



LPL news

ISSN 2568-9843 – 2024 – Jahrgang 7 – Nr. 02



**Der zweitkälteste
Ort Münchens**

Tieftemperaturversuche
am LPL

Vorwort

Liebe Freundinnen und Freunde des Lehrstuhls für Produktentwicklung und Leichtbau,

nach den LPLnews ist vor den LPLnews. Kaum ist eine Ausgabe fertig, arbeiten wir schon an der nächsten: schreiben, fotografieren, sammeln, organisieren, Layout setzen, korrigieren, drucken lassen, versenden ...

Wir forschen nicht nur, wir bearbeiten auch Aufträge und führen Versuche in unserem umfangreich ausgestatteten Prüffeld durch, wie wir am Beispiel Tieftemperaturversuche für Airbus oder dem Flügelbruchversuch der Akaflieg München zeigen.

Über mehrere Jahre haben wir mit Partnern eine Drehanode für die Krebsforschung entwickelt, die jetzt erstmals erfolgreich getestet wurde. Unsere Kompetenz im Bereich Robotik zeigt sich im Projekt IVARNext, wo wir einen Handlingsroboter für das MPI weiterentwickeln konnten.

Think.Make.Start. ist ebenso ein Dauerbrenner wie die LPLnews: Hier berichten wir von den Erfolgen im Batch #18. Herzlichen Glückwunsch den Gewinnern!

In den letzten Monaten standen wieder Konferenzen auf unserer Tagesordnung, diesmal die DESIGN Conference in Dubrovnik und die ECCOMAS in Lissabon. Auch ein Forschungsaufenthalt am IIT trug zum internationalen Austausch bei.

Ein Novum der vorliegenden LPLnews ist das „Wimmelbild“ in der Heftmitte. Hier gewinnen Sie einen gesammelten Eindruck unserer Projekte und Themen. Sprechen Sie uns gerne an, wenn Sie Ideen verfolgen, die zu unserem Spektrum passen könnten. Gemeinsam entwickeln wir Lösungen!

In den letzten Monaten haben uns mehrere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verlassen, aber es gibt auch Neueinsteiger: Wir geben einen Rückblick und stellen vor.

Viel Spaß beim Lesen der Lektüre wünschen Ihnen und Euch


Markus Zimmermann

Markus Mörtl

Tieftemperaturversuche für Airbus Bremen

Ludwig Krämer

Die Deharde GmbH in Varel, ein Spezialist für Windkanalmodellbau, beauftragt den Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau mit einem Tieftemperaturversuch für Airbus Bremen.

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

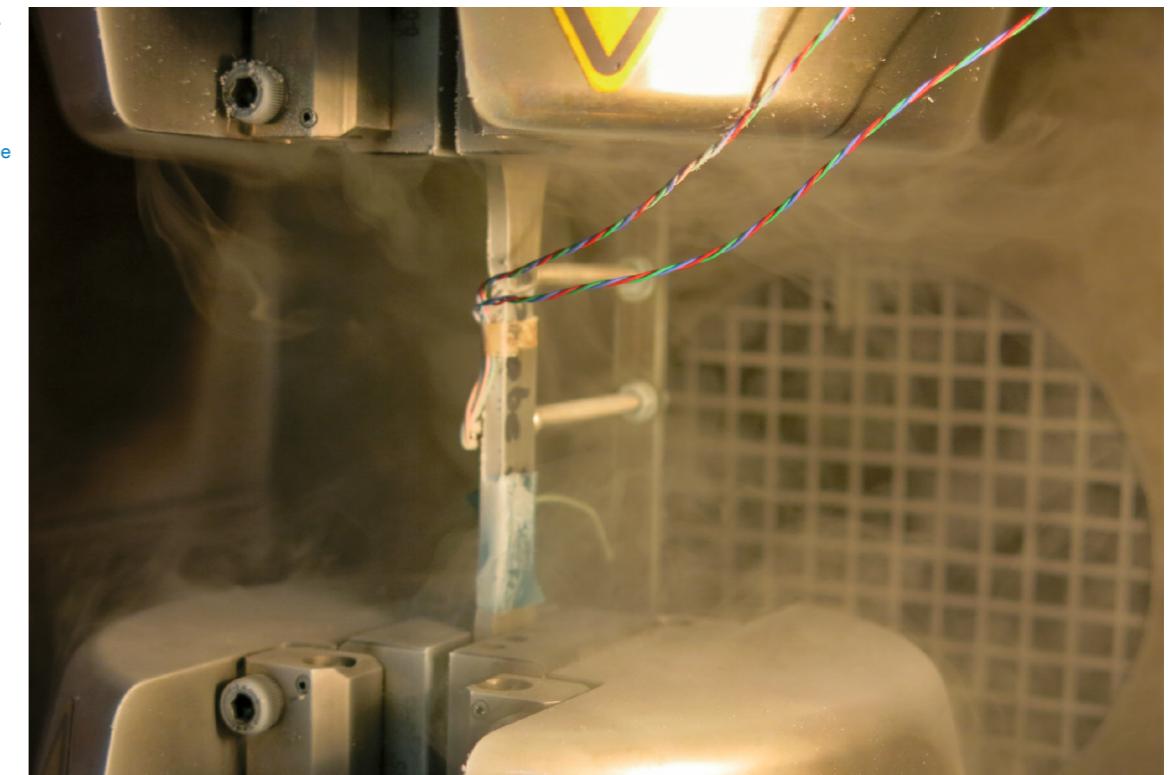


Fig. 1: Zugprobe in der Temperaturkammer bei -138°C. Gekühlt wird mit flüssigem Stickstoff.

Prüfaufgabe

Tieftemperatur-Zugversuche an Maraging Stahl, X3NiCoMoTi, zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften, für den späteren Einsatz im Kryo-Windkanal bei Airbus Bremen.

Versuchsdurchführung

Was passiert mit dem hochfesten und zähen Maraging Stahl bei Tieftemperatur? Während das Walther-Meißner-Institut in Garching den Temperaturbereich um vier Kelvin zur Grundlagenforschung nutzt, genügt dem LPL flüssiger Stickstoff, um in einer Temperaturkammer die geforderten -138°C (das entspricht 135,15 Kelvin) zum Tieftemperatur-Zugversuch zu gewährleisten. Zur genauen Ermittlung des E-Moduls, der Querzahl und der Bruchfestigkeit haben wir die Schulterproben mit geeigneten Dehnungsmessstreifen versehen. Damit kryogene Zugversuche erfolgreich durchgeführt werden können, wird ein spezielles Test-Setup benötigt. Mit hydraulischen

Spannzeugen und mit Spezialfett für tiefe Temperaturen eingesetzten Keilbacken wird die kontinuierliche Last auf die Proben aufgebracht. Während der Aufbringung der Last, wird ein Kraft über Dehnungs-Diagramm erzeugt. Hieraus werden die gewünschten mechanischen Eigenschaften ausgelesen und dokumentiert.

Versuchsergebnis

Trotz Minimalstatistik haben wir eine ausgezeichnete Ergebnisqualität erreicht. Dazu beigetragen hat auch die hervorragende Qualität bei der Fertigung der Schulterproben durch die Firma Deharde.

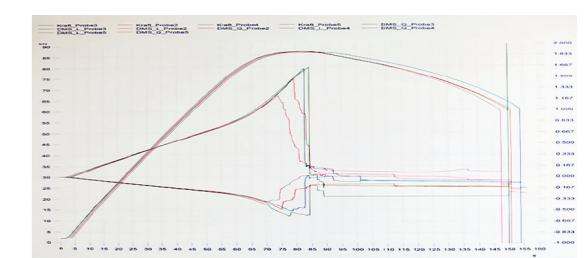


Fig. 2: Versuchsauswertung, Gegenüberstellung der Messkurven

Inhalt

- 02 Vorwort
- 03 Tieftemperaturversuche für Airbus Bremen
- 04 Erste Photos der Hochintensitäts-Röntgenstrahlen für Krebsheilung: LPL's rotierende Anode strahlt
- 06 Flügelbruchversuch MÜ32 in der Versuchshalle des LPL
- 07 IVARNext: A Redundant Serial Manipulator for the Inspection of a Nuclear Fusion Reactor
- 08 DESIGN Conference 2024
- 10 Research at LPL
- 12 Forschungskolloquium und Ehemaligentreffen 2024
- 13 Think.Make.Start. (TMS) – Gewinner von Batch #18
- 14 LPL goes to Italy! A Productive Research Exchange with the Italian Institute of Technology
- 15 ECCOMAS – 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering
- 16 Veröffentlichungen
- 17 Neuerscheinungen des Lehrstuhls
- 17 Neu am LPL
- 18 Der LPL verabschiedet Nicola Barthelmes, Klara Ziegler, Anand Suresh und Josip Stokić
- 20 Veranstaltungskalender
- 20 Impressum

Erste Photos der Hochintensitäts-Röntgenstrahlen für Krebsheilung: LPL's rotierende Anode strahlt

Mahadevan Ravichandran, Ludwig Krämer

Die von den LPL-Forschenden und ihren Partnern entwickelte rotierende Anode wurde erstmals getestet. Vorläufige biologische und physikalische Experimente waren erfolgreich.

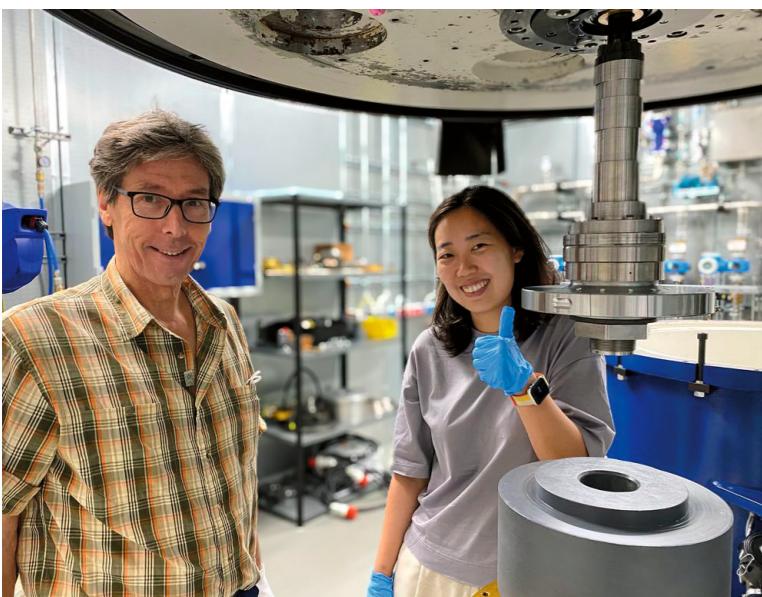
Projektübersicht

Die Mikrostrahlentherapie ist eine revolutionäre Krebstherapie, die von einem interdisziplinären Team präklinisch erforscht wird. Es handelt sich um die Erzeugung von hochintensiven, räumlich fraktionierten Röntgenstrahlen aus einer Röntgenröhre. Der Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau hatte die Aufgabe, die rotierende Anode für die Röntgenröhre zu entwickeln und zu prototypisieren.

Forschung

Die Entwicklung der Röntgenanode beinhaltete mehrere ingenieurtechnische Herausforderungen im Zusammenhang mit der hohen Leistung und Intensität der Röntgenstrahlen. Die Forschenden vom LPL konzipierten und simulierten systematisch die Anode, um sicherzustellen, dass sie den Betriebsbelastungen standhalten kann. Der Prototyp einer Anode aus einer Wolfram- und Molybdänlegierung wurde entwickelt. Ein sorgfältiger Montageprozess folgte, bei dem die Anode mit den anderen Rotationsantriebskomponenten verbunden wurde. Die Unterbaugruppe wurde in einem Hochgeschwindigkeitstest auf Festigkeit getestet, bevor sie montiert wurde.

Fig. 1: Das LPL-Team mit der montierten Drehanode nach erfolgreichem Hochgeschwindigkeits-Spinntest bei 200 Hz



Röntgenröhren-Montage

Die Anode und die Kathode wurden zusammen mit anderen Systemen in die Röntgenröhre eingebaut. Die Montage wurde akribisch auf die richtigen Vakuumforderungen konditioniert, bevor mit dem Betrieb begonnen wurde.

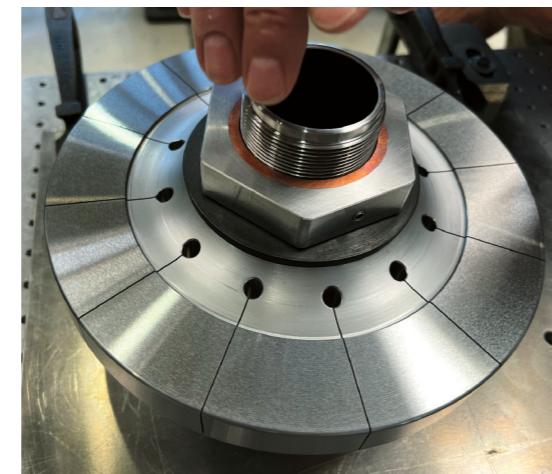


Fig. 2: Montage der Anode mit Spezialmutter und Federn zum Ausgleich der Wärmeausdehnung in der LPL-Werkstatt



Fig. 3: Montage der Anodendrehbaugruppe mit dem Motor durch das muFlash-Team

Contact

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

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

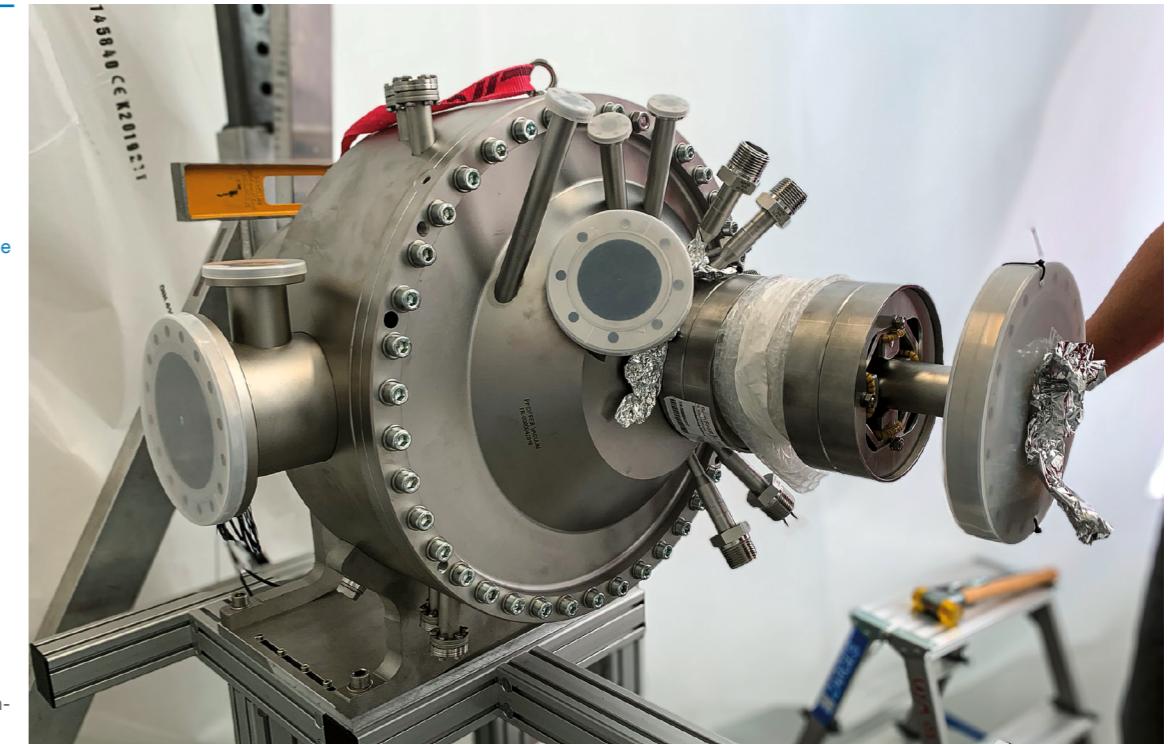


Fig. 4: Geschlossene Vakuumkammer mit Anode und Motor im Inneren und Elektronenstrahlrohr vorne

Betrieb

Nach der Montage der Anode mit elektrischen Komponenten für die Kathode und anderen Unter- systemen wurde die komplette Röntgenröhre von den Forschungspartnern vom LPL getestet. Eine Reihe von Tests wurde durchgeführt, bei denen Elektronenstrahlen von mehreren kW auf die rotierende Anode angewendet wurden, um Mikrostrahl-Röntgenstrahlen zu erzeugen.

Ergebnisse

Der Hochspannungselektronenstrahl von über 200 kV und mehreren kW Leistung wurde auf die rotierende Anode über eine dünne Linie von 50 µm Breite angewendet. Die Anode hielt den thermischen Belastungen erfolgreich stand und ermöglichte die Erzeugung von Mikrostrahl- Röntgenstrahlen. Die Röntgenstrahlen wurden auf biologische Proben angewendet, um Einblicke in diese bahnbrechende Krebstherapie zu gewinnen.

Fig. 5: Einzigartige räumlich fraktionierte Mikrostrahl-Röntgenstrahlen, wie durch eine Röntgenkamera gesehen (rechts) und auf die biologischen Proben angewendet (unten)

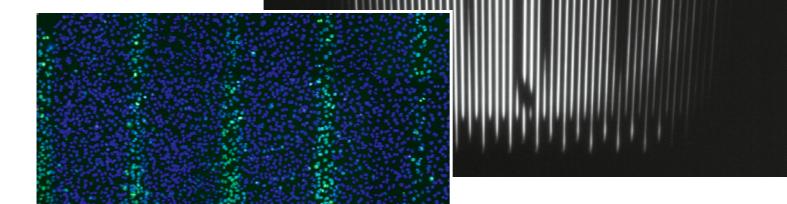
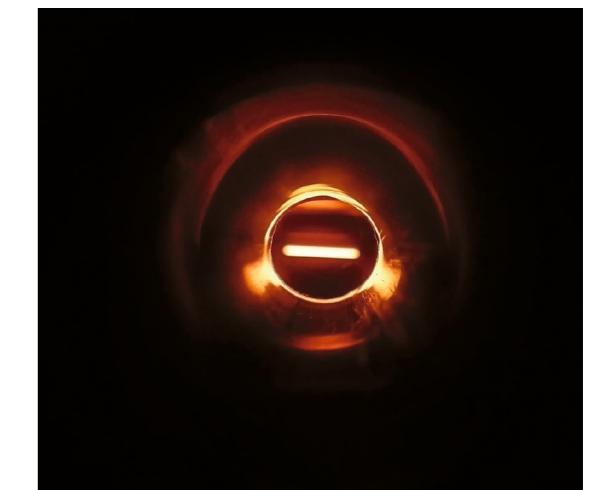


Fig. 6: 50 µm dünne Linie eines Hochspannungselektronenstrahls auf der rotierenden Anode angewendet



Flügelbruchversuch MÜ32 in der Versuchshalle des LPL

Ludwig Krämer

Warum wird in einem Flügelbruchtest der Segelflugzeugklasse „Unlimited“ die Struktur mit einer Sicherheitszahl $J = 2,3$ belastet?



Fig. 1: Animationsbild MÜ32 im Rückenflug

Die Akaflieg München e.V. an der TUM hat sich viel vorgenommen. In Eigenleistung wird das kunstflugtaugliche Segelflugzeug MÜ32 mit einer Spannweite von 12 m und einem maximalen „takeoff weight“ von 382 kg mit zahlreichen Studierenden und der Unterstützung von Ehemaligen in Faser-Verbund-Technik gebaut.

Um die Zulassung des Fliegers vom Luftfahrt-Bundesamt zu erlangen, muss mit einem Flügelbruchversuch nachgewiesen werden, dass eine Überlast von $J = 2,3$ im statischen Belastungsfall mit einer Temperaturbeaufschlagung von 57°C ertragen wird. Damit die Belastungszyklen bzw. die Betriebsstunden des Flugzeugs im statischen Test mit abgedeckt werden, entsteht

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

die ambitioniert wirkende Überlast beim Flügelbruchversuch von $J = 2,3$. Leider wurde bei der Versuchsdurchführung mit zahlreichem Publikum nur eine Sicherheitszahl von knapp $J = 1,7$ erreicht. Somit wurde das Ziel von $J = 2,3$ nicht geknackt, dafür aber die Prototypen-Tragfläche.



Fig. 2: Vorversuch mit einer Belastung von $J = 1$, entspricht einer Beschleunigung von 10 g

Ihr als tolles Team der Akaflieg München e.V. werdet in gewohntem Engagement einen zweiten Bruchflügel bauen und dann erfolgreich testen. Damit Ihr dann die Kunstflugfiguren, wie das Trudeln, mit der MÜ32 fliegen könnt, ist Euch die Unterstützung des LPL gewiss.



Fig. 3: Erstautes Fachpublikum auf der Galerie, nach dem Bruchversuch

IVARNext: A Redundant Serial Manipulator for the Inspection of a Nuclear Fusion Reactor

Akhil Sathuluri

Nuclear fusion research involves conducting experimental studies, often involving challenging conditions that run long without interruption. Remote handling robots are a critical technology to reduce downtime and improve efficiency in such testing campaigns. Tele-operable robots capable of vision and manipulation are valuable assets for inspecting and maintaining the experimental setup.

Construction and design

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

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



Fig. 1: A conceptual design of a full scale robot

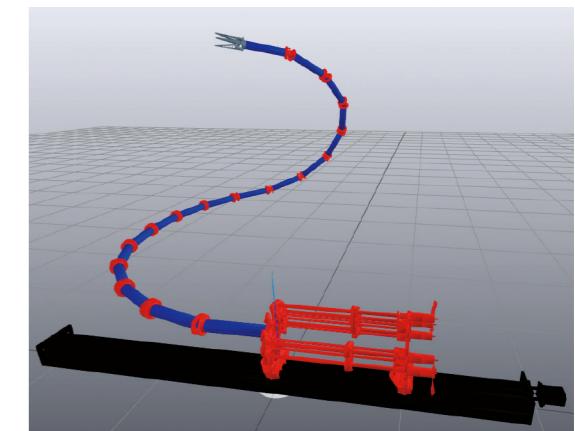


Fig. 3: Conceptual design of a full scale IVAR robot

Hardware construction

A scaled down model of the robot was developed in collaboration with the Max Planck Institute for Plasma Physics. The constructed robot was tested for movement and load carrying capacity to validate the system.



Fig. 2: Experiment involving loading the end-effector of the robot

Modelling and simulation

A mathematical model representing the physics of the robot is developed and a corresponding simulation model is implemented for testing and validating the developed controllers.

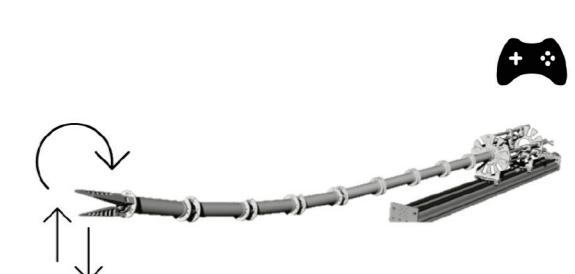
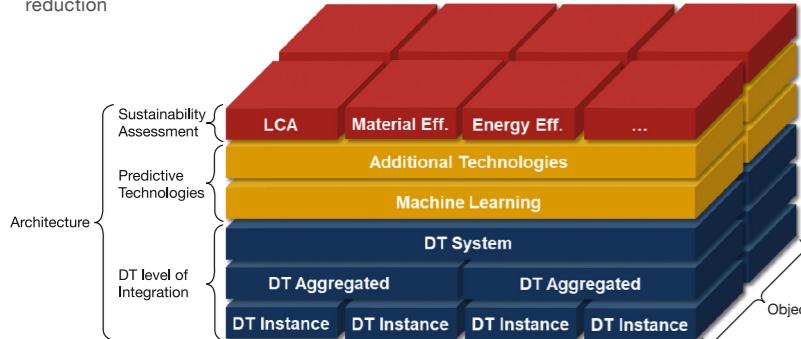


Fig. 4: The control of the robots end-effector according to the user-input given via a joystick

Four of our lab members had the opportunity to present this year at the DESIGN Conference in Cavtat near Dubrovnik, Croatia. After an intensive week of discussions on various topics and presenting our research to the community, we look forward to continuing these connections and meeting again at future events.

Fig. 1: Structure of a digital twin concept for carbon emission reduction

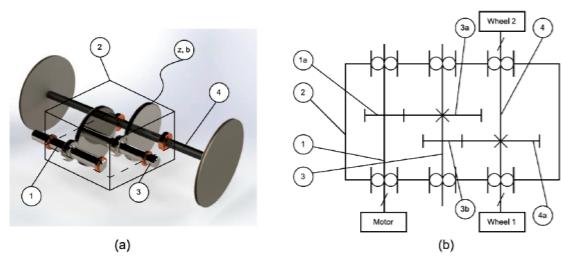


J. Kos, P. Schröder, J. Trauer, F. Endress, M. Mörtl, M. Zimmermann:
Improving Sustainability of Additive Manufacturing Processes Based on Digital Twins – a Case Study

This paper presents a case study analyzing the possibilities of integrating digital shadows in FDM printing processes. This approach enables the identification of emission peaks and their underlying drivers. Using these insights, it is possible to derive suggestions for a more emission-friendly design.

K. Ziegler, K. Demir, T. Luft, T. Mucks, M. Fürst, M. Otto, K. Stahl, B. Vogel-Heuser, M. Zimmermann:
Computing Solution Spaces for Gear Box Design

Fig. 1: The two-stage gear box as (a) CAD and (b) principal sketch



The design of gear boxes is a complex challenge characterized by conflicting requirements and seemingly circular dependencies. Existing tools

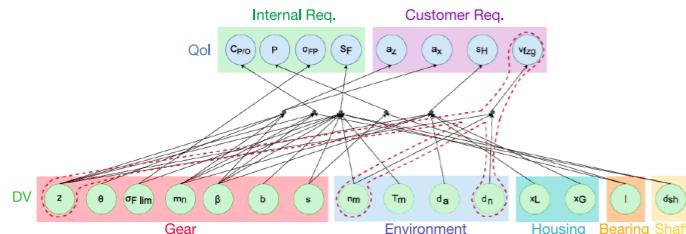


Fig. 2: Overview over quantities of interest and design variables

support engineers but focus on a single predefined design, often leading to costly iterative processes and non-optimal solutions. Solution Space Engineering (SSE) alleviates this by generating multiple designs represented by solution spaces. For this, a particular model structure is needed, which requires restructuring existing models, such as those from industry standards. The application of solution spaces to a two-stage gear box is presented.

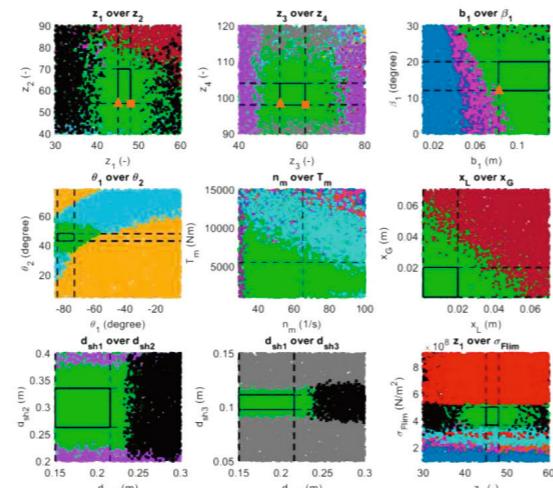


Fig. 3: Excerpt of solution spaces for a gear box

T. Wanninger, J. Frank, M. Zimmermann:
Topology Optimization of Multiple Robot Links Considering Screw Connections

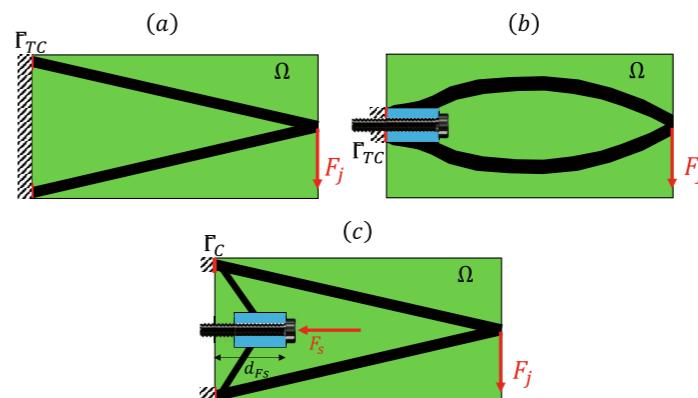


Fig. 1: Results of topology optimization (a) with a boundary that can support tension and compression, (b) with only the screw connection providing support, and (c) the presented approach, where the boundary can support compression and the screw connection provides sufficient axial tensile force

More information
Proceedings of the Design Society 2024
Published online by Cambridge University Press

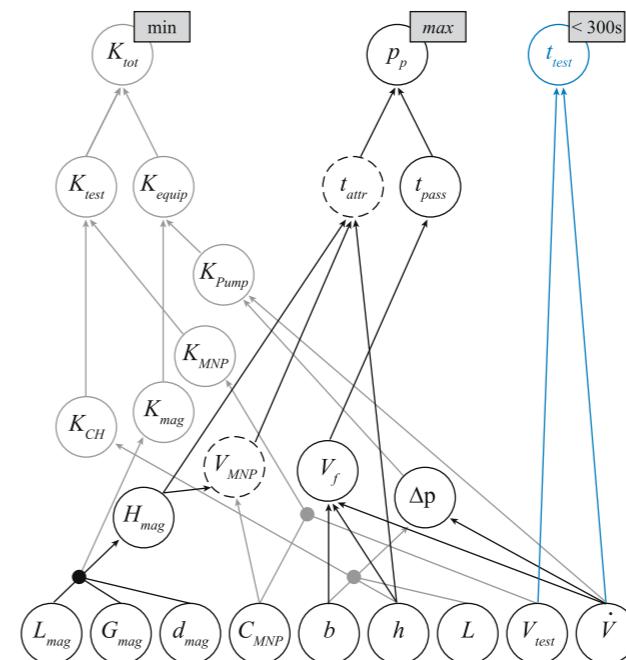


Fig. 1: Attribute dependency graph of the detection system

This paper presents a method for the lightweight design of robotic links subject to dynamic loads and requirements on the overall system stiffness. It includes (1) a decomposition scheme enabling separate component optimization and (2) a topology optimization approach for optimal load path design of screw connections. The approach reduces computing cost and the mass of designs with screw connections.



Fig. 2: 3D printed optimized parts from Link1 (left) to Link4 (right)

J. Soika, T. Wanninger, P. Muschak, S. Schwaminger, S. Berensmeier, M. Zimmermann:
Designing Lab-on-a-chip Systems with Attribute Dependency Graphs

In this paper, we develop an attribute dependency graph for a millifluidic pathogen detection system. The graph focuses on the three quantities of interest in lab-on-a-chip system design: detectability, assay time, and cost. The graph can be used to identify design conflicts within the system design.

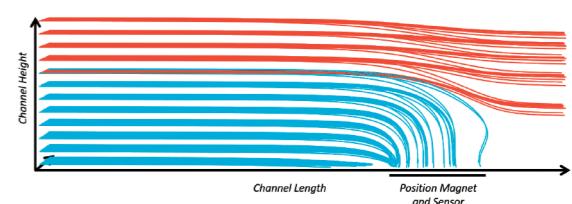
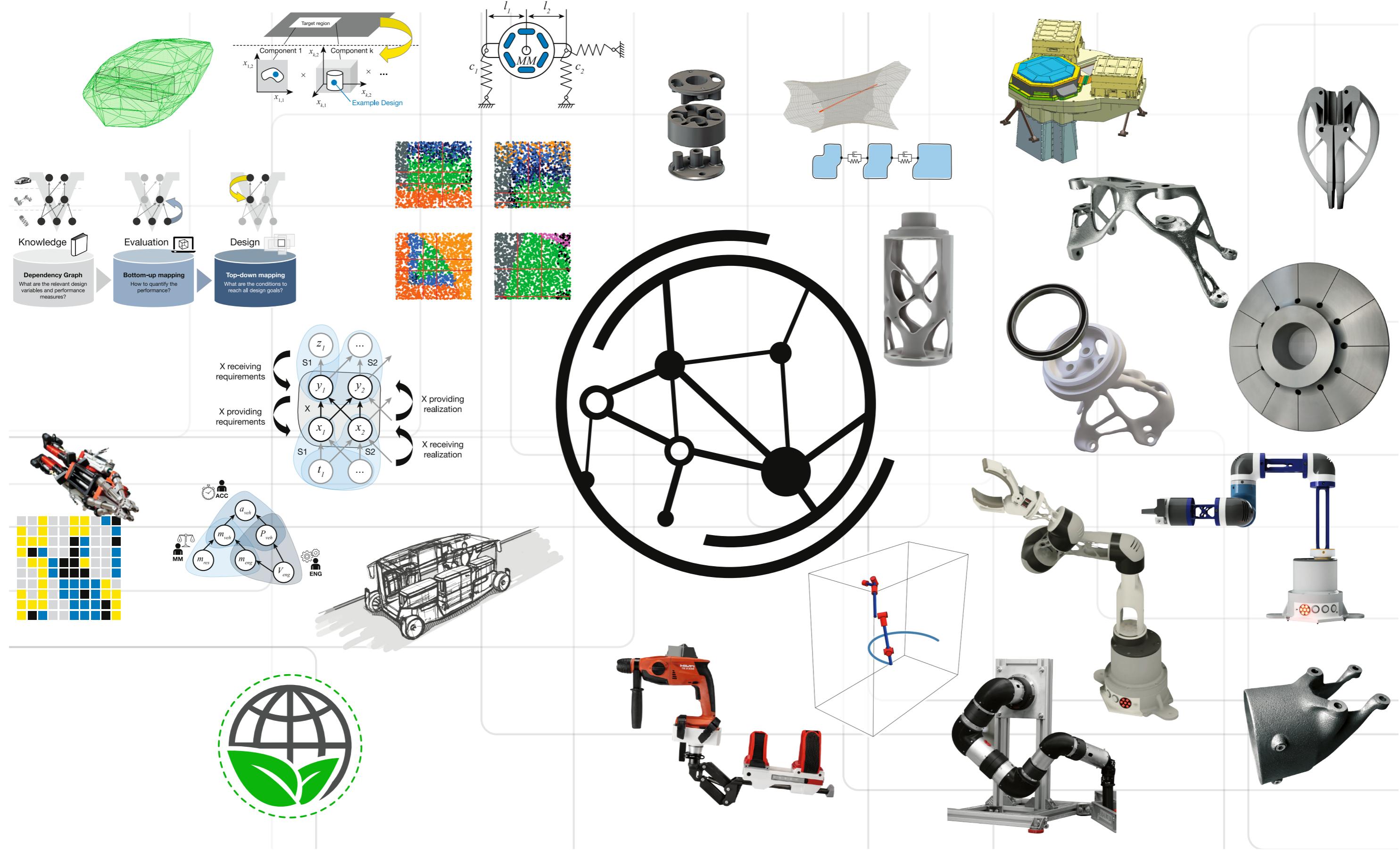


Fig. 2: Trajectories of the pathogens within the channel

Research at LPL



Forschungskolloquium und Ehemaligentreffen 2024

Markus Mörtl

Am 28. Juni 2024 fand in gewohnter Weise das jährliche Forschungskolloquium „Aktuelle Themen aus Produktentwicklung und Leichtbau in Forschung und Praxis“ am LPL statt.

Fast 50 Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Contact
Dr.-Ing. Markus Mörtl
markus.moerl@tum.de

Trotz des sommerlichen Wetters fanden über 30 Ehemalige der Lehrstühle Leichtbau, Konstruktion im Maschinenbau, Produktentwicklung und des LPL für einen Nachmittag und Abend den Weg zurück an die TUM und an unseren Lehrstuhl. Das Treffen startete mit einem Rückblick von Professor Zimmermann auf das vergangene Jahr, die seit letztem Jahr gestarteten Projekte, Forschungsergebnisse, Abgänge und Zuwächse bei den Mitarbeitenden, Konferenzbesuche sowie allgemeine Lehrstuhltätigkeiten und einem Ausblick auf neue Aktivitäten und die Ausrichtung des LPL.

Zwei aktuelle und spannende Vorträge aus der Industrie

Dr. Uwe C. Müller, Ehemaliger des Lehrstuhls für Leichtbau und seit einigen Jahren bei Airbus Defence and Space tätig, spannte mit seinem Vortrag „Mechanismen für die Raumfahrt – Anwendungen, Herausforderungen und Entwicklungsphasen“ den Bogen vom Thema Leichtbau bis zur methodischen Produktentwicklung. Er schilderte den Spagat zwischen kundenorientierter Entwicklung und Risikominimierung einer Satellitenentwicklung und erläuterte die Programmphasen von der ersten Analyse der Raumfahrtmission bis zur Umsetzung.

Fig. 2: Besichtigung der Lehrstuhl-Werkstatt



Fig. 1: Dr. Müller und Dr. Böhmer bei ihren Vorträgen

Dr. Annette Böhmer, einst am LPL und zuvor schon am Lehrstuhl für Produktentwicklung aktiv, begeisterte mit ihrem lebhaften Vortrag „Innovationen in großen Unternehmen“. Sie sprach über ihre kreative und spannende Arbeit bei Think.Make.Start., das sie vom Lehrstuhl in die BMW Group gebracht und dort erfolgreich weiterentwickelt hat. Dabei zog sie einen Vergleich zwischen den TMS-Hackathons der TUM-Studierenden und denen der Mitarbeiter eines großen OEM. Nach einer längeren Diskussionsrunde und einem Rundgang durch die Lehrstuhl-Werkstatt mit Besichtigung des Versuchsfeldes ging es locker über in den geselligen Abend mit weitergehendem Erfahrungsaustausch, persönlichen Veränderungen, Vernetzungen etc.

Der LPL bedankt sich für das Interesse und die Beteiligung aller Ehemaligen und freut sich auf ein Wiedersehen im nächsten Jahr.

Think.Make.Start. (TMS) – Gewinner von Batch #18

Klemens Hohnbaum

Zu Beginn des Sommersemesters 2024 fand erneut das bewährte Innovationsformat THINK.MAKE.START. (TMS) statt. 51 Studierende aller Fakultäten der Technischen Universität München nahmen in insgesamt 10 Teams daran teil.

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

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

More information
www.tms.tum.de/

NaviCAD erhielt dabei vom Publikum den THINK.-Award für die beste Idee. Das Team präsentierte ein Gerät, mit dem intuitiv in 3D-Modellen navigiert werden kann. Eine Anwendung hier ist etwa eine verbesserte Kommunikation zwischen Ärzten und Ärztinnen mit Patienten und Patientinnen, beispielsweise bei der Nutzung von 3D-Modellen bei der Diagnosebesprechung.

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.



Das Team **Winflow** stellte eine nachrüstbare Lösung für Fenster vor, um ein automatisiertes Lüftungsverhalten zu ermöglichen. Diverse Sensoren evaluieren die Luftqualität, das Fenster kippt bzw. öffnet sich entsprechend. Zudem lässt sich das Fenster damit auch in eine bestehende Smart Home Solution einbinden, um beispielsweise das Fenster von unterwegs aus zu schließen, etwa bei drohendem Unwetter. Zudem lässt sich das Fenster noch wie gewohnt öffnen und schließen. Das Team 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 **ScanCheck Solutions** für ein System zur logistischen Erfassung von Sanitätsmitteln. Im Einsatz von Rettungssanitätern müssen alle gewohnten Instrumente zur Verfügung stehen, d.h. der Rucksack muss zu jeder Schicht vollständig gepackt sein. Die vorgestellte Lösung scannt den Rucksack und ermittelt durch RFID-Chips entnommene bzw. abgelaufene Inhalte. Damit lässt sich der Rucksack zeitsparend packen, zudem wird die Gefahr von Packfehlern minimiert.

Wir danken allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern für eine gelungene und reibungslose Veranstaltung, sowie unseren Partnern UnternehmerTUM,



THINK. MAKE. START.

LPL goes to Italy! A Productive Research Exchange with the Italian Institute of Technology

Akhil Sathuluri

A four-month research exchange to work with the Artificial and Mechanical Intelligence (AMI) research line at the Italian Institute of Technology was made possible by LPL and DAAD. The exchange involved a design study applying the co-design optimisation methods developed at LPL to improve the robustness of the ergoCub robot built by the AMI team, introducing solution space optimisation methods to our counterparts. We at LPL have for the first time used these methods for the co-design of humanoid robots, thanks to the vast knowledge and prior open-source research done at AMI. We have brought home bottom-up models for the control and simulation of floating based robots.



Fig. 1: Istituto Italiano di Tecnologia in Genoa

About AMI

The IIT is well known for their iCub robot, one of the largely used research platforms for humanoid control and human-robot-interaction research across the world. The team at AMI are experts in the modeling and control of humanoid robots and work in the intersection of mechanical and artificial intelligence.



Fig. 2: Participation at a research increment at AMI-IIT

Contact

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



Fig. 3: Ergo cub robot performing manipulation tasks

Team Alpha

Of the several teams within AMI, we collaborated with the Team Alpha, focused on the co-design of the ergoCub humanoid robot. We joined the existing co-design efforts at Team Alpha with respect to improving the current version of the robot design.

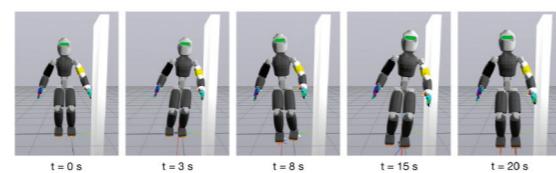


Fig. 4: Improved behavior of the robot in the presence of disturbances

Robust co-design of robots with tolerance to disturbances

We proposed a two-step optimisation strategy to improve the robots response in the presence of unmodeled disturbances like stepping on a rubble, collision with a wall, via solution space optimisation with disturbance tolerance (SSO-DT).

9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering

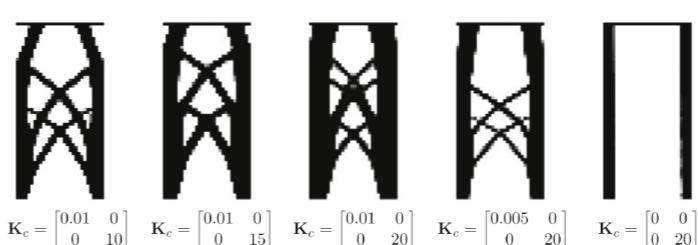
Felix Endreß, Tobias Wanninger

Felix Endress and Tobias Wanninger attended the 9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2024) in Lisbon from 3rd to 7th of June, 2024. This prestigious conference, renowned for its focus on advanced computational techniques and their applications across various engineering disciplines, provided an exceptional platform for knowledge exchange and networking. Papers will be published later this year.

Topology Optimization Subject to Constraints on the Interface Stiffness Matrix

Tobias Wanninger, Elif Gündoğan and Markus Zimmermann
Tobias Wanninger, M.Sc.
tobias.wanninger@tum.de

Topology optimization generates optimal designs for specified loads. This includes designs with minimal mass subject to a constraint on a system response, such as deformation. Many loading scenarios, and, thus, many constraints on the system response can make topology optimization expensive. This is particularly relevant under uncertain loading conditions. Similarly, in optimization problems subject to constraints on the total eigenfrequency, many vibrational modes have to be considered. For these problems, it is beneficial to formulate constraints on the stiffness of the structure rather than on its response to individual loads. In an approach, introduced by Frank et al. and Frank and Zimmermann, this is done using a so-called interface stiffness matrix (or similarly its inverse, a compliance matrix). More specifically, the lowest eigenvalue λ_{min} of the so-called stiffness excess matrix, i.e., the difference between the interface stiffness matrix \mathbf{K} and a limit matrix \mathbf{K}_c , is subject to the constraint to be positive. This ensures sufficient overall stiffness. In this paper we present (1) a motivation of a meaningful limit stiffness matrix \mathbf{K}_c for many loads, and (2) an algorithm to solve the topology optimization problem subject to the constraint $\lambda_{min}(\mathbf{K} - \mathbf{K}_c) \geq 0$ to ensure sufficient stiffness.



Design Domain Distribution for Topology Optimization Using Machine Learning

Felix Endress, Sergi Pagés í Diaz and Markus Zimmermann



Fig. 1: CAD representation of a glider's mechanism. Its structural components are to be designed with Topology Optimization.

The design domain has significant influence on the result of a topology optimization. When several components are to be topology optimized separately, the allocation of the available space to each of them will be crucial for the resulting mechanical performance of the system. Unfortunately, the optimal allocation depends on the results of component optimizations which are not known initially. This chicken-or-egg problem was solved in [Endress 2023] by solving several component topology optimization problems for varying design domains as preparation and making the relationship between resulting component mass and design space available as sample data. Based on this sample data, good design domains can be chosen manually. Unfortunately, this technique is limited to very simple design problems. To extend it to more complex design problems and to automate the approach, this paper proposes the following alternative: For a sample of varying design domains, topology

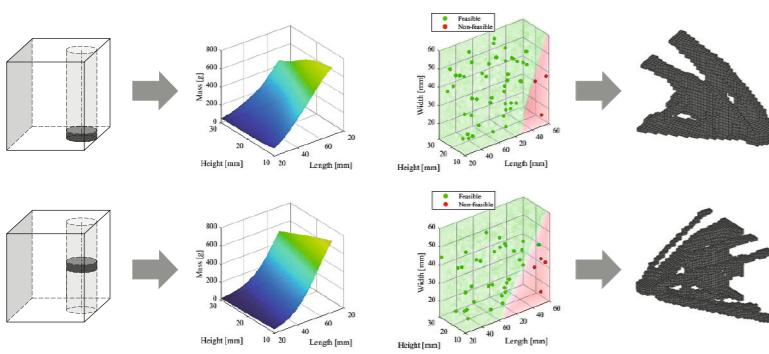


Fig. 2: Design process starting from design domains (left), sampling and Machine Learning modelling (middle), and finalized components (right) for structural brackets A (top) and B (bottom). Both their design domains and topologies are optimized.

optimizations are performed for each component. Then, based on these data, meta models are trained to estimate (1) the physical feasibility and (2) the mass of individual components, as a function of the dimensions of the allocated design domain. The actual design domains are then allocated by numerical optimization using these meta models. Final geometries are determined by detailed topology optimizations on these design domains. The method is applied to the steering mechanism of a glider plane. A reduction in mass by 10.1 %, compared to a manual distribution of design domains could be achieved.

Neuerscheinungen des Lehrstuhls

Jakob Benjamin Trauer

On the Conception and Implementation of Digital Twins – Supporting Companies in the Development of Digital Twins

This work presents a toolbox supporting engineering firms in the conception and implementation of Digital Twins (DTs). The proposed toolbox consists of six main elements: (1) a procedure model guiding the development, (2) a business modeling approach to assess the value of DTs, (3) a value map supporting the identification of value propositions, (4) a catalogue to support the ideation of suitable DT use cases, (5) a template for consistent documentation of use cases, and (6) a trust framework supporting companies in building trust in their DT solutions.

München: TUM, Diss 2024.

Neu am LPL

Veröffentlichungen

Chi Zhang; Akhil Sathuluri; Markus Zimmermann (2023): **Solving the Swing-up and Balance Task for the Acrobot and Pendubot with SAC**. In: arXiv.

Marcus Volpert; Birgit Vogel-Heuser; Dominik Hujo; Karsten Stahl; Markus Zimmermann (2024): **Compatibility Assessment for Interfaces in Drivetrains of Robot-Like Systems**. In: Procedia Computer Science.

Matteo Pantano; Vladislav Klass; Qiaoyue Yang; Akhil Sathuluri; Daniel Regulin; Lucas Janisch; Markus Zimmermann; Dongheui Lee (2024): **Simplifying Robot Grasping in Manufacturing with a Teaching Approach based on a Novel User Grasp Metric**. In: Procedia Computer Science.

Nuno Miguel Martins Pacheco; Mara Geisler; Medina Bajramovic; Gabrielle Fu; Anand Vazhapillil Sureshbabu; Markus Mörtl; Markus Zimmermann (2024): **Learning by Doing? The Relationship between Effort, Learning Effect and Product Quality during Hackathons of Novice Teams**. In: Design Science.

Klara Ziegler; Kutay Demir; Thomas Luft; Thomas Mucks; Marius Fürst; Michael Otto; Karsten Stahl; Birgit Vogel-Heuser; Markus Zimmermann (2024): **Computing Solution Spaces for Gear Box Design**. In: Proceedings of the Design Society.

Tobias Wanninger; Jintin Frank; Markus Zimmermann (2024): **Topology Optimisation of Multiple Robot Links Considering Screw Connections**. In: Proceedings of the Design Society.

Johannes Soika; Tobias Wanninger; Patrick Muschak; Sebastian Schwaminger; Sonja Berensmeier; Markus Zimmermann (2024): **Designing Lab-on-a-chip Systems with Attribute Dependency Graphs**. In: Proceedings of the Design Society.

Jessica Kos; Philipp Schröder; Jakob Trauer; Felix Endress; Markus Mörtl; Markus Zimmermann (2024): **Improving Sustainability of Additive Manufacturing Processes Based on Digital Twins – a Case Study**. In: Proceedings of the Design Society.



**Julian Mogk,
M.Sc.**

Julian Mogk studierte Maschinenbau im Bachelor an der Technischen Universität Hamburg und Allgemeiner Maschinenbau im Master an der RWTH Aachen. Er verbrachte ein Auslandssemester an der Universität Lund in Schweden und ein Auslandssemester an der University of California, Davis in den USA. Während seines Masterstudiums vertiefte er seine Kenntnisse in den Bereichen Simulations-technik und Werkstofftechnik. In seiner Masterarbeit untersuchte er das Schadensrisiko von Kegelrollenlagern im Getriebe von Windenergieanlagen mithilfe von Mehrkörper-simulationen. Industri-erfahrungen machte er während eines Praktikums bei der BMW AG im Bereich der Fahrdynamik.

Seit Mai arbeitet Herr Mogk im Projekt MeViPeP am LPL. Das Projekt befasst sich mit Bewertungs-methoden und Metriken zum Monitoring und strategischen Ausbau des Virtualisierungsgrades eines PKW-Entwicklungsprozesses in Kooperation mit der Audi AG.



**Ruslan
Cherednychenko**

Markus Mörtl

Am 1. August durften wir unseren neuen Mitarbeiter Herrn Ruslan Cherednychenko am LPL willkommen heißen. Er verstärkt das Team in Prototypenbau, Werkstatt und Versuchsfeld.

Herr Cherednychenko erlernte den Beruf des Kfz-Mechatronikers in Charkiw (Ukraine) und war mehrere Jahre selbstständig tätig. Vor ein paar Jahren besuchte er eine Technikerschule für unbemannte Flugzeuge. In seinem Konstruktionsbüro entwickelte und baute er – unter Einsatz von 3D-Druckern – Flugzeugmodelle und verkaufte diese an Behörden, Landwirte und Geographen. 2022 kam Herr Cherednychenko mit seiner Familie nach Deutschland. Im Mai 2024 absolvierte er ein Praktikum bei der KRP Mechatec GmbH in Garching. Da unser Lehrstuhl enge Kontakte zu KRP pflegt, wurde uns Herr Cherednychenko vom Geschäftsführer Markus Reindl als neuer Mitarbeiter für unsere Werkstatt empfohlen.

Nun freuen wir uns über seine Unterstützung und seinen Input im Bereich 3D-Druck und Prototypenbau sowie bei Lehrveranstaltungen und wünschen Herr Cherednychenko interessante und lehrreiche Projekte bei uns.

Der LPL verabschiedet Nicola Barthelmes, Klara Ziegler, Anand Suresh und Josip Stokić



Markus Mörtl

Nach gut vier Jahren verlässt uns Nicola Barthelmes am 31. Mai 2024.

Nicola Barthelmes startete im April 2020 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am LPL. Ihre Forschungsprojekte befassten sich mit autonomem Fahren, der Sensorplatzierung hochautomatisierter Fahrzeuge und dem Product Family Design with Solution-Compensation Spaces in Kooperation mit den Firmen AUDI und CARIAD unter Begleitung unseres Lehrbeauftragten Dr. Stefan Sicklinger.

Nicola Barthelmes

Während ihrer Lehrstuhltätigkeit war Nicola zeitweise für das Marketing zuständig und organisierte Eignungsfeststellungsgespräche und Eignungstests. Sie war längere Zeit Lehresprecherin und direkt in mehrere Lehrveranstaltungen involviert (DPDS, MPD, MDO). Auch bei Forschungsanträgen brachte sie ihr Wissen und ihre Ideen ein (siehe z.B. das BMWK-Projekt KREATIVE).

Nicola, Deine kritischen Fragen im Doktorandenseminar haben die Kolleginnen und Kollegen immer herausgefordert und auch zum Nachdenken gebracht. Du hattest auf vieles Antworten und hast jederzeit unterstützt.

Wir sagen vielmals Danke für Deine Mitarbeit am LPL und wünschen Dir nach Deinem Umzug für Deine Jobsuche viel Erfolg und spannende neuen Aufgaben.



Markus Mörtl

Nach fast sechs Jahren am LPL wechselt Anand Suresh Ende Mai 2024 zu sewts.

Vor seiner Zeit am LPL agierte Anand Vazhapilli Sureshbabu bereits an der Warsaw University of Technology, der Ecole Centrale de Nantes und dem Istituto Italiano di Tecnologia. Seinen Ph.D. erhielt er an der University of Genoa (Titel der Dissertation „Design and development of robust hands for humanoid robots“). Als PostDoc kam Anand im August 2018 an den LPL.

Anand Suresh

Anand war in all seinen Projekten Robotik-affin, in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl mimed im Projekt LCL Robots und mit dem LfE im KME-Projekt ExoTool; weitere Projekte waren u.a. Roboy und das BMWK-Projekt ProVeS. Bei Projektideen wie z.B. sich als Kunstwerk bewegenden Rohren oder Bionischen Betriebsmitteln war er als aufgeschlossener und treibender kreativer Kopf dabei. Er initiierte und startete mehrere Forschungsanträge, auch mit anderen Lehrstühlen und diversen Firmen.

Auf Anands Idee hin wurde das Praktikum ExoSkeleTUM angeboten und durchgeführt. Auch bei der Vorlesung MPD war er involviert. Anand war viel in unserer Werkstatt tätig und kümmerte sich intensiv um das Thema 3D-Druck am LPL.

Für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler warst Du stets ein kreativer Kopf. Das soll am LPL weiterleben, ich hoffe wir können noch lange davon profitieren. Wir wollen auch nicht vergessen: Der von Dir initiierte „ANAND-Prozess“ wird bei uns weiterhin angewandt! Danke für die nette und intensive Zusammenarbeit und Deinen Input. Für Deine neuen Aufgaben bei sewts wünschen wir Dir viele kreative Ideen, ein aufgeschlossenes Team und Möglichkeiten zur Umsetzung und Vermarktung.



Markus Mörtl

Klara Ziegler verlässt den LPL im Juni 2024 Richtung Siemens.

Am 1. September 2021 nahm Klara Ziegler im Anschluss an ihr Maschinenbau-Studium am KIT ihre Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am LPL auf. In ihrem DFG-geförderten Forschungsprojekt DSL4RAS zusammen mit dem AIS und dem FZG ging es um Systemarchitektur und modulares Design roboterartiger Systeme mittels multidimensionaler Kennfelder. Im Projekt DIVA beschäftigte sie sich zusammen mit mehreren Kolleginnen und Kollegen mit der Systemauslegung in der Robotik. Aufgrund ihrer fachlichen Ausrichtung war Klara dann auch Sprecherin der LPL-Forschungsgruppe „Solution Space Engineering“.

Klara Ziegler

Ebenso wie Nicola Barthelmes war Klara einige Zeit für das Marketing und die Außendarstellung des LPL verantwortlich, auch war sie ein Jahr lang unsere Orga-Sprecherin. In ihren Lehrempfehlungen unterstützte sie Vorlesungen wie MPD und PKE und organisierte unsere SAMA-Academy für Studienarbeiten im Master. Nicht zu vergessen ist, dass Klara eine treibende Kraft in der LPL-Fußballmannschaft war und sich um die Teilnahme am Fußballturnier der SoED kümmerte.

Klara, Du hast dich in viele Themen reingeknet und einiges vorangetrieben – auch außerhalb des Tagesgeschäfts. Danke für Deine Kollegialität und deine Mitarbeit am Lehrstuhl, es hat immer Spaß gemacht.

Für Deine Tätigkeit in unserer unmittelbaren Nachbarschaft bei Siemens wünschen wir Dir ebenso nette Kolleginnen und Kollegen sowie interessante und herausfordernde Aufgaben. Alles Gute!



Josip Stokić

Ludwig Krämer

Der LPL verabschiedet Josip Stokić in den Ruhestand.

Nach vielen Jahren am Lehrstuhl für Leichtbau LLB und am LPL verließ uns Josip zum 31. Juli 2024 in den wohlverdienten Ruhestand.

Bei der Unterstützung diverser Projekte löste Josip, als Mann für alle Fälle, alle mechanischen Ideen und aufkommenden Probleme. Bei großen Strukturbauabtasttests wie Milan, Formvariable Flügelvorderkante und MÜ32 Flügelbruchtest, bohrte Josip die wirklich großen Löcher. Auch bei der anspruchsvollen Gestaltung von Lasteinleitungen-Aufnahmen brachte er seine Fähigkeiten beim Schweißen ein.

Wenn es um kleine Leichtbauorientierte Baugruppen, DIVA und LCL Robotics ging, kam sein ganzes Können zum Vorschein. Bei Kleinserien war immer ein Lächeln zu erkennen.

Josip, Deine stets hilfreiche Art hat nicht nur uns am LPL Freude gemacht, sondern auch die wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen von LHT und LLS sehr gefreut! Für Deinen Ruhestand wünschen wir Dir viele neue Eindrücke und alles Gute. Wir freuen uns darauf, wenn Du mit Deinem neuen E-Bike bei uns vorbei schaust!

Veranstaltungskalender



24. – 26. September 2024

**26th International Dependency and Structure
Modelling Conference DSM**

Stuttgart

dsm-conference.org



11. – 14. August 2025

**25th International Conference on Engineering
Design 2025**

Dallas, USA

iced.designsociety.org



27. November 2024

Münchener Leichtbauseminar

Garching b. München

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

WCSMO-16

18. – 23. Mai 2025

**16th World Congress of Structural and Multidisciplinary
Optimisation**

Kobe, Japan

wcsmo2025.com

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](http://www.mec.ed.tum.de/lpl/)



[LinkedIn](#)