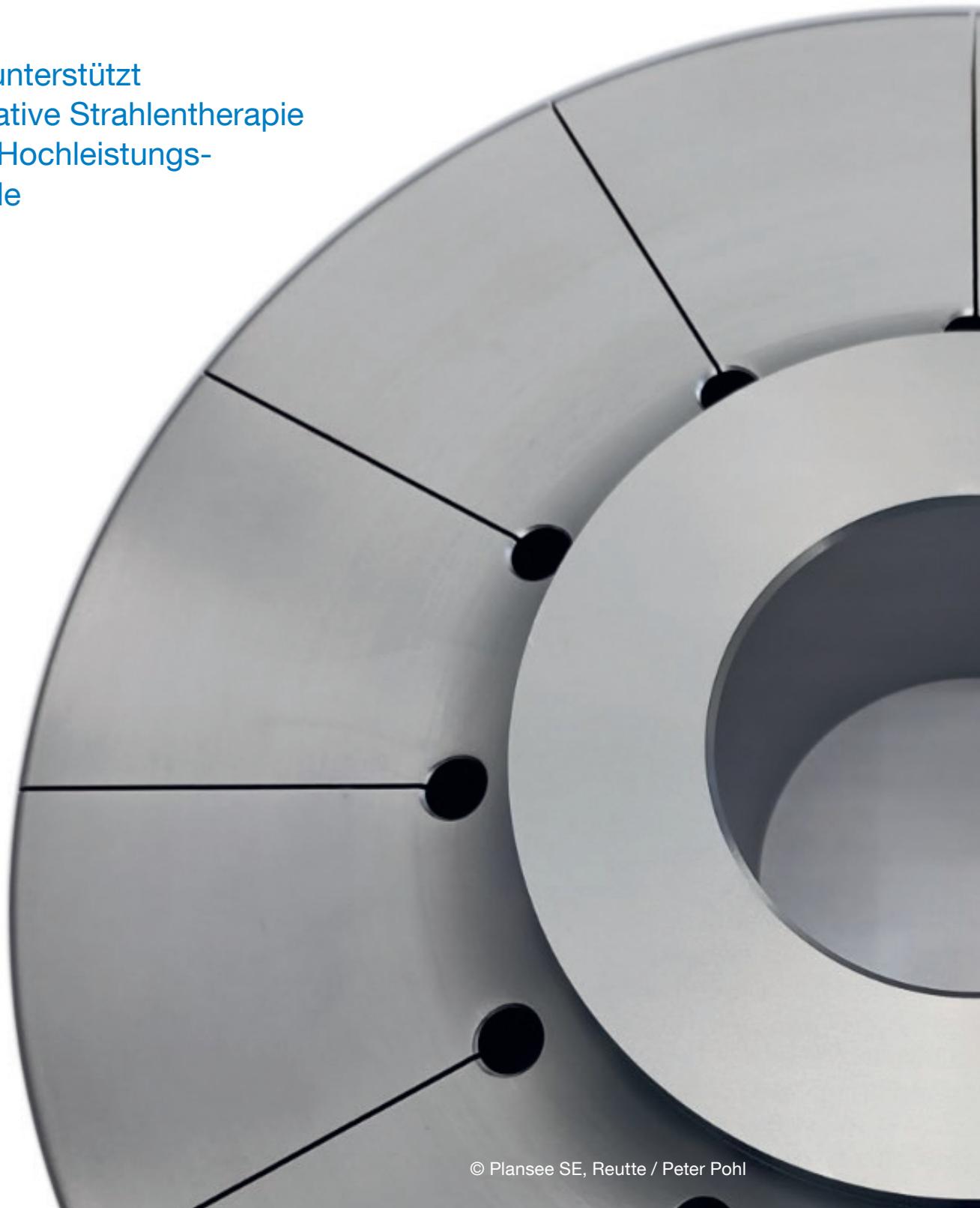




ISSN 2568-9843 – August 2022 – Jahrgang 5 – Nr. 02

Der LPL unterstützt
die innovative Strahlentherapie
mit einer Hochleistungs-
Drehanode



Vorwort

Liebe Freundinnen und Freunde des Lehrstuhls
für Produktentwicklung und Leichtbau,

wir können in diesen LPLnews über abgeschlossene
Projekte (z.B. LuFo-Projekt Strubatex, SysDeNoR
für die Zeidler-Forschungs-Stiftung sowie
OptProLaS der KME – Kompetenzzentrum Mittel-
stand GmbH) berichten, den Zwischenstand
laufender aufzeigen und auch den Start neuer
Projekte verkünden.

Lukas Krischer war für einen Forschungsaufenthalt
an der UPC Barcelona, Group of Computational
Design & Analysis of Engineering Materials, und
schildert seine Erfahrungen. Auch Simon Pfingstl
berichtet von seinem Aufenthalt am Structures
and Composites Laboratory in Stanford.

Unsere LPL Academy bietet Ihnen eine Vielzahl an
Weiterbildungsmöglichkeiten. Sprechen Sie uns
bei Interesse gerne an.

Vom Lehrstuhl verabschieden wir Simon Pfingstl,
künftig tätig bei BOSCH. Umgekehrt begrüßen wir
als neue Mitarbeiter Martin Frank und Maximilian
Amm sowie unsere Mitarbeiterin Jintin Frank.

Werfen Sie doch einen Blick auf unsere Veröffent-
lichungen mit neuen Forschungsergebnissen, u.a.
bei der DESIGN'22. Auch auf den Veranstaltungs-
kalender weisen wir Sie gerne hin.

Viel Spaß beim Stöbern in der Lektüre wünschen
Ihnen und Euch


Markus Zimmermann

Lukas Krischer

Inhalt

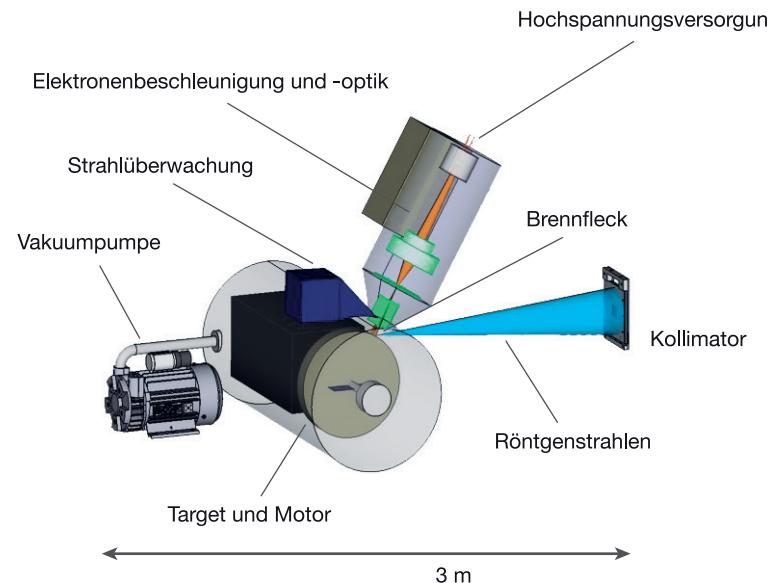
- 02 Vorwort
- 03 Von der innovativen Idee der Tumortherapie mit Mikrostrahlen zum Prototyp einer Hochleistungs-Drehanode
- 04 Forschungsergebnisse praxisorientiert in der Industrie vermitteln: Die LPL Academy bietet neue Workshops an
- 05 Intermediate Results for the Project Low-Cost Lightweight Robots on Demand
- 06 Projektabschluss STRUBATEX – Structural Health Monitoring Based Test Execution
- 07 Projektabschluss SysDeNoR – Solution Space Engineering für Schwingungsreduzierung
- 08 Projektabschluss OptProLaS – Bauteiloptimierung unter Berücksichtigung der Prozesseinflüsse beim Laser-Strahlschmelzen
- 10 Forschungsaufenthalt an der Universidad Politécnica de Cataluña – Barcelona Tech – UPC
- 10 Forschungsaufenthalt in Stanford
- 11 Think.Make.Start. (TMS) – Gewinner von Batch #14
- 12 Design Conference 2022
- 14 Weitere ausgewählte Veröffentlichungen
- 14 Neue Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen am LPL
- 15 Der LPL verabschiedet Simon Pfingstl zu Bosch Renningen
- 16 Neuerscheinungen des Lehrstuhls
- 16 Veranstaltungskalender
- 16 Impressum

Von der innovativen Idee der Tumortherapie mit Mikrostrahlen zum Prototyp einer Hochleistungs-Drehanode

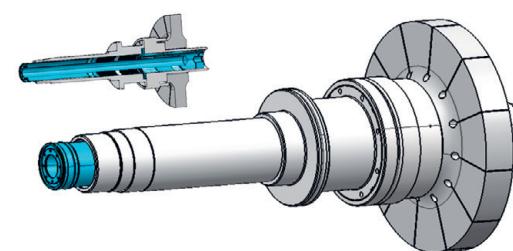
Ludwig Krämer

Die Mikrostrahltherapie ist ein innovatives Behandlungsverfahren in der Radioonkologie. Dabei wird mit einem kleinen Röntgenstrahlfeld, einer hohen Dosisrate und einer vergleichsweise niedrigen Photonenenergie der Tumor zurückgedrängt und das umliegende gesunde Gewebe nicht zerstört.

In einem Forschungsverbund unter anderem mit der TUM, Department of Radiation Oncology, wird ein Prototyp aufgebaut, der aus einer Hochspannungsquelle mit Elektronenbeschleuniger und einer schnellrotierenden Anode (Target genannt) besteht und in einem Vakuumsystem betrieben wird.



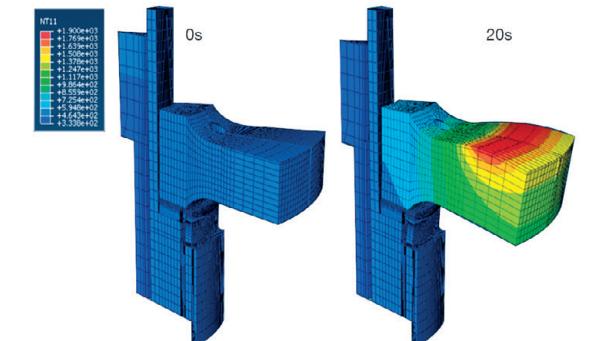
Die Anode wird über zwei Rotorträger mit einer Flüssigmetall-Lagerung aufgenommen und mit dem Motor verbunden, der für die notwendige Drehzahl sorgt. Eine aktive Kühlung ist mit dem Flüssigmetall Galinstan gewährleistet.



Rotorträger mit Flüssigmetall-Lagerung und Drehanode
Quelle: Helmholtzzentrum Jülich, LPL

Die Herausforderungen des neuen Strahlen-
experiments sind bei der Drehanode die hohe
Drehzahl von 12.000 rpm und die überlagerte
hohe thermische Belastung von 60 kW für eine
Dauer von 20 Sekunden, alle zwanzig Minuten
wiederkehrend. Daraus resultieren Anforderungen
an Rotordynamik, Thermoermüdung und
Temperaturverteilung unter dem Brennfleck und
damit verbunden auch Plastifizierungseffekte im
spröd-duktilen Grenzbereich des verwendeten
Materials, einer Molybdänlegierung (TZM) mit
Titan und Zirkonium.

Die Anforderungen an den Prototypen wurden mit
dem Werkzeugkasten der Produktentwicklung
umgesetzt, insbesondere mit der Lösungsraum-
Methode. Nach ausgiebiger Berechnung der
mechanischen und thermalen Belastungen und
einer Wärmesimulation mit einigen Optimierungs-
schleifen mittels FEM wurde ein optimales Design
eingefroren und von einem Spezialfertiger gesintert,
geschmiedet und mechanisch nachbearbeitet
nach Geometrie- und Designvorgabe des LPL.



Die nächsten Schritte mit unserer Prototypen-
Anode sind Montage, Wuchten und Schleudern
als erste Absicherung. Verbaut im Vakumsystem
werden dann die ersten mechanischen Lasten
und der Wärmeeintrag, das sogenannte Vor-
konditionieren der Drehanode, angestrebt. Für
den Herbst ist die erste Inbetriebnahme geplant.

Forschungsergebnisse praxisorientiert in der Industrie vermitteln: Die LPL Academy bietet neue Workshops an

Klara Ziegler

Die LPL-Academy ermöglicht es in gezielten Workshops, Wissen aus der aktuellen Forschung des LPL zu erlernen.



Workshopthemen

Die LPL-Academy umfasst fünf Themenbereiche, die Ergebnisse der aktuellen Forschung in praxisnahen Workshops Unternehmen zugänglich machen. Das Angebot umfasst die fünf Themen Kostenmanagement, Solution Space Engineering, Produktfamilienauslegung, Numerische Optimierung und Kreativ entwickeln.

Kostenmanagement

Kosten sind ein entscheidender Erfolgsfaktor in Produktentwicklungsprozessen. Im Workshop Kostenmanagement werden Methoden zum Kostenmanagement und zur Kostenreduktion erlernt sowie einfache Rechenwerkzeuge zum Kostenschätzen vorgestellt.

Solution Space Engineering

Mit Solution Space Engineering können komplexe technische Systeme ausgelegt, und Iterationen im Entwicklungsprozess reduziert werden. Im Workshop werden qualitative Systemmodelle erstellt, die Vor- und Nachteile vom iterativen zum lösungsraumbasierten Vorgehen gezeigt und anhand eines Beispielproblems das Entwicklungs-

Workshop zum kreativen Entwickeln
Quelle: <https://www.tum.de/>



Produktfamilienauslegung

Die Produktfamilienauslegung bietet die Möglichkeit, Kosten zu reduzieren. Im Workshop wird ein grundlegendes Verständnis für Varianz, Produktfamilien und Plattformen und den Zielkonflikt zwischen interner und externer Varianz vermittelt. Außerdem werden Methoden zur Beherrschung der Produktkomplexität und zur kosteneffizienten Gestaltung durch Produktfamilienauslegung vorgestellt.

Numerische Optimierung

In diesem Workshop werden einfache numerische Optimierungsverfahren vertieft. Zunächst werden die Grundlagen der Optimierung wie Problemformulierung, Optimalitätskriterien und die Funktionsweise einfacher Optimierungsalgorithmen vorgestellt. Das theoretische Wissen kann in Übungen angewendet werden. Je nach Interesse können zusätzliche Module wie Topologieoptimierung, Response-Surface-Modelle und weitere Themen gewählt werden.

Kreativ entwickeln

Kreativität ist im Entwicklungsprozess unter anderem bei der Entwicklung neuartiger Produkte oder Produkte mit optimiertem Kundennutzen, bei der Lösung von Schwachstellen und zur Differenzierung von Wettbewerbern hilfreich. Im Workshop werden verschiedene Kreativitätsmethoden wie Paper Prototyping, Future Scenario Building und Storyboarding erlernt und selbst ausprobiert. Außerdem wird das Leiten einer Kreativitätssitzung vorgestellt.

Zielgruppe

Das Seminar richtet sich an Konstrukteure, Entwickler, Produktmanager und Projektmanager mit Interesse an aktuellen Forschungsthemen praxisnah weiterzubilden. Die Workshops dauern nach Absprache ca. einen Tag und können sowohl vor Ort als auch am Lehrstuhl stattfinden.

Intermediate Results for the Project Low-Cost Lightweight Robots on Demand

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Anand Suresh

Our lab presented the results of the work done over the past year of the Bavarian Ministry funded project: Low-Cost Lightweight Robots on Demand, to the consortium of academic and industry partners. A demonstrator was developed that exhibited the design procedure used at the lab on the design on demand of robots using custom robot modules and topology optimized, lightweight links.

Introduction

With the increase of high variance, high customizability, low volume products in industry, there is a need for flexible automation in especially small and medium scale industries. Capability to rapidly design and deploy robots can not only save time but also fixed cost that needs to be invested in buying large industrial robots.



First prototype

The project aims to ameliorate this procedure, by introducing a workflow to rapidly design and deploy robots for a given set of requirements. The project holistically considers design, control and structural aspects of robot design while keeping the costs low and affordable. Further, the design procedure can be scaled, thanks to the modular architecture and novel decomposed topology optimization technique employed.

Methodology

The design method is broken into four essential steps, starting with the module design. Modules are fundamental physical elements that can be put together to construct a robot. Modules could be links, joints, end-effectors etc. A “design-on-demand” systems design procedure uses these modules to search for feasible designs that satisfy the defined task requirements.

The systems design procedure delivers a feasible robot and a controller capable of solving a task which are then used to optimise the robots structural elements. However, running a conventional topology optimization over a range of poses of the robot are computationally intractable. Instead, a novel decomposed topology optimization algorithm is employed to not only decompose the requirements on individual structural elements but also obtain topology optimised links with a significantly lower computational effort.

This is made possible by neural network based meta-models trained to predict various properties of the structural element given a chosen stiffness.

Validation

The obtained robot is constructed using 3D printing techniques. The robot is evaluated with respect to the requirements list to complete the design process and was presented to the consortium who gave largely positive feedback.

mimed

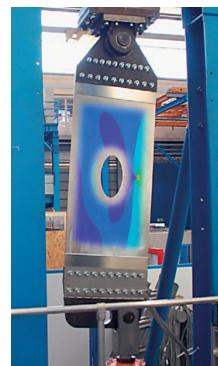
In Partnerschaft mit

Projektabschluss STRUBATEX – Structural Health Monitoring Based Test Execution

Simon Pfingstl

Das Forschungsprojekt STRUBATEX, das Anfang 2018 begann, wurde erfolgreich am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau Ende 2021 abgeschlossen. Im Teilvorhaben des LPLs wurden vor allem technisch-mechanische sowie Methoden der künstlichen Intelligenz und ihr Einsatz an Flugzeugstrukturen für die Schadenserkennung untersucht. In Zusammenarbeit mit der iABG und dem Bauhaus Luftfahrt wurden die untersuchten Methoden auf mehrere Demonstratorstrukturen angewandt und die Ergebnisse für die zivile Luftfahrt extrapoliert.

Contact
Simon Pfingstl, M.Sc.
simon.pfingstl@tum.de

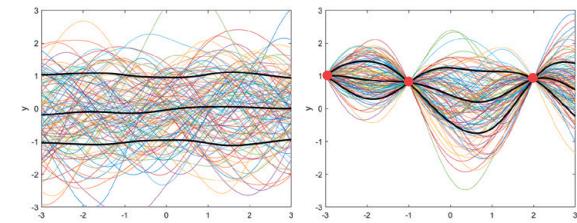


Demonstratorversuch mit berechnetem Dehnungsfeld
(Pfingstl et al., 2020)

Sensorpositionierung für eine dehnungsbasierte Strukturüberwachung

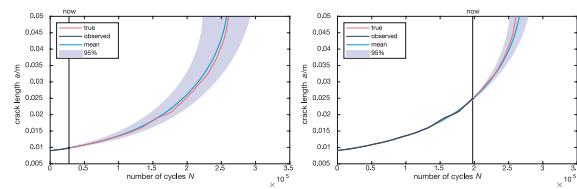
Zu Beginn des Vorhabens wurde ein Vorgehen entwickelt, das Dehnungsmesssensoren positioniert, um auftretende Risse mit ihnen zu detektieren. Dafür wurden mithilfe der Finite-Elemente-Methode unterschiedliche Risse und damit verbundene Dehnungsänderungsfelder, die durch Kraftumladeungen entstehen, berechnet. Über eine Anforderung an die Änderung der Dehnung, wie z.B. eine 10%ige Dehnungsänderung, konnten Felder ermittelt werden, in denen Dehnungsmesssensoren positioniert werden können, um etwaige Risse zu detektieren. Wie links zu sehen, wurde das Vorgehen auf eine Demonstratorstruktur, die von der iABG getestet wurde, angewandt. Interessant bei der Auswertung war, dass Sensoren nicht zwangsweise nah an einer möglichen Rissinitierungsstelle angebracht werden müssen, um den Riss zu detektieren.

Punkte analytisch berechnet werden. Dadurch werden die Möglichkeiten auf jene Funktionen, die durch die Messdaten verlaufen, beschränkt.



Gaußprozess (links) und Gaußprozess bedingt auf drei Messdatenpunkte (rechts)

Das Konzept der Gaußprozesse lässt sich auf die Prognose von Degradationsvorgängen übertragen. So kann beispielsweise die Vorhersage des Rissfortschritts, wie unten dargestellt, basierend auf gemessenen Daten aktualisiert werden, wodurch sich das Konfidenzintervall zusammenzurrt. Das Vorgehen sowie eine Methode, die physikalische Gleichungen in den Gaußprozess integriert, um die Prognosegüte zu erhöhen, ist in (Pfingstl & Zimmermann, 2022) vorgestellt. Im Projekt wurde zusätzlich die aktuelle Risslänge in der Demonstratorstruktur aus Dehnungsdaten ermittelt sowie eine erweiterte Methode für nicht-normalverteilte Funktionen entwickelt. Insgesamt können die erstellten Methoden verwendet werden, um bauteilspezifische Wartungen durchzuführen.



Prognose des Rissfortschritts zu einem frühen Zeitpunkt (links) und zu einem späten Zeitpunkt (rechts)

Prognose von Degradationsvorgängen mithilfe von Gaußprozessen

Zusätzlich hat sich der LPL mit der Frage beschäftigt, wie die Degradation sowie das Versagen einer Struktur prognostiziert werden kann. Wie eine Gaußverteilung eine normalverteilte Zufallsvariable beschreibt, so bieten Gaußprozesse eine Beschreibung normalverteilter Funktionen. Dies bietet den Vorteil, dass gesamte (mögliche) Verläufe beschrieben werden können. Gaußprozesse werden durch eine sogenannte Mittelwertsfunktion und eine Kovarianzfunktion definiert. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft mehrere Funktionen, die einem Gaußprozess mit einer Mittelwertsfunktion gleich 0 und einer „squared exponential“ Kovarianzfunktion folgen. Vorteilhaft bei einer Normalverteilung ist, dass ihre bedingte Wahrscheinlichkeitsverteilung wieder eine Normalverteilung ist und eine analytische Lösung besitzt. Werden beispielsweise neue Daten gemessen, kann so der Gaußprozess bedingt auf diese

Projektabschluss SysDeNoR – Solution Space Engineering für Schwingungsreduzierung

Duo Xu

Nach dreijähriger Forschungszeit wird das Projekt SysDeNoR – Systemdesign zur Schwingungs- und Geräuschreduzierung abgeschlossen. Als ein Arbeitspaket des SysDeNoR Projekts wurde die Lösungsraum-Methode in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Wacker Neuson erfolgreich auf einen Stampfer angewendet.

Motivation

Stampfer werden auf Baustellen zur Bodenverdichtung verwendet. Im Betrieb stellen sie dabei eine große dynamische Belastung für den Bediener dar. Der dauerhafte Einsatz dieser vibrierenden Maschinen könnte so z.B. ein vasospastisches Syndrom (umgangssprachlich auch Weißfingerkrankheit bezeichnet) verursachen.

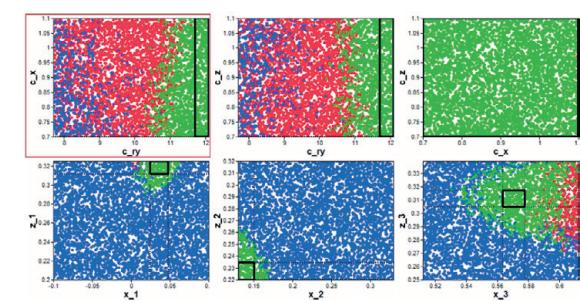


Simulationsmodell eines Schwingungsisolators

Stampfer (links) und dessen Schwingungsisolator in Schnittansicht (rechts) (mit freundlicher Genehmigung von Wacker Neuson)

Dadurch wird der Zusammenhang zwischen Komponentenperformance und Systemperformance quantitativ beschrieben.

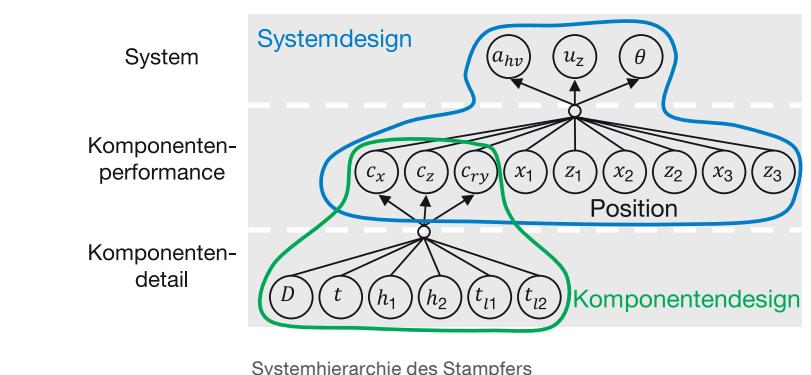
Im zweiten Schritt werden die zuverlässigen Komponentenperformances (z.B. die Steifigkeit des Schwingungsisolators) mithilfe des Solution Space Engineerings berechnet. Anschließend wird, basierend auf den physikalischen Tests, der Schwingungsisolator modelliert und mittels Finite-Elemente-Analyse simuliert. Abschließend wird die Geometrie des Schwingungsisolators iterativ so optimiert, dass die im zweiten Schritt berechnete Steifigkeit erreicht wird.



Lösungsräume für die Optimierung des Stampfers

Lösungsansatz

In einem 4-stufigen Verfahren wurden im Projekt SysDeNoR Lösungen zur Schwingungsreduzierung identifiziert. Zuerst wird dabei das dynamische Verhalten eines Stampfers mithilfe von Mehrkörper-simulationen (MKS) modelliert.



Systemhierarchie des Stampfers

Ergebnisse

Nach der Neuentwicklung des Stampfers ist die Hand-Arm-Vibration (standardmäßiges Indiz zur Bewertung der dynamischen Belastung der Maschine am Bediener) um ca. 50% reduziert, ohne das statische Führungsverhalten zu verschlechtern. Diese Untersuchung stellt ein systematisches Verfahren zur Schwingungsreduzierung von komplexen Maschinen dar. Mithilfe des Solution Space Engineerings kann die Entwicklung von einem Gesamtsystem auf die Entwicklung von mehreren einzelnen Komponenten unterteilt werden, was die Entwicklungszeit deutlich verkürzt.

Projektabschluss OptProLaS – Bauteiloptimierung unter Berücksichtigung der Prozesseinflüsse beim Laser-Strahlschmelzen

Jasper Rieser, Jakob Trauer

Nach zwei Jahren intensiver Forschungstätigkeit endete zum Juli 2022 die Laufzeit des von der KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH finanzierten Forschungsprojektes OptProLaS. In Kooperation mit Partnern aus der Industrie hat der LPL gemeinsam mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) erforscht, wie komplexe metallische Bauteile in Zukunft entworfen werden müssen, um den speziellen Anforderungen der additiven Fertigung besser gerecht zu werden.

Zukunftstechnologie mit großen Potentialen

Additive Fertigungsverfahren erweitern die Gestaltungsmöglichkeiten von Bauteilen erheblich. Dank der Verarbeitbarkeit vieler, teils schwer zerspanbarer Werkstoffe sowie der werkzeuglosen Fertigung stellt das Laser-Strahlschmelzen in anspruchsvollen Anwendungen eine Alternative zur konventionellen Fertigung dar. Vor allem bei Einzelstücken bis hin zur mittleren Serie zahlt sich dies bereits heute wirtschaftlich aus.

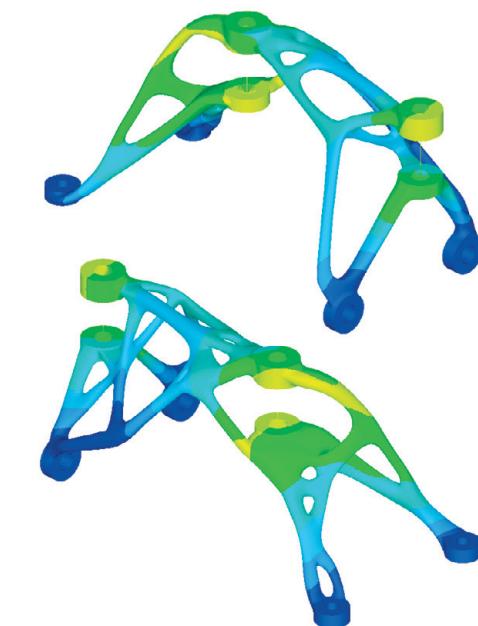
Forschung mit klarem Anwendungsbezug

Laserstrahl-Schmelzen ist ein komplexes Verfahren. Maßhaltigkeitsabweichungen, Eigenspannungen und Fertigungsabbrüche stellen Anwender in der Praxis oft vor Herausforderungen. Im Projekt OptProLaS wurde erforscht, wie durch eine geeignete Bauteilgestaltung neben Masseneinsparung und Funktionsoptimierung auch eine Verbesserung der Fertigungsgenauigkeit und Prozesssicherheit erreicht werden kann. Dabei wurde ebenfalls untersucht, wie Erkenntnisse aus einer Simulation des Fertigungsprozesses hierfür gezielt genutzt werden können.

Demonstratorbauteile machen Ergebnisse greifbar

Die Methodik wurde an drei realen Demonstratorbauteilen erprobt: (1) einer Greiferklinke für Schraubautomaten der STOEGER Automation GmbH, (2) einem Halterungsbauteil eines Flugzeugtriebwerks der MTU Aero Engines AG sowie (3) einer Messsonde für die Analyse von Heißgasströmungen der vectoflow GmbH. Bei der Auswahl der Demonstratorbauteile wurde darauf geachtet, die gegenwärtig wichtigsten Anwendungsfälle additiver Bauteile, darunter Funktionsintegration, Individualisierung und Leichtbau, abzudecken. Alle Demonstratorbauteile wurden von Grund auf neugestaltet. Dabei wurde die gesamte Prozesskette von der Erfassung von Anforderungen über die Topologie-Optimierung bis hin zur Prototypenfertigung mittels Laserstrahlschmelzen durchlaufen.

Auf die Berücksichtigung individueller Fragestellungen seitens der Industriepartner, darunter kleine, mittelständische und große Unternehmen, wurde besonderen Wert gelegt.



Optimiertes Halterungsbauteil eines Flugzeugtriebwerks aus zwei verschiedenen Perspektiven: Die maßgeschneiderte Topologie verleiht dem Bauteil trotz minimalen Gewichts eine sehr hohe mechanische Widerstandsfähigkeit gegen die angreifenden Lasten. Die zunächst eingeschränkte Fertigungsfreundlichkeit dieser komplexen Bauteilgestalt konnte durch gezielte Geometrieanpassungen signifikant verbessert werden. Die farbliche Skalierung der Abbildung spiegelt die elastische Verformung des Bauteils im Auslegungslastfall wider und wurde mit Hilfe einer Finite-Elemente-Simulation ermittelt.

Bauteildesigns verbinden Wirtschaftlichkeit, Funktionalität und Fertigungsfreundlichkeit
Alle Demonstratorbauteile erfüllten grundsätzlich die generellen Voraussetzungen eines wirtschaftlichen Einsatzes der additiven Fertigung. Darüber hinaus erfolgte die spezifische Entscheidung für das Laserstrahl-Schmelzen als geeignetes Fertigungsverfahren jedoch aus durchaus unterschiedlichen Gründen.

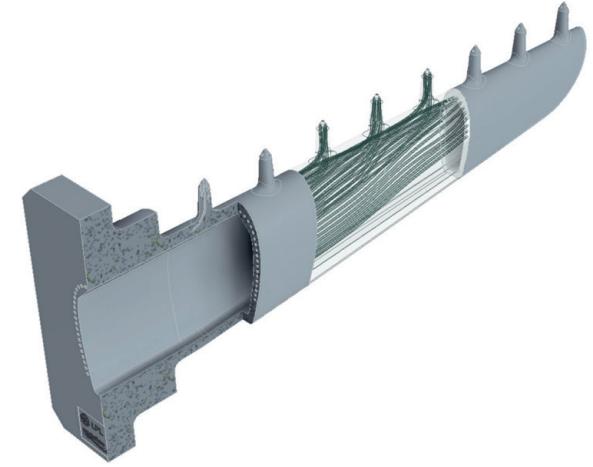
Bei der Greiferklinke der Firma Stoeger Automation GmbH war sie motiviert durch deren je nach Kundenwunsch individuell ausgeprägte Geometrie bei mittlerer Stückzahl. Mit dem übergeordneten Ziel geringerer Fertigungskosten kam der Reduktion von Druckzeit und Pulververbrauch damit entscheidende Bedeutung zu. Diesen Ansprüchen wird die optimierte Zentrierbacke dank ihres massenoptimierten und ergonomischen Designs gerecht. Auf Stützkonstruktionen, welche einen zusätzlichen Pulververbrauch verursachen und zudem eine nachträgliche, kostentreibende Entfernung nach sich ziehen, kann beim Druck des optimierten Designs gänzlich verzichtet werden.

Im Fall des Demonstratorbauteils der MTU Aero Engines AG ergab sich die Notwendigkeit einer additiven Fertigung als Folge der beabsichtigten Masseneinsparung, welche erwartungsgemäß zu komplexen Bauteilgeometrien führt. Auf Basis der durch den Industriepartner bereitgestellten genauen Spezifikation der Betriebslasten und Anforderungen konnte im Rahmen des Forschungsprojekts über eine automatisierte Auslegung mittels Topologieoptimierung eine lastfluss-gerechte Tragstruktur entworfen werden. Durch Vermeidung von Überdimensionierung konnte somit ein äußerst leichtes, maßgeschneidertes



Prototyp der neu gestalteten Greiferklinke: Dank optimierter Topologie konnte die Bauteilmasse gegenüber dem herkömmlichen Design um ein Drittel gesenkt und gleichzeitig auf die Nutzung von Stützkonstruktionen während der additiven Fertigung verzichtet werden.

Bauteildesign erzielt und durch anschließende Detailanpassungen zudem ein ausgewogener Kompromiss aus guter Fertigbarkeit und geringer Bauteilmasse gefunden werden.



Schnittdarstellung der optimierten Messsonde mit Hohlquerschnitt: Neben der Erhöhung der Eigenfrequenz wurde eine deutliche Masseneinsparung erzielt. Eine hohe Fertigungsfreundlichkeit wurde zudem durch eine Vielzahl an konstruktiv-gestalterischen Maßnahmen sichergestellt.

Beim Demonstratorbauteil der vectoflow GmbH war die Nutzung des Laser-Strahlschmelzens vor allem aufgrund des Vorhandenseins von integrierten, filigranen Kanalstrukturen weitgehend alternativlos. Die Herausforderung bestand im vorliegenden Anwendungsfall darin, das Schwingungsverhalten einer Messsonde zu verbessern, welche zur Analyse von turbulenten Heißgasströmungen eingesetzt wird. Das im Rahmen der Projektarbeit entstandene Re-Design erreicht dies durch eine innovative Hohlstruktur mit eingelassenen Kanälen. Die im Vergleich zum konventionellen Design unverändert hohe Fertigungsfreundlichkeit wurde zunächst simulativ bewertet und anschließend durch einen erfolgreichen Prototypendruck bestätigt.

Mehrwert auch für zukünftige Bauteile
Die erzielten Ergebnisse unterstreichen in beeindruckender Weise sowohl die Potentiale des Laserstrahl-Schmelzens als auch die Bedeutung und Wirksamkeit optimierter und fertigungs-gerechter Bauteilentwürfe. Für die produktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit der letzten zwei Jahre bedankt sich das Projektteam bei allen Beteiligten sehr herzlich.

Forschungsaufenthalt an der Universidad Politécnica de Cataluña – Barcelona Tech – UPC

Unser Mitarbeiter Lukas Krischer hat einen zweimonatigen Forschungsaufenthalt an der UPC Barcelona in der Group of Computational Design & Analysis of Engineering Materials im Themenbereich Topologie-Optimierung durchgeführt.

Contact
Lukas Krischer, M.Sc.
lukas.krischer@tum.de

Universidad Politécnica de Cataluña – Campus Nord
© Polytechnic University of Catalonia



Der Forschungsaufenthalt an der UPC Barcelona und dem International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE) in der Group of Computational Design & Analysis of Engineering Materials fand im 4. Quartal 2021 statt. Die Forschungsgruppe unter Leitung von Prof. Javier Oliver untersucht unterschiedlichste Themen im Bereich der Strukturmechanik, unter anderem:

- Topological Optimization
- Computational Metamaterial Design
- Model Order Reduction
- Computational Material Failure
- Contact Mechanics

Der Austausch erfolgte im Themenbereich der Topologie-Optimierung und beschäftigte sich mit dem von Prof. Javier Oliver neu entwickelten Topologie-Optimierungsansatz UNVARTOP (<https://doi.org/10.1016/j.cma.2019.06.038>). Der LPL dankt sich für den spannenden und informativen Austausch und freut sich auf eine weitere Zusammenarbeit.

Forschungsaufenthalt in Stanford

Simon Pfingstl

Im vergangenen Semester durfte ich einen Forschungsaufenthalt an der Stanford University im Aeronautics and Astronautics Department absolvieren. Hier sind ein paar Eindrücke der vergangenen sechs Monate.

Contact
Simon Pfingstl, M.Sc.
simon.pfingstl@tum.de

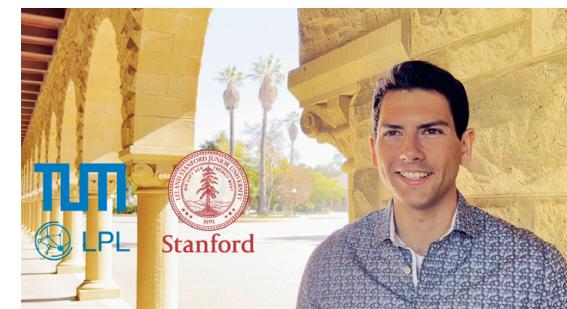
Werkstatt mit MTS Maschine (unten) und Interview auf dem Campus (rechts)



Mathematik trifft Werkstatt
Das von Prof. Chang geleitete Structures and Composites Laboratory beschäftigt sich vor allem mit der Verbindung von Strukturen mit Sensoren und ist stark geprägt von einer hands-on und do-it-yourself Mentalität. So durfte ich von Anfang Oktober bis Ende März als Visiting Researcher zusammen mit den Wissenschaftlern vor Ort die im Strubatex-Projekt ausgetüftelten künstlich-intelligenten Methoden zur Prognose der Degradation von Strukturen weiterentwickeln und an realen Versuchen testen. Besonders hat mir dabei die Vereinigung der virtuellen, mathematischen Welt und das Durchführen eigener Versuche in der Werkstatt gefallen.

Ein Campus mit Flair
Natürlich war nicht nur die Werkstatt mit der Goliath-MTS Fatigue Maschine, mit der wir unsere

Rissfortschrittsversuche durchgeführt haben, interessant. Auch das amerikanische Campusleben auf dem wunderschönen Gelände mit Palmen und vielen Sportmöglichkeiten war eine großartige Erfahrung; sicherlich Eindrücke, die unvergesslich bleiben. Recht herzlich bedanke ich mich daher bei Prof. Zimmermann und Prof. Chang für die Ermöglichung des Austausches!



THINK. MAKE. START. (TMS) – Gewinner von Batch #14

Nuno Miguel Martins Pacheco

Zu Beginn des Sommersemesters 2022 fand erneut das bewährte Innovationsformat THINK.MAKE.START. (TMS) statt. In 7 Teams nahmen insgesamt 37 Studentinnen und Studenten aller Fakultäten der Technischen Universität München daran teil.

Wie jedes Semester wurden beim online Demo Day am 20. Mai 2022 die besten Teams gekürt.

Scalabs erhielt für seine Lösung zum gamifizierten Physiotherapieansatz vom Publikum den THINK.-Award für die beste Idee.

More information
<https://www.tms.tum.de/>



Das Team **Mark Robotics** konnte mit seinem Service Roboter für die Linienmarkierung an Flughäfen die Jury überzeugen und erhielt den MAKE.-Award für den besten Prototyp.



THINK. MAKE. START.

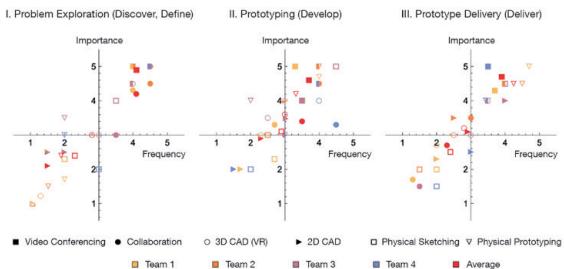
Design Conference 2022

With participants from more than 30 countries, the DESIGN Conference is one of the world's most popular conferences on design research across various disciplines. Just like the previous years, DESIGN 2022 was a great success.

More information
 Proceedings of the Design Society 2022
 Published online by Cambridge University Press

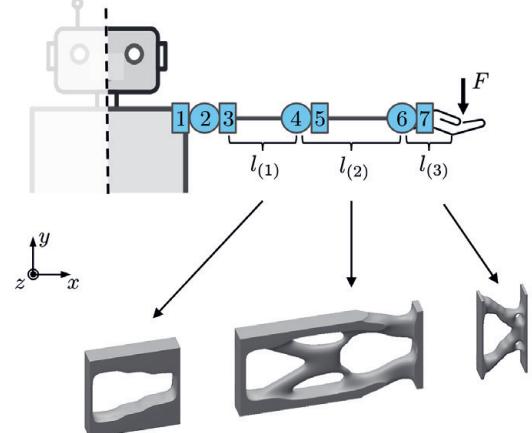
<https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-design-society/latest-issue>

N. M. Martins Pacheco; A. Vazhapilli Sureshbabu; E. Dieckmann; M. Apud Bell; S. Green; P. Childs; M. Zimmermann: **Challenges and Opportunities in Remote Prototyping: A Case Study during COVID-19.**



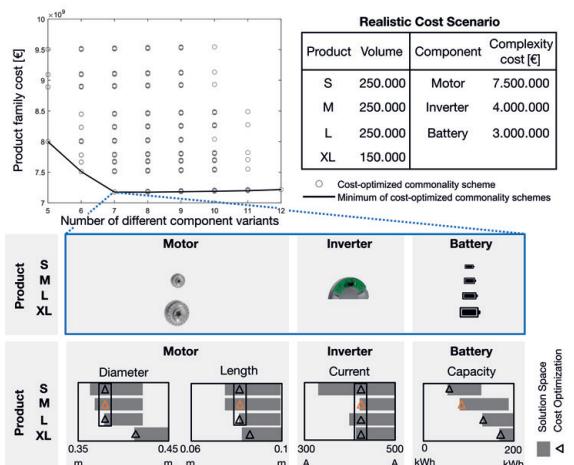
In this paper, we focus on the possibilities and challenges of remote prototyping of four student teams by combining a double diamond approach with tools to overcome remote work challenges. The results were analyzed to understand crucial tools, advantages, and obstacles. The key challenges and opportunities were then identified and examined.

L. Krischer; A. Vazhapilli Sureshbabu; M. Zimmermann: **Active-Learning Combined with Topology Optimization for Top-Down Design of Multi-Component Systems.**



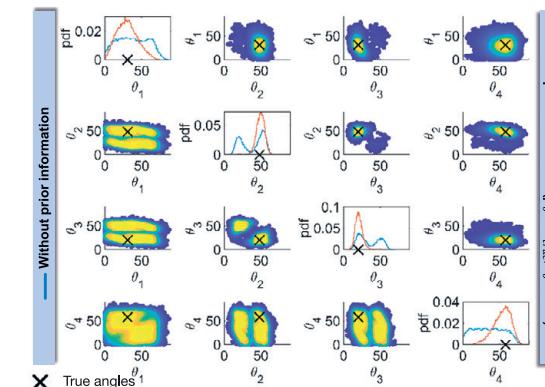
In top-down design, optimal component requirements are difficult to derive, as the feasible components that satisfy these requirements are yet to be designed and hence unknown. Meta models that provide feasibility and mass estimates for component performance are used for optimal requirement decomposition. Applying this distributed optimization approach to the design of a robot arm produces a result that is 1% heavier than the reference obtained by a classical optimization.

S. Rötzer; V. Berger; M. Zimmermann: **Cost Optimization of Product Families Using Solution Spaces: Application to Early-stage Electric Vehicle Design.**



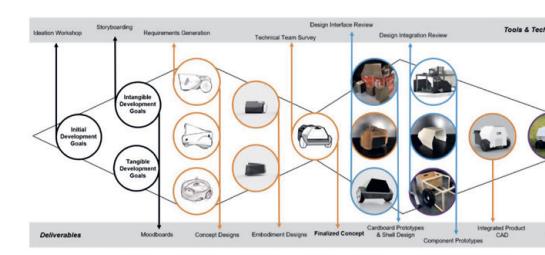
Cost-optimized product family design helps companies to offer variety on the market while minimizing internal cost. The approach uses solution spaces to identify potential for standardization from a technical perspective. Then an algorithm optimizes the degree of standardization.

M. Franz; S. Pfingstl; M. Zimmermann; S. Wartzack: **Estimation of Composite Laminate Ply Angles Using an Inverse Bayesian Approach Based on Surrogate Models.**



In their article "Estimation of Composite Laminate Ply Angles Using an Inverse Bayesian Approach Based on Surrogate Models", LPL and the lab of Prof. Wartzack present a method that infers ply angles of laminates in composite structures from measured strain data. In addition, the method estimates the uncertainties related to the determined ply angles.

A. Vazhapilli Sureshbabu; N. M. Martins Pacheco; L. I. Duran Noy; M. Zimmermann: **Design of an Autonomous Trash-Picking Service Robot Focussed on Human-Robot Interaction.**



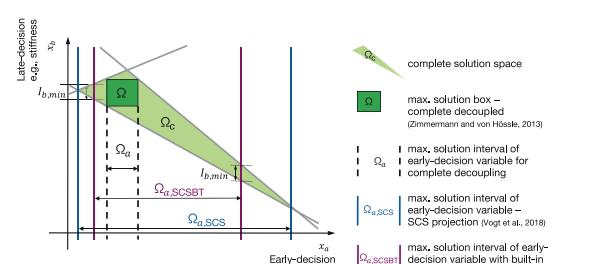
The construction of a trash-picking service robot was covered in this research, with a particular emphasis on human-robot interaction (HRI) utilizing the double diamond framework. The study, which was presented as part of the session on engineering design case studies, was well received by the panel.

J. Trauer; S. Schweigert-Recksiek; T. Schenk; T. Baudisch; M. Mörtl; M. Zimmermann: **A Digital Twin Trust Framework for Industrial Application.**



The paper presents a Digital Twin Trust Framework consisting of 3 main elements. (1) The main stakeholders of Digital Twins, (2) user stories in which trust in Digital Twins needs to be created, and (3) specific solution elements and concrete measures to implement the solution elements. The research was conducted together with Siemens AG.

J. Stumpf; J. G. Cóndor López; T. Naumann; M. Zimmermann: **Systems Design Using Solution-Compensation Spaces with Built-In Tolerance Applied to Powertrain Integration.**



Complexity in systems design can be reduced by computing permissible ranges for some crucial design variables that need to be defined in an early design phase. These ranges are calculated such that there is sufficient tolerance for the remaining design variables in later design phases, while still achieving the overall system design goals. A new algorithm for this approach is presented and applied to the design of a vehicle powertrain mount system. The results show large permissible ranges for mount positions while maintaining sufficient tolerance for mount stiffnesses.

Weitere ausgewählte Veröffentlichungen

Luft, Thomas; Schmied, Christian; Schöberl, Max; Wartzack, Sandro; Zimmermann, Markus; Fottner, Johannes; Mörtl, Markus (2022): **Variant Value Management (VVM): Über Interdependenzbetrachtungen zur wert- und Komplexitätsoptimalen Produktfamilie.** VDI Wissensforum, Düsseldorf.

Shao, Rilian; Wahle, Martin; Zimmermann, Markus (2021): **A model for the dynamic friction behaviour of rubber-like materials.** In: Tribology International.

Pfingstl, Simon; Zimmermann, Markus (2022): **On integrating prior knowledge into Gaussian processes for prognostic health monitoring.** In: Mechanical Systems and Signal Processing.

Zimmermann, Markus; Weck, Olivier de (2022): **Formulating Engineering Systems Requirements.** In: Handbook of Engineering Systems Design.



**Martin Frank,
M.A. / Dipl.
Des.**

Der Produkt- (Dipl.) und Transportation Designer (M.A.), Martin Frank, unterstützt den Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau seit Februar diesen Jahres.

Martin Frank studierte an der Hochschule für Gestaltung in Schwäbisch Gmünd im Diplomstudiengang Produktgestaltung und absolvierte seinen Master in Transportation Design an der Fakultät für Gestaltung der Hochschule in Pforzheim.

In seiner Masterarbeit in Zusammenarbeit mit der Firma Audi hat er für die Marke Lamborghini ein Fahrzeugkonzept entworfen, das es dem Fahrer ermöglicht – durch den Einsatz von intelligenten Kunststoffen (Formgedächtnis) – situationsbedingt die äußere Form des Fahrzeugs zu verändern.

Seit seinem Abschluss als Produktdesigner ist Martin Frank selbstständig als Unternehmer im

Bereich der Produkt-, Fahrzeug- und Anzeigeeentwicklung tätig. Hier war er unter anderem für die Marken Audi, BMW, Mini, Rolls Royce, Hyundai, Gumpert sowie Fauscher, Porsche und mehrere mittelständische Unternehmen tätig.

Am LPL ist Martin Frank unter anderem verantwortlich für die gestalterische und konzeptionelle Auslegung und Umsetzung der Produkte und Prototypen im Bereich Robotik/Exoskelett und gibt einen Ausblick auf eine mögliche serientechnische Umsetzung dieser.

Im Projekt STEAM, einem ganzheitlichen und nutzerzentrierten Nutzungskonzept eines Fahrzeugs zum Personen- sowie Gütertransport, arbeitet er an der Auslegung der Konzepte mit und ist verantwortlich für die gestalterische Auslegung und Umsetzung des Fahrzeugs.

Neue Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen am LPL



**Maximilian
Amm, M.Sc.**

Am 01. Mai 2022 nahm Herr Maximilian Amm seine Arbeit als neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau auf.

Während seines Bachelorstudiums an der TUM legte Herr Amm seinen Fokus zunächst auf elektrische Antriebe. Im Masterstudium der Robotik und Mechatronik an der TUM vertiefte er sein Wissen in der Elektronik in seiner Semesterarbeit durch den Bau eines digitalen Zwillings für einen Roboterarm am LPL. In seiner Masterarbeit am LPL entwickelte er einen Algorithmus zur Layoutoptimierung elektronischer Schaltungen.

Während seines Studiums arbeitete Maximilian Amm mehrere Jahre in der Industrie bei der TQ Systems GmbH und der „Produktkanzlei“. In dieser Zeit intensivierte er nicht nur seine praktischen Fertigkeiten, sondern erlangte auch tiefe Einblicke in den Prozess der Produktqualifizierung. Daneben war er in der Forschung am Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften tätig.

Am LPL wird Maximilian Amm im Bereich Systemdesign in der Elektronik tätig sein und die Projekte DIVA und Pluto bei der elektrischen Auslegung unterstützen.



**Simon
Pfingstl**

Markus Mörtl, Markus Zimmermann

Zum 30. Juni 2022 verließ Simon Pfingstl den Lehrstuhl.

Simon Pfingstl startete nach seinem Masterstudium an der Hochschule München am 15. März 2018 am LPL. Seine Schwerpunkte lagen im Bereich Luft- und Raumfahrtstrukturen, insbesondere auf Ermüdungs- und Rissfortschrittsberechnungen. Hier verknüpfte er Berechnungsdaten und Ergebnisse aus Versuchen, bei denen er selbst mit Hand anlegte, mittels mathematischer Methoden der Unsicherheitsquantifizierung.

Fast während seiner gesamten Lehrstuhlzeit bearbeitete er das BMWi/LuFo-Projekt Strubatex mit dem Thema „Prozessübergreifende Nutzung von Strukturermüdungsdaten aus Auslegung, Test und Betrieb zur Steigerung der Effizienz in Entwicklungsprogrammen und im Einsatz“ mit dem Bauhaus Luftfahrt und iABG. In der Lehre kümmerte er sich um die Vorlesungen MDO und Leichtbau und baute das FEM-Praktikum am LPL neu auf. Simon organisierte die Lehre lehrstuhlübergreifend als Lehresprecher und war von 2018–2021 Hauptverantwortlicher für die Organisation des Münchner Leichtbauseminars. Nebenbei war er Ansprechpartner am Lehrstuhl für Munich-Aerospace und für Auslandskontakte. Er war Sprecher der Forschungsgruppe Leichtbaustrukturen und organisierte das LPL-Skitfahren in Matrei (A).

Zum Abschluss seiner Promotionsausbildung absolvierte er einen sechsmonatigen Forschungsaufenthalt am Structures and Composites Laboratory bei Fu-Kuo Chang in Stanford im WS 21/22.

Lieber Simon, es hat immer Spaß gemacht, mit Dir zusammenzuarbeiten. Wir wünschen Dir auf Deinem künftigen Weg, privat und bei der Robert Bosch GmbH, alles Gute und weiterhin viel Erfolg!



**Jintin Frank,
M.Sc.**

Am 01. Juli 2022 nahm Frau Jintin Frank ihre Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau auf.

Frau Frank studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart. Ihre Schwerpunkte waren Strukturmechanik und numerische Simulationsmethoden in der Raumfahrt. Während der Bachelorarbeit bei MT Aerospace beschäftigte sie sich mit konstruktiven sowie fertigungs-technischen Methoden für die Entwicklung eines neuartigen CFK-Luftfahrttanks. Dabei entwickelte sie neue Konzepte für den Wicklungsprozess.

Ihre Masterarbeit schrieb sie an der Universität Tokio. Innerhalb der Arbeit wurden verschiedene Thermalschutzmaterialien von Wiedereintrittskörpern untersucht. Diese wurden am lichtbogenbeheizten Windkanal oxidiert und charakterisiert.

Praktische Erfahrung während des Studiums sammelte sie im Rahmen einer Werkstudententätigkeit am DLR Stuttgart.

Nach ihrem Studium nahm Jintin Frank eine Beschäftigung am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik als Strukturberechnerin für die Instrumentenentwicklung Wide Field Imager am Athena Projekt an. Hier beschäftigte sie sich mit der strukturellen Auslegung und Berechnung von der Nutzlaststruktur. Dabei lag der Schwerpunkt auf dynamischer Schwingungsberechnung und dazugehörigen Verifizierungsmethoden.

Am LPL wird Frau Frank numerische Optimierungs-tools für die Anwendung im Solution Space Engineering weiterentwickeln.

Neuerscheinungen des Lehrstuhls

Sebastian Schweigert-Recksiek

Enhancing the Collaboration of Design and Simulation – Bridging Barriers in Technical Product Development

While the number and complexity of mechanical simulations in technical product development increase, integrating simulations is still a challenge for many companies.

The BRIDGES approach for Barrier Reduction in Design

Engineering and Simulation enables engineering companies to enhance the collaboration of design and simulation. Sets of typical collaboration barriers as well as recommendations for improvement measures to overcome them were formulated based on empirical studies. The approach is supplemented by a tool for structural collaboration analysis with network metrics.

München: Dr. Hut. 2022.

Veranstaltungskalender



15. und 16. September 2022

Design Process SIG Workshop Series

Garching b. München

[https://www.pe.uni-rostock.de/forschung/veranstaltungen/
design-process-sig/](https://www.pe.uni-rostock.de/forschung/veranstaltungen/design-process-sig/)



11. – 13. Oktober 2022

24th International Dependency and Structure Modelling Conference DSM

Eindhoven, Niederlande

<https://dsm-conference.org/>



30. November 2022

Münchner Leichtbauseminar

Garching b. München

<https://www.mec.ed.tum.de/lpl/lehrstuhl/veranstaltungen/>



24. – 28. Juli 2023

24th International Conference on Engineering Design 2023

Bordeaux, Frankreich

<https://iced.designsociety.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

www.mec.ed.tum.de/lpl/

Verantw. i.S.d.P.

Prof. Dr. Markus Zimmermann

zimmermann@tum.de

Redaktion und Layout

Eva Körner, eva.koerner@tum.de

ISSN 2568-9843