



## New Prototyping Room @LPL

Anand Suresh

**On the 28th of March, we inaugurated the Prototyping Room. This is a room dedicated to students who carry out hands-on research activity. It consists of basic tools, a mini-electronics lab and 3D printers at the disposal of the students to realize their ideas.**

The Prototyping Room is intended to be a space for hands-on activity of students doing their Thesis or Project work with the lab.

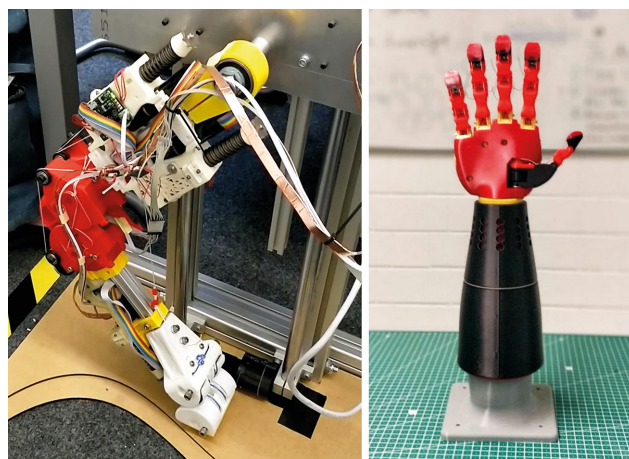
Research Group 4, Applied Innovation, took the initiative on this and repurposed a defunct welding room into a space that is now regularly used by students for hands-on learning and activity.

### Opening Event

The prototyping room was opened on the 28th of March. The opening event was celebrated with a small party where traditional Bavarian food and drinks were served.



Opening of the Prototyping Room



Some of the prototypes built by students in the Prototyping Room

We would like to thank the Workshop technicians or “The Action Team”, as they like to be called, and the Secretariat for all the help they gave for the preparation.

Since the inauguration of the Prototyping room a number of student projects are already under way, such as an active-cooled prosthetic hand, a Robotic skin and the lower body of Roboy 3.0.

### Schlagwörter

Prototypes, Robotics, Applied Innovation

### Ansprechpartner

Anand Suresh, Ph.D.

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

LOIFT 2019 – Der LPL wirbt um Nachwuchs!

Jan Behrenbeck

Am 28. Juni warb der LPL auf der Lehrstuhl-Orientierungs-, Informations- und Forschungstagung LOIFT im MW um jungen Nachwuchs für Lehrveranstaltungen, Studienarbeiten und Industrieprojekte. Neben Prof. Zimmermann waren alle Forschungsgruppen mit zahlreichen Ausstellungsstücken vertreten.

Neues Standkonzept

In neuem Gewand präsentierten sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Lehrstuhls am 28. Juni auf der LOIFT. Ein neues Standdesign, neue LPL-Shirts und zahlreiche



Übersicht Lehrstuhlstand auf der LOIFT 2019

Ausstellungsobjekte sorgten für großen Andrang am Stand. Neben LPL-Postlts, Bierdeckeln und Weingummi konnten die Studierenden sich über Projekte, Lehrveranstaltungen, Studienarbeiten und HiWi Stellen informieren.

Schlagwörter

LPL, LOIFT, Nachwuchs, Marketing

Ansprechpartner

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



Angeregte Diskussionen am Stand zwischen Promovierenden und Studierenden

Inhalt

New Prototyping Room @LPL	1
LOIFT 2019 – Der LPL wirbt um Nachwuchs!	2
Von den mechanischen Grundlagen zur gewichtsoptimalen Struktur: Die neue Vorlesung Leichtbau	3
Neues Lehrkonzept. Neues Format. Neuer Spaß. Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf	4
New Research Project: Systems Design for Vibration and Noise Reduction	5
Prosthetic Hand-Arm System – A Work in Progress	6
THINK.MAKE.START. #9 und News von unseren Alumni Start-ups	7
Systemoptimierung am Satelliten	8
Vernetzte Auslegung in der frühen Phase der Fahrzeugentwicklung	9
Simulation von Entwicklungsprozessen in der Automobilindustrie: Ein Weg zur Bewertung neuer Integrations- und Verifikationsansätze	10
Neuerscheinungen des Lehrstuhls	11
in memoriam Reimer Meyer-Jens	11
Ausgewählte Veröffentlichungen	12
Veranstaltungskalender	12
Impressum	12

Von den mechanischen Grundlagen zur gewichtsoptimalen Struktur: Die neue Vorlesung Leichtbau

Jasper Rieser

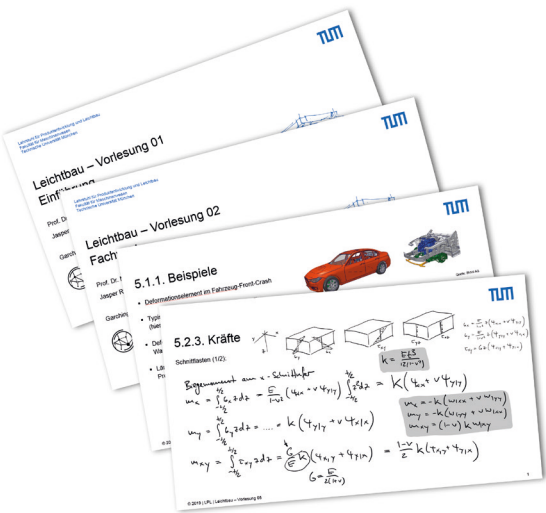
Mit Beginn des Sommersemesters 2019 ist die Vorlesung Leichtbau fortan fester Bestandteil des Lehrportfolios am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau. Mit ihr ist eine weitere zentrale Kernkompetenz des Lehrstuhls nun auch in der Lehre aktiv vertreten.

Themen der Vorlesung

- Fachwerke
- Dünnwandige Querschnitte
- Scheiben
- Platten
- Schwingungen
- Elastostabilität
- Werkstoffe (Gastvorlesung Prof. Baier)
- Bauweisen (Gastvorlesung Prof. Baier)
- Statische und dynamische Festigkeit
- Auslegungsmethoden

Weniger ist mehr

Dass ein gewisses Maß an Materialeinsparung und damit ein geringeres Gewicht bei kluger Auslegung einer mechanischen Struktur nicht automatisch mit einer Verschlechterung der Belastbarkeit und Gebrauchstauglichkeit einhergehen, war vor gut 100 Jahren eine der essentiellen Voraussetzungen für den aufkommenden Flugzeugbau. Heutzutage sind die Beweggründe für einen sparsamen Materialeinsatz in Zeiten knapper werdender Ressourcen und gestiegenen Umweltbewusstseins weitaus vielfältiger.

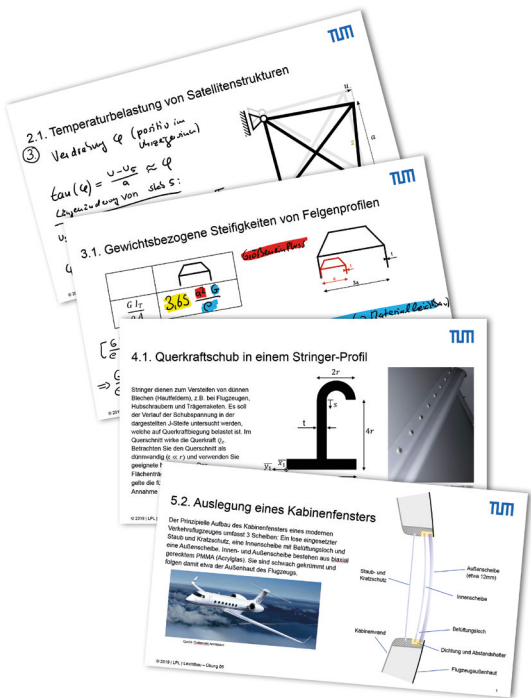


Zeitgemäßes Vorlesungsformat: Fokus auf den theoretischen Grundlagen und leicht erkennbarer Anwendungsbezug

Nicht zuletzt die Vielfalt leistungsfähiger Werkstoffe, moderner Bauweisen, computerbasierter Berechnungsverfahren und maßgeschneiderter Entwurfstechniken macht das Thema Leichtbau daher aktueller, facettenreicher, aber auch komplexer denn je.

Klassische und moderne Inhalte

Die Vorlesung verfolgt das Ziel, eine Brücke von den mechanischen Grundlagen hin zum modernen Form-, Material- und Systemleichtbau zu spannen. Die vollständig neu gestalteten Vorlesungsinhalte umfassen daher neben klassischen Themen des Leichtbaus, wie dünnwandige Querschnitte, Stabilität und Ermüdungsfestigkeit, auch moderne Aspekte, wie etwa Auslegungstechniken für komplexe Systeme, die vermehrt im Fahrzeugbau zur Anwendung kommen.



Anspruchsvolle Aufgabenstellungen anschaulich erklärt: Die neue Übungsveranstaltung überzeugt durch ein klares didaktisches Konzept und anschaulich aufbereitete Inhalte

Schlagwörter

Leichtbau, Vorlesung

Ansprechpartner

Jasper Rieser, M.Sc.  
jasper.rieser@pl.mw.tum.de, Tel. 089 289-15155

Weitere Informationen

www.mw.tum.de/lpl/studium/lehrveranstaltungen/leichtbau



# Neues Lehrkonzept. Neues Format. Neuer Spaß. Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf

Yunzhe Zhang

**Ab dem Sommersemester 2019 bietet der LPL eine neue Vorlesung an: Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf (PKE). Die Vorlesung vermittelt einen Überblick über die systematische Produktentwicklung von der Idee bis hin zur konkreten Gestalt eines neuen Produkts. Neben der Vorlesung, die auf der ehemaligen Veranstaltung Produktentwicklung und Konstruktion (PuK) basiert, findet eine Projektarbeit zur Entwicklung einer Kartonfalzmaschine in Form einer 6er-Teamarbeit statt. Die Vorlesung richtet sich an Bachelor-Studierende und findet auf Deutsch statt.**

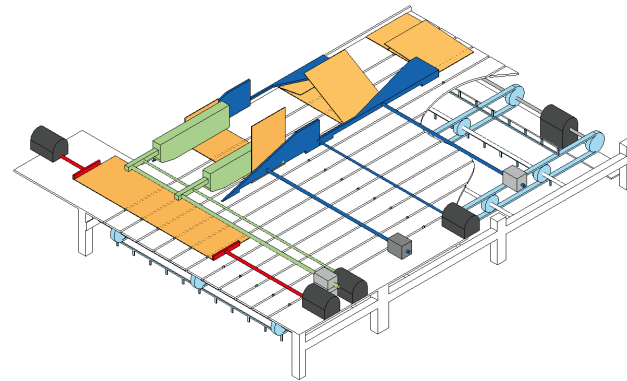
## Produktentwicklung

Produktentwicklung bezeichnet sowohl eine Organisationseinheit als auch einen Prozess im Unternehmen. Ziel der Produktentwicklung ist es, funktionsfähige und produzierbare Produkte zu generieren. Dafür sind unterschiedlichste Prozesse notwendig, die die Abläufe der Entwicklungsarbeit und das Vorgehen der involvierten Individuen und Teams regeln. Erfolgreiche Produkte sind eine wichtige Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens. Entscheidend für den Erfolg eines Produktes ist es, dass es die Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden hinsichtlich Funktion, Qualität, Kosten, Design, usw. erfüllt.

## Die Vorlesung „Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf“

Die Vorlesung PKE lehrt eine systematische Herangehensweise an die Lösung technischer Probleme. Dabei ist der Ausgangspunkt eine technische Problemformulierung. Zur Entwicklung einer technischen Lösung wird das Vorgehen anhand des Münchner Produktkonkretisierungsmodells gelehrt. Das Modell unterstützt die systematische Betrachtung von Anforderungsraum, Funktions-, Wirk- und Bauebene. Für die einzelnen Konkretisierungsebenen werden Methoden zur Konzeptentwicklung gelehrt, wie beispielsweise die Funktionsmodellierung (Funktionsebene) oder der morphologische Kasten (Wirkebene). Zur Detaillierung des Entwurfs werden ergänzende Methoden des „Design for X“-Ansatzes gelehrt, wie beispielsweise Prinzipien der fertigungsgerechten Gestaltung. Die einzelnen Schritte der jeweiligen Produktentwicklungsphase werden sukzessive beleuchtet. Dafür finden Zentralübungen mit Anwendungsbeispielen zu den jeweiligen Vorlesungsthemen statt. Nach Erlernen der Theorie sind die Studierenden in der Lage, die Methoden und Vorgehensweisen der Produktentwicklung in der Projektarbeit anzuwenden. So entwickeln Teams von sechs Studierenden in der Projektarbeit Konzepte für eine Kartonfalzmaschine. Hierbei werden sie in regelmäßigen Tutorübungen unter-

stützt. Während der Vorlesung erhalten die Studierenden die Chance, Antworten auf zentrale Fragen zu bekommen oder Feedback zu Vorlesung, Zentralübung sowie Projektarbeit durch regelmäßige live stattfindende Online-Umfragen zu geben. (Geben auch Sie uns gerne Feedback: <https://pingo.coactum.de/351764>.) So besteht auch die Möglichkeit, das Vorgehen innerhalb der Methoden zu reflektieren und das vermittelte Wissen zu erweitern.



Entwurf des Teilmoduls „Karton Falten“ von Johannes Glas

## Projektarbeit anstatt schriftlicher Prüfung

Das Lernergebnis wird durch eine Projektarbeit geprüft. Diese wird im Rahmen einer Gruppenarbeit erstellt. Jede/r Studierende erhält neben der Entwicklungsaufgabe für das gesamte Team eine Teilaufgabe, die eine spezifische technische Problemformulierung umfasst. In der Projektarbeit soll nachgewiesen werden, dass die Studierenden, basierend auf der Analyse einer technischen Problemformulierung, systematisch technische Lösungskonzepte und detaillierte Entwürfe entwickeln können. Darüber hinaus sollen Methoden zur Lösungsfindung auf Anforderungs-, Funktions-, Wirkprinzip und Bauebene, sowie „Design for X“-Ansätze angewendet werden. Die Projektarbeit wird in Form eines schriftlichen Projektberichts (80%) sowie einer Präsentation (20%) geprüft.

## Schlagwörter

Produktentwicklung, Vorlesung, Konzepte

## Ansprechpartner

Yunzhe Zhang, M.Sc.  
pke@pl.mw.tum.de, Tel. 089 289-15163

## Weitere Informationen

[www.mw.tum.de/lpl/studium/lehrveranstaltungen/produktentwicklung-konzepte-und-entwurf/](http://www.mw.tum.de/lpl/studium/lehrveranstaltungen/produktentwicklung-konzepte-und-entwurf/)

# New Research Project: Systems Design for Vibration and Noise Reduction

Duo Xu



**On May 1st 2019, the three-year project “System Design for Noise Reduction” began at the Laboratory for Product Development and Lightweight Design, funded by the Zeidler-Forschungs-Stiftung.**

## Motivation

While the general advancement of technology has improved the performance of mechanical systems, it has also raised challenges regarding the design for noise, vibration and harshness (NVH) in industries such as aerospace, automotive, etc. As a prime example, e-mobility brings new noise sources as the internal combustion engine (ICE) is expected to be replaced by an electric motor. This poses several challenges: First, without the masking effect of an ICE, the noise caused by other sources becomes conspicuous and must now be treated with extra care in electric vehicles (EV). Second, humans are more sensitive to tonal sound which is typical for electric motors, even when the noise level is lower for some frequency ranges. Third, between 400Hz-1kHz the noise level of electric motors is typically higher than the one caused by an ICE.

As the noise requirements become more demanding, the design space of acoustic and vibration isolation for vibrating machines is dramatically reduced. Design goals from other disciplines, such as safety, durability and recyclability, etc., must all be met simultaneously, which increases the complexity of NVH design. At the same time, the demand on lightweight designs is continuously growing, e.g., due to the increasingly stringent European emission regulations. The reduction of weight is generally in conflict to the NVH performance.

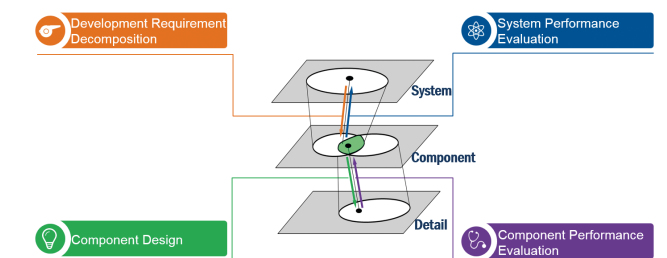
Facing the increasing challenges in NVH engineering, the traditional CAE development methods can no longer meet current development demands. Typically, after noise targets, e.g. Sound Pressure Level (SPL) at the driver's ear, are specified, they cannot be cascaded down to individual components. Usually, engineers set component noise targets based on experience – which they lack when entering new design concepts, e.g., for electric vehicles. Without explicit component targets, the corresponding development departments often have difficulties in finding effective measures for NVH improvement. Furthermore, there is no clear standard to verify the success of the component development in the early development stage. Acoustic performance can only be assessed in the late development stage after the mechanical product is fully developed. In order to solve acoustic problems, engineers may have to redesign the

entire system, resulting in considerable development time and effort. Finally, a satisfying overall acoustic performance may not be achieved despite of numerous design iterations.

## Innovation

This project aims to develop a new design process for NVH engineering of complex mechanical systems by breaking down the noise requirements from the system level quantitatively to the component level based on the so-called Cooperative Design method (Development Requirement Decomposition). This way, the development of a complex system is decomposed into Component Design problems. The maximum admissible range of each design parameter is computed based on system and component performance evaluation. As long as the design parameter is kept in the derived range, the system requirements are guaranteed to be fulfilled. Quantitative component design goals provide clear guidance for engineers to identify effective NVH measures and conduct component development. In the end, the success of the product development will be verified through the Component Performance Evaluation and the System Performance Evaluation.

The proposed method will offer a systematic procedure to reduce the noise of mechanical systems in presence of system complexity and multidisciplinary requirements. It will significantly accelerate the product development process by reducing design iterations. Its effectiveness will be demonstrated by academic as well as practically-oriented hardware prototype components within the scope of this project.



Schematic representation of the four research aspects

## Schlagwörter

Cooperative design, vibration, noise, electrical vehicle

## Ansprechpartner

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



## Prosthetic Hand-Arm System – A Work in Progress

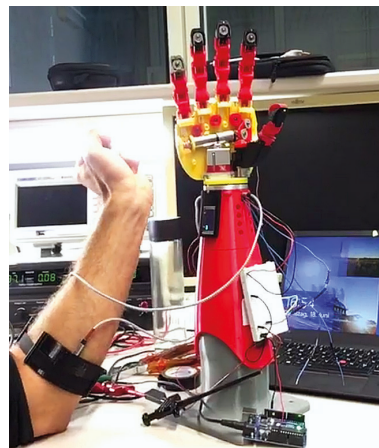
Anand Suresh

**First version of the Prosthetic Hand completed. The prosthesis consists of five fingers including the thumb, replicating the human hand. The hand is actuated with a single motor in the palm and has a rotary wrist, which is mounted on an actively cooled stump interface that house the required control electronics and surface electromyography (s-EMG) sensors.**

This is a project aimed at developing an actively cooled, lightweight Prosthetic Hand-Arm system using additive manufacturing techniques while being extremely affordable.

### Concept

According to many studies that were done on trans-radial amputees (amputation below the wrist and above the elbow), active prostheses are usually abandoned due to three main factors: too hot, too heavy or lack of feedback to user. This prosthesis aims at solving all three of these potential problems using modern advances in additive manufacturing and combining it with off the shelf electronics.

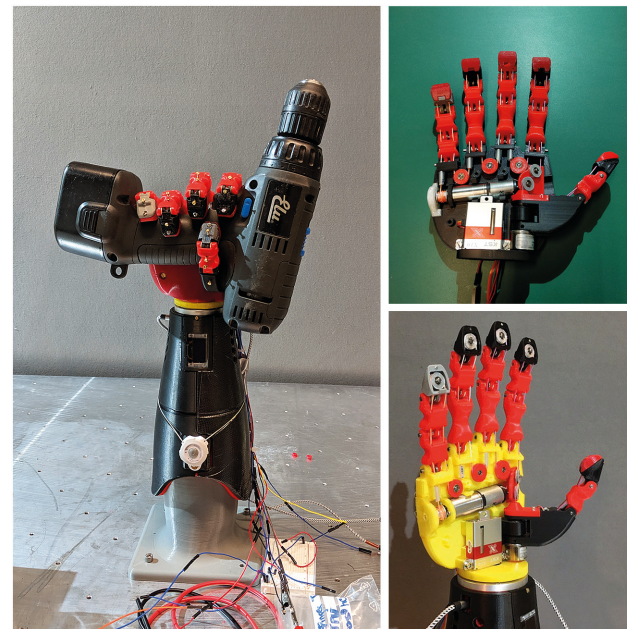


Testing the Prosthetic Hand-Arm system

### Design

The design is still a work in progress (WiP), however, the Minimal Viable Prototype (MVP) was designed and constructed as part of a Semester Thesis of two students: David Rass and Lucas Tan. It consists of an under-actuated robotic hand that is mounted on a “stump” interface. The robotic hand has an articulated thumb that allows for thumb rotation similar to that of the human range of motion. The stump consists of a rotary wrist and an actively cooled forearm part. The stump itself is divided into four other components. A silicon sleeve that goes

on top of the amputee's stump with perforations for air cycling with a rigid system on top that houses the cooling fan and electronics of the entire system. Two other rigid components are mounted on these as protective shells that are held together by a Boa fastening system. A separate cosmetic layer can be added on top of this rigid layer if needed. This allows for customization of the stump according to individual taste. A detailed look at the finished prototype can be seen below.



Detailed Design of the Prosthetic Hand-Arm system

### Future work

The developed Prosthetic Hand-Arm system is only a preliminary working prototype. The design is to be fine-tuned and a parametrical approach will be formulated for customization of the prosthesis according to individual requirements. The robotic hand suffers from a lot of friction issues, this is also to be addressed in future works. The lab will take part in the Cybathlon challenge in 2020 with the final version of the hand. To this end, an interdisciplinary project (IDP) has been proposed to do intent-learning on the platform to allow for a broader range of tasks that can be performed with this platform.

### Schlagwörter

Prosthesis, Prototypes, Robotics

### Ansprechpartner

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

## THINK.MAKE.START. #9 und News von unseren Alumni Start-ups

Jan Behrenbeck

**Zu Beginn des Sommersemesters 2019 nahmen erneut 49 Studierende aller Fakultäten der TUM am bewährten Innovationsformat THINK.MAKE.START. (TMS) teil. Von den 10 Teams konnten sich Angsa, Briq und Reversed am Ende als Gewinner behaupten und zusätzlich eine Anschlussförderung erhalten. Neben dem Nachwuchs können auch unsere Alumni StartUps Cultivata, Rebento (beide TMS #8), Kewazo (TMS #3) und Loci (TMS #UrbanTech #1) erfolgreiche nächste Schritte berichten.**

### TMS #9 – Neues Bewerbungsverfahren:

#### Studierende wählen Studierende

Das Bewerbungsverfahren wurde grundlegend umstrukturiert und auf die geforderten Kompetenzen sowie das Mitspracherecht der Bewerber und Bewerberinnen angepasst. Seit diesem Semester bewerben sich die Studierenden nicht mehr mit ihrem CV und Motivations-schreiben. Stattdessen haben sie die Möglichkeit, die gewünschte Teamrolle zu spezifizieren und einen Weblink anzugeben, hinter dem sich eine kreative Bewerbung in beliebiger Form verstecken darf. Die Einreichungen variierten von Videos und Präsentation über Portfolios, App-Mockups und Websites. Nach Abgabefrist erhielten sie 10 zufällig gewählte Bewerbungslinks von Mitbewerbern und Mitbewerberinnen, die sie ranken mussten. Basierend auf den durchschnittlichen Bewertungen konnte anschließend eine Rangfolge der Bewerbungen in den verschiedenen Teamrollen erfolgen, die zur Auswahl der Teilnehmenden diente. Bis auf wenige technische Schwierigkeiten war die Umstellung erfolgreich und soll in Zukunft beibehalten werden.

### TMS #9 – Die Gewinner des Demo Days

Wie jedes Semester wurden beim Demo Day am 17. April die besten Teams gekürt. Angsa erhielt für ihren autonomen Müllsammelroboter vom Publikum den THINK.-Award für die beste Idee. Das Team Briq konnte mit ihrem Dachdeckroboter die Jury überzeugen und erhielt den MAKE.-Award für den besten Prototyp. Der START.-Award für das größte Geschäftspotential ging schließlich an Team Reversed für ihr innovatives MINT-Lehrkonzept

mit modularem Drohnenbausatz. Alle drei Gewinnerteams konnten zudem bereits eine Anschlussfinanzierung für die weitere Ausgestaltung ihrer Prototypen und Nutzertests durch die Initiative for Industrial Innovators sicherstellen.

### News von den Alumni Start-Ups

Auch von unseren ehemaligen Teams gibt es gute Neuigkeiten zu berichten. Team Cultivata (TMS #8) nahm im Anschluss an das absolvierte Businessplanseminar am zweiwöchigen Austauschprogramm TIE2 International Lab der UnternehmerTUM mit China teil. Dort gewannen sie mit ihrem vollautomatisierten Pflanzentopf im Wettbewerb mit 7 deutschen und 8 chinesischen Start-ups den ersten Platz. Team Loci (TMS #UrbanTech #1) wird ab dem Wintersemester am Pre-Incubation Programm Xplore der UnternehmerTUM teilnehmen. KEWAZO (TMS #3) steht kurz vor der Finalisierung der zweiten Seed Finanzierungsrunde mit einem voraussichtlichen Investment in Millionenhöhe. Team Rebento (TMS #8) durfte am 24. Juni beim TUM Entrepreneurship Day außerdem am Finale der Pitch Perfect Competition teilnehmen und belegte den 1. Platz beim Publikumspreis. Wir gratulieren allen Teams zum Erfolg und wünschen ihnen alles Gute für den weiteren Weg.

### Coming Up: Verstärkung des Teams und TMS #10

Ab Juli 2019 wurde das TMS-Team durch Nuno Miguel Martins Pacheco verstärkt. Das Jubiläumsevent TMS #10 findet vom 11.-24. September 2019 statt. Zum Demo Day am 24. September sind alle Leserinnen und Leser herzlich eingeladen.

### Schlagwörter

TMS, Innovation, Entrepreneurship, Prototyping, Kreativität, Mindset

### Ansprechpartner

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

### Weitere Informationen

www.thinkmakestart.com **THINK. MAKE. START.**



Finale Prototypen der Siegerteams Angsa, Reversed und Briq (Quelle: TMS Archiv)

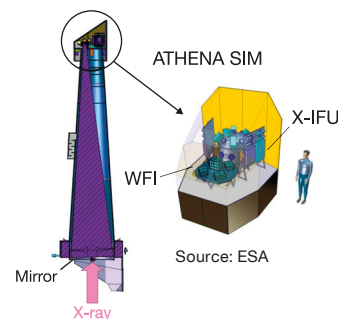


# Systemoptimierung am Satelliten

Jintin Tran

**Die Auslegung von Satellitensystemen bedeutet Berücksichtigung vernetzter Disziplinen. Durch verschiedene Lastfälle und erforderliche Bedingungen für einen Betrieb im All ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Gesamtsystem. Die daraus folgende Systemkomplexität erfordert eine Optimierung auf Systemebene. Die Design Unsicherheiten können durch eine Vernetzte Auslegung beherrscht werden, um eine Systemoptimierung besser zu erfassen.**

Das Raumfahrtprojekt ATHENA ist ein Satellitenteleskop, das zur Untersuchung von Röntgenstrahlen dient. Die Hauptmissionen des Satelliten sind die Abbildung des heißen Gases im intergalaktischen Raum und die Erforschung von schwarzen Löchern. Dies wird mit Hilfe von zwei wissenschaftlichen Instrumenten verwirklicht: einer hochauflösenden Kamera (Wide Field Imager, WFI) und einem Spektrometer (X-ray Integral Field Unit, X-IFU). Für die Auslegung der Instrumente werden Methoden der Systemoptimierung erarbeitet.



ATHENA Satellitenteleskop mit einer Fokallänge von 12 m und das Scientific Instrument Module (SIM) als Nutzlastplattform

## Lasten beim Raketenstart

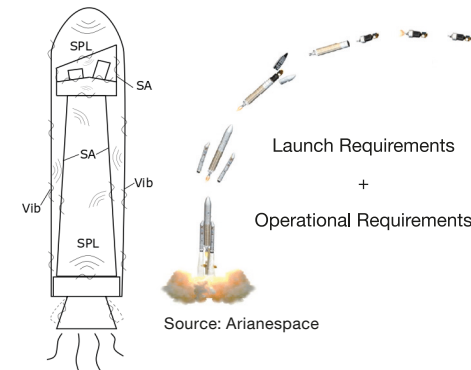
Die Hauptlasten für jedes Satellitensystem treten in erster Linie beim Raketenstart auf. Aufgrund der Raketentriebwerke entstehen Vibrationen, die direkt über die Raketenstruktur an den Satelliten und dessen Nutzlasten weitergeleitet werden. Die Startlasten lassen sich unterteilen in:

- Stationäre Beschleunigung
- Niederfrequente Vibration (Transient)
- Breitbandige Vibration (Akustik)
- Impulslasten (Booster Absprengung)

Die Festigkeitsanforderungen der Nutzlasten werden hauptsächlich von den dynamischen Lasten abgeleitet. Durch die Interaktion der Luftschwingung und der Struktur innerhalb der Rakete überlagern sich akustische Schwingungen beider Quellen, die indirekt als strukturelle

Vibration wieder eingeleitet wird. Akustische Schallwellen belasten vor allem dünne, großflächige Strukturen.

Die Überlagerung aus rein struktureller Vibration und akustischen Schallwellen wird aufgrund ihrer Komplexität bisher separat betrachtet. Dies führt teilweise zu überdimensionierten Strukturen.



Veranschaulichung der Lasten während dem Raketenstart. Triebwerke lösen Vibrationen der Struktur aus (Vib), die wiederum Luftschwingungen (SA) in der Rakete erzeugen. Die SA überlagert sich mit der Luftschallschwingung (SPL). Für die Auslegung müssen alle Phasen vom Transport bis zum Betrieb berücksichtigt werden.

## Funktionale Anforderungen

Neben den Startlasten beinhalten die funktionalen Anforderungen eines Satelliten weitere Bedingungen für eine erfolgreiche Nutzung. Darunter fallen typischerweise Anforderungen an Temperaturgradienten, Masse oder Steifigkeit. Die Herausforderung bei der Auslegung ist die Anforderungen auf Subsystemebene optimal zu verteilen, damit das Gesamtsystem die Hauptanforderungen bestmöglich erfüllt.

## Optimierung durch Vernetzte Auslegung

Eine kombinierte Lastfallbetrachtung der variierenden Vibrationslasten ist nötig, um das volle Designpotential von Satelliten auszuschöpfen. Dabei sollen die Anforderungen für den Betrieb gleichzeitig erfüllt werden. Das Ziel ist durch eine Vernetzte Auslegung einen robusten Lösungsraum zu finden, welcher die Variablen für eine multidisziplinäre Optimierung eingrenzt. Mit der Betrachtung des Gesamtsystems werden zeitaufwändige Iterationen einzelner Subsysteme erspart.

## Schlagwörter

Vibration, Vernetzte Auslegung, Multidisziplinäre Optimierung, Raumfahrtstrukturen

## Ansprechpartner

Jintin Tran, M.Sc.  
jintin.tran@tum.de, Tel. 089 289-15018

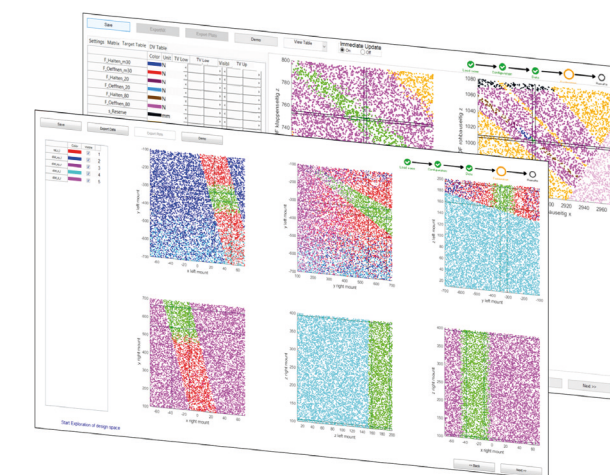
# Vernetzte Auslegung in der frühen Phase der Fahrzeugentwicklung

Julian Stumpf

**Die frühe Phase der Entwicklung komplexer Produkte stellt Unternehmen vor große Herausforderungen. Der Einsatz von neuen Technologien, Berücksichtigung von Unsicherheiten und die stetige Änderung von Marktsituationen sind nur einige der vielen Schwierigkeiten, die die Entwickler bewältigen müssen. In Zeiten der Elektrifizierung und des Umdenkens von Mobilitätskonzepten nehmen diese Punkte vor allem in der Automobilbranche einen immer wichtigeren Stellenwert ein. Eine ganzheitliche und effiziente Systemauslegung in der frühen Phase kann deshalb für Erfolg oder Misserfolg eines Produktes auf dem Markt entscheidend sein.**

## Herausforderung

Das Automobil von morgen ist ein Produkt mit höchster Komplexität. Die Vielzahl an neuen Technologien und die grundlegend neue Fahrzeugarchitektur gegenüber Vorgängermodellen aufgrund der Elektrifizierung sorgen in der frühen Phase für eine große Unsicherheit. Konstrukteure und Konstrukteurinnen aller Abteilungen können daher nur bedingt auf ihre Erfahrung vertrauen und die Funktionalität von Systemen muss in jedem Entwicklungsstand von neuem überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Dies sorgt im Allgemeinen für einen sehr hohen Kommunikationsaufwand zwischen den Konstruktions- und Berechnungsabteilungen sowie eine Vielzahl an Iterationen im Entwicklungsprozess.

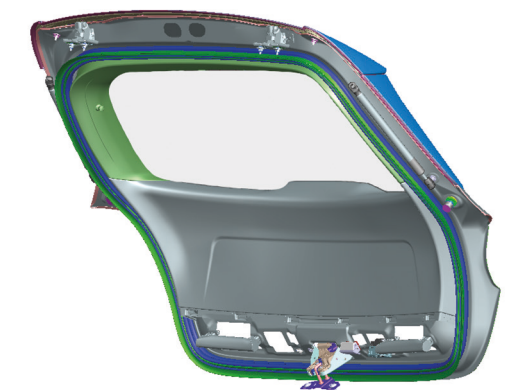


Tool zur Berechnung und Visualisierung von Lösungsräumen (Daimler AG)

## Methode

Die Vernetzte Auslegung, ein Set-Based Design Ansatz, soll die Anzahl der Iterationsschleifen im Entwicklungsprozess deutlich reduzieren und eine robuste System-

auslegung in der frühen Phase ermöglichen. Hierbei werden funktionale Anforderungen mit geeigneten physikalischen oder mathematischen Modellen nach dem Schema des V-Modells auf Subsystemebene und Komponentenebene projiziert. Das Ergebnis ist ein Lösungsintervall für jedes Auslegungsmerkmal (Designvariable). Bewegen sich Konstrukteurinnen und Konstrukteure innerhalb dieser Lösungsintervalle, ist die Funktionalität des Systems stets gewährleistet, ohne eine weitere Iterationsschleife durchlaufen zu müssen.



CAD Modell einer Heckklappe in der Innenansicht (Daimler AG)

## System Heckklappe

Die Weiterentwicklung der Vernetzten Auslegung und die Integration in den Entwicklungsprozess werden mit der Anwendung am System Heckklappe eines PKWs durchgeführt. Die funktionalen Anforderungen wie Schließkraftverlauf und Einrastverhalten sind abhängig von der Rohbauauslegung, dem Design, dem Package sowie den Eigenschaften der Gasdruckfeder. Kritische Designvariablen sind unter anderem die Anbindungspunkte der Heckklappe und der Gasdruckfeder an den Rohbau. Mit Hilfe der Vernetzten Auslegung werden diese systemübergreifenden Größen schon in der frühen Phase konstruktionsbegleitend gegenüber den definierten Anforderungen abgesichert. Minimaler Kommunikationsaufwand und ein hoher Reifegrad sind die Folge.

## Schlagwörter

Frühe Phase, Vernetzte Auslegung, Fahrzeugentwicklung

## Ansprechpartner

Julian Stumpf, M.Sc.  
julian.stumpf@tum.de, Tel. 0176 30988332

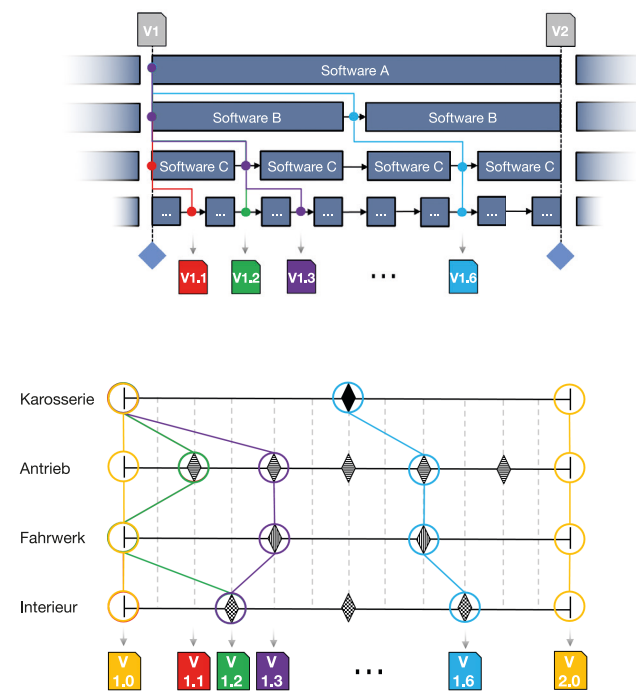
# Simulation von Entwicklungsprozessen in der Automobilindustrie: Ein Weg zur Bewertung neuer Integrations- und Verifikationsansätze

Ferdinand Wöhr

**Aufgrund der Komplexität innerhalb der einzelnen Fachbereiche (Karosserie, Fahrwerk, Antrieb usw.) ist die Fahrzeugentwicklung heute meist dezentral organisiert. Das bedeutet, dass die einzelnen Komponenten eines Fahrzeugs in unterschiedlichen Abteilungen entwickelt werden und in bestimmten Abständen ein virtueller Prototyp aufgebaut wird, mit dessen Hilfe ein Test des Gesamtfahrzeugs erfolgt. Dieses Vorgehen verhindert ein schnelles und vollumfängliches Bewerten von Bauteiländerungen, da nur zu bestimmten Zeitpunkten ein aktueller Stand des gesamten Fahrzeugs vorliegt und analysiert werden kann. Neue Absicherungsprozesse (kontinuierlich anstatt phasenorientiert) könnten diesbezüglich Vorteile mit sich bringen – sind bis heute jedoch noch nicht vollständig untersucht. Aus diesem Grund soll eine Simulationsmethode für Entwicklungsprozesse aufgebaut werden, mit der sich verschiedene Vorgehensweisen bewerten lassen.**

## Motivation

Neue Gesetzestexte und steigende Marktanforderungen spielen eine zentrale Rolle bei der Fahrzeugentwicklung. So bringt beispielsweise die Elektromobilität große Herausforderungen mit sich. Unter anderem gilt es die neuen, zum Teil noch unbekannten, Antriebstechnologien (E-Maschine, Leistungselektronik, Batterie) auf Komponentenebene zu entwickeln und im Gesamtfahrzeug zu testen. Die langen Abstände zwischen den Zeitpunkten, an denen ein virtueller Prototyp aufgebaut wird, widersprechen dabei den kurzen Entwicklungszyklen der einzelnen Bauteile im Antriebsstrang. Eine Änderung auf Komponentenebene und deren Auswirkung auf das gesamte Fahrzeug lassen sich daher nur in langen Abständen bewerten. Eine Möglichkeit zur Steigerung der Flexibilität und Reduzierung der Durchlaufzeit besteht darin, die Integrations- und Verifikationsprozesse aus der Softwareentwicklung zu übernehmen (siehe Abbildung). Dabei ist es das Ziel, stets die aktuellsten Entwicklungsstände aller Bauteile bereitzustellen und zu jedem Zeitpunkt die Absicherung im Gesamtfahrzeug zu ermöglichen. Im Vergleich zur Softwareentwicklung gibt es jedoch einige Probleme, die eine direkte Umsetzung dieses Ansatzes verhindern. So ist der Test eines virtuellen Prototyps hinsichtlich all der Anforderungen, die an ihn gestellt werden, sehr umfangreich und mit viel Aufwand verbunden (Modellaufbau, Simulation). Zudem ist unbekannt, ob durch solch eine Vorgehensweise die Durchlaufzeit insgesamt wirklich reduziert werden kann. Es besteht daher die Notwendigkeit für eine Methode, mit der sich Entwicklungsprozesse objektiv bewerten lassen.



Kontinuierliche Entwicklung und Absicherung im Softwarebereich (oben) und Fahrzeugbereich (unten).

## Zielsetzung

Das Ziel der Arbeit besteht darin eine Simulationsmethode aufzubauen, mit der sich Entwicklungsprozesse bewerten lassen. Zur Validierung der Methode werden empirische Daten aus dem Fahrzeugentwicklungsprozess eines Automobilherstellers genutzt.

## Methodik

Um Entwicklungsprozesse möglichst präzise zu modellieren gilt es verschiedene Methoden miteinander zu koppeln. Für tendenziell eher deterministische Abläufe, wie den Aufbau eines FE-Netzes, lassen sich dabei ereignisorientierte Ansätze nutzen, die auch im Bereich der Produktionssimulation Anwendung finden. Dagegen braucht es für stochastische Prozesse, wie die Arbeit eines Konstrukteurs, eher Methoden, die eine tiefe Modellierung erlauben, wie etwa agentenbasierte Simulationen.

## Schlagwörter

Prozesssimulation, Fahrzeugentwicklung, Absicherung

## Ansprechpartner

Ferdinand Wöhr, M.Sc.

ferdinand.woehr@bmw.de, Tel. 0151 601 45413

# Neuerscheinungen des Lehrstuhls

**Martin Jakob Mahl: Untersuchung des thermo-mechanischen und kryogenen Kurz- und Langzeitverhaltens von Polyethylen für Hochdrucktanks**

Das thermo-mechanische Kurz- und Langzeitverhalten des Werkstoffes Polyethylen hoher Dichte (HDPE) wird in einem breiten Temperaturspektrum bis hinunter zu kryogenen Temperaturen experimentell untersucht. Zur Abbildung des Materialverhaltens werden elastisch-plastische, hyperelastische sowie viskoelastische Materialmodelle für numerische Belastungssimulationen von Komponenten in Wasserstoffhochdrucktanks parametrisiert, evaluiert und validiert.

Mahl, M. J.: Untersuchung des thermo-mechanischen und kryogenen Kurz- und Langzeitverhaltens von Polyethylen für Hochdrucktanks. München: TUM, Diss. 2019.

**Sebastian Maisenbacher: Integrated Value Engineering – Leitfaden zur integrierten Betrachtung von Produktwerten**

Ein erfolgreiches Kostenmanagement sollte früh im Produktentstehungsprozess ansetzen und neben kostensenkenden Maßnahmen die Verbesserung des Kundennutzens anstreben. Zur Unterstützung dieser Anforderung verknüpft diese Dissertation die Strukturmodellierung mit dem Kostenmanagement in dem Integrated Value Engineering Ansatz. Der praxistaugliche Leitfaden erlaubt die in den frühen Produktentstehungsprozess integrierte Optimierung des Produktwertes und wurde in mehreren Anwendungsfällen bestätigt.

Maisenbacher, S.: Integrated Value Engineering. München: Dr. Hut. 2018

# in memoriam Reimer Meyer-Jens



**Am 6. Mai 2019 verstarb Prof. Reimer Meyer-Jens, emeritierter Ordinarius für Leichtbau der TUM, im Alter von 87 Jahren.**

Reimer J. Meyer-Jens wurde am 3. Juli 1931 in Uetersen (Kreis Pinneberg) geboren. 1957 legte er sein Diplom im Studiengang Bauingenieurwesen an der TH Hannover mit seiner Diplomarbeit über die „Berechnung eines doppelt gekrümmten Schalendaches mit Oberlichtausschnitten auf Einzelstützen“ ab. Im Anschluss war er bei Dornier in Friedrichshafen tätig.

1961 wechselte er zu Focke Wulf (später: VFW-Fokker) in Bremen, zunächst war er dort Abteilungsleiter in der Statik, ab 1968 Leiter der Hauptabteilung „Statik und Festigkeit“ sowie danach Leiter der Hauptabteilung

„Ausrüstung“ und ab 1974 Bereichsleiter „Konstruktion, Ausrüstung, Struktur“. 1964 wurde er am Lehrstuhl und Institut für Statik der TH Hannover mit dem Thema „Einleitung von Querlasten in umfangsversteifte zylindrische Membranschalen mit elliptischer Querschnittsform“ promoviert. Von 1972 bis 1978 hatte er einen Lehrauftrag an der Ruhr-Universität Bochum.

Am 1. April 1978 wurde Prof. Meyer-Jens nach der Emeritierung von Prof. Czerwenka zum Ordinarius des Lehrstuhls an die Technische Universität München berufen. Gleichzeitig erfolgte die Umbenennung in „Lehrstuhl für Leichtbau“. Prof. Meyer-Jens arbeitete in internationalen Fachgremien als Vertreter der deutschen Luftfahrtindustrie, er engagierte sich als Mitglied im Fakultätsrat und als Vorsitzender der Akaflieg München e.V. Gleichfalls unterstützte er die indonesische Universität Bandung und den Aufbau einer industriellen Luftfahrt in Indonesien. Am 30. September 1996 wurde er emeritiert. Em. Prof. Reimer Johannes Meyer-Jens verstarb am 6. Mai 2019 in München.

Horst Baier, Ekkehard Sperling, Markus Mörtl

## Ausgewählte Veröffentlichungen

Goevert, Kristin; Brombeiss, Maximilian; Lindemann, Udo: **Integration of mechatronic product development methods in an agile development area.** Research into Design for a Connected World, Springer Nature Singapore, 2019.

Harbrecht, Helmut; Tröndle, Dennis; Zimmermann, Markus: **A sampling-based optimization algorithm for solution spaces with pair-wise-coupled design variables.** Structural and Multidisciplinary Optimization 60 (2), 2019, 501-512.

Mahl, Martin; Jelic, Christopher; Baier, Horst: **On the Temperature-Dependent Non-Isosensitive Mechanical Behavior of Polyethylene in a Hydrogen Pressure Vessel.** Procedia Manufacturing 30, 2019, 475-482.

Vazhapilli Sureshbabu, Anand; Metta, Giorgio; Parmiggiani, Alberto: **A Systematic Approach to Evaluating and Benchmarking Robotic Hands – The FFP Index.** Robotics 8 (1), 2019, 7.

## Veranstaltungskalender



17. – 18. September 2019  
**KONGRESS INNOVATION 360°**  
Sindelfingen  
[www.innovation360grad.de](http://www.innovation360grad.de)

Der Kongress wird unter Beteiligung des Sonderforschungsbereichs SFB 768 „Zyklusmanagement von Innovationsprozessen“ veranstaltet. Dr. Stefan Langer, tätig bei BSH sowie ehemaliger Mitarbeiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung und Geschäftsführer des SFB 768, wird einen Vortrag halten zum Thema „Den Innovationswettbewerb durch ein Ökosystem aus Allianzen, Start-ups und Verbrauchern gewinnen“. Der LPL ist an der Durchführung der Workshops beteiligt.

**THINK.  
MAKE.  
START.** 24. September 2019  
**DEMODAY TMS #10**  
Garching b. München  
[www.thinkmakestart.com](http://www.thinkmakestart.com)



23. – 25. September 2019  
**21th International Dependency and Structure Modelling (DSM) Conference**  
Monterrey, Kalifornien  
[www.dsm-conference.org](http://www.dsm-conference.org)



19. November 2019  
**LEICHTBAUSEMINAR**  
Garching b. München  
[www.mw.tum.de/lpl/startseite/](http://www.mw.tum.de/lpl/startseite/)

Der LPL lädt recht herzlich alle Interessierten zum diesjährigen Leichtbauseminar an der TUM ein. Dieses Seminar bietet die Gelegenheit, Erfahrungen aus Forschung und Anwendung zum Thema „Hochleistungsstrukturen im Leichtbau“ mit Experten und Freunden des Lehrstuhls zu teilen. Eine Anmeldung ist nicht notwendig. Wir freuen uns auf rege Teilnahme!

## 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**