

**Flächige Strukturen
in der Topologieoptimierung**

Vorwort

Liebe Freundinnen und Freunde des Lehrstuhls für Produktentwicklung und Leichtbau,

das letzte halbe Jahr ist geprägt von vielen Veröffentlichungen des LPL, insbesondere in den Bereichen Topologieoptimierung und Robotik. Über einige von ihnen berichten wir in dieser Ausgabe ausführlich, inklusive der Konferenzbeiträge der World Conference of Structural and Multidisciplinary Organisation WCSMO in Cork.

Unseren LPL-Ehemaligen Dr. Simon Pfingstl dürfen wir als Lehrbeauftragten begrüßen und stellen seine neue Vorlesung „Machine Learning for Product Development“ vor, die er ab WS 2023/2024 hält. Wir wünschen ihm viel Spaß dabei und eine große Zahl interessierter Studierender.

Von dem Hackathon Think.Make.Start., der nun mittlerweile zum 16. Mal stattgefunden hat, zeigen wir die drei prämierten Award-Gewinner. Herzlichen Glückwunsch! Auch personell hat sich wieder etwas getan und wir verabschieden verdiente und begrüßen neue Mitarbeitende.

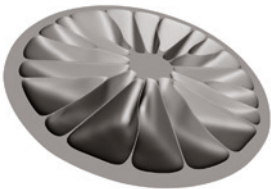
Viel Spaß beim Lesen der Lektüre wünschen Ihnen und Euch

Markus Zimmermann
Markus Mörtl

Inhalt

02	Vorwort
03	Topologieoptimierung von Leichtbaustrukturen mittels vollwandiger Schalenbauweise
04	Neue Lehrveranstaltung: Machine Learning for Product Development
05	Hochleistungs-Drehanode für neuartige Krebstherapie, Überführung für die Anwendung am Menschen
06	LCL Robots – Design-on-Demand of Low-Cost Lightweight Robots
07	Paper titled “Robust co-design of robots via cascaded optimization” presented at ICRA 2023
07	IVARNext: A redundant serial manipulator for the inspection of a nuclear fusion reactor
08	Think.Make.Start. (TMS) – Gewinner von Batch #16
09	Ehemaligentreffen am LPL
10	15th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimisation WCSMO-15
13	BUENA – Cross-sector industrialization of additive production
14	Der LPL verabschiedet Duo Xu und Jintin Frank
15	Neuer Mitarbeiter am LPL
15	Ausgewählte Veröffentlichungen
16	Neuerscheinungen des Lehrstuhls
16	Veranstaltungskalender
16	Impressum

© Titelbild (rechts): J. Rieser; M. Zimmermann: **Towards closed-walled designs in topology optimization using selective penalization.**
In: Structural and Multidisciplinary Optimization **66**, 158 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00158-023-03624-7>



Jasper Rieser

Topologieoptimierung von Leichtbaustrukturen mittels vollwandiger Schalenbauweise

Vollwandige Schalenbauweisen sind elementarer Bestandteil vieler Leichtbaustrukturen. Eine am LPL entwickelte Methode ermöglicht nun die Erzeugung derartiger Konstruktionen mittels der Topologieoptimierung, einem computerbasierten Werkzeug zur automatisierten Erzeugung gewichtsoptimierter Bauteilentwürfe. Bisher war dies aufgrund des unverhältnismäßig hohen Rechenaufwandes nur eingeschränkt möglich.

Contact
Jasper Rieser, M.Sc.
jasper.rieser@tum.de

Der Volltext der Veröffentlichung ist frei verfügbar unter:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00158-023-03624-7>

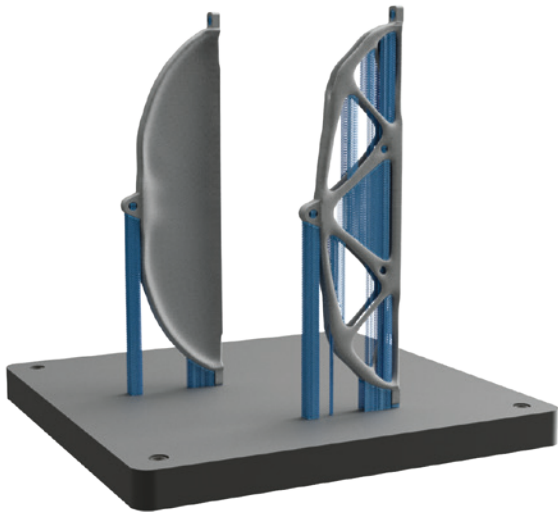
Geringere Nachgiebigkeit bei gleichem Gewicht

Ob in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, dem Schienenfahrzeugbau oder der Windkraft: Schalenstrukturen finden vielfältig Anwendung. Sie stellen aus konstruktiver Sicht eine Alternative zu den Fachwerksstrukturen dar, welche etwa in Form geschweißter Gitterrohr-rahmen auch heute noch z. B. in Ultraleichtflugzeugen oder Motorrädern Verwendung finden. Vor allem dünnwandige Schalenstrukturen müssen so ausgelegt werden, dass es unter Einwirkung der äußeren mechanischen Lasten nicht zum Versagen durch wellenförmige seitliche Ausbiegung, dem sogenannten Beulen, kommt. Ist dies gewährleistet, erweisen sich Schalenstrukturen als mitunter bedeutend weniger nachgiebig als Fachwerksstrukturen gleichen Gewichts, aus Sicht des Leichtbaus stets eine wünschenswerte Eigenschaft.

Topologieoptimierung von Schalenstrukturen

Schalenstrukturen sind eine effiziente Leichtbauweise nicht nur für großformatige Strukturen, sondern auch für deutlich kleinere Bauteile, die zwecks Gewichts-, Kosten- und CO2-Einsparungen heute zunehmend mit der computergestützten Topologieoptimierung entworfen werden. Das Ergebnis einer solchen Topologieoptimierung hat jedoch üblicherweise die Gestalt einer Fachwerkstruktur. Schalenstrukturen stellen aufgrund vergleichsweise dünner Wandstärken bedeutend höhere Ansprüche an die räumliche Detailgüte der Optimierung. Diesen Anforderungen kann im industriellen Anwenderkontext angesichts begrenzter Hardware-Ressourcen und geforderten geringen Rechenzeiten oftmals nicht entsprochen werden. Dieser Herausforderung widmet sich unsere kürzlich erschienene Veröffentlichung “Towards closed-walled designs in topology optimization using selective penalization”. Darin wird ein Verfahren vorgestellt, welches durch

gezielte Modifikation des Topologieoptimierungs-Algorithmus und Einführung eines zusätzlichen Nachbearbeitungsschrittes in der Lage ist, effiziente Schalenstrukturen mit vertretbarem Aufwand zu erzeugen. Die praktische Anwendbarkeit des Verfahrens und die teils deutliche Überlegenheit der Schalen- gegenüber der Fachwerksbauweise werden anhand mehrerer einfacher Optimierungsprobleme verdeutlicht.



Senkung des Nachbearbeitungsaufwands eines additiv gefertigten Strukturbauteils durch topologieoptimierte Schalenstruktur

Vorteile auch für die Additive Fertigung

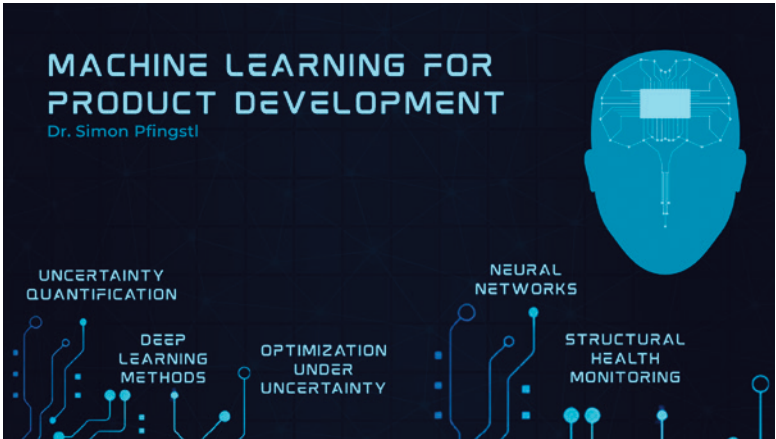
Für komplexe Leichtbauteile, die im Pulverbettverfahren additiv gefertigt werden, ergeben sich durch eine vollwandige Schalenbauweise zudem herstellungstechnische Vorteile, da je nach Bauteilgestalt u. U. deutlich weniger Stützkonstruktionen benötigt werden. Stützkonstruktionen sind während des 3D-Druckprozesses in überhängenden oder zu stark geneigten Bauteilbereichen erforderlich. Da sie im Nachgang entfernt werden müssen, stellen sie einen erheblichen Kostentreiber dar.

Oben:
Topologieoptimierte Schalenstruktur zur leichtbaugerechten Verstärkung einer kreisförmigen Platte

Neue Lehrveranstaltung: Machine Learning for Product Development

Simon Pfingstl

Ab dem kommenden Wintersemester bietet der LPL die Lehrveranstaltung „Machine Learning for Product Development“ an. In der Vorlesung werden verschiedene mathematische Ansätze vorgestellt und aufgezeigt, wie diese in der Produktentwicklung verwendet werden können.



Themen der neuen
Lehrveranstaltung

Machine Learning in der Informatik, ja – aber für Ingenieure?

Maschinelles Lernen wird in der Informatik genutzt, um beispielsweise Bilder zu klassifizieren, das autonome Fahren zu ermöglichen oder neue Texte zu generieren. Die Auswirkungen des maschinellen Lernens mit seinen Vorteilen und Anwendungen sind in diesen Bereichen wohl-bekannt. Für Ingenieure ist es jedoch oft schwierig zu verstehen, wie Methoden des maschinellen Lernens für die Entwicklung mechanischer Systeme genutzt werden können und wo ihre Grenzen liegen. Ziel der Vorlesung „Machine Learning for Product Development“ ist es, den Studierenden die Grundlagen verschiedener Methoden des maschinellen Lernens zu vermitteln und die Anwendungen in der Produktentwicklung, wie z. B. für die Modellierung, Charakterisierung, Optimierung und Überwachung mechanischer Systeme, zu demonstrieren. Verschiedene Szenarien sollen somit beleuchtet und als vereinfachte Beispiele in Computerübungen untersucht werden.

Grundlagen des maschinellen Lernens sowie deren Anwendung stehen im Fokus

Um die Methoden des maschinellen Lernens sinnvoll anwenden zu können, müssen deren theoretische Grundlagen verstanden werden. So wird zu Beginn jeder Vorlesungseinheit auf

die mathematischen Konzepte eingegangen. Anschließend werden in der Lehrveranstaltung kleine Beispielprobleme aus der Produkt-entwicklung gezeigt und mithilfe von Matlab-und Python-Codes gelöst, damit Studierende praktische Erfahrungen in der Anwendung der Konzepte sammeln. Diese Übungen sind über-wiegend aus dem mechanischen Ingenieurs-kontext entnommen, um die Studierenden mit den bei der Produktentwicklung auftretenden Problemen vertraut zu machen.

Thematischer Aufbau der Vorlesung

In den ersten Vorlesungseinheiten beschäftigt sich die Vorlesung mit deterministischen Modellierungsansätzen für Regression, die Klassifizierung und dem Clustern von Daten. Anschließend werden Methoden vorgestellt, um Unsicherheiten in mechanischen Bauteilen zu quantifizieren und Streuungen durch z. B. Fertigungstoleranzen bei deren Optimierung zu berücksichtigen. Über die Einführung von probabilistischen Modellen geht es hin zu Deep Learning Ansätzen. Solche Ansätze können beispielsweise dafür verwendet werden, um neue Designvorschläge zu generieren.

Dozententätigkeit

Als Forschungsingenieur bei Bosch Corporate Research beschäftigt sich Simon Pfingstl mit Methoden für die Entwicklung von mikro-elektro-mechanischen Systemen (MEMS). Dabei spielt unter anderem die mathematische Modellierung der Performance-Größen sowie deren Abhängigkeiten von Fertigungsunsicherheiten eine entscheidende Rolle. Zuvor hat er sich während seiner Doktorandenzeit am LPL mit probabilistischen Modellen, wie z.B. Gauß-prozessen, beschäftigt. Um diese wichtigen Grundlagen sowie deren Anwendungen in der Produktentwicklung zu vermitteln, freut er sich darauf, die Lehrveranstaltung ab dem kommenden Wintersemester anbieten zu dürfen.

Contact
Dr. Simon Pfingstl
simon.pfingstl@tum.de

Hochleistungs-Drehanode für neuartige Krebstherapie, Überführung für die Anwendung am Menschen



Mahadevan Ravichandran, Ludwig Krämer

Mit den Erfahrungen der vom LPL entwickelten Hochleistungs-Drehanode für Tierversuche bereiten sich der LPL und seine Partner auf den Bau einer größeren Hochleistungs-Drehanode der zweiten Generation für die neuartige Mikrostrahl-Krebstherapie bei der Anwendung am Menschen vor.

Contact
Mahadevan
Ravichandran, M.Sc.
mahadevan.
ravichandran@tum.de

Dipl.-Ing. (FH)
Ludwig Krämer
ludwig.kraemer@tum.de

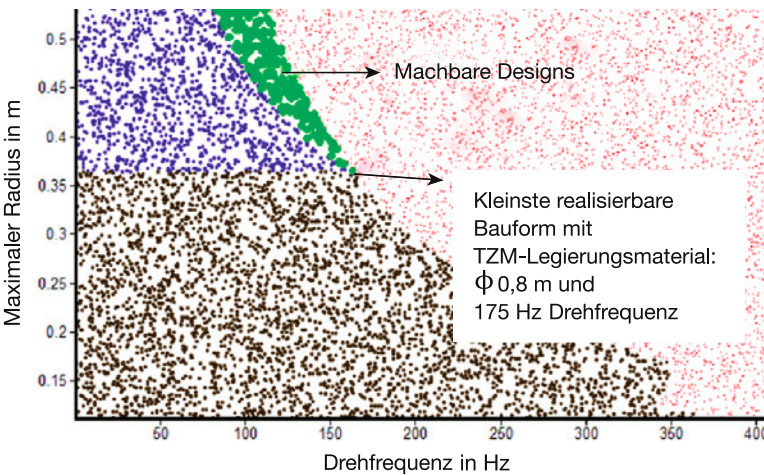
Was sind die Voraussetzungen für die Erzeugung von Mikro-Röntgenstrahlen für die Krebstherapie?

Bei der Herstellung von Hochleistungs-Röntgen-strahlen zur Krebsbehandlung wird ein Elektronen-strahl mit hoher Leistung auf einen winzigen Brennpunkt auf einer rotierenden Anode, dem sogenannten Target, gerichtet. Während die Leistung für den Prototyp Generation 1 im Tiermaßstab auf eine Strahlleistung von 90 kW ausgelegt war, benötigt die Generation 2, für die Behandlung am Menschen, mehr als das 15fache dieser Leistung. Die Elektronen dringen in das Material ein und erzeugen Hitze und thermische Spannungen, die beide unter den sicheren Betriebsgrenzen des Anodenmaterials liegen müssen.

Aktueller Stand in den Projekten

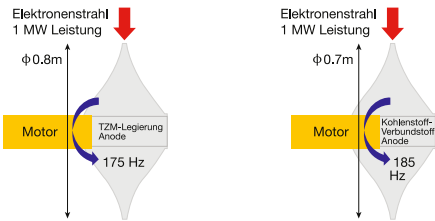
Der LPL hat zusammen mit Partnern aus ver-schiedenen Forschungsinstituten in Deutschland bereits ein skaliertes Target für die Mikrostrahl-therapie entwickelt, das auf Zellen und Kleintier-versuche ausgerichtet ist. Das Team hat eine komplette Röntgenquelle mit Diagnostik aufge-baut und befindet sich in der aktiven Inbetrieb-nahme, um die Leistung und Funktionalität zu messen. Mit dieser Erfahrung im Rücken soll das Design der 2. Generation auf die 15fache Leistung skaliert werden.

Designraumprojektion
von Designs mit TZM-
Legierung als Material
und Radius und Dreh-
zahl als Designvariablen



Parameter	Spezifikation
Elektronenstrahlleistung	1,5 MW
Angriffsfläche des Strahls auf der Anode	20 mm x 50 µm
Wärmestromeintrag an der Oberfläche	1000 GW/m²
Volumetrischer Wärmeeintrag	10 GW/mm³

Spezifikation der Hochleistungs-Drehanode



Erste Ideen und Konzepte für eine Anode Generation 2 aus unterschiedlichen Materialien

LPL-Ansatz

Da es sich um eine äußerst anspruchsvolle technische Anforderung handelte, wurde mit einem systematischen Ideenfindungs- und Auswahl-prozess begonnen, um das beste Konzept für das Target zu erhalten. Mithilfe einer Kombination grundlegender physikalischer Prinzipien und Design-Projektionsräumen hat das Team bestimmte Konzepte und Design-Entscheidungen eingegrenzt. Darauf aufbauend lässt sich der Detailgrad des neuen Designs unter Verwendung fortschrittlicher Modellierungsmethoden weiter steigern. In enger Zusammenarbeit mit Forschungs- und Fertigungs-partnern lässt sich somit der Erfolg des Mikro-Strahl-Therapiesystems auch im menschlichen Maßstab sicherstellen.

Die nächsten Schritte am LPL

Als nächstes wird das Design detailliert und eine geeignete Materialkombination ausgewählt. Es folgen die Simulation des Wärmeflusses und die Berechnung der mechanischen und thermalen Beanspruchung der Drehanode. Ferner geht es um die Auswahl einer modernen Lagerung des Rotorverbundes sowie um die theoretische Absicherung des Targets. Das Team des LPL setzt alles daran, damit das Mikrostrahl-Therapiesystem im menschlichen Maßstab umgesetzt werden kann.

LCL Robots – Design-on-Demand of Low-Cost Lightweight Robots

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Akhil Sathuluri

Our work on the development of low-cost lightweight modular, reconfigurable robots is now published in Robotics 2023.



Moving from design domains to optimised structures to physically realised robots

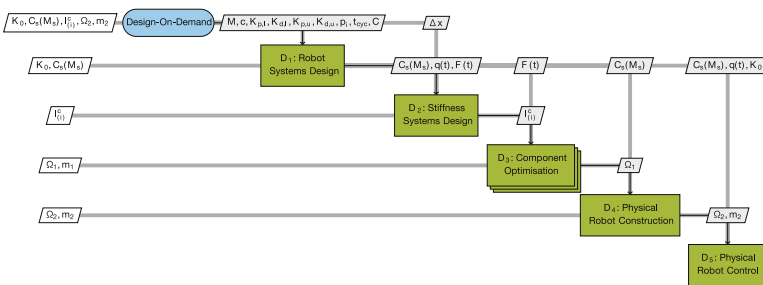
We presented our systems design approach as a multidisciplinary design optimisation problem dealing with systems design and stiffness design of dynamic moving robots.

Contact
Akhil Sathuluri, M.Sc.
akhil.sathuluri@tum.de

More information
<https://www.mdpi.com/2218-6581/12/4/91>

Within the paper we show several practical benefits of the proposed approach.

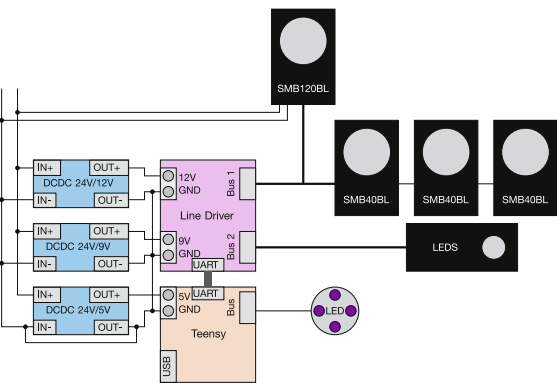
The proposed methodology is demonstrated on a set of example requirements, illustrating that (1) the robot modules allow exploring non-intuitive robot architectures, (2) the structural mass of the resulting robot is 16 % lower as compared to a robot designed using conventional aluminium tubes, (3) the designed modules ensure the physical feasibility of the robots produced.



Our proposed systems design process

The design process is depicted as an extended design structure matrix (XDSM). Each green rectangle corresponds to a design step, and the grey channels represent the information flow. The white parallelograms are

the outputs of a particular step, while the grey parallelograms are the inputs to the following step. The black arrows show the direction and sequence of the steps involved.



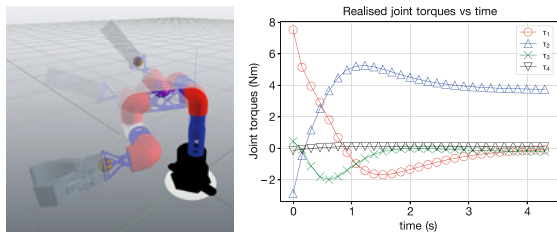
Modular electronics architecture

Modular design

The modularity in design is not limited to the mechanical components but also extends to all the necessary electronic components to realise a multi-joint robot.

Benefit of the multidisciplinary design process

The robot design process as shown in the XDSM informs the structural design process by providing the interface loads. Since the interface loads are provided for the robot in motion, the structural optimisation process accounts for the dynamic motion of the robot.



The resulting robots hence not only are task-specific, i.e., not overdesigned but also consume lower energy thanks to the lightweight structures resulting from the optimisation procedure proposed.

Paper titled “Robust co-design of robots via cascaded optimisation” presented at ICRA 2023

Akhil Sathuluri

We presented our work titled “Robust co-design of robots via cascaded optimisation” at the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2023 this year held in London, United Kingdom.

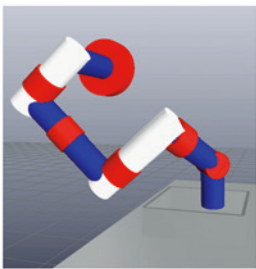
Contact
Akhil Sathuluri, M.Sc.
akhil.sathuluri@tum.de

More information
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10161134>

ICRA this year was one of the largest gatherings with around 6000 attendees!

The paper is now available with all the other conference proceedings as IEEE Xplore publications.

The non-intuitive robot architecture resulting from optimisation based top-down design process



This paper marks the closure of the project titled, “Intuitive Design in Contrast to the V-model and its Analysis” abbreviated as DIVA, which is one of our first robotics projects.



IVARNext: A redundant serial manipulator for the inspection of a nuclear fusion reactor

Akhil Sathuluri

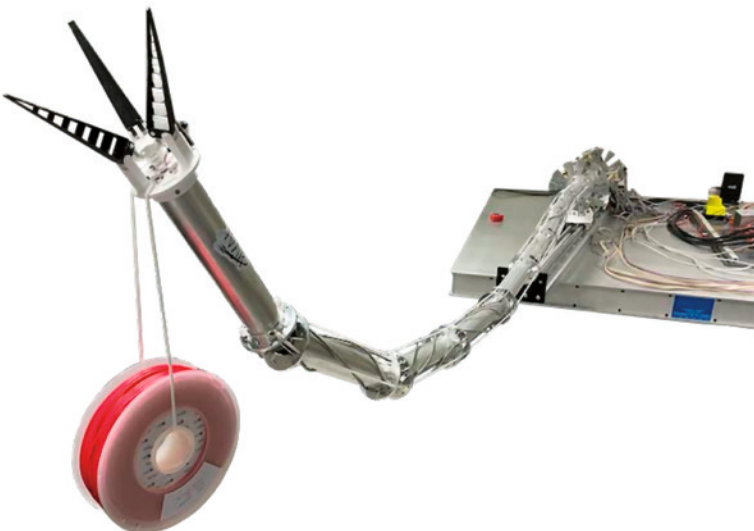
We are currently working with the Max Planck Institute to develop a control system for manipulating a robot for inspection and repair.

Contact
Akhil Sathuluri, M.Sc.
akhil.sathuluri@tum.de

More information
https://pure.mpg.de/rest/items/item_3364637/component/file_3364638/content

For the inspection of a Tokamak fusion reactor, a robot is to be built that can inspect the reactor chamber in a high vacuum and move smaller objects. For this purpose, a nose following control system is being developed, which moves the snake-shaped robot inside the reactor.

The current prototype of the IVAR robot



Think.Make.Start. (TMS) – Gewinner von Batch #16

Klemens Hohnbaum

Zu Beginn des Sommersemesters 2023 fand erneut das bewährte Innovationsformat THINK.MAKE.START. (TMS) statt. Erstmals nahm eine rekordverdächtige Zahl von 63 Studierenden aller Fakultäten der Technischen Universität München in insgesamt 13 Teams daran teil.

THINK. MAKE. START.

Bei dem 11tägigen Hackathon entwickelten die Studierenden (Hardware-) Lösungen für existierende Herausforderungen unserer Gesellschaft. Wie in jedem Jahr wurden die besten drei Teams für ihre Arbeit am Demo Day ausgezeichnet.

ARISE erhielt dabei vom Publikum den THINK.-Award für die beste Idee. Das Team präsentierte eine rein mechanische Lösung, um körperlich beeinträchtigten Menschen den Toilettengang durch eine Unterstützung beim Aufstehen zu erleichtern.

Demonstration
finaler Prototypen
der ausgezeichneten
Teams aus Batch #16

Quelle: TMS Archiv



Contact
Klemens Hohnbaum,
M.Eng.
klemens.hohnbaum@
tum.de

More information
www.tms.tum.de/

Das Team Familio stellte ein Endgerät zur Telekommunikation für Großeltern vor, welches diesen die Teilnahme an der digitalen Kommunikation der eigenen Familie ermöglichen soll – mit intuitiver Bedienung für jedes Alter und unabhängig vom Besitz eines Smartphones. Es überzeugte damit die Jury und erhielt den MAKE.-Award für den besten Prototyp.



Den START.-Award für das größte Geschäftspotential verlieh die Jury schließlich an SONITECT für einen Arbeitshandschuh, welcher Klick-Geräusche mittels machine learning erkennt. Gerade in der Montage von Elektronikkomponenten im Automobilsektor kann die Innovation genutzt werden, um das Risiko fehlerhafter Steckverbindungen zu minimieren.



Wir danken allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen für eine gelungene und reibungslose Veranstaltung, sowie unseren Partnern UnternehmerTUM, UnternehmerTUM Makerspace, der Zeidler-Forschungs-Stiftung, dem Entrepreneurship Research Institute, den TUM Venture Labs, sowie den Lehrstühlen Datenbanksysteme, Werkstofftechnik der Additiven Fertigung und Fahrzeugtechnik, für die stets gute und fruchtbare Zusammenarbeit.

Ehemaligentreffen am LPL

Markus Mörtl

Am 30. Juni 2023 fand das alljährliche Treffen der ehemaligen und der aktiven Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Lehrstühle LLB, KM, PE und LPL statt.



Contact
Dr. Markus Mörtl
markus.moertl@tum.de

Über 35 Ehemalige kamen für einen fachlichen Austausch sowie den privaten Plausch zusammen. Es wurden laufende Forschungsthemen diskutiert und neue Projektideen geboren. Da auch die in der Industrie tätigen Ehemaligen Nachwuchs suchen, kam es vereinzelt zu sondierenden Gesprächen.

Zum fachlichen Teil trug dieses Mal Dr. Till Haberle (Ehemaliger des LLB, Deutsche Aircraft, Wessling, Development Engineer Structure Analysis) mit seinem Vortrag „328 Gestern – Heute – Morgen“ bei. Nach einer Rückschau auf die Historie der D228 und D328 gab er einen Ausblick auf neue Varianten und Anwendungsfelder der D328eco.

Dr. Christoph Bichlmaier (Ehemaliger des PE, MTU Aero Engines GmbH, München, Referent Designstandards Verdichter) wagte mit seiner Präsentation „Anwendung von CFK im Triebwerksbau – Auswirkung auf das Vorgehen bei der Auslegung“ einen Ausblick in die Zukunft, um den Ressourcenverbrauch und die Emissionen zu reduzieren.

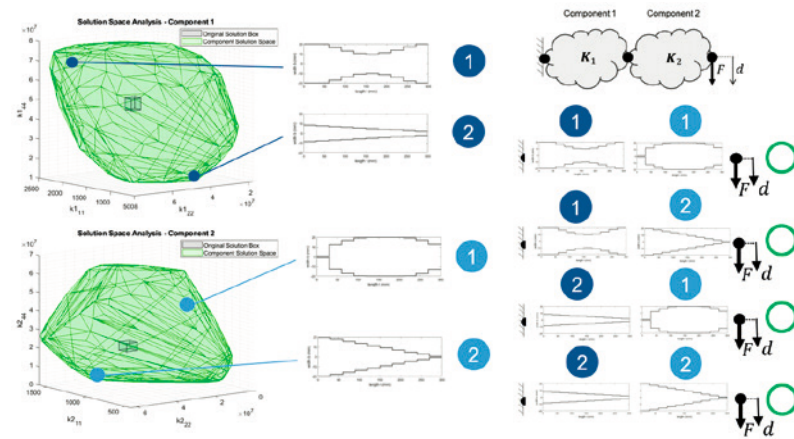
Die Praxisvorträge gingen über in vertiefte Diskussionen. Wir bedanken uns bei den beiden Ehemaligen für die spannenden Beiträge und freuen uns auf das Wiedersehen in 2024.



15th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimisation WCSMO-15



With participants from all over the world, this conference focuses on new methods to solve structural design problems. Topics range from AI methods and surrogate modeling to specific algorithms for topology optimization and robust optimization, all in the context of different application areas, such as robotics and aerospace engineering. Seven of our research associates presented some of their most recent advancements at the conference, that took place between 5th and 9th of June.



Component solution spaces give much more design freedom than box-shaped solution spaces, while still enabling concurrent design work

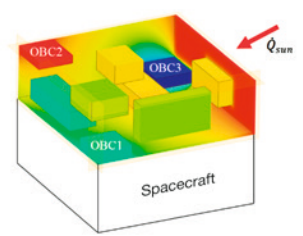
E.R. Della Noce; M. Zimmermann:
Optimizing component solution spaces for arbitrary performance functions.

Dividing a large system into smaller parts may reduce design complexity and enable concurrent engineering. In this presentation, a method to generate generalized admissible regions for design variables in arbitrary systems was introduced. In the example shown, the admissible regions are approximately 250 times less restrictive than what could be achieved before, granting much greater design freedom to the component engineers.

P. Radecker; M. Plattner; M. Zimmermann:
Optimizing component placement and temperature control in spacecraft payloads using solution-compensation spaces.

To effectively use active temperature control in space structures, it is important to consider the optimal placement of components during the design process. However, this can be difficult due to the complexity of the design process and the need to find optimal configurations. To address this challenge, we introduced the use of solution-compensation spaces, which allows

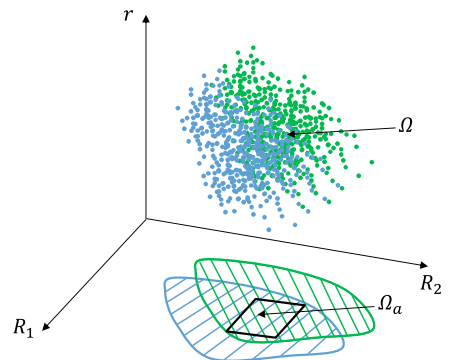
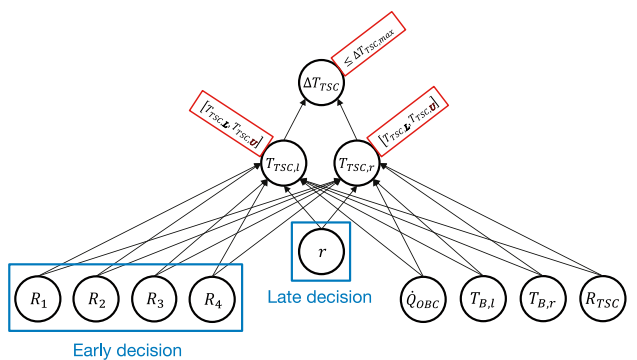
to represent multidisciplinary design processes through early-decision variables (heat transfer resistances) and late-decision variables (distribution of heating power) to maximize the size of the permissible solution space.



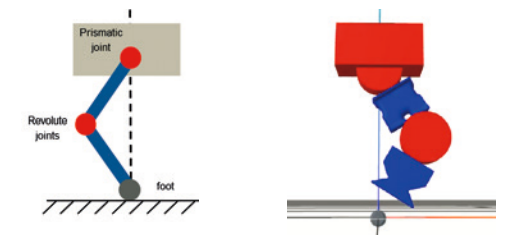
Concept payload influenced by external and internal heat sources

Attribute dependency graph showing the early and late decision variables of the system (left)

Projection of the space of late decision variables into that of early decision variables (right)



A. Sathuluri; L. Krischer; A.V. Sureshbabu; M. Zimmermann: **A multidisciplinary optimization approach for resolving the vicious cycle between morphology and control of robots.**



Kinematic model of the robot leg (left), optimised kinematics and structures of the robot leg (right)

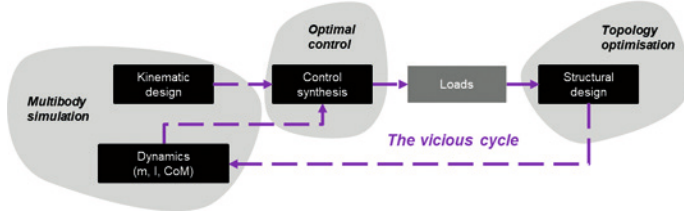


Figure depicting the circular dependency between different sub-systems of a robot, during the design phase

The initial phase of robot design often ignores structural design, leading to an inefficient process of determining the required structures. This is attributed to the cyclic relationship between morphology and the controller of a robotic system. In this work, it was shown how combined optimisation of morphology and control as a co-design problem explores the design space efficiently to identify better-performing robot designs.

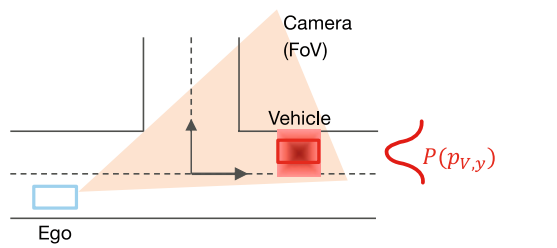
F. Endress; T. Kipourou; M. Zimmermann:
Topology optimization in systems design: a simple approach to distribute design domains.

Topology optimization is used to optimize components for a given set of boundary conditions, loads and design domains. However, the definition of component interfaces, and thus, the definition of each design domain and associated loading conditions, may have significant influence on the system performance. This paper presents a three-step approach to distribute design domains in an optimal way: generating interface samples, evaluating them using a multi-coordinate plot,

and designing components accordingly. The approach ensures that topology optimizations on detail-level contribute to the global performance in an optimal way. An application to brackets inside the control system of a glider led to weight savings greater than 15% compared to an intuitive distribution of design domains.

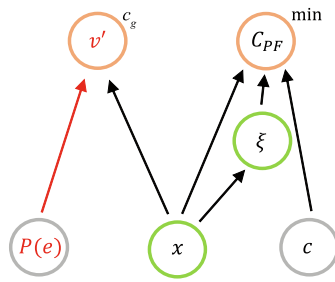
N. Barthelmes; S. Sicklinger; M. Zimmermann:
Product family design for product variants exposed to an uncertain environment.

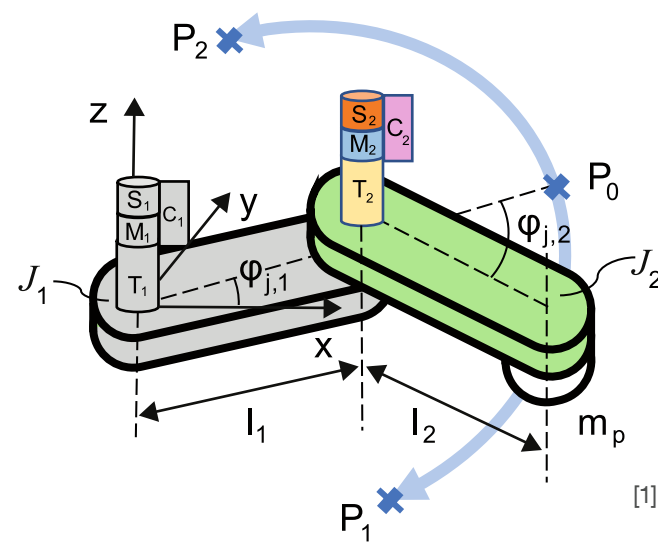
In a previously presented approach, the numerical effort of product family design was reduced by solution-space optimization. Permissible intervals for design variables are computed top-down while ensuring that system requirements are satisfied, and components can be shared where those intervals overlap. However, the system is subject to an uncertain environment and the influence of this uncertainty on the permissible intervals of the design variables must be considered. In this presentation, we introduced a reliability-based formulation of the quantity of interest and gave an example how to approximate the integral that describes the probability that the constraint is fulfilled. The uncertain environment of an automated vehicle is assembled to a modified constraint function, which can be used in the design of a perception system for the product family.



Determine field of view and mounting position of a camera to reliably detect oncoming vehicle

Dependency graph of the product family optimization problem: visibility depends on uncertain environment



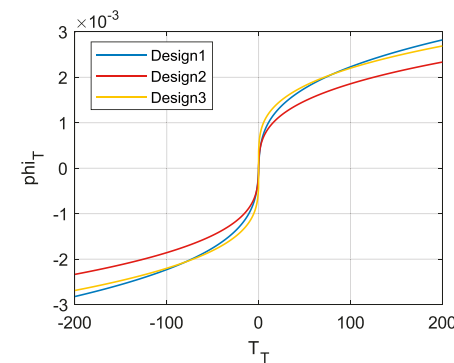


Elements, performance measures, and trajectory of a 1-link robot

K. Ziegler; K. Stahl; B. Vogel-Heuser; M. Zimmermann: **Multi-disciplinary design of robot-like systems using solution spaces.**

In complex systems design, the overall system architecture and various component properties from different domains are to be designed.

In this presentation, a 1-link robot was shown. Structured component models, e.g., for transmission and sensor were used to compute values for component properties according to customer requirements using solution spaces.



Stiffness characteristics of transmissions

[1]: K. Ziegler; M. Volpert; M. Amm; B. Vogel-Heuser; K. Stahl; M. Zimmermann (2023): MBSE incorporating time-dependent behavior for the design of robot-like systems. Proceedings of the Design Society, 3, 2585-2594. doi:10.1017/pds.2023.259

J. Frank; T. Wanninger; M. Zimmermann: **Compliance-based decomposition for the topology optimization of robotic structures subject to dynamic loads.**

In this presentation we described a straightforward method to reduce the mass of a robotic link that is attached to the robot manipulator's structure. This structure is made up of various parts that are all susceptible to dynamic loads and have restrictions on the overall system deformation. For this, a limit on the total compliance energy is derived from the system requirement and then broken down into limits on the compliance energy for each component of the system. For each component, worst-case loads are identified from a set of force and moment paths. Then, distinct and discrete component optimizations are performed with a vastly decreased computing cost when compared to monolithic optimization.



Topology optimized robotic structures subject to dynamic loads

Supported by:



BUENA – Cross-sector industrialization of additive production



Philipp Schröder

BUENA's project consortium has identified several issues as barriers to additive manufacturing (AM). In order to resolve these, the aim is to industrialize AM across all sectors. In this way, it is intended to contribute to the promotion of material- and energy-efficient lightweight construction.

Focus topics of the LPL:

Emissions, Costs and Digital Twins

The project will be limited to the widely used laser powder bed fusion and direct energy deposition processes. Within this framework, the project aims to map or predict the costs and emissions of an AM component holistically over its life cycle. The technological realization of the project is carried out by a digital twin.

The result expected by the LPL

is a digital twin including cost and emission model. Using this the costs and emissions of the life cycle can be included early in the development process.

Partner

iABG VOITH

BOEING

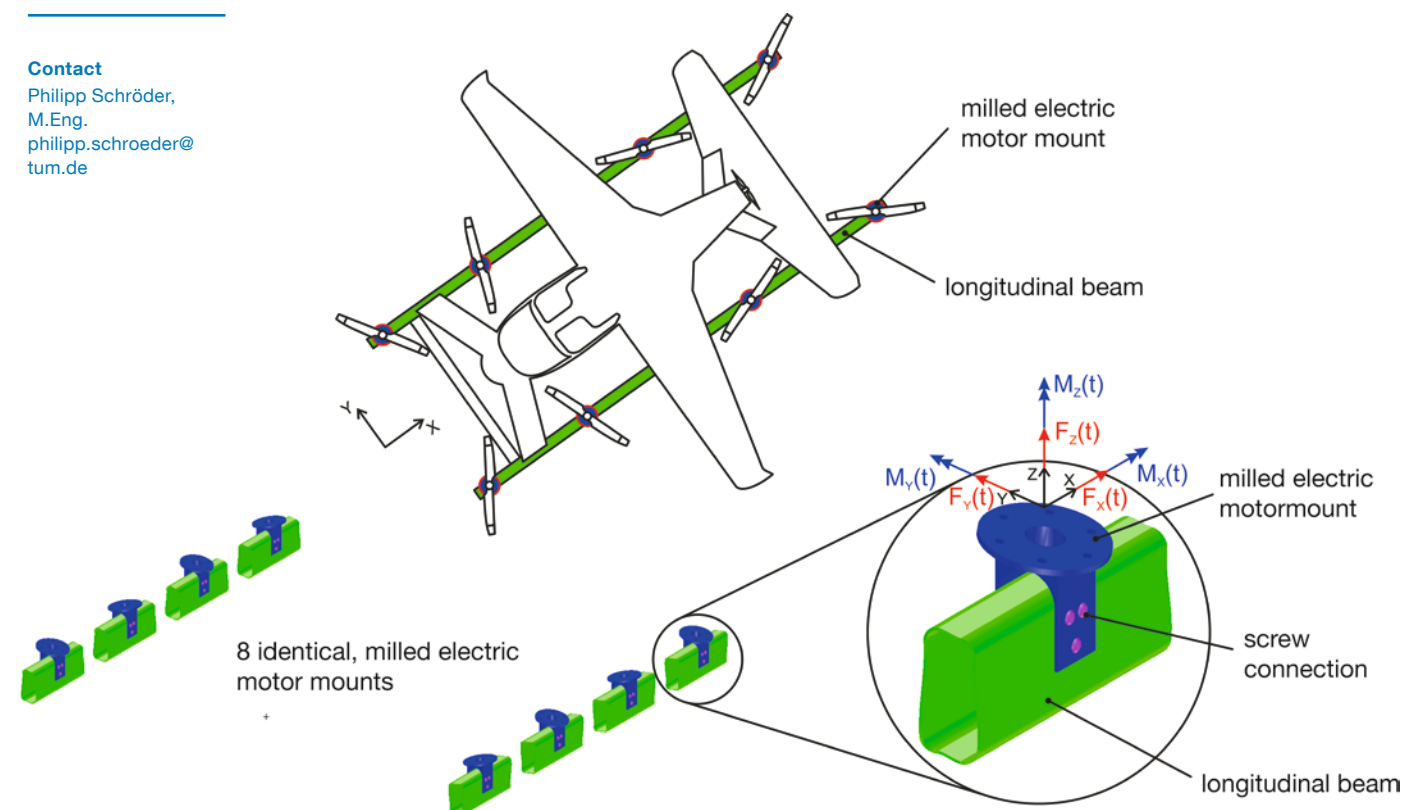
FIT iwb

nebumind

Fraunhofer IAPT

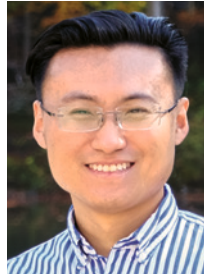
BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Contact
Philipp Schröder,
M.Eng.
philipp.schroeder@tum.de



Aerospace component to be developed
©BOEING

Der LPL verabschiedet Duo Xu und Jintin Frank



Duo Xu

Markus Mörtl

Zum 30. April 2023 verabschiedete der Lehrstuhl seinen wissenschaftlichen Mitarbeiter Duo Xu. Duo kam nach seinem Studium am Bejing Institute of Technology, an der RWTH Aachen und der TUM am 21. Mai 2018 an den LPL. Sein größtes Projekt war die „Systemauslegung zur Geräusch- und Schwingungsreduzierung SysDeNoR“ für die Zeidler-Forschungs-Stiftung. Zusätzlich war er intensiv in die Projekte Bionic Damper der TUM sowie das „ExoTool“ – ein roboterartiges, tragbares Werkzeug mit erweiterten ergonomischen Funktionen – für die KME Mittelstand GmbH involviert. Auch arbeitete er an dem Forschungsantrag „Smart Soil Compaction Devices SOLID“ für die Bayerische Forschungsförderung mit, dieses Projekt wird im Herbst bei uns starten.

In der Lehre war Duo verantwortlich für das FEM-Praktikum und beteiligt an weiteren Veranstaltungen (u. a. maßgeblich an der Vorlesung Design and Partitioning of Dynamic Systems von Dr. Stefan Sicklinger, der Leichtbau-Vorlesung und dem dazugehörigen Praktikum sowie den Vorlesungen Methods of Product Development und Produktentwicklung – Konzepte und Entwurf). Damit hat er an fast allen Lehrveranstaltungen des LPL mitgewirkt! Bei organisatorischen Tätigkeiten übernahm Duo u.a. die Abwicklung des Veröffentlichungsmanagements, die Verwaltung der Lehrstuhlbibliothek und die Durchführung des LPL Sommerfests. Auch war er für einige Zeit Sprecher der LPL Forschungsgruppe Solution Space Engineering. Zum Abschluss seiner Lehrstuhl-tätigkeit war Duo noch zu einem Forschungsaufenthalt am Imperial College in London tätig.

Wir danken Dir, Duo, für Deine Mitarbeit am LPL und Dein herausragendes Engagement! Du warst immer bereit anzupacken, wenn es was zu tun gab, und hast als einer der ersten Doktoranden des LPL diesen mitgestaltet. Wir wissen noch nicht, wo es Dich als nächstes zum Arbeiten oder Forschen hin verschlägt, wir wünschen Dir dafür jedoch jetzt schon viel Spaß und Erfolg!



Jintin Frank

Jintin Frank studierte an der Universität Stuttgart und war danach am Max-Planck-Institut in Garching beschäftigt. Von Dezember 2018 bis Juni 2022 war Jintin als externe Doktorandin des MPI für extra-terrestrische Physik am LPL tätig. Im Anschluss daran war sie bis zum 30. Juni 2023 in Teilzeit am LPL als wissenschaftliche Mitarbeiterin angestellt.

Jintin forschte über die Auslegung des dynamischen Verhaltens der Satellitenstruktur im Athena WFI-Projekts. Dabei ging es insbesondere um die Ableitung lösungsneutraler Komponentenanforderungen, die möglichst wenig einschränken, dennoch eine Zielerreichung des Gesamtsystems ermöglichen. Ihre Kompetenz in der Strukturoptimierung konnte sie auch im Projekt Low-Cost Lightweight Robotics einbringen. Im Projekt Proves unterstützte sie bei der Modellierung von CFK-Strukturen. In der Lehre am LPL war sie mit der Betreuung der Vorlesungen Methods of Product Development sowie Leichtbau betraut. Mehrere Semester war Jintin für das Bionik-Praktikum zuständig. Bei organisatorischen Themen kümmerte sich Jintin u.a. um die DSM-Konferenz, um die Verwaltung der Softwarelizenzen und die LPL Academy, ein Schulungs- und Weiterbildungsangebot des Lehrstuhls für Unternehmen. Sie war auch als Sprecherin der Forschungsgruppe Leichtbaustrukturen tätig.

Liebe Jintin, nun bist Du bei der Engineering Minds Munich GmbH tätig und führst Deine bisherigen Arbeiten kontinuierlich weiter. Wir wünschen Dir dafür alles Gute und viel Erfolg!

Neuer Mitarbeiter am LPL



Johannes Soika, M.Sc.

Herr Soika studierte Maschinenbau im Bachelor und Luft- und Raumfahrttechnik im Master an der RWTH Aachen. Während dieser Zeit machte er einige Auslandserfahrung, u.a. mit einem Erasmus-Semester in Lissabon und einem Praktikum in Kenia. Während seines Masters forschte Herr Soika an additiv gefertigten metallischen Mikrogitterstrukturen und publizierte bereits über deren mechanische Eigenschaften. Seine Masterarbeit verfasste Herr Soika über die Charakterisierung der thermischen Eigenschaften von Phasenwechselmaterial-Gitterstruktur-Kompositen. Industrieerfahrung machte er bei seinem sechsmonatigen Praktikum bei der Firma Airbus Defence and Space in der Abteilung Mechanisms Development and Engineering.

Seit Juni arbeitet Herr Soika im Projekt „PrintYourLab“ am LPL. Das Projekt befasst sich mit der konzeptuellen Entwicklung einer Point-of-Care Sensorik zur schnellen und effizienten Analyse von Wasserproben auf pathogene Keime in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Selektive Trenntechnik und der Firma domatec.

Veröffentlichungen

Yunzhe Zhang; Jintin Frank; Markus Zimmermann (2023): **Automatic design and optimization of a satellite structure using parametric CAD modeling.** International Conference on Research into Design ICoRD'23. Bengaluru, Indien.

Jasper Rieser; Markus Zimmermann (2023): **On the design of internal features for additive manufacturing.** 11. Landshuter Leichtbau-Colloquium. Landshut, Deutschland.

Ferdinand Wöhr; Ekin Uhri; Simon Königs; Jakob Trauer; Max Stanglmeier; Markus Zimmermann (2023): **Coordination and complexity: an experiment on the effect of integration and verification in distributed design processes.** In: Design Science.

Duo Xu; Yunzhe Zhang; Markus Zimmermann (2023): **Design of vibrating systems using solution spaces.** In: machines MDPI.

Jasper Rieser; Markus Zimmermann (2023): **Towards closed-walled designs in topology optimization using selective penalization.** In: Structural and Multidisciplinary Optimization.

Akhil Sathuluri; Anand Vazhapilli Sureshbabu; Jintin Frank; Maximilian Amm; Markus Zimmermann (2023): **Computational systems design of Low-Cost Lightweight Robots.** In: robotics MDPI.

Akhil Sathuluri; Anand Vazhapilli Sureshbabu; Jintin Frank; Maximilian Amm; Markus Zimmermann (2023): **Robust co-design of robots via cascaded optimization.** 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA.

Jintin Frank; Markus Zimmermann (2023): **On the derivation of inequality constraints for independent component optimization maintaining a minimum system eigenfrequency.** In: Journal of Sound and Vibration.

Eduardo Rodrigues Della Noce; Markus Zimmermann (2023): **Optimizing requirements for maximum design freedom considering physical feasibility.** International Conference on Engineering Design ICED23. Bordeaux, Frankreich.

Felix Endress; Jasper Rieser; Markus Zimmermann (2023): **On the treatment of requirements in DFAM: three industrial use cases.** International Conference on Engineering Design ICED23. Bordeaux, Frankreich.

Jakob Trauer; Duc Phat Mac; Markus Mörtl; Markus Zimmermann (2023): **A digital twin business modelling approach.** International Conference on Engineering Design ICED23. Bordeaux, Frankreich.

Marc Konrad Bernd Janousek; Duo Xu; Anand Vazhapilli Sureshbabu; Markus Zimmermann (2023): **Vibration reduction by tuned mass dampers inside cavities of topology optimized lattice structures.** International Conference on Engineering Design ICED23. Bordeaux, Frankreich.

Ziegler Klara; Marcus Volpert; Maximilian Amm; Birgit Vogel-Heuser; Karsten Stahl; Markus Zimmermann (2023): **MBSE incorporating time-dependent behavior for the design of robot-like systems.** International Conference on Engineering Design ICED23. Bordeaux, Frankreich.

Philip Le; Duo Xu; Anand Vazhapilli Sureshbabu; Markus Zimmermann (2023): **Vibration reduction of a hammer drill with a top-down design method.** International Conference on Engineering Design ICED23. Bordeaux, Frankreich.

Stefan Landler; Raúl Molina Blanco; Michael Otto; Birgit Vogel-Heuser; Markus Zimmermann; Karsten Stahl (2023): **Determination of the characteristics of gears of robot-like systems by analytical description of their structure.** 2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS. Detroit, USA.

Neuerscheinungen des Lehrstuhls

Sebastian Rötzer

Product Family Design: an Approach to Maintain External Variety, Manage Product Complexity, and Minimize Cost

This thesis presents an approach to cost optimize product families. It combines both a technical and an economical perspective to identify a cost optimized product family design which fulfills all customer requirements. It solves the so-called joint problem, i.e., it optimizes both commonality and component design. The approach consists of five steps to guide the user through the application: (1) collecting the requirements; (2) modeling and (3) quantifying technical dependencies; (4) modeling costs; and (5) identifying an optimized product family.

München: TUM, Diss 2023.

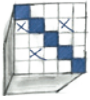
Simon Bernhard Pfingstl

Gaussian Processes for Prognostics

Gaussian processes are typically defined by a prescribed mean and covariance function. However, these prescribed functions without integrating prior information reduce the potential of Gaussian processes. In this work, we derive the mean and covariance function directly from previous trajectories to integrate prior knowledge into Gaussian processes. The approach is used to predict the degradation of mechanical systems, particularly the crack growth in aerospace structures.

München: TUM, Diss 2023.

Veranstaltungskalender



03. – 05. Oktober 2023

25th International Dependency and Structure Modelling Conference DSM

Göteborg, Schweden

dsm-conference.org



29. November 2023

Münchner Leichtbauseminar

Garching b. München

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



20. – 23. Mai 2024

18th International Design Conference

Cavtat, Kroatien

designconference.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



Homepage LPL



LinkedIn