



## Forschungsgruppen am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau

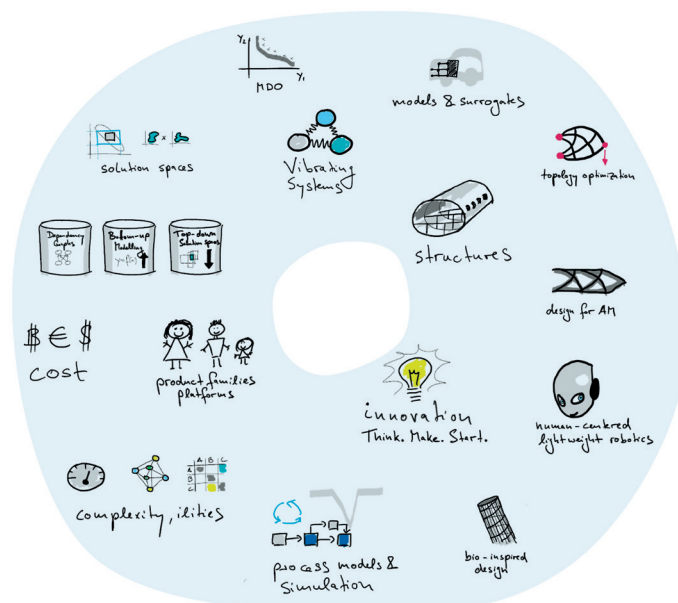
Lukas Krischer

**Hinter vorgehaltener Hand wird oftmals gemunkelt, dass Forschung an deutschen Universitäten fern ab von jeglichem praktischen Nutzen durchgeführt würde. Die zweiten Klausurtag des Lehrstuhls für Produktentwicklung und Leichtbau im beschaulichen Nesselwang (Allgäu) widerlegen diese Behauptungen eindrucksvoll.**

In einem halbtägigen Workshop wurden die inhaltlichen Überschneidungen der wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Lehrstuhls herausgearbeitet.

Zum Einsatz kamen hierfür Werkzeuge des strukturellen Komplexitätsmanagements. Mittels einer Design Structure Matrix (DSM) konnten die jeweiligen Anknüpfungspunkte der Forschungsthemen identifiziert werden. Hieraus entstanden die neuen vier Forschungsgruppen des Lehrstuhls für Produktentwicklung und Leichtbau: *Methoden & Prozesse*, *Vernetzte Auslegung*, *Leichtbaustrukturen* und *Innovation in der Praxis*.

In regelmäßigen Treffen findet ein inhaltlicher Austausch der Gruppenmitglieder statt. Die Gruppensprecher dienen außerdem als Ansprechperson für externe Partner und Studierende.





**Sprecher:** Jakob Trauer, jakob.trauer@tum.de

Forschungsgruppen am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau	1
„THINK.MAKE.START.“ – Applied Innovation für Studenten der TUM	4
Virtuelle Auslegung von fahrdynamischen Eigenschaften hochelektrifizierter Fahrzeuge	6
New Lecture: Design and Partitioning of Vibrating Systems	7
Bionik als Innovationsmethode für die Konstruktion additiv gefertigter Bauteile	8
Neue Inhalte. Neues Lehrkonzept. Neue Sprache. Methods of Product Development	9
Human-Centered Robotics	10
Design of Steering Feel on Driving Simulator – Models and Methods	10
Abschluss Studierendenprojekt Bananenschälmaschine	11
Hochleistungsstrukturen im Leichtbau 2018	12
Neuerscheinungen des Lehrstuhls	13
Neue Mitarbeiter am LPL	14
Ausgewählte Veröffentlichungen	16
Veranstaltungskalender	16
Impressum	16



**Sprecher:** Duo Xu, duo.xu@tum.de



**Sprecher:** Simon Pfingstl, [simon.pfingstl@tum.de](mailto:simon.pfingstl@tum.de)



lukas.krischer@tum.de, Tel. 089 289-15153

# „THINK.MAKE.START.“ – Applied Innovation für Studierende der TUM

Jan Behrenbeck

**Das fakultätsübergreifende Innovationsformat THINK.MAKE.START. bringt seit seiner Gründung im Jahr 2015 Studierende der Fakultäten MW, EI, IN und SoM in interdisziplinären Teams zusammen, um Probleme mit innovativen Ansätzen und Technologien agil, kreativ und kundenorientiert zu lösen.**

Im Jahr 2018 konnten sich erstmals auch Studierende aller anderen Fakultäten der TUM um eine Teilnahme bewerben und ihr unternehmerisches Potential dank der neuen zentralen Förderung durch eine Partnerschaft mit TUMentrepreneurship kennenlernen. Neben drei Veranstaltungen auf dem Forschungscampus Garching wurde in enger Zusammenarbeit mit der Fakultät für Architektur erstmals eine Veranstaltung am Stammgelände der TUM angeboten.

Zwei Veranstaltungen hatten keinen thematischen Fokus, um dem Teilnehmenden maximale Autonomie zu bieten, während sich die anderen Veranstaltungen mit den Schwerpunktthemen AI und UrbanTech beschäftigten. Bei den folgenden Projekten handelt es sich um die Gewinner der letzten zwei Batches aus diesem Wintersemester.

## THINK.MAKE.START. – UrbanTech am TUM Stammgelände vom 05.09 – 18.09.2018

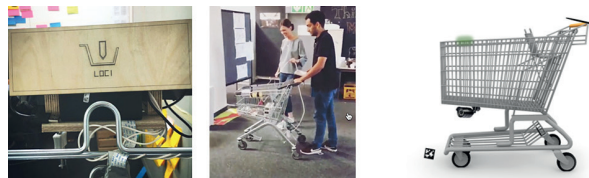
Das Team „HoneyCrush“ gewann den „THINK“ Publikumspreis für die beste Idee sowie den besten Pitch. Das Team, bestehend aus Katharina Wagner, Rinkita Mittal, Julius Bock und Mayra Buschle, ging das Problem der komplizierten Honigherstellung an und wollte dabei das Bienensterben verhindern. Dazu entwickelte es einen elastischen Wabenkörper und Erntemechanismus, der eine einfache und sichere Honiggewinnung zu Hause ermöglicht. Die Wabenstruktur wurde zuerst mit einem 3D Drucker erzeugt und mit einem Gerüst aus Holz versehen, dann in Kooperation mit Wacker aus lebensmittel echtem Silikon gedruckt.



THINK Award: HoneyCrush Prototyp

Die Bilder auf Seite 4 und 5 wurden von den jeweiligen Teams erstellt.  
Fotos: Andreas Heddergott, TUM

Das Team „Loci“ gewann den „MAKE“ Preis für den besten realisierten Prototypen. Das Team, bestehend aus Birgit Siepmann, Nirnai Rao, Kevin Burger, Clemens Repp und Bernadette Scherer, ging das Problem der Zeitverschwendung durch lange Produktsuche während des Einkaufens an. Dazu entwickelte es einen intelligenten Einkaufswagen mit Indoor-Navigation. Im Prototyp wurde ein Kamerasystem mit Blinkern kombiniert, welches der User per Touch Interface benutzen kann und das sich an QR Codes auf dem Boden orientiert. Themen wie Produktplatzierung, vorausschauende Personalplanung und Personalisierung können außerdem gewinnbringend eingebracht werden. Aktuell arbeitet das Team weiter am Projekt und wird mit Prototyping Grants der Initiative für Industrial Innovators der UnternehmerTUM gefördert.



MAKE Award: Loci Prototype

Das Team „xCane“ gewann den „START“ Preis für das Produkt mit dem besten Startup Potential. Das Team, bestehend aus Artur Nuritdinov, Yueze Zhang, Niels Schubert, Wanting Lori Chou und Yasemin Karakaya, löste das Problem der Orientierung von blinden Menschen. Dabei entwickelte das Team einen intelligenten Gehstock, der Hindernisse erkennt und Vibrations- und Audio-Feedback gibt, damit Sehbehinderte durch alltägliche sichere Mobilität unterstützt werden. Das Team realisierte das ganze durch die Integration von Radar, Kamera und Vibrationsmotoren in einen Gehstock.



START Award: xCane Prototyp

## THINK.MAKE.START. – Classic #8 am TUM Garching Forschungszentrum vom 24.09. – 05.10.2018

Das Team „Rebento“ gewann den „THINK“ Publikumspreis für die beste Idee sowie den besten Pitch. Das Team, bestehend aus Sabrina Bartholl, Simon Heine,

Carlos Gerber, Leif-Hermann Lühmann und Maximilian Zeyda, wollte das Problem des Aufkommens von Plastikmüll bei Essensboxen lösen. Dazu entwickelte es ein Rückgabesystem für Essensboxen. Das Team baute eine mit einem 3D Drucker gefertigte Essensbox, welche in das Pfandrückgabe System von Supermärkten integriert werden kann und sich je nach Kunde individualisieren lässt. Bereits beim Demo Day waren interessierte, potentielle Kunden vor Ort. Aktuell arbeitet das Team weiter an dem Projekt und führt weitere Nutzertests durch.



THINK Award: Rebento Prototyp

Das Team „Prounge“ gewann den „MAKE“ Preis für den besten realisierten Prototypen. Das Team, bestehend aus Jose Pabon Andrade, Steven Stannard, Juan Jaramillo Gracia, Marco Antonio Salazar Gonzalez und Stephan Diring, wollte das Problem von allgemeiner Müdigkeit durch Schlaflosigkeit am Arbeitsplatz angehen. Dazu entwickelte es einen privaten Ort für Erholung in einer personalisierten Umgebung, die an das individuelle Stressniveau angepasst wird. Dabei wurde ein Möbelstück gebaut, welches High-Tech mit Design verbindet und dabei die bestmögliche Erholung für den Kunden ermöglicht. Aktuell arbeitet das Team weiter an dem Projekt und steht in Kontakt mit ersten Partnern.



MAKE Award: Prounge Prototyp

Das Team „Solace“ gewann den „START“ Preis für das Produkt mit dem besten Startup Potential. Das Team, bestehend aus David Durst, Balthasar Moos, Jan Faust, Nicky Rostan und Thomas Li, wollte das Problem der steigenden Luftverschmutzung angehen, welche insbesondere in Ländern wie China und Japan den Alltag der Menschen massiv beeinträchtigt und in naher

Zukunft auch in Europa steigende Auswirkungen zeigen wird. Dazu konzipierte das Team eine hochwertige, personalisierte, intelligente Atemmaske (Wearable-Technologie). Der Prototyp bestand aus einer im 3D Drucker erzeugten Maske mit integrierter Sensorik. Verbunden war diese mit einer App, die dem Nutzer Informationen zur Luftqualität gibt und im Notfall warnt. Aktuell hat das Team beschlossen, das Projekt zu beenden.



START Award: Solace Prototyp

## Fazit

Aus mehr als 530 Bewerbern aus allen 14 Fakultäten der TUM wurden in diesem Jahr insgesamt 180 Studierende ausgewählt. Wie in den vergangenen Jahren erhielten alle Teilnehmer dank der großzügigen Förderung durch die Zeidler-Forschungs-Stiftung freien Zugang zur HighTech-Werkstatt MakerSpace GmbH. Von den 38 Teams, die im Rahmen der Veranstaltung gebildet wurden, arbeiten 13 noch heute an ihrem Projekt und streben die Gründung eines Unternehmens an.

Informationen zu allen teilnehmenden Teams finden Sie auf unserer Homepage (siehe unten).

Am LPL planen wir, das Format 2019 durch zusätzliche Kooperationen mit Lehrstühlen anderer Fakultäten weiter zu stärken.

Am 17. April 2019 laden wir außerdem alle Leserinnen und Leser zum nächsten Demo Day im Entrepreneurship Research Center (Lichtenbergstraße 6, 85748 Garching) um 17 Uhr ein, um sich mit eigenen Augen ein Bild von den Ergebnissen des kommenden Events zu machen.

## Schlagwörter

Applied Innovation, Produktentwicklung, Prototyping, Agile, Design Thinking, TAF, Startup, Entrepreneurship

## Ansprechpartner

Jan Behrenbeck, M.Sc.  
jan.behrenbeck@tum.de, Tel. 089 289-15134

## Weitere Informationen

www.thinkmakestart.com

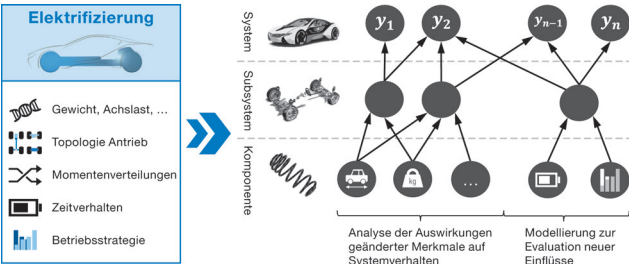


Matthias Funk

Aufgrund der hohen Komplexität beim Aufbau von Prototypenfahrzeugen mit elektrifizierten Antrieben können diese verglichen mit der konventionellen Fahrzeugentwicklung erst in deutlich späteren Projektphasen und kostengetrieben in geringerem Umfang eingesetzt werden. Dadurch bekommt die auf dynamischer Simulation basierende Grundauslegung in der frühen Phase eine sehr hohe Bedeutung. Gleichzeitig sind die durch den Elektroantrieb und seine vielfältigen topologischen Gestaltungsmöglichkeiten bedingten physikalischen Effekte in ihrer Auswirkung auf das Fahrverhalten deutlich komplexer zu modellieren wie die Fahrdynamik eines Verbrennerfahrzeugs.

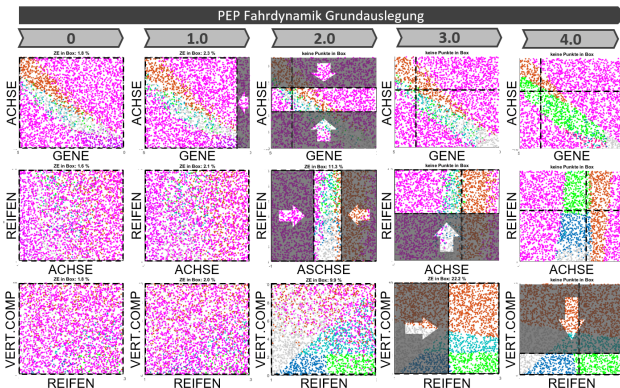
Zielsetzung

Das fahrdynamische Verhalten von PKW wird zum einen durch Gesamtfahrzeugmerkmale wie Gewicht, Achslastverteilung, usw. geprägt, als auch in bestimmten Situationen durch Antriebskräfte an den Rädern. Ziel ist es, das Systemverhalten von elektrifizierten Fahrzeugen in einer frühen Entwicklungsphase durch Simulation bewerten und auslegen zu können. Dabei werden zum einen Auswirkungen der Änderungen von Gesamtfahrzeugmerkmalen auf definierte Bewertungsgrößen des Fahrzeugs betrachtet, als auch neue Einflüsse wie Zeitverhalten des Antriebs, die Betriebsstrategie oder Einflüsse aus der Antriebstopologie, die sich durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs ergeben.



Geänderte Merkmale durch Elektrifizierung des Antriebsstrangs und schematisches Wirknetz der Einflüsse auf das Systemverhalten

Dafür sind geeignete Modellierungen zur Abbildung des Systemverhaltens durch fahrdynamische Simulation unter diesen Einflüssen zu erstellen. Des Weiteren sollen relevante Bewertungsgrößen des Systemverhaltens definiert werden, die zur Auslegung und Bewertung der Antriebseigenschaften auf das Fahrverhalten in den frühen Entwicklungsphasen herangezogen werden können.



Anwendung des sequenziellen Vorgehens auf ein Problem der Fahrdynamikauslegung mit vier Merkmalen

Projektergebnisse

Ein Vorgehen zum sequenziellen Updaten von solution-compensation spaces wurde entwickelt, um das Systemverhalten im Hinblick auf gegebene Anforderungen zu bewerten. Dies geschieht unter Berücksichtigung getroffener Entscheidungen zur Festlegung von Merkmalen im Auslegungsprozess und den zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, um im weiteren Prozess auf diese Entscheidungen zu reagieren.

Schlagwörter

Elektrifizierung, Modellierung Antriebsstrang, Bewertung Fahrverhalten, solution-compensation spaces

Ansprechpartner

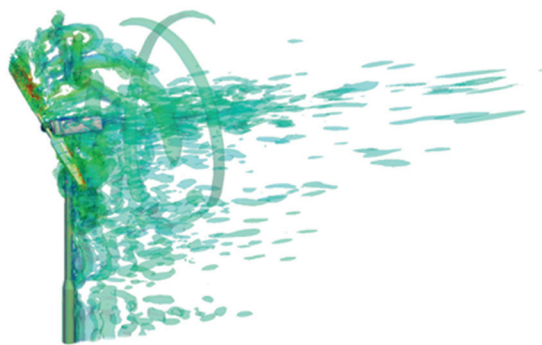
Matthias Funk, M.Sc.  
matthias.funk@tum.de, Tel. 0151 601 27884

Duo Xu

From the winter semester 2019, a new lecture is offered by LPL: Design and Partitioning of Vibrating Systems. In this lecture, Dr. Stefan Sicklinger, technical team leader at BMW Group, reviews the general modeling techniques of vibration and introduces the partitioning of technical systems in the product design process. The lecture is aimed at master students and is held in English.

Partitioning and Co-Simulation

Consumer products are becoming increasingly sophisticated and can be considered an assembly of different subsystems. Sophisticated simulation tools exist for solving individual and combined physical phenomena. Because of increased complexity, a designer must include more physics in his virtual model. Therefore, multi-physics simulations using a co-simulation approach have an intrinsic advantage, which allows well-established and specialized simulation tools for different fields to be combined and reused with minor adaptations in contrast to the monolithic approach.

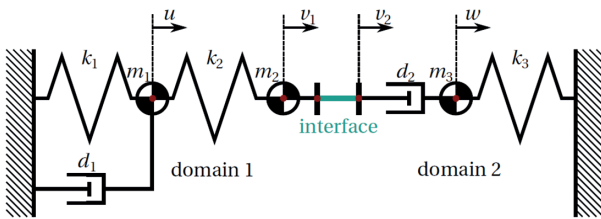


Multi-physic simulation of a wind turbine under the wind excitation

Bild: Dr. Stefan Sicklinger, BMW

The core idea of co-simulation is to develop an algorithm that can handle a co-simulation scenario of an arbitrary number of codes where additional interface conditions can be specified.

In co-simulation, the different sub-systems which form a coupled problem are modeled and simulated in a segregated manner. Hence, the modeling is done on the subsystem level without having the coupled problem in mind. Furthermore, the coupled simulation is carried out by running the subsystems in a black-box manner. During the simulation, the subsystems will exchange data.



Partitioning and coupling of an undamped two-mass oscillator system

Bild: Dr. Stefan Sicklinger, BMW

Objectives of the lecture

This lecture aims to give an insight into current topics in the field of the design and partitioning of vibrating systems. At the end of the module the students are able to:

- quantitatively design and partition vibrating systems
- partition dynamic problems in subsystems and combine them again to an entire system
- apply design synthesis methods for dynamic problems
- apply their knowledge of analysis and synthesis methods to new engineering problems
- apply analysis and synthesis methods to the concept phase of automotive design

Focus

- Numerical treatment in the time and frequency domain
- Application issues with the numerical treatment of time and frequency domain
- Partitioning procedure of vibrating systems from monolithic to co-simulation
- Decomposition technique (Dirichlet, Neumann, and Robin) and numerical stability
- Communication patterns between subsystem simulations
- Stability assessment of partitioned versus monolithic treatment
- Design synthesis methods for dynamic systems and applications
- Application examples from automotive product development

Schlagwörter

Vibrating systems, partitioning, co-simulation, dynamic systems

Ansprechpartner

Duo Xu, M.Sc.  
duo.xu@tum.de, Tel. 089 289-15059

Weitere Informationen

www.mw.tum.de/lpl/studium/lehrveranstaltungen/design-and-partitioning-of-vibrating-systems/

# Bionik als Innovationsmethode für die Konstruktion additiv gefertigter Bauteile

Helena Hashemi Farzaneh

**Ein praxisnahes Vorgehen zur Anwendung von Bionik für die Konstruktion additiv gefertigter Bauteile wurde entwickelt und getestet. Das Buch „A Practical Guideline to Bio-inspired Design“ (siehe „Neuerscheinungen des Lehrstuhls“) stellt dafür eine Auswahl von Methoden vor.**

## Bionik und additive Fertigung

Bionik ist eine Innovationsmethodik zur Übertragung biologischer Lösungen in die Technik, beispielsweise für die Konstruktion gewichts- und belastungsoptimierter Bauteile. Für die Herausforderungen der Konstruktion additiv gefertigter Bauteile, wie die Vermeidung von Verzug, Stützstrukturen und Materialminimalismus bietet Bionik daher großes Potenzial. In der industriellen Praxis wird Bionik dennoch selten angewendet, u.a. da für viele Unternehmen die praktische Anwendbarkeit bis zum Prototypen nicht ersichtlich ist.

## Vorgehen anhand eines Fallbeispiels

Am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau wurde daher ein praxisnahes Vorgehen zur Suche nach biologischen Systemen, Analyse, Abstraktion und Transfer von Analogien entwickelt und getestet. Es wurden ausgewählte Methoden aus dem Buch „A Practical Guideline to Bio-inspired Design“ angewendet. Als Fallbeispiel für die Konstruktion für die additive Fertigung diente ein Deckel mit aufgesetzten Zylindern für eine Mikrotiterplatte, der mittels Stereolithografie gefertigt werden soll. Eine besondere Herausforderung für die Konstruktion ist der zu erwartende Verzug des Bauteils, der die Maßhaltigkeit und Funktionalität des Bauteils beeinträchtigt. Zur Vermeidung des Verzugs der einzelnen Zylinder wurden biologische Vorbilder gesucht. Ausgewählt wurde der Gießkannenschwamm, ein Tiefseeorganismus. Er besitzt einen hierarchischen Aufbau aus Silikatnadeln, dessen Elemente für den bionischen Transfer abstrahiert werden.



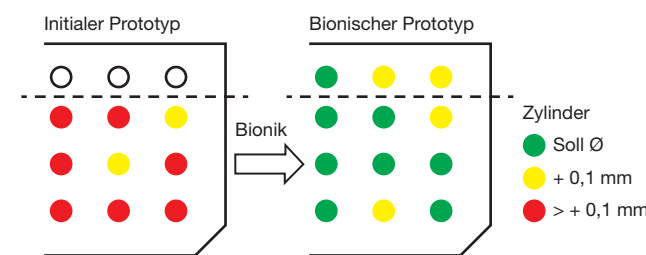
Gießkannenschwamm (links): Analyse auf unterschiedlichen Größenebenen und Transfer von Analogien (Skelettwände und Silikatbündel) für eine bionische Konstruktion (rechts)

Foto: NOAA / Monterey Bay Aquarium Research Institute – NOAA Photo Library

Für den Prototypen diente das Gitter der Silikatnadelbündel als Vorbild für die Zylinderwände (in der Abbildung grün / beige). Außerdem wurde analog zum Gießkannenschwamm ein spiralförmiger Kamm um die Zylinderwände gewunden (in der Abbildung rot). Mehrere Prototypen wurden mittels Stereolithografie mit einem 3D Drucker erstellt und vermessen. Dabei zeigte sich eine Verbesserung der Maßhaltigkeit im Vergleich zu einem initialen, nicht-bionischen Prototypen.



Mittels Stereolithografie erstellter bionischer Prototyp



Maßhaltigkeit initialer und bionischer Prototyp

Das Fallbeispiel verdeutlicht, dass es Konstrukteuren durch Bionik ermöglicht wird, sich von herkömmlichen Konstruktionsweisen zu lösen und die Potenziale der additiven Fertigung besser zu nutzen. Die bionische Mikrotiterplatte wurde basierend auf Ergebnissen des Projekts IDAGMED – Interdisziplinäre agile Medizintechnikentwicklung konzipiert. Wir danken unserem Projektpartner Herrn Prof. Wolf und seinen Mitarbeitenden sowie dem Projektförderer, der Zeidler-Forschungs-Stiftung.

## Schlagwörter

Bionik, Additive Fertigung, Fertigungsgerechte Konstruktion

## Ansprechpartner

Dr.-Ing. Helena Hashemi Farzaneh  
helena.hashemi@tum.de, Tel. 089 289-15154

# Neue Inhalte. Neues Lehrkonzept. Neue Sprache. Methods of Product Development

Sebastian Rötzer

**Methodenkompetenz neu unterrichtet: Quantitative Methoden, wie Lösungsräume erweitern das Curriculum. Studierende wenden Methoden innerhalb der Vorlesung interaktiv an. Vorlesung und Übung sind nicht mehr getrennt – und auf Englisch.**

## Das Dilemma der Produktentwicklung

Ziel der Produktentwicklung ist es, Lösungen für Kundenwünsche zu entwickeln. Im Fokus stehen dabei:

- Problemverständnis
- Lösungssuche

Dabei sieht sich der Entwickler mit vielen Herausforderungen konfrontiert, wie: sich ändernde, unsichere Kundenanforderungen, Organisation von Teams oder komplexe Produkte. Notwendige Informationen sind zu Beginn des Entwicklungsprozesses oft nicht ausreichend vorhanden. Liegen die Informationen dann zu einem späteren Zeitpunkt vor, ist die Änderung der Produkteigenschaften meist teuer – das Dilemma der Produktentwicklung.

## Methodisches Vorgehen in der Produktentwicklung

Methoden helfen dem Entwickler diese Herausforderungen zu meistern. Sie spiegeln bewährte Vorgehen erfahrener Entwicklerinnen und Entwickler wider und helfen gerade unerfahrenen. Steigende Komplexität im Entwicklungsprozess erfordert von den Ingenieurinnen und Ingenieuren von morgen neben technischem Wissen auch vermehrt Methodenkompetenz. Für die Vorlesung bedeutet das: Studierende sollen lernen, Methoden situationsgerecht auszuwählen und diese anhand konkreter Probleme anzuwenden.

## Die Vorlesung „Methods of Product Development“

Design Structure Matrices helfen Komplexität zu strukturieren. Lösungsräume vergrößern den Spielraum der Entwickler, indem sie viele Designs visualisieren, die alle Anforderungen erfüllen. TRIZ hilft Widersprüche aufzulösen. Die Methoden der Bionik bedienen sich bei der Lösungssuche der Natur. Agile Methoden helfen bei unsicheren, sich wechselnden Anforderungen den Kontakt zum Nutzer zu behalten. Ein Rollenspiel versetzt die Studierenden in die Lage von Entwicklern und demonstriert Schwierigkeiten in der Kommunikation von Anforderungen. Klassiker der alten Vorlesung, wie Quality Function Deployment, Morphologischer Kasten oder Failure Mode Effect Analysis bilden, neu aufgesetzt, die Basis der Vorlesung. Die Anwendung der Methoden steht nun im Fokus. Deswegen wurde der Übungsbetrieb in die Vorlesung integriert und findet nicht mehr separat statt. Nach dem Erlernen der Theorie wenden die Studierenden

die Methoden direkt anhand von Beispielen an. So entwickeln Teams von Studierenden innerhalb der Vorlesung Konzepte z.B. für eine Kartoffelschälmaschine und lernen dabei Kreativitätsmethoden anzuwenden (siehe Abbildung). Um der zunehmenden Internationalisierung gerecht zu werden, wird die neue Vorlesung jetzt auf Englisch unterrichtet. Am Ende der Vorlesung erhalten die Studierenden Zeit, um eigenständig die gelernten Inhalte zusammenzufassen, das Vorgehen innerhalb der Methoden zu reflektieren und so ihr Wissen zu konsolidieren. Dazu können sie ein bereitgestelltes Handout nutzen.



Studierende stellen ihr Konzept einer Kartoffelschälmaschine dem Auditorium vor.

## Was nehmen die Studierenden mit?

Die ausgefüllten Handouts dienen als Lerntagebuch für die Prüfungsvorbereitung. Zusätzlich gibt es für jede Methode ein sogenanntes Fact Sheet. Darauf sind alle wichtigen Informationen zusammengefasst und es beantwortet Fragen, wie: Wann verwende ich die Methode? Wie wende ich sie an? Was brauche ich dafür und was liefert sie mir?

Definitionen wichtiger Begriffe sollen den Studierenden helfen, begriffssicher und transparent zu kommunizieren. Sie lernen die Methoden der Vernetzten Auslegung kennen und werden somit mit den neuen Lehrstuhlthemen vertraut gemacht. Dadurch können sie direkt an der Forschung am Lehrstuhl teilnehmen.

## Schlagwörter

Methoden, Produktentwicklung, Vorlesung, Vernetzte Auslegung

## Ansprechpartner

Sebastian Rötzer, M.Sc.  
roetzer@pl.mw.tum.de, Tel. 089 289-15157

## Weitere Informationen

www.mw.tum.de/lpl/studium/lehrveranstaltungen/  
methoden-der-produktentwicklung/



# Human-Centered Robotics

Anand Suresh

**Human-Centered Lightweight Robotics (HCLR) is a new topic to our lab. It aims to make innovative research in the field of Lightweight Design in the design of Prostheses, Humanoid Robotics and Biomedical Test Beds.**



Ongoing design research: From Left, Clockwise: Humanoid Hip Design, new Shoulder and Arm Design for Roboy 2.0 and Prosthetic Hand

## Human-Centered Robotics

The research work aims to create innovative solutions in the field of robotics that focuses on Human-Centered

Design. It combines the decades old expertise in Lightweight Design Methodology within the department to that of cutting-edge Robotics Design to make robotic solutions that are centered around human and human interaction. Some of the current application areas currently addressed are in Prosthesis, Biomedical Test Beds and Humanoid Robotics focusing on Human-Robot interaction.

The core-research is done at LPL in collaboration with the Roboy project. Project partners include Infineon, Wacker, Maxon Motor and Autodesk. Project proposals with potential research partners are currently underway. As part of the department's teaching efforts, a lab course is also offered. Here, master students are taught the basics of Humanoid Robotics Design. They are then instructed in the basics of the software tools required to carry out the design and analysis of said systems along with agile techniques to better streamline a project, which would be their final evaluation.

## Updates

The winter semester has been dedicated thus far to the development of a transradial prosthetic hand and the lower limbs of Roboy 3.0.

## Schlagwörter

Robotics, design, humanoid, hands-on

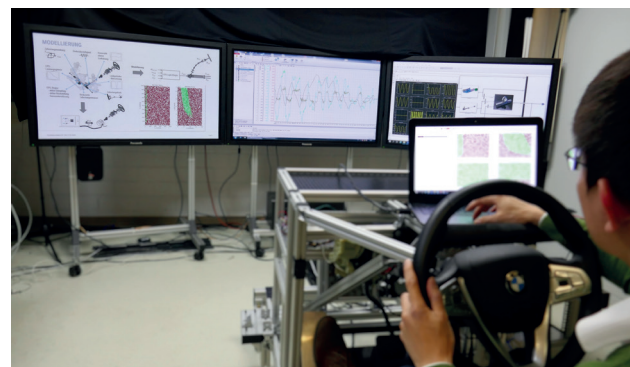
## Ansprechpartner

Dr. Anand Suresh  
anand.suresh@tum.de, Tel. 089 289-15143

## Design of Steering Feel with a Driving Simulator – Models and Methods

Rilian Shao

**Steering feel is one of the most important features in vehicle dynamics. In the process of vehicle development, steering feel is usually evaluated subjectively by test drivers with prototypes which are not available until the late stage of development, whereas a driving simulator enables the evaluation of steering feel already in the early stage via simulation. Thus, it offers more design space to optimize steering feel. Steering feel is mainly determined by steering torque, the response from the steering**



Test on the simulator for the load case: steering at standstill

**wheel to the driver. Hence this work aims to simulate realistic steering torque as well as to develop a method to optimize it on driving simulator.**

## Objectives and challenges

Steering torque is mainly determined by tire force passed through the steering system to the steering wheel as well as by steering assistance. Thus, the main target of this work is to develop a model of the steering system including a power assist unit and one of the tire to achieve stable and accurate simulations of steering torque on the driving simulator.

Besides, steering assistance provides a variety of parameters to tune steering torque. A further target is to develop a method to optimize steering torque based on these parameters. The challenges are on the one hand the complexity of the whole system consisting

steering system, tires and driving simulator, on the other hand the lack of knowledges about steering feel.

## Primary results

Primary models of the steering system and the tire were developed. For the load case "steering at standstill" the simulated steering torque on the driving simulator has been evaluated both subjectively and objectively as sufficiently realistic. A Driving simulator equipped with these models has been adopted in the design process of steering systems at the BMW Group.

## Schlagwörter

Driving simulator, steering feel, steering system, tire

## Ansprechpartner

Rilian Shao, M.Sc.  
rilian.shao@tum.de, Tel. 0151 601 47737

## Abschluss Studierendenprojekt Bananenschälmaschine



Helena Hashemi Farzaneh

**In einem viermonatigen agilen Teamprojekt entwickelten sechs Studierende ein Gesamtkonzept für eine Bananenschälmaschine.**

## Motivation und Projektdurchführung

Überreife Bananen werden in Supermärkten aussortiert, könnten aber zu Smoothies, Joghurt oder anderen Lebensmitteln weiterverarbeitet werden. Dafür müssen im industriellen Maßstab Fruchtfleisch und Schale getrennt werden. Dies ist technisch eine Herausforderung – die unterschiedliche Konsistenz reifer Bananen und die variierende Schalendicke erschweren eine automatisierte Trennung.

## Projekt und Ergebnisse

Unterstützt vom Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau nahm sich ein Team aus sechs Studierenden dem Thema an. In vier agilen Sprints wurden Konzepte und Prototypen zur Erkennung des Reifegrades von Bananen und zur Trennung von Bananenfruchtfleisch und -schale entwickelt. Im letzten Sprint wurde ein Prototyp für ein Gesamtkonzept aufgebaut und getestet. Zusätzlich zur Projektarbeit nutzten die Studierenden das Projekt für ihre Semester- bzw. Masterarbeiten. Ein Forschungsschwerpunkt war die Integration von Bionik-Workshops im agilen Entwicklungsprozess. Die Bionik ist

einerseits interessant, da die Natur unzählige mögliche Vorbilder für eine Lösung des Bananenschälproblems bietet. Andererseits ermöglicht die agile Vorgehensweise aber auch, bionische Konzepte schnell umzusetzen und Biologen kurzfristig in die Entwicklung einzubeziehen. Beides ist eine Herausforderung in bionischen Entwicklungsprojekten.



Das Team bei der Abschlusspräsentation der Bananenschälmaschine

## Schlagwörter

Bionik, Agile Produktentwicklung, Teams

## Ansprechpartner

Dr.-Ing. Helena Hashemi Farzaneh  
helena.hashemi@tum.de, Tel. 089 289-15154

## Hochleistungsstrukturen im Leichtbau 2018

Simon Pfingstl

**Wie jedes Jahr gab sich der Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau der Technischen Universität München die Ehre, in Verbindung mit der Universität der Bundeswehr München und der Hochschule München das Leichtbauseminar zu organisieren. Die Seminarreihe fand an drei Nachmittagen an der jeweiligen Hochschule statt. Der Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau lud alle Interessierten am Dienstag, den 20.11.2018, nach Garching ein. Der Lehrstuhl konnte mit Herrn Dr.-Ing. Rapp (OHB System AG), Herrn Dr.-Ing. Datashvili (Large Space Structures GmbH), Herrn Dr.-Ing. Sicklinger (BMW Group), Herrn Dr.-Ing. Schatz (Airbus Defence and Space) und Herrn Prof. Dr. Mohr der ETH Zürich hochkarätige Referenten akquirieren.**

### Hochleistungsstrukturen in der Raumfahrt, Metamaterialien und Optimierungen im Leichtbau

Nach einer kurzen Einführung des Lehrstuhlinhabers für Produktentwicklung und Leichtbau, Prof. Dr. Zimmermann, drehte sich der erste Teil des Leichtbauseminars vor allem um die Raumfahrttechnik. So referierte Herr Dr.-Ing. Rapp über die multidisziplinäre Simulation von „fine pointing“ Strukturen in der Raumfahrt und über die Vereinigung von FE- und optischen Analysen.

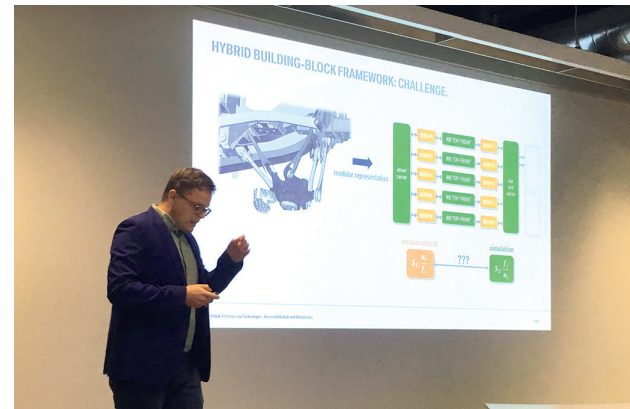
Anschließend hielt Herr Dr.-Ing. Datashvili, der 2001 für seine Forschungsarbeiten mit dem Georgia State Order ausgezeichnet wurde, einen Beitrag über „high performance large space structures“.

Außerdem präsentierte noch vor der Pause Herr Prof. Dr. Mohr von der ETH Zürich seine Ergebnisse zu seinem Forschungsthema numerische Materialmodellierung unter dem Titel: „Mechanical metamaterials reaching the theoretical limits of isotropic stiffness: theory, computations and experiments“. Er wies eindrucksvoll für Metamaterialien nach, weshalb Plattenstrukturen ein Vielfaches an Festigkeit besitzen als Balkenstrukturen.



Metamaterialien am theoretischen Steifigkeitslimit  
(Vortrag Prof. Dirk Mohr, ETH Zürich)

Nach der Pause ging es dann vor allem um die Optimierung von Strukturen. Herr Dr.-Ing. Sicklinger, der Fachteamleiter für numerische Methoden und Mechatronik bei BMW ist, stellte sein neuentwickeltes Tool vor, welches Körperschallphänomene unter Berücksichtigung von Unsicherheiten in einem Bruchteil der Standardrechenzeiten berechnet.



Auslegung von Leichtbaustrukturen für Festkörperschall  
(Vortrag Dr. Stefan Sicklinger, BMW)

Den Schlusspunkt setzte Herr Dr.-Ing. Schatz von Airbus Defence and Space, der über die Optimierung von 3D gedruckten Inserts referierte. Spannend war hier auch der Hinweis auf die verbesserungswürdigen Optimierungsalgorithmen, die oftmals schöne Balkenstrukturen erzeugen, jedoch nicht das globale Optimum finden. Hierbei war der Zusammenhang mit dem Vortrag von Herrn Prof. Dr. Mohr, der das Potential der Platten bewies, gut zu sehen.

### Diskussionen bei Brezen und Getränken

Nach den Vorträgen folgte ein kleines „get together“, bei dem sich die Zuhörer mit den Referenten austauschen konnten. Bei Gebäck und diversen Getränken entstanden so einige Diskussionen, auch mit den Professoren, die seitens der Universität der Bundeswehr München, der Hochschule München und der TUM, aber auch von anderen Einrichtungen, wie der Hochschule Landshut, anwesend waren.

### Schlagwörter

Leichtbauseminar, Hochleistungsstrukturen, Leichtbaustrukturen

### Ansprechpartner

Simon Pfingstl, M.Sc.  
simon.pfingstl@tum.de, Tel. 089 289-15142

## Neuerscheinungen des Lehrstuhls

Helena Hashemi Farzaneh and Udo Lindemann:  
[A Practical Guide to Bio-inspired Design](#)

Bio-inspired design (also called biomimetics or biomimicry) is a promising approach for the development of innovative technical products – not only in mechanical engineering, but also in areas such as material science and even computer engineering. Innovations such as humanoid robots or multifunctional materials have shown the potential of bio-inspired design. However, in industrial companies, bio-inspired design remains an “exotic” approach which is rarely used in innovation practice. One reason for this is a lack of knowledge on how to implement bio-inspired design in practice. Therefore, this guide book was written to explain the application of bio-inspired design methods and tools. The target groups are professional engineers and biologists, as well as students of both disciplines.

The book presents a selection of methods for specific activities in bio-inspired design, namely: planning a bio-inspired design project, abstraction, search, analysis and comparison, and transfer of analogies. Factsheets give an overview of each method, its advantages and challenges, and its suitability for different bio-inspired design approaches and scenarios. To facilitate understanding, all methods are explained with the help of the same example. In addition, ten best practice examples show the practical applicability of bio-inspired design.

Hashemi Farzaneh, H.; Lindemann, U.: A Practical Guide to Bio-inspired Design. Berlin: Springer Vieweg. 2019.

Annette Böhmer: [When digital meets physical - Agile Innovation of Mechatronic Systems](#)

Digitalization leads to dynamic systems and makes the agility of companies a decisive competitive factor. In order to meet this challenge, an approach for the agile development of mechatronic systems was developed. The result of this research work is the agile project setting “THINK.MAKE.START”. (TMS) and the resulting agile prototyping framework “TAF”. This result-oriented approach allows the agile development of mechatronic products in minimum time and with minimal resources. The approach was evaluated in the automotive sector and an agile innovation strategy (“startup practices”) was derived from it.

Böhmer, M.: When digital meets physical - Agile Innovation of Mechatronic Systems. München: TUM, Diss. 2018.

Maik Plötner: [Integriertes Vorgehen zur selbst-individualisierungsgerechten Produktstrukturplanung](#)

Die vorliegende Arbeit präsentiert ein integriertes Vorgehen zur selbstindividualisierungsgerechten Planung der Struktur eines bereits existierenden Massenproduktes, dessen Gestalt und Design von Kunden eigenständig an individuelle Bedürfnisse angepasst werden kann. Das gesellschaftliche Streben nach Individualität, die zunehmende Globalisierung und die daraus resultierende Veränderung der Massenmärkte bilden dabei die Hauptmotivation.

Plötner, M.: Integriertes Vorgehen zur selbst-individualisierungsgerechten Produktstrukturplanung. München: TUM, Diss. 2018.

David Allaverdi: [Systematic identification of Flexible Design Opportunities in offshore drilling systems](#)

Systems subject to large investments and exposed to long lifecycles often face large requirements uncertainty. This thesis introduces a methodology for the systematic and comprehensive identification of Flexible Design Opportunities (FDOs), emphasized for the offshore drilling industry. The approach addresses all relevant stages from the identification of a reference design until the derivation of flexible design solutions in order to ease the upgrade effort of those systems and, hence, minimize value losses over the lifecycle.

Allaverdi, D.: Systematic identification of Flexible Design Opportunities in offshore drilling systems. München: Dr. Hut, Reihe Produktentwicklung. 2017.



## Neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am LPL



**Dr. Anand Vazhapilli Sureshbabu**

Dr. Anand Vazhapilli Sureshbabu gehört seit dem 15. August 2018 dem Team des Lehrstuhls für Produktentwicklung und Leichtbau als wissenschaftlicher Mitarbeiter an. Herr Vazhapilli Sureshbabu ist Spezialist für Robotik Hardware und absolvierte seine Promotion am Italian Institute of Technology und an der University of Genova

in Italien. Er arbeitete an der Entwicklung kosteneffizienter Polymer Komponenten für humanoide Roboter, insbesondere an der Herstellung der Hände. Seine Tätigkeiten der letzten zehn Jahre umfassten verschiedene Bereiche der Robotik. Er erhielt ein Stipendium für das Erasmus Mundus Programm EMARO (European Master in Advanced Robotics) und somit den Doppelmaster an der Warsaw University of Technology in Polen und der École Centrale de Nantes in Frankreich. Praxiserfahrung sammelte Herr Vazhapilli Sureshbabu bei der Entwicklung und Herstellung der Komponenten für zwei der bekanntesten humanoiden Roboter: den iCub vom Italian Institute of Technology und den Pepper des Unternehmens SoftBank Robotics. Hier am LPL möchte er seinen Fokus auf die Entwicklung von Leichtbau-Polymerstrukturen für humanoide Roboter und Prothesen richten.



**Jakob Trauer, M.Sc.**

Am 17. September 2018 begrüßte der Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau Jakob Trauer als wissenschaftlichen Mitarbeiter. Herr Trauer studierte Maschinenwesen im Bachelor- sowie im Masterstudium an der TUM. Die Schwerpunkte seiner Ausbildung lagen zum einen im Bereich Antriebssystemtechnik und zum

anderen im Bereich Produktentwicklung. Während sich die Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Maschinenelemente noch mit dem Verschleißverhalten kleinmoduliger Stirnräder befasste, wirkte er in seiner Semesterarbeit am Lehrstuhl für Produktentwicklung an der Entwicklung einer Kakaoschotenschälmaschine unter Einsatz agiler Methoden mit. Seine Masterarbeit hingegen befasste sich mit der Unterstützung des Managements von Entwicklungsprozessen durch die quantitative Analyse von Entwicklungsdaten. Die zugrundeliegende Forschung führte er an der DTU in Kopenhagen durch. Darüber hinaus sammelte er zwischen Bachelor- und Masterstudium praktische Erfahrungen als Werkstudent in den Bereichen Variantenmanagement und Projektleitung bei MAN Energy Solutions.



**Julian Stumpf, M.Sc.**

Am 11. Oktober 2018 begrüßte der Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau Julian Stumpf als externen Doktoranden. Herr Stumpf studierte Maschinenbau im Bachelor an der Hochschule Ravensburg-Weingarten. Die Schwerpunkte seiner Ausbildung lagen im Bereich Modellierung und Simulation von mechanischen Systemen.

Seine Bachelorarbeit befasste sich mit der Mehrkörper-simulation von mehrachsigen Scharnieren mit integrierten Dämpfungssystemen. An der Universität Ulm absolvierte Herr Stumpf seinen Master im Studiengang Computational Science and Engineering. Er spezialisierte sich hierbei weiter im Bereich mechanischer Modellbildung, vor allem bezüglich numerischen Themen wie Stabilität und Effizienz. Die Masterarbeit verfasste er am Institut für numerische Mathematik, in Kooperation mit der Daimler AG. Im Rahmen der Untersuchung einer Set-Based-Design Methode entwickelte er effiziente Modelle zur Berechnung von hochdimensionalen Lösungsräumen für die Auslegung von Motorlagerungssystemen. Seit Oktober 2018 arbeitet er als Doktorand bei der Daimler AG und ist auch Teil des LPL.



**Jintin Tran, M.Sc.**

Seit dem 17. Dezember 2018 ist Jintin Tran am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau als externe Doktorandin tätig. Sie hat ihren Master an der Universität Stuttgart in Luft- und Raumfahrttechnik abgeschlossen. Ihre Schwerpunkte waren Strukturmechanik und numerische Simulationsmethoden in der Raumfahrt.

In ihrer Bachelorarbeit beschäftigte sie sich mit konstruktiven sowie fertigungstechnischen Methoden für die Entwicklung eines neuartigen CFK Luftfahrttanks. Die Masterarbeit über dynamische Oxidation von Thermal-schutzmaterialien an Wiedereintrittskörpern schrieb sie an der Universität Tokio in Kooperation mit dem Institut für Raumfahrtssysteme der Universität Stuttgart. Dabei wurden vor allem experimentelle Versuche am lichtbogen-beheizten Windkanal durchgeführt. Praktische Erfahrung während des Studiums sammelte sie im Rahmen einer Werkstudententätigkeit am DLR Stuttgart. Seit 2017 ist sie am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik tätig. Sie beschäftigt sich mit der strukturellen Auslegung und Berechnung von Satellitensystemen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Simulationen dynamischer Lasten.



**Ferdinand Wöhr, M.Sc.**

Zum 17. Dezember 2018 hat Ferdinand Wöhr seine Tätigkeit als externer Doktorand am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau aufgenommen. Herr Wöhr studierte im Bachelor Luft- und Raumfahrt an der Technischen Universität München und vertiefte sich

dabei in den Bereich Thermodynamik. So befasste er sich im Zuge seiner Bachelorarbeit mit thermoakustischen Verbrennungsinstabilitäten in Brennkammern von Gasturbinen und den Methoden diese quantitativ zu bewerten. Anschließend absolvierte er seinen Master im Studiengang Maschinenwesen – ebenfalls an der TUM. Während dessen lagen seine Schwerpunkte im Bereich Modellbildung und Simulation – speziell ausgerichtet auf thermodynamische- und strömungsmechanische Anwendungsfälle. Die Anfertigung seiner Semester- und Masterarbeit erfolgte bei der Audi AG. Dort untersuchte er anhand von numerischen Berechnungsmethoden innovative Konzepte zur Fahrzeugklimatisierung.



**Yunzhe Zhang, M.Sc.**

Am 14. Januar 2019 begrüßte der Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau Yunzhe Zhang als neue wissenschaftliche Mitarbeiterin. Frau Zhang hat ihren Bachelor im Studiengang Maschinenbau mit den Schwerpunkten Produktentwicklung und Konstruktion an der Shenyang Aerospace University in China absolviert.

In ihrer Bachelorarbeit konstruierte sie die Klemmvorrichtungen zur Herstellung einer Kolbenstange im Flugzeugbau. An der Technischen Universität Darmstadt studierte Frau Zhang Maschinenbau im Master mit den Schwerpunkten Produktentwicklung und Strukturmechanik. Während dessen sammelte sie praktische Erfahrungen als wissenschaftliche Hilfskraft auf dem Gebiet der Schwingungsanalyse von Werkzeugen mittels FE-Modellen und numerischer Simulation. Die Masterarbeit verfasste sie am Institut für Strömungslehre und Aerodynamik in Kooperation mit der BMW Group. Für die Bewertung des Rotationswiderstands von Pkw-Rädern entwickelte sie effiziente Messverfahren und CFD-Simulationsmodelle zur Bestimmung des aerodynamischen Widerstands sowie entsprechender Reduzierungsmaßnahmen in der Felgenentwicklung.



## Ausgewählte Veröffentlichungen

Erschen, Stefan; Duddeck, Fabian; Gerdts, Matthias; Zimmermann, Markus: **On the Optimal Decomposition of High-Dimensional Solution Spaces of Complex Systems**. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems 4 (2), 2018.

Held, Maximilian; Weidmann, Dominik; Kammerl, Daniel; Hollauer, Christoph; Mörtl, Markus; Omer, Mayada; Lindemann, Udo: **Current challenges for sustainable product development in the German automotive sector: A survey based status assessment**. Journal of Cleaner Production 195, 2018: 869-889.

Kattner, Niklas; Mehlstaeubl, Jan; Becerril, Lucia; Lindemann, Udo: **Data Analysis in Engineering Change Management - Improving Collaboration by Assessing Organizational Dependencies Based on Past Engineering Change Information**. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2018. Bangkok, Thailand.

Piccolo, Sebastiano A.; Trauer, Jakob; Wilberg, Julian; Maier, Anja M.: **Understanding task execution time in relation to the multilayer project structure: Empirical evidence**. 20th International Dependency and Structure Modeling (DSM) Conference, 2018. Trieste, Italy: 129-138.

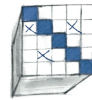
## Veranstaltungskalender



05. – 08. August 2019  
22nd International Conference  
on Engineering Design (ICED)

Die „International Conference on Engineering Design ICED“ findet dieses Jahr vom 05. – 08. August 2019 in Delft, Niederlande statt.

Mehr Informationen finden Sie unter:  
[www.iced19.org](http://www.iced19.org)



23. – 25. September 2019  
21th International Dependency and Structure  
Modelling (DSM) Conference

Die „International DSM Conference“ findet dieses Jahr vom 23. – 25. September 2019 in Monterrey, Kalifornien statt.

Mehr Informationen finden Sie unter:  
[www.dsm-conference.org](http://www.dsm-conference.org)

## Impressum

Die  LPL news werden herausgegeben vom:

### Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau

Technische Universität München  
Prof. Dr. Markus Zimmermann  
Boltzmannstr. 15  
D – 85748 Garching bei München

Tel. 089 289-15151

[www.mw.tum.de/lpl/](http://www.mw.tum.de/lpl/)

### Verantw. i.S.d.P.

Prof. Dr. Markus Zimmermann  
[zimmermann@tum.de](mailto:zimmermann@tum.de)

### Redaktion

Julian Stumpf, M.Sc.  
[julian.stumpf@tum.de](mailto:julian.stumpf@tum.de)  
Tel. 0176 30988332

### Gestaltung

Eva Körner

ISSN 2568-9843