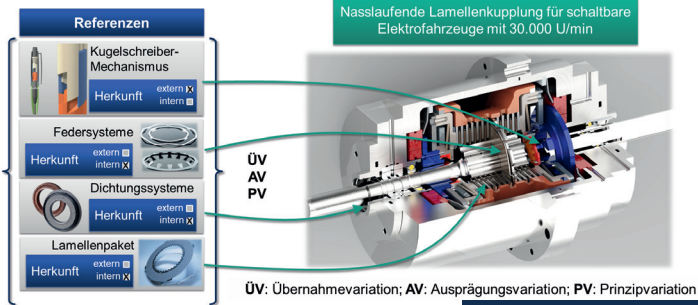


IPEK Inside Seite 21



IPEK Inside Seite 16

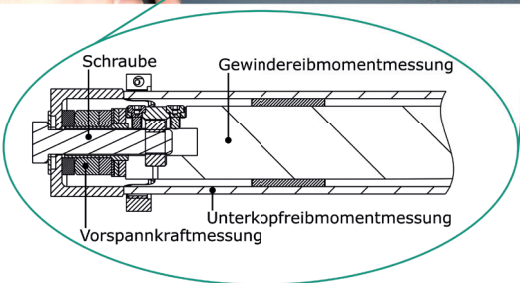
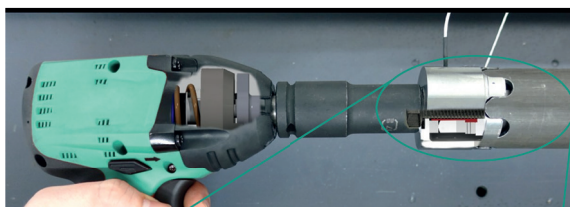


IPEK Inside Seite 6

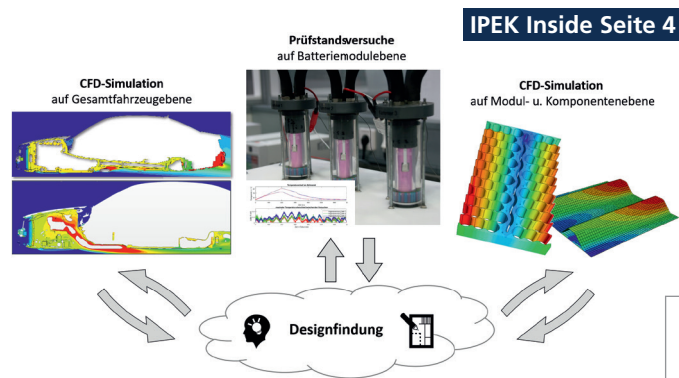


IPEK Inside Seite 7

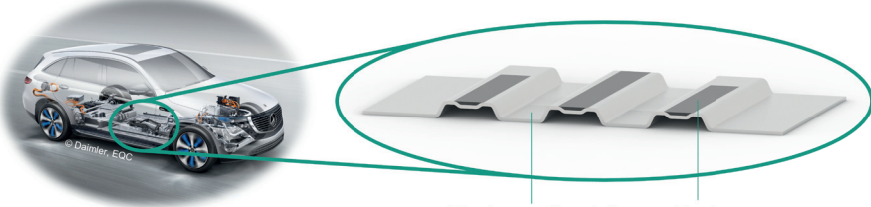
„Produkt-und-Produktionssystem-Co-Design als Basis innovativer Systemlösungen“



IPEK Inside Seite 11



IPEK Inside Seite 4

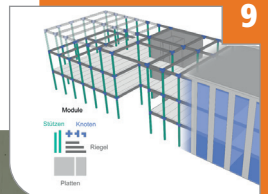


IPEK Inside Seite 5

Blechgrundbauteil Endlosfaserverstärkter Kunststoff



IPEK Inside Seite 10



9



7

Was das Corona-Virus mit uns macht, haben wir selbst in der Hand!

Liebe Leser*innen, in diesem Jahr stehen wir alle sicher unter dem Eindruck der Pandemie. In der ganzen Welt sehen wir zum Teil dramatische Entwicklungen. Viele Menschen erkranken, einige – zu viele – müssen sterben. Eine Atmosphäre der Angst hat sich wie ein Mehltau über unser Leben gesenkt. Viele gewohnte soziale Kontakte sind nicht mehr möglich. Die Gesundheitssysteme kommen überall an ihre Grenzen. Die Politik ergreift zum Teil sehr radikale Maßnahmen, um der Bedrohung Herr zu werden. Der Shutdown vieler Volkswirtschaften und die zum Teil umfangreichen Reiseeinschränkungen führen zu extremen volkswirtschaftlichen Belastungen und einer vor Corona unvorstellbare Verschuldung – gerade auch in Deutschland. Gleichzeitig reagieren einige Menschen mit Ablehnung dieser Maßnahmen und berufen sich auf die bürgerlichen Rechte und Freiheiten. Dies muss unsere demokratische Gesellschaft aushalten, selbst wenn neben evtl. berechtigten Einwänden auch viele Pseudo-Argumente und Verschwörungstheorien und oft auch Egoismus dabei sind. Das sind die akuten Auswirkungen, die uns alle beschäftigen. Aber Corona wird aus meiner Sicht auch nachhaltige gesellschaftliche Auswirkungen haben, auch auf unser Thema der Produktentwicklung und Produktion. Ich bin mir sehr sicher, dass trotz aller Sehnsucht vieler ins „Home-Office Verbannter“ nach dem Büro, die beschleunigte Digitalisierung unserer Kommunikation massive Auswirkung auf unser Tun in der Zukunft haben wird. Corona hat gezeigt, dass vieles möglich ist, wo es vorher größte Bedenken gab! Dies ist auch eine Herausforderung für die Forschung. Gleichzeitig sind viele Geschäftsbereiche stark gefährdet – ich befürchte da in Deutschland nach dem Auslaufen der Hilfsmaßnahmen viele Insolvenzen und Entlassungen – auch im Maschinen- und Fahrzeugbau. Eine von mir durchgeführte Expertenbefragung zeigte unter anderem, dass in den Unternehmen der Fokus auf kurzfristigen Umsatz mit schnellen Lösungen die Bemühungen um zukünftige Innovationen zurückgedrängt hat. Einstellungsstopps – gerade auch im Bereich junger Ingenieure*innen – und drohende Entlassungen werden einen starken negativen Einfluss auf die Studienfachwahl in den nächsten Jahren haben, wie wir es schon mehrfach erlebt haben! Wer hätte nach dem Gezeter um den Fachkräftemangel noch im letzten Jahr dies vorhergesehen. Diese Tendenzen sind aus meiner Sicht für unsere Gesellschaften noch viel gefährlicher als das Virus! Ich setze dagegen: lassen Sie uns gemeinsam mit Mut und Optimismus die Herausforderungen an gehen und durch Innovationen Zukunft sichern. Das IPEK leistet dazu einen Beitrag, wie Sie auch in dieser Inside lesen werden! Bleiben Sie gesund und seien Sie optimistisch!

Ihr



Albert Albers

Additive Fertigung: Drucken wir uns die Welt, wie sie uns gefällt? – Ja, aber nur da, wo es sich lohnt!

Additive Manufacturing (AM) ist in aller Munde und ermöglicht es, die gewünschte Gestalt einer Komponente ohne größere Restriktionen zu verwirklichen. Die Methoden und Prozesse entwickeln sich schnell weiter, dennoch limitiert die lange Fertigungszeit das AM auf kleine Stückzahlen. Daher kann AM derzeit nur dort eingesetzt werden, wo es die größten Vorteile verspricht. Ein solcher Vorteil ist die frühe Validierung durch Rapid Prototyping, da die Fertigung näher an den Konstruktionsprozess heranrückt. Zudem können system-

ischer Leichtbau sowie neuartige Funktionsintegration weitere wichtige Gründe sein, über die Nutzung von AM für die eigenen Komponenten nachzudenken. Hierbei sollten die Randbedingungen aus Material- und Prozesssicht dennoch nicht außer Acht gelassen werden. Zudem muss die Gestalt der Prototypen sehr ähnlich zu der späteren Komponente sein, um verlässliche Aussagen treffen zu können.

Mit der methodengestützten Identifikation von Potentialen in den frühen Phasen der Produktentwicklung

beantwortet das IPEK die treibende Frage: Wo genau lohnt der Einsatz von AM nun und in welchem Umfang? Dabei werden Fragestellungen zu Methoden, der Modellbildung, den Prozess- und Materialeinflüssen bis hin zur konstruktiven Umsetzung adressiert und so traditionelle Denkmuster aufgebrochen. Zur Vernetzung der anwendungsnahen Forschung kooperieren wir hierzu in vielen Projekten mit Unternehmen und Forschung, so z. B. im InnovationsCampus Mobilität der Zukunft mit der Universität Stuttgart. Durch den am IPEK entwickelten

C&C²-Ansatz können AM-spezifische Randbedingungen direkt in der Modellbildung berücksichtigt werden. Simulationsgestützte Methoden heben anschließend das Leichtbaupotential durch eine Topologieoptimierung unter Einbezug der Prozess- und Materialeigenschaften. Rapid Prototyping in den frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses

kann parallel und entwicklungsbegleitend dazu genutzt werden, eine schnelle Validierung zu ermöglichen und neue Funktionen frühzeitig zu erproben. Hierzu stehen am IPEK und am KIT die gesamte Materialpalette von Kunststoffen über Gummi und faserverstärkten Materialien bis hin zu metallischen und keramischen Werkstoffen zur Verfügung.

Sie sehen Potential in der Additiven Fertigung durch Funktionsintegration in Ihren Produkten und schneller Validierung durch physische Prototypen für Ihr Unternehmen und wollen schneller zur Konstruktionslösung kommen? Sprechen Sie uns an!

<p>Methoden und Modellbildung</p> <p>Ursprüngliche Gestalt + Gestalt-Funktion-Zusammenhang (GFZ) + Randbedingungen & Einflüsse</p>	<p>Frühe Validierung</p> <p>Additiv gefertigtes Akkuschauber-Gehäuse</p>
<p>Leichtbaupotential</p> <p>CAD-Modell + Prozessdaten des SLM (Schichtweiser Aufbau, Druckrichtung, Hohe Temperatur, Niedrige Temperatur) → Topologieoptimierung → Optimiertes Design</p>	<p>Neuartige Funktionsintegration</p> <p>Additiv hergestelltes Metamaterial</p>

Auszüge zur Forschung an Additiver Fertigung: oben links Analyse eines konventionell hergestellten Elektromotors zur Identifikation der Potentiale durch AM, oben rechts Akkuschauber-Gehäuse-Prototyp zur schnellen Validierung von Produktdesigns, unten links Hebung des Leichtbaupotentials durch gezielten Einsatz von Simulationsmethoden, unten rechts Funktionsintegration am Beispiel eines „akustischen Metamaterials“ mit gezielten und hocheffektiven akustischen Dämpfungseigenschaften

Thermomanagement-Entwicklung für elektrische Antriebssysteme von der Anforderungsdefinition bis zur Prototypenentwicklung

Die Forderung nach höheren Energie- und Leistungsdichten bei elektrischen Antriebssystemen führt zu neuen Herausforderungen in der Gestaltung des Thermomanagements. Dieses stellt ein zentrales Element in der Entwicklung elektrischer Antriebssysteme dar, um maximale Performance und Lebensdauer zu gewährleisten.

Das IPEK kann auf langjährige Erfahrungen in der thermischen Auslegung und Optimierung hochbeanspruchter Kupplungssysteme zurückgreifen. Dieses Knowhow in

der validierungsgetriebenen Entwicklung und Konstruktion nutzen wir in vielfältiger Weise im Bereich der elektrischen Antriebssysteme. Als Partner für die Entwicklung von Thermomanagementsystemen unterstützen wir Sie bei der Lastenheftdefinition, der Konzeptfindung, der rechnergestützten Auslegung und Optimierung als auch bei der Absicherung physischer Prototypen. Durch die ganzheitliche Betrachtung berücksichtigen wir stets den Anwendernutzen auf Gesamtsystemebene, sowie Wechselwirkungen mit Sub- und Super-

systemen. Die Designfindung basiert auf dem Erkenntnisgewinn aus entwicklungsbegleitenden Validierungsaktivitäten unter Nutzung von Simulationsmethoden (1D – 3D) und Prüfstandversuchen.

Neben der simulationsbasierten Auslegung, validieren wir Batteriezellkühlungen, unter Einsatz eigens entwickelter Batteriezellummies mit steuerbarer Heizleistung. Zudem forschen wir an neuen Validierungsansätzen für Batteriezellkühlungen, um das thermische

und elektrische Verhalten auf Modul- oder Batteriesystemebene abzubilden. Diese Erkenntnisse bilden die Basis, um entsprechende Kühl- designs sukzessive unter Berücksichtigung thermischer und weiterer Zielgrößen zu optimieren.

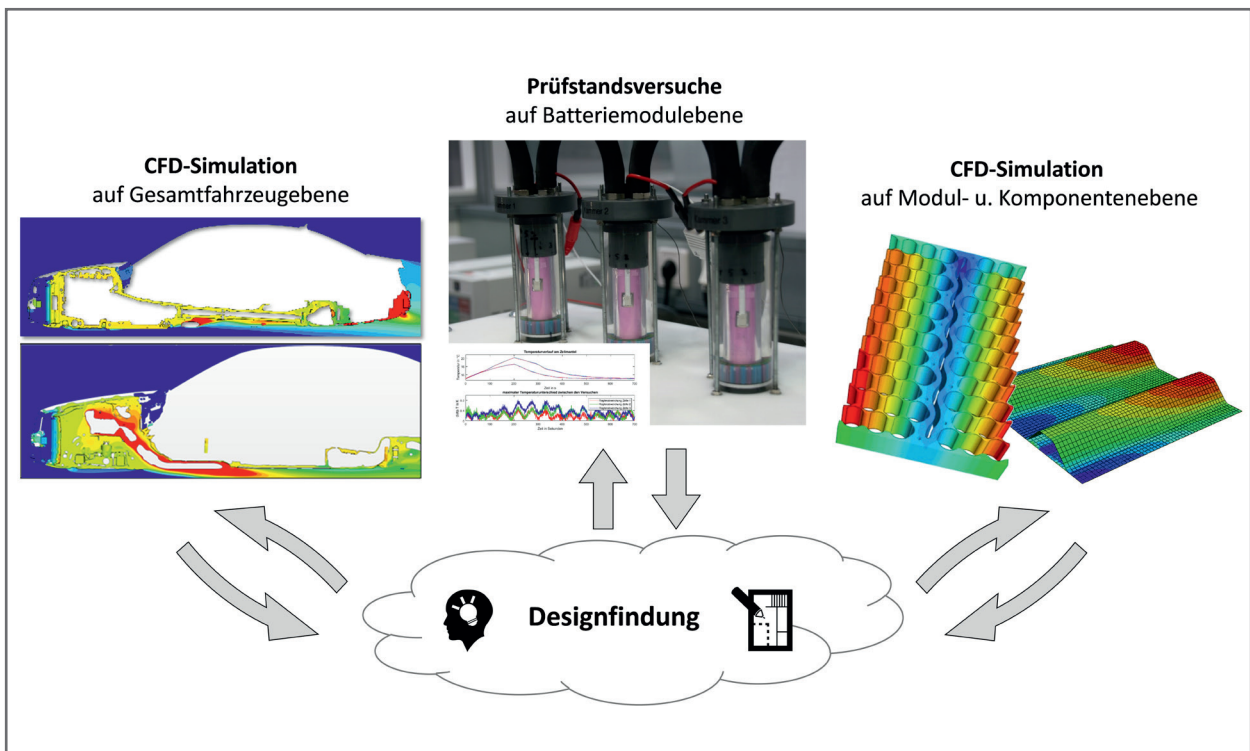
Unsere Erfahrungen in der Modellbildung und Simulation lassen sich auch auf das Thermomanagement von Brennstoffzellensystemen übertragen, um Einflüsse von thermischem und elektrischem Verhalten auf Alterungseffekte und die Systemzuverlässigkeit zu untersuchen

bzw. die Energieeffizienz zu steigern. Weiterhin werden am IPEK Methoden entwickelt, welche strömungs- und strukturmechanische Simulationen koppeln, um die thermomechanischen Spannungen in Hochtemperaturbrennstoffzellen zu berechnen und die Gestalt ihrer Systemkomponenten numerisch zu optimieren.

Shapeoptimierungs- und CFD-Simulationsmethoden kommen auch zur automatisierten Optimierung von Konzepten zur Wärmeabfuhr in Antriebssystemen der Luftfahrt zum

Einsatz. Die dadurch entwickelten Methoden lassen sich branchenübergreifend auf verschiedenste Systeme übertragen.

Das IPEK ist Ihr Partner für die Entwicklung von technischen Lösungen zum Thermomanagement in elektrischen Antriebssystemen. Wir unterstützen Sie von der Anforderungsdefinition bis zur Prototypenentwicklung. Sprechen Sie uns an!



Designfindung von Thermomanagement-Lösungen auf Basis von komponenten- und systemorientierten Simulationen und experimentellen Versuchen zur frühen Berücksichtigung der komplexen Randbedingungen Wechselwirkungen bereits in der frühen Produktentwicklungsphase

Methodisch erarbeitete Leichtbaulösungen ermöglichen innovative Produkte!

Die zunehmende Anzahl an Funktionen in technischen Systemen führt dazu, dass sowohl deren Komplexität als auch ihr Gewicht zunimmt. Bei mobilen Systemen führt dies häufig zu sinkender Energieeffizienz und erhöhten Emissionen. Leichtbau adressiert dieses Problem, allerdings bleiben viele Potenziale ungenutzt, da der Leichtbaugedanke häufig erst zu spät in der Produktentstehung berücksichtigt wird. Daher befassen wir uns mit unserer Leichtbau-Forschung mit dem gesamten Produktentstehungsprozess (PEP) von der Konzeptphase, über die

Validierung und Produktion bis hin zur Nutzung durch den Kunden und Anwender.

Ein Ansatz des Leichtbaus auf Systemebene stellt der am IPEK entwickelte, funktionsbasierte Erweiterte Target Weighing Ansatz (ETWA) dar, der im Gegensatz zu konventionellen, auf Komponenten basierenden Leichtbaumethoden eine Abstraktion des Produkts auf die Ebene seiner Funktionen vornimmt und dadurch die Grenzen bisheriger Leichtbauansätze überwindet.

Im Rahmen der rechnergestützten Produktentwicklung werden am IPEK Methoden für die leichtbauorientierte Gestaltsynthese entwickelt. Im Zentrum aktueller Forschungsarbeiten steht dabei die Berücksichtigung der Einflüsse aus der Herstellung bei der automatisierten Gestaltfindung. Gerade bei faserverstärkten Kunststoffen ergibt sich das größtmögliche Potential um Gewicht einzusparen durch ein fasergerechtes Design. Entscheidend für die Faserausrichtung und damit die resultierenden Materialeigenschaften ist das Fertigungsverfahren. Deshalb

forscht das IPEK gemeinsam mit Partnern an der Berücksichtigung der Fertigungsverfahren in der Strukturoptimierung. Darüber hinaus wird die Krafteinleitung in Faserverbundstrukturen über Metalleinleger untersucht. Dabei steht im Fokus, die Gestalt der Einleger last- und gewichtsoptimiert zu erforschen.

Um bisher ungenutzte Leichtbaupotentiale beim Einsatz von versickten Blechstrukturen auszuschöpfen, wird am IPEK gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der TU München eine neue Lösung entwickelt, bei der die versickte Geometrie zusätzlich lastspezifisch durch endlosfaserverstärkte Kunststoffe optimiert wird. Dadurch ist es möglich, ein einziges Blechgrundbauteil für verschiedene Anwendungsfälle zu individualisieren – bis zur Losgröße 1. Zum Beispiel kann das Batteriegehäuse eines Fahrzeugs nur durch unterschiedliche Faserverstärkung individuell an die Batteriekapazität angepasst werden.

Bei Systemen, die vom Menschen mit der Hand geführt werden, sind nicht nur das Gewicht, sondern auch die

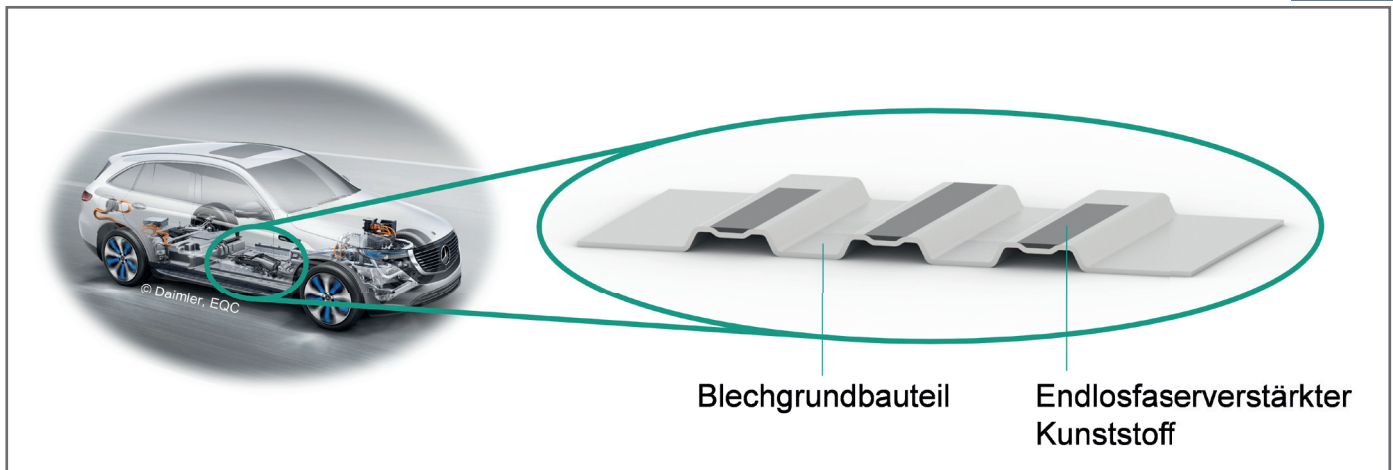


Quelle: DOI 10.1016/j.apergo.2018.10.001

Bei handgehaltenen Geräten ist nicht nur das Gewicht, sondern auch die vom Anwender „gefühlte Leichtigkeit“ des Geräts bei der Nutzung entscheidend. „Gefühlte Leichtigkeit“ muss im Systemleichtbau Dynamik und Balance zwingend beachten – ein wichtiger Aspekt des IPEK Systemleichtbau-Ansatzes.

Balance und die Trägheitskräfte während der Nutzung für die vom Anwender „gefühlte Leichtigkeit“ entscheidend. Das IPEK stellt hierzu Methoden bereit, die es erlauben, die „gefühlte Leichtigkeit“ bei der Gestaltfindung in dynamischen Systemen zu berücksichtigen. So können wir Produkten einen direkten Wettbewerbsvorteil verschaffen.

Ihre Geräte fühlen sich zu schwer an? Ihr Produkt könnte umweltfreundlicher gestaltet sein? Sie wollen ebenfalls die Potentiale des Leichtbaus für Ihre zukünftigen Innovationen nutzen? Wir sind Ihr Partner!



Automatisiert generierte, versickte Geometrie eines Blechbauteils, das zusätzlich lastspezifisch durch endlosfaserverstärkte Kunststoffe optimiert wird, um bedarfsgerechte Lösungen bis hin zu Losgröße 1 im Fertigungsprozess ermöglichen zu können

Entwicklung innovativer Lösungen für die Antriebe der Zukunft

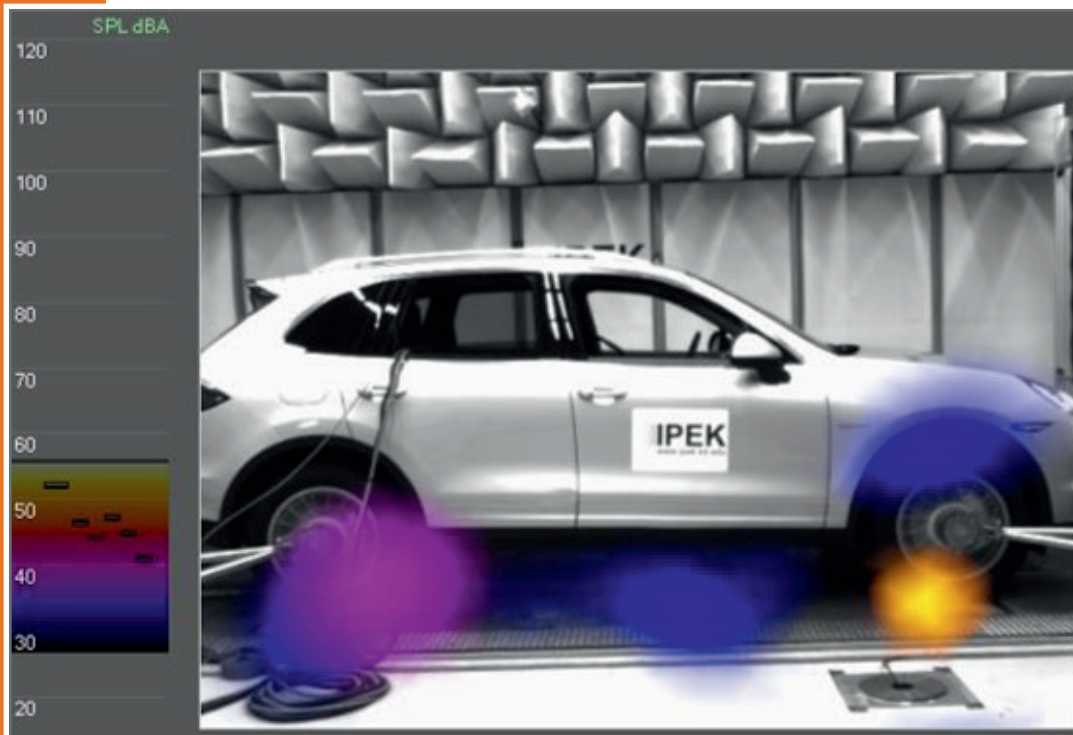
Für die Entwicklung weitgehend emissionsfreier Antriebssysteme, sowohl im mobilen als auch stationären Anwendungsfall, müssen zunehmend komplexer werdende Wechselwirkungen berücksichtigt werden, um Effizienz und Leistungsfähigkeit zu vereinen. Daher

betrachtet das IPEK das Antriebssystem als Gesamtsystem unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen seiner Teilsysteme und seiner Einbindung in die Systemumgebung. Wesentliche Forschungsgegenstände sind aktuell hierbei:

Wasserstoffantriebe: Zur Unterstützung der Produktentwicklung steht hierbei die Modellierung des elektrischen und thermischen Verhaltens von Batterie- und Brennstoffzellensystemen im Fokus. Auf dieser Basis werden am IPEK Ansätze zur Modularisierung und zum



Akustische Kamera

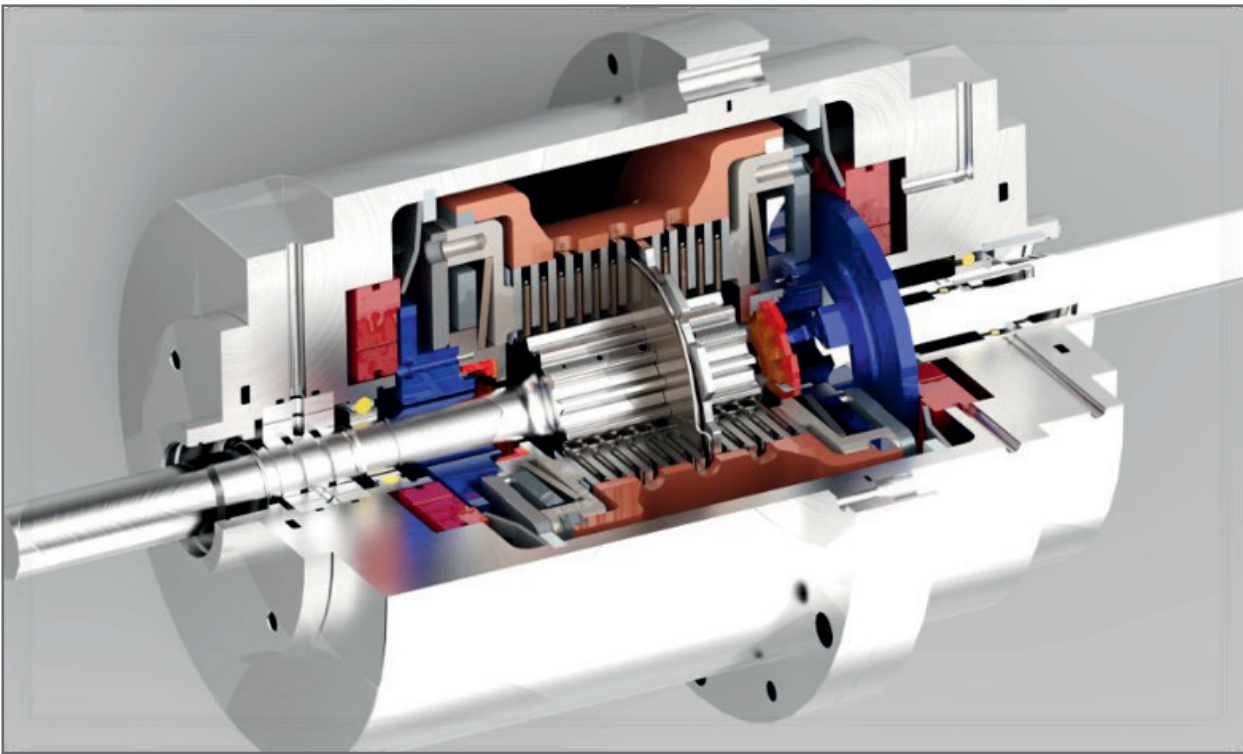


Akustische Kamera mit Prüfaufbau; Visualisierung der akustischen Emissionen eines Fahrzeugs im Fahrbetrieb auf dem Rollenprüfstand zur Untersuchung des NVH-Verhaltens am Gesamtfahrzeug.

Komponentendesign von Brennstoffzellensystemen entwickelt. Hierbei steht die Analyse von Kundenanforderungen am Beginn des Produktentwicklungsprozesses, um geeignete Einsatzfelder für Antriebssysteme mit Brennstoffzellen in stationären, mobilen und handgehaltenen Systemen zu identifizieren. Ein Beispiel ist der weltweit erste wasserstoffbetriebene Bohrschrauber, welcher am IPEK entwickelt und als vollfunktionsfähiger Prototypen umgesetzt wurde.

Batteriesysteme: Das IPEK forscht an der Entwicklung und der Synthese von Batteriesystemen für Fahrzeuge und handgehaltene Geräte. Hierbei gewinnen individuelle Batteriedesigns an Relevanz, welche z. Bsp. im Projekt AgiloBat durch die Verwendung formatflexibler Batteriezellen realisiert werden. Ein wichtiger Aspekt ist dabei das Thermomanagement (IPEK Forschung).

Produkt-Produktion-Co-Design für elektrifizierte Antriebssysteme: Im Projekt AgiloDrive forscht das IPEK gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Unternehmen an der Entwicklung von E-Maschinen für verschiedene Anwendungen der Mobilität, sodass diese durch modulare Produktionssysteme flexibel in verschiedenen Stückzahlbereichen bis hin zu Stückzahl 1 wirtschaftlich gefertigt werden können. Damit wird eine individuelle Anpassung



Bei elektrischen Antrieben in Fahrzeugen geht der Trend zu immer höheren Drehzahlen. Für diese Antriebsmodule werden Hochdrehzahlkupplungen benötigt. Das IPEK entwickelt, konstruiert und erprobt sowohl die Komponenten als auch die Validierungsumgebung dieser Hochdrehzahlkupplung für diese Aufgabenstellung.

von Fahrzeugen an den Nutzer ermöglicht.

Integration von Sensorik in moderne Antriebssysteme: Die Integration von Sensorik in Antriebsselemente ermöglicht die kontinuierliche Zustandsmessung von Antriebssystemen in Maschinen und Geräten. Hier entwickeln wir Lösungen für die Messung des Verschleißzustands von Getrieben, die Erfassung von Deformation und Gleitvorgängen im Reifenlatsch, die Messung der belastungsbedingten Verformung des Triebstrangs und torsionaler sowie translatorischer Antriebsstrangschwingungen. Dies nutzen wir beispielsweise zur automatisierten Anwendungserkennung zur Vermeidung eines frühzeitigen Maschinenausfalls.

Hochdrehzahlantriebsstränge: Hochdrehzahl-E-Maschinen werden zur Effizienzsteigerung- und Gewichtsreduzierung im automobilen Antriebsstrang eingesetzt. Diese benötigen zur Schaltung der Drehmomente Hochdrehzahlkupplungen. Wir forschen an der Entwicklung reibschlüssiger, nasslaufender Hochdrehzahlkupplungen mit Arretierungsmechanismus zum energieeffizienten Betrieb für Drehzahlen bis 30.000 1/min.



Funktionsfähiges brennstoffzellenbetriebenes IPEK-Konzept-Tool „H2Drill“ zur Potenzialanalyse des Wasserstoffantriebes in handgehaltenen Geräten

Neue NVH-Herausforderungen durch neue Antriebssysteme: Da die Kundenbeurteilung eines Fahrzeuges maßgeblich von dem akustischen und schwingungstechnischen Verhalten beeinflusst wird, ist die Berücksichtigung des NVH-Verhaltens bei der Entwicklung von Antriebssystemen von entscheidender Bedeutung. Wir forschen daher an effizienten Methoden und Prozessen, die eine ganzheitliche und prozessbegleitende Validierung hinsichtlich

Akustik und Schwingungen realisieren. Beispielsweise arbeitet das IPEK im Rahmen eines Forschungsprojektes an Methoden zur NVH-gerechten Entwicklung von Antriebskomponenten im Gesamtfahrzeug.

Das IPEK steht für Sie als Partner in der Antriebssystemforschung- und Entwicklung zur Verfügung. Gerne beraten wir Sie in Ihrem Anwendungsfeld.

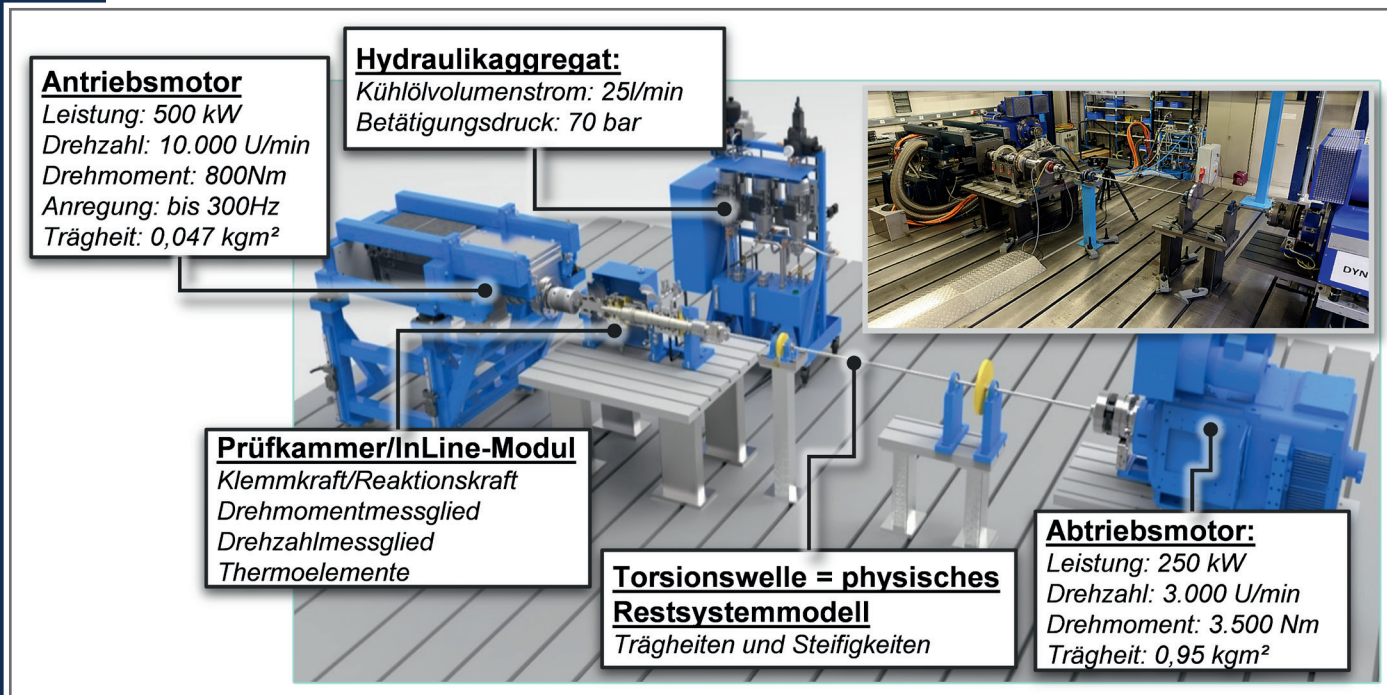
Kupplungs- und Bremssysteme als mechatronische Akteure in innovativen Antriebssystemen – heute relevanter als je zuvor!

Mit der Hybridisierung und Elektrifizierung einhergehende veränderte Betriebszustände und neuartige Beanspruchungen resultieren in enormen Herausforderungen für Hersteller und Entwickler von Antriebssystemen. Treiber sind die Automatisierung, Steuerung und komplexe Regelung. Am IPEK werden dazu beispielsweise Friktionssysteme und -komponenten in Wechselwirkung mit diesen Treibern erforscht. Neue Möglichkeiten durch die Mechatronisierung können dabei nur durch ein geeignetes neues Design

der Friktionssysteme und -komponenten realisiert werden. Wie dies zielgerichtet im Design und der Validierung im Produktentstehungsprozess (PEP) realisiert werden kann, ist ein Forschungsschwerpunkt des IPEK. So können auf System- und Komponentenebene ganz neue Funktionen realisiert werden, zum Beispiel die NVH-Optimierung durch gezielten Schlupf in Kupplungen oder die Integration von Sicherheitsfunktionen in Power-Tools durch hochdynamische Drehmomentbegrenzung. Zur Untersuchung des Systemverhaltens

trocken- und nasslaufender Kupplungen unter Berücksichtigung von Systemwechselwirkungen werden am IPEK Validierungsumgebungen entwickelt, die ganz neue Untersuchungsmöglichkeiten schaffen.

Ein Beispiel ist die Untersuchung des Schädigungs- und Erholungsverhalten trockenlaufender Kupplungen und Bremsen unter praxisrelevanten Randbedingungen. Die eigens entwickelten Methoden und Prüfaufbauten ermöglichen hochauflösende Einblicke in die Wärmeverteilung nahe



Validierungsumgebung für nasslaufende Lamellenpakete mit gemischt physisch-virtueller Abbildung des Fahrzeugs im Rahmen des FVA Forschungsvorhabens zur Nutzung des gezielten Schlupfbetriebs für die Schwingungsreduzierung in Antriebssystemen

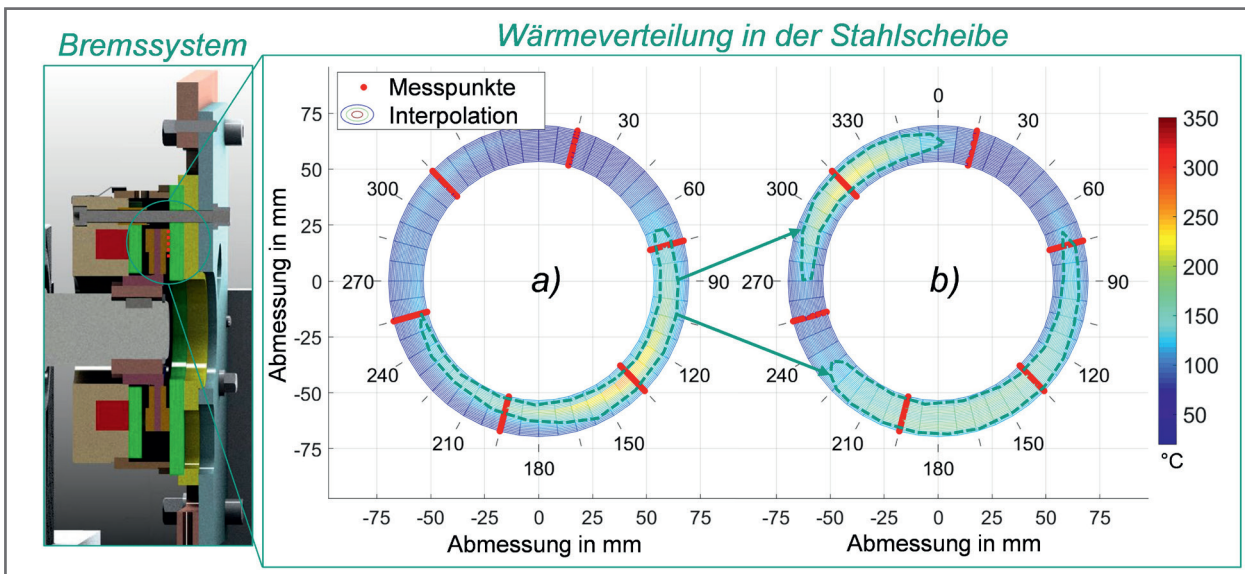
dem Wirkflächenpaar. Die gewonnenen Erkenntnisse unterstützen Entwickler bei der Konstruktion innovativer Kupplungen und Bremsen, um die neuen Herausforderungen der Mechatronik abzudecken.

Zur Analyse von Schwingungen werden am IPEK gekoppelte Methoden aus Finite-Element- und Mehrkörperberechnung genutzt, die die skalenübergreifende Abbildung verschiedener Systemeinflussgrößen (u.a. Oberflächen, Friktionswerkstoff, Antriebssystem) mitberücksichtigen.

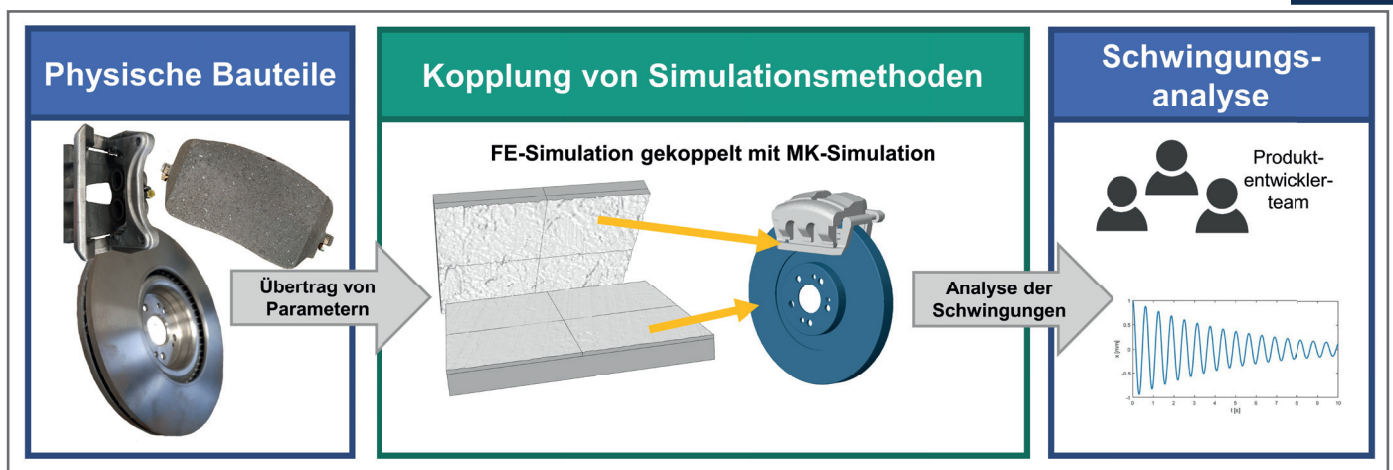
Die Entwicklung von Sicherheitskupplungen und -bremsen mit definierter Auslösecharakteristik ist sowohl bei handgehaltenen Geräten mit der dabei auftretenden Interaktion mit dem Anwender als auch bei Aufzügen und Maschinen des Anlagenbaus herausfordernd.

Wir unterstützen Sie in der Antriebssystementwicklung – sowohl mit rein mechanischen als auch mit mechatronischen Konzepten – und sichern diese mit Simulationen und

Prüfstanduntersuchungen ab, damit Ihre Produkte ein auf die Applikation abgestimmtes Drehmomentverhalten aufweisen – wir sind Ihr Partner.



Hochauflösende Messung der Wärmeverteilung in einer Bremse vor (a) und nach (b) einer Notfallbremsung zur Designoptimierung auf Basis des Reib- und Verschleißverhaltens



Analyse der reibinduzierten Schwingungen eines Bremssystems mittels einer gekoppelten Simulationsmethode und experimenteller Verifikation als Fundament zur Synthese einer neuen Produktgenerationen.

Mensch und Maschine in perfekter Interaktion

Für die passgenaue Entwicklung der Technik von Mensch-Maschine-Systemen ist es essentiell, den Menschen in seiner Interaktion mit dem technischen System umfassend zu verstehen. Hierbei werden Methoden zur Erfassung und Modellierung des Menschen, zur Beschreibung der Interaktion mit dem technischen System und der Abbildung der Interaktion bei der Produktvalidierung benötigt. Am IPEK – Institut für Produktentwicklung entwickeln wir Methoden und Vorgehensweisen, um diese Herausforderungen zu adressieren und Produkte für den Nutzer optimiert auszulegen.

Erfassung und Modellierung der Kraft- und Bewegungsbahnen bei der Interaktion mit dem technischen System

Im Zuge der Erfassung von biomechanischen Kenngrößen zur Abbildung

des Menschen am Prüfstand, entwickelt das IPEK Methoden wie die Kraft und Bewegungsbahnen des Menschen in der Interaktion mit technischen Systemen erfasst, in Modellen abgebildet und in der Validierung von Mensch-Maschine-Systemen genutzt werden können. Die damit aufgebauten Erkenntnisse können sowohl für die Auslegung von nutzeroptimierten Systemen als auch für das reproduzierbare Testing in realitätsnahen Umgebungen genutzt werden.

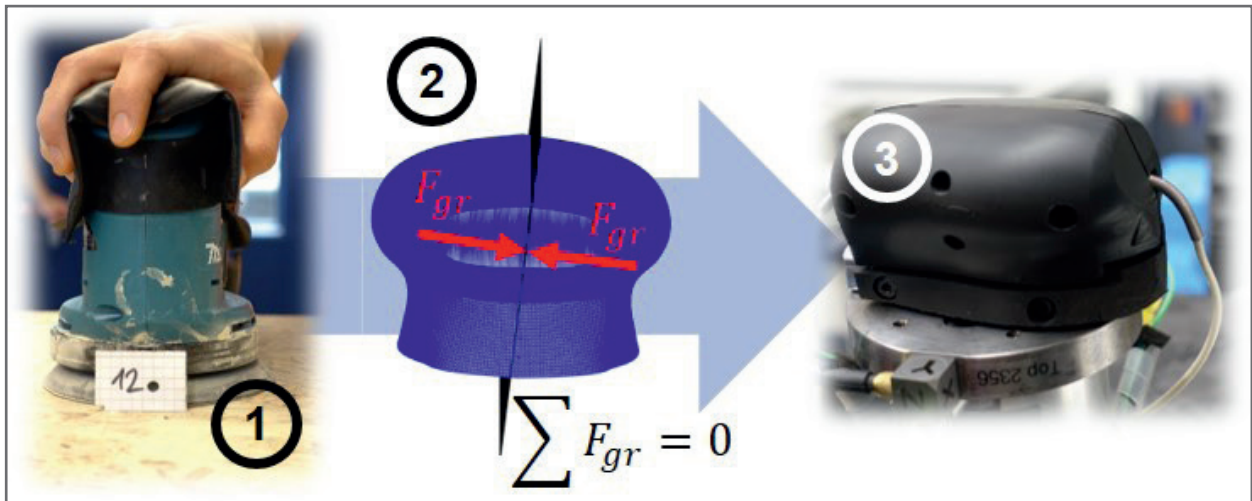
Objektivierung der subjektiven Wahrnehmung der Mensch-Technik Interaktion

Bei der Interaktion mit technischen Systemen erfolgt oftmals die Qualitätsbewertung des Systems auf Basis von subjektiv wahrgenommenen Eigenschaften eines Produktes. Für die Entwicklung von qualitativ

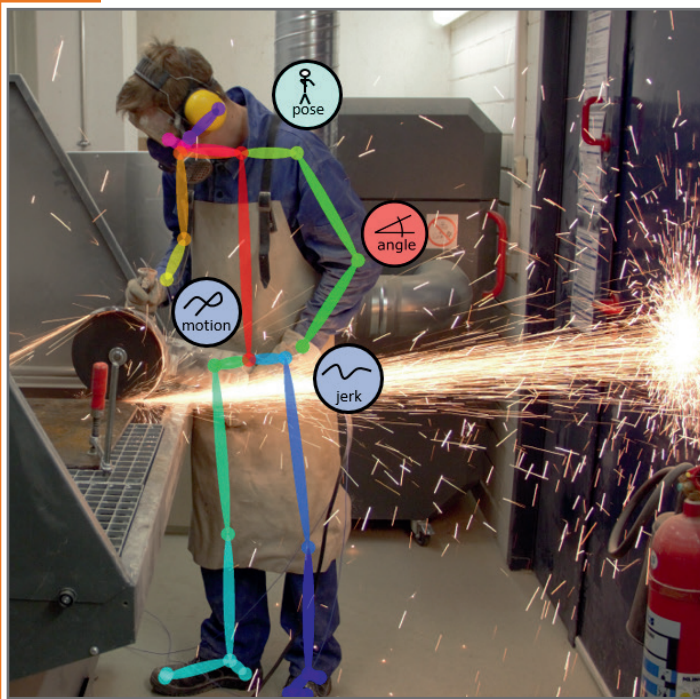
hochwertig wahrgenommenen Produkten werden daher Methoden benötigt, welche die Ableitung konkreter Validierungsziele auf Basis objektiver Größen ermöglichen. Das IPEK forscht hierbei an Methoden zur Erfassung dieser Größen. Aus den Erkenntnissen können Produktanforderungen wie beispielsweise zum vibroakustische Verhalten eines Fahrzeuges oder der nutzergerechten Gestaltung von smarten Systemen abgeleitet werden.

Abbildung des menschlichen Verhaltens in der Produktvalidierung

Während der Validierung eines Mensch-Maschine-System ist es notwendig den Einfluss des Menschen zu berücksichtigen. Wirkende Interaktionskräfte zwischen dem Menschen und dem technischen System müssen dabei erfasst und in



Mit Messtechnik ausgestatteter Exenterschleifer zur Erfassung von Greifkräften in der Anwendung: 1) Erfassung der tatsächlichen Greifkräfte im Betrieb, 2) Identifikation der orthogonalen Trennebene, in welcher sich die Greifkräfte nullen, 3) Aufbau des Messgriffs



Identifikation und Auswahl unterschiedlicher Messverfahren zur Analyse der Anwenderbewegung mittels RGB-Kameras und dem Pose-Estimation Algorithmus OpenPose. Rekonstruktion eines 3D Bewegungsprofils bei minimaler Beeinflussung des Anwenders durch Messtechnik.

Prüfumgebungen abgebildet werden. Das IPEK forscht an systemunabhängigen Methoden, wie die Interaktion zwischen Mensch und Maschine gemessen und in Versuchsumgebungen implementiert werden kann. Aus den Erkenntnissen werden Prüfumgebungen aufgebaut, wobei beispielsweise die realitätsnahe Übertragung von Schleif- und Bohrerprozessen vom Anwender auf einen roboterbasierten Prüfstand oder der

roboters gelungen ist. Neben relevanten Führungs- und Reaktionskräften können innerhalb der Prüfumgebung Größen wie die Schwingungseigenschaften des Menschen abgebildet werden. Durch den Aufbau von Prüfumgebungen für Mensch-Maschine-Systeme sind wir in der Lage, unter realitätsnahen und reproduzierbaren Bedingungen zu testen und Produkte unter Berücksichtigung des Anwenders zu validieren.

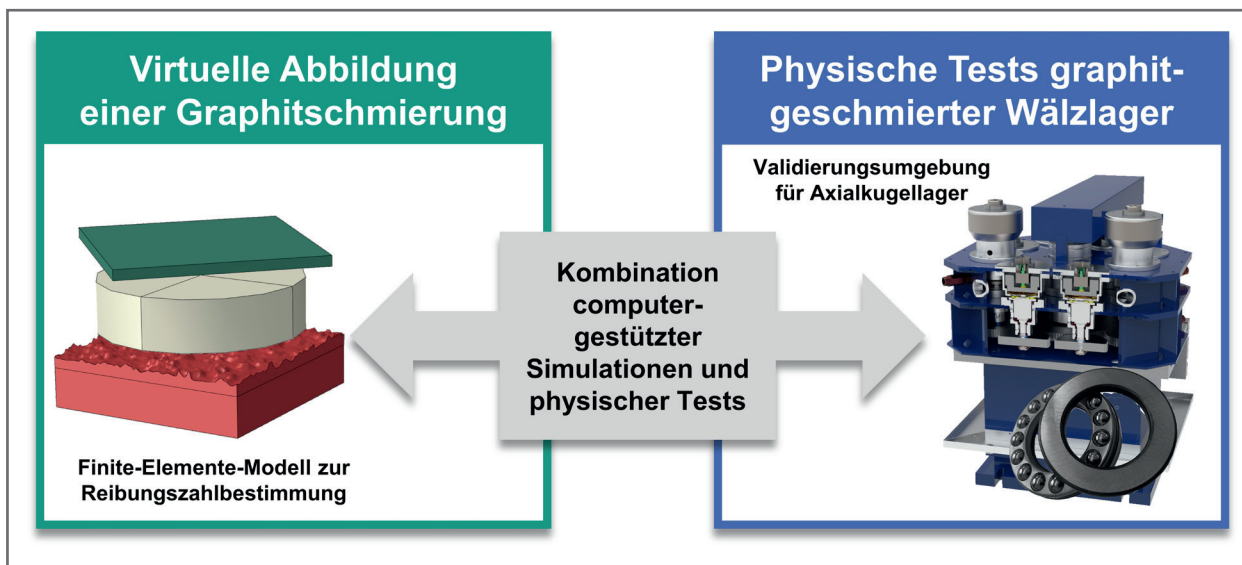
Mit den im Forschungsschwerpunkt Mensch-Maschine Systeme entwickelten Methoden kann sie das IPEK dabei unterstützen, Produkte optimal für den Anwender auszulegen und dabei Innovationspotentiale zu identifizieren.

Forschung an der System-Tribologie zur Optimierung der Funktion technischer Systeme

Kupplungen, Bremsen, Schrauben, Bohrer, Wälz- und Gleitlager sind wichtige Bestandteile technischer Systeme. Sie ermöglichen Bewegung, wandeln Energie um, gewährleisten den sicheren Halt von Objekten oder erlauben Materialabtrag. Die tribologischen Effekte dieser Systeme werden am IPEK – Institut für Produktentwicklung untersucht, um deren Wirkung in Produkten gezielt nutzbar zu machen. Dazu werden die Kontakte computergestützt untersucht, aber auch physisch auf Prüfständen nachgebildet.

Dazu gehören beispielsweise Wälzlager, die für den Einsatz unter hohen Temperaturen optimiert werden. Trockenschmierstoffe, wie beispielsweise Graphit, besitzen ein großes Potenzial zur Schmierung, da diese auch bei hohen Temperaturen konstante Reibungseigenschaften aufweisen. Zur Weiterentwicklung des Tribosystems Wälzlager werden graphitgeschmierte Wälzlager untersucht. Im Rahmen des Schwerpunktprogramms 2074 der Deutschen Forschungsgesellschaft werden com-

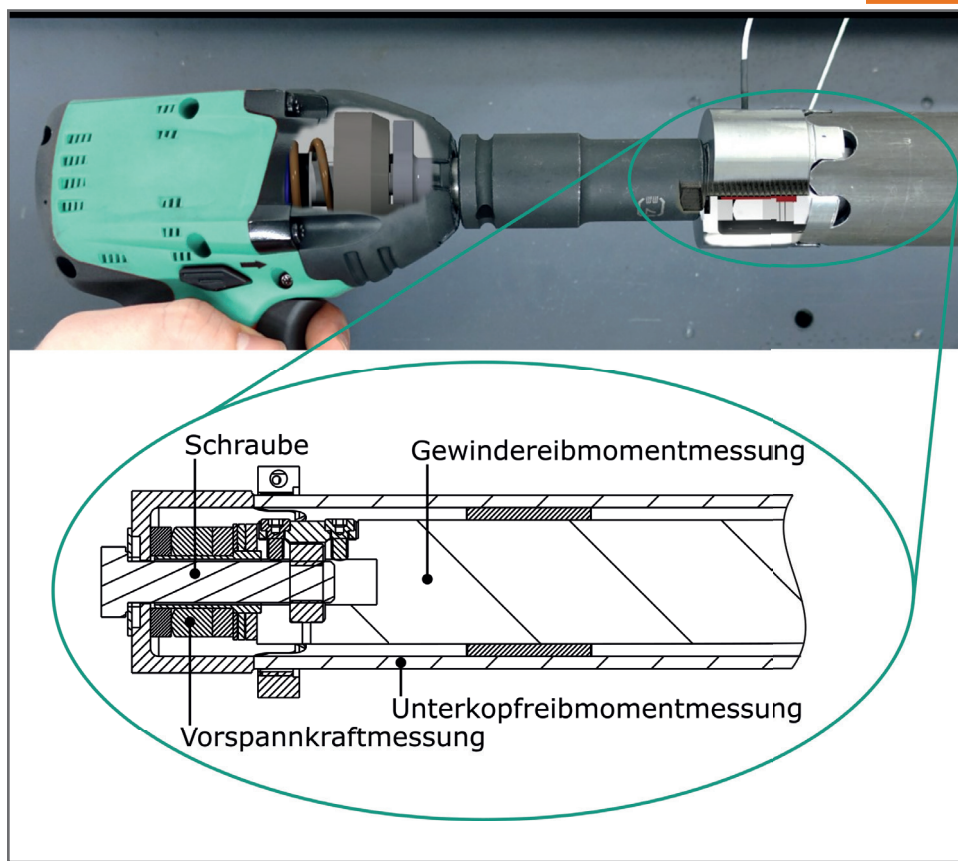
putergestützte Simulationen und physische Experimente durchgeführt, um die Auswirkungen der Belastung und der Drehzahl auf das Reibungs- und Verschleißverhalten zu untersuchen. Durch das Verstehen der tribologischen Mechanismen der Graphitschmierung sollen Rahmenbedingungen für deren Einsatz definiert und deren Potenzial für die Anwendung in weiteren Systemen wie Linearführungen oder Kettentrieben aufgezeigt werden.



Die Kombination computergestützter Berechnungsmethoden mit physischen Experimenten ermöglicht die ganzheitliche Untersuchung der graphitgeschmier-ten Axialkugellager.

Eine große Forschungs Herausforderung für das Auslegen von Schraubenverbindungen und die Entwicklung der Anziehwerkzeuge stellt das Verstehen des tribologischen Systems tangential-schlagend angezogener Schraubenverbindungen dar. Insbesondere ändert sich in diesen Verbindungen mit der Schlagzahl und der Höhe des Impulses die Reibungszahl, welche die Beziehung zwischen dem Drehmoment des Schraubers und der Vorspannkraft beschreibt. Für die Analyse dieser Anzugsprozesse wurde am IPEK der Schrauben-Tribologie-Prüfstand (siehe Abbildung 1) entwickelt, mit dem es erstmalig möglich ist, die Unterkopfreibung und Gewindereibung separat zu messen und dies auch bei impulsartigen Anregungen mit Frequenzen bis in den dreistelligen kHz-Bereich und hohen Drehmomentamplituden.

Wir haben Ihr Interesse im Bereich der skalenübergreifenden Untersuchung tribologischer Systeme geweckt? Sprechen Sie uns an, falls wir Ihnen weitere Informationen zur Verfügung stellen können.



Schrauben-Tribologie-Prüfstand zur separaten Messung des Gewindereib- und Unterkopfreibmoments bei Impulsanregungen mit Frequenzen bis in den dreistelligen kHz-Bereich.

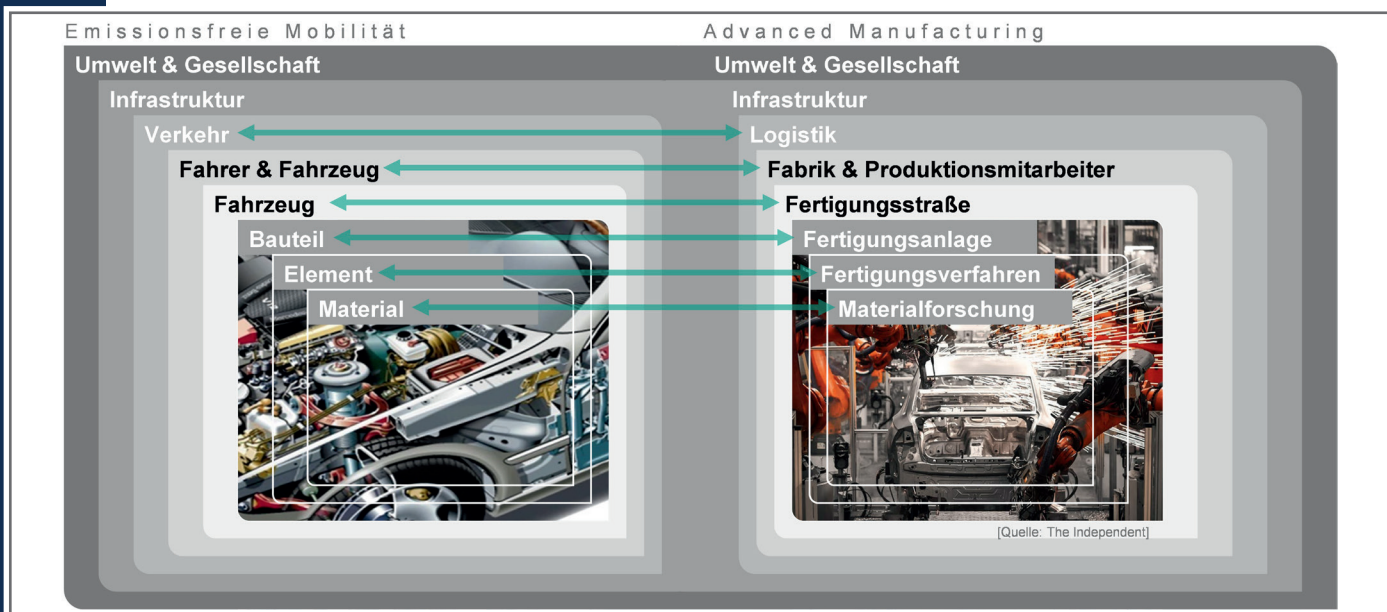
Produkt-Produktions-Co-Design für agile Produktentstehungsprozesse

Trotz aller Anstrengungen zum Simultaneous Engineering über Jahrzehnte ist bis heute eine wirklich frühe und parallele Gestaltung der Produktentstehungsprozesse aus Produkt- und Produktionssystementwicklung immer noch nicht zum Alltag in den meisten Unternehmen geworden. Diese Situation trifft auf heutige und zukünftige Anforderungen, die sich aus den immer komplexer und variantenreicher werdenden Produkten ergeben. Gleichzeitig führen die globalen Käufermärkte zu einem enormen Kostendruck, bezogen auf die Produkte, aber natürlich auch die Prozesse zur Entwicklung und Produktion. Die Time-in-Market einer Produktgeneration verkürzt sich in allen Segmenten und die Nachfrage nach kundenindividuellen Lösungen bis hin zur Losgröße 1 unter Massenfertigungsbedingungen sind weitere Treiber. Diese extreme Dynamik erfordert ein ganz neues Denken und auch ganz

neue Prozesse und Methoden der Kollaboration im PEP. So bringen diverse unterschiedliche Antriebstechnologien und -topologien im Fahrzeugbau große Herausforderungen für die Produkt- und Produktionssystementwicklung mit sich. Um den Widerspruch zwischen Produktivität und Flexibilität zu lösen, bauen wir mit dem Institut für Produktionstechnik (wbk) des KIT eine strategische Partnerschaft auf, um unter dem Label „**Produkt-Produktions-Co-Design**“ unsere Kräfte zu bündeln und gemeinsam an Methoden und Prozessen des **Produkt-Produktions-Co-Designs** und an Systemen – **hochflexible Produktionsanlagen aber auch geeignete hoch flexible Produktdesigns** – zu forschen und Lösungen auch gemeinsam mit Unternehmen zu erarbeiten. Dadurch wird es u. a. möglich auf Veränderungen am Markt agil reagieren zu können. Die Abhängigkeiten zwischen Produkt und Produktionssystem

werden bereits in der frühen Phase der Produktgenerationsentwicklung modelliert, um wechselseitige Auswirkungen von Änderungen bewerten und die gegenseitigen Anforderungen und Randbedingungen identifizieren zu können. Einen Forschungsaspekt bilden Informationen entlang des Produktlebenszyklus und die Produkt-Instanziierung in einem digitalen Zwilling. Diese und weitere inhaltlich hoch relevante Themen werden gemeinsam aus den vier Perspektiven Forschung, Lehre, Innovation und Strategie für die Mobilitätssysteme und Mensch-Maschine-Systeme, z. B. Power-Tools, bearbeitet. Natürlich werden diese Ansätze auch für andere Produktsegmente wie die weiße Ware oder Werkzeugmaschinen anwendbar sein.

Die enge Verknüpfung von Produkt- und Produktionssystementwicklung zum Produkt-Produktions-Co-Design ist auch ein Kern der Projekte AgiloBat



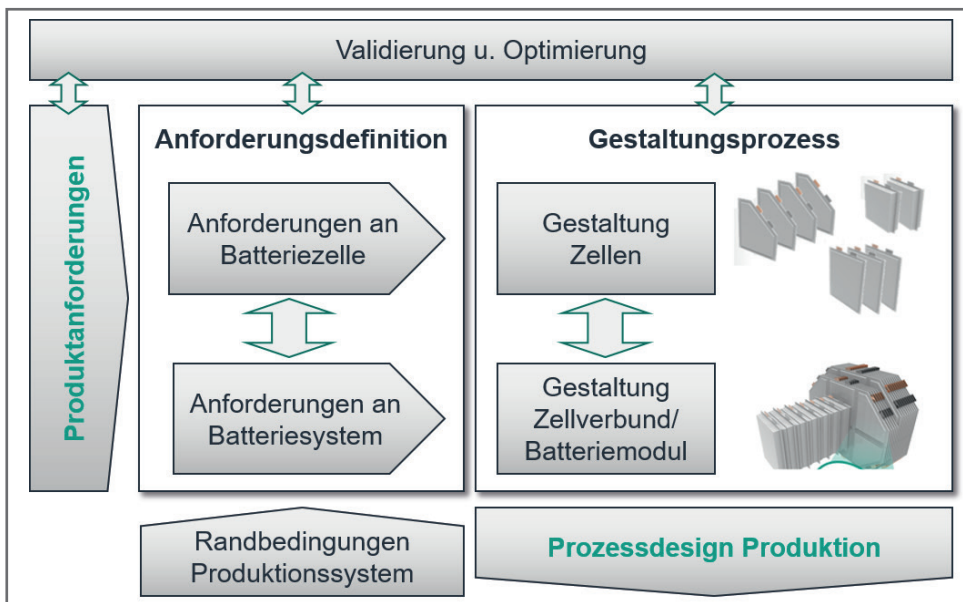
Zusammenhang zwischen Produktentwicklung im Mobilitätsumfeld und modernen Produktionssystemen am Beispiel von emissionsfreier Mobilität

und AgiloDrive an denen das wbk leitend und das IPEK maßgeblich beteiligt sind. Beide Projekte werden vom Land Baden-Württemberg gefördert. AgiloBat zielt durch die Schaffung formatflexibler Batteriezellen darauf ab, den verfügbaren Bauraum in verschiedenen Anwendungen maximal auszunutzen, um so die notwendige Energie und Leistung bauraumeffizient bereitzustellen. Ein modulares, flexibles Produktionssystem stellt hierbei gegenüber den heutigen, starren Produktionslinien etablierter

Batteriezellfertiger eine Neuheit dar. Nur durch die eng verknüpfte, parallele Entwicklung von Produkt- und Produktionssystem, kann das Potenzial der formatflexiblen Zellen in der Anwendung gehoben werden. Im Projekt AgiloDrive liegt der Fokus auf der Implementierung und Validierung eines agilen Produktionssystems für die wirtschaftliche, technologie- und stückzahlflexible Herstellung elektrischer Traktionsmotoren auf Grundlage eines durch das IPEK zu entwickelnden, integrierten Entwicklungsprozesses

für zukunftsrobuste Produkt- und Produktionsbaukästen.

Im Innovationscampus Mobilität (ICM), einer Initiative des Forschungsministeriums BW im Rahmen des Strategiedialogs, forscht das IPEK gemeinsam mit Partnern des KIT und der Universität Stuttgart an neuen Lösungen für emissionsfreie Antriebe und Produktionslösungen auf Basis der Technologien des Additiv Manufacturing (AM). Lösungen wie neuartige E-Maschinen profitieren dabei von neuen



Innovative Batteriesysteme durch flexible Zellverbunddesigns ermöglichen durch Produkt-Produktions-Co-Design im Projekt AgiloBat – hier die Designfindung und Verknüpfung mit Prozessdesign

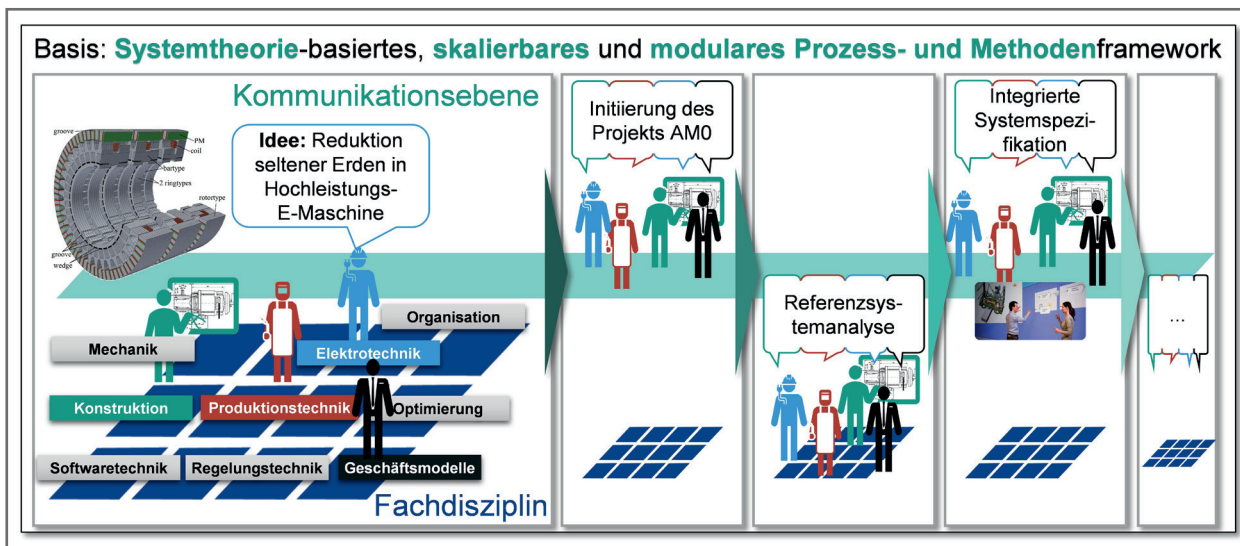
komplexer System-of-Systems (SoS) begegnen. Ein Kern ist dabei die Schaffung einer neuen Kommunikations- und Kollaborationslösung auf Basis des ASE – Advanced Systems Engineering für die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Ferner werden ganz konkrete Trends in der Produktentstehung, wie übergreifende (sowohl Produkt- als auch Produktionssystementwicklung betrachtende) Auswirkungsanalysen von Änderungen im Entwicklungsprozess, die übergreifende Nutzung von Modellen

Produktionslösungen – wie zum Beispiel dem AM. Dabei spielt auch die Sensorintegration in die Produkte während des Produktionsprozesses zur Erfassung betriebsrelevanter Größen im Zuge der zunehmenden Automatisierung und immer stärkeren Produktpassung an die Kunden eine wichtige Rolle.

Nicht nur das Engineering, sondern insbesondere auch die am Entwicklungsprozess beteiligten Menschen in ihrer Rolle im Produktentstehungsprozess stehen vor Änderungen und Herausforderungen. Diesen Herausforderungen wird das IPEK – u.a. auch gemeinsam mit dem wbk – im Projekt MoSyS-Menschorientierte Gestaltung

und Lösungsmustern für das Architekturmanagement, Rahmenwerke für digitale Zwillinge und das Veränderungsmanagement von Unternehmen, adressiert.

Um diese Denkweise den Nachwuchingenieur*innen mit auf den Weg zu geben, ist auch eine Integration in der



ASE – Advanced Systems Engineering-Framework, beispielhafte Darstellung: ASE beschreibt die Wechselwirkung zwischen den in blau dargestellten fachdisziplinären Bereichen und der zur Kommunikation, Steuerung und Kollaboration im Entwicklungsprozess notwendigen neuartigen gemeinsamen Kommunikationsebene, hier grün dargestellt. Der Gesamtprozess ist durch einen iterativen Wechsel zwischen den Ebenen charakterisiert, der durch ASE unterstützt wird.

Lehre zwingend notwendig. Ein Beispiel ist ein neu konzipierter Workshop zur Blechkonstruktion, in dem gezeigt wird, wie durch geschickte Konstruktion Kosten und Aufwand in der Produktion signifikant verringert werden können. Um in Zukunft der Interdisziplinarität und Vernetzung moderner Produkt- und Produktionsprozesse Rechnung zu tragen und diese den Studierenden erlebbar zu machen,

wird am KIT das Lern- und Anwendungszentrum (LAZ) gebaut. Dieses verbindet die Entwicklung und Produktion, indem umfangreiche Möglichkeiten zur Konstruktion und Fertigung zur Verfügung gestellt und Unternehmenspartner eingebunden werden. Das ist dann ein Live-Lab für Produkt-Produktions-Co.-Design für Forschung und Lehre.

Auch Sie sehen in **Lösungen für das Produkt-Produktions-Co-Design (P-P-C-D)** einen wichtigen Baustein für die Zukunftssicherung im Unternehmen? Sprechen Sie uns direkt an und merken Sie sich schon jetzt den Termin der gemeinsamen Tagung des wbk und IPEK zum Karlsruher Konzept für das P-P-C-D am 14.10.2021!

Gemeinsam Krisen schnell bewältigen – nicht nur wichtig während der Corona-Pandemie



SWR3 berichtete am 20.04.2020 um 19:30 Uhr live von der ersten Maschinenkonstruktionslehre-Vorlesung aus dem Vorlesungsstudio am IPEK

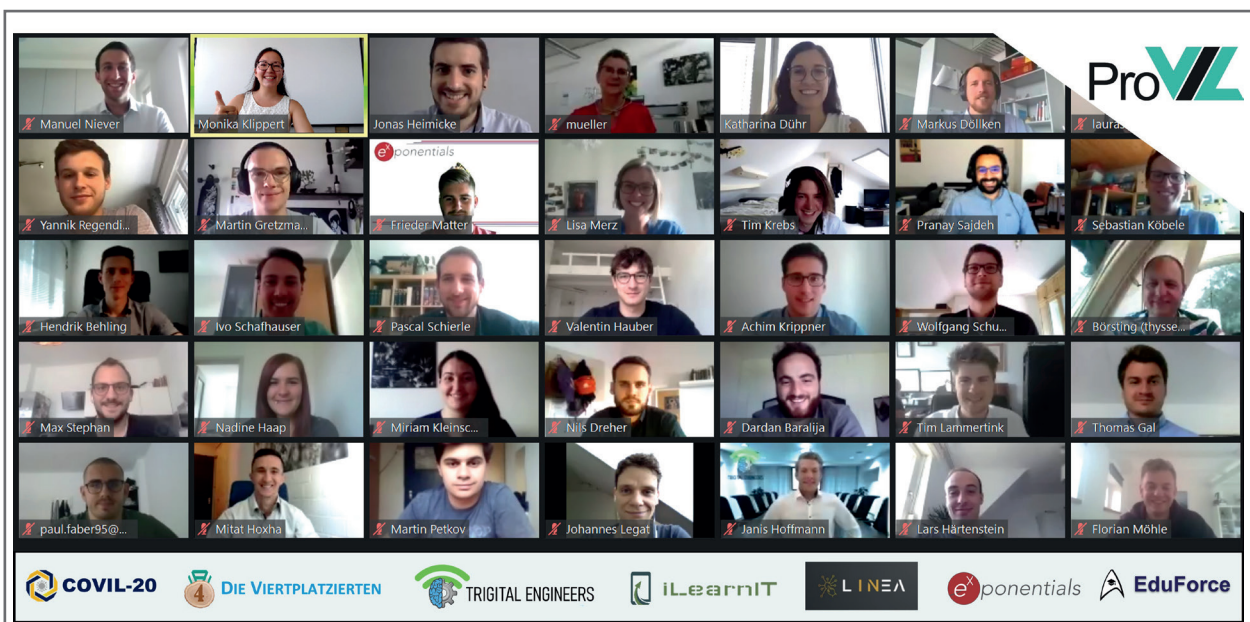
Sich schnell verändernde Rahmenbedingungen, wie wir sie alle live durch die Corona-Pandemie erleben, erfordern die Fähigkeit, bisher unbekannte Probleme zu lösen. Nachdem Mitte März öffentliche Einrichtungen in Baden-Württemberg für den Publikumsverkehr geschlossen wurden, stand vor allem der Lehrbetrieb ohne physische Präsenz der Studierenden vor bis dahin unbekanntem Herausforderungen. Wir haben uns dazu entschieden, der Herausforderung mutig zu begegnen und live durchgeführte Online-Vorlesungen mit studentischer Interaktion gleichzeitig mit 500 Studierenden durchzuführen.

Die Studierenden bedankten sich für unseren Mut und unermüdliches Engagement des Lehreams mit einem Evaluationsergebnis, welches die sehr guten Bewertungen der letzten Jahre übertroffen hat.

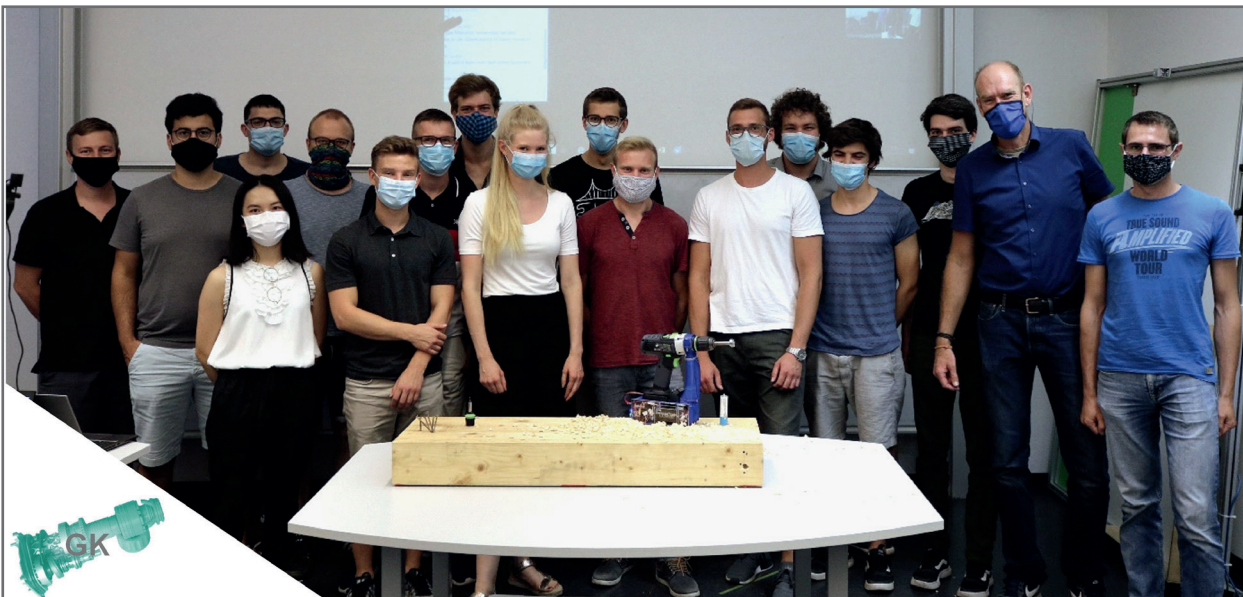
Im Laborpraktikum „ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideellabor“ entwickelten 42 Master-Studierende des KIT dieses Jahr sieben Lösungen zur Ermöglichung neuer digitaler Konzepte zur Aus- und Weiterbildung von Produktentwickler*innen – und das standortverteilt aus dem Homeoffice unter Einsatz verschiedener digitaler Tools, wie NextCloud und Zoom. Wurden in ProVIL in den

vergangen vier Jahren Kickoffs, Meilensteine und Workshops vor Ort durchgeführt, so mussten auch diese neben der virtuell durchgeführten Projektarbeit für die standortverteilte Zusammenarbeit vorbereitet und erfolgreich gemeistert werden. In den Online-Workshops und durch die praktische Anwendung lernten die ProVILer, Methoden und Prozesse der standortverteilten Produktentwicklung im individuellen Entwicklungsprojekt anzuwenden. Unterstützt wurden sie dabei von Innovations-Coaches der Hochschule Karlsruhe. Zum Abschluss präsentierten die Teams ihre digitalen Konzepte vor 150 interessierten Teilnehmer*innen über Zoom.

Lehrveranstaltungen, in denen Studierende gemeinsam erarbeitete Lösungen in Hardware umsetzen, sind in Zeiten der Kontaktbeschränkungen besonders herausfordernd. Die Veranstaltung „Gerätekonstruktion“ sollte trotz allem stattfinden. Innerhalb von 3 Wochen wurde ein Konzept aus virtueller Live-Vorlesung und virtueller Kleingruppenarbeit erarbeitet. Hardware, entwickelte Prototypen sowie Mess- und Laborausstattung wurden über einen speziell bereitgestellten „Toten Briefkasten“ nach genauen Terminplänen ausgetauscht. Es gelang den vier Teams aus je sechs Studierenden und einem IPEK-Mentor trotz allem, reife Funktionsprototypen



Die erste vollständig virtuell durchgeführte Abschlussveranstaltung von ProVIL 2020



Team 2 und Team 4 mit dem IPEK-Team und dem selbst entwickelten Prototypen „H2Drill“

zu entwickeln und diese bis zum Patentschutz vorzubereiten. Zur Prototypenpräsentation traf sich das Gerätekonstruktionsteam um Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen erstmalig, um die Prototypengeräte gemeinsam in der Anwendung zu erleben.

Schnelle Problemlösung lebt auch vom Austausch und Netzwerken. Als Vorstandsmitglied und Sprecher der Querschnittsgruppe Lehre und Weiterbildung (QLW) der WiGeP initiierte Prof. Matthiesen einen intensiven Austausch unter den Professoren der

WiGeP (Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung) zu Erfahrungen und Lösungen im Umgang mit Online-Lehre.

Weiterbildungsmöglichkeiten am IPEK – Agil, digitalisiert, und der Mensch im Mittelpunkt

Der ständige Wandel durch geänderte Rahmenbedingungen und neue Technologien in fast allen Bereichen erfordert von Unternehmen einen zunehmenden Fokus auf das lebenslange Lernen. Das IPEK steht Unternehmen mit seiner anwendungsorientierten und systembezogenen Vermittlung von Methoden- und Prozesswissen bereits seit über 15 Jahren als solider und qualifizierter Partner zur Seite. Die Einbindung moderner Elemente standortverteilter Kollaboration und ortsunabhängiger Wissensvermittlung sind seither Teil des Portfolios der Weiterbildungsformate des IPEK. Neue, u. a. Technologiewandel-bedingte Rahmenbedingungen zeigen, wie wirksam diese Formate sind, um auf sich verändernde Anforderungen in Wirtschaft und Gesellschaft zu reagieren.



Nachhaltige Methodenvermittlung in Workshops zur Weiterbildung von Ingenieuren im Bereich der Problemlöse- und Synthesefähigkeit an praxisnahen Beispielen des IPEK

So wurden in den letzten 20 Jahren allein im Umfeld der Antriebssystemtechnik mehr als 100 Weiterbildungsveranstaltungen mit über 1500 Teilnehmern aus Wirtschaft, Industrie und Gesellschaft durchgeführt. Während anfangs noch klassische Präsenz- und technologieorientierte Formate im Fokus standen, entwickelten sich

die Angebote in den letzten Jahren stärker in Richtung onlinebasierter, ortsunabhängiger und verteilter Elemente der Wissensvermittlung. Thematisch bietet das IPEK als einziger Weiterbildungspartner technisches System-, Methoden- und Prozesswissen aus einer Hand an, angepasst auf die aktuellen Bedürfnisse der

Unternehmen. Beispiele hierfür sind u. a. Methodenschulungen zur Weiterentwicklung von Problemlöse- und Synthesefähigkeit der Teilnehmer/innen für technische Fragestellungen. Um Methoden auch nachhaltig in den Köpfen von Entwickler/innen zu verankern, sind zum einen ein tatsächlicher Unterstützungsbedarf und zum anderen ein konkreter Bezug zum eigenen Arbeitsfeld notwendig. Der Entwicklungssimulator, als realitätsnahes Schulungskonzept, erfüllt diese

beiden Anforderungen, indem ein an Ihr Arbeitsfeld angepasstes zweitägiges Entwicklungsprojekt durchschritten wird und Ihnen währenddessen auf Ihre Bedürfnisse abgestimmte Methoden vermittelt werden.

Unsere Online Seminare fokussieren neben der Weitergabe von anwendungsrelevantem Wissen und Methoden aus der Produktentwicklung insbesondere die bedarfsgerechte Integration digitaler Technologien

für die Entwicklungspraxis unserer Kunden. Unser Portfolio umfasst 16 Online-Seminare und bedient sowohl klassische Themen aus der Berechnung, Konstruktionsmethodik und Antriebssystemtechnik als auch transformationsrelevante Aspekte wie das Online Seminar zum ASD – Agile Systems Design oder das Seminar „How to be virtually agile?“.

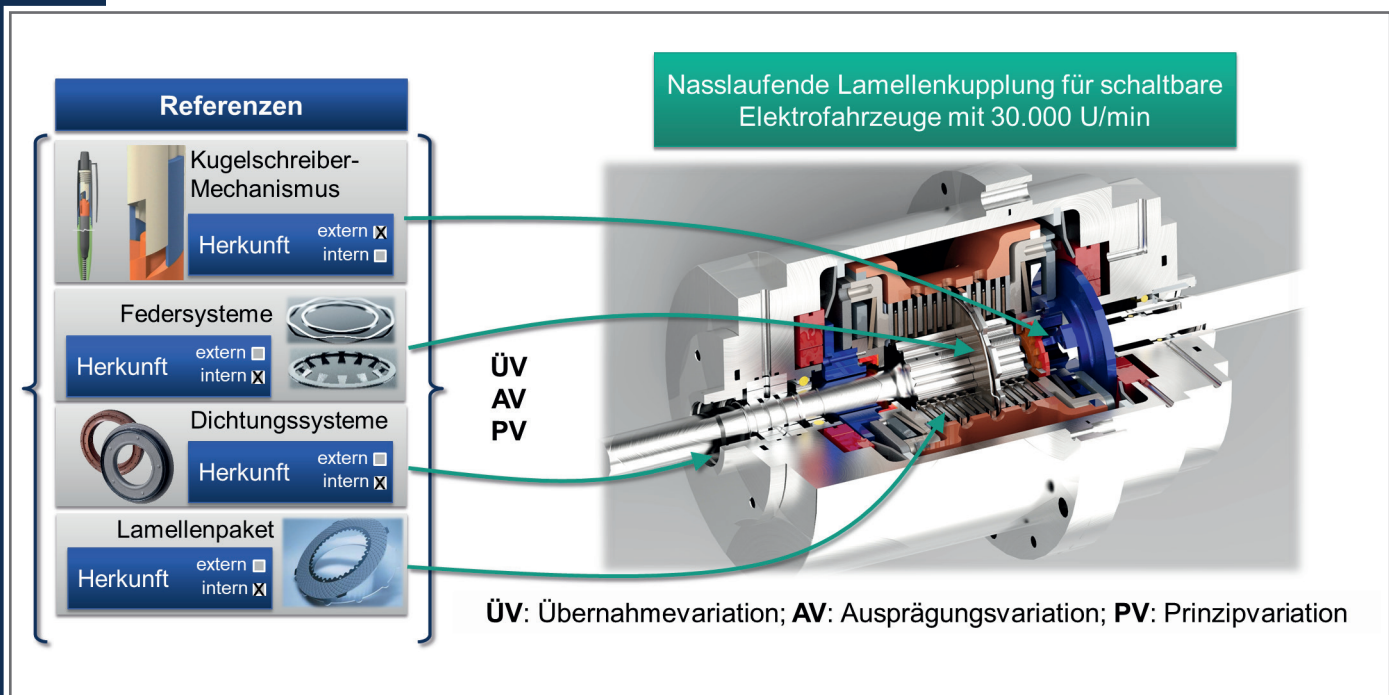
Für weitere Informationen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Innovationserfolg über Produktgenerationen hinweg – risikoarm und kosteneffizient durch Methoden auf Basis des Modells der PGE –Produktgenerationsentwicklung

Die Gestaltung und Validierung zunehmend komplexerer Systeme mit der Integration neuer Technologien stellt Unternehmen vor große Herausforderungen. Diese Herausforderungen können nur durch die systematische Nutzung von vorhandenen Lösungs-

elementen (Referenzen) – sowohl organisationseigene (intern) als auch externe (Wettbewerb, andere Branchen, Forschung) – als Grundlage und Ausgangspunkt der Entwicklung bewältigt werden. Hierfür wurde am IPEK das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers

entwickelt. Anhand des Modells werden Methoden, Prozesse und Tools für die systematische Nutzung von Referenzen erforscht, beispielsweise zur Planung und Steuerung von Innovationspotenzial und Entwicklungsrisiken und der Ableitung zielführender Entwicklungsaktivitäten.

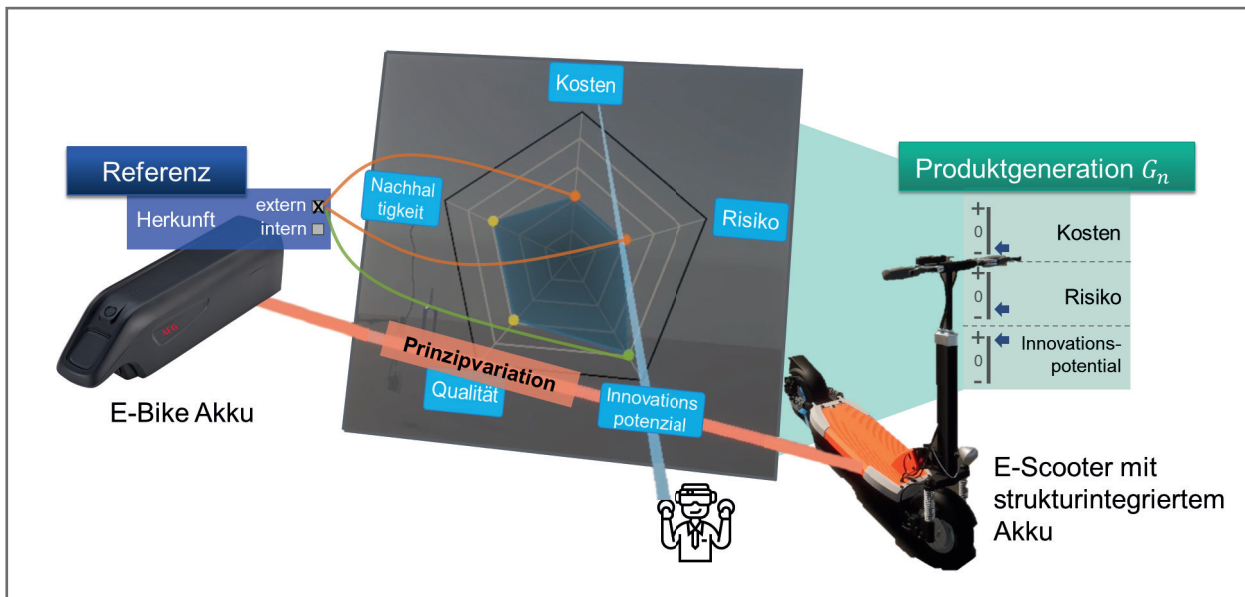


Entwicklung einer Hochdrehzahlkupplung auf Basis von internen Referenzen der beteiligten Projektpartner und externer Referenzen aus einer anderen Branche zur wirtschaftlichen Umsetzung neuer Lösungsprinzipien

Die Integration neuer Technologien oder Funktionen erfordert oft die Verwendung externer Referenzen. Dem potenziell realisierbaren Nutzen stehen dabei Risiken gegenüber, da bei externen Referenzen zunächst nur begrenzt Wissen vorliegt. Eine am IPEK mit Unternehmenspartnern entwickelte

schaltbare Hochdrehzahlkupplung nutzt zur Arretierung des Lamellenpakets einen aus Kugelschreibern bekannten Mechanismus (externe Referenz), wodurch im geschlossenen Zustand keine zusätzliche Energie für die Sicherstellung der Anpresskraft benötigt wird. Durch das am IPEK und den

beteiligten spezialisierten Komponentenlieferanten vorhandene Know-How in der Kupplungsentwicklung (interne Referenzen) konnten dabei gleichzeitig Entwicklungsrisiken begrenzt werden. Die Verwendung interner Referenzen ermöglicht also erst die wirtschaftliche Realisierung neuer Systeme.



VR-Visualisierung zur Entscheidungsunterstützung am Beispiel der Entwicklung eines E-Scooters

Potenziale und Risiken sowie notwendige Entwicklungsaktivitäten unterscheiden sich für verschiedene Teilsysteme eines neuen Systems je nach verwendeter Referenz und Variation.

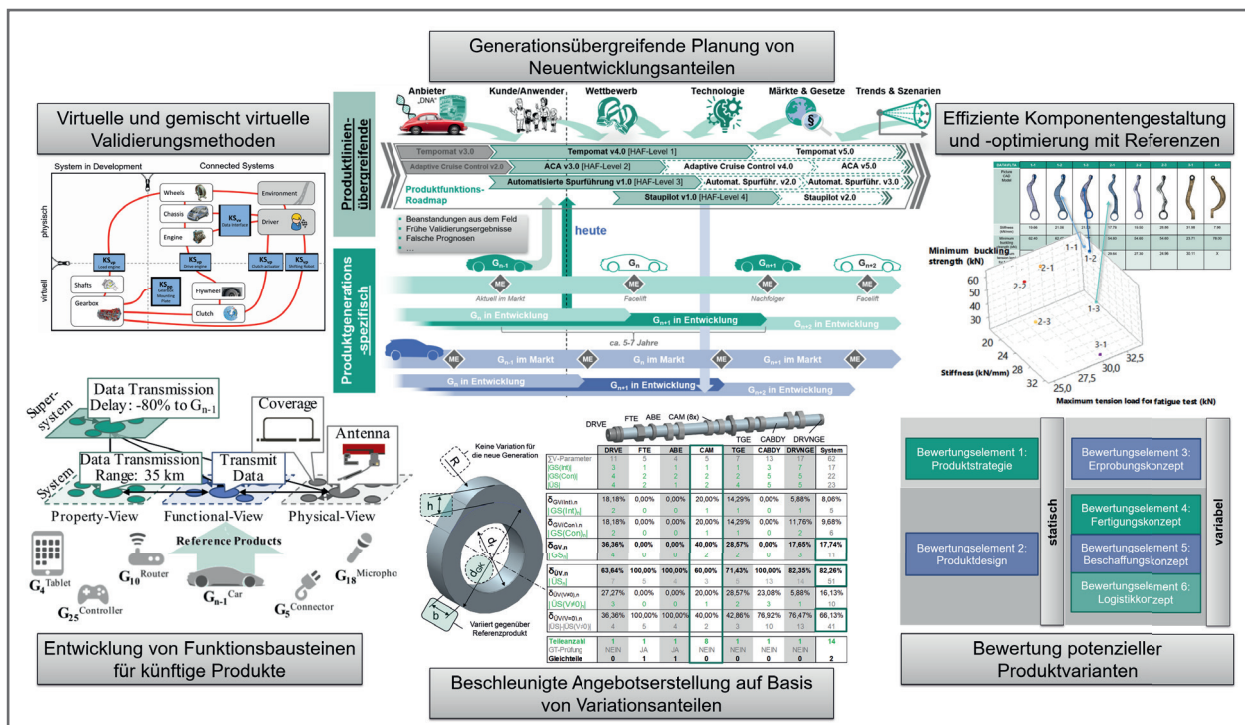
Die beschriebenen Einflüsse können auf Basis des Modells der PGE in ein Datenmodell überführt und unternehmensspezifisch gewichtet werden. Damit können auf

beliebigen Systemebenen Variationsanteile berechnet und Auswirkungen von Referenzen und Variationen analysiert werden. Zur Entscheidungsunterstützung durch eine bedarfsgerechte Darstellung der Zusammenhänge dient u.a. eine am IPEK entwickelte VR-Umgebung.

Auf Basis des Modells der PGE stellen wir aufeinander abgestimmt und zur integrierten Unterstützung in der

Entwicklung Prozesse, Methoden und Tools unter anderem zu in der untenstehenden Abbildung gezeigten Themen bereit.

Methoden & Prozesse der PGE ermöglichen einen gezielten und effizienten Weg zur Innovation. Angepasst auf Ihr Unternehmen unterstützen wir Sie gerne dabei!



Methoden und Prozesse der PGE - Produktgenerationsentwicklung nach Albers

Wir machen Sie fit für das Engineering der Zukunft

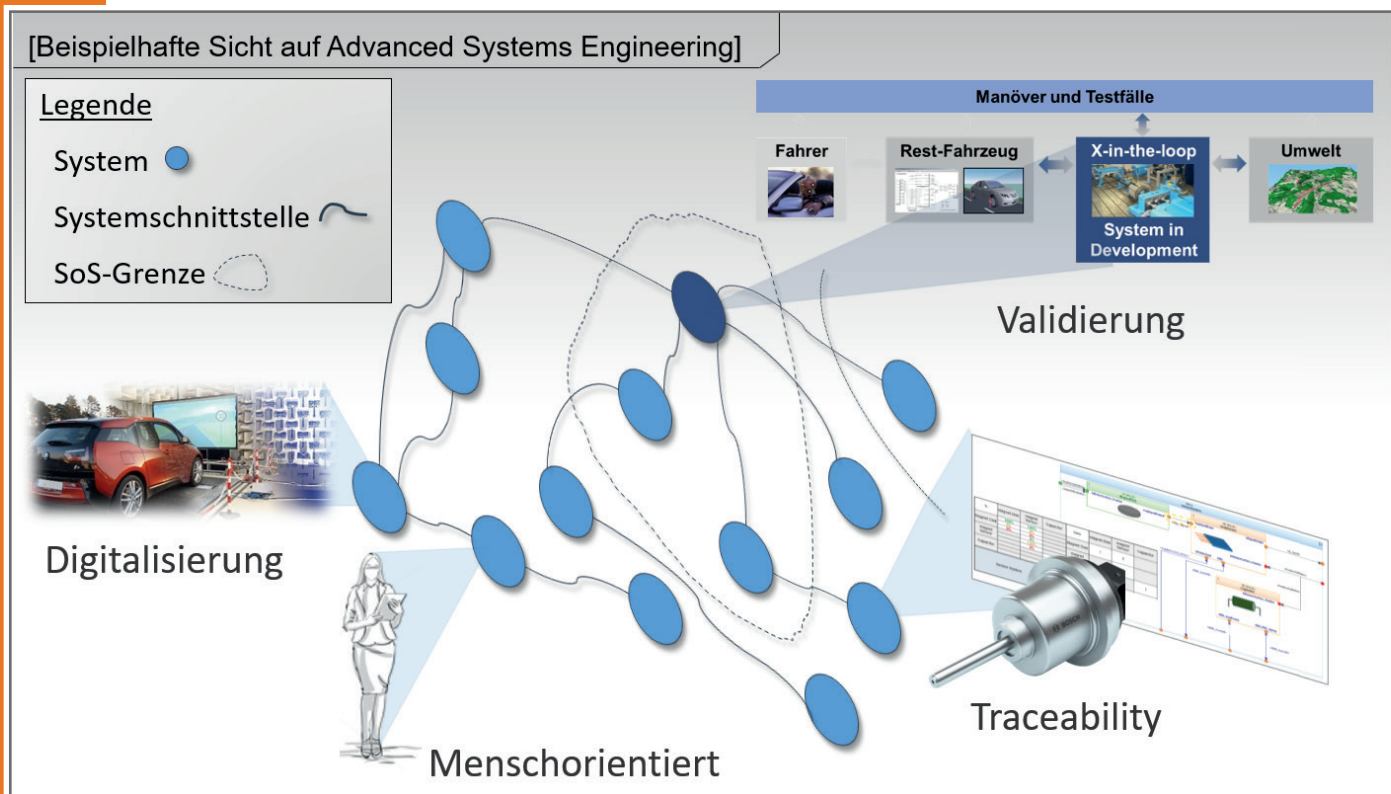
Der Wandel von den früheren Mechanik-zentrierten Systemen über mechatronische Systeme, hin zu intelligenten und personalisierten Produkt-Service-Systemen ist in vollem Gange. Diese zukünftigen Systeme sind geprägt von einem hohen Grad an dynamischer Vernetzung mit weiteren Systemen, Autonomie und interaktiver, soziotechnischer Integration. Die dafür notwendige Interdisziplinarität, Entwicklung und Validierung in System of Systems (SoS) sowie Digitalisierung stellen die Produktentstehung vor neue große Herausforderungen. Ansätze aus den Bereichen des Systems Engineering

und des ASD – Agile Systems Design haben das Potenzial, diese Herausforderungen zu adressieren. Der darauf aufbauende Rahmen für die generationsübergreifende methodische Produktentstehung ist das ASE – Advanced Systems Engineering. ASE führt domänenspezifische Prozesse, Vorgehensweisen und Methoden auf Systemebene zusammen.

Den hier bestehenden Bedarf der Vernetzung von Akteuren zur disziplinübergreifenden Entwicklung vernetzter sozio-technischer Systeme für die Wertschöpfung von morgen konnte das IPEK im vom

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt „AdWiSE“ durch nationale und internationale Experten aus Unternehmen und Forschung bestätigen. Dieser Bedarf wird in verschiedenen Projekten am IPEK konkretisiert und Lösungen für die Umsetzung des ASE erarbeitet.

So fokussiert das mit 18 Partnern aus Industrie und Forschung zusammengesetzte BMBF-Projekt MoSyS- „Menschorientierte Gestaltung komplexer System of Systems“ neben diesen Lösungen vor allem die Rolle des Menschen in der digitalisierten



Beziehungen zwischen vernetzten Systemen und Herausforderungen in ASE

Arbeitswelt. Dabei werden drei zentrale wechselwirkende Aspekte berücksichtigt. Erstens werden verschiedene Anwendungsfälle und Herausforderungen moderner Produktentstehungsprozesse untersucht. Hierzu zählen beispielsweise übergreifende Auswirkungsanalysen von Änderungen im Produkt, musterbasiertes Architekturmanagement, die besonderen Herausforderungen in der Validierung in SoS sowie Ansätze für eine Agile-Systems Engineering Organisation. Zweitens werden die Entwicklung zukünftiger Kollaborationsmodelle und Ansätze zum System of Systems Design und

Engineering erarbeitet. Drittens findet gleichzeitig eine Integration von Ergebnissen der gemeinsamen Forschung in Form von Demonstratoren in einem modellhaften Unternehmen statt.

Darüber hinaus hat das IPEK zahlreiche Kooperationen mit Partnern aus Industrie und Forschung sowie Studierenden – beispielsweise im Innovationsprojekt IP – Integrierte Produktentwicklung – zur Umsetzung spezifischer bedarfsgerechter Methoden des ASE. Diese Methoden adressieren mit Blick auf individuelle und organisatorische Akzeptanz unter

anderem modellbasierte Ansätze zur Integration von Produkt- und Produktionssystem-Entwicklung bis hin zum Produkt-Produktionssystem-Co.-Design.

Wollen auch Sie ihre Kompetenzen im Bereich Advanced Systems Engineering ausbauen und sich so auf die Zukunft vorbereiten? Dann führen Sie mit uns das nächste erfolgreiche Projekt mit ASE durch! Sprechen Sie uns an!

Digitalisierung nicht als Bedrohung sehen, sondern als Chance begreifen!

Die Digitalisierung ist ein seit vielen Jahren zu verzeichnender Trend bei Produkten und in der Produktentwicklung. Das IPEK ist bereits seit mehr als 20 Jahren in der Forschung sowohl bei der Entwicklung von Künstlichen Intelligenz-Lösungen für Produkte als auch der Integration in Produktentwicklungsprozesse aktiv. Im Jahre 1999 wurde ein Tool zur Beurteilung der Qualität von Anfahrvorgängen in Fahrzeugen auf Basis neuronaler Netze erforscht und entwickelt. Ermöglicht durch die starke Kostenreduzierung für Hardware und Software, verbunden mit der dramatischen Steigerung der Rechenleistung, erfährt der Einsatz neuer digitalisierter Lösungen für Produkte und Prozesse einen immensen Schub.

Aktuell forscht das IPEK an Strategien und Methoden zur Nutzung der Digitalisierungspotenziale in Unternehmen. Dabei folgen wir konsequent unserem Innovationsverständnis. Zunächst gilt es, das Produktprofil – den Digitalisierungswunsch des Kunden/der Kundin, zu identifizieren und die Nutzenpotenziale auf Basis einer Situationsanalyse individuell zu bestimmen. Im darauffolgenden Schritt werden im Sinne der Invention passende Lösungen auf dem Gebiet der „Digitisation“ und „Digitalisation“ erarbeitet. Die Digitisation umfasst dabei die zielgerichtete digitale Erfassung analoger Informationen. Beispielsweise die Erfassung und Umwandlung von Versuchsdaten zur Beschreibung des Verhaltens eines Kupplungssystems. Die Digitalisation beschreibt Ansätze, mit denen die

gewonnenen Informationen zur Steigerung der Produkt- oder Prozessleistung benutzt werden können. Beim Kupplungssystem wäre dies zum Beispiel eine Realisierung von minimalem Schlupf zur Reduzierung von Schwingungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Energieeffizienz und des NVH-Verhaltens. Der dritte Schritt zur digitalen Transformation ist die Überführung der digitalisierten Lösungen in marktrelevante Produkte. Dies muss durch die strategische Produktplanung unterstützt werden.

Dem Ansatz Systeme, Methoden und Prozesse folgend forscht das IPEK an neuen Methoden zur Nutzung der Augmented- und Virtual-Reality zum Beispiel im Extended-Reality-Lab (XR-Lab).



Kollaborative Extended Reality Umgebungen

In standortverteilter Entwicklung haben neue Interaktionen, wie sie XR-Technologien ermöglichen, ein hohes Potenzial, die Kollaborations- und Entwicklungsprozesse zu verbessern. Durch den gesteigerten Immersionsgrad lassen sich bereits in frühen Entwicklungsphasen Produktspezifikationen validieren. XR-Technologien haben jedoch aufgrund des teilweise noch hohen Aufwandes für die Bereitstellung der Modelle eine geringe Nutzerakzeptanz. Um hier Fortschritte zu erreichen, entwickelte das IPEK ein eigenes XR-Lab und forscht an Lösungen, die sich aufwandsarm in die etablierten Prozess-, Technologie- und Organisationsstrukturen von Unternehmen integrieren lassen. Dies erfolgte beispielsweise mit dem Schweizer Fahrradhersteller BMC beim Aufbau einer VR-Umgebung zur Validierung variantenreicher Fahrradaufbauten.

MobileCityGame

Wie die Vermittlung und der Austausch von Wissen in der Digitalisierung realisiert werden kann, wird im Verbundprojekt: „Interdisziplinäres Mobilitätsplan- und -simulationsspiel am Beispiel der Stadt Karlsruhe“ gezeigt. Im Austausch mit Bürger*innen sowie Stadtplaner*innen soll in Form eines Computerspiels (sog. Serious Game) die Mobilität von

morgen erfahrbar werden. Hierbei muss der Spieler basierend auf wissenschaftlichen Simulationsmodellen und Methoden der beteiligten KIT Institute verkehrspolitische Entscheidungen treffen.

Bezugnehmend auf Vermittlung und Austausch von Wissen hält die Digitalisierung natürlich auch in der Lehre Einzug. Beispielsweise werden in Live-Labs oder

Selbstlernerheiten in der Maschinenkonstruktionslehre die Digitale Transformation erlebbar.

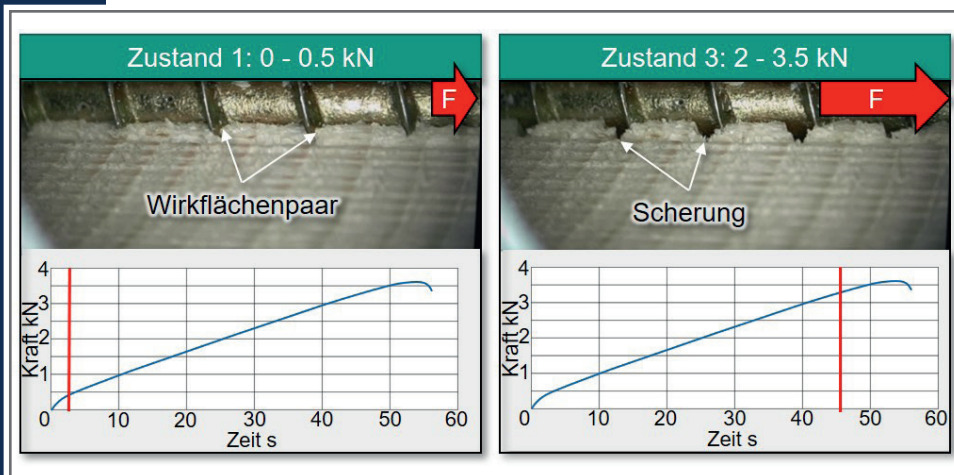
Kommen Sie auf uns zu, wenn Sie wissen wollen, wo Sie und wie Sie Digitalisierung bei sich einführen können und wer Ihr*e Ansprechpartner*in ist!

Forschung im System Power-Tool – Werkzeug – Verbindungselement

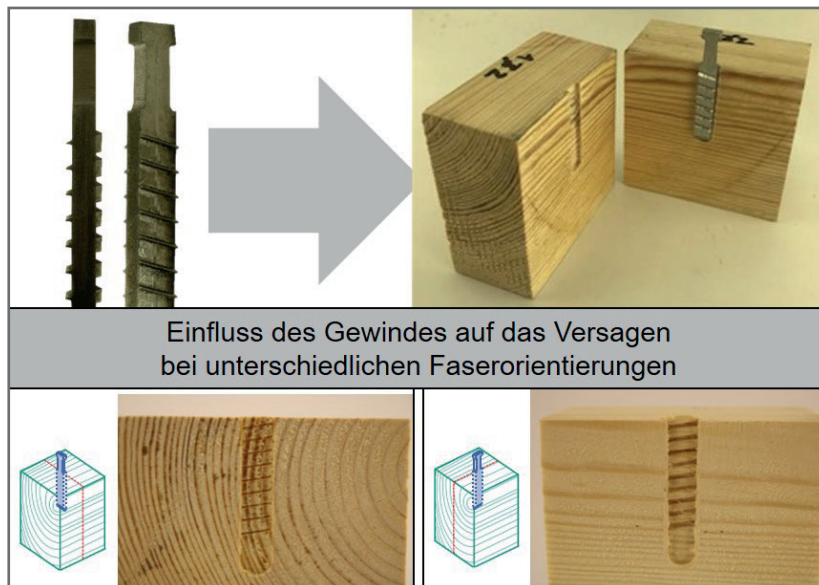
Bei der Entwicklung von Werkzeugen, wie Bohrern, Meißeln oder Schleifscheiben, und Verbindungselementen, z.B. Dübeln oder Ankern, mit vermeintlich einfacher Gestalt, ist es besonders schwierig,

Innovationspotential zu finden. Hier kommt es auf die konstruktiven Details an, die nur aus einem tiefen Verständnis des Gesamtsystems, der Anwendungsprozesse und der Herstellungsprozesse zu finden ist. Basis

für die Innovation ist das detaillierte Verständnis des Zusammenhangs der Gestalt und der zu erfüllenden Funktion (GFZ). Diesen Zusammenhang untersuchbar zu machen, ist eine Forschungsherausforderung. Am IPEK forschen wir deshalb an Methoden und Versuchsumgebungen, um das Gesamtsystem vom Prozess bis ins technische Detail analysieren zu können. In Kombination mit Konstruktionsmethoden unterstützen wir Sie bei Ihrer Aufgabe und entwickeln mit Ihnen Innovationen in Werkzeugen bzw. Verbindungselementen im Gesamtsystem.



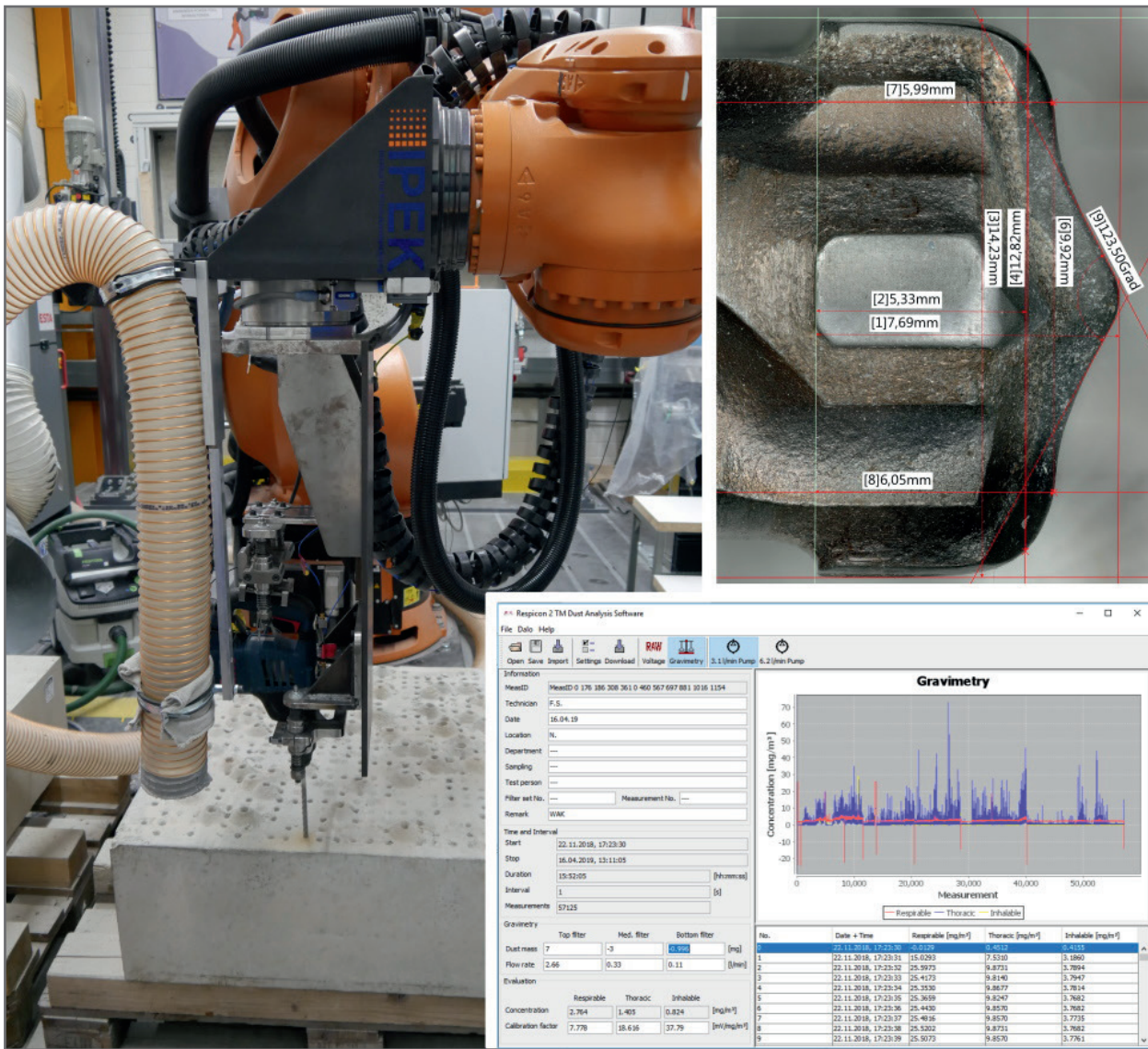
Beobachtetes Versagensverhalten mithilfe einer Analysetechnik mit zeitsynchroner Kopplung mit den Ausziehkräften



Innovationspotenziale im System Holzschraube

Die Haltekräfte von Holzschrauben werden durch die Versagensmechanismen des Holzes in den Gewindegängen der Schrauben begrenzt. Im Stand der Forschung sind die Versagensmechanismen in Abhängigkeit der Schraubengeometrie unbekannt. Nur durch die Kenntnis dieses Holzversagens ist es möglich Holzschraubengeometrien zu entwickeln, welche besonders große Haltekräfte im Holzuntergrund ermöglichen. Um diese Versagensmechanismen beobachtbar zu machen, haben wir am IPEK mehrere Analysetechniken entwickelt, welche die Beobachtung des Versagens ermöglichen. Mit unserer Analysetechnik können die Einflüsse des Gewindes auf die Versagensmechanismen für

Schnelle Schraubenprototypen und neu entwickelte IPEK-Versuchsumgebung zur Ermittlung des Einflusses unterschiedlicher Gewindegeometrien auf die Haltekräfte



Roboter für automatisierte Dauerlauftests mit einstellbaren Vorschub- und Querkräften sowie Vermessung des Verschleißes der Bohrgestalt

unterschiedliche Orientierungen zur Holzfaser untersucht werden und erlauben so, störgrößenreduziert unterschiedliche Geometrien im Holzschraubengewinde zu untersuchen.

Innovationspotentiale im System Betonbohrer

Ein wichtiges Entwicklungsziel von Betonbohrern ist, neben der Produktivität die im Bohrprozess entstehenden Vibrationen gering zu halten. Die Herausforderung im Testing ist es reproduzierbare Versuchsbedingungen zu schaffen, um diese Vibrationen möglichst effizient untersuchen zu können. Die Vibrationen werden in manuellen Versuchen stark durch den Anwender beeinflusst. Der Grund hierfür sind seine statisch aufgebrauchten Kräfte sowie Schwingungseigenschaften, wodurch eine große Anzahl an Versuchswiederholungen benötigt

werden. In der von uns entwickelten Versuchsumgebung können wir diese Schwingungseigenschaften des Menschen sowie die von ihm aufgebrauchten Vorschub- und Querkräfte mit einem Roboter gezielt und reproduzierbar abbilden. Der Einsatz eines Digitalmikroskops erlaubt es, die Details der Bohrgestalt mit den Vibrationsergebnissen in Verbindung zu bringen. Durch unsere Versuchsumgebungen ist es möglich, den Versuchsaufwand zu reduzieren und aussagekräftigere Ergebnisse zu produzieren.

Wir unterstützen Sie gerne bei der Entwicklung Ihrer Werkzeuge und Verbindungselemente sowie bei der Entwicklung einer dafür geeigneten Versuchsumgebung zur Ermittlung der funktionsrelevanten Zusammenhänge im Gesamtsystem.



Preise und Auszeichnungen

■ Dr.-Ing. Thomas Gwosch mit dem Manfred Hirschvogel Preis ausgezeichnet

Im Rahmen des Fakultätsfestkolloquiums am 07.02.2020 wurde Herr Dr.-Ing. Thomas Gwosch mit dem Manfred Hirschvogel Preis ausgezeichnet. Der Preis wird jährlich an allen TU9-Universitäten für die beste Dissertation aus dem Bereich Maschinenbau verliehen.

Dr.-Ing. Thomas Gwosch hat in seiner Dissertation erforscht, wie man Antriebsstrangprüfstände zur Ermittlung von Zielgrößen für die Konstruktion einsetzen kann. Dabei lag ein Fokus seiner Forschungsarbeit auf der Berücksichtigung der starken Interaktion von Mensch und Maschine sowie realitätsnahen Belastungen aus der Anwendung und deren Überführung in Lastmodelle für die Regelung des Antriebsstrangprüfstands. Neben neuen Testansätzen

zur Unterstützung des Frontloadings in der Produktentwicklung sind auch viele systemische Erkenntnisse zu den untersuchten handgehaltenen Power-Tools in der Arbeit von Herrn Dr.-Ing. Gwosch entstanden.

■ Dr. Bartosz Gladysz mit dem Carl-Freudenberg-Preis ausgezeichnet



Im Rahmen der 11. Carl-Benz-Gedenkvorlesung wurde am 28. November 2019 der Carl-Freudenberg-Preis verliehen. Mit dem Preis werden bereits seit 1951 herausragende wissenschaftliche Arbeiten an der Universität Karlsruhe, dem heutigen KIT, ausgezeichnet. Zu den Preisträgern zählte in diesem Jahr mit Herrn Dr. Bartosz Gladysz auch ein Alumnus des IPEK. Ihm wurde die Auszeichnung für seine Dissertation zum Thema „Gestalt- und

wirkzusammenhangbasierte Beschreibung von Fehlermechanismen für eine effektivere und effizientere Identifikation, Analyse sowie Nachvollziehbarkeit von Fehlerfolgen und -ursachen“ verliehen.

■ Robert Renz mit dem Dr.-Ing. W. Höfler Preis ausgezeichnet

Im Rahmen des Maschinenbautags am 17.07.2020 wurde Herr Robert Renz mit dem Dr.-Ing. W. Höfler Preis ausgezeichnet. Der Preis wird jährlich am KIT unter anderem für die beste Masterarbeit im Gebiet der Produktentwicklung verliehen. Herr Renz hat durch seine Abschlussarbeit die Forschungsarbeiten des IPEK im Bereich der rechnergestützten Strömungsoptimierung vorangetrieben. Die Ergebnisse seiner Masterarbeit unterstützen den Ingenieur in der frühen Phase der





Promotionen

Produktentwicklung durch den methodisch gestützten Einsatz numerischer Topologieoptimierungstools zur zielgerichteten Designsynthese von innendurchströmten Bauteilen.

■ Die Gesellschaft für Produktentwicklung e.V. prämiert die drei besten ProVIL-Teams und Best-Helper

Gemeinsam entwickelten 42 Studierende in sieben Teams im Rahmen des Entwicklungsprojektes ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor Lösungen zur Ermöglichung neuer digitaler Konzepte zur Aus- und Weiterbildung der Produktentwickler*innen von morgen. Für die drei besten Teams und Best-Helper wurden Preise im Gesamtwert von 1.000 € und ein einwöchiges Forschungspraktikum am IPEK stellvertretend durch den IPEK-Geschäftsführer Herrn Sascha Ott verliehen. Wir gratulieren den drei Gewinnerteams eXponentials (Platz 1), COVIL-20 (Platz 2) und iLearnIT (Platz 3) sowie den beiden Best-Helper David Schwarz und Tim Krebs.

■ Reichert, Uwe

Eine Methode zur Auswahl von Standgetrieben für Antriebsstränge von Elektrofahrzeugen mit Zentralantrieb

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

■ Basiewicz, Michael

Ein Beitrag zur Validierung nasslaufender Lamellenpakete aus Anfahrlementen von Fahrzeugen im Betriebszustand geregelter Dauerschleife

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

■ Wantzen, Knut

Methode zur Entwicklung merkmalsbasierter Zustandsüberwachungssysteme mittels der Körperschallmesstechnik

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

■ Yan, Steven

Vernetzte Validierungsumgebungen – Ein Beitrag zur Validierung im verteilten Produktentwicklungsumfeld auf Basis des IPEK-X-in-the-Loop-Ansatzes am Beispiel der Antriebssystementwicklung

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

■ Cai, Rui

Methode zur objektivierten Komfortbeurteilung antriebsstranginduzierter Fahrzeugschwingungen am Fahrzeug-Rollenprüfstand

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

Sie haben Interesse an einem kostenlosen gedruckten Exemplar? Rufen Sie uns an.

**Ansprechpartner:
Petra Müller (Sekretariat)
Tel: +49 721 608-42371**

Veröffentlichungskennzahlen

■ 26 Journals ■ 79 Konferenzen (Peer-Review) ■ 17 sonstige Publikationen

Neu am IPEK



Stefan Altenburg
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
AST
Dezember 2019



Monika Klippert
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin
EMM
Januar 2020



**Constantin Nowo-
selttschenko**
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
AST
September 2020



Moritz Altner
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
März 2020



Simon Knecht
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
März 2020



Julian Peters
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
GT
Juni 2020



Marc Etri
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
September 2020



Tobias Kretschmer
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
GT
Juli 2020



Felix Pfaff
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
Juni 2020



Berenalp Engürel
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
November 2020



Benjamin Klerch
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
November 2020



**Jan-Heinrich
Robens**
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
GT
Oktober 2020



Patrick Haberkern
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
CAE
März 2020



**Friedrich-Wilhelm
Lagier**
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
KtS
April 2020



Johannes Sänger
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
GT
August 2020



Dr. Jan Haußmann
Nachwuchsgruppen-
leiter
InnovationsCampus
Mobilität (ICM)
Dezember 2020



Felix Leitenberger
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
GT
November 2020



Nico Schäfer
Auszubildender
Industriemechaniker
Technische Dienste
September 2020



Fynn Hellweg
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
NVH
Februar 2020



Alex Martin
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
NVH
August 2020



Florian Schuchter
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
AST
März 2020



Manfred Hofelich
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
KM
Februar 2020



Philip Müller-Welt
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
AST
Juni 2020



Peter Tröster
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
EMM
September 2020

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: ipek@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 2020

