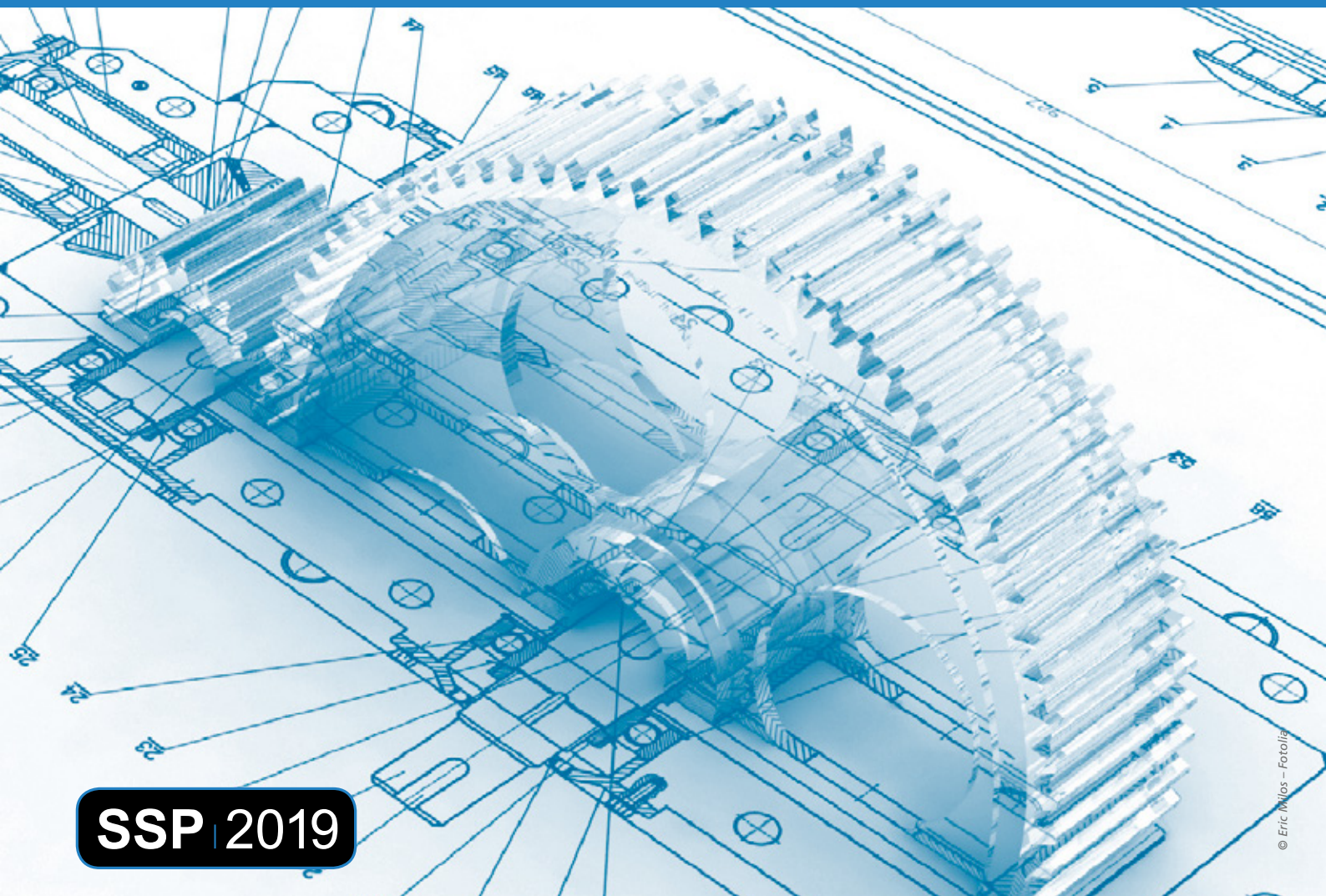


## STUTTGARTER SYMPOSIUM FÜR PRODUKTENTWICKLUNG SSP 2019

Stuttgart, 16. Mai 2019 | Wissenschaftliche Konferenz



**SSP 2019**



Herausgeber:

Hansgeorg Binz, Bernd Bertsche, Wilhelm Bauer, Oliver Riedel,  
Dieter Spath, Daniel Roth

Abstractheft

# **STUTTGARTER SYMPOSIUM FÜR PRODUKTENTWICKLUNG SSP 2019**

Agilität und kognitives Engineering

Stuttgart, 16. Mai 2019 | Wissenschaftliche Konferenz

---

## **ORGANISATION**

IKTD, Universität Stuttgart

IMA, Universität Stuttgart

IAT, Universität Stuttgart

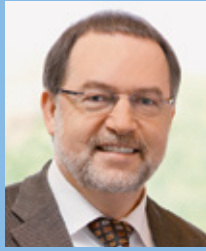
Fraunhofer IAO

Alle eingereichten Beiträge für das Stuttgarter Symposium 2019 wurden mindestens von zwei unabhängigen Mitgliedern des wissenschaftlichen Beirats begutachtet.

Dieses Werk unterliegt den Schutzrechten der Berner Übereinkunft und den allgemeinen internationalen Urheberrechten.

### **Wissenschaftlicher Beirat**

Prof. Dr. Albert Albers, Karlsruher Institut für Technologie (IPEK)  
Prof. Dr. Wilhelm Bauer, Fraunhofer IAO  
Prof. Dr. Bernd Bertsche, Universität Stuttgart (IMA)  
Prof. Dr. Hansgeorg Binz, Universität Stuttgart (IKTD)  
Prof. Dr. Herbert Birkhofer (i. R.), Technische Universität Darmstadt (pmd)  
Prof. Dr. Lucienne Blessing, Singapore University of Technology and Design  
Prof. Dr. Iris Gräßler, Universität Paderborn/Heinz Nixdorf Institut  
Prof. Dr. Karl-Heinrich Grote, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg (LKT)  
Prof. Dr. Günter Höhne, Technische Universität Ilmenau  
Hon.-Prof. Alfred Katzenbach, Universität Stuttgart  
Prof. Dr. Eckhard Kirchner, Technische Universität Darmstadt (pmd)  
Prof. Dr. Dieter Krause, Technische Universität Hamburg-Harburg (PKT)  
Prof. Dr. Roland Lachmayer, Leibniz Universität Hannover (IPeG)  
Prof. Dr. Udo Lindemann (i. R.), Technische Universität München  
Prof. Dr. Thomas Maier, Universität Stuttgart (IKTD)  
Prof. Dr. Frank Mantwill, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (MRP)  
Prof. Dr. Sven Matthiesen, Karlsruher Institut für Technologie (IPEK)  
Prof. Dr. Kristin Paetzold, Universität der Bundeswehr München (iTPE)  
Prof. Dr. Oliver Riedel, Fraunhofer IAO/Universität Stuttgart (ISW)  
Dipl.-Ing. Daniel Roth, Universität Stuttgart (IKTD)  
Prof. Dr. Dieter Spath, Fraunhofer IAO, Universität Stuttgart (IAT)  
Prof. Dr. Karsten Stahl, Technische Universität München (FZG)  
Prof. Dr. Rainer Stark, Fraunhofer IPK  
Prof. Dr. Klaus-Dieter Thoben, Universität Bremen (BIBA/IKAP)  
Prof. Dr. Michael Vielhaber, Universität des Saarlandes (LKT)  
Prof. Dr. Sandro Wartzack, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (KTmfk)  
Prof. Dr. Christian Weber, Technische Universität Ilmenau  
Prof. Dr. Michael Weigand, Technische Universität Wien (IKP)



## VORWORT

Das Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP findet dieses Jahr zum fünften Mal statt. In logischer Weiterführung und -entwicklung der erfolgreichen Symposien in den Jahren 2011, 2013, 2015 und 2017 stehen im Rahmen des Forums vorwiegend Themen des industriellen Umfelds im Mittelpunkt. Die Konferenz bietet demgegenüber vor allem Doktoranden eine Plattform zur Vorstellung und intensiven Diskussion ihrer Forschungsergebnisse.

Wir freuen uns außerordentlich, dass dieses Konzept so gut in der wissenschaftlichen Community aufgenommen und eine beachtenswerte Anzahl von 51 Beiträgen eingereicht wurde. Wir danken allen Autoren, bitten aber gleichermaßen um Verständnis, dass aufgrund des zur Verfügung stehenden Zeitrahmens und der Berücksichtigung der Begutachtungsergebnisse nicht alle Beiträge angenommen werden konnten.

Schwerpunktt Themen der diesjährigen Konferenz stellen unter anderem **Industrie 4.0/Cyber-Physical Products, Wissensmanagement und Agile Produktentwicklung** sowie das **Nutzerzentrierte Design** dar.

Die Vorbereitung und Durchführung dieses Symposiums bedarf tatkräftiger Unterstützung vieler Personen. Ein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang Herrn Daniel Roth, der wesentlich zum Gelingen der Konferenz beigetragen hat.

Wir freuen uns auf die vielen, sicherlich interessanten Vorträge und Diskussionen.

Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz

Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche

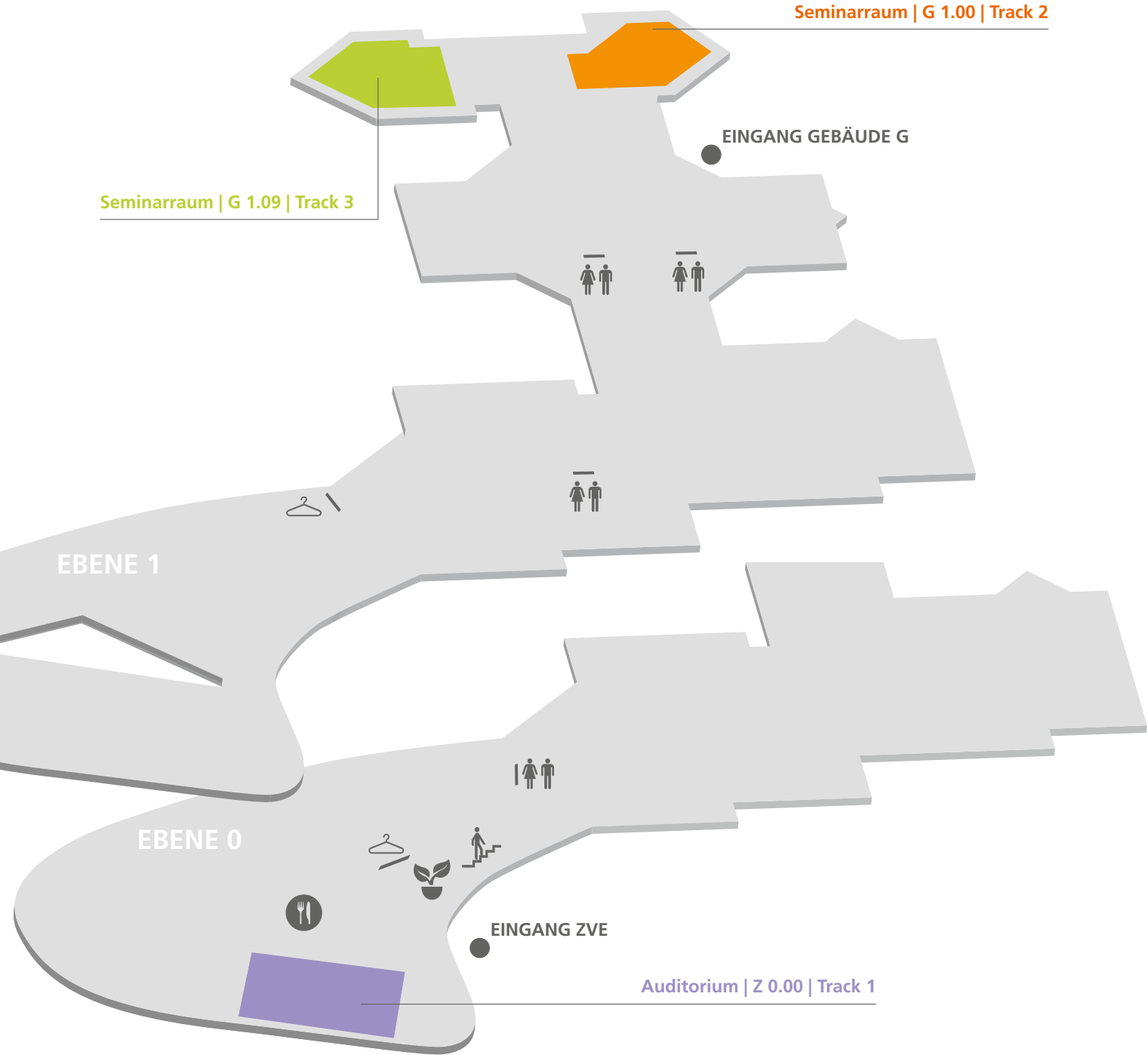
Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Bauer

Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath

Dipl.-Ing. Daniel Roth

LAGEPLAN



# STUTTGARTER SYMPOSIUM FÜR PRODUKTENTWICKLUNG SSP 2019

WISSENSCHAFTLICHE KONFERENZ  
STUTT GART, 16. MAI 2019

- 8.30 Uhr**      **Begrüßung und Einführung**  
*Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz, Institutsleiter,  
IKTD der Universität Stuttgart*
- 9.00 Uhr**      **Keynote: Generative Engineering mit Fokus auf  
bionischen Leichtbau**  
*Dr. Moritz Maier, Gründer und Geschäftsführer,  
ELISE GmbH*

**9.30 Uhr**      **Best Paper**

**10.00 Uhr**     **Kaffeepause**

**Track 1: (Auditorium ZVE)**  
Virtuelle  
Produktentwicklung

**Track 2: (G 1.00)**  
Methoden und Prozesse  
der Produktentwicklung

**Track 3: (G1.09)**  
Technologiemanagement  
und Nutzerzentriertes  
Design

**10.30 Uhr**     **Parallelstream 1**

Digital Engineering &  
Industrie 4.0/Cyber-  
Physical Products

Konstruktionsmethodi-  
ken & Wissensmanage-  
ment in der Produkt-  
entwicklung

Innovations- und  
Technologie-  
management

**12.00 Uhr**     **Mittagessen**

**13.00 Uhr**     **Parallelstream 2**

Industrie 4.0/Cyber-  
Physical Products

Wissensmanagement  
in der Produktentwick-  
lung & Agile Produkt-  
entwicklung

Nutzerzentriertes  
Design

**14.30 Uhr**     **Kaffeepause**

**15.00 Uhr**     **Parallelstream 3**

Zuverlässige Produkt-  
entwicklung

Nachhaltige  
Produktentwicklung

Nutzerzentriertes  
Design

**16.35 Uhr**     **Abschlussession: Kurzvorstellung BPA Grill**

**16.50 Uhr**     **Ausklang**

**18.00 Uhr**     **Ende der Konferenz**

# VORTRÄGE IM PLENUM

09:00 – 10:00 UHR

**Stichworte:** Generative Engineering, algorithmisches Konstruieren, Bionik, Leichtbau, Produktentwicklungsprozesse

## Generative Engineering mit Fokus auf bionischen Leichtbau

*Dr.-Ing. Moritz Maier,*  
*ELISE GmbH, Bremerhaven*

Die Natur hat in Jahrmillionen der Evolution optimale Leichtbaukonstruktionen hervorgebracht. Die Übertragung dieser biologischen Leichtbauprinzipien auf technische Lösungen stellt Ingenieure vor eine große Herausforderung, da die Natur meist komplexe Geometrien entwickelt hat. Mit der additiven Fertigung steht uns erstmals eine Fertigungstechnologie zur Verfügung, die die Komplexität der Natur in technischen Produkten realisieren kann. Um das Leichtgewichtspotenzial additiv gefertigter bionischer Bauteile effizient nutzen zu können, sind geeignete Produktentwicklungsprozesse, Entwurfsmethoden, neuartige CAD-Tools und Simulationssoftware erforderlich.

Die Keynote gibt Einblick in außergewöhnliche Leichtbauprojekte aus der Automobil-, Luftfahrt- und Sportgeräteindustrie und zeigt systematisch die für Leichtbauingenieure erforderlichen Schritte auf. Neben neuen Modellierungswerkzeugen werden Optimierungsalgorithmen, wie z.B. genetische Algorithmen oder Evolutionsstrategien, hervorgehoben. Ein Blick in die Zukunft des Ingenieurs in Zusammenarbeit mit künstlicher Intelligenz schließt den Beitrag ab.

**Keywords:** Generative Engineering, algorithm-based design, biomimetic, lightweight, product development processes

## Generative Engineering with a focus on bionic lightweight design

*Dr.-Ing. Moritz Maier,*  
*ELISE GmbH, Bremerhaven*

Over millions of years of evolution, nature has produced optimal lightweight constructions. The transfer of these biological principles of lightweight construction to bionic solutions in technology poses a major challenge, since nature has usually developed complex geometries. With additive manufacturing, for the first time we have a technology available that can convert the complexity of nature into technical products. In order to make efficient use of the lightweight potential of additive manufactured bionic components, suitable product development processes, design methods, novel CAD tools and simulation software are necessary.

The keynote gives an insight into extraordinary lightweight construction projects in automotive, aerospace and sports equipment industries and systematically shows the construction steps required for lightweight engineers. In addition to novel 3D modeling tools, optimization algorithms such as genetic algorithms or evolutionary strategies are highlighted. A look into the future of the engineer in cooperation with artificial intelligence will conclude the contribution.



**Themen:** Leichtbau in der Produktentwicklung, Konstruktionsmethodiken

**Stichworte:** Fräskanttechnik, Aluminiumschaum-Sandwich, Fügetechnik, Plattenwerkstoffe, Leichtbau

### Potenziale der Fräskanttechnik beim Fügen von Platten aus Aluminiumschaum-Sandwich

*Patrick Hommel, Daniel Roth, Hansgeorg Binz,  
Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
Technisches Design (IKTD)*

Das Ziel im Maschinenbau, Produkte sowie Strukturen leichter zu gestalten, eröffnet der Sandwichbauweise einen breiten Anwendungsbereich. Neben verschiedenen Materialkombinationen hat sich das Aluminiumschaum-Sandwich (AFS) etabliert, welches sich unter anderem durch eine hohe spezifische Steifigkeit, eine hohe mechanische Energieaufnahmefähigkeit sowie eine hohe Recyclinggüte auszeichnet. Obwohl das Material AFS serienreif entwickelt ist, fehlt es auch erfahrenen Konstrukteuren an Kenntnissen beim Konstruieren und bei der Auswahl eines geeigneten Fügeverfahrens beim Einsatz von AFS. Die sogenannte Fräskanttechnik (FKT) ist ein innovatives Fügeverfahren, um räumliche Strukturen aus plattenförmigen Sandwichmaterialien leichtbaugerecht zu fertigen. Die FKT stellt somit ein alternatives Fügeverfahren zum Verschweißen, Verkleben oder Verschrauben zweier Sandwichplatten dar, welches abhängig vom betrachteten Anwendungsfall in vielen Kriterien positiv hervorsteht. In diesem Beitrag werden verschiedene Fügeverfahren zum Verbinden von Platten aus Aluminiumschaum-Sandwich vorgestellt und insbesondere die Potenziale der Fräskanttechnik abgeleitet.

**Topics:** Lightweight Design within the Product Development, Design Methodology

**Keywords:** Routing and folding technology, Aluminium Foam Sandwich, joining technology, composite panel, lightweight

### Potentials of the routing and folding technology when joining plates made of aluminium foam sandwich

*Patrick Hommel, Daniel Roth, Hansgeorg Binz,  
University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
Industrial Design*

The aim in mechanical engineering to make products and structures lighter opens up a wide range of applications for sandwich construction. Among various material combinations, the aluminium foam sandwich (AFS), which is characterized by a high specific stiffness, a high mechanical energy absorption capacity and a high recycling quality, has established itself. Although the material AFS is ready for series production, even experienced design engineers lack knowledge in designing and selecting an appropriate joining process when using AFS. The so-called routing and folding technology is an innovative joining process for producing spatial structures from panel-shaped sandwich materials in a lightweight manner. The routing and folding technology is an alternative joining technology to welding, gluing or screwing two sandwich panels, which, depending on the application under consideration, stands out positively with regard to many criteria. In this article different joining methods for joining panels made of aluminium foam sandwich are presented and the potentials of the routing and folding technology are derived.

10:30 – 12:00 UHR

**Themen:** Innovations- und Technologiemanagement, Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Fahrzeugentwicklungsprozess, Fahrzeug-Design, Individualisierung, Nutzerzentrierung

### Potenziale anpassbarer Fahrzeuggestalten im Zusammenspiel des Exterieurs und Interieurs

Florian Reichelt<sup>1</sup>, Daniel Holder<sup>1</sup>, David Inkermann<sup>2</sup>, Petia Krasteva<sup>2</sup>, Thomas Maier<sup>1</sup>, Thomas Vietor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD)

<sup>2</sup>Technische Universität Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

Globale Trends, wie steigende Individualisierung, sowie Forderungen nach ökologischer Nachhaltigkeit und daraus abgeleitete Sharing-Konzepte, steigern die Bedeutung flexibler und nutzerzentrierter Produkte in der Automobilindustrie. Beispielsweise wird durch den globalen Trend der Individualisierung das Fahrzeug-Design zu einem der wichtigsten Kaufentscheidungs-faktoren. Mittels Ausstattungsvariationen gehen OEMs verstärkt auf diese Kundenbedürfnisse ein und bieten heute bereits Individualisierungsmöglichkeiten der Fahrzeuge an. Diese Anpassungsmöglichkeiten werden noch vor dem Kauf des Fahrzeugs konfiguriert. Änderungen am Fahrzeug können nach dem Kauf meist nur mit hohem Aufwand vollzogen werden. In der vorliegenden Arbeit werden die Optionen der grundsätzlichen Adaptivität nutzerzentrierter Pkws hinsichtlich der Auswirkungen auf die verschiedenen Fahrzeuggestalten analysiert. Mittels dieser Analyse können Rückschlüsse auf die Gestaltung zukünftiger adaptiver Fahrzeuge getroffen werden. Des Weiteren kann somit abgeschätzt werden, wie und in welchem Maß die initiale Einführung bzw. Berücksichtigung adaptiver Fahrzeuggestalten in den Entwicklungsprozess sinnfälliger erscheint.

**Topics:** Innovation and Technology Management, User Centered Design

**Keywords:** automotive product-development-process, automotive design, individualization, user-centered design

### Potentials of an adaptable vehicle gestalt in the interaction of exterior and interior

Florian Reichelt<sup>1</sup>, Daniel Holder<sup>1</sup>, David Inkermann<sup>2</sup>, Petia Krasteva<sup>2</sup>, Thomas Maier<sup>1</sup>, Thomas Vietor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and Industrial Design

<sup>2</sup>Technische Universität Braunschweig, Institute for Engineering Design

Global trends, such as growing individualization, sharing concepts as exemplary solutions for demands for ecological sustainability, are increasing the importance of flexible and user-centred products in the automotive industries. For example, due to the global trend of individualization, vehicle design is becoming one of the most important purchasing decision. OEMs are increasingly responding to these customer needs with numerous variations and are already offering options of individualization for vehicles. These customizations are configured before the vehicle is purchased. Changes after the purchase can usually only be made with great amount of effort and expense. In this paper, the options of basic adaptation for user-centred passenger cars are analysed with regard to their effects on the different vehicle gestalt elements. By means of this analysis, conclusions can be drawn about the future design of adaptive vehicles. Furthermore, an estimation can be made as to how and to what extent the initial introduction or consideration of adaptive vehicle designs in the vehicle development process appears make sense.

**Themen:** Leichtbau in der Produktentwicklung

**Stichworte:** Einstellbare Impedanz, Dynamisches Testen, Steifigkeitsmechanismus, Dämpfungsmechanismus, Validierung

### Anpassbare Impedanzelemente für das Testing und die Validierung von Flugzeugkomponenten und handgehaltenen Power-Tools

Andreas Lindenmann<sup>1</sup>, Emil Heyden<sup>2</sup>, Sven Matthiesen<sup>1</sup>, Dieter Krause<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

<sup>2</sup>Technische Universität Hamburg, PKT - Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

In der Produktentwicklung wird die Funktion eines Produktes durch eine frühe Validierung abgesichert. In Untersuchungen auf Prüfständen, mit dem Zweck der Validierung, liegt die Schwierigkeit in der realitätsnahen Modellierung der Interaktionen zwischen dem Prüfling und angrenzenden Systemen. Um aussagekräftige Ergebnisse bei Systemen mit variablen mechanischen Randbedingungen zu erhalten, konzentriert sich dieser Beitrag auf die Beschreibung und einen Entwicklungsansatz von anpassbaren Impedanzelementen, welche als mechanische Schnittstelle zwischen Prüfstand und Prüfling dienen. Anpassbare Impedanzelemente bestehen dabei aus einem Steifigkeits- und Dämpfungsmechanismus, welche in ihren Eigenschaften unabhängig voneinander eingestellt werden können. Durch anpassbare Impedanzelemente kann das dynamische Verhalten eines Prüfstandes schnell eingestellt werden, was zu einer Reduzierung des Versuchsaufwandes führt. Grundlegende Funktionsprinzipien zu anpassbaren Impedanzelementen sowie deren Beitrag auf die Domänen, Flugzeugkomponenten Testing und Power-Tool Validierung, werden dargestellt.

**Topics:** Lightweight Design within the Product Development

**Keywords:** Adjustable Impedance, dynamic testing, stiffness mechanism, damping mechanism, validation

### Adjustable Impedance Elements for Testing and Validation of Aircraft Components and Hand-Held Power Tools

Andreas Lindenmann<sup>1</sup>, Emil Heyden<sup>2</sup>, Sven Matthiesen<sup>1</sup>, Dieter Krause<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

<sup>2</sup>Hamburg University of Technology, PKT - Institute for Product Development and Mechanical Engineering Design

In the product development process the validation is a core activity in order to certify the function of the system in development. In test bench setups for validation purposes the modeling of interactions of the system in development and adjacent systems in real world scenarios by the test bench is a challenge. In order to receive utilizable results, especially for systems with non stationary and varying mechanical boundary conditions. This contribution aims on the introduction of Adjustable Impedance Elements and their development approach. Adjustable Impedance Elements serve as a mechanical interface between test bench and the system under development. Adjustable Impedance Elements consist of a stiffness and a damping mechanism, which can be adjusted, independently in their properties. With Adjustable Impedance Elements the dynamic behavior of a test bench setup can be adjusted quickly, which leads to a reduction in the amount of work involved in testing and validation. Basic functional principles of Adjustable Impedance Elements as well as their contribution on the domains, aircraft interior testing and power tool validation, are presented.

---

**Themen:** Industrie 4.0 / Cyber-Physical Products

**Stichworte:** Schwingungsanalyse, Drahtwälzlager, Lasterkennung, Zustandserkennung, CPS

---

### Lastdetektierung durch intelligente Schwingungsanalyse in Leichtbaulagern

Manuel Bauer, Robin Bässler, Markus Kley  
Hochschule Aalen, Institut für Antriebstechnik

Eine hohe Verfügbarkeit von relevanten Informationen aus Maschinenelementen macht Produktionsprozesse effektiver. Aus diesem Grund wird im Rahmen der vierten industriellen Revolution permanent an neuen Methoden der Informationsgewinnung gearbeitet. Die günstig gelegene Position von Wälzlagern in Systemen eignet sich besonders gut für die Ermittlung von Zustandsinformationen. Eine Methode dafür, bei der Drahtwälzlager im Fokus stehen, wird in diesem Artikel dargestellt. Drahtwälzlager sind Leichtbaulager, in denen die massiven Wälzlagerringe durch Drähte ersetzt sind. Wird das Lager belastet, ändert sich das Schwingungssignal. Aus dieser Änderung lässt sich die Belastung und die Belastungsrichtung ableiten. Die Integration von intelligenten Algorithmen in das Wälzlagersystem macht dieses zu einem cyber-physischen System (CPS), welches direkt in ein Produktionsnetz integriert werden kann. Dadurch ist es möglich, die Anlage und das Maschinenelement immer im bestmöglichen Betriebspunkt zu betreiben. Zusätzlich können problematische Komponenten mit Hilfe der Algorithmik des Analysesystems erkannt und frühzeitig gewartet oder getauscht werden.

---

**Topics:** Industry 4.0 / Cyber-Physical Products

**Keywords:** Vibration analysis, wire race bearing, load detection, condition detection, CPS

---

### Load detection through intelligent vibration analysis in lightweight bearings

Manuel Bauer, Robin Bässler, Markus Kley  
University of Applied Sciences, Institute for Drive Technology

High availability of relevant information from machine elements makes production processes more effective. For this reason, in the context of the Fourth Industrial Revolution new methods of obtaining information are explored. The conveniently located position of bearings in systems is particularly well suited to obtain status information. One method with focus on wire race bearings is outlined in this article. Wire race bearings are lightweight bearings in which the massive bearing rings are replaced by wires. They have an unique rolling characteristic, which sets in different operating conditions. If the bearing is loaded, the vibration signal changes. By this change, the load and the direction of load can be derived. The integration of intelligent algorithms in the bearing system makes it a cyber-physical system (CPS) which can be integrated directly into a production network. This makes it possible to operate the system and the machine element always in the best possible operating point. In addition, critical components can be detected with the help of the algorithms and maintained or exchanged early.

13:00 – 14:30 UHR

**Themen:** Industrie 4.0 / Cyber-Physical Products, Innovations- und Technologiemanagement

**Stichworte:** Industrie 4.0, Technologiebewertung, Prozessbewertung, Produktentwicklung, Potentialbewertung

**Topics:** Industry 4.0 / Cyber-Physical Products, Innovation and Technology Management

**Keywords:** Industrie 4.0, Technology Assessment, Process Assessment, Engineering Design, Potential Evaluation

### Bewertungsmethodik für die Prozessintegration von Industrie 4.0-Lösungen in die Produktentwicklung

Hendrik Lembeck<sup>1</sup>, David Schneider<sup>1</sup>, Amjed Essakly<sup>2</sup>, David Inker mann<sup>1</sup>, Thomas Spengler<sup>2</sup>, Thomas Vietor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

<sup>2</sup>Universität Braunschweig, Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion

### Evaluation methodology for the process integration of industry 4.0 solutions into Design

Hendrik Lembeck<sup>1</sup>, David Schneider<sup>1</sup>, Amjed Essakly<sup>2</sup>, David Inker mann<sup>1</sup>, Thomas Spengler<sup>2</sup>, Thomas Vietor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Braunschweig, Institute for Engineering Design

<sup>2</sup>Universität Braunschweig, Institute of Automotive Management and Industrial Production

Für kleine und mittlere Unternehmen ist die Einführung von Industrie 4.0 Lösungen mit hohen Risiken verbunden. Eine zentrale Herausforderung ist es, die Auswirkungen durch die Einführung einer oder mehrerer solcher Lösung im Vorfeld bereichsübergreifend abzuschätzen. Der vorliegende Beitrag adressiert diese Problemstellung und zeigt eine Methodik auf, die eine grundlegende Identifikation und Abschätzung der Auswirkungen erlaubt. Als Grundlage wird hierbei die Beurteilung von Entwicklungsaktivitäten mithilfe von Performancekennzahlen genutzt. Im Beitrag wird die Methodik anhand von Produktentwicklungsprozessen aufgezeigt und geprüft. Grundlage stellen Zielkriterien dar, die anhand von Prozesskennzahlen bewertet werden. Die Gegenüberstellung von aktuellen und neuen Prozessen ermöglicht es, eine Aussage über die auftretenden Auswirkungen zu treffen, wobei die neuen Prozesse durch Industrie 4.0-Lösungen abgewandelt werden. Auch die notwendige Beschreibung der Industrie 4.0-Lösungen wird aufgezeigt. Ein exemplarisches Anwendungsbeispiel verdeutlicht die Anwendung der Methodik für die Einführung der Industrie 4.0-Lösung einer Virtuellen Inbetriebnahme. Die Überprüfung von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Industrie 4.0-Lösungen steht noch aus.

For small and medium-sized enterprises, the implementation of industry 4.0 solutions is associated with high risks. A central challenge is to assess the effects of the introduction of one or more such solutions in advance and across different divisions. This paper addresses this problem and presents a methodology that allows a fundamental identification and assessment of the effects. The assessment of development activities using performance indicators is used as a basis. In this article, the methodology is demonstrated and tested on the basis of product development processes. The basis is provided by target criteria that are evaluated on the basis of process key figures. The comparison of target and actual processes makes it possible to make a statement about the occurring effects, whereby the target processes are modified by industry 4.0 solutions. Also the necessary description of the industry 4.0 solutions is shown. An exemplary application example illustrates the application of the methodology for the introduction of the industry 4.0 solution of a virtual commissioning. The examination of interactions between different industry 4.0 solutions is still pending.

13:00 – 14:30 UHR

-----  
**Themen:** Agile Produktentwicklung, Industrie 4.0 / Cyber-Physical Products

**Stichworte:** Erprobung, Lastkollektiv, intelligente Optimierung,  
 Antriebsstränge, Validierung  
 -----

### Intelligente Lastkollektivoptimierung für Erprobungen von elektrischen und hybriden Antriebssträngen

Julian Stütz, Lukas Bauer, Markus Kley  
 Hochschule Aalen, Institut für Antriebstechnik

Das Generieren von geeigneten Testfällen als Teil des Validierungsprozesses in der Fahrzeugentwicklung stellt eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Aktuell nimmt die Anzahl der Tests zur Absicherung von innovativen Antriebssträngen sowie sicherheitskritischer Funktionen zu. Gerade im Bereich von Off-Highway-Fahrzeugen ist diese hohe Anzahl an Tests, gegenüber den geringen Stückzahlen an Fahrzeugen, ein beachtlicher Kostenfaktor, der die Fahrzeugentwicklung bzw. die Entwicklung von neuen Technologien deutlich einschränkt. Bekannte und etablierte Methoden der anforderungsbasierten Testverfahren sowie der klassischen Entwicklung von Lastzyklen sind nicht mehr ausreichend, da diese sich auf bestehende Testkataloge von meist konventionell getriebenen Fahrzeugen stützen.

Im Gegensatz zu aktuellen Ansätzen soll auf Basis von einfachen, situativ basierenden Lastfällen ein dynamisches Lastkollektiv entwickelt werden, welches durch die aktuellen Messdaten des Prüflaues über Auswertelgorithmen in Echtzeit optimiert wird. Die Optimierung soll hinsichtlich der Effizienz und der Ergebnisqualität stattfinden und automatisch neue Testparameter für kritische Situationen generieren.

-----  
**Topics:** Agile Product Development, Industry 4.0 / Cyber-Physical Products

**Keywords:** Testing, load spectrum, intelligent optimization, powertrains,  
 validation  
 -----

### Intelligent load spectrum optimization for testing of electric and hybrid powertrains

Julian Stütz, Lukas Bauer, Markus Kley  
 University of Applied Sciences, Institute for Drive Technology

The generation of suitable test cases as part of the validation process in vehicle development is a challenging task. Currently, the number of tests to safeguard innovative powertrains and safety-critical functions is increasing. Especially in the area of off-highway vehicles, this high number of tests is a considerable cost factor compared to the small number of vehicles, which significantly limits vehicle development respectively new technologies. Known and established methods of requirement-based test procedures as well as the classical development of load cycles are no longer sufficient, since they are based on existing test catalogs of mostly conventionally driven vehicles.

In contrast to current approaches, a dynamic load collective is to be developed based on simple, situation-based load cases, which are optimized in real time by the current measurement data of the test run using evaluation algorithms. The optimization should take place with regard to efficiency and result quality and automatically generate new test parameters for critical situations.

**Themen:** Industrie 4.0 / Cyber-Physical Products, Innovations- und Technologiemanagement

**Stichworte:** PGE – Produktgenerationsentwicklung, Industrie 4.0, Innovationsmanagement

### Herausforderungen bei der Entwicklung von smarten Produktionsmaschinen im Kontext des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Albert Albers<sup>1</sup>, Gustav N. Basedow<sup>1</sup>, Markus Spadinger<sup>1</sup>, Felix Raab<sup>2</sup>, Jie Chen<sup>1</sup>, Tobias Stürmlinger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

<sup>2</sup>connyun GmbH

Produkte werden in Generationen entwickelt. Diese Beobachtung wird durch das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung beschrieben. In diesem Beitrag werden die Herausforderungen bei der Entwicklung von intelligenten Produktionsmaschinen identifiziert und Ansätze für die Weiterentwicklung des Modells der PGE vorgestellt. Die Herausforderungen wurden durch semistrukturierte Interviews mit acht Experten unterschiedlicher Perspektiven identifiziert. Die Experten haben eine durchschnittliche Berufserfahrung von über 15 Jahren. Aus der Perspektive des Anbieters ergeben sich die zunehmende Komplexität und Individualisierung, die sich verändernde Rolle von Kunden und Anwendern, höhere Bestandteile der Softwareentwicklung und die Notwendigkeit, mehr Disziplinen in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Aus Sicht des Kunden ergeben sich die Beurteilung intelligenter Produktionsmaschinen, der zugrundeliegenden Geschäftslogik und die Bestimmung der Anpassungsfähigkeit. Die identifizierten Herausforderungen aus den Anwenderperspektiven sind, sich während des Betriebs für den richtigen Service und die richtige Funktion einer smarten Produktionsmaschine zu entscheiden. Auf dieser Basis wurden vier Handlungsfelder abgeleitet. Diese sind Ansätze zur agilen Entwicklung mechatronischer Systeme, zur Geschäftsmodellentwicklung, zur Unterstützung des Kunden bei Entscheidungsprozessen und zur Unterstützung des Nutzers bei Entscheidungsprozessen.

**Topics:** Industry 4.0 / Cyber-Physical Products, Innovation and Technology Management

**Keywords:** PGE – Product Generation Engineering, Industry 4.0, Innovation Management

### Challenges in the development of smart production machines in the context of the PGE – Product Generation Engineering model

Albert Albers<sup>1</sup>, Gustav N. Basedow<sup>1</sup>, Markus Spadinger<sup>1</sup>, Felix Raab<sup>2</sup>, Jie Chen<sup>1</sup>, Tobias Stürmlinger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

<sup>2</sup>connyun GmbH

Products are developed in generations. This observation is described by the model of PGE – Product Generation Engineering. In this paper, the challenges in the development of smart production machines are identified and approaches for the further development of the PGE model are presented. The challenges were identified through semi-structured interviews with eight experts from different perspectives. The experts have an average professional experience of more than 15 years. Out of the provider's perspective, the identified challenges are increasing complexity and individualization, changing roles of customers and users, higher requirements in terms of software development and the necessity to integrate even more disciplines in the development process. From the customer's perspective the identified challenges are the assessment of benefits of smart production machines, the underlying business logic and the determination of the range of adaptability. The key challenges identified from the user perspective are the decisions for the right service and feature of a smart production machine during operation. Based on these, four action fields have been derived. The four action fields are approaches for agile development of mechatronic systems, for business model development, to support the customer in decision processes and to support the user in decision processes.

15:00 – 16:30 UHR

---

**Themen:** Zuverlässige Produktentwicklung**Stichworte:** Effiziente Erprobungsplanung, Zuverlässigkeitsabsicherung, Produktdimensionierung, Life-Cycle Kosten

### Zuverlässigkeitsabsicherung ressourcenschonender Produkte durch effiziente Erprobungsplanung

*Thomas Herzig, Martin Dazer, Bernd Bertsche**Universität Stuttgart, Institut für Maschinenelemente*

In der vorliegenden Arbeit wird ein Konzept vorgestellt, mit dem die optimale Testplanung bereits in der Produktentwicklung berücksichtigt werden kann. Aus experimentell ermittelten Wöhlerlinien lassen sich Lebensdauerparameter für unterschiedliche geometrische Dimensionierungen bestimmen. Dieses Vorwissen kann anschließend dazu verwendet werden, die Teststrategie bei geforderter Erfolgswahrscheinlichkeit hinsichtlich Gesamtkosten optimal auszulegen. Durch Berücksichtigung dieses Vorwissens über das Produkt lässt sich je nach Anforderung die optimale Teststrategie finden, bei der die Prüflingsanzahl und die Testdauer zu den Erprobungskosten zusammengefasst werden können und die Materialkosten durch Anzahl verkaufter Produkte und die geometrische Dimensionierung festgelegt werden. Das in dieser Arbeit vorgestellte Konzept zeigt, dass es möglich ist, dem Zielkonflikt der steigenden Kundenanforderungen bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten bereits im Produktentwicklungsprozess zu begegnen.

---

**Topics:** Reliable Product Development**Keywords:** Efficient test planning, reliability assurance, product dimensioning, life cycle costs

### Reliability assurance of resource-saving products through efficient test planning

*Thomas Herzig, Martin Dazer, Bernd Bertsche**University of Stuttgart, Institute of Machine Components*

In this paper a concept is presented which enables the consideration of optimal test plans during the product development process. Basing on experimentally determined SN curves, service life parameters for different diameters can be determined. This prior knowledge can then be used to optimally design test strategies with regard to total costs and probability of success. By taking this prior knowledge of the product into account, the optimum test strategy can be found depending on the reliability requirements. The number of test specimens and test duration can be combined to test costs while material costs can be determined by the number of products produced and their geometric dimensioning. The concept presented in this paper demonstrates a possibility to resolve the conflict of increasing customer requirements while simultaneously reducing costs during the product development process.



**Themen:** Zuverlässige Produktentwicklung

**Stichworte:** Funktionale Gestaltung, Modellbasierte Systementwicklung, Zuverlässigkeit, Schnittstellenoptimierung, Maschinelles Lernen

### Ein Ansatz zur holistischen maschinellen Risikoanalyse als Grundlage für die Schnittstellenoptimierung funktionaler Architekturen in einer frühen Phase

Mohamad Chamas<sup>1</sup>, Maximilian Thiele<sup>1</sup>, Kristin Paetzold<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BMW Group, Antriebsentwicklung

<sup>2</sup>Universität der Bundeswehr München, Institut für Technische Produktentwicklung

Damit die ansteigende Produktkomplexität aufgrund der zunehmenden Technologietrends beherrschbar bleibt, gewinnen modellbasierte Systementwicklungsansätze immer mehr an Bedeutung. Mit der zunehmenden Anzahl an Funktionen in Fahrzeugen nimmt der Vernetzungsgrad und einhergehend das Fehlerrisiko stark zu. Aktuelle Ansätze verfolgen daher die Kopplung von Systemmodellen mit Zuverlässigkeitsmethoden, um Risiken frühzeitig erkennen zu können. Allerdings fehlt es in den heutigen Ansätzen an holistischen Systembetrachtungen für eine zuverlässigkeitsorientierte Unterstützung der E/E-Architektur. Der vorliegende Beitrag stellt eine Kopplung maschineller Lernverfahren zur Risikoanalyse von Funktionen mit stochastischen Prozessen vor, damit Entscheidungen in der Funktionsarchitektur hinsichtlich der Zuverlässigkeit begründet werden können. Die Methode wird auf Realdaten aus dem Entwicklungsprozess der funktionalen Gestaltung angewendet. Die Erkenntnisse zeigen, dass die maschinelle Risikoanalyse in Kombination mit der Schnittstellenoptimierung während der funktionalen Gestaltung eine zuverlässigkeitsorientierte Funktionsarchitektur unterstützen und Fehlerrisiken in der nachfolgenden E/E-Architektur reduzieren kann.

**Topics:** Reliable Product Development

**Keywords:** Functional Design, Model-Based Systems Engineering, Reliability, Interface Optimization, Machine Learning

### An approach to a holistic machine risk analysis as a basis for interface optimization of functional architectures

Mohamad Chamas<sup>1</sup>, Maximilian Thiele<sup>1</sup>, Kristin Paetzold<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BMW Group, Drive System Development

<sup>2</sup>University of the German Federal Armed Forces Munich, Institute for Technical Product Development

In the Live-Lab ProVIL – Product development in the virtual Idea Laboratory students yearly develop innovative product concepts in cooperation with a partner from the industries. Thereby exist three dimensions: In terms of teaching ProVIL follows the goal to skill up the students. In the research dimension, ProVIL is understood as research environment to evaluate methods, processes and tools. In respect to the innovation dimension, the project results shall have as much innovation potential as possible. Between the three dimensions, large synergetic potentials and conflicts of objectives exist. In this article, the Live-Lab ProVIL 2016 is analyzed to deviate an implementation model for ProVIL 2017. The implementation model is modeled using the integrated product development model to enable the generation of a reference model for ProVIL in the future.

15:00 – 16:30 UHR

---

**Themen:** Zuverlässige Produktentwicklung**Stichworte:** Zuverlässigkeit, Lastkollektive, virtuelle Sensoren

---

**Methodik zur Ermittlung systemspezifischer Lastkollektive zur Sicherstellung beanspruchungsgerechtdimensionierter Produkte***Martin Diesch, Bernd Bertsche**Universität Stuttgart, Institut für Maschinenelemente*

Die Kenntnis der realen Belastung im Feld ist für die beanspruchungsgerechte Dimensionierung von großer Bedeutung. Aus dem Zusammenhang zwischen der Belastbarkeit und der Belastung ergibt sich die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Bauteils. Die Belastung auf ein Bauteil wird in einem Lastkollektiv erfasst, da in der Regel die Belastung nicht kontinuierlich während des Betriebes aufgezeichnet wird. Da jedoch selbst Lastkollektive nicht für die gesamte Population von Systemen vorhanden sind, wird in diesem Beitrag eine Vorgehensweise zur Ermittlung systemspezifischer Lastkollektive am Beispiel eines Turboladers vorgestellt. Diese besteht aus mehreren Teilschritten, die alle Möglichkeiten zur Aufzeichnung von Lastkollektiven darstellt, bewertet und deren Umsetzung beschreibt. Die Vorgehensweise schließt mit der Ableitung eines für die Auslegung repräsentativen Kollektives ab.

---

**Topics:** Reliable Product Development**Keywords:** Reliability, load spectra, soft sensors

---

**Approach for determining system-specific load spectra to ensure the construction of stress appropriate products***Martin Diesch, Bernd Bertsche**University of Stuttgart, Institute of Machine Components*

Knowing the actual operational load is of utmost importance for the development of a reliable product. The failure probability of a component results from the relationship between strength and load. The load on a component is recorded in a load spectrum, since the load is usually not recorded continuously during the operation. As even load spectra are not available for the entire population of systems, this paper presents a procedure for determining system-specific load spectra based on the example of a turbocharger. Several steps are taken to identify and evaluate all possibilities of determining load spectra. The procedure concludes with the derivation of a representative spectrum for the construction.



## TRACK 2:                   METHODEN UND PROZESSE DER PRODUKTENTWICKLUNG

### SESSION 1:                KONSTRUKTIONSMETHODIKEN & WISSENS- MANAGEMENT IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

10:30 – 12:00 UHR

---

**Themen:** Agile Produktentwicklung, Konstruktionsmethodiken

**Stichworte:** Methodische Produktentwicklung, Methodenübersicht, Methodenlandkarte, Produktentwicklungsmethoden

---

#### Methodenlandkarte zur Auswahl von Produktentwicklungsmethoden im interdisziplinären Kontext

Clemens Honold, Sven Fischer, Daniel Roth, Hansgeorg Binz  
Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
Technisches Design (IKTD)

Die steigende Technifizierung und zunehmende Interdisziplinarität von Entwicklungsprojekten bewirkt auch in anderen Fachdisziplinen als der des Maschinenbaus eine Zunahme an Komplexität. In verflochtenen Umfeldern, wie beispielsweise der Planung und Entwicklung adaptiver Gebäude, werden Produktentwicklungsmethoden zur effektiven und effizienzsteigernden Unterstützung herangezogen. In diesem Beitrag wird die Entwicklung einer Methodenlandkarte vorgestellt, die die Vielzahl und Vielfalt an Methoden übersichtlich darstellt und mit deren Hilfe die Auswahl von Produktentwicklungsmethoden im interdisziplinären Kontext erleichtert werden soll. Zu diesem Zweck wurde eine umfassende Sammlung an Produktentwicklungsmethoden recherchiert und die Suchergebnisse klassifiziert. Nach einer Anforderungsdefinition wurden verschiedene Konzepte für die Darstellungsform einer Methodenlandkarte erarbeitet, wovon eines in diesem Beitrag in ausgearbeitetem Zustand vorgestellt und evaluiert wird.

---

**Topics:** Agile Product Development, Design Methodology

**Keywords:** Methodical product development, design method overview, method map, product development methods

---

#### Method map for the selection of product development methods in an interdisciplinary context

Clemens Honold, Sven Fischer, Daniel Roth, Hansgeorg Binz  
University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
Industrial Design

The increasing technification and interdisciplinarity of development projects is leading to an increase in complexity also in other disciplines than mechanical engineering. In complex environments, such as the planning and development of adaptive buildings, product development methods are used for effective and efficiency-increasing support. In this paper, the development of a method map is presented, which clearly presents the multitude and variety of methods and with the help of which the selection of product development methods in an interdisciplinary context should be supported. For this purpose, a comprehensive collection of product development methods was researched and the results classified. After a requirement definition, different concepts for the representation form of a method map were developed, of which one is presented and evaluated in this paper in the elaborated state.

**Themen:** Konstruktionsmethodiken

**Stichworte:** Gestaltung, Konstruktionsmethodik, Formgedächtnislegierung, Testing, Funktionsmodellierung, Abwärmekraftmaschine, Nitinol

### Erkenntnisgewinn durch Systemanalyse und Testing – Ein Ansatz zur Unterstützung der Entwicklung von Systemen mit neuartigen Wirkprinzipien

Sven Matthiesen<sup>1</sup>, Manfred Wilhelm<sup>2</sup>, Patric Grauberger<sup>1</sup>, Ingo F.C. Naue<sup>2</sup>, Tamo Werner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

<sup>2</sup>Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie

Die Entwicklung technischer Systeme stellt eine besondere Herausforderung dar, wenn in ihnen neuartige Wirkprinzipien wie beispielsweise Formgedächtniseffekte zum Einsatz kommen. Dieser Beitrag stellt einen Ansatz vor, mit dem die Entwicklung dieser Systeme durch methodischen Erkenntnisgewinn unterstützt wird. In einer Analyse wird ein Modell der Zusammenhänge von Gestalt und Funktion gebildet und Hypothesen zu Parametern daraus abgeleitet. Das Testing wird mit einem speziell erstellten Ersatzsystem durchgeführt und Erkenntnisse zu den Hypothesen gewonnen. Diese Erkenntnisse können dann zur Entwicklung des technischen Systems genutzt werden. Am Beispiel einer Abwärmekraftmaschine mit Nitinol-Formgedächtnisaktoren wird der Ansatz genutzt, um Erkenntnisse für eine Weiterentwicklung dieses Systems zu gewinnen. Auf Basis des Vorgängerprodukts wird ein Modell der Gestalt-Funktion-Zusammenhänge erstellt und daraus geeignete Ersatzsysteme abgeleitet. Es wird initial gezeigt, wie Erkenntnisse gewonnen werden können, die für die Weiterentwicklung der Wärmekraftmaschine notwendig sind.

**Topics:** Design Methodology

**Keywords:** Embodiment design, shape memory alloy, testing, functional modelling, waste heat engine, nitinol

### Gain of insights through system analysis and testing – an approach to support development of systems with new working principles

Sven Matthiesen<sup>1</sup>, Manfred Wilhelm<sup>2</sup>, Patric Grauberger<sup>1</sup>, Ingo F.C. Naue<sup>2</sup>, Tamo Werner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

<sup>2</sup>Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Chemical Technology and Polymer Chemistry

The development of technical systems poses a particular challenge when they use new working principles such as shape memory effects. This paper presents an approach that supports the development of these systems by methodological gain of insights. In an analysis, a model of the embodiment function relations is built up and hypotheses for its parameters are derived. The testing is carried out with a specially created substitution system and insights about the hypotheses are gained. These insights can then be used to develop the technical system. Using the example of a waste heat engine with Nitinol shape memory alloy actuators, the approach is used to gain insights for the further development of this system. On the basis of the predecessor product, a model of the embodiment function relations is created and suitable substitution systems are derived. Initially, it will be shown how insights can be gained that is necessary for the further development of the heat engine.

## TRACK 2:                   METHODEN UND PROZESSE DER PRODUKTENTWICKLUNG

### SESSION 1:               KONSTRUKTIONSMETHODIKEN & WISSENS- MANAGEMENT IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

10:30 – 12:00 UHR

---

**Themen:** Wissensmanagement in der Produktentwicklung

**Stichworte:** Lessons Learned, Prozessorientiertes Wissensmanagement, Prozessmodellierung, Wissensmanagementmethoden

---

#### Lessons Learned bei der Anwendung eines produktentwicklungsspezifischen Wissensmanagementverfahrens im medizintechnischen Umfeld

Alexander Laukemann, Daniel Roth, Hansgeorg Binz  
Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
Technisches Design (IKTD)

In diesem Beitrag werden die Lessons Learned Erfahrungen bei der Anwendung eines produktentwicklungsspezifischen Wissensmanagementverfahrens im medizintechnischen Umfeld vorgestellt. Motiviert durch eine Anwendungsevaluation mit einem Kooperationspartner wurde die Wissensmanagementmethode „Lessons Learned“ ausgewählt, um zwei übergeordnete Ziele zu erreichen. Zum einen sollte prozesskritisches Handlungswissen während der Anwendungsevaluation gespeichert und zum anderen Optimierungsmaßnahmen prozessorientiert vorgeschlagen werden. Sowohl positive wie auch die fokussierten konstruktiv kritischen Äußerungen und Erfahrungen konnten mit einem strukturierten Lessons Learned Dokument erfasst werden. Dieses formalisierte, explizite Wissen diente zur Optimierung und Weiterentwicklung des produktentwicklungsspezifischen Wissensmanagementverfahrens. Am Ende des Beitrags werden ein Fazit der gesammelten Lessons Learned gezogen, die Ergebnisse diskutiert und ein Ausblick auf zukünftige Inhalte des Forschungsvorhabens gegeben.

---

**Topics:** Knowledge Management within the Product Development

**Keywords:** lessons learned, process-oriented knowledge management, process modelling, knowledge management

---

#### Lessons learned within application of a product development-specific knowledge management approach in the medical engineering environment

Alexander Laukemann, Daniel Roth, Hansgeorg Binz  
University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
Industrial Design

In this contribution, the lessons learned experience in the application of a product development-specific knowledge management process in the medical technology environment is presented. Motivated by an application evaluation with a cooperation partner, the knowledge management method "lessons learned" was selected to achieve two overarching aims. On the one hand, process-critical action knowledge should be preserved during the application evaluation and, on the other hand, process-oriented optimization measures should be proposed. Both positive and the more focused constructive critical comments and experiences could be captured with a structured lessons learned document. This formalized explicit knowledge was used to optimize and further develop the product development-specific knowledge management process. At the end of the article a summary of the lessons learned is given, the results are discussed and an outlook on future contents of the research project is promised.

## TRACK 2:                   METHODEN UND PROZESSE DER PRODUKTENTWICKLUNG

### SESSION 2:               WISSENSMANAGEMENT IN DER PRODUKT- ENTWICKLUNG & AGILE PRODUKTENTWICKLUNG

13:00 – 14:30 UHR

---

**Themen:** Innovations- und Technologiemanagement, Wissensmanagement in der Produktentwicklung

**Stichworte:** Validierung, vernetzte Validierungsumgebung, System-of-Systems, Dokumentation von Erfahrungswissen

---

#### Dokumentation von Erfahrungswissen in der Entwicklung von vernetzten Validierungsumgebungen

Steven Yan, Constantin Mandel, Matthias Behrendt, Albert Albers  
Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

Validierung stellt das Bindeglied zwischen dem zu entwickelnden Produkt und den zugrundeliegenden Entwicklungszielen dar. Für eine effiziente und effektive Validierung müssen das Produktsystem und das passende Validierungssystem parallel und beginnend in frühen Phasen der Produktentstehung entwickelt und kontinuierlich erweitert werden. Die Entwicklung einzelner Subsysteme des zu entwickelnden Produkts findet zunehmend auf mehrere Standorte verteilt statt. Dies stellt die Entwicklung eines geeigneten Validierungssystems, mit gegebenenfalls vernetzten und über verschiedene Standorte verteilten Validierungsumgebungen, vor Herausforderungen.

In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur Unterstützung der Entwicklung vernetzter Validierungsumgebungen beschrieben. Dazu wird zunächst ein Beschreibungsmodell eingeführt. Mit Hilfe dieses Beschreibungsmodells werden anhand von Fallbeispielen vernetzte Validierungsumgebungen kategorisiert und vergleichbar gemacht. Zusätzlich wird eine Dokumentationsvorlage vorgestellt, um das Erfahrungswissen bei der Entwicklung von vernetzten Validierungsumgebungen zu hinterlegen und für die Entwicklung weiterer Validierungsumgebungen nutzbar zu machen.

---

**Topics:** Innovation and Technology Management, Knowledge Management within the Product Development

**Keywords:** Validation, distributed validation environment, System of Systems, Documentation of empirical knowledge

---

#### Documentation of Empirical Knowledge in the Development of Connected Validation Environments

Steven Yan, Constantin Mandel, Matthias Behrendt, Albert Albers  
Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

Validation is the link between the product to be developed and the underlying development goals. For efficient and effective validation, the product system and the appropriate validation system must be developed and continuously expanded in parallel, starting in the early phases of product development. The development of individual subsystems of the product to be developed is increasingly distributed over several locations. This poses challenges for the development of a suitable validation system, with validation environments that might be connected and distributed over different locations as well.

This paper describes an approach to support the development of connected validation environments. First, a description model for validation environments will be introduced. With the help of this description model and based on several case studies, validation environments are categorized and made comparable. In addition, a documentation template is presented in order to store the knowledge gained during the development of connected validation environments and to make it usable for the development of further validation environments.

## TRACK 2:                   METHODEN UND PROZESSE DER PRODUKTENTWICKLUNG

### SESSION 2:               WISSENSMANAGEMENT IN DER PRODUKT- ENTWICKLUNG & AGILE PRODUKTENTWICKLUNG

13:00 – 14:30 UHR

**Themen:** Agile Produktentwicklung, Wissensmanagement in der Produktentwicklung

**Stichworte:** Variantenmanagement, Variantenbewertung, ASD – Agile Systems Design, iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell

**Topics:** Agile Product Development, Knowledge Management within the Product Development

**Keywords:** variant management, variant evaluation, ASD – Agile Systems Design, iPeM – integrated Product engineering Model

#### Agiler Bewertungsprozess in einer variantenreichen PGE – Produktgenerationsentwicklung

Natalie Peglow, Jonas Heimicke, Albert Albers  
Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

Infolge einer steigenden Produktindividualisierung sind Unternehmen angehalten, auf Variantenanfragen zielgerichtet zu reagieren. Dabei stehen die Anforderungen an eine Variante seitens des Kunden den Anforderungen des Anbieters gegenüber. Infolgedessen ist es notwendig die Tragweite von kundenspezifischen Varianten hinsichtlich der bestehenden Strukturen des Anbieters in der Angebotsphase zu bewerten. In diesem Zusammenhang ist eine systematische Methode zur Bewertung von Varianten erforderlich, die einen konsistenten Bewertungsprozess umfasst. Dieser beinhaltet die Bewertung der Auswirkungen einer Variantenanfrage beispielsweise auf das zugrundeliegende Produktdesign und das bestehende Fertigungskonzept. Bei einem internationalen Automobilzulieferer wurden Herausforderungen zur Einführung neuer Varianten identifiziert, die als Grundlage für ein Zielsystem für die Systematik zur Bewertung dient. Da kundenindividuelle Anforderungen variieren können, ist der Bewertungsprozess flexibel zu gestalten, sodass dieser variantenspezifisch anpassbar ist. Demnach wurde der agile Bewertungsprozess erarbeitet, mit welchem ein strukturiertes und zugleich flexibles Reagieren möglich ist.

#### Agile evaluation process in a variational PGE – Product Generation Engineering

Natalie Peglow, Jonas Heimicke, Albert Albers  
Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

According to an increasing product individualisation, companies need to react to variant requests in a targeted way. Thereby, the customer requirements are facing the supplier requirements. Consequently, it is necessary to evaluate the scope of a customer-specific variant to the structure of the supplier in the quotation phase. Therefore, a systematic method to evaluate variants including a consistent evaluation process is useful. This process considers the evaluation of effects of the requested variant on for example the product design and the manufacturing concept. Within an international automotive supplier, the challenges to launch new variants are the basis for a system of objectives for the method to evaluate variants. As customer-individual requirements may differ, the evaluation process must be flexible that the process is variant-specific adaptable. Due to this, the agile evaluation process is developed which enables a structured as well as a flexible acting.



**Themen:** Agile Produktentwicklung, Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Design Thinking, nutzerzentrierte Produktentwicklung, agile Methoden

### Analyse und Beurteilung der unterschiedlichen Einsatzzwecke und Anwendungsgrenzen von Design Thinking

*Martin Schüttoff, Thorsten Herrmann, Daniel Roth, Hansgeorg Binz  
Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
Technisches Design (IKTD)*

In diesem Beitrag wird „Design Thinking“ kritisch analysiert. Dabei betrachten die Autoren Meinungen, Empfehlungen und das Verständnis zu „Design Thinking“ in Theorie und Praxis. Die nur vereinzelt in der wissenschaftlichen Theorie existenten zweckmäßigen Untersuchungen zu Empfehlungen für die geeignete Anwendung von Design Thinking werden dabei ergänzt. Hierzu werden Voraussetzungen für die Anwendung von Design Thinking untersucht und geprüft, zu welchem Zeitpunkt eines Projekts, Design Thinking zweckmäßig angewendet werden kann sowie welche Restriktionen bzw. Anwendungsgrenzen beachtet werden müssen. Außerdem liefert der Beitrag einen Vergleich zu anderen Entwicklungsmethodiken und -ansätzen und stellt dabei den Mehrwert heraus, den Design Thinking generieren kann. Als Kernergebnis kann festgehalten werden, dass Design Thinking sehr stark die frühen Phasen einer Produktentwicklung fokussiert und dabei intensiv unterstützt, einen (Nutzer-)Bedarf zu ermitteln sowie das Umfeld dieses Bedarfs zu definieren. Die Problemstellung zu durchdringen ist ein Kernthema der Methodik. Innerhalb des Beitrags werden zusätzlich dezidierte Empfehlungen zur Anwendung von Design Thinking gegeben.

**Topics:** Agile Product Development, User Centered Design

**Keywords:** Design Thinking, User-centered product design, Agile methods

### Analysis and evaluation of the different purposes and application limits of Design Thinking

*Martin Schüttoff, Thorsten Herrmann, Daniel Roth, Hansgeorg Binz  
University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
Industrial Design*

In this paper, "Design Thinking" is critically analyzed. For this purpose, it is first clarified what is meant by "Design Thinking" in theory and practice. The article complements the research studies that are only occasionally available in scientific theory on recommendations for the appropriate application of Design Thinking. For this purpose, requirements for the application of Design Thinking are developed. Additionally, it is proved at which project step, Design Thinking can be applied appropriately and which restrictions or application limits must be observed. Furthermore, a comparison with other development methodologies and approaches is provided. It is clarified why Design Thinking can add value compared to these approaches. Design Thinking strongly focuses on the early stages of product development and very well supports the identification of (user) needs as well as a comprehensive definition of environment of the need. Exactly penetrating the problem is a core theme of the methodology. Within the paper, based on this processual classification, definite recommendations for the use of Design Thinking are given.

## TRACK 2:                   METHODEN UND PROZESSE DER PRODUKTENTWICKLUNG

### SESSION 3:               NACHHALTIGE PRODUKTENTWICKLUNG

15:00 – 16:30 UHR

**Themen:** Nachhaltige Produktentwicklung, Konstruktionsmethodiken

**Stichworte:** Adaptive Tragwerke, integraler Entwurfsprozess, Vorgehensmodelle, Prozessentwicklung

**Topics:** Sustainable Product Development, Design Methodology

**Keywords:** Adaptive structures, Integral design process, Process models, Process development

#### Anforderungen in der Entwurfsphase des integralen Planungsprozesses adaptiver Gebäude

Clemens Honold<sup>1</sup>, Sophia Leistner<sup>2</sup>, Daniel Roth<sup>1</sup>, Hansgeorg Binz<sup>1</sup>, Werner Sobek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD)

<sup>2</sup>Universität Stuttgart, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren

Adaptive Gebäude stellen einen interdisziplinären Ansatz für die Realisierung zukünftiger Gebäude dar, um den immensen Material- und Energiebedarf über alle Lebenszyklusphasen zu reduzieren. Basierend auf einer neuartigen Kooperation der Disziplinen Architektur, Bauingenieurwesen und Maschinenbau werden im Sonderforschungsbereich 1244 adaptive Hüllen und Strukturen entwickelt und an einem im Bau befindlichen Demonstrator-Hochhaus erprobt. Um die hohe Komplexität zu reduzieren und ein zielorientiertes Vorgehen bei Entwurf und Entwicklung solcher Systeme zu ermöglichen, ist ein integraler Planungsprozess erforderlich.

Im Rahmen des SFB 1244 wird daher auch das Vorgehen beim interdisziplinären Planen und Entwerfen adaptiver Tragwerke untersucht. Der Beitrag erläutert in diesem Zusammenhang die Erfahrungen, die während des interdisziplinären Tragwerkentwurfs des Hochhauses gewonnen wurden. Aufbauend auf den Erfahrungen wird ein Ansatz eines Prozessmodells für zukünftige Entwurfsvorhaben vorgestellt. Die Planung des Hochhauses hat gezeigt, dass das konventionelle Vorgehen mit einer dem Entwurfsprozess nachgestellten Integration der Aktorik zu Iterationen und hohem Änderungsaufwand führt.

#### Requirements in the design phase of the integral planning process of adaptive buildings

Clemens Honold<sup>1</sup>, Sophia Leistner<sup>2</sup>, Daniel Roth<sup>1</sup>, Hansgeorg Binz<sup>1</sup>, Werner Sobek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and Industrial Design

<sup>2</sup>University of Stuttgart, Institute for Lightweight Structures and Conceptual Design

Adaptive buildings constitute an interdisciplinary approach for realizing the next generation of buildings in order to reduce the immense material requirements and energy demand throughout all lifecycle phases. Based on a new cooperation between the disciplines Architecture and Civil and Mechanical Engineering, within the Collaborative Research Centre SFB 1244 adaptive support structures and skins are developed and tested at a demonstrator high-rise building which is currently under construction. A holistic planning process is required in order to reduce the high complexity and to achieve a goal-oriented procedure during the design and development of such systems.

Within the framework of SFB 1244, the procedure for interdisciplinary planning and design of adaptive structures is therefore also investigated. In this context, the paper describes the experience gained during the interdisciplinary structural design of the high-rise building. Based on this experience, an approach of a process model for future design projects is presented. The planning of the high-rise building has shown that the conventional procedure with an integration of actuators subsequent to the design process leads to iterations and considerable modification effort.

**Themen:** Innovations- und Technologiemanagement, Nachhaltige Produktentwicklung

**Stichworte:** Fliehkraftpendel, Produktgenerationsentwicklung, Entwicklungsplanung

**Topics:** Innovation and Technology Management, Sustainable Product Development

**Keywords:** Centrifugal Pendulum Absorber, Product Generation Engineering, Development Planning

### Steigerung des Systemverständnisses in Bezug auf das Schwingungsverhalten des Fliehkraftpendels durch eine gezielte Analyse der Variationsanteile in Produktgenerationen

Martin Schottmüller<sup>1</sup>, Simon Rapp<sup>2</sup>, Katharina Bause<sup>2</sup>, Albert Albers<sup>2</sup>, Thorsten Krause<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Schaeffler AG

<sup>2</sup>Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

### Increase the knowledge of the system regarding the oscillation behavior of the centrifugal pendulum by a targeted analysis of the variation components in product generations

Martin Schottmüller<sup>1</sup>, Simon Rapp<sup>2</sup>, Katharina Bause<sup>2</sup>, Albert Albers<sup>2</sup>, Thorsten Krause<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Schaeffler AG

<sup>2</sup>Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

Das Fliehkraftpendel (FKP) in Kombination mit einem geeigneten Torsionsdämpfer ist mittlerweile seit Jahren ein fester Bestandteil in modernen Kfz-Antriebsträngen mit hohen Komfortansprüchen. Stetig steigende Anforderungen an die Schwingungsisolierung erfordern prinzipielle Betrachtungen für die Optimierung neuer Produktgenerationen von FKP. Offenkundig erfolgen diese Aktivitäten durch die verschiedenen Variationsarten der PGE - Produktgenerationsentwicklung als Weiterentwicklung vorangegangener Generationen. Anhand der empirischen Fallstudie einer bekannten zweiten Generation FKP werden verschiedene Variationsarten aus der Entwicklungspraxis und deren Einfluss auf die Schwingungsisolierung identifiziert. Aus diesen Erkenntnissen wird mittels des Beschreibungsmodells der PGE eine Systematik aufgezeigt, inwieweit nutzbare Informationen für zukünftige Konstruktionen zur Verbesserung der schwingungstilgenden Eigenschaften des Fliehkraftpendels abgeleitet werden können. Zudem wird ein Verständnis über die Korrelation zwischen den Variationsarten und den daraus resultierenden Entwicklungsaufwänden geschaffen.

For many years, centrifugal pendulum absorber (CPA) in combination with a suitable torsional damper have been an integral part of high sophisticated modern motor vehicle drivetrains. Approaches for optimizing new product generations of CPA are required by increasing demands on vibration isolation. These activities are obviously based on the different kinds of variation of PGE - Product Generation Engineering as a further development of previous generations. The case study of a well-known second generation CPA shows different types of variations in the product development and their effect on the vibration isolation. Based on this knowledge, the authors of this contribution provide an approach to get useful information for upcoming constructions by improving the vibration-damping characteristic of the CPA. In addition, an understanding of correlation between the types of variation and the resulting development effort is created.

## TRACK 2:                   METHODEN UND PROZESSE DER PRODUKTENTWICKLUNG

### SESSION 3:               NACHHALTIGE PRODUKTENTWICKLUNG

15:00 – 16:30

**Themen:** Agile Produktentwicklung, Nachhaltige Produktentwicklung

**Stichworte:** Life Cycle Assessment, Ökobilanz, Unsicherheiten, Mass Personalization, Szenarioanalyse

#### Nutzung von Nachhaltigkeitspotentialen in der Produktentwicklung durch Kenntnisse und Vorhersagen über die Produktnutzung

Thomas Betten<sup>1</sup>, Raed Bouslama<sup>1</sup>, Daniel Wehner<sup>2</sup>, Ville Uusitalo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart, Institute für Akustik und Bauphysik

<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Bauphysik

<sup>3</sup>LUT University, Sustainability Science, Lahti

Durch die steigende Personalisierung von Produkten und ihrer Nutzungsphase, wird die Reduktion von Umwelteinflüssen sowohl für Produktentwickler als auch für den Nutzer selbst immer schwieriger, da viele variierende Faktoren darauf Einfluss nehmen. Deshalb werden Technologien benötigt, die diese Variationen und Unsicherheiten in der Nutzungsphase visualisieren können. Diese Arbeit beschreibt kurz verfügbare Methoden, um die Variabilität der Nutzungsphase in Ökobilanzen zu beschreiben und Unsicherheiten zu adressieren. Anschließend wird ein Konzept zur Darstellung der Nutzungsphasenvariabilität mittels Szenarioanalyse und Parametervariation vorgestellt, um Entscheidungsprozesse zu unterstützen. Dies geschieht am Beispiel der Produktentwicklung einer Leichtbaukomponente im Automobilsektor. Die Ergebnisse liegen in Form von interaktiven Dashboards vor, welche an spezifische Fragestellungen angepasst werden können. Das vorgestellte Beispiel gibt Einblicke in die Auswirkungen verschiedener Entwicklungsmaßnahmen und hilft Varianten mit besonders signifikanten Umweltauswirkungen auszuschließen, sowie die richtige Zielgruppe mit der Entwicklung anzusprechen.

**Topics:** Agile Product Development, Sustainable Product Development

**Keywords:** Life Cycle Assessment, Uncertainties, Mass Personalization, scenario analysis

#### Unlocking sustainability potentials in product development through extended knowledge and predictions about the product use phase

Thomas Betten<sup>1</sup>, Raed Bouslama<sup>1</sup>, Daniel Wehner<sup>2</sup>, Ville Uusitalo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Stuttgart, Institute for Acoustics and Building Physics

<sup>2</sup>Fraunhofer Institute for Building Physics

<sup>3</sup>LUT University, Sustainability Science, Lahti

Driven by the progressing personalization of products and their use phase, the reduction of environmental impacts becomes more difficult for the developer and for product users due to higher variation of different parameters. Thus, technologies to assess the variation and uncertainty in the use phase are needed. This paper briefly describes current approaches to assess the use phase in life cycle assessment and address uncertainties. Then, a concept to visualize use phase diversity, by scenario analysis and parameter variation including interactive dashboards to support decisions in the development phase, is outlined using the example of lightweight component development in the automotive sector. To assess the variations in the use phase, scenarios are created based on different parameter ranges. The results are presented in an interactive dashboard tailored to the specific question. The discussed use case demonstrates how the described approach can be used to gain insights into effects of different development actions, eliminate unfavorable production options, and address the right target group for the development.



# TRACK 3: TECHNOLOGIEMANAGEMENT UND NUTZERZENTRIERTES DESIGN

## SESSION 1: INNOVATIONS- UND TECHNOLOGIEMANAGEMENT

10:30 – 12:00 UHR

**Themen:** Innovations- und Technologiemanagement

**Stichworte:** PGE-Produktgenerationsentwicklung, Vorausschau, Szenario-Technik, Frühe Phase, IP-Integrierte Produktentwicklung

### Strategische Potentialfindung zur generationsübergreifenden Produktentwicklung: Eine qualitative Studie im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung

Florian Marthaler<sup>1</sup>, Eric Orsolani Uhlig<sup>1</sup>, Philipp Marthaler<sup>1</sup>, Dennis Kühfuss<sup>1</sup>, Markus Strauch<sup>1</sup>, Andreas Siebe<sup>2</sup>, Nikola Bursac<sup>3</sup>, Albert Albers<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

<sup>2</sup>ScMI – Scenario Management International AG

<sup>3</sup>TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG

Entscheidungen, die in der frühen Phase der PGE-Produktgenerationsentwicklung getroffen werden, beeinflussen die Qualität, Kosten und Entwicklungszeit der zu entwickelnden Produkte stark und tragen somit einen entscheidenden Anteil an deren Erfolg bei (Pache et al. 2001; Jahn und Binz, 2009). Allerdings ist diese Phase gleichzeitig durch eine geringe Strukturiertheit sowie Entscheidungsunsicherheit geprägt (Verworn et al., 2005). Der Einsatz von Vorausschau stellt eine methodische Herangehensweise zur Erarbeitung von Zukunftswissen dar (Albers et al. 2018). Bis heute findet der Transfer von Zukunftswissen in der Produktentwicklung jedoch noch keine zufriedenstellende Anwendung (Albers et al., 2018). Der Beitrag beschreibt eine Systematik, die auf Basis von Vorausschau die Entwicklung und Validierung von Produkten mit langfristigen Zeithorizont über mehrere Generationen hinweg ermöglicht. Die Studie im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung und die nachgehenden Befragungen der beteiligten Methodeningenieure bestätigen eine verbesserte Verknüpfung der Zukunftsszenarien und der Produktentwicklung.

**Topics:** Innovation and Technology Management

**Keywords:** PGE-Product Generation Engineering, foresight, scenario analysis, early stage, IP-Integrated Product Development

### Strategic Potential Identification for enabling an overarching generational Product Development: A qualitative study in the Live-Lab IP – Integrated Product Engineering

Florian Marthaler<sup>1</sup>, Eric Orsolani Uhlig<sup>1</sup>, Philipp Marthaler<sup>1</sup>, Dennis Kühfuss<sup>1</sup>, Markus Strauch<sup>1</sup>, Andreas Siebe<sup>2</sup>, Nikola Bursac<sup>3</sup>, Albert Albers<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

<sup>2</sup>ScMI – Scenario Management International AG

<sup>3</sup>TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG

Decisions that are made in the early stages of the PGE-Product Generation Engineering have a strong impact on the quality, the costs and the time needed for the new products to be developed. Thus, they contribute a lot to their success (Pache et al. 2001; Jahn und Binz, 2009). Nevertheless, this stage is also marked by poor structuring and decision uncertainty (Verworn et al., 2005). The use of foresight represents a methodical approach to extract future knowledge (Albers et al. 2018). However, the transfer of future knowledge in product engineering is still not used sufficiently to this day (Albers et al., 2018). This work presents a system based on foresight which allows a development and validation of products with a long-term time horizon for several generations. The study in the Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung (IPD-integrated product development) and the following interview with the involved method engineers verify an improved connection between future scenarios and product engineering.

**Themen:** Innovations- und Technologiemanagement,  
Konstruktionsmethodiken

**Stichworte:** Radikale Innovation, Ambidextrie, Bewertungskriterien,  
Inkrementelle Innovation, Ideenbewertung

### Analyse von Bewertungskriterien zur zweckmäßigen Bewertung von radikalen Produktideen

Thorsten Herrmann, Daniel Roth, Hansgeorg Binz

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
Technisches Design (IKTD)

Um im Zuge einer organisationalen und technologischen Ambidextrie, neben inkrementellen auch radikale Innovationen zu forcieren, herrscht in der industriellen Praxis ein Bedarf an Unterstützungsmethoden zum Umgang mit radikalen Innovationen. Dieser Beitrag greift die Bewertung von radikalen Produktideen auf, die aufgrund eines gesteigerten Risikos oftmals in sehr frühen Bewertungsschritten verworfen werden. Dazu erfolgt eine Analyse von in der Literatur empfohlenen Bewertungskriterien. Dabei wird untersucht, ob das Verwerfen von radikalen Produktideen an der fehlerhaften Wahl der Bewertungskriterien liegt. Zudem werden die aus der Literatur empfohlenen Kriterien hinsichtlich des zweckmäßigen Einsatzes zur Bewertung radikaler Produktideen analysiert. Daraus wird mittels unterschiedlichster Analyseverfahren ein Kriterienset abgeleitet, welches prinzipiell für die Bewertung radikaler Produktideen geeignet ist. Dieses Set wird in zwei Szenarien Tests unterzogen, aus deren Ergebnissen erste wichtige Erkenntnisse für die in weiterer Forschungsarbeit angestrebte ganzheitliche Unterstützung bei der Bewertung radikaler Produktideen abgeleitet werden.

**Topics:** Innovation and Technology Management, Design  
Methodology

**Keywords:** Radical Innovation, Ambidexterity, Evaluation criteria,  
Incremental Innovation, Idea evaluation

### Analysis of evaluation criteria for the appropriate evaluation of radical product ideas

Thorsten Herrmann, Daniel Roth, Hansgeorg Binz

University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
Industrial Design

In the course of organizational and technological ambidexterity, there is a need in industry for support methods to deal with radical innovations in order to accelerate the development of this type of innovation. This paper article addresses the evaluation of radical product ideas that are often discarded in early evaluation steps due to the increased risk. Therefore, an analysis of recommended evaluation criteria in literature is carried out. It is examined whether the rejection of radical product ideas is due to the incorrect choice of the evaluation criteria. In addition, the criteria recommended in the literature regarding the appropriate use for the evaluation of radical product ideas are analyzed. From this, a set of criteria is derived by means of different analysis criteria, which is in principle suitable for the evaluation of radical product ideas. This set is tested in two scenarios. The results are used to derive first important insights for further research work in order to provide a holistic support regarding the evaluation of radical product ideas.

# TRACK 3: TECHNOLOGIEMANAGEMENT UND NUTZERZENTRIERTES DESIGN

## SESSION 1: INNOVATIONS- UND TECHNOLOGIEMANAGEMENT

10:30 – 12:00 UHR

**Themen:** Innovations- und Technologiemanagement, Zuverlässige Produktentwicklung

**Stichworte:** Funktionsorientierung, Reifegradsteuerung, Entwicklungsgenerationen, PGE – Produktgenerationsentwicklung, Automobilentwicklung

**Topics:** Innovation and Technology Management, Reliable Product Development

**Keywords:** Function Orientation, product maturity management, Engineering Generations, PGE – Product Generation Engineering, automotive product development

### Entwicklungsgenerationen zur Steuerung der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Von der Bauteil- zur Funktionsorientierung in der Automobilentwicklung

Albert Albers, Fabian Haug, Nicolas Heitger, Joshua Fahl, Tobias Hirschter  
Karlsruher Institut für Technologie, IPEK – Institut für Produktentwicklung

Trends in der Automobilentwicklung wie Elektromobilität und Autonomes Fahren führen zu einer kontinuierlich steigenden Anzahl von Produktfunktionen. Etablierte Prozesse und Methoden der Automobilentwicklung sind jedoch stark bauteilorientiert und unterstützen die Entwicklung von Produktfunktionen nur teilweise. Funktionsorientierung stellt einen Ansatz dar, um im Entwicklungsprozess die Effektivität durch die konsequente Ausrichtung der Reifegradsteuerung am Kunden- und Anwendernutzen zu erhöhen und auch die Effizienz durch die Verknüpfung von Produkteigenschaften mit technischen Teilsystemen über Produktfunktionen zu steigern. Es stellt sich die Frage, wie die Steuerung des Produktreifegrades einer Produktgeneration auf Basis von Produktfunktionen in der Automobilentwicklung prozessual und methodisch unterstützt werden kann. Zu diesem Zweck wird zunächst die Steuerung des Produktreifegrades in der Serienentwicklungsphase eines Automobilherstellers analysiert und im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung beschrieben. Anschließend wird Funktionsorientierung im Kontext des Systems Engineering abgegrenzt. Aufbauend darauf wird ein Referenzprozess zur Definition, Realisierung und Validierung von Entwicklungsgenerationen konzipiert, bevor eine Reifegradübersicht zur Unterstützung der Funktionsorientierung vorgestellt wird. Sowohl der Referenzprozess als auch die Reifegradübersicht werden in der Entwicklung eines deutschen Automobilherstellers validiert.

### Engineering Generations to Control PGE – Product Generation Engineering: From Component to Function Orientation in Automotive Development

Albert Albers, Fabian Haug, Nicolas Heitger, Joshua Fahl, Tobias Hirschter  
Karlsruhe Institute of Technology, IPEK – Institute of Product Engineering

Trends such as e-mobility and autonomous driving result in an increasing number of product functions. However, established processes and methods in automotive product development are strongly component-oriented and only support the development of product functions partially. Function Orientation is an approach to increase effectiveness (by aligning the controlling of maturity levels to customer and user benefit) as well as efficiency (by using product functions to link product characteristics with technical subsystems) in product development. But how can the controlling of product maturity levels of a product generation be supported by using product functions? For this purpose, the controlling of product maturity levels of an automobile manufacturer is analyzed and described in the model of the PGE – Product Generation Engineering. Subsequently, Function Orientation is defined in the context of Systems Engineering. Based on this, a reference process for the definition, realization and validation of Engineering Generations is developed before a tool to support Functional Orientation is presented. Both the reference process and the tool are validated in the product development of a German automobile manufacturer.



**Themen:** Nutzerzentriertes Design, Konstruktionsmethodiken

**Stichworte:** Fahrfremde Tätigkeiten, Fahrzeugpackage, Nutzerzentrierte Produktentwicklung, anthropometrische Ergonomie

### Nutzerzentrierte Einbindung fahrfremder Tätigkeiten in die geometrische Konzeption automatisierter Fahrzeuge

Niko Seebach<sup>1,2</sup>, Frank Arlt<sup>1</sup>, Beate Bender<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BMW AG

<sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktentwicklung

Aufgrund der Technologie des automatisierten Fahrens, wird der Nutzer temporär von der Fahraufgabe befreit und erhält Zeit für fahrfremde Tätigkeiten (FFT), wie Schlafen oder Arbeiten. Ziel dieses Beitrages ist es, die FFT über nutzerzentrierte Maßketten in die geometrische Konzeption automatisierter Fahrzeuge einzubeziehen. Zur Erreichung des Ziels wurde eine Literaturanalyse bestehender Fahrzeugkonzeptionsansätze und FFT Studien sowie Interviews mit n=15 Experten aus der Konzeptabteilung durchgeführt, um die wichtigen Konzeptmaße zu bestimmen. Auf dieser Basis wurden durch eine geometrische Bauraumanalyse nutzerzentrierte Maßketten aufgestellt, um die FFT und deren Einfluss zu beschreiben. Durch die neue geometrische Kopplung der Fahrzeugabmessung und der nutzerzentrierten Maße der FFT erhält der Entwickler die Möglichkeit, transparent Untersuchungen innerhalb des Packages durchzuführen. Durch den allgemeinen Charakter der Gleichungen, lassen sie sich auf unterschiedliche FFT sowie die Fahrtätigkeit anwenden, um die unterschiedlichen Einflüsse auf das jeweilige Fahrzeugkonzept zu untersuchen. Der Ansatz wird anhand der konzeptbestimmenden Maßketten verdeutlicht.

**Topics:** User Centered Design, Design Methodology

**Keywords:** Non-driving-related tasks, vehicle package, user-centered product development, anthropometric ergonomic

### User-centered integration of non-driving-related tasks in the geometrical concept phase of automated vehicles

Niko Seebach<sup>1,2</sup>, Frank Arlt<sup>1</sup>, Beate Bender<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BMW AG

<sup>2</sup>Ruhr-University Bochum, Chair of Product Development

Caused by the technology of automated driving the user is temporarily released from driving and can perform non-driving-related tasks (NDRTs), such as sleeping or working. The aim of this paper is to integrate the NDRTs in the geometric package of the conception of automated vehicles by using user-centered dimensional chains. To address the objective a literature based study of existing approaches for vehicle conception and NDRT-studies was carried out, as well as interviews with n=15 experts from the automotive conception department were conducted, in order to determine the relevant concept measures. On this basis user centered-equations were determined through a geometrical space-analysis in order to describe the FFT and their influence. Based on this new geometrical connection between vehicle- and NDRT-measures the developer receives an approach to perform transparent investigations within the package-process. The general character of the equations enables them to be applicable for various NDRTs and the driving task in order to investigate the different influences on the respective vehicle project. The approach is clarified through the concept determining dimensional chains.

# TRACK 3: TECHNOLOGIEMANAGEMENT UND NUTZERZENTRIERTES DESIGN

## SESSION 2: NUTZERZENTRIERTES DESIGN

13:00 – 14:30 UHR

**Themen:** Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Haptik, Informationskodierung, Mensch-Maschine-Interaktion, Wahrnehmung

**Topics:** User Centered Design

**Keywords:** Haptics, information coding, human-machine interaction, perception

### Untersuchung zum Entlastungspotential des visuellen Informationskanals durch das nutzerzentrierte Design eines Drehbedienelements

*Peter Schmid, Johann Winterholler, Thomas Maier  
Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
Technisches Design (IKTD)*

Studien zufolge führt eine steigende Anzahl an Bedienfunktionen bei Mensch-Maschine-Schnittstellen zu einer mentalen Überlastung des audiovisuellen Wahrnehmungskanals des Nutzers. Bei der Mensch-Maschine-Interaktion wird häufig die haptische Wahrnehmung außer Acht gelassen. Dieser Beitrag fokussiert die Entlastung des audiovisuellen Wahrnehmungskanals durch die haptische Funktionskodierung eines Drehbedienelements. Die Durchführung dreier Versuchsreihen dient dem Ziel, haptische Kodierungsmerkmale für die Kennzeichnung eines präferierten Werts, einer Mitte und eines Menüwechsels auf einer Skala im Kontext einer Haupt- und Nebenaufgabe zu erfassen. Dazu werden verschiedene Kodierungsmerkmale anhand zweier Nutzergruppen in Anbetracht des Nutzeralters untersucht. Während einer Fahraufgabe muss am Drehbedienelement ein definierter Zielwert eingestellt werden. Bedeutende Kriterien sind dabei neben der Eingabeeffektivität, die Stelleffizienz, der Komfort sowie die Zufriedenheit der Nutzer. Auf Basis dieser Kriterien werden Gestaltungsempfehlungen für die haptische Informationskodierung eines präferierten Werts, einer Mitte sowie eines Menüwechsels an einem Drehbedienelement formuliert.

### Investigation of the Relief Potential of the Visual Perception Channel by the User-Centered Design of a Rotary Control Element

*Peter Schmid, Johann Winterholler, Thomas Maier  
University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
Industrial Design*

An increasing number of human-machine interface elements are causing a mental overload of the user's audiovisual perception channel. Human-machine interaction often neglects haptic perception. This article focuses on the relief of the audiovisual perception channel through the haptic function coding of a rotary control element. The purpose of carrying out three series of experiments is to identify haptic coding features for the identification of a preferred value, a middle and a menu change on a scale in the context of a primary and secondary task. For this purpose, different coding characteristics are examined on the basis of two user groups, taking into account the age of the user. During a driving task, a defined target value must be set on the rotary control element. Substantial criteria are the operating efficiency, the comfort as well as the satisfaction of the users. Based on these criteria, design guidelines for the haptic information coding of a preferred value, a middle and a menu change to a rotary control element are defined.

**Themen:** Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Systemanpassung, Aufmerksamkeitszustand, Sicherheit, Akzeptanz

### Akzeptanz aufmerksamkeitsadaptiver Fahrerassistenzsysteme

Betina Weber<sup>1</sup>, Manuel Höfer<sup>3</sup>, Frederik Diederichs<sup>2</sup>, Manfred Dangelmaier<sup>2</sup>, Dieter Spath<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement

<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

<sup>3</sup>Porsche AG

Aktuelle Unfallzahlen belegen, dass Unaufmerksamkeit eine zentrale Ursache von Verkehrsunfällen ist. Marktgängige Spurhalteassistenten- und Spurverlassenswarnsysteme helfen Unfälle zu vermeiden bzw. die Unfallschwere zu mindern. Abhängig von der Aufmerksamkeit des Fahrers reagieren sie allerdings oft zu früh oder zu spät. Sportliche Fahrer werden gestört, unaufmerksame Fahrer zu spät gewarnt. Adaptive Systeme warnen oder greifen daher abhängig vom Aufmerksamkeitszustand des Fahrers ein. Hierzu wurden Studien im Fahrsimulator durchgeführt, um die Systemanpassungen in Fahrsituationen bei Aufmerksamkeit und unter Ablenkung hinsichtlich der Akzeptanz zu vergleichen. An den Studien nahmen 80 Probanden teil, die im Rahmen von 90-minütigen Versuchen mit und ohne Ablenkung fuhren. Die Ergebnisse zeigen, dass bei adaptiven Systemen unter Ablenkung trotz frühzeitiger Warnungen bzw. korrigierenden Eingriffen die höchste Nutzerakzeptanz gemessen werden konnte. Insgesamt weisen adaptive Systeme ähnlich hohe Akzeptanzwerte auf wie nicht-adaptive Systeme. Es wird gefolgert, dass bei nachgewiesenem Sicherheitsgewinn adaptive Fahrerassistenzsysteme realisiert werden sollen, da sie das Nutzererlebnis nicht beeinträchtigen.

**Topics:** User Centered Design

**Keywords:** System adaptation, attention level, safety, acceptance

### Acceptance of attention-adaptive driver assistance systems

Betina Weber<sup>1</sup>, Manuel Höfer<sup>3</sup>, Frederik Diederichs<sup>2</sup>, Manfred Dangelmaier<sup>2</sup>, Dieter Spath<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Stuttgart, IAT

<sup>2</sup>Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO

<sup>3</sup>Porsche AG

Current statistics show that distraction is a central cause of traffic accidents. Lane Departure Warning (LDW) and Lane Keeping Systems (LKS) currently available on the market have great potential for preventing accidents and significantly reducing their severity. Depending on the driver's level of attention, the systems warn too early or too late. Attentive drivers are disturbed by warnings and interventions. Distracted drivers are warned too late. Adaptive systems warn or intervene depending on the driver's state of attention. Studies were carried out in the driving simulator in order to compare the system adaptations with regard to acceptance for attentive and distracted driving phases. 80 participants took part in the study, within 90-minute experiments. The results show that highest user acceptance was measured for the adaptive systems in distractive situations. Overall, adaptive systems show a similarly high acceptance as non-adaptive systems. It is concluded that adaptive systems shall be implemented in case an increase in safety is proven, because they do not impair user experience.

# TRACK 3: TECHNOLOGIEMANAGEMENT UND NUTZERZENTRIERTES DESIGN

## SESSION 3: NUTZERZENTRIERTES DESIGN

15:00 – 16:30 UHR

---

**Themen:** Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Nutzerintegration, subjektive Produktgestaltung, physiologische Produktgestaltung

---

### Roadmap für die Entwicklung einer Methodik zur dualen Nutzerintegration

Tina Schröppel, Jörg Miehling, Sandro Wartzack

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik

Um den Herausforderungen wachsender und umkämpfter Märkte begegnen zu können, müssen Produkte heutzutage mehr denn je die Bedürfnisse der Nutzer erfüllen. Neben einer ergonomischen Produktgestaltung treten dabei zunehmend subjektive Faktoren in den Vordergrund. Ein gut für den Nutzer ausgelegtes Produkt berücksichtigt somit physiologische wie subjektive Bedürfnisse gleichermaßen. Bisherige nutzerzentrierte Ansätze fokussieren sich jedoch häufig auf nur einige wenige Nutzeraspekte. Es fehlt demnach an einer systematischen Vorgehensweise, mit der eine objektive Absicherung einer subjektiv-nutzergerechten und zugleich körperlich-geeigneten Produktgestaltung sichergestellt werden kann. Die duale Nutzerintegration stellt eine solche Methodik dar. Basierend auf einer kontextneutralen Nutzer- und Produktbeschreibung sowie einer physiologischen und subjektiven Produktbewertung wird eine zielgruppenorientierte Produktgestalttempfehlung gegeben. Der vorliegende Beitrag stellt die Roadmap für die Entwicklung der Methodik dualer Nutzerintegration inklusive dem hierfür benötigten Forschungsbedarf vor.

---

**Topics:** User Centered Design

**Keywords:** user integration, subjective product design, physiological product design

---

### Roadmap for developing a method for dual user integration

Tina Schröppel, Jörg Miehling, Sandro Wartzack

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Chair of Engineering Design (KTmfk)

In order to meet the challenges of growing and competitive markets, products nowadays have to meet the user's needs better than before. In this context, besides ergonomic product design, subjective factors become increasingly important. Thus, a well-designed product considers both physiological and subjective user needs. However, existing user-centred approaches often focus on only a few user aspects. A systematic approach that objectively assures a subjectively user-oriented as well as physically suitable product design is lacking. Dual user integration is such a method. Based on a context-neutral user and product description and a physiological and subjective product evaluation, a recommendation for a user-oriented product design is given. This contribution presents a roadmap for developing the methodology of dual user integration, including the necessary scientific research.

-----  
**Themen:** Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Produktveralterung, Designobsoleszenz, Langlebigkeit, Lebensdaueroptimierung  
 -----

### Ist das Kunst oder kann das weg? Zur Obsoleszenz von Design

*Franziska Kern, Daniel Holder, Ana-Maria Okuka, Thomas Maier  
 Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und  
 Technisches Design (IKTD)*

Obsoleszenz bezeichnet die Veralterung eines Produktes, woraus die Beendigung der Nutzung resultieren kann. Aufgrund des hohen Ressourcenverbrauchs technischer Produkte sollte im Sinne der Nachhaltigkeit bereits im Entwicklungsprozess auf mögliche Veralterungserscheinungen eingegangen werden. Die Arbeit stellt einen Überblick zu Obsoleszenzformen vor und zeigt den Gestaltungsspielraum des Technischen Designs in Form der Designobsoleszenz. Am Beispiel des Audi A8 werden die Frontscheinwerfer über mehrere Generationen miteinander verglichen und hinsichtlich aufgetretener Obsoleszenzen untersucht. Dabei kann das Vorliegen von Designobsoleszenz nachgewiesen werden ebenso wie die ursächlichen Obsoleszenzfaktoren. In weiterführenden Forschungsvorhaben sind geeignete Methoden zur Beeinflussung der Designobsoleszenz zu identifizieren und im Entwicklungsprozess zu verorten.

-----  
**Topics:** User Centered Design

**Keywords:** Obsolescence, design obsolescence, longevity, product lifespan optimization  
 -----

### A Review on the Obsolescence of Design

*Franziska Kern, Daniel Holder, Ana-Maria Okuka, Thomas Maier  
 University of Stuttgart, Institute for Engineering Design and  
 Industrial Design*

Obsolescence refers to the process of a product turning outdated, from which the termination of use can result. Due to the high resource consumption of technical products and ensuring sustainability possible symptoms of obsolescence should be addressed early in the development process. This paper presents an overview of forms of obsolescence and shows the scope of industrial design engineering in terms of design obsolescence. Using the example of the Audi A8, the headlights are compared with one another over several generations and examined with regard to obsolescence. The presence of design obsolescence as well as the causative obsolescence factors can be demonstrated. In further research projects suitable methods for influencing design obsolescence are to be identified and implement in the development process.

## TRACK 3: TECHNOLOGIEMANAGEMENT UND NUTZERZENTRIERTES DESIGN

### SESSION 3: NUTZERZENTRIERTES DESIGN

15:00 – 16:30 UHR

**Themen:** Nutzerzentriertes Design

**Stichworte:** Lenkgesten, automatisiertes Fahren, horse mode, joint application development

**Topics:** User Centered Design

**Keywords:** steering gestures, automated driving, horse mode, joint application development

#### SWIP-IT – Ein intuitives Streichgesteninteraktionskonzept zum Automatisierungslevel 4- ein iterativer nutzer-zentrierter Designansatz zur Konzeptentwicklung

Anna Sommer<sup>1</sup>, Frederik Diederichs<sup>1</sup>, Sven Bischoff<sup>2</sup>, Verena Kaschub<sup>2</sup>, Ralf Graf<sup>3</sup>, Michael Dierberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

<sup>2</sup>Universität Stuttgart, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement

<sup>3</sup>Universität Eichstätt-Ingolstadt

Im Zuge der Fahrzeugautomatisierung werden „Situation Awareness“ und „operator out of the loop“ Konstrukte zu sicherheitsrelevanten Merkmalen. Auch in höheren Automatisierungsleveln, in denen die Verantwortung für die Fahrzeugsicherheit beim Fahrzeughersteller liegt, können Eingriffe durch den Fahrer vorkommen. Für Fahrereingriffe in die laufende Automatisierung, wird ein kooperativer Steuerungsansatz entworfen, der sich an die Horse-Metapher anlehnt, die die Interaktion zwischen Fahrer und Automation verbildlicht. Die Umsetzung der Horse Metapher erfolgt durch den Horse-Mode, in Form einer haptisch-multimodalen Interaktionssprache. Hierfür wird ein funktionaler Hardwareprototyp entwickelt, der sich aus einem biologisch inspirierten Interaktionskonzept ableitet. Zur Umsetzung entstand eine iterative Methodenkette, durch die es möglich wurde die Nutzeranforderungen bestmöglich zu realisieren. Das entwickelte kooperative Steuerungskonzept basiert auf Streichgesten am Lenkrad, mit denen Fahrer die Automatisierung in einem kooperativen Ansatz beeinflussen.

#### SWIP-IT – Intuitive swipe gesture based interaction concept for level 4 automated driving – an iterative user centered design lifecycle for concept development

Anna Sommer<sup>1</sup>, Frederik Diederichs<sup>1</sup>, Sven Bischoff<sup>2</sup>, Verena Kaschub<sup>2</sup>, Ralf Graf<sup>3</sup>, Michael Dierberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO

<sup>2</sup>University of Stuttgart, IAT

<sup>3</sup>University of Eichstätt-Ingolstadt

Rapid changes are seen in the area of highly automated driving. In order to counteract the challenges arising in the course of this development, such as lacking ‘situation awareness’ and ‘operator out of the loop’, it seems necessary to redefine the task of vehicle control. Moreover, it is eminent that the efficiency of this control needs to be increased. This applies to situations where the driver is more capable and proficient and therefore should retain control. On the other hand control should be transferred to the system when technology is superior. An example of such cooperative control of a vehicle is the ‘horse metaphor’. It illustrates the cooperative interaction between driver and automation. The implementation of the horse metaphor is carried out by the ‘Horse-mode’. This can be achieved by applying haptic-multimodal interaction language. Therefore, a user centered approach was used in this study. An iterative method chain was created to derive with user requirements. Based on these requirements, a functional hardware prototype was developed.



Kontaktadresse:

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD),  
Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart  
[www.iktd.uni-stuttgart.de](http://www.iktd.uni-stuttgart.de)

Dipl.-Ing. Daniel Roth  
Telefon +49 711 685-60240, Fax -66219  
[daniel.roth@iktd.uni-stuttgart.de](mailto:daniel.roth@iktd.uni-stuttgart.de)

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek:  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten  
sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISSN: 2364-4885

Druck und Weiterverarbeitung:  
IRB Mediendienstleistungen  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB,  
Stuttgart

Für den Druck des Buchs wurde chlor- und  
säurefreies Papier verwendet.

© Fraunhofer IAO, 2019

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich all seiner Teile urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes  
hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und  
strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,  
Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die  
Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch  
berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der  
Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten  
wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in  
diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien  
(z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann  
das Institut keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität  
übernehmen.



Die vollständigen Beiträge finden Sie unter:  
<http://s.fhg.de/symposium-ssp>

Das Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2019  
wird unterstützt vom VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V. und  
der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung  
WiGeP e. V.



**WiGeP**  
Wissenschaftliche Gesellschaft  
für Produktentwicklung