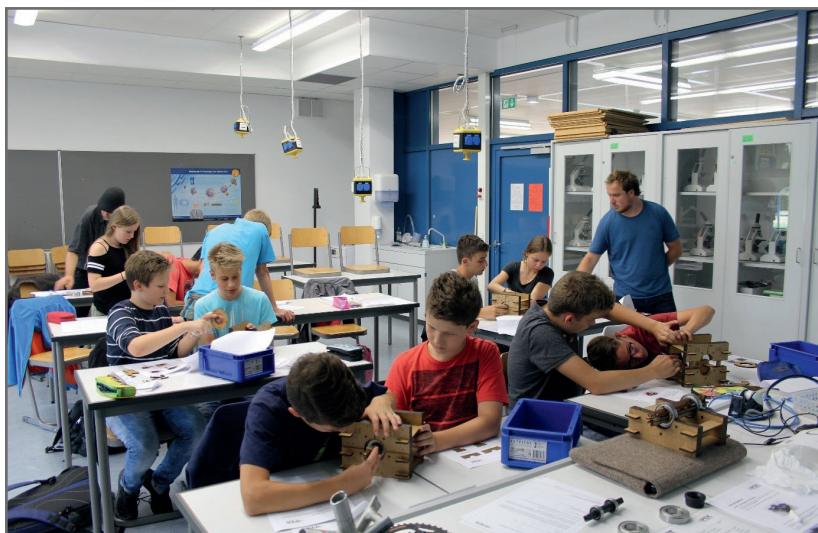


Kaskadiertes Vorgehen bei der Batteriesystementwicklung



## NwT- Lehramtsausbildung

Der Kernerfolgswert für die internationale Wettbewerbsfähigkeit sind Ingenieure, welche die Erforschung und die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen erst möglich machen. Die Begeisterung von jungen Menschen für Technik- und Ingenieurberufe ist für unsere Gesellschaft daher von großer Bedeutung. Da Lehrkräfte im Unterricht einen maßgeblichen Einfluss auf die Interessensbildung der Schülerinnen und Schüler nehmen, wurde das Profulfach Naturwissenschaft und Technik (NwT) an den Gymnasien in Baden-Württemberg eingeführt. Das Ziel des Fachs ist es, die Leidenschaft für technische Fragestellungen und Berufe bei Schülerinnen und Schülern frühzeitig zu wecken und gezielt zu fördern. Doch wie können Lehrkräfte dazu qualifiziert werden Schülerinnen und Schülern den Technik- und Ingenieurberuf näher zu bringen? Wir am IPEK haben daher das „Lehr-Lern-Labor



NwT“ für die Ausbildung von Lehramtsstudierenden entwickelt und aufgebaut. Die NwT-Lehramtsstudierenden werden hier mit der Arbeitsweise des Ingenieurs im Produktentstehungsprozess vertraut gemacht, arbeiten mit Ingenieuren kreativ

zusammen und erleben die Freude, die eine Tätigkeit in der Technik mit sich bringt. Dies ist notwendig um anschließend, in selbst entwickelten Unterrichtseinheiten, Schülerinnen und Schülern die Begeisterung für Technik vermitteln zu können. Die Synthese von selbstkonstruierten Bauteilen direkt in den Schulen ermöglichen wir durch den Einsatz von Rapid-Prototyping-Technik. Nicht zuletzt durch eine Förderung der Vector-Stiftung und der Gips-Schüle-Stiftung können wir die angehenden Lehrer bei der Umsetzung begleiten. Wir freuen uns, damit einen Beitrag zur Qualifizierung von Lehrkräften leisten zu können, um die Begeisterung für Technik bereits weit vor dem Studium zu fördern.



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

## DIN Test Feinstäube & Partikelemission

Die Emission von Feinstaub und die damit verbundenen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt bestimmen zunehmend die öffentliche Debatte. Ein nicht unerheblicher Teil des emittierten Feinstaubes entsteht hierbei u. a. in den Antriebsstrang-Komponenten Kupplung und Bremse sowie durch den Reifen-Fahrbahn-Kontakt. Aufgrund der zunehmenden Relevanz ist das IPEK momentan dabei, ein Cluster zu initiieren, in welchem die Entstehung und Ausprägung der Partikel wissenschaftlich erforscht werden soll. Ziel ist es, durch Kenntnis der Mechanismen die Partikelemission und hierbei vor allem den Feinstaub zukünftig deutlich zu reduzieren sowie Methoden und Prozesse für deren Messung bereitzustellen.

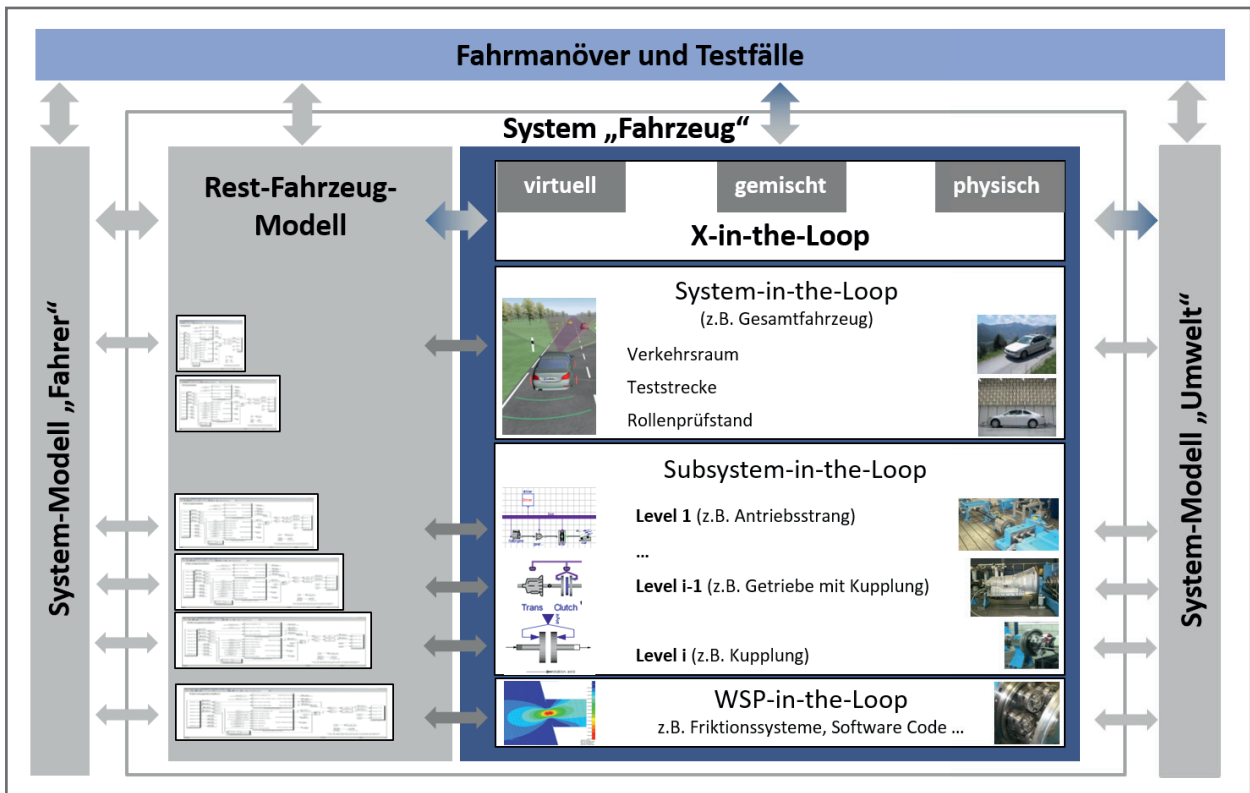
**Ansprechpartner:**  
**Dipl.-Ing. Sascha Ott, Tel.: +49 721 608-43681**

## Überarbeitung VDI-Kupplungsrichtlinie

Auf Initiative des IPEK werden die VDI-Kupplungsrichtlinien 2240 und 2241 Blatt 1 und Blatt 2 grundlegend überarbeitet. Der Richtlinienausschuss, dessen Vorsitz Dipl.-Ing. Sascha Ott inne hat, besteht aus Experten aus Forschung und Industrie.

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

# System- und Doppelkupplungsprüfstände für neue Antriebssysteme

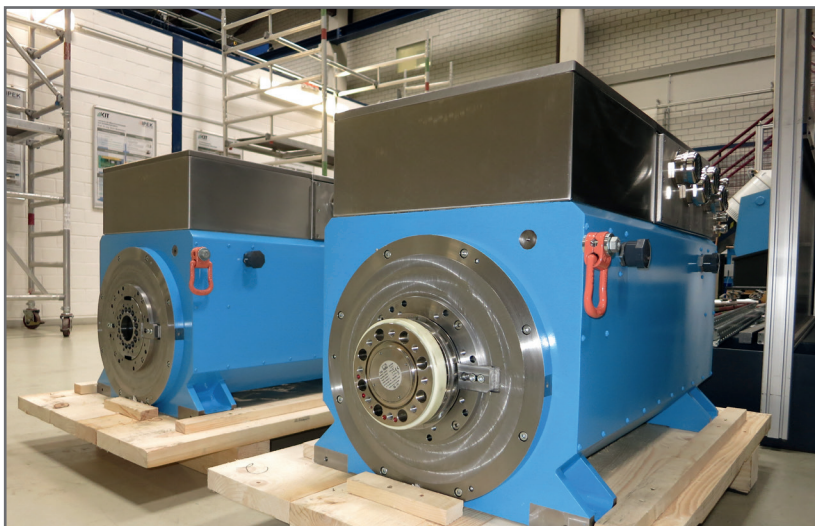


IPEK-X-in-the-Loop Framework – Grundlage für die IPEK Prüfstände

Das IPEK-Prüffeld für Antriebssystementwicklung wurde von Beginn an auf die systematische Untersuchung von Antriebssträngen konzipiert. Auf Basis problem- und erkenntnisgewinnorientierter Prüfkettensätze in Kombination mit dem IPEK-XiL-Ansatz wurde nach und nach ein modernes Antriebssystemprüffeld geschaffen. Durch die konsequente Beachtung nicht nur systemspezifischer-, sondern auch methodischer Bedarfe wurde das IPEK-Prüffeld von Beginn an so ausgelegt, dass agil und flexibel

Fragestellungen der Entwicklung neuer Antriebe, wie auch Fragestellungen z. B. bei Problemen von Antrieben in etablierten Anwendungen beantwortet werden können. Das IPEK hält eine durchgängige versuchsbasierte Entwicklungs- und Validierungsumgebung vor. Dies beginnt bei Messtechnik für Untersuchungen unter Feldbedingungen (Fahrversuche aber auch Untersuchungen stationärer Antriebssysteme in Maschinen) über einen Akustikrollenprüfstand, Antriebssystemprüfstände

bis hin zu Systemtribometern und Oberflächenmesstechnik zur Analyse funktionsrelevanter Reibkontakte. Über den IPEK-XiL-Ansatz physische und virtuelle Herangehensweisen zu koppeln, entstand somit eine einzigartige und sehr leistungsfähige Umgebung zum Umgang mit komplexen Problemstellungen der Antriebssystementwicklung. Dieses Prüffeld wurde nun auch mit Unterstützung des Landes Baden-Württemberg, sowie durch die Unterstützung unserer Partner und

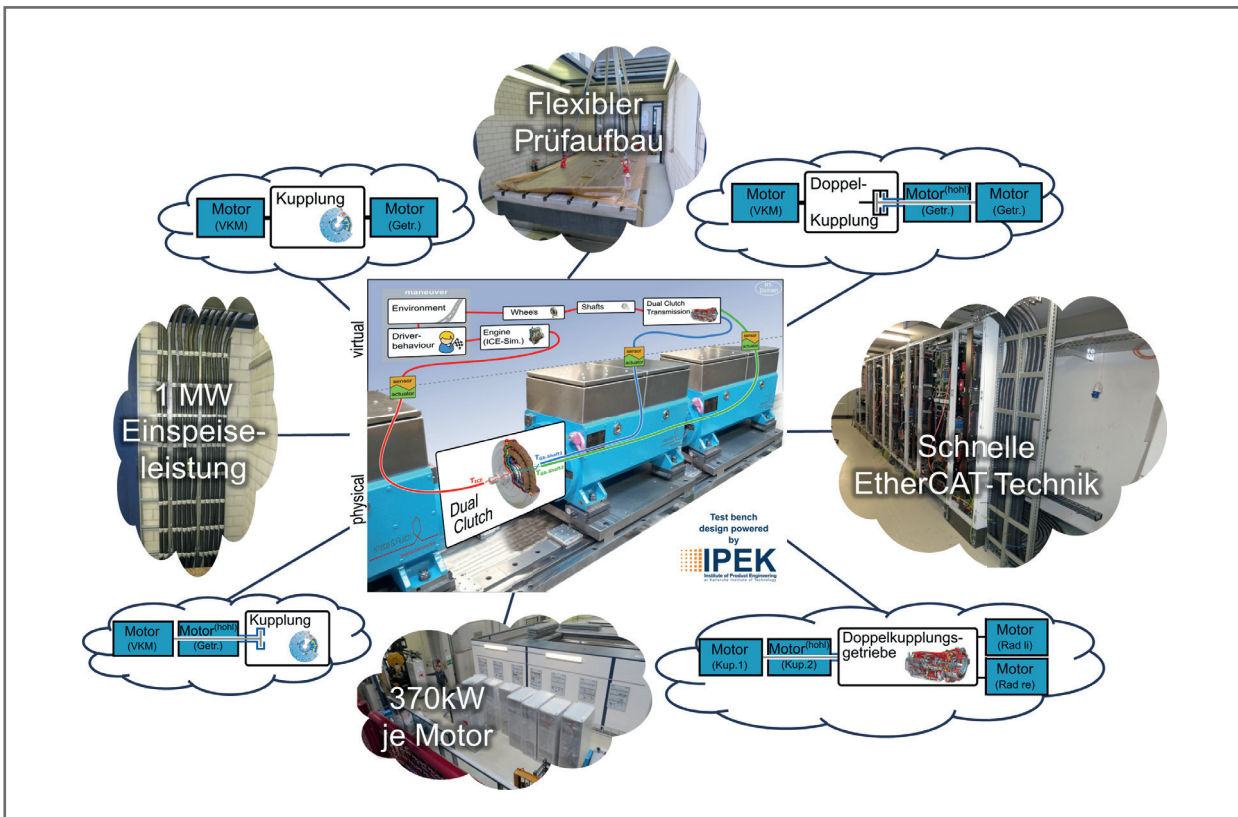


Universalantriebe für den eDrIL



Umrichtersysteme





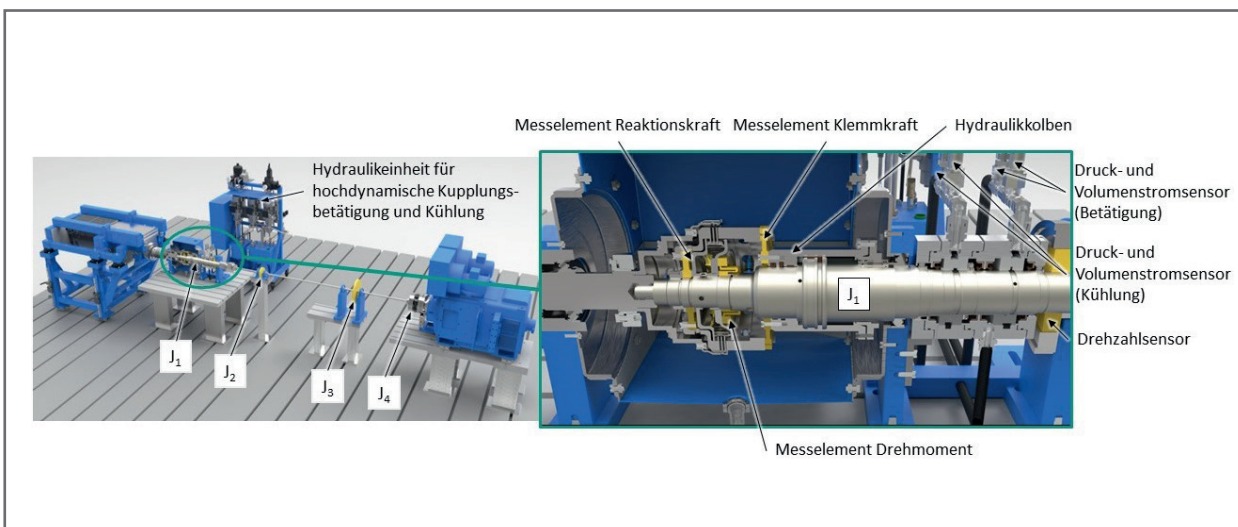
MCP – Technik und Einsatzmöglichkeiten durch modulares Konzept

Kunden erweitert. Hierzu wurden u. a. komplett neue Prüfstandsantriebe konzipiert, mit denen z. B. erstmals Doppel- und Dreifachkupplungen auch in elektrifizierten Lösungen untersucht werden können. Damit reagieren wir auf die in der Vielfalt heutiger und zukünftiger Antriebe begründeten neuen Fragestellungen. So wurde z. B. der bestehende eDril-eDrive in the Loop Prüfstand um zwei performante „Universaleintriebe“ in Sychrontechnik, die die hochdynamischen Modelle realisieren sowie um hochauflösende Drehmomentmesstechnik erweitert. Damit steht ein weiteres Element zur Abbildung

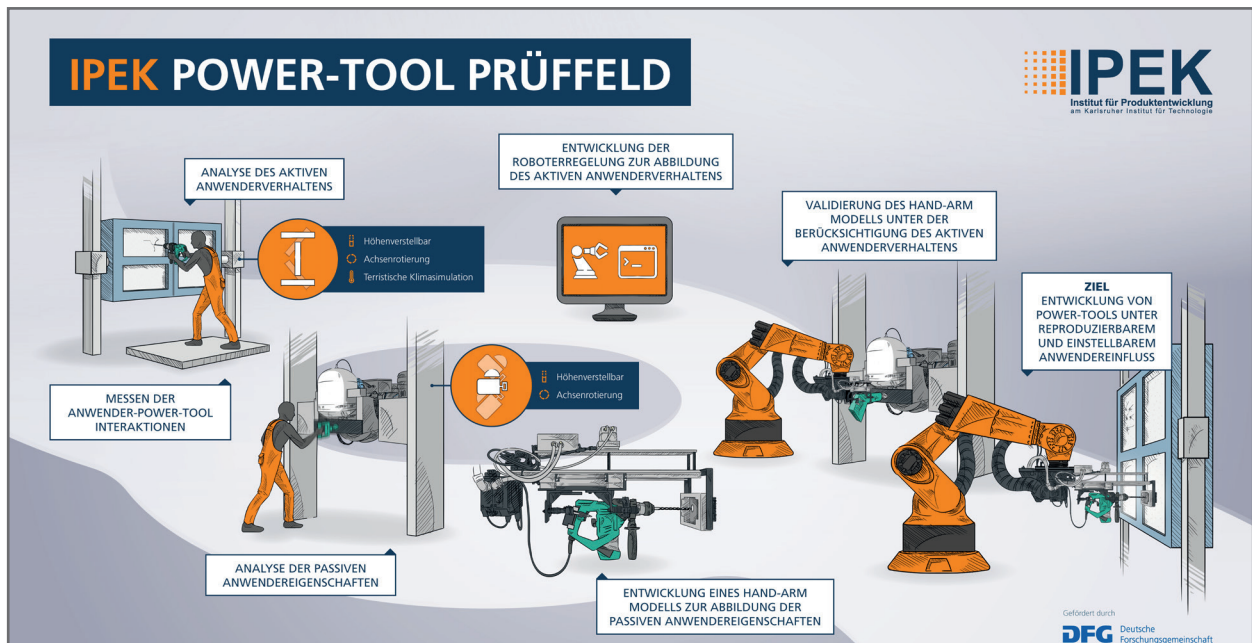
relevanter Antriebssystem-Randbedingungen zur Verfügung. Mit dem MCP – Multi-Component Prüfstand mit drei hochdynamischen und leistungsstarken Motoren – einer davon in Hohlwellenbauweise – haben wir einen völlig neuen Prüfstand entwickelt und aufgebaut welcher die hochdynamische Untersuchung von Doppelkupplungen ermöglicht. Darüber hinaus wurde der MCP vom IPEK so konzipiert, dass er sich bestens für die Untersuchung von Komponenten und Subsystemen neuer Antriebssysteme eignet. Mit dem Inline-Prüfstand für dynamische Untersuchungen nasslaufender

Kupplungen steht darüber hinaus ein neuer Prüfstand zur Untersuchung von Kupplungsaggregaten vor dem Hintergrund immer neuer und vor allem sehr veränderter Randbedingungen für den Einsatz von nasslaufenden Kupplungen z. B. in elektrifizierten Antrieben zur Verfügung. Sie wollen herausfordernde Probleme in Antriebssystemen experimentell untersuchen und lösen? Wir sind Ihr Partner!

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



Neuer Prüfstand für nasslaufende Doppelkupplungssysteme



## Power-Tool Prüffeld – Feierliche Eröffnung im Rahmen des Wissensforums Power-Tools – Innovationstreiber Validierung in Industrie und Wissenschaft 2017

Anlässlich des ersten Wissensforums Power-Tools am 07.07.2017 fand die feierliche Eröffnung des neuen Power-Tool Prüffeldes statt. Über 70 geladene Gäste aus Industrie und Wissenschaft durften sich in Fachvorträgen und Führungen durch die Labore des IPEK von den neuen Möglichkeiten der Power-Tool Validierung überzeugen.

**V**alidierung technischer Systeme kann nur in Wechselwirkung mit deren Umgebungssystemen erfolgen.

Wichtige Umgebungssysteme für Power-Tools sind der Anwender und der Untergrund. Die Erforschung der Wechselwirkungen zwischen diesen Teilsystemen und die reproduzierbare Abbildung der Wechselwirkungen in der Produktentwicklung sind das wissenschaftliche Ziel, das unter anderem mit Hilfe des neuen Power-Tool Prüffeldes erreicht werden soll.

Zur feierlichen Eröffnung des neuen Power-Tool Prüffeldes wurden Gäste aus der Power-Tool Branche sowie Forschungseinrichtungen eingeladen. In den Keynotes von Dr.-Ing. Olaf

Schadoffsky (HILTI Entwicklungsgesellschaft mbH) und Dr. Peter Dültgen (Forschungsgemeinschaft Werkzeuge

und Werkstoffe e.V.) wurde deutlich, welche herausragende Rolle die Validierung in der Produktentwicklung spielt. Es wurden die größten Herausforderungen in der Gegenwart und Zukunft der Produktvalidierung eindrücklich aufgezeigt. Bei den anschließenden Fachvorträgen wurde erläutert, wie der akute Forschungsbedarf durch das IPEK-XiL adressiert wird. Die neuesten Forschungsergebnisse in den Forschungsthemen Anwendungsfälle, passive und aktive Anwendereigenschaften, Untergrundmodellierung und Teilsystemvalidierung bei Power-Tools, Werkzeugen und Consumables wurden vorgestellt.

Im Anschluss konnten die Gäste in geführten Gruppen eine Auswahl der Prüfstandstechnik des IPEK erleben. In kurzen Vorträgen wurden, zusammen mit Live-Demonstrationen der Prüfstände, die Schwerpunkte des IPEK und insbesondere der Forschungsgruppe Gerätetechnik verdeutlicht. Zentrales Augenmerk lag hierbei auf der Präsentation des, von der DFG geförderten,







Anwender am AIP bei einer Messung von dynamischen Eigenschaften des Hand-Arm Systems bei Über-Kopf Haltung

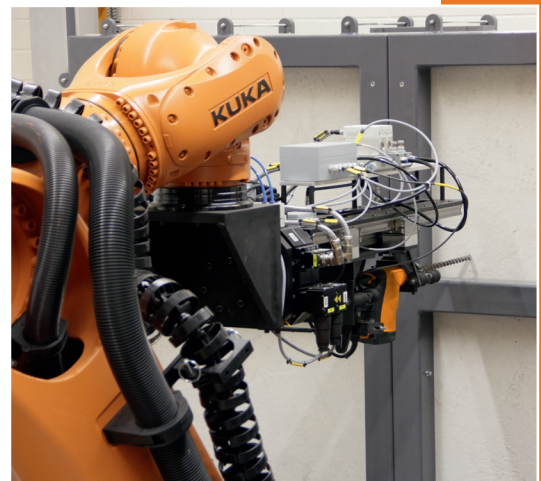
Power-Tool Prüffeldes, welches im Rahmen des Wissensforums erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Das Power-Tool Prüffeld dient der Untersuchung und automatisierten Abbildung der Einflüsse des Anwenders auf das Power-Tool und gliedert sich dabei in drei Komponenten. Der **APP - Automatisierter Power-Tool-Prüfstand** besteht derzeit aus einem Industrieroboter mit einem kommerziellen Hand-Arm Modell. Zentrales Forschungsziel des Power-Tool Prüffeldes ist die Entwicklung valider Hand-Arm Modelle, welche die Grenzen der bisherigen Forschung erweitern. Über den Roboter werden die aktiven Anwenderkräfte auf das Power-Tool aufgeprägt, während das Hand-Arm Modell die passiven dynamischen Eigenschaften abbildet. Die aktiven Kräfte und Momente, wie beispielsweise Vorschubkraft, werden in Handversuchen bestimmt und im Anschluss auf dem APP nachgebildet. Ein weiterer Fokus liegt auf der Entwicklung

einer Regelung für die Nachbildung aktiver Kräfte und Momente. In Kombination mit dem **PIP - Power-Tool-Interaktion-Prüfstand**, einem flexiblen Untergrundpositioniersystem, können Power-Tools reproduzierbar und automatisiert an verschiedenen Untergründen untersucht werden. Hierbei sind unterschiedliche Orientierungen des Untergrundes möglich, sodass verschiedene Anwendungsszenarien, wie z. B. Wand,

Decke und Boden, nachgebildet werden können. Eine Temperiereinheit ermöglicht dabei die Simulation von verschiedensten Einsatzbedingungen, sodass die Geräte an ihre Leistungsgrenzen geführt werden können. Die installierten Absaug- und Lärmschutzvorrichtungen erlauben den Test von Power-Tools im Dauerbetrieb.

Mit dem **AIP-Anwender-Interaktion-Prüfstand** können die passiven dynamischen Eigenschaften des Anwenders erfasst werden. Eine Schwingungsanregung mittels elektromechanischem Shaker-System ermöglicht die Charakterisierung von Hand-Arm Systemen des Menschen. Die Anregung erfolgt entweder translatorisch, rotatorisch oder überlagert in maximal zwei Freiheitsgraden. Es können Frequenzen bis 1000 Hz aufgebracht werden. Um einen Übertrag auf das Power-Tool zu ermöglichen, werden die Schwingungsantworten des Anwenders direkt an der Hand mit einem speziell konzipierten

Messgriff erfasst. Die Montage des Shaker-Systems ermöglicht eine freie Positionierung in der vertikalen Richtung. Zusätzlich kann das Shaker-System gekippt werden, sodass neben der aufrechten Haltung auch andere Körperhaltungen untersucht werden können. Dies stellt eine weltweit einzigartige Untersuchungsmöglichkeit für Power-Tools dar. Mit Hilfe der gesammelten Daten werden zukünftig mechanische Hand-Arm Modelle weiterentwickelt und gefertigt. Die Validierung der Hand-Arm Modelle findet direkt am Shaker-System statt. Ein Einsatz des mechanischen Hand-Arm Modells auf dem Automatisierten-Power-Tool Prüfstand ermöglicht es, reproduzierbare Tests unter anwendungsnahen Randbedingungen durchführen zu können und dabei die Grenzen von existierenden Hand-Arm Modellen zu verschieben. Beim Get-together wurden bereits erste Kooperationen besprochen, sodass schon kurze Zeit nach der Prüffelder-



öffnung konkrete Forschungsprojekte auch in Kooperation mit unseren Partnern aus der Industrie gestartet werden konnten. Bereits heute steht fest, dass das Power-Tool Prüffeld einen wichtigen Beitrag für die Validierung von Power-Tools leisten kann. Sollten Sie Interesse oder Fragen bezüglich der entwicklungsbegleitenden Validierung von Power-Tools haben, sprechen Sie uns bitte jederzeit an!

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





## Erfahrungsbasierter Wissensaufbau - Unser Workshop in der Maschinenkonstruktion geht in die nächste Generation

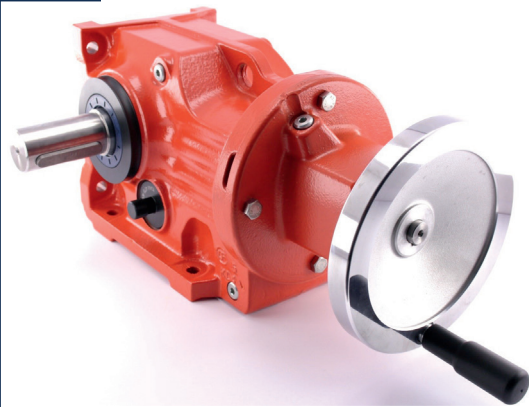
Die Fähigkeit, technische Systeme zu analysieren, ihre Funktionsweise zu durchschauen und darauf aufbauend neue Systeme zu konstruieren, gehört zum Handwerkszeug eines jeden Konstruktionsingenieurs. Um bereits zu Beginn des Studiums diese Kompetenzen gezielt zu fördern, haben wir am IPEK 1999 ein Workshop-Konzept für Erstsemester-Studierende des Maschinenbaus entwickelt. Dieses Konzept wurde jetzt mit freundlicher Unterstützung von SEW Didactics weiterentwickelt. Eine große Zahl speziell aufbereiteter Stirn- und Kegelradgetriebe wurde gespendet und in den erfahrungsbasierten



Wissensaufbau der MKL-Workshops integriert. Explizite Lernziele machen die Getriebe für die universitäre Lehre nutzbar. Somit fördern wir seit dem Wintersemester 2016/17 gezielt die Analyse- und Synthesekompetenz der Studierenden, die dadurch besser für das spätere Berufsleben qualifiziert werden. Das intensive Lernen am Getriebe im Workshop ermöglicht ihnen eine Vernetzung der Grundlagen aus der Vorlesung und Übung im Hinblick auf Funktion, Fertigung und Montage mit der tatsächlichen Gestalt des Systems. Anhand von Fragestellungen,

welche die Studierenden während der Analyse – unterstützt durch Coaches – bearbeiten, erlangen sie zusätzlich ein Gefühl für das Zusammenspiel der einzelnen Bauteile. Durch die expliziten Lernziele ist das Konzept auf verschiedene Rahmenbedingungen übertragbar. Sprechen Sie uns an, wenn Sie Interesse an dem Lehrkonzept haben.

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



## Die Anwendungsqualität im Fokus: Methodisches Testen und Sezieren von Power-Tools

Werden Profianwender gefragt, welche Anforderungen sie an ein erstklassiges Power-Tool stellen, dann gibt es im Normalfall nur eine Antwort: „Es muss funktionieren und optimal bei der Arbeit unterstützen“. Anders ausgedrückt steht beim Profi die technische Leistungsfähigkeit, sowie die Anwendungseignung eines Power-Tools im Fokus, was unter dem Begriff der Anwendungsqualität zusammengefasst wird. Die Anwendungsqualität an sich hängt dabei von unterschiedlichen Einflussfaktoren wie beispielsweise den durchgeführten Anwendungen, der Fertigungsqualität, den Erfahrungen des Anwenders, sowie den subjektiven Eindrücken bei der Produktbenutzung ab. Um genau diese Einflussgrößen unter kontrollierten Laborbedingungen

realitätsnah zu untersuchen, gibt es am IPEK einen konformitätserklärten Prüfprozess für Power-Tools, innerhalb welchem Power-Tools hinsichtlich ihrer

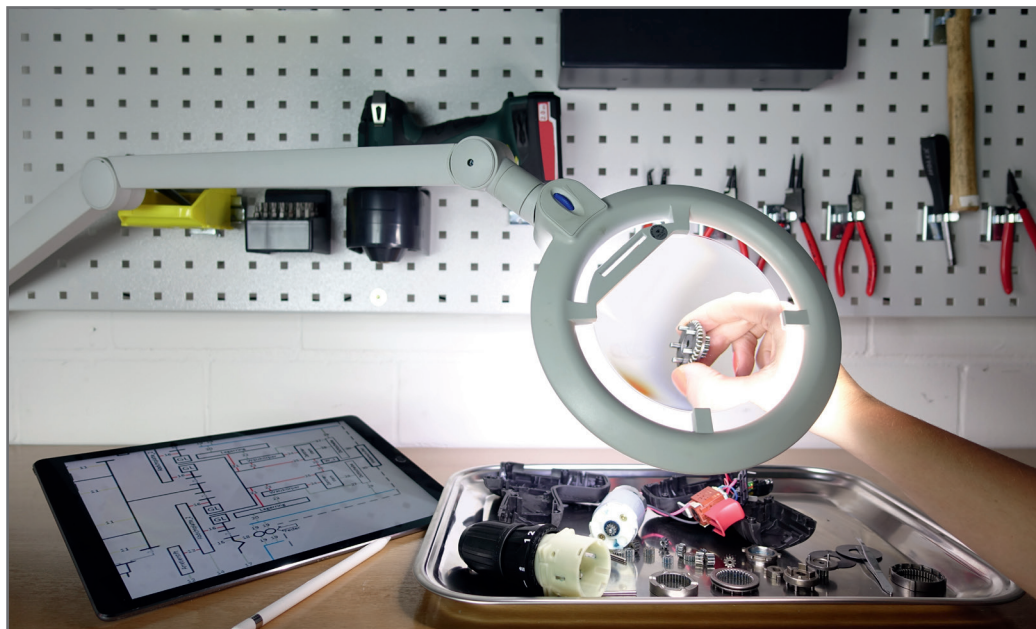
Anwendungsqualität untersucht und bewertet werden. Im IPEK-Power-Tool Testcenter können realitätsnah Stahl-, Stein- und seit neuestem auch



Schruppanwendungen mit Winkelschleifern im IPEK – Power-Tool Testcenter



Holzanwendungen durchgeführt werden. Diese Umgebung ermöglicht es Testanwendern, relevante Anwendungen in 30 stündigen Handtests mit Prüflingen und Referenzgeräten, durchzuführen. Hierbei werden die verschiedenen Systeme im Wechsel benutzt, wodurch, neben der Bewertung der empfundenen Anwendungs-



IPEK – Power-Tool Sezierlabor

eignung, eine Belastung der Power-Tools nach definierten Kriterien erfolgt. Durch dieses Vorgehen ist es möglich, die technische Leistungsfähigkeit hinsichtlich der unterschiedlichen Anwendungen zu beurteilen. Innerhalb des Prozesses werden umfangreiche Systemanalysen durchgeführt, welche als Ziel die frühzeitige Ermittlung potentieller

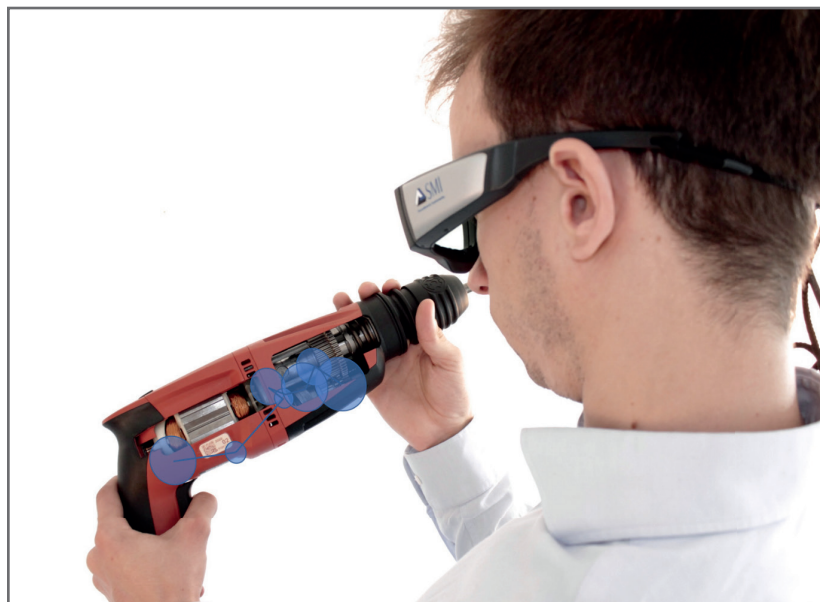
Schwächen und Schäden haben. Dazu wird jeder Prüfling nach einem standardisierten Analyseprozess für Power-Tools „seziert“ und Potentiale für die Weiterentwicklung abgeleitet. Wird den getesteten Power-Tools eine besonders hohe Anwendungsqualität bestätigt, gibt es über die unabhängige Prüf- und Zertifizierungsstelle

VPAZert die Möglichkeit, das Siegel für geprüfte Anwendungsqualität zu erhalten ([www.kitct.de/pruefsiegel-vpa](http://www.kitct.de/pruefsiegel-vpa)).

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

## Mit dem Blick eines Profis analysieren

Eine erfolgreiche Produktentwicklung setzt ein tiefes Systemverständnis beim Konstruktionsingenieur voraus. Die Herausforderung liegt hierbei häufig darin, die tatsächliche Problemursache in einem technischen System zu identifizieren. Am IPEK erforschen wir daher, wie erfolgreiche Konstruktionsingenieure bei der Analyse technischer Systeme vorgehen und so den Grundstein für eine zielgerichtete Lösungssynthese setzen. In unseren Studien bekommen erfahrene Konstruktionsingenieure und Maschinenbau-Studierende reale Konstruktionsaufgaben aus Industrieunternehmen. Während der Studien werden die Blickbewegungen der Teilnehmer mit Eye-Tracking Brillen erfasst. Zudem sprechen die Teilnehmer ihre Gedanken bei der Bearbeitung laut aus. In Kombination mit den Blickbewegungen können wir so auch auf implizite Denkvorgänge beim Konstruieren schließen. In einer ersten Studie konnten wir bereits zeigen, dass erfahrene Konstruktionsingenieure Problemursachen zielsicherer identifizieren. Dazu prüfen erfahrene Ingenieure ihre Vermutungen häufiger



und tiefgehender. Die Erkenntnisse dieser Studien werden jetzt in einen Methodenansatz für Analysephasen in der Konstruktion zusammengeführt. Hierdurch werden die erfolgreichen Denkweisen auch für andere Ingenieure nutzbar. Sie möchten bei Analysephasen in der Konstruktion unterstützt werden oder

haben Interesse an einer Schulung zu der entwickelten Analysemethode – Sprechen Sie uns an!

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



## Preise und Auszeichnungen

### ■ Studienpreis der Dr.-Ing. Willy-Höfler-Stiftung für Kevin Hölz

Am 14. Juli 2017 wurde M.Sc. Kevin Hölz auf dem Maschinenbautag 2017 des KIT der Studienpreis der Dr.-Ing. Willy Höfler Stiftung überreicht. Dieser Preis wird u. a. zur Ehrung von exzellenten Abschlussarbeiten im Fachbereich der Konstruktion verliehen. Herr Hölz beschäftigte sich in seiner Masterarbeit mit der systematischen Anforderungsgenerierung für die Konstruktion von Power-Tools am IPEK. Dazu wurde ein Leitfaden erstellt, mit welchem die Identifikation des Nutzungsverhaltens, die Beschreibung der daraus abgeleiteten Anwendungsfälle und die Dokumentation der ermittelten Anforderungen ermöglicht wird.



### ■ Pahl-Beitz-Preis der WiGeP für Dr.-Ing. Nikola Bursac

Die Dissertation von Dr.-Ing. Nikola Bursac zum Thema „Model Based Systems Engineering zur Unterstützung der Baukastenentwicklung im Kontext der Frühen Phase der PGE-Produktgenerationsentwicklung“ wurde von der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung - WiGeP mit dem Pahl-Beitz-Preis ausgezeichnet. Die WiGeP verleiht diesen Preis im zweijährigen Rhythmus für Promotionen mit herausragender ingenieurtechnischer Relevanz und hohem Innovationsgehalt. Prof. Albers freut sich ganz besonders über die Ehrung der Forschungsarbeit, die er als Doktorvater eng betreute. Dr.-Ing. Bursac ist der

vierte Preisträger aus dem Kreis der Doktoranden von Prof. Albers. Herr Dr.-Ing. Bursac beschäftigt sich in seiner Dissertation mit den Herausforderungen der Baukastenentwicklung, insbesondere im Kontext der Fahrzeugindustrie. Er hat mit der von ihm vorgelegten Arbeit in ausgezeichnete Weise gezeigt, wie mit wissenschaftlichen Methoden auch komplexe Themen aus der Entwicklung von Fahrzeugen angegangen werden können, und diese dann zu erfolgreichen Methodik-Lösungen geführt. Seine Arbeit zeigt sein hohes Potenzial als Forscher auf dem Gebiet der Produktentwicklung, aber auch als Ingenieur in der Antriebsentwicklung. Wir freuen uns mit Dr.-Ing. Bursac über diese Ehrung.







## Promotionen

### ■ Carl-Freudenberg-Preis 2017 für Dr.-Ing. Simon Klingler

Herr Dr.-Ing. Simon Klingler wurde von einer fünfköpfigen wissenschaftlichen Jury unter Leitung von Prof. Albers zusammen mit zwei weiteren Preisträgern für den Carl-Freudenberg-Preis 2017 ausgewählt. Der Preis wird alle zwei Jahre für herausragende Arbeiten mit naturwissenschaftlich-technischem Hintergrund vergeben. Herr Dr.-Ing. Klingler wurde für seine wissenschaftliche Arbeit zum Thema „Eine Methode zur effizienten und effektiven Unterstützung der kontinuierlichen Validierung im Kontext der PGE-Produktgenerationsentwicklung“ ausgezeichnet. Die Preisverleihung erfolgte im Rahmen der Carl-Benz-Gedenkvorlesung am 23. November 2017.

### ■ Blust, Markus

Effizientes Screening des tribologischen Eignungspotenzials alternativer Werkstoffpaarungen für den Einsatz in tribologischen Kontakten von Axialkolbenmaschinen als Beitrag zum Produktentstehungsprozess

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

### ■ Klingler, Simon

Eine Methode zur effizienten und effektiven Unterstützung der kontinuierlichen Validierung im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

### ■ Bernhardt, Johannes

Entwicklung von Friktionssystemen am Beispiel einer nasslaufenden Lamellenkupplung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

### ■ Ruckpaul, Anne

Synthese-getriebene Analyse technischer Systeme in der

Produktentwicklung – Ein Beitrag zum Messen und Verstehen von Analyseprozessen während der Konstruktion unter Einsatz von Eye-Tracking

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen

### ■ Walch, Markus

Variantenentwicklung im ZHO-Modell im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung – Methode zur Entscheidungsunterstützung bei der Konzeptentwicklung in der Angebotsphase auf Basis abgeleiteter Varianten

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

### ■ Pinner, Tobias

Ein Beitrag zur Entwicklung von Koppelsystemen für die Validierung im Kontext des X-in-the-Loop-Frameworks am Beispiel eines Schaltroboters

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

### ■ Fischer, Jan

Methoden für die Validierung des Fahrzeuginnengeräusches von Elektrofahrzeugen in Bezug auf tonale Geräusche aufgrund torsionaler Anregung durch den Elektromotor

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers

### Veröffentlichungskennzahlen

■ 62 Konferenzbeiträge ■ 13 Zeitschriftenartikel ■ 13 Journal-Artikel

# Neu am IPEK



**Lang, Timo**  
Technischer Mitarbeiter  
Werkstatt  
01.01.17



**Gürbüz, Hüseyin**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Antriebssystemtechnik  
01.05.2017



**Lindenmann, Andreas**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Gerätetechnik  
01.10.17



**Kemper, Christian**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Kupplungen und  
tribologische Systeme  
01.02.2017



**Hirschter, Tobias**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Entwicklungsmethodik  
und -management  
01.07.17



**Nan, Zequn**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
NVH und Systemvalidierung  
01.10.17



**Wolter, Kai**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Antriebssystemtechnik  
01.02.17



**Reinemann, Jonas**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Entwicklungsmethodik  
und -management  
01.07.2017



**Tanaiutchawoot, Narucha**  
Wiss. Mitarbeiterin  
Entwicklungsmethodik  
und -management  
01.10.17



**Fritzsche, Nina**  
Technische Mitarbeiterin  
Werkstatt  
09.02.17



**Mandel, Constantin**  
Wiss. Mitarbeiter  
NVH und  
Systemvalidierung  
01.08.17



**Bremer, Frank**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Konstruktionsmethodik  
01.11.17



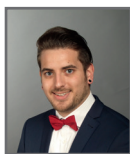
**Bopp, Manuel**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
NVH und System-  
validierung  
15.02.17



**Busch, Felix**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Antriebssystemtechnik  
01.09.17



**Trojan, Kamil**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Konstruktionsmethodik  
01.12.17



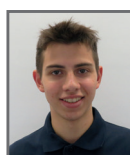
**Heimicke, Jonas**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Entwicklungsmethodik  
und -management  
01.03.2017



**Eisenmann, Matthias**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Konstruktionsmethodik  
01.09.17



**Ebertz, Jona**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Antriebssystemtechnik  
01.05.2017



**Karakus, Yakup**  
Technischer Mitarbeiter  
Azubi Werkstatt  
01.09.2017

## Kontakt

### 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 2017

