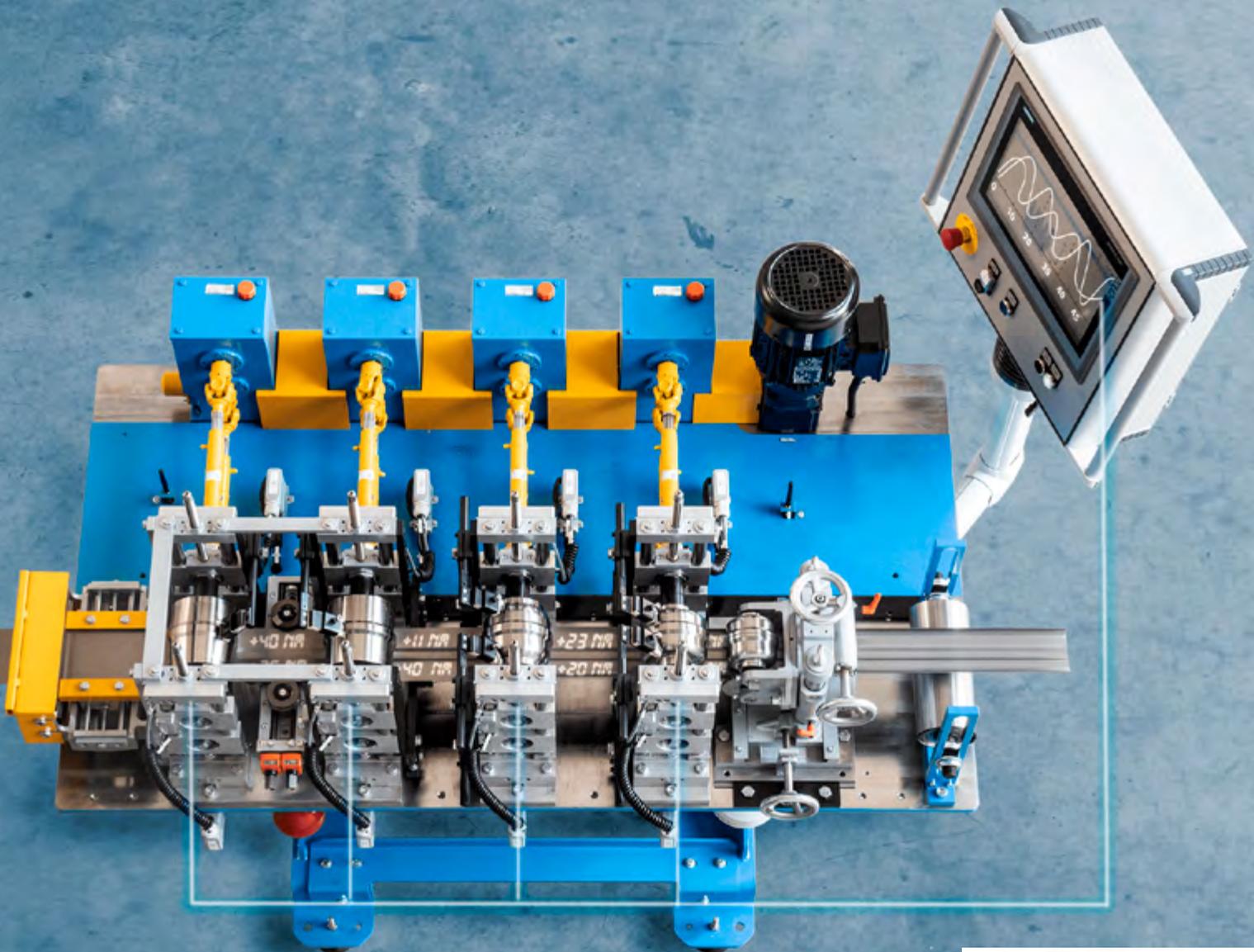


# Jahresbericht 2020

## Annual Report 2020

Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen  
Institute for Production Engineering and Forming Machines



Umschlag:  
Neuartige intelligente Walzprofilieranlage

Cover:  
New intelligent roll forming line

Technische Universität Darmstadt  
Institut für Produktionstechnik  
und Umformmaschinen

Otto-Berndt-Straße 2  
64287 Darmstadt

Telefon +49 61 51 16 231 43  
Telefax +49 61 51 16 231 42



INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK  
UND UMFORMMASCHINEN

INSTITUTE FOR PRODUCTION ENGINEERING  
AND FORMING MACHINES

# INHALT CONTENTS

## 6 Institut Institute

- 4 Vorwort  
Preface
- 8 Geschichte  
History
- 10 Institutsstruktur  
Structure of the Institute
- 12 Finanzierung  
Funding
- 13 Institut für Fertigungsforschung e. V.  
The Institute for Manufacturing Research e. V.
- 14 Technische Ausstattung  
Technical Facilities



## 16 Forschung & Entwicklung Research & Development

- 18 Forschungsaktivitäten mit anderen Instituten  
Research Activities with Other Institutes
- 34 Abteilungen  
Departments
- 60 Abgeschlossene Projekte  
Completed Projects
- 78 Abgeschlossene Dissertationen  
Completed Dissertations
- 84 Vorträge & Veröffentlichungen  
Presentations & Publications



## 92 Studium & Lehre Studies & Teaching

- 94 Lehrveranstaltungen  
Courses
- 96 Studierendenzahlen  
Student Numbers
- 98 Abgeschlossene Arbeiten  
Completed Theses



## 110 Institutsleben Life at the Institute



- 112 Neue Mitarbeiter  
New Staff Members
- 116 Antrittsvorlesung zur Honorarprofessur  
Inaugural Lecture for the Honorary Professorship
- 117 Exkursion im Rahmen der Vorlesung „Laser in der Fertigung“  
Excursion as Part of the Lecture „Laser in Manufacturing“
- 118 Exkursion im Rahmen der Vorlesungen „Umformtechnik I und II“  
Excursion as Part of the Lectures „Forming Technology I and II“
- 119 Exzellenzprogramm – Forming Your Future  
Young Researchers at the PtU - Forming Your Future
- 120 Embryo Projekt  
Project Embryo
- 121 PtU produziert Gesichtsmasken als Schutz vor Corona aus dem 3D-Drucker  
PtU Produces Face Shields as Protection against Corona from the 3D Printer
- 122 Stahl fliegt! 2020  
Steel flies! 2020
- 123 Sommerfest  
Summer Get-together
- 124 Neue Mini-Waproanlage am PtU  
Novel Mini-Wapro at the PtU
- 125 Neuer 3D Scanner am PtU  
Novel 3D Scanner at the PtU
- 126 Ausblick 2021  
Outlook 2021
- 128 Anfahrt  
Directions
- 130 Impressum  
Imprint

## Umformtechnik am PtU Forming Technology at the PtU



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Peter Groche

Liebe Leserinnen und Leser,

wir blicken zurück auf ein herausforderndes Jahr 2020. Nach einem gewöhnlichen Start brachte im Frühjahr das Corona-Virus das öffentliche Leben zeitweise fast vollständig zum Erliegen und hält die gesamte Welt weiterhin fest im Griff. Auch am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) gab es einige einschneidende Veränderungen, die Ihnen beim Lesen dieses Jahresberichts sicher auffallen werden.

Vielleicht so wichtig wie noch nie ist es, sich in Forschung und Lehre mit aktuellen Trends und wandelnden Anforderungen zu beschäftigen. Unsere Verantwortung hierfür haben wir in dem Leitsatz „Forming Excellence“ festgehalten, der sich unter anderem in unserem neuen Logo wiederfindet.

Ein wesentliches Ziel der universitären Lehre ist es, zukünftige Ingenieurinnen und Ingenieure ganz im Sinne dieses neuen Leitsatzes auf kommende Herausforderungen vorzubereiten. In unserem umfangreichen Angebot von Lehrveranstaltungen kombinieren wir dazu gezielt die Vermittlung von Grundlagenwissen zu umformtechnischen Anlagen, Prozessen und Prozessketten in Vorlesungen mit der praktischen Anwendung der erworbenen Kenntnisse in Übungen, Fallstudien, Tutorien sowie Projekt- und Abschlussarbeiten. Erstmals fand im Jahr 2020 sowohl die universitäre Lehre als auch die Betreuung von Abschlussarbeiten vollständig im digitalen Raum statt. Darüber hinaus wurde im vergangenen Jahr am PtU das Exzellenzprogramm Umformtechnik ins Leben gerufen, welches Studierende frühzeitig mit eigenen, zukunftsweisenden Projekten an das wissenschaftliche Arbeiten heranführt und dafür begeistert.

Auch in unseren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beschäftigen wir uns mit zahlreichen spannenden Fragestellungen der modernen Umformtechnik. Inhaltlich umfassen sie vielfältige Themen – von fortschrittlichen Umformanlagen bis

Dear Readers,

we look back on a challenging year 2020. After a rather ordinary few months, the corona virus brought public life to a temporary standstill in spring and continues to exert a firm grip on the entire world. Life at the Institute of Production Engineering and Forming Machines (PtU) also underwent some drastic changes, which some of our long-term readers will certainly notice in this annual report.

It is perhaps more important than ever to address current trends and changing requirements in research and teaching. We have captured our responsibility in this regard in our motto „Forming Excellence“, which is to be found in our new logo, among other things.

A primary goal of university teaching that is just in the spirit of this new motto is to prepare prospective engineers for the challenges ahead. In our extensive range of courses, we specifically combine the transfer of basic knowledge about forming plants, processes and process chains in lectures with the practical application of the acquired knowledge in exercises, case studies, tutorials as well as project and final theses. In 2020, it was the first time that all of this took place entirely in the digital space. In addition, we launched a new Excellence Program „Forming technology“ to motivate students for scientific work at an early stage in their university career by offering them the opportunity to work on their own innovative research projects.

In our research and development work, we are also dealing with numerous exciting questions of modern forming technology. They cover a wide range of topics - from advanced forming systems to new types of semi-finished products.

hin zu neuartigen Halbzeugen. Aufgrund des oft interdisziplinären und komplexen Charakters dieser Fragestellungen spielen Kooperationen eine große Rolle. Diesbezüglich sind zwei Verbundvorhaben besonders hervorzuheben.

Im KMU-Verbundvorhaben RAMP (Robuste Umformung hochfester Aluminiumlegierungen durch mehrdimensionale Prozessfenster) wird eine Erweiterung des Prozessverständnisses für die temperaturunterstützte Umformung hochfester 7000er-Aluminiumlegierungen angestrebt. Das Ziel ist die Weiterentwicklung der bisherigen Untersuchungen im Labormaßstab, um daraus stabile Prozessfenster für spätere Serienanwendungen gewinnen zu können. Umgesetzt wird dies mittels eines neuen Qualifikationsmodells, bei dem die Projektbearbeiter zu einer Hälfte am PtU und zur anderen Hälfte bei einem der Projektpartner angestellt sind.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereich/Transregio 270 „HoMMage“, welcher ebenfalls 2020 gestartet ist, beschäftigen sich die Wissenschaftler mehrerer Universitäten aus unterschiedlichsten Disziplinen mit dem Ziel, magnetische Materialien für effiziente Energieumwandlung zu entwickeln. Zwei Kategorien von Materialien stehen im Fokus, nämlich die leistungsstarken Permanentmagnete mit maximaler Hysterese für den Einsatz in energieumwandelnden Maschinen und die Weichmagnete mit minimaler Hysterese für die Anwendung in der magnetokalorischen Kühltechnik. Der Beitrag des PtU besteht hierbei in der umformtechnischen Einstellung der Nanostruktur durch Herstellung von Magneten aus Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen.

Für die hervorragende Zusammenarbeit im vergangenen Jahr möchten wir uns an dieser Stelle bei allen Projektpartnern für die tatkräftige Unterstützung in Forschungs- und Entwicklungsprojekten herzlich bedanken. Vielen Dank außerdem an unsere Partnerunternehmen für die Durchführung von Fallstudien und Exkursionen im Rahmen diverser Lehrveranstaltungen – auch und vor allem für das Engagement und die Flexibilität, mit denen auch hier der Sprung ins Digitale möglich gemacht wurde! Unser besonderer Dank gilt den Fördergesellschaften DFG, AiF, dem BMBF und BMWi, dem Land Hessen, den Forschungsvereinigungen EFB, FOSTA, FSV, GCFCG, PTS und VDP, sowie allen beteiligten Firmen. Alle diese Projekte wären ohne ihre Unterstützung und die fruchtbare Kooperation nicht möglich.

Gerne stehen wir Ihnen auch in Zukunft als Ansprechpartner für Forschungsk Kooperationen und Beratungsdienstleistungen zur Verfügung. Besuchen Sie unsere Homepage, um jederzeit auf dem neuesten Stand zu bleiben. Wir freuen uns auf viele spannende, gemeinsame Herausforderungen im nächsten Jahr.

Bleiben Sie gesund!

Due to the often interdisciplinary and complex character of these projects, collaborations play an important role. In this respect, two collaborative projects are particularly noteworthy.

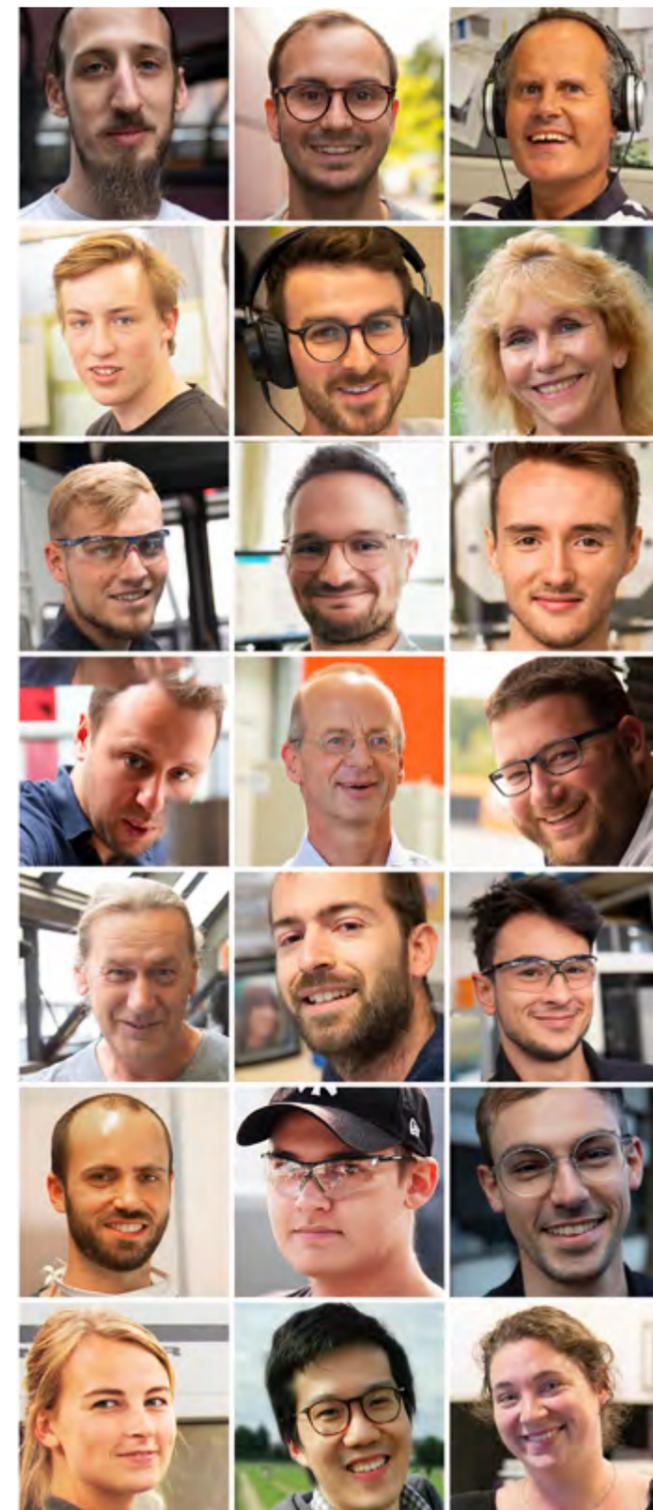
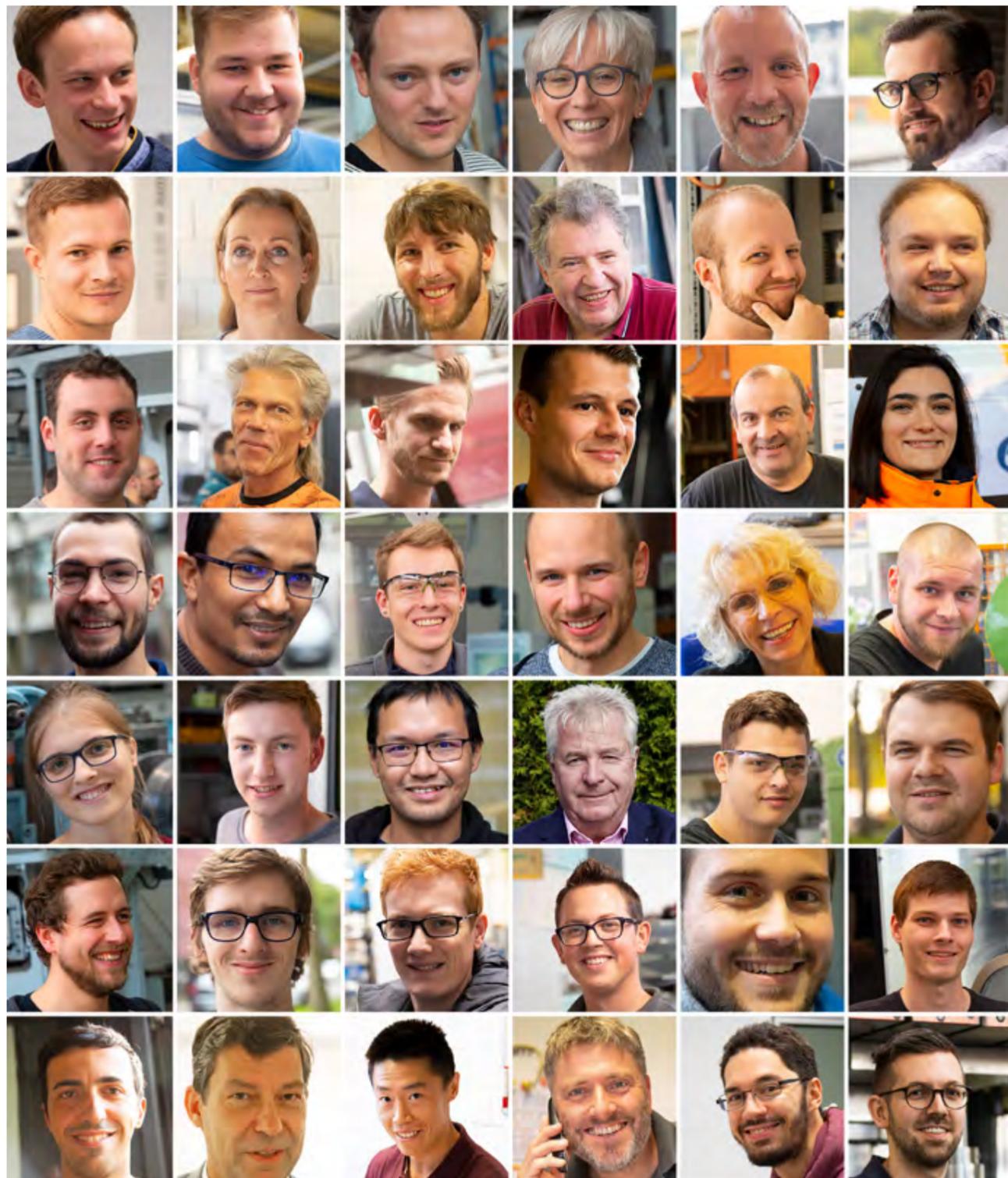
The aim of the SME collaborative project RAMP (Robust forming of high-strength aluminum alloys through multi-dimensional process windows) is to expand the process knowledge for temperature-assisted forming of high-strength 7000 aluminum alloys. Therefore, the previous investigations on laboratory scale must be further developed to obtain stable process windows for later series applications. In this context, a new qualification model is implemented, in which the researchers are employed to one half at the PtU and to the other half at one of the partner companies.

Within the framework of the Collaborative Research Center/Transregio 270 „HoMMage“, which also started in 2020, scientists from several universities from a wide range of disciplines are working on the development of magnetic materials for efficient energy conversion. The focus lies on two categories of materials, namely high-performance permanent magnets with maximum hysteresis for use in energy-converting machines and soft magnets with minimum hysteresis for use in magnetocaloric cooling technology. The PtU's contribution consists in the development of a forming process to adjust the nanostructure by manufacturing magnets from metal-matrix composites.

We would like to take this opportunity to express our sincere thanks for the excellent cooperation over the past year. A big thank you is due to our project partners for their active support in research and development projects. Many thanks go to our partner companies for organizing case studies and excursions for various lectures – especially for their flexibility and commitment to transform these into digital formats. We owe special thanks to the funding agencies DFG, AiF, BMBF and BMWi, the state of Hesse, the research associations EFB, FOSTA, FSV, GCFCG, PTS and VDP, as well as all participating companies. All these projects would not be possible without your support and the valuable cooperation.

We would be pleased to continue to be at your disposal as a contact for research cooperation and consulting services in the future. To stay up to date with the latest developments, please visit our homepage. We are looking forward to many exciting, joint challenges in the coming year and hope you stay healthy!

PtU-Team  
PtU Staff



## Von 1976 bis 2020 – Eine lange Tradition der Umformtechnik an der Technischen Universität Darmstadt

## From 1976 to 2019 – a Long Tradition of Forming Technology at Technische Universität Darmstadt



Photo: Nikolaus Heiss

Die produktionstechnische Forschung und Lehre in Darmstadt blickt auf eine über 120-jährige Tradition zurück. Im Jahre 1976 wurde aus dem Institut für Werkzeugmaschinen die Umformtechnik ausgegliedert. Prof. Dr.-Ing. Dieter Schmoeckel leitete das damals unter dem Namen Institut für Umformtechnik (IfU) gegründete Fachgebiet. Seit 1989 führt das Institut den heutigen Namen Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) und wird seit 1999 von Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche geleitet.

Das Versuchsfeld an der Lichtwiese ist mit einer Vielzahl von Prüfständen und Werkzeugmaschinen ausgestattet. Durch die Anbindung einer mechanischen Werkstatt mit Facharbeiterinnen und Facharbeitern sowie Auszubildenden können Umformwerkzeuge und Versuchsstände direkt vor Ort gefertigt werden. Seit 2007 steht zusätzlich die für den Sonderforschungsbereich SFB 666 gebaute zweite Versuchshalle zur Verfügung. Moderne Computerhardware ermöglicht die effiziente Nutzung aktueller Simulations- und Konstruktionssoftware sowie neuester Messtechnik im Rahmen der Forschungsarbeiten.

Abgerundet wird die Ausstattung im Bereich Lehre durch multimediale Arbeitsplätze sowie einen Lernbalken zur Durchführung von praktischen Übungen im Rahmen des Tutoriums „Steuerung und Regelung von Umformmaschinen“.

Seit der Gründung des Instituts ist die Beschäftigtenzahl stetig gestiegen. Diese Bilanz über Jahre aufrecht zu erhalten, bestätigt den guten Ruf, den sich das Institut im Laufe der Zeit bei Fördergesellschaften und Industriepartnern erworben hat.

Aufgrund der stetig wachsenden Anzahl an wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wurde 2014 eine Umstrukturierung der Abteilungen durchgeführt. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der ehemals drei Abteilungen wurden thematisch auf die vier neuen Abteilungen „Prozessketten und Anlagen“, „Walz- und Spaltprofilieren“, „Tribologie“ und „Funktions- und Verbundbauweise“ umverteilt. Dadurch wird die abteilungsinterne Kommunikation erleichtert und der wissenschaftliche Austausch verbessert.

Technical research and teaching in Darmstadt has over 120 years of tradition. In 1976, metal forming was spun off from the Institute for Machine Tools. Prof. Dr.-Ing. Dieter Schmoeckel became head of the newly founded Institute for Metal Forming (IfU). Since 1989, the institute has been bearing its present name Institute for Production Engineering and Forming Machines (PtU) and it has been led by Professor Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche since 1999.

The test area on campus Lichtwiese is equipped with numerous test facilities and machine tools. By employing a mechanical workshop with skilled workers and trainees, forming tools and test rigs can be manufactured locally. For more experimenting capacities, a second experimenting hall, built for the Collaborative Research Centre CRC 666, was opened in 2007. Modern computer hardware enables the efficient use of state-of-the-art simulation and design software plus the latest measurement technologies in research.

The equipment is completed by student multimedia workstations as well as a training kit to perform hands-on exercises in the new tutorial “Control of Forming Machines”.

Since the early days of the institute, the number of employees has constantly been rising. The fact that PtU has preserved this positive development over the years confirms the good reputation the institute has gained among funding organizations and industrial partners.

Due to the increasing number of research associates and in order to facilitate the internal communication and improve the scientific exchange, the departments were reconstructed in 2014. The members of the three former research departments have been thematically redistributed to the four new departments “Process Chains and Forming Units”, “Roll Forming and Flow Splitting”, “Tribology” and “Smart Structures”.

Erweiterung des Lehrstuhls durch Professor Dipl.-Ing. Ludwig von Roeßler  
Expansion of the chair by Professor Dipl.-Ing. Ludwig von Roeßler

1903

Professor Dr.-Ing. Theodor Stöferle  
Professor Dr.-Ing. Theodor Stöferle

1968

Umbenennung in Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU)  
Renaming into Institute for Production Engineering and Forming Machines (PtU)

1989

Eröffnung einer neuen Versuchshalle auf dem Campus Lichtwiese  
Opening of new testing facility on campus Lichtwiese

2007

Inbetriebnahme IPG 3kW Faserlaser  
Commissioning of IPG 3kW fibre laser

2014

1894

Gründung des Lehrstuhls Maschinenbau durch Professor Krauß  
Foundation of the chair for engineering by Professor Krauß

1944

Professor Dr.-Ing. Carl Stromberger  
Professor Dr.-Ing. Carl Stromberger

1976

Gründung des Instituts für Umformtechnik (IfU) durch Professor Dr.-Ing. Dieter Schmoeckel  
Foundation of the Institute for Metal Forming (IfU) by Professor Dr.-Ing. Dieter Schmoeckel

1999

Professor Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche  
Professor Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche

2012

Beginn: Aufbau der 3D-Servo-Press  
Beginning: Assembly of the 3D Servo Press

2019

3D-Servo-Press  
3D Servo Press

Institutsleitung | Director of the Institute



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Peter Groche

Lehrbeauftragte | Lecturers



Prof. Dr.-Ing. Matthias Scheitza



Dr.-Ing. Holger Steindorf

Oberingenieure | Chief Engineers



Dominic Griesel, M. Sc.



Henning Husmann, M. Sc.



Lukas Schell, M. Sc.

Sekretariat | Office



Isabella Dörfel



Sabine Passet



Dipl.-Inf.-Wirt.  
Heidrun Felger



Stephanie Keller



Dipl.-oec.-troph  
Annette Metz

Leitung mechanische Werkstatt  
Head of Mechanical Facilities



Mirko Feick

Versuchsfeld | Testfield

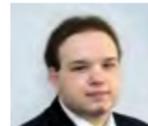


Paul Boger



Edwin Kirchner

IT Support



IT-Systems Manager  
Roman Haaf



Dominik Šulc

Public Relations



Erwin Henkes



Dipl.-Des. Angelika Philipp



Process Chains and Forming Units

Leitung | Head of Department



Christian Kubik, M. Sc.

Staff



Alexander Breunig, M. Sc.



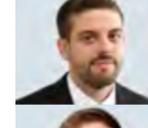
Dr.-Ing. Ezgi Bütev Öcal



Fansun Chi, M. Sc.



Janosch Günzel, M. Sc.



Thomas Kessler, M. Sc.



Lukas Kluy, M. Sc.



Maximilian Knoll, M. Sc.



Daniel Martin, M. Sc.



Dirk Molitor, M. Sc.



Erik Sellner, M. Sc.



Richard Werner, M. Sc.



Smart Structures

Leitung | Head of Department



Simon Biffar, M. Sc.



Wilhelm Schmidt, M. Sc.

Staff



Nassr Al-Baradoni, M. Sc.



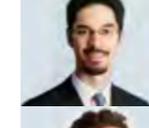
Wilken Franke, M. Sc.



Christiane Gerlitzky, M. Sc.



Thiemo Germann, M. Sc.



Dominic Griesel, M. Sc.



Henning Husmann, M. Sc.



Julian Mushövel, M. Sc.



Benedikt Niessen, M. Sc.



Tribology

Leitung | Head of Department



Felix Flegler, M. Sc.



Alessandro Franceschi, M. Sc.

Staff



Philipp Gehringer, M. Sc.



Matthäus Kott, M. Sc.



Lukas Schell, M. Sc.



Peter Sticht, M. Sc.



Patrick Volke, M. Sc.



Stefan Volz, M. Sc.



Yutian Wu, M. Sc.



Roll Forming and Flow Splitting

Leitung | Head of Department



Tianbo Wang, M. Sc.

Staff



Franziska Aign, M. Sc.



Marco Becker, M. Sc.



Timon Suckow, M. Sc.



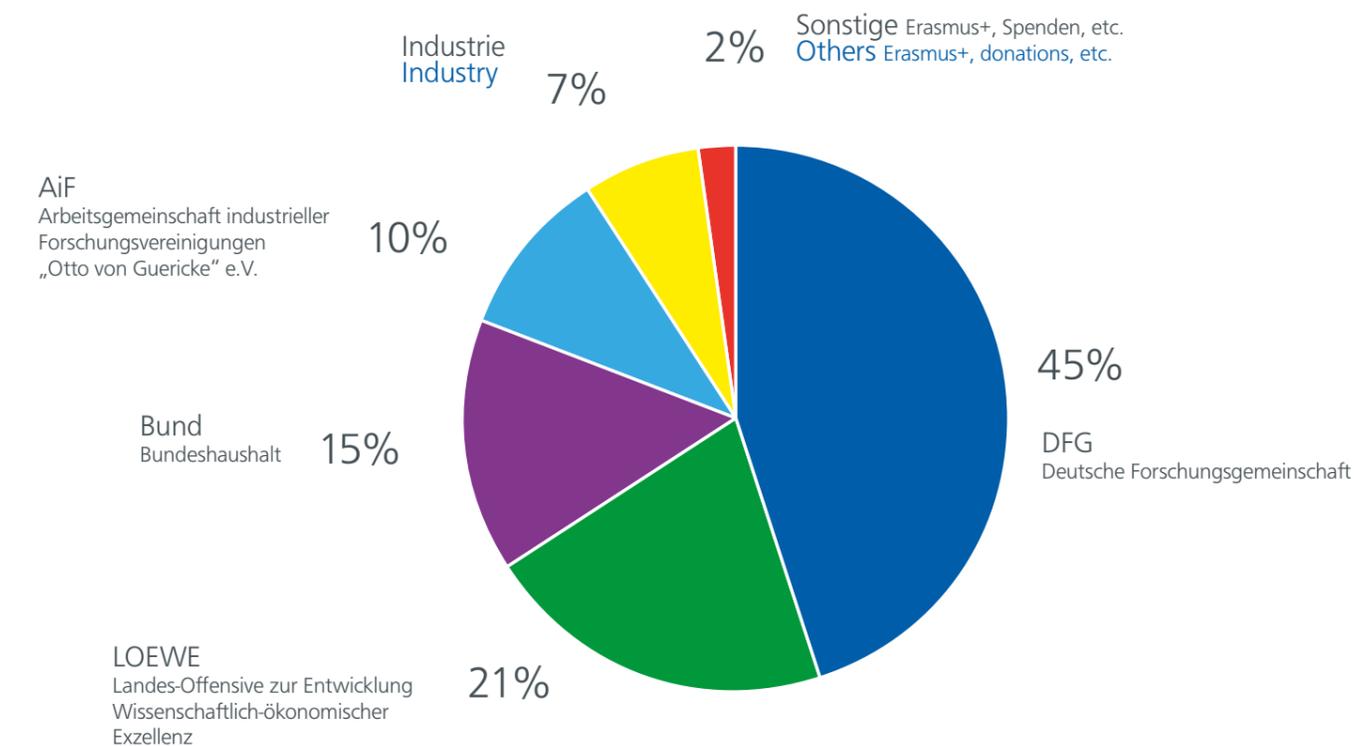
## Finanzierung Funding

Die Finanzierung des Instituts für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) verteilt sich im Wesentlichen auf drei Säulen. Neben der öffentlichen Hand und Forschungsfördergesellschaften ist die enge Zusammenarbeit mit der Industrie eine weitere, wichtige Finanzierungsquelle.

Das Land Hessen, vertreten durch die Technische Universität Darmstadt, stellt dem Institut Mittel zur Grundausstattung zur Verfügung. Der überwiegende Teil der Finanzierung erfolgt jedoch durch Drittmittel. Zu den wichtigsten Drittmittelgebern zählen die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), die Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung (EFB), das Europäische Institut für Innovation und Technologie im Bereich Manufacturing (EIT-M), die Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA), der Verband Deutscher Papierfabriken (VDP), die Forschungsgesellschaft Stahlverformung (FSV), der Industrieverband Massivumformung (IMU), die European Cold Rolled Section Association (ECRA), die German Cold Forging Group (GCFG), die Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-Ökonomischer Exzellenz (LOEWE), die niedersächsische NBank, die Hessen Agentur und die Europäische Union (EU). Die akquirierten Mittel aus Forschungsprojekten leisten einen wichtigen finanziellen Beitrag zur ständigen Modernisierung der Ausstattung für Forschung und Lehre.

The funding of the Institute for Production Engineering and Forming Machines (PtU) is mainly based on three separate pillars. In addition to public authorities and research promotion associations, the close collaboration with different branches of the industry are additional, important sources for funding.

The state Hesse, represented by Technische Universität Darmstadt, offers capital for basic equipment and hardware only, while the main part of funding comes from third-party funds. Among the most important third-party funding sources are the German Research Foundation (DFG), the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) as well as the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), the German Federation of Industrial Research Associations (AiF), the European Research Association for Sheet Metal Working (EFB), the European Institute for Innovation and Technology in Manufacturing (EIT-M), the European Research Association for Steel Application (FOSTA), the German Pulp and Paper Association (VDP), the Research Association Steel Deformation (FSV), the Forging Association (IMU), the European Cold Rolled Section Association (ECRA), the German Cold Forging Group (GCFG), the State Offensive for Development of Scientific and Economic Excellence (LOEWE), the Bank of Lower Saxony (NBank) the Hesse Agency and the European Union (EU). Thus, through every research project, the institute acquires means for a continuous and profound improvement of its research and teaching.



## Institut Für Fertigungstechnologie E. V. The Institute for Manufacturing Research E. V.

Das Institut für Fertigungsforschung e.V. (Iff) versteht sich als ein Forum, das die Aktualität von Forschung und Lehre am PtU durch lebhaften Austausch von Erkenntnissen zwischen der Industrie und dem PtU fördert. Gleichzeitig unterstützt der im Jahr 1981 gegründete Verein die Forschung auf dem Gebiet der Fertigungstechnik durch die Bereitstellung zusätzlicher Gelder, da die vielfältigen Forschungsaufgaben des PtU Mittel erfordern, die nicht immer aus dem staatlichen Etat der Technischen Universität Darmstadt oder aus Drittmittelprojekten gedeckt werden können. Dabei verfolgt das Iff ausschließlich gemeinnützige Zwecke.

Die Fördergelder des Vereins setzen sich hauptsächlich aus Mitgliedsbeiträgen und Spenden zusammen.

Die eingebrachten Mittel werden zur Verbesserung der Institutsausstattung, Unterstützung von Forschungsvorhaben, Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und Vermittlung fertigungstechnischer Erkenntnisse durch die Veranstaltung von Tagungen und Seminaren eingesetzt. Unter diesem Motto bemüht sich das Iff, ehemalige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Privatpersonen, Gesellschaften und Unternehmen für seine Ziele zu gewinnen. Das PtU braucht einen großen und engagierten Freundeskreis, um die Ausrichtung der Forschungsaktivitäten auch in Zukunft attraktiv zu gestalten, die Kommunikation zwischen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des PtU und in der Produktionstechnik tätigen Ingenieurinnen und Ingenieuren anzuregen und um bestehende Kontakte zu vertiefen. Zudem unterstützt das Iff vielfältige Maßnahmen, um Studierende auf die Aufgaben in der Berufspraxis vorzubereiten und die Qualifikation der Absolventinnen und Absolventen zu erhöhen.

Wir laden Sie oder Ihr Unternehmen herzlich dazu ein, ebenfalls Mitglied des Instituts für Fertigungsforschung zu werden!

The Institute for Manufacturing Research e.V. (Iff) is a forum that promotes the timeliness of teaching and research at PtU by an active exchange of scientific insights between industry and PtU.

At the same time, the association founded in 1981 is committed to sponsoring scientific research in the fields of production engineering by providing additional funds for research activities that are neither covered by the state budget of Technische Universität Darmstadt nor by third party funded projects.

Here, the association pursues exclusively non-profit purposes. Its subsidies consist mainly of membership fees and donations.

The contributed funds are used to improve the equipment of the institute, support research projects, promote young scientists and convey production engineering knowledge by organizing conferences and workshops. Using this motto, the efforts of Iff lie within gaining former employees, private individuals and companies for its goals.

PtU needs a large and dedicated circle of friends to make the alignment of research appealing in the future, encourage the communication between PtU employees and production engineers and intensify existing contacts. In addition, Iff supports a variety of measures to prepare students for the tasks in professional practice and to enhance the skills of graduates.

We cordially invite you as well as your enterprise to become a member of the Institute for Manufacturing Research!



Gruppenfoto Iff-Mitglieder  
Group photo Iff Members

## Technische Ausstattung Technical Equipment



### Anlagen

1. 12-gerüstige Walzprofilieranlage – VoestAlpine  
- Flexibles Profiliergerüst
2. 3-fach wirkende hydraulische Versuchspresse (500 kN)
3. 3D-Servo-Pressen – im Aufbau (3 DOF, 1.600 kN)
4. Drück- und Drückwalzanlage
5. Flexible Fertigungsanlage zur Herstellung verzweigter Mehrkammerprofile  
- Spaltprofiliermodul  
- Walzprofiliermodul
6. Flexibles Spaltprofiliergerüst
7. Gleitstauchanlage  
(Kalt- und Warmmassivumformung)
8. Hotmelt Walzenauftragsmaschine für Schmelzkleber wTH 300-V37,5
9. Hydraulische Universalpresse mit IHU-Einheit (30.000 kN)  
-Berstprüfstand für Rohre und Profile
10. Hydraulischer Tiefungsversuchsprüfstand (HTV)
11. Induktionsanlage TruHeat 5040 MF
12. Intermittierender Dauerstreifenziehprüfstand
13. Kombinierte Streifenziehanlage
14. Laserbearbeitungszentrum mit kombinierter Schneid-/Schweißoptik
15. Wälz-Gleitlager Prüfstand
16. Linearmotorpresse Typ Limo20
17. Linearmotorpresse Typ Limo40
18. Modellversuchsstand zum Kollisionsschweißen
19. Pneumatische Presse zur konventionellen und wirkmedienbasierten Umformung
20. Pneumatischer Tiefungsversuch (PTV)
21. Präzisionssiebdruckhalbautomat PAB 45 für Flach- und Runddruck
22. Prototyp der 3D-Servo-Pressen (3 DOF, 10 kN)
23. Reibversuchsanlage nach VDA-Standard
24. Reibversuchsanlage für Faserwerkstoffe und Kunststoffe
25. Rundknetanlage UR 8-4-DD-50LH-CNC
26. SCARA Bestückungssystem
27. Schnellläuferpresse – BRUDERER Stanzautomat BSTA 810-145
28. Servomotorpresse (Synchropress SWP 2500, 2.500 kN)
29. Systeme zur maschinellen Oberflächenbehandlung – Maschinelles Oberflächenhämmern und Festwalzen
30. Wärmebehandlungsofen N 41/H
31. Zug-Druckprüfmaschine – Zwick Roell 100

### Messtechnik

1. Gepulster Beleuchtungslaser CAVILUX SMART
2. GOM Aramis – Optische 3D Bewegungs- und Verformungsmessung
3. GOM Atos III – Industrieller 3D Scanner
4. GOM Pontos – 3D-Online-Photogrammetrie
5. Härteprüfer DuraScan 20 – Struers
6. Hochgeschwindigkeit-Bildverstärkerkamera PCO hsfc pro
7. Konfokales Weisslichtmikroskop  $\mu$ Surf® (stationär und mobil)
8. Metallographie
9. Öl-Schichtdickenmessgerät – LUBRImini
10. Profilmessgerät Bytewise Profile360
11. Rasterelektronenmikroskop – Jeol JSM 6610LV
12. Thermografie-Kamera – FLIR S65
13. Umfangreiche Messtechnik zur Prozessintegration und online Aufnahme von Prozessparametern und Zuständen
14. Ultraschallprüfgerät – Krautkramer USD 15SX
15. Ultraschall-„MiniScanner“ Amsterdam Technology
16. Waveline T8000 Taktiler Rauheitsmessgerät im Tastschrittverfahren – Hommel

### Facilities

1. Roll Forming Line (12 stands)  
- Stand for the Flexible Roll Forming
2. Triple Acting Hydraulic Press (500 kN)
3. 3D Servo Press – Under Construction (3 DOF, 1.600 kN)
4. Spinning and Flow Forming Machine
5. Flexible Production Plant for Branched Multiple Chamber Profiles  
- Linear Flow Splitting Module  
- Roll Forming Module
6. Stand for the Flexible Flow Splitting
7. Sliding Compression Test Stand (Cold and Hot Bulk Metal Forming)
8. Hotmelt Coating Machine TH 300-V37,5
9. Hydraulic Universal Press with High Pressure Unit (30.000 kN)  
- Burst Testing of Tubes and Profiles
10. Hydraulic Bulge Test Bench (HBT)
11. Induction Generator TruHeat 5040 MF
12. Intermittent Strip Drawing Test Rig
13. Combined Strip Drawing Facility
14. Laser Welding and Cutting System
15. Test Rig for Combined Roller and Plain Bearings
16. Linear Motor Driven Press Version Limo20
17. Linear Motor Driven Press Version Limo40
18. Model Test Rig for Collision Welding
19. Pneumatic press for conventional and fluid-based forming
20. Pneumatic bulge test (pbt)
21. Semi-automatic Precision Screen Printing Machine PAB 45 for Flat and Round Printing
22. Prototype of the 3D Servo Press (3 DOF, 10 kN)
23. Strip Drawing Test Rig According to VDA Standard
24. Strip drawing test rig for fibrous materials and plastics
25. Rotary Swaging Machine UR 8-4-DD-50LH-CNC
26. SCARA Placement System
27. High Performance Stamping Press – BRUDERER BSTA 810-145
28. Servo Motor Press (Synchropress SWP 2500, 2.500 kN)
29. Systems for Mechanical Surface Treatment – Machine Hammer Peening and Deep Rolling
30. Heat Treatment Furnace N 41/H
31. Combined Tensile Compression Test Machine

### Measuring

1. Pulsed Diode Laser Light Source CAVILUX SMART
2. GOM Aramis – Optical 3D Deformation and Motion Measurement
3. GOM Atos III – Industrial 3D Scanning Technology
4. GOM Pontos – 3D-Online-Photogrammetry
5. Hardness Tester DuraScan 20 – Struers
6. High-speed Image Intensifier Camera hsfc pro
7. Confocal Microscope  $\mu$ Surf® (Stationary and Mobile)
8. Metallography Laboratory
9. Oil Thickness Measuring Device – LUBRImini
10. Profile Measuring System Bytewise Profile360
11. Scanning Electron Micrograph JEOL JSM6610LV
12. Thermography Camera – FLIR S65
13. Broad Measurement Equipment for Process Integration and Identification of Process Parameters and States
14. Ultrasonic Test Instrument – Krautkramer USD 15SX
15. Ultraschall-„MiniScanner“ Amsterdam Technology
16. Hommel Waveline T8000 Roughness Measuring Station

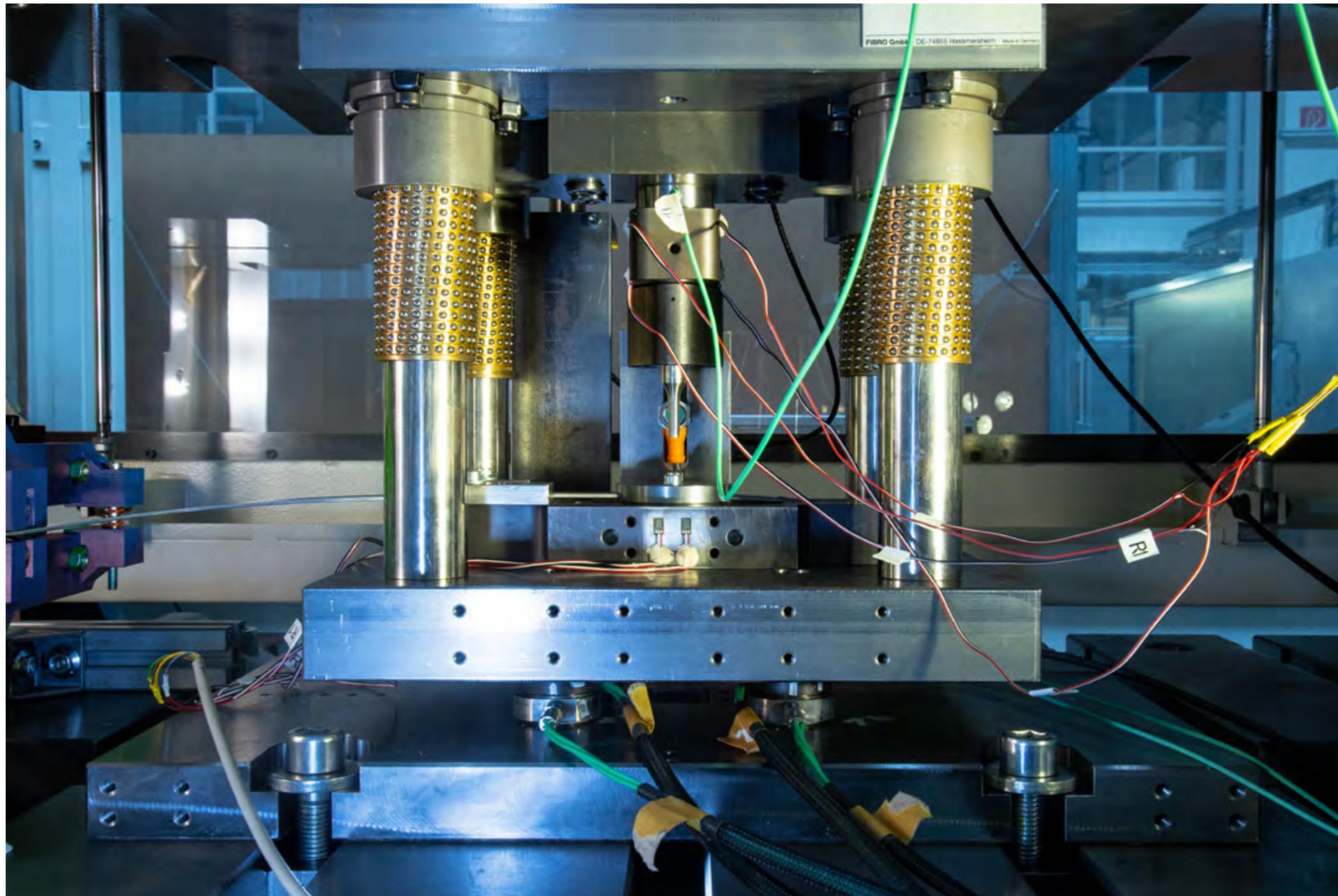
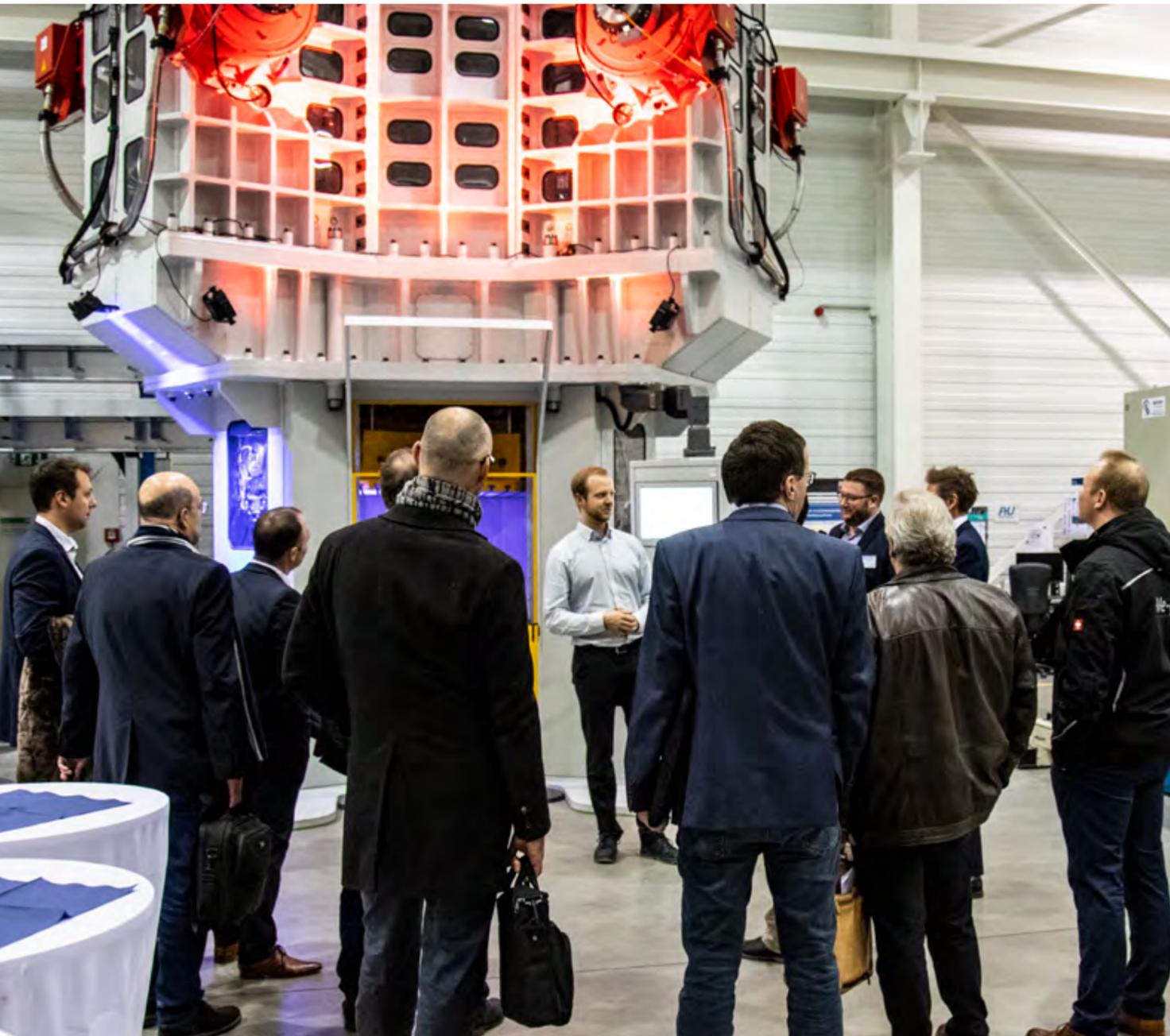


Foto: Multisensorielles Demonstratorwerkzeug zur echtzeitfähigen Erfassung von Prozessgrößen beim Scherschneiden  
Photo: Multisensorial demonstrator tool for real-time pickup of process variables during shear cutting

## FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN MIT ANDEREN INSTITUTEN RESEARCH ACTIVITIES WITH OTHER INSTITUTES



Versuchsfeldbegehung am PtU | Test Field Inspection at the PtU

- 20 [LOEWE-Schwerpunktprogramm BAMP! \(Bauen mit Papier\)](#)  
[LOEWE-Focus Program BAMP! \(Building with Paper\)](#)
- 22 [Sonderforschungsbereich 805 - Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus](#)  
[Collaborative Research Centre 805 - Control of Uncertainty in Load-Carrying Structures in Mechanical Engineering](#)
- 24 [Sonderforschungsbereich-Transregio 270: Hysterese Design von magnetischen Materialien für effiziente Energieumwandlung](#)  
[Collaborative Research Centre/Transregio 270: Hysteresis Design of Magnetic Materials for Efficient Energy Conversion](#)
- 26 [Künstliche Intelligenz-Trainer am Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt](#)  
[Artificial Intelligence Trainer at the Mittelstand 4.0 Competence Center in Darmstadt](#)
- 28 [CORNET Wear-O: Verschleißoptimierung hochbeanspruchter Umformwerkzeuge](#)  
[CORNET Wear-O: Wear Optimization of Highly Stressed Shaping Tools](#)
- 30 [SPP 2013 Gezielte Einstellung von Eigenspannungen während der Kaltmassivumformung](#)  
[SPP 2013 Targeted Use of Forming Induced Residual Stresses in Metal Components](#)
- 32 [LOEWE Schwerpunkt Allegro](#)  
[LOEWE Focal Point Allegro](#)

## LOEWE-Schwerpunktprogramm BAMP! (Bauen mit Papier)

## LOEWE-Focus Program BAMP! (Building with Paper)



Julian Mushövel, M. Sc.  
+49 6151 16 233 56  
mushoevel@ptu.tu-darmstadt.de

Im Rahmen des LOEWE-Schwerpunktprogramms „Bauen mit Papier (BAMP!)“ soll Papier für den Einsatz in Baustrukturen qualifiziert und weiterentwickelt werden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TU Darmstadt, der Hochschule Darmstadt und der Technischen Hochschule Mittelhessen haben sich zu einem weltweit einzigartigen Konsortium im Bereich der Papierforschung zusammengeschlossen.

Neben dem Papieringenieurwesen sind die Disziplinen Maschinenbau, Chemie, Bauingenieurwesen und Architektur an dem Vorhaben beteiligt. Innerhalb des Konsortiums kommt dem PtU die Aufgabe zu, etablierte Umformverfahren an den Werkstoff Papier und die Dimensionen und Anforderungen im Baugewerbe anzupassen. In den letzten Jahren wurde vor allem die Prozessentwicklung des aus der Metallumformung bekannten Single Point Incremental Forming für Faserwerkstoffe vorangetrieben. Information dazu finden sich bspw. in der Dissertation von Dr. Philipp Stein (Promotion am PtU 2019).

Die aktuelle Forschung konzentriert sich auf Verfahren zur zerstörungsfreien Bauteilüberprüfung und auf das tiefere Verständnis der sich auf Faserebene abspielenden Umformmechanismen. Die Akustische Emissionsanalyse (AE) hat sich hier als vielversprechend erwiesen. Die während der Umformung von Faserwerkstoffen im Material entstehenden Schwingungen können im Prozess mittels AE-Sensoren aufgezeichnet und analysiert werden. Aus den Charakteristika der AE-Signale lässt sich auf die Mechanismen rückschließen, die der Dehnung des Materials zugrunde liegen. Im Gegensatz zu Metallen sind diese Mechanismen nicht abschließend geklärt. Bestimmte Frequenzen konnten so Faserbrüchen, dem Lösen von Wasserstoffbrückenbindungen und dem Auszug von Fasern aus dem Verbund zugeordnet werden. Abbildung 1 zeigt auf der linken Seite die Risskante einer Zugprobe aus Papier. Es ist deutlich zu erkennen, wie einzelne Fasern bei steigender Belastung aus dem Verbund herausgezogen wurden. Auf der rechten Seite sind die während des Zugversuchs aufgenommenen Frequenzen der AE-Signale abgebildet. Es wird deutlich, dass die AE-Signale in drei diskreten Frequenzbändern auftreten. AE-Signale im unteren Frequenzbereich (0-100 kHz) sind dabei dem Auszug von Fasern aus dem Verbund zuzuordnen. Das mittlere Frequenzband (200-300 kHz) repräsentiert das Aufbrechen von Wasserstoffbrückenbindungen. Im hohen Frequenzbereich (700-800 kHz) treten Faserbrüche auf.

Weiterführende Informationen erhalten Sie unter <https://www.tu-darmstadt.de/bauenmitpapier>.

Within the LOEWE priority program „Building with Paper (BAMP!)“ paper is to be qualified and further developed for use in building structures. Scientists from the TU Darmstadt, the Darmstadt University of Applied Sciences and the Technische Hochschule Mittelhessen have joined forces to form a consortium in the field of paper research that is unique in the world.

In addition to paper engineering, the disciplines of mechanical engineering, chemistry, civil engineering and architecture are involved in the project. Within the consortium, the PtU has the task of adapting established forming processes to the material paper and the dimensions and requirements in the construction industry. In recent years, the process development of Single Point Incremental Forming for fiber materials, a process well known from metal forming, has been pushed forward. Information on this can be found, for example, in the dissertation of Dr. Philipp Stein (PhD at PtU 2019).

Current research focuses on methods for non-destructive component testing and on a deeper understanding of the forming mechanisms taking place at the fiber level. Acoustic Emission Analysis (AE) has proven to be promising in this respect. The vibrations generated in the material during the forming of fiber materials can be recorded and analyzed in the process using AE sensors. From the characteristics of the AE signals it is possible to draw conclusions about the mechanisms underlying the strain of the material. In contrast to metals, these mechanisms have not been conclusively clarified. Certain frequencies could be assigned to fiber breakage, the loosening of hydrogen bonds and the pulling of fibers out of the compound.

Fig. 1 shows on the left side the tear edge of a paper tensile specimen. It can clearly be seen how individual fibers were pulled out of the compound under increasing load. On the right side, the frequencies of the AE signals recorded during the tensile test are shown. It is clear that the AE signals occur in three discrete frequency ranges. AE-signals in the lower frequency range (0-100 kHz) are to be assigned to the pull out of fibers from the compound. The middle frequency range (200-300 kHz) represents the breaking of hydrogen bonds. In the high frequency range (700-800 kHz) fiber breaks occur.

Further information is available at <https://www.tu-darmstadt.de/bauenmitpapier>.

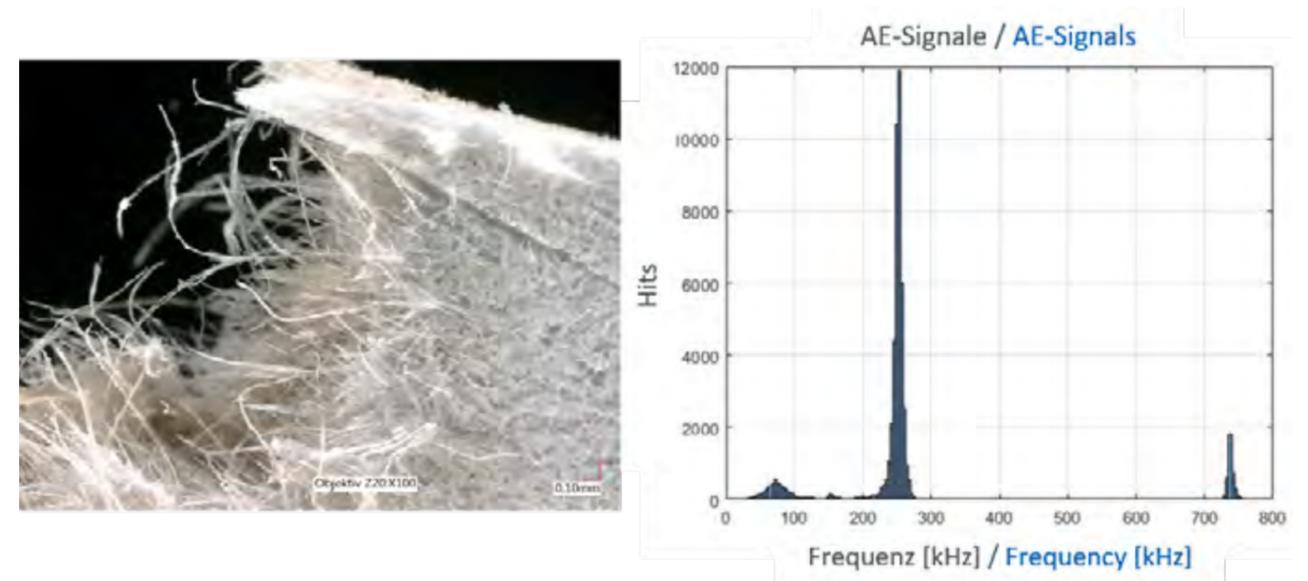
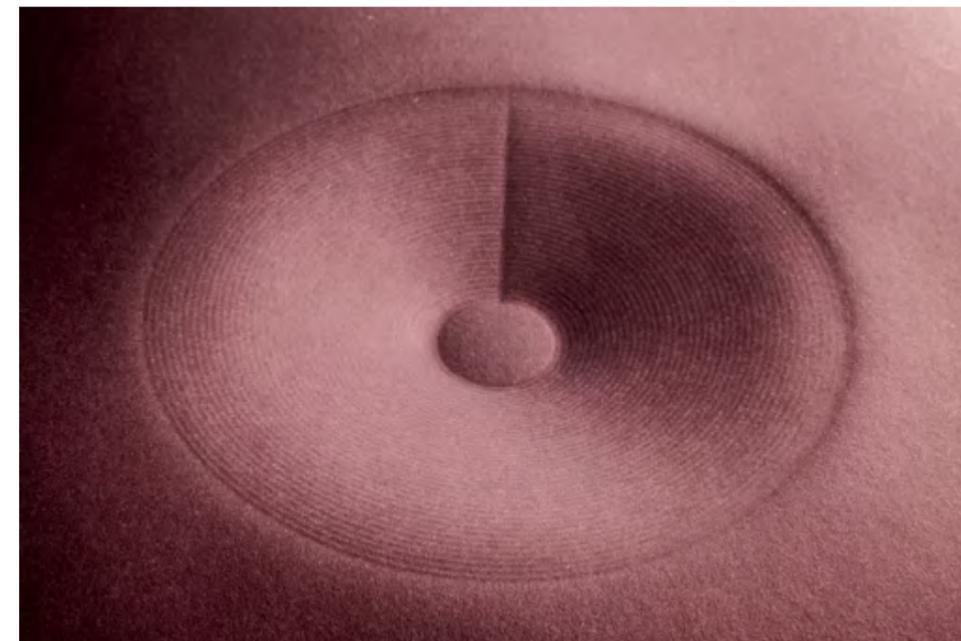


Abb. 1: Risskante einer Papierzugprobe (links) und aufgenommene AE-Signale (rechts)  
Figure 1: Tear edge of a paper tensile specimen (left) and recorded AE signals (right)



Mittels Single Point Incremental Forming hergestelltes Bauteil aus Vulkanfiber  
Vulcanized fiber component produced by Single Point Incremental Forming



Sonderforschungsbereich 805 - Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus

Collaborative Research Centre 805 - Control of Uncertainty in Load-carrying Structures in Mechanical Engineering



Dirk Molitor, M. Sc.  
+49 6151 16 231 87  
dirk.molitor@ptu.tu-darmstadt.de



Thiemo Germann, M. Sc.  
+49 6151 16 231 68  
germann@ptu.tu-darmstadt.de



Nassr Al-Baradoni, M. Sc.  
+49 6151 16 231 87  
al-baradoni@ptu.tu-darmstadt.de



Daniel Martin, M. Sc.  
+49 6151 16 233 16  
daniel.martin@ptu.tu-darmstadt.de

Mit Ablauf dieses Jahres endet die dritte Förderperiode des Sonderforschungsbereiches (SFB) 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“. Prof. Groche ist Co-Sprecher des SFB und das PtU arbeitet mit vier wissenschaftlichen Mitarbeitern an den Teilprojekten B2, B4 und T6.

Ziel des Teilprojekts B2 „Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität“ ist die Überwachung und Regelung von Bauteil-, Prozess- und Maschinenzuständen sowie die Erweiterung der entwickelten Methoden von flexiblen, geregelten Umformprozessen auf geregelte Mehrtechnologie-Prozessketten. Um deren Genauigkeitsanforderungen gerecht zu werden, werden modellbasierte Positionsregelgesetze der 3D-Servo-Presse auf jeweilige Vorteile geprüft und Potentiale der Regelung von Bauteileigenschaften in mehrstufigen Umformprozessen aufgezeigt. Gleichzeitig werden Strategien erforscht, wie die während des Prozesses aufgezeichneten Daten produktspezifisch aufgenommen werden können und wie darauf basierend eine Einzelteilrückverfolgung ermöglicht werden kann.

Gegenstand des Teilprojekts B4 „Integration von Funktionsmaterialien“ ist die schädigungsfreie Integration sensibler Funktionsmaterialien in lasttragende Strukturen. Dabei ist die Integration geeigneter Sensorik besonders herausfordernd, weswegen weitere Untersuchungen zur Erweiterung der Messachsen integrierter Aufnehmer auf Basis alternativer Messkonzepte durchgeführt werden. Erarbeitete Erkenntnisse des Teilprojekts dienen der Promotion von Herrn Dr.-Ing. Martin Krech.

Mit dem in Teilprojekt T6 „Zustandsbeeinflussung von Wälz-Gleitlagerungen“ entwickelten Prüfstand lässt sich der Lagerzustand im Betrieb sowohl direkt über die integrierte Sensorik als auch indirekt durch Soft-Sensoren mithilfe von physikalischen Modellen überwachen. Damit wurde das Verhalten der kombinierten Wälz-Gleitlagerungen unter unsicheren Umgebungseinflüssen untersucht, indem in Experimenten gezielte Störgrößen aufgeprägt wurden. So konnten beispielsweise Erkenntnisse über das dynamische Verhalten von Teilsystemen innovativer Investitionsgüter erlangt werden, indem Wälz-Gleitlagerungen asymmetrischen Krafteinwirkungen ausgesetzt wurden.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung der vorgestellten Projekte im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB 805 „Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus“.

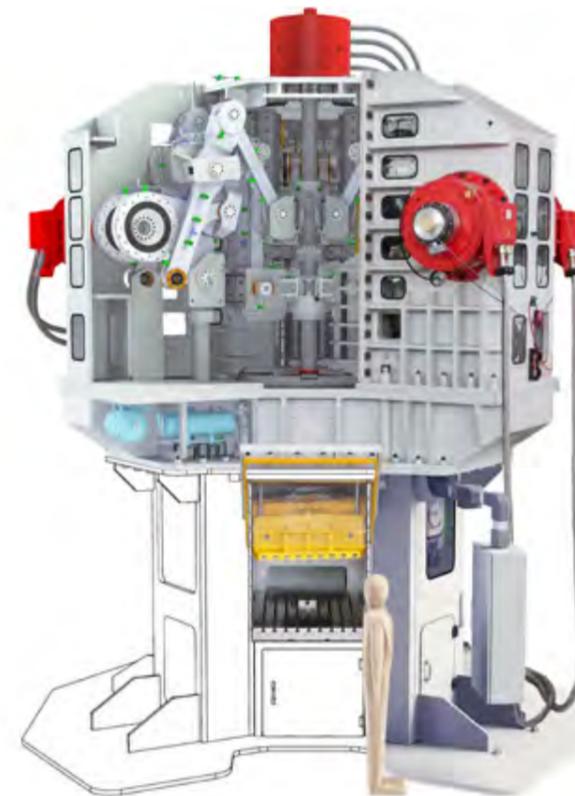
At the end of this year, the third funding period of the Collaborative Research Center (SFB) 805 „Control of Uncertainty in Load-carrying Structures in Mechanical Engineering“ ends. Prof. Groche is co-speaker of the SFB, and the PtU is working with four scientific employees on the subprojects B2, B4 and T6.

The aim of subproject B2 „Forming – production families with constant quality“ is the monitoring and closed-loop control of product, process and machine states as well as the extension of the developed methods from flexible, controlled forming processes to controlled multi-technology process chains. In order to meet their accuracy requirements, model-based position control laws of the 3D servo press are checked for their respective advantages and potentials for the control of product properties in multi-stage forming processes are presented. At the same time, strategies are being explored to assign the data recorded during the process to specific products and, based on this, to enable the tracking of individual parts.

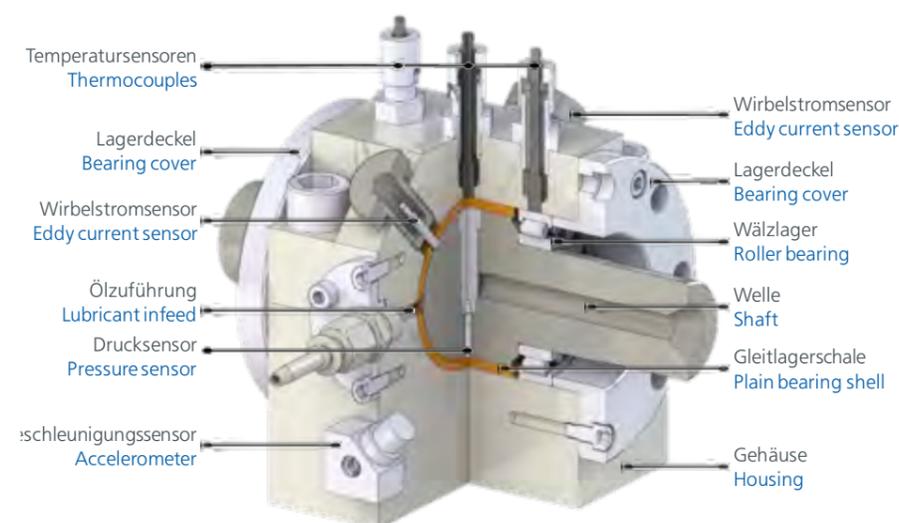
Subproject B4 „Integration of functional materials“ deals with the non-destructive integration of sensitive functional materials into load-bearing structures. The integration of suitable sensor technology is particularly challenging. Therefore, further investigations are being conducted to expand the measuring axes of integrated transducers on the basis of alternative measuring concepts. The results of the subproject were used for the doctoral thesis of Dr.-Ing. Martin Krech.

With the test rig developed in subproject T6 „State control of combined roller and plain bearings“, bearing conditions during operation can be monitored both directly via the integrated sensor technology and indirectly via soft sensors using physical models. The behavior of the combined roller and plain bearings under uncertain environmental influences was investigated by applying specific disturbance variables in experiments. For example, knowledge about the dynamic behavior of subsystems of innovative capital goods could be gained by exposing combined roller and plain bearings to asymmetrical forces.

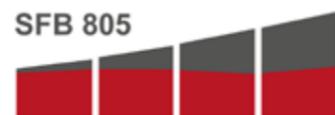
We like to thank the German Research Foundation (DFG) for funding the presented projects within the Collaborative Research Center 805 “Control of Uncertainty in Load-bearing Structures in Mechanical Engineering”.



3D-Servo-Presse – Gesamtaufbau mit Schnittansicht des Getriebes  
3D-servo-press – overall construction with sectional view of the gear unit



Prüfstand zur Untersuchung von kombinierten Wälz-Gleitlagerungen aus Teilprojekt T6  
Test rig for the investigation of combined roller and plain bearings from subproject T6



## Sonderforschungsbereich-Transregio 270: Hysterese Design von magnetischen Materialien für effiziente Energieumwandlung

### Collaborative Research Centre/Transregio 270: Hysteresis Design of Magnetic Materials for Efficient Energy Conversion



Fansun Chi, M. Sc.  
+49 6151 16 233 54  
chi@ptu.tu-darmstadt.de

Nach mehr als drei Jahren Vorbereitung startet ab dem 1. Januar 2020 der Sonderforschungsbereich/Transregio (SFB/TRR) 270. In diesem SFB/TRR beschäftigen sich die Wissenschaftler aus unterschiedlichsten Disziplinen von der Technische Universität Darmstadt, Universität Duisburg-Essen, Max-Planck-Institut für Eisenforschung und Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen mit dem Ziel magnetische Materialien für effiziente Energieumwandlung zu entwickeln. Zwei Kategorien von Materialien stehen im Fokus, nämlich die leistungsstarken Permanentmagnete mit maximaler Hysterese für den Einsatz in energieumwandelnden Maschinen und die Weichmagnete mit minimaler Hysterese für die Anwendung in der magnetokalorischen Kühltechnik.

Der Ansatz für die Einstellung der Hysterese ist die maßgeschneiderte Nanostruktur des magnetischen Materials. Für die maximalen permanentmagnetischen Eigenschaften soll die Hauptphase (Körner) durch eine andere Phase (Korngrenzphase) umschlossen bzw. magnetisch entkoppelt werden. Beide Phasen sollen bestimmte Eigenschaften besitzen, um die Magnetisierungsmechanismen, wie z.B. Domänenwand-Pining oder Nukleation, hervorzurufen. Zusätzlich wirken zahlreiche Parameter, wie z.B. die Ausrichtung und Größe der Körner sowie die Dicken der Korngrenzen, auf die magnetischen Eigenschaften.

Das PtU bearbeitet das Teilprojekt A09 mit dem Titel „Nanostрукturelles Engineering durch kontinuierliche Umformprozesse“. In diesem Teilprojekt wird die Einstellung der Nanostruktur durch Herstellung von Magneten aus Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen (MMV) durch Umformung ermöglicht. MMV bestehen aus einer Matrix und mindestens einem weiteren Material, das in die Matrix eingebettet ist. Unsere MMV setzen sich aus Drähten und einem umgebenden Matrixmaterial zusammen. Die Drähte haben die Zusammensetzung der Hauptphase des magnetischen Materials und werden bei den Umformungsvorgängen in die gewünschte Nanostruktur überführt. Sie sind von einem Umhüllungsmaterial in Form von gebündelten Drähten, Matrix oder Beschichtung umgeben, das die zweite Phase bzw. Korngrenzphase in der gewünschten Nanostruktur darstellt. Die Ausgangsstäbe werden kontinuierlich zu Drähten mit deutlich reduziertem Durchmesser umgeformt. Diese neuen Drähte werden zu Stäben gebündelt und wieder zu Drähten geformt. Dieser Schritt wird wiederholt bis die Mikrostrukturen der Drähte die gewünschte Dimension erreicht haben, wie in Abbildung 1 dargestellt ist.

**Danksagung:** Das vorgestellte Forschungsprojekt wird gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereiches Transregio SFB/TRR 270 – „Hysteresis design of magnetic materials for efficient energy conversion (HoMMage)“.

After more than three years preparation, the Collaborative Research Center/Transregio (CRC/TRR 270) started on January 1, 2020. In this CRC/TRR, scientists from various disciplines at Technical University Darmstadt, University Duisburg-Essen, Max Planck Institute for Iron Research and Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons (ER-C) at Forschungszentrum Jülich are working together with the goal of developing magnetic materials for efficient energy conversion. Two categories of materials are in focus, namely the powerful permanent magnets with maximum hysteresis for the use in energy-converting machines and the soft magnets with minimum hysteresis for the application in magnetocaloric cooling technology.

The approach for tuning the hysteresis is to tailor the nanostructure of the magnetic material. For maximum permanent magnetic properties, the main phase (grains) should be surrounded respectively magnetically decoupled by another phase (grain boundary phase). Both phases should have certain properties to induce the magnetization mechanisms, such as domain wall pinning or nucleation. In addition, numerous factors, such as the orientation and size of the grains as well as the thickness of the grain boundary, have an effect on the magnetic properties.

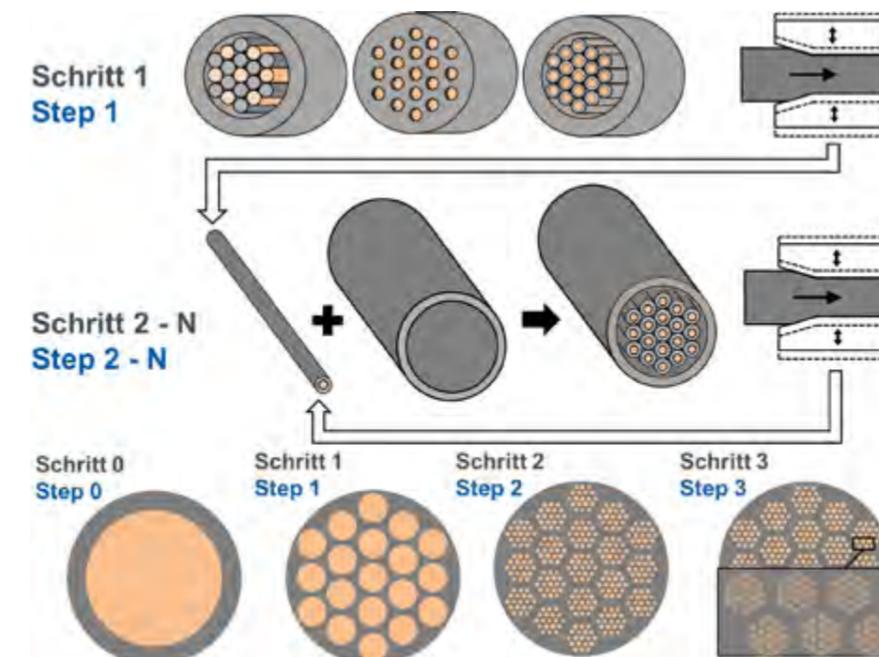
PtU is working on the subproject A09 with the title „Nanostрукturelles Engineering through continuous forming processes“. In this subproject, the tuning of the nanostructure is realized by manufacturing magnets made of metal matrix composites (MMC) by forming processes. MMCs consist of a matrix and at least one other different material embedded into it. Our MMCs are composed of wires and a surrounding matrix material. The wires have the composition of the main phase of the magnetic material and are transferred to the desired nanostructure during the forming operations. They are surrounded by a shell material in the form of bundled wires, matrix or coating, which represents the second phase or rather grain boundary phase in the targeted nanostructure. The initial rods will be continuously formed into wires with significantly smaller diameters. These new wires are bundled into rods and formed into wires again. This step will be repeated until the microstructures of the wires have reached the desired dimension, as it is shown in Figure 1.

#### Acknowledgement

The project is funded by “Deutsche Forschungsgemeinschaft” (DFG) in terms of the Collaborative Research Centre/Transregio (CRC/TRR) 270 – „Hysteresis design of magnetic materials for efficient energy conversion (HoMMage)“.



Anwendungsgebiete der Permanentmagnete  
Applications of permanent magnets



Konzepte zur Umformung von Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe für magnetische Werkstoffe  
Concept of forming metal-matrix-composite for magnetic materials

## Künstliche Intelligenz-Trainer am Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt

## Artificial Intelligence Trainer at the Mittelstand 4.0-Competence Center in Darmstadt



Richard Werner, M. Sc.  
+49 6151-16-23356  
richard.werner@ptu.tu-darmstadt.de

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt hat sein Angebot für kleine und mittelständige Unternehmen (KMU) um den Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) durch den Einsatz von KI-Trainern erweitert. Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen prägen aktuell den industriellen Fortschritt. Hierbei handelt es sich nicht mehr lediglich um Zukunftstrends, vielmehr können diese Technologien bereits konkret für eine effektivere und wettbewerbsfähige Produktion eingesetzt werden. Die intelligente Datenanalyse mit Hilfe von KI-Anwendungen stellt gerade KMU in der Produktions- und Umformtechnik aufgrund der hohen Komplexität sowie geringerer verfügbarer Ressourcen gegenüber multinationaler Unternehmen vor große Herausforderungen.

Das KI-Trainer Programm setzt an diesem Punkt an und rundet das Leistungsspektrum des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Darmstadt rund um Themenschwerpunkte der Industrie 4.0 ab. Ziel des Kompetenzzentrums ist der Wissenstransfer von KI-Forschung in die Wirtschaft, zur Nutzung neuer Möglichkeiten durch Digitalisierung sowie Gewinnung von Know-how und neuer Fachkompetenzen innerhalb der Unternehmen. Hierzu werden Erkenntnisse aus aktuellen Forschungsprojekten in einem industrienahen Umfeld, der SFB-Halle, aus erster Hand an KMU vermittelt.

Das kostenfreie Leistungsspektrum umfasst:

- Den Abbau von Hemmnissen gegenüber der Digitalisierung durch Erstinformation.
- Die Identifikation, Analyse und Qualifizierung praxisnaher Anwendungsgebiete für KI-Anwendungen im Bereich der Produktions- und Umformtechnik durch Fachgespräche und Workshops.
- Die Einsatzplanung, Umsetzung und Weiterentwicklung von KI in eigene Fertigungsprozesse.
- Die Unterstützung bei der Realisierung von Umsetzungsprojekten.

Mitarbeiter des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt stellen sich hierzu Fragestellungen im Bereich der Mechanik, Elektrotechnik sowie der Informationstechnologie um die Möglichkeiten von Industrie 4.0 möglichst breit nutzbar zu machen. In Umsetzungsprojekten besteht für KMU die Möglichkeit dieses Wissen mit Unterstützung auf ihre individuellen Fertigungsprozesse anzupassen und zu transferieren.

An dem Projekt Mittelstand-4.0 des Kompetenzzentrums in Darmstadt sind neben dem Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen weitere Partner aus Wissenschaft und Praxis beteiligt, die ihre Expertise zu Digitalisierungs- und Industrie 4.0 Themen bündeln.

The Mittelstand 4.0-Competence Center Darmstadt has expanded its range of services for small and medium-sized enterprises (SME) to include artificial intelligence (AI) by using AI-trainers. Artificial intelligence and machine learning are currently shaping industrial progress. These technologies are no longer just future trends, they can already be used for more effective and competitive production. The use of intelligent data analysis with the help of AI applications represent major challenges for SME in production and forming technology, in particular when compared to multinational companies due to the high complexity and lower available resources. The AI-trainer program addresses this problem and completes the service portfolio of the Mittelstand-4.0 Competence Center Darmstadt in all aspects of Industry 4.0.

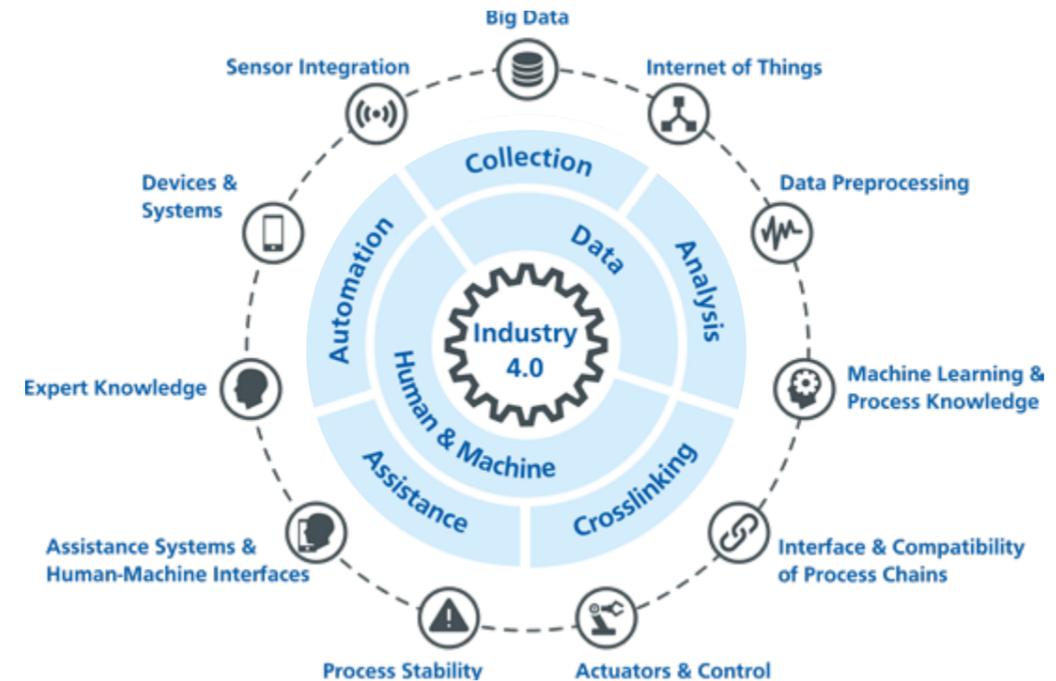
The program is funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) with the aim to transfer knowledge from AI research to the economy in order to use new opportunities through digitalization as well as the acquisition of know-how and new specialized skills within the SMEs. For this purpose research results from current projects in an industry-related environment, the SFB-factory building, are conveyed first-hand to companies.

The services are free of charge and include:

- The removal of barriers to digitalization through initial information.
- The identification, analysis and qualification of practical application areas for AI applications in the field of production and forming technology through technical discussions and workshops.
- The operational planning, implementation and further development of AI in local production processes.
- Support in the realization of project implementation.

Specialists of the Mittelstand 4.0 Competence Center Darmstadt dealing with questions in the field of mechanics, electrical engineering and information technology are targeting to utilize wider possibilities of Industry 4.0. In implementation projects, SMEs have the opportunity and the specialized support to adapt and transfer this expertise to their individual production processes.

In addition to the Institute for Production Technology and Forming Machines, other partners from science and practice are involved in the Mittelstand 4.0 project of the Competence Center in Darmstadt which bundles expertise in digitalization and Industry 4.0 topics.



Stufen und Technologien der Digitalisierung  
Stages and technologies of digitalization



Umsetzungsprojekt DYNEXA GmbH: Automatische Geometrieüberwachung von Bauteilen durch Digitalisierung  
Implementation project DYNEXA GmbH: Automatic geometry monitoring of components through digitalization



Qualifizierung in industrienahem Umfeld des PtU  
Qualification in industry-related environment of the PtU

CORNET Wear-O:  
Verschleißoptimierung hochbeanspruchter Umformwerkzeuge

CORNET Wear-O:  
Wear Optimization of Highly Stressed Shaping Tools



Philipp Gehringer, M. Sc.  
+49 6151-16-23 187  
philipp.gehringer@ptu.tu-darmstadt.de

Die gesellschaftliche Forderung nach nachhaltigem Ressourceneinsatz, insbesondere stofflicher und konstruktiver Leichtbau sowie die Erhöhung der Sicherheitsstandards von Bauteilen, führt zur Verwendung höherfester Werkstoffe in der Kaltmassivumformung.

Die Verarbeitung dieser Werkstoffe erfordert jedoch den Einsatz von hochfesten Werkzeugstählen oder Hartmetallen. Hartmetallwerkzeuge haben zudem den Vorteil höherer Verschleißbeständigkeit und längerer Standzeiten.

Beim konventionellen Herstellungsprozess von Hartmetallwerkzeugen werden standardisierte Rohlinge mittels Erodierverfahren und Hartzerspanung auf die finale Werkzeuggeometrie gebracht und anschließend ein Oberflächenfinish aufgebracht (Abb. 1). Dieses Verfahren ist kosten- und zeitintensiv. Zudem ist die herstellbare Werkzeuggeometrie verfahrensbedingt beschränkt und einzelne Werkzeugbereiche können nicht belastungsgerecht optimiert werden.

Ziel dieses Projektes ist daher eine neu entwickelte Prozessroute, welche eine individuelle Werkzeuggestaltung und beanspruchungsgerecht ausgelegte Werkzeuge für die Kaltmassivumformung ermöglicht. Die Basis hierfür bildet eine Substitution der Verfahrensschritte Rohlingherstellung, Erodieren und Hartzerspanung durch additive Fertigungstechniken (Abb. 2). Dafür ist ein enger Austausch zwischen Pulverherstellern, welche das werkstoffliche Wissen einbringen, und den Werkzeugherstellern, die die Geometrie- und Oberflächendaten liefern, notwendig. Dadurch entstehen sogenannte Near-Net-Shape (NNS) Rohlinge, welche eine endkonturnahe Geometrie des fertigen Werkzeugs aufweisen. Die Oberfläche wird im Anschluss durch maschinelles Oberflächenhämmern (MOH) gradiert eingestellt. Das MOH ist ein inkrementelles, deterministisches Verfahren zur mechanischen Manipulation metallischer Oberflächen. Damit lassen sich eine Einglättung dieser erreichen, als auch eine Härtesteigerung und Druckeigenspannungen in die Randzone induzieren. Zusätzlich zum Oberflächenfinish wird das MOH in diesem Forschungsprojekt auch zur schichtweisen Pulververdichtung der NNS-Rohlinge im Sinterverfahren verwendet.

Das Forschungsprojekt wird ermöglicht durch das transnationale CORNET-Programm, mit Förderung durch AiF und die German Cold Forging Group (GCFG). Unterstützt wird das Vorhaben durch österreichische und deutsche Unternehmen aus dem Bereich Werkzeugbau in Zusammenarbeit mit den Forschungspartnern IAM-WK des Karlsruher Instituts für Technologie, IFT der TU Wien und dem RHP-Forschungszentrum.

Public demand for sustainable use of resources, especially in material and lightweight design as well as increasing safety standards for component parts are leading to a utilization of higher strength materials in cold forging.

Processing these materials requires the application of high-tensile tool steel or cemented carbides in tool manufacturing industry. In addition, carbide tools show advantages in wear resistance and tool life. In conventional production of carbide tools, standardized blanks are treated by electrical discharge machining (EDM) and hard machining to achieve the final tool geometry, followed by surface finishing (Fig.1 ). This process is extremely cost- and time-intensive. Furthermore, achievable tool geometry is limited and single regions of the tool cannot be optimized stress-related.

This research project aims on developing a new process chain, allowing an individual tool design and a stress-related layout of tools for the cold forging industry. Substitution of the process steps blank fabrication, EDM and hard milling by additive manufacturing will give the base for this proposition (Fig. 2). This requires a close contact between material suppliers, giving the material knowledge and tool manufacturers, providing shape and surface data. Thereby near-net-shape (NNS) blanks are created, with almost the final geometry of the finished tool. Subsequent, the tool surface is worked gradually by machine hammer peening (MHP) technology. MHP is an incremental, deterministic technology for the mechanical treatment of metallic surfaces. By that process, smoothing of these surfaces can be achieved, as well as hardening and residual compressive stresses are induced into the boundary layer zones. Additionally to surface finishing, MHP is utilized for layered powder precompaction of NNS-blanks before sintering.

This research project is enabled by the transnational CORNET-program and funded by AiF and German Cold Forging Group (GCFG). The proposition is supported by austrian and german enterprises in the branch of toolmaking in collaboration with the research partners IAM-WK of Karlsruhe Institute of Technology, IFT of TU Wien and RHP research center.

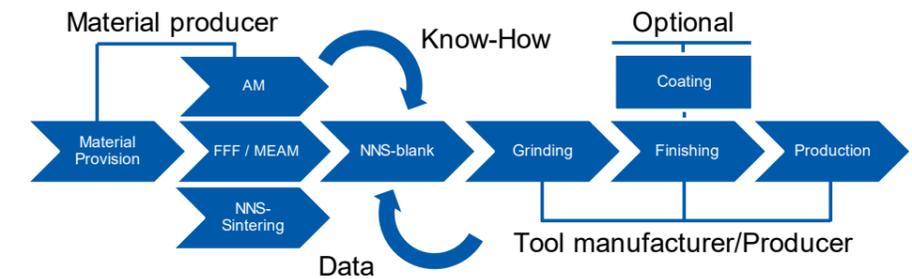
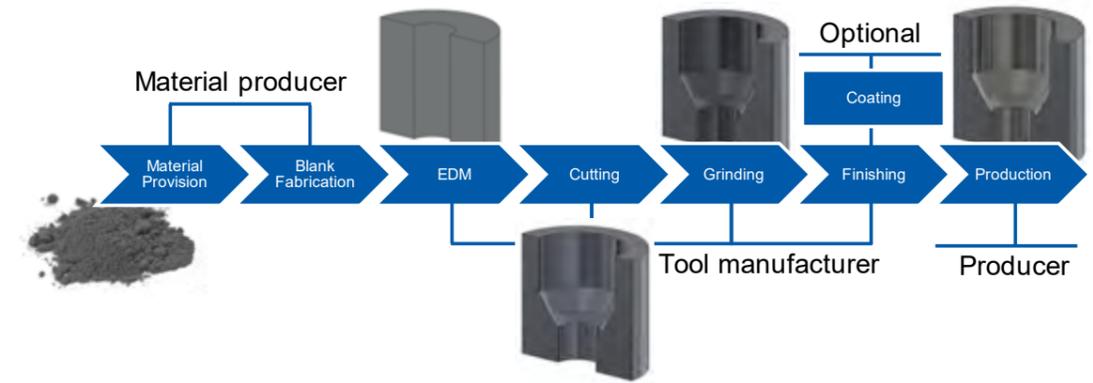


Abbildung: konventionelle Fertigungskette vs. Prozesskette inkl. additiver Rohlingherstellung  
Figure: Conventional vs. new process chain incl. additive manufacturing of blanks



Hartzerspanendes Drehen  
Hard metal cutting turning



Hartzerspanendes Fräsen  
Hard cutting milling



Manuelles Polieren  
Manual polishing

## SPP 2013 Gezielte Einstellung von Eigenspannungen während der Kaltmassivumformung

## SPP 2013 Targeted Use of Forming Induced Residual Stresses in Metal Components



Alessandro Franceschi M. Sc.  
+49 6151 16 233 12  
franceschi@ptu.tu-darmstadt.de

Das Schwerpunktprogramm (SPP) 2013 ist ein nationales Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), das im Jahr 2017 ins Leben gerufen wurde. Im Rahmen des Programms sind 12 Projekte mit 25 Forschungsstellen beteiligt. Schwerpunkt des Programms ist ein umfassender Ansatz zur Untersuchung der Entstehung von Eigenspannungen bei umformenden Fertigungsprozessen. In Zusammenarbeit mit der Staatlichen Materialprüfungsanstalt Darmstadt und dem Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde (MPA/IfW) der TU Darmstadt bearbeitet das PtU das Projekt: „Gezielte Einstellung von Eigenspannungen während der Kaltmassivumformung“. Das Projekt analysiert die kontrollierte Bildung von Eigenspannungen in Edelstahl in verschiedenen Kaltumformoperationen und deren Entwicklung während einer Prozesskette. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Eigenspannungen während zyklischer Belastung überwacht, um das Verhalten eines Bauteils während des gesamten Produktlebenszyklus nachzuvollziehen. Die experimentelle Messung von Eigenspannungen erfolgt mittels Röntgendiffraktometrie. Außerdem werden Finite-Elemente-Modelle zur Vorhersage von Eigenspannungen unter besonderer Berücksichtigung des Werkstoffmodells entwickelt.

Interessante Ergebnisse wurden mit dem Teilprozess Voll-Vorwärts-Extrusion erzielt. Das Verfahren wurde untersucht, um eine gezielte Einstellung der Eigenspannungen im Endprodukt zu erreichen. Insbesondere wurden neue Techniken entwickelt, die in den Prozess integriert werden und somit keine Verlängerung der Produktionszeiten verursachen. Durch den Einsatz eines aktiven Gegenstempels wurden Bauteile mit geringen Eigenspannungen hergestellt. Diese Bauteile sind industriell interessant, da sie Verzugsprobleme in den nachfolgenden Schritten der Prozesskette (z.B. Wärmebehandlungen und Umform- oder Spannprozesse) vermeiden können.

Ein zweiter Prozess besteht in der Verwendung einer aktiven Matrize. Durch die aktive Steuerung des inneren Durchmessers der Matrize wird eine Kalibrierung der Eigenspannungen während der Ausstoßphase des Bauteils ermöglicht. In diesem Fall können Druckeigenspannungen in die Bauteiloberfläche aufgebracht werden, wodurch eine Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit dieser Bauteile erreicht wird. Da keine Nachbearbeitung erforderlich ist, behalten diese Bauteile darüber hinaus die Vorteile der Kaltumformung: Kaltverfestigung, Oberflächengüte und enge Toleranzen.

Das Ziel des Projekts in der nächsten Phase ist die Übertragung dieser Techniken auf die industrielle Umgebung.

The priority program (Schwerpunktprogramm, SPP) 2013 is a national program funded by the German Research Foundation (Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG) that started in 2017. Within the program, 12 projects with 25 participating research institutes can be found.

The program focuses on a comprehensive approach to studying the generation of residual stresses in forming manufacturing processes. In cooperation with the State Material Testing Institute (MPA/IfW) of TU Darmstadt, the PtU is engaged in the project “Targeted Manipulation of Residual Stresses during Cold Forging”. The controlled formation of residual stresses in stainless steel in different cold forming operations and their targeted manipulation during a process chain are analyzed in the project. Moreover, the evolution of the residual stresses is monitored during cyclic loading, to gain a deeper understanding of the behaviour of a component during its service life. The experimental measurement of the residual stresses is performed through X-Ray diffractometry. Also, finite element models are developed for the prediction of the residual stresses with particular attention to the development of optimised material models.

Interesting results were achieved in the sub-process full-forward extrusion. The process was investigated in order to obtain a targeted adjustment of residual stresses in the final product. In particular, new techniques were developed which act in the process and do not cause an extension of the production times. By using an active counter punch, components with low residual stress were manufactured. These components are industrially interesting, as they can avoid problems with distortion in the following steps of the process chain (e.g. heat treatments and forming or clamping processes).

A second process consists in the use of an active die. Through this system, a control of the inner diameter of the die allows the calibration of the residual stresses during the ejection phase of extrusion processes. In this case, compressive residual stresses on the component surface can be applied, which allows an improvement of the fatigue strength of these components. In addition, as no post-processing is required, these components retain the advantages of cold forming: work hardening, surface finish and close tolerances.

The aim of the project in the next phase is to transfer these techniques to the industrial environment.

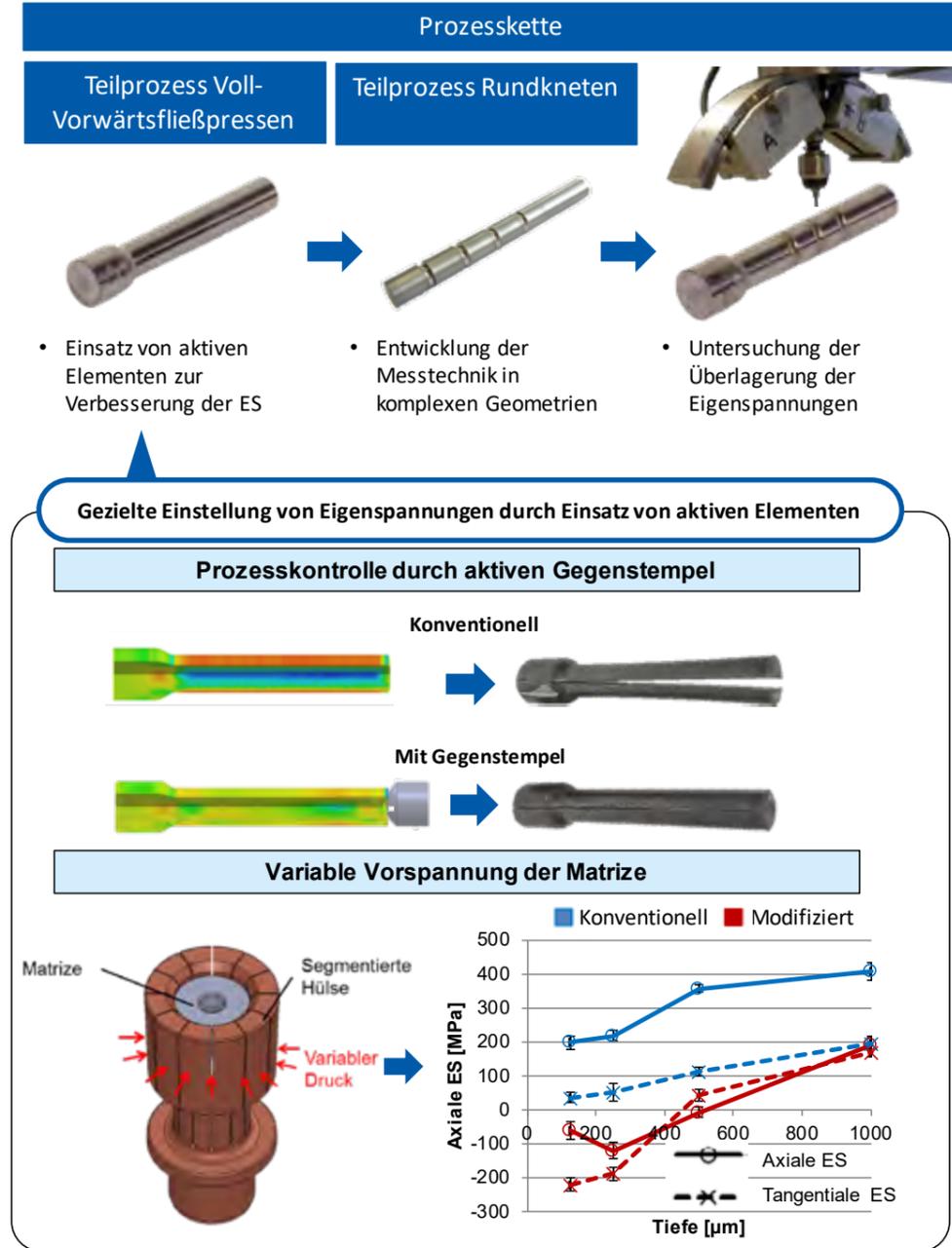


Abbildung: Untersuchung der Eigenspannungsentwicklung in einer Prozesskette, sowie gezielte Einstellung von Eigenspannungen während des kalten Voll-Vorwärts Fließpressen

Figure: Investigation of residual stress development in a process chain, as well as targeted adjustment of residual stresses during cold full forward extrusion

## LOEWE\* Schwerpunkt Allegro

## LOEWE\* Focal Point Allegro



Timon Suckow, M. Sc.  
+49 6151 16 231 85  
suckow@ptu.tu-darmstadt.de

Der LOEWE\* Schwerpunkt Allegro (Hochleistungskomponenten aus Aluminiumlegierungen durch ressourcenoptimierte Prozesstechnologien) ist ein Forschungsverbund der TU Darmstadt, der Universität Kassel und des Fraunhofer LBF (Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit) in Darmstadt.

Im vergangenen Jahr erreichte die Forschung mit der hochfesten Aluminiumlegierung EN AW-7075 im Allegro-Projekt einen weiteren Höhepunkt.

Das erste Rohr mit einem Außendurchmesser von 55 mm aus dem kalt nur sehr begrenzt umformbaren Material konnte auf der institutseigenen Walzprofilieranlage hergestellt werden. Nachdem im Jahr 2018 die Werkzeuge für den Profilierprozess numerisch ausgelegt wurden, folgten Anfang des Jahres 2019 die ersten Vorversuche auf der Spalt- und Walzprofilieranlage. Zunächst musste festgestellt werden, dass die Bandkante der Aluminiumlegierung im hochfesten Ausgangszustand (T6 – lösungsgeglüht und warmausgelagert) bereits im ersten Spaltprofiliergerüst abreißt.

Abhilfe schaffen die lokale Wärmebehandlung der Bandkante mittels Laser (Kurzzeitlösungsglühen) oder die globale Erwärmung des Materials auf 250 °C zu Beginn der Prozesskette. Das Spaltprofilieren, welches der Bandkantenvorbereitung durch gezielte Materialansammlung in der Bandkante für den späteren Schweißprozess dient, ist verzichtbar, sofern als Schweißverfahren das HF-Schweißen zum Einsatz kommt. Beim HF-Schweißen werden die Bandkanten unter hohem Druck verschweißt, sodass sich das Material in der Schweißnaht ansammelt. Das HF-Schweißen wird Ende des Jahres in die Prozesskette integriert.

Parallel dazu erfolgt die Untersuchung weiterer Schweißverfahren (Laserschweißen und Rührreibschweißen) für die Prozesskette in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern der Universität Kassel.

Im letzten Schritt der Prozesskette folgt die Inline-Wärmebehandlung des Rohrs, zur optimalen Einstellung der Bauteileigenschaften durch lokale Gradierung der mechanischen Eigenschaften. Die Gradierung der mechanischen Eigenschaften erfolgt durch gezieltes Abschrecken des Rohres nach dem Lösungsglühen innerhalb der Prozesskette.

Hochfeste Aluminiumrohre eignen sich hervorragend zur Verarbeitung in weiteren Prozessschritten, wie dem Rundkneten, Biegen, Verschweißen etc. zu leichtbauoptimierten Baugruppen.

\*LOEWE = LandesOffensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz, Hessen

The LOEWE\* focal point Allegro (High-performance components made of aluminium alloys through resource-optimized process technologies) is a research alliance of the TU Darmstadt, the University Kassel and the Fraunhofer LBF (Institute for Structural Durability and System Reliability) in Darmstadt.

Last year, research into the high-strength aluminium alloy EN AW-7075 reached a further highlight in the Allegro project.

The first tube with an outside diameter of 55 mm made from this material, which is very difficult to form when cold, was produced on the institute's own roll forming line.

After the tools for the roll forming process had been numerically designed in 2018, the first tests on the linear flow splitting and roll forming line followed in early 2019. The first result was that the band edge of the aluminium alloy in the high-strength factory condition (T6 - solution annealed and artificially aged) cracked already in the first pass of the linear flow splitting process.

Possible solutions are local heat treatment of the band edge by laser heat treatment (short-term solution heat treatment), or by global warming of the material up to 250 °C at the beginning of the process chain.

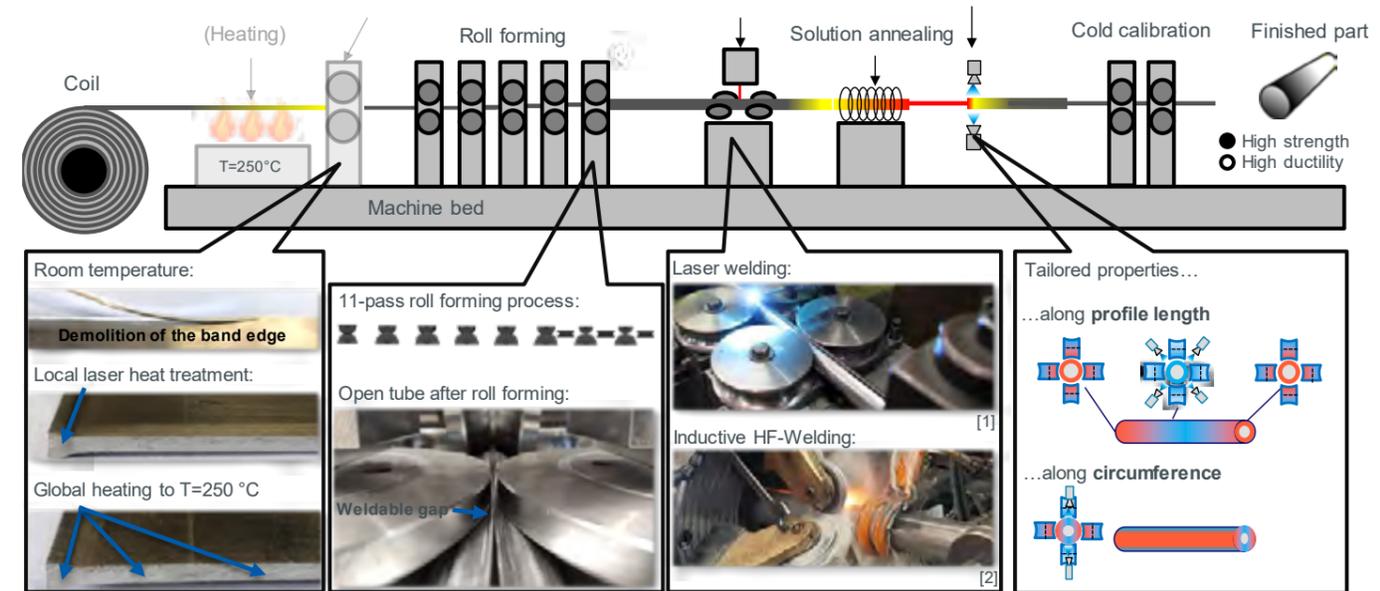
Linear flow splitting, which serves to prepare the band edge for the subsequent welding process by selective material accumulation in the band edge, can be avoided if HF welding is used as the welding process. During HF welding, the band edges are welded under high pressure so that the material accumulates in the weld seam.

HF welding will be integrated into the process chain by the end of the year. In parallel, further welding processes (laser welding and friction stir welding) for the process chain are being investigated in cooperation with the project partner from the University of Kassel.

The last step of the process chain is followed by the inline heat treatment of the material, for optimal application of the component properties by local tailoring of the material properties. The way to the goal is the targeted quenching of the material after solution heat treatment within the process chain.

High-strength aluminium tubes are perfectly suitable for processing in further process steps such as rotary swaging, bending, welding etc. to form lightweight components.

\*LOEWE = LandesOffensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz, Hessen

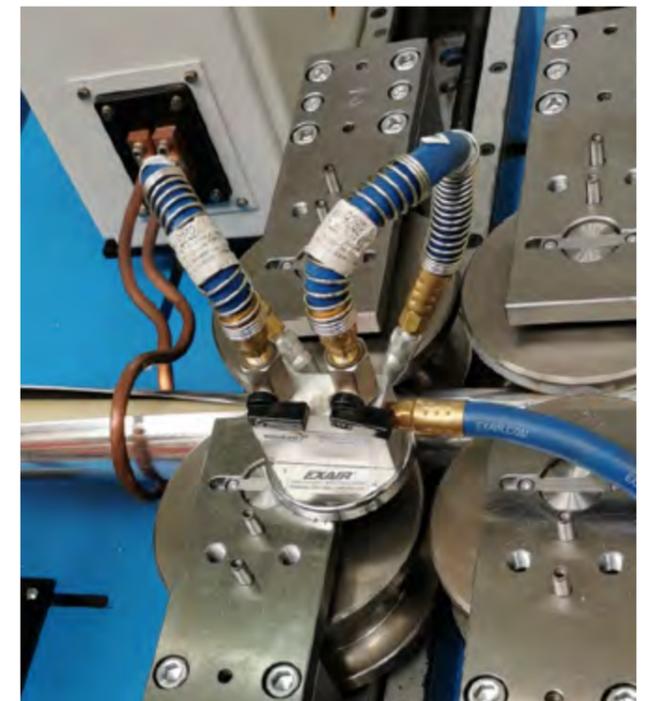


Sources: [1] – <https://www.rofin.com/en/press/press-archives/product-news/detail/article/well-rounded-laser-welding-of-quality-tubes-1/>

Abbildung: Prozesskette zur Herstellung eines hochfesten Aluminiumrohres mit gradierten Eigenschaften  
Figure: Process chain for the production of a high-strength aluminum tube with tailored properties



Walzprofilieren eines hochfesten AA7075-Aluminiumrohres  
Roll forming of a high-strength AA7075 aluminum tube



Vorversuche zum HF-Schweißen eines AA7075-Aluminiumrohres  
Pre-experiments for HF welding of an AA7075 aluminum tube

## ABTEILUNGSÜBERSICHT DEPARTMENTAL OVERVIEW

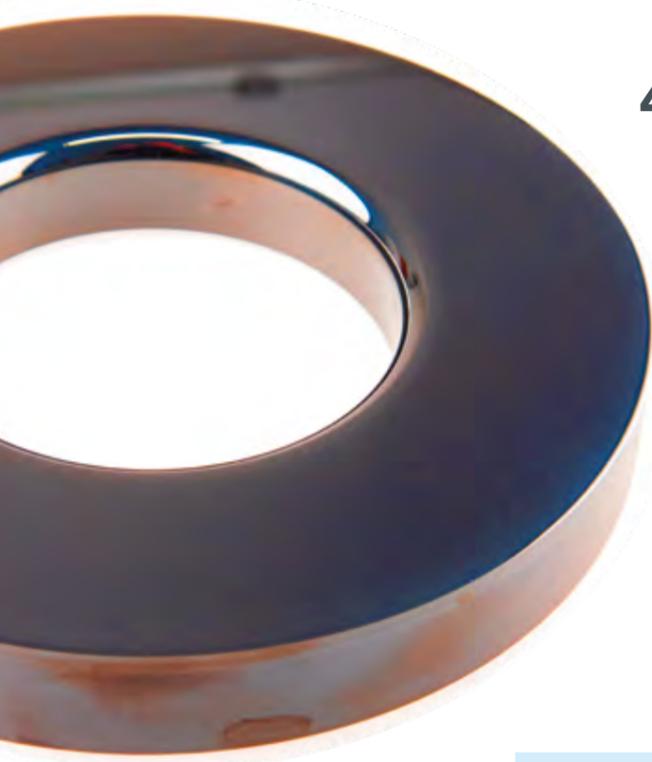
### 36 Abteilung Walz- und Spaltprofilieren Department of Roll Forming and Flow Splitting

- 38 Highlight 1: Flexibles Rollsicken – Herstellung von Profilen mit höhenveränderlichem Querschnitt  
Highlight 1: Flexible Roller Beading – Manufacturing of Profiles with Height-variable Cross-sections
- 40 Highlight 2: Intelligente Profilierprozesse durch Überwachung von Antriebsmomenten  
Highlight 2: Intelligent Roll Forming Processes through Monitoring of Drive Torques



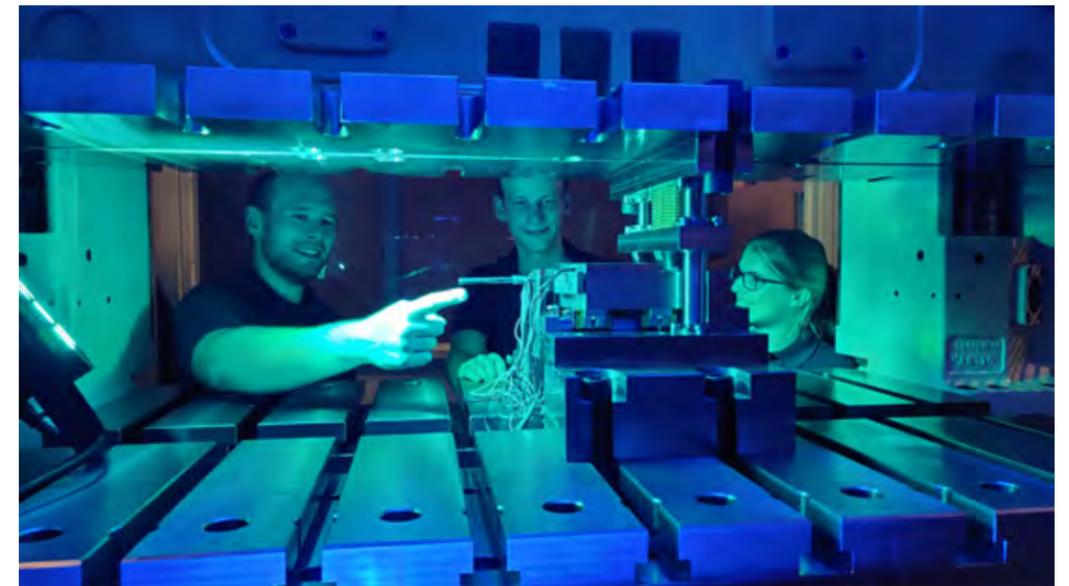
### 42 Abteilung Tribologie Department of Tribology

- 44 Highlight 1: Tribologische Systeme für die Kaltmassivumformung rostfreier Stähle  
Highlight 1: Tribological Systems for Cold Forging of Stainless Steels
- 46 Highlight 2: ASPECT – Advanced Simulation and Control of Tribology in Metal Forming Processes for the North-West European Consumer Goods and Transport Sectors



### 48 Abteilung Prozessketten und Anlagen Department of Process Chains and Forming Units

- 50 Highlight 1: Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt informiert über Digitalisierung  
Highlight 1: Mittelstand 4.0 – Competence Center Darmstadt Informs about Digitalization
- 52 Highlight 2: Schwerpunktprogramm 2183: Mehrgrößenregelung am Beispiel des Stanzlochwalzen  
Highlight 2: Priority Program: 2183 Multivariable Closed-loop Control Using the example of Punched-hole-rolling



### 54 Abteilung Funktions- und Verbundbauweise Department of Smart Structures

- 56 Highlight 1: Kragenziehen von Sandwichblechen  
Highlight 1: Hole-Flanging of Sandwich Sheets
- 58 Highlight 2: Integration von Funktionsmaterialien  
Highlight 2: Integration of Functional Materials





Abteilung Walz- und Spaltprofilieren

Department of Roll Forming and Flow Splitting

Übersicht über die laufenden und im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte

Overview of Ongoing and Completed Projects in 2020



Tianbo Wang, M. Sc.  
+49 6151 16 230 47  
wang@ptu.tu-darmstadt.de

Seit mehreren Jahrzehnten zählt die Forschung auf dem Gebiet des Walzprofilierens zu den Kernkompetenzen des PtU. Heute stehen dem Institut zwei Profilerstraßen zur Verfügung, auf denen neben konventionellen Gerüsten eine Vielzahl an Eigenentwicklungen zum Einsatz kommt. Hierzu zählen Spaltprofilier- und flexible Walzprofiliergerüste sowie eine Versuchsanlage zur Herstellung höhenveränderlicher Profile und Sicken. Die Forschungstätigkeiten adressieren sowohl die Entwicklung und Konstruktion solcher Anlagen als auch die numerische Abbildung und Prozessauslegung.

Aktuell beschäftigt sich die Abteilung mit folgenden Schwerpunkten: Flexibilisierung, Funktionsintegration während der Umformung, Blechverzweigung sowie die Erhöhung der Prozessresilienz und -effizienz durch intelligente Sensorik.

**Flexibilisierung** – Flexible Profileranlagen ermöglichen die Herstellung von lastangepassten Leichtbauprofilen mit veränderlichem Querschnitt über der Längsachse. Dies umfasst sowohl breitenveränderliche Profile, wie sie derzeit in der Automobilindustrie und im Bauwesen zum Einsatz kommen, als auch die Fertigung von Profilen mit höhenveränderlichen Querschnitten.

**Funktionsintegration** – Durch den sequentiellen Aufbau bieten Profileranlagen optimale Voraussetzungen für die Integration weiterer Fertigungsoperationen in den Umformprozess. Ein Projekt beschäftigt sich dabei mit der Integration der Wärmebehandlung hochfester Aluminiumlegierungen innerhalb des Profilerprozesses.

**Blechverzweigung** – Blechverzweigungen ermöglichen eine signifikante Steigerung der Belastbarkeit bei nahezu gleichbleibender Masse und spielen im konstruktiven Leichtbau eine wichtige Rolle. Anhand des am PtU entwickelten Prozesses Spaltprofilieren wird die Erzeugung und Weiterverarbeitung von verzweigten Blechen untersucht.

**Prozessresilienz** – Lange Rüstzeiten sowie Justage- und Korrekturoperationen zur Eliminierung von Profilverfehlern stellen insbesondere bei zunehmenden Produktwechseln eine Bedrohung für die hohe Wirtschaftlichkeit des Walzprofilierens dar. Durch die Entwicklung effizienter Methoden zur Bestimmung von Gegenmaßnahmen zur Korrektur von Geometrieabweichungen können Stillstandzeiten der Anlage minimiert werden.

**Prozesseffizienz** – Im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung innerhalb industrieller Fertigungsprozesse beschäftigt sich die Abteilung Walz- und Spaltprofilieren mit der Integration intelligenter Sensorik in den Walzprofilierprozess. Ziel ist die Optimierung der Antriebsmomente zur Erhöhung der Energieeffizienz.

Roll forming has been one of the main fields of research at the PtU for several decades. Today, the institute is equipped with two roll forming lines with more than 30 stands. In addition to conventional roll forming, a variety of self-developed processes are investigated, such as linear flow and bend splitting, flexible roll forming and flexible roller beading. The research activities address the development of forming stands and equipment, complemented by numerical investigations and process design. Current research focuses on four areas: flexibility, introducing additional functionality into the component, sheet metal bifurcations as well as an increased process efficiency through the use of intelligent sensors.

**Flexibility** – Roll formed products are largely used as structural components and therefore are subject to lightweight design. By using flexible forming stands, lightweight profiles with variable cross sections over the profile length can be produced. This includes profiles with varying width, which are currently used in the automotive and building industry as well as profiles with variable height.

**Integration of functionality** – Due to their sequential arrangement, roll forming lines offer optimal conditions for integrating other manufacturing operations. Within one project the integration of heat treatment of high strength aluminium alloys into the roll forming process is researched.

**Sheet metal bifurcation** – Sheet metal bifurcations enable a significant increase in load capacity at almost constant mass and play an important role in lightweight constructions. With the developed process linear flow splitting the production and further processing of bifurcated sheet metal are investigated.

**Process resilience** – Long set-up times as well as adjustment and correction operations to eliminate profile errors pose a threat to the high economic efficiency of roll forming, especially with increasing product changes. The development of efficient methods for determining countermeasures to correct deviations in profile geometry can minimize system downtimes.

**Process efficiency** – Within the frame of the advancing digitalization within manufacturing processes, the Department of Roll Forming and Flow Splitting investigates the integration of intelligent sensors into the roll forming line. The research focuses on optimizing the driving torque with the aim to increase energy efficiency.

**Team der Abteilung Walz- und Spaltprofilieren (Stand 01.11.2020):**

- Tianbo Wang, M. Sc. (Abteilungsleitung)
- Franziska Aign, M. Sc.
- Marco Becker, M. Sc.
- Timon Suckow, M. Sc.

**Übersicht über die laufenden und im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte:**

1. Intelligente Profilerprozesse durch Überwachung von Antriebsmomenten (AiF - ZIM)
2. ALLEGRO – Hochleistungskomponenten aus Aluminiumlegierungen durch ressourcenoptimierte Prozesstechnologien (LOEWE)
3. Profilrichten durch partielles Auswalzen beim Walzprofilieren (AiF - FOSTA)

**Staff of the Department of Roll Forming and Flow Splitting (status as of November 1st 2020):**

- Tianbo Wang, M. Sc. (Head of department)
- Franziska Aign, M. Sc.
- Marco Becker, M. Sc.
- Timon Suckow, M. Sc.

**Overview of ongoing and completed projects in 2020:**

1. Intelligent Roll Forming Processes by Monitoring Driving Torques (AiF - ZIM)
2. ALLEGRO – High-performance Components Made of Aluminum Alloys through Resource-optimized Process Technologies (LOEWE)
3. Profile Straightening by Partial Rolling During Roll Forming (AiF - FOSTA)

## Flexibles Rollsicken – Herstellung von Profilen mit höhenveränderlichem Querschnitt

## Flexible Roller Beading – Manufacturing of Profiles with Height-variable Cross-sections



Tianbo Wang, M. Sc.  
+49 6151 16 230 47  
wang@ptu.tu-darmstadt.de

Im Sinne des Wandels der konventionellen Massenproduktion hin zur seriellen Maßanfertigung wurde im Rahmen des DFG-Vorhabens das Verfahren „Flexibles Rollsicken“ entwickelt, welches die kontinuierliche Fertigung von Profilen mit veränderlicher Höhe ermöglicht.

Das flexible Rollsicken ist ein Profilierverfahren, bei dem der individuell gestaltbare Höhenverlauf in mehreren Umformstufen in ein ebenes Blech eingebracht wird. Zur Validierung der Prozessfunktionalität wurde eine flexible Versuchsanlage realisiert, mit der die Machbarkeit in experimentellen Untersuchungen gezeigt wurde.

Das Werkzeugkonzept umfasst die obere Umformrolle mit vertikalem Freiheitsgrad und die untere Umformrolle mit vertikalem und in Profilerrichtung horizontalem Freiheitsgrad. Diese erzeugen durch gesteuerte Bewegungskurven den gewünschten Profilverlauf, während der Flansch des Profils seitlich durch Niederhalterrollen festgehalten wird. Das für die Formgebung des Profils nötige Material fließt dabei durch seitlichen Bandeinzug in den Querschnitt hinein, wodurch es nicht zur Materialausdünnung in den Profilschenkeln kommt.

Der für den Erhalt der Blechdicke erforderliche Bandeinzug geht mit charakteristischen Spannungszuständen und Verschiebungen im Flansch der Umformzone einher. Da der Bandeinzug nicht rein in Querrichtung erfolgt, sondern auch Verschiebungen in Längsrichtung auftreten, entstehen Druckbereiche im Flansch, die zur Faltenbildung führen können. Die Entwicklung eines mathematischen Modells mit Hilfe semi-empirischer Methoden zur Vorhersage der Versagensgrenzen sowie die prozessseitige Weiterentwicklung zur Erweiterung des Prozessfensters stellen die Schwerpunkte der aktuellen Forschungsaktivitäten dar.

### Danksagung:

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Vorhabens „Herstellung mehrdimensional geweiteter Profile“ (GR 1818/53-1) erarbeitet, welches durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurde.

As part of the transformation from conventional mass production to serial customization, the process “flexible roller beading” was developed as part of the DFG project, which enables the continuous production of profiles with variable height.

Flexible roller beading is a forming process in which the individually designable height profile is formed into a sheet metal in multiple stages. To validate the process functionality, a flexible test facility was implemented with which the feasibility was demonstrated in experimental investigations.

The tool concept includes the upper forming roller with vertical degree of freedom and the lower forming roller with vertical and horizontal degree of freedom in feed direction. These induce the desired profile contour through controlled movement curves, while the profile flange is held in place by blank holder rollers. The material required for shaping the profile is drawn into the cross-section causing a lateral material inlet, whereby material thinning is avoided.

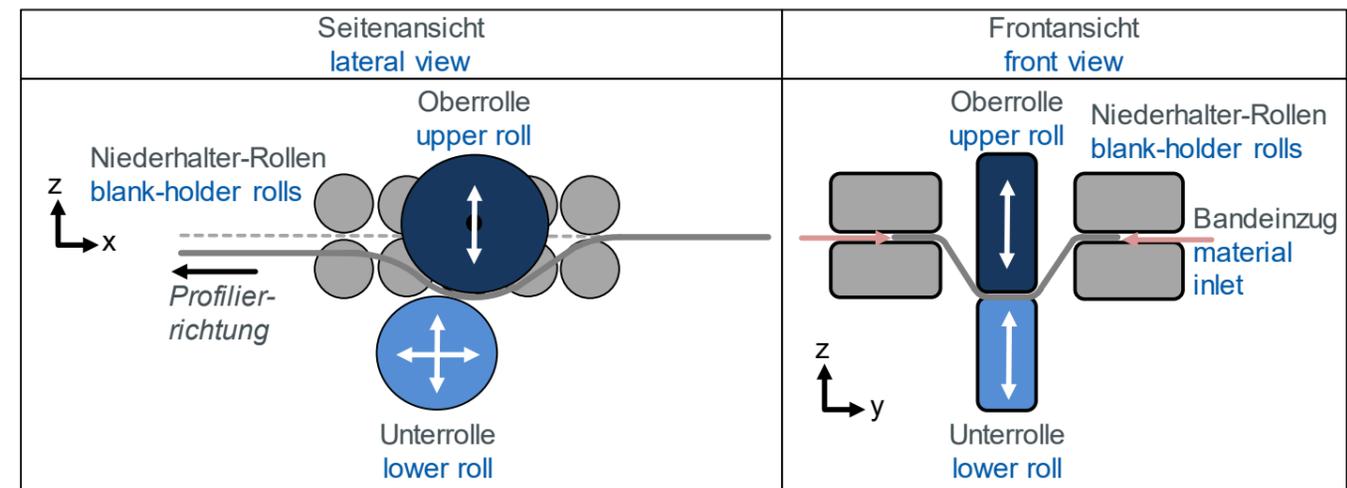
The lateral material inlet is associated with characteristic stress states and displacements in the flange of the forming zone. Since the material is not drawn in purely in transverse direction, but also shifts longitudinally, compressive areas occur in the flanges that can lead to sheet wrinkling. The development of a mathematical model with the aid of semi-empirical methods for predicting the failure limits as well as the further process development to expand the process window are the main focuses of current research activities.

### Acknowledgements:

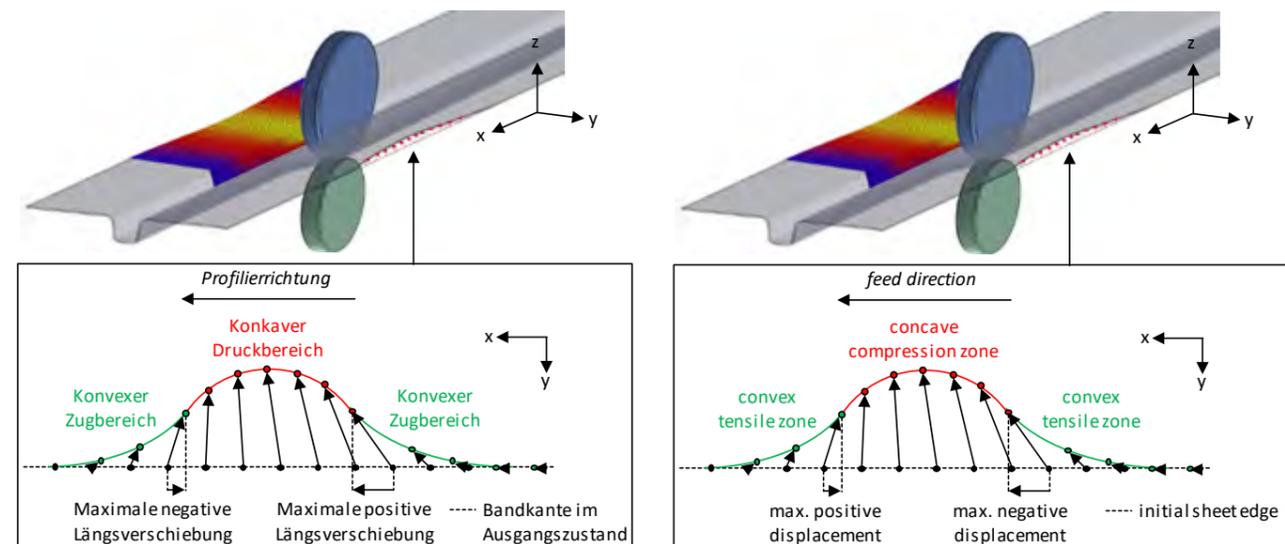
The results were developed within the project “Production of multi-directionally expanded profiles” (GR 1818/53-1), which was funded by the German Research Foundation (DFG).



Hutprofil mit höhenveränderlichem Querschnitt  
Hat-profile with height-variable cross-sections



Funktionsprinzip des flexiblen Rollsickens  
Functional principle of flexible roller beading



Schematische Visualisierung des charakteristischen Spannungs- und Verschiebungsfelds im Flansch der Umformzone

Schematic visualization of the characteristic stress and displacement field in the flange of the forming zone

## Intelligente Profilierprozesse durch Überwachung von Antriebsmomenten

### Intelligent Roll Forming Processes through Monitoring of Drive Torques



Marco Becker, M. Sc.  
+49 6151 16 233 16  
becker@ptu.tu-darmstadt.de

Die effiziente Nutzung von Energie wird zu Zeiten des Klimawandels weltweit angestrebt. Der Industriesektor ist für mehr als 50 % des Energieverbrauchs verantwortlich, wobei ein Viertel der verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stahlproduktion hervorgeht. Als industriell etablierter Verarbeitungsprozess wird das Walzprofilieren zur Herstellung offener und geschlossener Profile verwendet. Hierbei wird das Blechband mittels rotierender Rollenwerkzeuge durch mehrere Umformstufen transportiert und dabei entsprechend der Rollenkontur umgeformt. Da die Durchmesser der Ober- und Unterrollen in der Kontaktzone mit dem Blech konturbedingt variieren, weicht die Umfangsgeschwindigkeit lokal von der Blechgeschwindigkeit ab. Folglich ergeben sich unterschiedliche Antriebsdrehmomente der einzelnen Rollenwerkzeuge, wodurch Disbalancen mit teils abbremsender Wirkung zu einem geringen Wirkungsgrad des Prozesses führen.

Der Kern des Forschungsvorhabens ist eine Energieeffizienzsteigerung durch Eliminierung von abbremsenden Drehmomenten. Während unser Projektpartner, die DREISTERN GmbH, eine sensorisch ausgestattete Profilieranlage entwickelt hat (Abb. 1), ist am PtU ein umfassendes FEM-Modell abgeleitet worden. Mithilfe der sensorischen Kardanwellen werden bestehende Disbalancen zwischen Ober- und Unterrollen erfasst sowie abbremsende Werkzeugrollen identifiziert. Anhand der analysierten Daten wird der Prozess im nächsten Schritt virtuell optimiert, um aussichtsreiche Maßnahmen in der praktischen Anwendung zu erproben (Abb. 2). Neben der Auskuppelung vollständiger Werkzeugrollen zählen hierzu lokale Maßnahmen wie drehbare Rollensegmente, Änderungen der Profilerspaltzustellung, gezielter Schmiermittelauftrag und Aufrauung beziehungsweise Einglättung von Rollensegmenten.

#### Danksagung

Für die Unterstützung im Rahmen des Projekts dankt das PtU der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) sowie dem Projektpartner DREISTERN GmbH & Co. KG.



In times of climate change, the efficient use of energy is a global objective. The industrial sector accounts for more than 50 % of energy consumption, with steel processing alone causing about 25 % of industrial CO<sub>2</sub> emissions. As an industrially well-established manufacturing process, roll forming is used to manufacture open and closed profiles. In this process, the sheet metal is transported through several forming stages by means of rotating roller tools and formed according to the roller contour. As the diameters of the upper and lower rolls vary in the contact zone with the sheet metal, the peripheral speed deviates locally from the speed of the sheet metal. The resulting non-uniform slippage conditions cause imbalances of the roller tools with partially decelerating torques leading to a low energy conversion efficiency.

The main goal of the research project is to increase the energy efficiency by eliminating decelerating torques. While our project partner DREISTERN GmbH has developed a sensor-equipped roll forming line (Fig. 1), a comprehensive FEM model has been derived at PtU. Using the sensory cardan shafts, existing disbalances between upper and lower rollers are detected and decelerating rolls are identified (Fig. 2). Based on the analyzed data, the next step is to optimize the process virtually in order to validate promising measures in practical application. In addition to decoupling complete rolls, local measures such as decoupled tool segments, changes in the forming gap adjustment, systematic lubricant application and roughening or smoothing of tool segments are part of this process.

#### Acknowledgements

The PtU would like to thank the “Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen ‘Otto von Guericke’ e.V. (AiF)” and the project partner DREISTERN GmbH & Co. KG. for their support.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

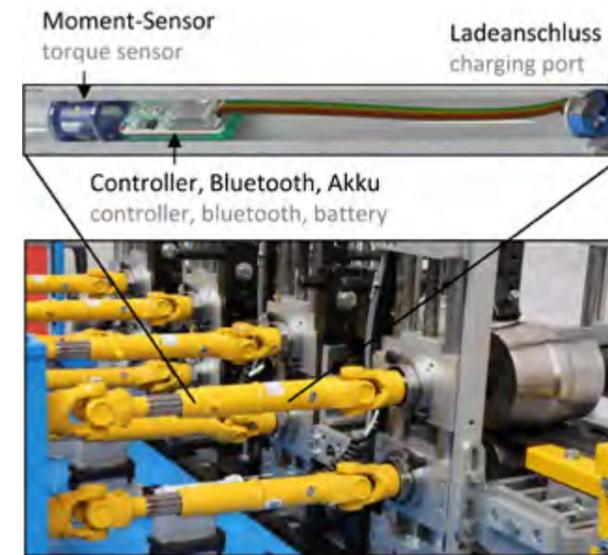


Abb. 1: Sensorische Antriebswellen mit Bluetooth-Low-Energy Verbindung

Fig. 1: Sensory driveshafts using bluetooth-low-energy connection

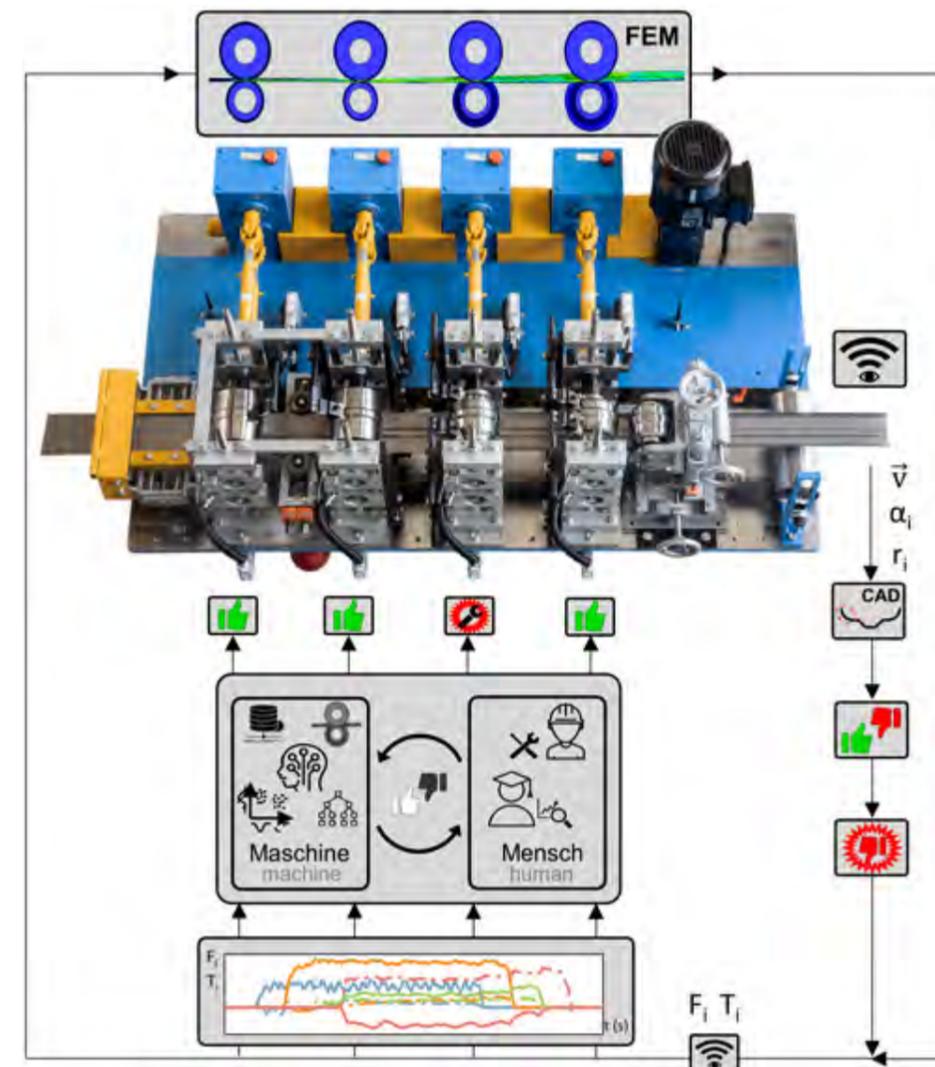


Abb. 2: Konzept zur Prozessüberwachung und -optimierung mittels Inline-Messdaten und FEM-Simulation  
Fig. 2: Concept for process monitoring and optimization by means of inline measurement data and FEM analysis



Abteilung Tribologie

Department of Tribology

Übersicht über die laufenden und im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte

Overview of Ongoing and Completed Projects in 2020



Alessandro Franceschi, M. Sc.  
+49 6151 16 231 12  
franceschi@ptu.tu-darmstadt.de

### Bedeutung der Tribologie

Die Untersuchung der Tribologie in Blech- und Massivumformprozessen, mit den Teilgebieten Reibung, Schmierung und Verschleiß, ist ein fester Bestandteil der Forschung und Entwicklung am PtU.

Dabei stehen sowohl Grundlagenuntersuchungen als auch die Übertragung der hierbei gewonnenen Erkenntnisse auf anwendungsbezogene Fragestellungen im Vordergrund.

Zu den betrachteten Umformverfahren gehören unter anderem das Tief- und Streckziehen sowie unterschiedliche Verfahren der Kaltmassivumformung.

### Optimierungsmaßnahmen tribologischer Systeme

Für eine tribologische Prozessoptimierung ist es wesentlich, möglichst optimale Lastverhältnisse in der Kontaktzone zwischen Werkstück und Werkzeug einzustellen. Voraussetzung hierfür ist das grundlegende Verständnis der wirkenden Reib- und Verschleißmechanismen. Aus diesem Verständnis heraus lassen sich Maßnahmen zur Optimierung ableiten, wobei das gesamte tribologische System vom Halbzeug über den Schmierstoff bis hin zum Werkzeug betrachtet werden muss. Das verbesserte Verständnis der Wirkzusammenhänge erlaubt so zum Beispiel die Substitution konventioneller, umweltschädlicher Schmiermittelsysteme durch neuartige Einschichtschmiermittelsysteme.

Die hergestellten Wirkzusammenhänge lassen sich in Reib- und Verschleißmodellen beschreiben, die neben der analytischen Beschreibung des Reibungs- und Verschleißverhaltens auch einen wertvollen Beitrag zur Steigerung der Vorhersagegüte der numerischen Simulation liefern können.

### Untersuchungsmethoden

Die grundlegende empirische Untersuchung tribologischer Gegebenheiten der jeweiligen Umformprozesse erfordert die Abbildung der entsprechenden tribologischen Beanspruchungsprofile in Modellversuchen.

Die Versuchsanordnungen am PtU weisen hierbei zum einen die erforderliche messtechnische Zugänglichkeit der Kontaktzone auf und zum anderen erlauben die Versuchsstände das definierte Einstellen einzelner tribologischer Größen. Beispiele für diese Tribometer zur Ermittlung der Reibungs- und Verschleißverhältnisse stellen der Streifenziehversuch für Prozesse der Blechumformung sowie die Gleitstauchanlage für Prozesse der Massivumformung dar. Zusätzlich zu diesen experimentellen Untersuchungsmethoden findet die Finite-Elemente-Methode Anwendung, die eine Analyse der in der Umformzone vorliegenden Beanspruchungszustände bei definierten Umgebungsgrößen erlaubt.

### Importance of Tribology

Investigation of tribology in sheet and bulk metal forming, with its subsections of friction, lubrication, and wear, are an inherent part of research and development at the PtU.

Fundamental investigations within this field of research as well as transfer of the hereby gained knowledge towards applied industrial challenges comprise the main activities. The examined forming processes include stretch- and deep drawing as well as different cold forming processes.

### Optimization Measures for Tribological Systems

To perform an efficient tribological process optimization, the contact loads need to be favorably adjusted. A prerequisite for this is the basic comprehension of interactions regarding friction and wear within the contact zone.

Based on this understanding, measures to reduce friction and wear can be determined. These measurements encompass the entire tribological system, ranging from the semi-finished part to the lubricant as well as the tool. The improved understanding thereby allows, for example, the substitution of complex conventional multilayer lubricants through innovative single layer lubricants.

Finally, the detected dependencies and interactions can be described with the help of friction and wear models. Next to being used for analytic description of the evolution of wear and friction, these models provide a valuable basis for a precise numerical simulation.

### Research Methods

The fundamental experimental investigation of tribological conditions in specific forming processes requires the mapping of occurring tribological load profiles in model experiments. The test stands at the PtU offer accessibility to measurement systems as well as the possibility to selectively adjust the tribological loads under laboratory conditions.

Examples for the measurement of friction and wear are the strip drawing test for sheet metal forming applications and the sliding compression test for cold forming operations. Finite element analysis is also used in addition to empirical research. This allows, for example, for an individual analysis of the influence of the tribological loads in the forming zone.

### Team der Abteilung Tribologie (Stand 15.08.2020):

Felix Flegler, M. Sc. (Abteilungsleitung)  
Alessandro Franceschi, M. Sc. (Abteilungsleitung)  
Stefan Volz, M. Sc.  
Lukas Schell, M. Sc.  
Peter Sticht, M. Sc.  
Patrick Volke, M. Sc.  
Yutian Wu, M. Sc.  
Matthäus Kott, M. Sc.  
Philipp Gehringer, M. Sc.

### Übersicht über die laufenden und im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte:

1. WarmAp - Warmumformen von Aluminiumblechen für Hochleistungskomponenten zukünftiger Mobilitätskonzepte (Hessen Agentur, abgeschlossen Januar 2020)
2. Tribologische Systeme für die Kaltmassivumformung rostfreier Stähle (AiF)
3. Funktionalisierung von a-C:H-Werkzeugbeschichtungen und Homogenisierung der Aluminiumpassivschicht für die schmiermittelfreie Aluminiumumformung (DFG SPP 1676)
4. Gezielte Einstellung von Eigenspannungen während der Kaltmassivumformung 2. Projektphase (DFG SPP 2013)
5. Oberflächenveränderung bei der Karosserieteilherstellung EfoS (Hessen Agentur)
6. Robotergestützter Werkzeugbau für modellgetreue Oberflächen (AiF)
7. Auslegung von Profilwalzprozessen (AiF)
8. Inline Prozessüberwachung von Umformprozessen mittels Tribologischer Systeme (BMW i)
9. RamP- Untersuchung von Reibung und Verschleiß in der temperaturunterstützten Aluminium Blechumformung (HessenAgentur)
10. Verschleißoptimierung von hochbeanspruchten Umformwerkzeugen (AiF)

### Staff of the department tribology and surface technology (status as of Aug. 15th, 2020):

Felix Flegler, M. Sc. (Head of Department)  
Alessandro Franceschi, M. Sc. (Head of Department)  
Stefan Volz, M. Sc.  
Lukas Schell, M. Sc.  
Peter Sticht, M. Sc.  
Patrick Volke, M. Sc.  
Yutian Wu, M. Sc.  
Matthäus Kott, M. Sc.  
Philipp Gehringer, M. Sc.

### Overview of ongoing and completed projects in 2020:

1. WarmAp - Hot forming of Aluminum Sheets for High Performance Components of Future Mobility Concepts (Hessen Agentur, completed January 2020)
2. Tribological Systems for Cold Massive Forming of Stainless Steels (AiF)
3. Functionalizing of a-C:H Tool Coatings and Homogenization of the Aluminum Passive Layer for the Dry Forming of Aluminum (DFG SPP 1676)
4. Targeted Manipulation of Residual Stresses During Cold Forging 2nd Project Phase (DFG SPP 2013)
5. EfoS: Surface Changes in the Production of Car Body Parts (Hessen Agentur)
6. Robot Assisted Tool Making (AiF)
7. Design of Profile Rolling Processes (AiF)
8. Inline Process Monitoring of Forming Processes Using Tribological Systems (BMW i)
9. Investigation of Friction and Wear in Temperature-assisted Aluminium Sheet Metal Forming (HessenAgentur)
10. Wear Optimization of Highly Stressed Shaping Tools (AiF)

## Tribologische Systeme für die Kaltmassivumformung rostfreier Stähle

### Tribological Systems for Cold Forging of Stainless Steels



Patrick Volke, M. Sc.  
+49 6151 16 233 55  
volke@ptu.tu-darmstadt.de

Rostfreie Stähle zeichnen sich durch Korrosionsbeständigkeit sowie hohe Festigkeit aus. Die hohen tribologischen Lasten bei der Umformung erfordern die Verwendung komplexer Schmierstoffsysteme, die in der Regel auf Konversionsschichten mit Oxalat basieren. Aufgrund ökologischer und ökonomischer Nachteile dieser Schichten wird in diesem Forschungsprojekt die konversionsschichtfreie Umformung rostfreier Stähle untersucht.

Anhand numerischer Simulationen werden die tribologischen Lasten von Fließpressprozessen ermittelt. Mittels des Tribometers Gleitstauchversuch werden anhand dieser Lasten sowohl etablierte Schmierstoffsysteme auf Basis von Oxalatschichten als auch Einschichtschmierstoffe ohne Konversionsschicht charakterisiert (Abbildung 1). Im Anschluss werden die Einschichtschmierstoffe in Fließpressprozessen validiert (Abbildung 2).

Die Untersuchungen zeigen, dass die Leistungsfähigkeit der Einschichtschmierstoffe noch Defizite im Vergleich zu den etablierten Systemen mit Oxalat besitzen. Polymerschmierstoffe erwiesen sich als erfolgsversprechende Alternative für die Oxalat-Systeme. Jedoch hängt die Leistungsfähigkeit signifikant von der Kontakttemperatur zwischen Werkzeug und Werkstück ab. In Fließpressversuchen konnten die rostfreien Stähle erfolgreich mit den Einschichtschmierstoffen umgeformt werden. Dies gelang sowohl im Labormaßstab, als auch in Industrieversuchen bei einem Projektpartner, wo über 1700 Teile ohne Anzeichen von Verschleiß umgeformt wurden.

Das IGF-Vorhaben 19803 N der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Ferner bedanken wir uns bei allen Industriepartnern, die das Forschungsprojekt unterstützt haben.

Stainless steels are characterized by corrosion resistance and high strength. High tribological loads during forming require the use of complex lubricant systems, which are usually based on conversion layers with oxalate. Due to the environmental and economical disadvantages of these layers, this research project investigates the conversion-layer-free forming of stainless steels.

Numerical simulations are used to determine the tribological loads of extrusion processes. Based on these loads, the tribometer sliding compression test is used to characterize both established lubricant systems on the basis of oxalate layers and single-layer lubricants without conversion layer (Figure 1). Subsequently, the single-layer lubricants are validated in extrusion processes (Figure 2).

The investigations show that the performance of single-layer lubricants still has deficits compared to the established systems with oxalate. Polymer lubricants appear as a promising alternative for the oxalate systems. However, the performance significantly depends on the contact temperature between tool and workpiece. In extrusion tests, stainless steels could be successfully formed with the single-layer lubricants. This was achieved both on a laboratory scale and in industrial tests at a project partner's facility, where over 1700 parts were formed without signs of wear.

Results presented here are from the research project IGF 19803 N. Funding was provided by the German Federal Ministry of Economics and Energy via the German Federation of Industrial Cooperative Research Associations „Otto von Guericke“ (AiF) in the program to encourage the industrial Community research by an resolution of the German Bundestag and the Steel Forming Research Society (FSV). We would also like to thank all industrial partners who supported the research project.



Abbildung 1: Proben und Werkzeug des Tribometers Gleitstauchversuch  
Figure 1: Tribometer samples and tools of the Sliding Compression Test



Abbildung 2: Untersuchte Fließpressgeometrien  
Figure 2: Investigated extrusion geometries

## ASPECT – Advanced Simulation and control of tribology in metal forming Processes for the North-West European Consumer goods and Transport sectors



Matthäus Kott, M. Sc.  
+49 6142 692 611 7  
matthaeus.kott@opel-vauxhall.com

**Motivation:** Ziehprozesse von Karosserieteilen werden zunehmend dichter an ihren Prozessgrenzen betrieben und erschweren somit die Gewährleistung eines stabilen Prozesses mit hoher Robustheit. Störungen aufgrund schwankender Prozessparameter wie Materialeigenschaften des Bleches oder sich ändernde tribologische Bedingungen sowie mangelnde Prozesskenntnisse führen zu verschlechterten Produkteigenschaften und erhöhen das Risiko von Ausschuss mit der Folge geringerer Produktivität. Insbesondere der Einfluss steigender Werkzeugtemperaturen auf die tribologischen Bedingungen beeinflusst den Ziehprozess und führt zu höheren Rückhaltekräften, die zu Bauteilversagen in Form von Einschnürungen und Rissen führen.

**Zielsetzung:** Ziel von ASPECT ist die Erhöhung der Simulationsgüte durch fortschrittliche Modellierung der tribologischen Bedingungen im Umformprozess, um eine zuverlässige und robuste Vorhersage einer Reibungszunahme aufgrund steigender Temperaturen zu ermöglichen. Weiterhin wird ein Regelungssystem entwickelt, das in der Lage ist steigende Rückhaltekräfte aufgrund von Reibung sofort zu kompensieren, so Bauteilversagen zu verhindern und die Prozessrobustheit zu erhöhen.

**Lösungsweg:** Die Entwicklung fortschrittlicher Simulationen unter Berücksichtigung von temperatur-, druck-, geschwindigkeits- und dehnungsabhängiger Reib- sowie modernster Werkstoffmodelle, ermöglicht die Vorhersage verschiedenster tribologischer Zustände sowie mehrfacher Hübe. Mit Hilfe von Metamodellen, die aus Variantensimulationen des Ziehprozesses generiert werden, wird zudem ein tribologiebasiertes Regelsystem zur Kompensation des transienten Verhaltens beim Aufwärmen der Werkzeuge in der Serienfertigung entwickelt. Das Regelsystem ist als Kombination aus Vorsteuerung und Regelung ausgelegt und nutzt die Werkzeugtemperaturen als Regelgröße für eine Vorsteuerung und den Blechkanteneinzug als Eingangsgröße für eine Regelung.

**Danksagung:** Diese Forschung wurde im Rahmen des Projekts „ASPECT - Advanced Simulation and control of tribology in metal forming processes for the North-West European Consumer goods and Transport sectors“ durchgeführt, das vom INTERREG North-West Europe Programm [www.nweurope.eu/aspect](http://www.nweurope.eu/aspect) kofinanziert wurde. Die Autoren möchten sich für die Finanzierung des Projekts bedanken.

**Motivation:** The deep drawing processes of car body parts are increasingly operated closer to the process limits making it more challenging to ensure stable processes with a high robustness. Conditions of uncertainty due to varying process parameters like material properties or tribological conditions as well as a lack of knowledge of the process lead to deteriorated product properties and increase the risk of scrap resulting in less productivity. Especially the influence of increasing tool temperatures on the tribological conditions affects the deep drawing process and results in higher restraining forces causing necking and rupture.

**Objective:** The aim of ASPECT is to create a reliable, robust framework to predict friction increase with temperature by advanced tribological simulations, and to develop a control system that can instantaneously correct the applied forces to account for the sensed friction increase, thus preventing part failure and increasing process robustness.

**Approach:** Advanced simulations considering temperature-, pressure-, velocity- and strain-dependent friction as well as state of the art material models increase the simulation accuracy and allow the prediction of different tribological conditions and multiple strokes. Metamodels generated by variant simulations of the deep drawing process are used to develop a tribology-based control system to compensate for the transient behavior during warming up of the tools in series production. The control system is designed as a combination of feed forward and closed loop control using the tool temperatures as a control variable for a feed forward controller and the flange draw-in as input for a closed loop control.

**Acknowledgements:** This research was carried out within the project “ASPECT – Advanced Simulation and control of tribology in metal forming Processes for the North-West European Consumer goods and Transport sectors”, co-funded by the INTERREG North-West Europe programme [www.nweurope.eu/aspect](http://www.nweurope.eu/aspect). The authors wish to thank for funding the project.

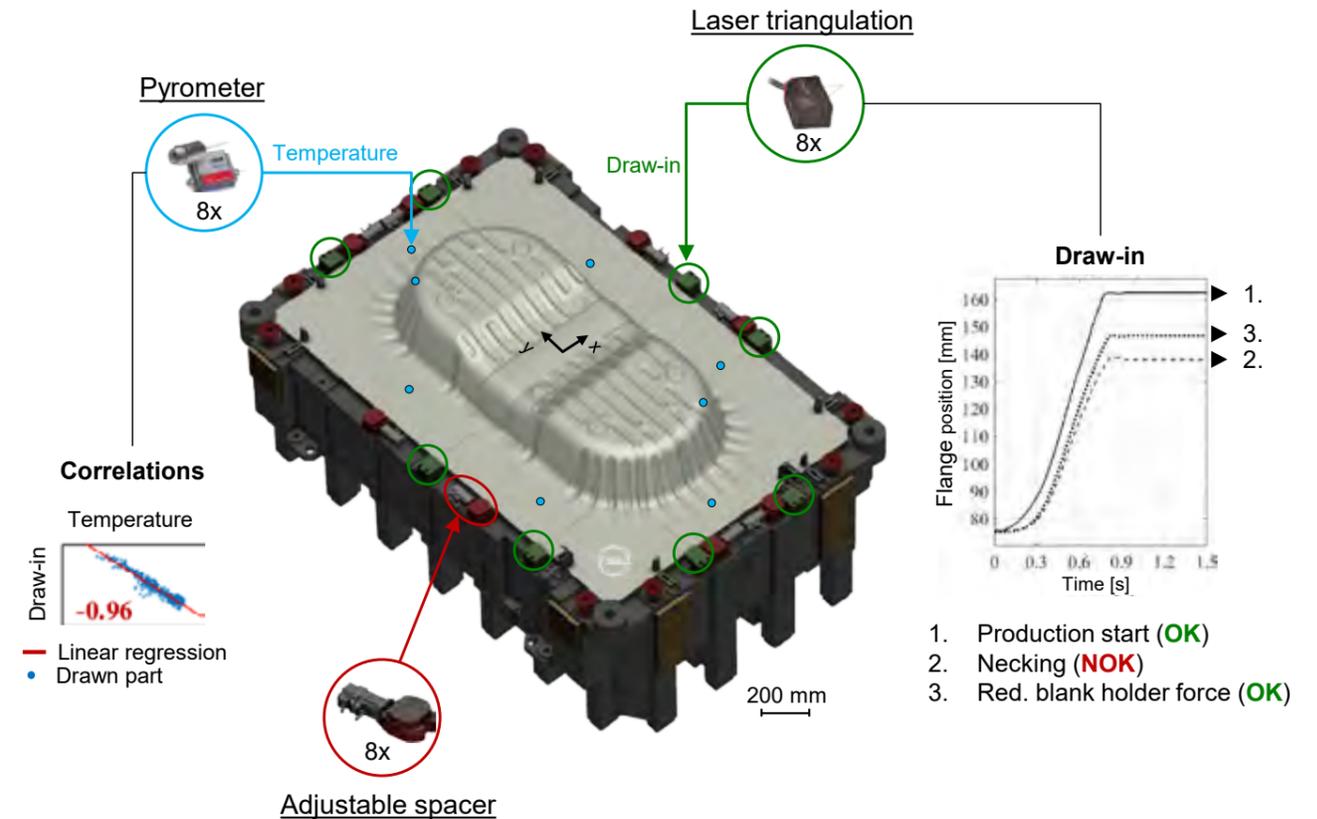


Abbildung 1: Werkzeugintegriertes Messsystem zur Identifikation qualitätsrelevanter Hauptfehlerarten und Kompensation mittels verstellbarer Blechhalterdistanzen  
Figure 1: Tool-integrated measuring system for identification of quality-relevant main failure criteria and compensation by means of adjustable spacers

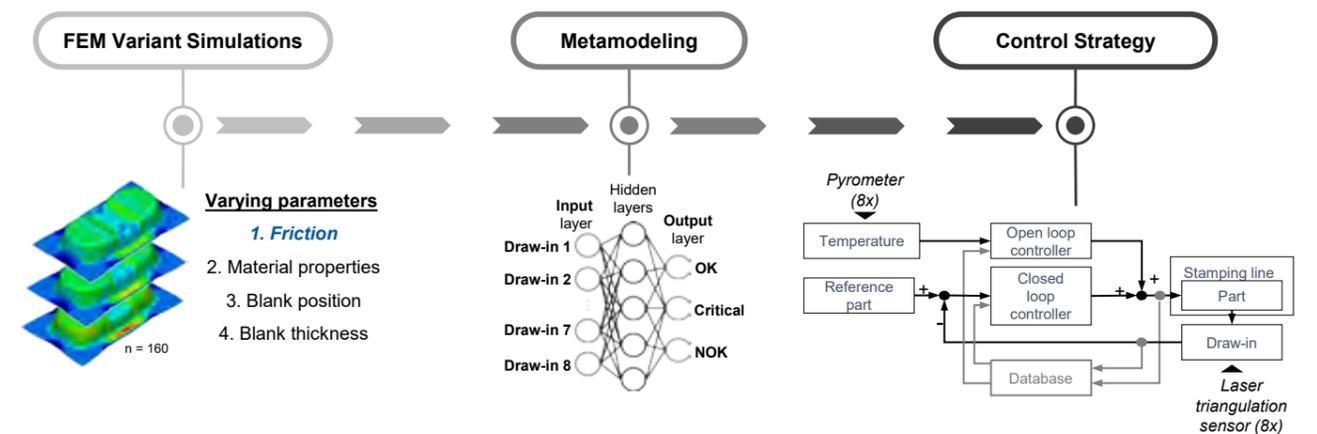


Abbildung 2: Kontrollsystem auf Basis von Metamodellen  
Figure 2: Control system based on metamodels



Christian Kubik, M. Sc.  
+49 6151 16 231 44  
kubik@ptu.tu-darmstadt.de

Die Schwerpunkte der Abteilung Prozessketten und Anlagen liegen in der Entwicklung, Digitalisierung und Regelung von neuartigen Umformprozessen und -anlagen sowie deren wirtschaftlichen und technischen Optimierung.

#### Digitalisierung

Die Digitalisierung, kombiniert mit aktuellen Ansätzen der künstlichen Intelligenz, eröffnet neue Horizonte für die Führung, Auslegung und Regelung umformtechnischer Prozesse. Innovative Entwicklungen basieren dabei vor allem auf der Auslegung und Integration intelligenter Sensorik sowie der Ableitung datengetriebener Prozessmodelle. Im Mittelpunkt dieser Digitalisierungsansätze stehen heterogene Datensätze, die eine echtzeitfähige Beschreibung und Regelung der umformtechnischen Prozesse möglich machen und die Basis für die Vernetzung einzelner Produktionssysteme über die Prozessgrenzen hinaus bilden. Anhand der Daten wird es möglich, komplexe Prozesse zu beherrschen, Optimierungsmöglichkeiten schneller zu identifizieren und neue serviceorientierte Geschäftsmodelle anzubieten.

Ein Forschungsschwerpunkt hierzu sind automatisierte Umformprozesse, die in Form von Regelkreisen selbstständig und in Echtzeit auf die aktuelle Produktqualität reagieren und langfristig lernen, diese auch unter Prozessschwankungen unter Kontrolle zu behalten. Dabei ist die große Herausforderung, dass viele Produkteigenschaften erst nach mechanischer und thermischer Relaxation messbar sind. Daher werden modellbasierte Regler in Kombination mit lernenden Steuerungen eingesetzt, um Schwankungen in der Produktion zu erkennen, zu kompensieren und damit die Produktqualität sicherzustellen.

#### Entwicklung neuer Maschinenkonzepte und Prozesse

Angehts der immer komplexer werdenden Absatzmärkte, rücken flexible Produktionssysteme aufgrund der steigenden ökologischen und ökonomischen Unsicherheit stärker in den Vordergrund. Aktuelle Ansätze zielen darauf ab, Anlagen und Prozesse zu entwickeln, die in der Lage sind, verschiedene Produkte ohne bedeutenden Rüstaufwand herstellen zu können und produktspezifische Eigenschaften im Umformprozess zu regeln. Einen wesentlichen Schwerpunkt nehmen in diesem Bereich Servopressen ein. Wegweisende Entwicklungen wurden am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) durch die Entwicklung innovativer Wälz-Gleitlagerungen und die Einführung einer Mehrtechnologie Maschine mit 3D-Stößelbewegung erzielt. Die Analyse und Evaluierung dieser Technologien sowie neuer Umformkonzepte erfolgt dabei in mehreren Forschungsprojekten sowohl auf kommerziell erhältlichen Anlagen, als auch auf eigens entwickelten Versuchsanlagen.

The department of Process Chains and Forming Units focuses on the development, digitization and control of innovative forming processes and machines as well as their economic and technical optimization.

#### Digitalization

Digitalization combined with current approaches of artificial intelligence open a new perspectives for the guidance, configuration and control of forming processes. Thereby, innovative developments are mainly based on the design and integration of intelligent sensor technology and the derivation of data-driven process models. At the centre of these digitization approaches are heterogeneous data sets that enable real-time description and control of forming processes and provide a basis for the integration of individual production systems beyond process boundaries. Based on the data, it will be possible to control complex processes and to identify potential optimizations faster. On the other hand, new service-oriented business models are emerging, which aim to simplify the value-added chain, optimize the use of resources and make forecasts such as the condition of machines or tools.

One research focus is on automated forming processes, which react independently and in real-time to the actual product quality by means of closed-loop control systems and learn in the long term. The great challenge is that many product properties can only be measured after mechanical and thermal relaxation. Model-based controllers are therefore used in combination with learning controllers to detect and compensate for fluctuations in production and thus ensure product quality.

#### Development of new machine concepts

In view of the increasing complexity of sales markets, flexible production systems are becoming the focus of attention due to increasing ecological and economic uncertainty. Current approaches aim at developing forming units and processes that are capable of producing various products without significant set-up costs and of controlling specific product properties in the forming process. At the Institute for Production Engineering and Forming Machines (PtU), trend-setting innovations were achieved through the development of innovative roller and plain bearings and the introduction of a multi-technology machine with three-dimensional ram movement.

#### Team der Abteilung Prozessketten und Anlagen (Stand 01.11.2020):

Christian Kubik, M. Sc. (Abteilungsleitung)  
Alexander Breunig, M. Sc.  
Dr.-Ing. Ezgi Bütev Öcal  
Fansun Chi, M. Sc.  
Janosch Günzel, M. Sc.  
Florian Hoppe, M. Sc.  
Thomas Kessler, M. Sc.  
Maximilian Knoll, M. Sc.  
Lukas Kluy, M. Sc.  
Daniel Martin, M. Sc.  
Dirk Molitor, M. Sc.  
Erik Sellner, M. Sc.  
Richard Werner, M. Sc.

#### Übersicht über die laufenden und die im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte:

1. Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität, SFB 805 - Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus, Teilprojekte B2 (DFG)
2. LOEWE-Schwerpunkt RESPONSE (Ressourcenschonende Permanentmagnete durch optimierte Nutzung seltener Erden) Teilprojekt: Neue Syntheseverfahren top-down (abgeschlossen in 2018)
3. Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt (BMW)
4. Zustandsbeeinflussung von Wälz-Gleitlagerungen, SFB 805 - Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus, Transferprojekt T6 (DFG)
5. BMBF Verbundprojekt IdentiTI zu nanostrukturierte Titanlegierungen mit unterschiedlichen E-Moduli für ein innovatives Dentalimplantat
6. Nächste Generation von Tiefziehprozessen durch Nutzung smarterer Beobachter, geschlossener Regelkreise und einer 3D-Servo-Pressen (DFG)
7. WarmAp – Warmumformen von Aluminiumblechen für Hochleistungskomponenten zukünftiger Mobilitätskonzepte (HessenAgentur, abgeschlossen Januar 2020)
8. KonPro – Konturvermessung beim Profilbiegen (Hessen)
9. RAMp – Robuste Umformung hochfester Aluminiumlegierungen durch mehrdimensionale Prozessfenster (Hessen-Agentur)

#### Staff of the department of process chains and forming units (status as of Nov. 1st, 2020):

Christian Kubik, M. Sc. (Head of Department)  
Alexander Breunig, M. Sc.  
Dr.-Ing. Ezgi Bütev Öcal  
Fansun Chi, M. Sc.  
Florian Hoppe, M. Sc.  
Janosch Günzel, M. Sc.  
Thomas Kessler, M. Sc.  
Maximilian Knoll, M. Sc.  
Lukas Kluy, M. Sc.  
Daniel Martin, M. Sc.  
Dirk Molitor, M. Sc.  
Erik Sellner, M. Sc.  
Richard Werner, M. Sc.

#### Overview of ongoing and completed Projects in 2020:

1. Forming – Production Families at Equal Quality, DFG Collaborative Research Centre SFB 805 – Control of Uncertainty in Load-Carrying Mechanical Systems, Subprojects B2 (DFG)
2. WE-Focus RESPONSE (Resource-saving Permanent Magnets by Optimized Use of Rare Earth) Subproject: New Synthesizing Process Top-Down (completed in 2018)
3. SMEs 4.0 – Darmstadt Competence Centre (BMW)
4. State Control of Combined Roller and Plain Bearings, DFG Collaborative Research Centre SFB 805 – Control of Uncertainty in Load-Carrying Mechanical Systems, Transfer Project T6 (DFG)
5. BMBF Collaborative Project IdentiTI on Nanostructured Titanium Alloys with Different Moduli of Elasticity for an Innovative Dental Implant
6. Next Generation Deep Drawing Using Smart Observers, Closed-Loop Control, and 3D-Servo-Press (DFG)
7. WarmAp - Hot Forming of Aluminium Sheets for High-performance Components of Future Mobility Concepts (Hessen-Agentur, completed January 2020)
8. KonPro - Contour Measurement During Profile Bending (Hessen)
9. RAMp - Robust Forming of High-strength Aluminium Alloys through Multidimensional Process Windows (Hessen-Agentur)

## Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt informiert über Digitalisierung

## Mittelstand 4.0 – Competence Center Darmstadt Informs about Digitization



Christian Kubik, M. Sc.  
+49 6151 16 231 44  
kubik@ptu.tu-darmstadt.de

### Motivation

Die Produktion der Zukunft zeichnet sich durch immer kürzere Produktlebenszyklen, eine steigende Variantenvielfalt sowie steigende Produktqualität bei gleichzeitig verringerten Ausschussquoten aus. Dabei ergeben sich insbesondere in der Umformtechnik neue Herausforderungen für Unternehmen. Eine Antwort auf diese veränderten Rahmenbedingungen bietet die Digitalisierung und Vernetzung der Produktion im Rahmen der Industrie 4.0.

Um Unternehmen im Rhein – Main Gebiet in diesen Fragen der Digitalisierung zu unterstützen, ist das Förderprogramm „Mittelstand-Digital – Strategien zur digitalen Transformation der Unternehmensprozesse“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und das Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum als Teil der Förderinitiative „Mittelstand 4.0 – Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse“ in Darmstadt entstanden.

### Zielsetzung

Ziel ist es Unternehmensverantwortliche in Fragen der Digitalisierung und Vernetzung zu beraten, weiterzubilden und in Umsetzungsprojekten zu unterstützen. Durch Schulungsmaßnahmen, Workshops und Fachgespräche sollen KMUs für Themen rund um Industrie 4.0 sensibilisiert werden, um so die Chancen von Digitalisierung und die damit verbundenen Konzepte unternehmensindividuell umsetzen zu können.

### Lösungsweg

Um KMU Themen der Vernetzung und Digitalisierung näher zu bringen, setzt das Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0 in Darmstadt den Fokus auf praxisnahe Lösungs- bzw. Nutzenorientierung. Als sinnvolle Maßnahme hat sich die Heranführung anhand Best-Practice-Beispielen und Demonstratoren erwiesen. Außerdem werden den KMU auf Basis abgeschlossener und laufender Forschungsprojekte Erstinformationen durch Fachvorträge vermittelt.

### Danksagung

Das Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Darmstadt ist Teil der Förderinitiative „Mittelstand 4.0 – Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse“, die im Rahmen des Förderschwerpunkts „Mittelstand-Digital-Strategien zur digitalen Transformation der Unternehmensprozesse“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird.

### Motivation

Future production will be characterized by increasingly shorter product lifecycles, an increasing variety of variants and increasing product quality with simultaneously reduced reject rates. This results in new challenges for companies, especially in forming technology. The digitization and networking of production within the framework of Industry 4.0 offers a solution to these changed framework conditions. Digitization thus represents an important topic for the future for companies, but it also comes with enormous potential and new challenges.

In order to support companies in the Rhine-Main area in these questions of digitization, the program “Mittelstand-Digital – Strategies for the Digital Transformation of Business Processes” of the Federal Ministry of Economics and Energy (BMWi), the “Mittelstand 4.0 – competence center ” as part of the support initiative “Mittelstand 4.0 – Digital Production and Work Processes” in Darmstadt was established.

### Objective

Company managers are advised, trained and supported in implementation projects in questions of digitization and networking. By training measures, workshops and technical discussions, SMEs are to be sensitized to topics relating to industry 4.0 in order to be able to implement the opportunities of digitization and the associated concepts on an individual company basis.

### Approach

In order to bring SMEs closer to topics of networking and digitization, the Mittelstand 4.0 – Competence Center Darmstadt focuses on practice-oriented solutions. The introduction of best practice examples and demonstrations has proven to be a useful approach. In addition, initial information is provided to SMEs by means of specialist presentations based on completed and ongoing research projects.

### Acknowledgements

The Mittelstand 4.0 – Competence Center Darmstadt is part of the funding initiative “Mittelstand 4.0 – Digital Production and Work Processes”, which is funded by the Federal Ministry of Economics and Energy (BMWi) within the framework of the funding priority “Medium-Sized Business Digital Strategies for the Digital Transformation of Business Processes”.



Aufbau eines multisensoriellen Demonstratorwerkzeuges als Grundlage für vor Ort Workshops im Versuchsfeld des PtU  
Construction of a multisensory demonstrator tool as a basis for on-site workshops in the experimental field of the PtU



Schulungsangebote im Rahmen des Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrums Darmstadt  
Training offers within the framework of the Mittelstand 4.0 Competence Centre Darmstadt

## Schwerpunktprogramm 2183: Mehrgrößenregelung am Beispiel des Stanzlochwalzen

### Priority program 2183: Multivariable Closed-Loop Control Using the Example of Punch-Hole-Rolling



Maximilian Knoll, M. Sc.  
+49 6151 16 231 48  
knoll@ptu.tu-darmstadt.de

#### Motivation

Bisher werden in industriellen Umformprozessen geometrische Produkteigenschaften, wie der Biegewinkel gesteuert und einzeln geregelt. Eine optimale Ausnutzung der erzielbaren Produkteigenschaften lässt sich mit bisherigen umformtechnischen Verfahren und Steuerungsansätzen nicht erreichen.

#### Zielsetzung

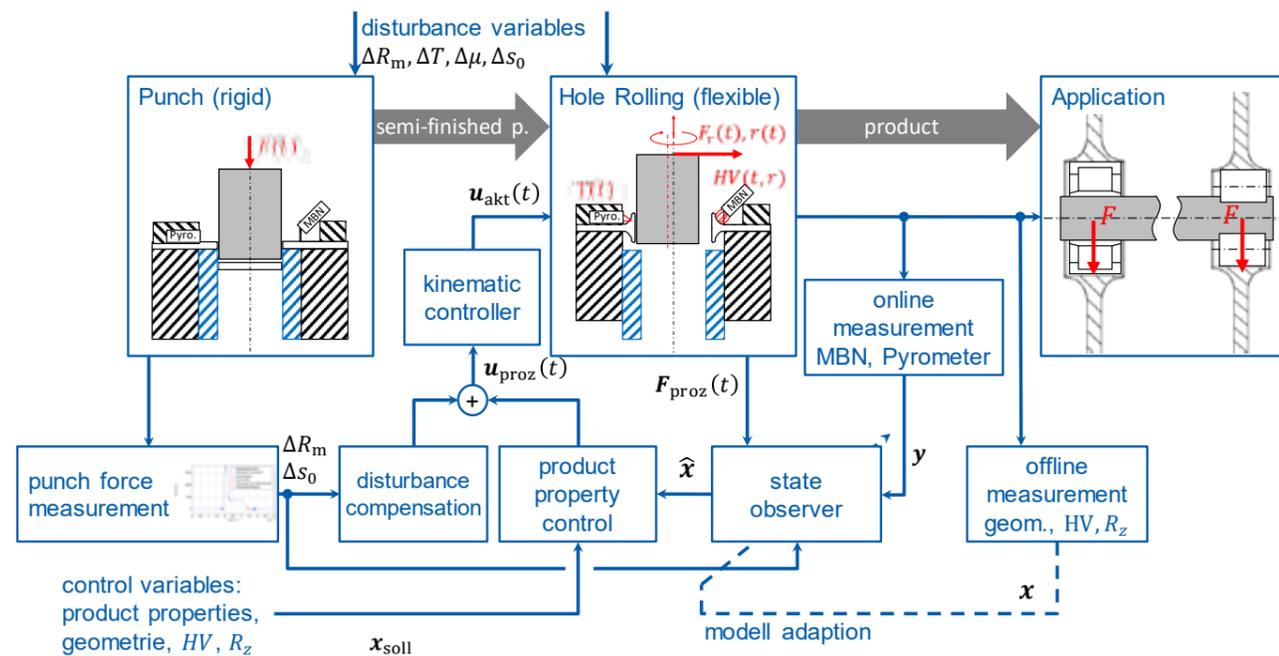
Im Januar 2020 startete das Schwerpunktprogramm 2183 (SPP) zur Erforschung von Eigenschaftsregelungen zum Einsatz in Umformprozessen. Das Schwerpunktprogramm enthält zehn Teilprojekte von 20 Forschungsinstituten aus den Bereichen Umform-, Regelungs- und Sensortechnik. Der Fokus des SPP liegt dabei auf der wissenschaftlichen Grundlagenuntersuchung der prozessintegrierten Eigenschaftsregelung von Umformprozessen sowie der Erprobung und Validierung neuer Ansätze der Eigenschaftsregelung.

#### Motivation

Up to now, geometric product properties such as the bending angle have been controlled and individually closed-loop controlled in industrial forming processes. An optimal utilization of the achievable product properties cannot be achieved with previous forming processes and control approaches.

#### Objective

In January 2020 the priority program 2183 was launched to research property closed-loop control for use in forming processes with ten subprojects from 20 research institutes in the fields of forming, control and sensor technology. The focus of the priority program is the basic scientific investigation of the process-integrated closed-loop property control of forming processes as well as the testing and validation of new approaches to closed-loop property control.



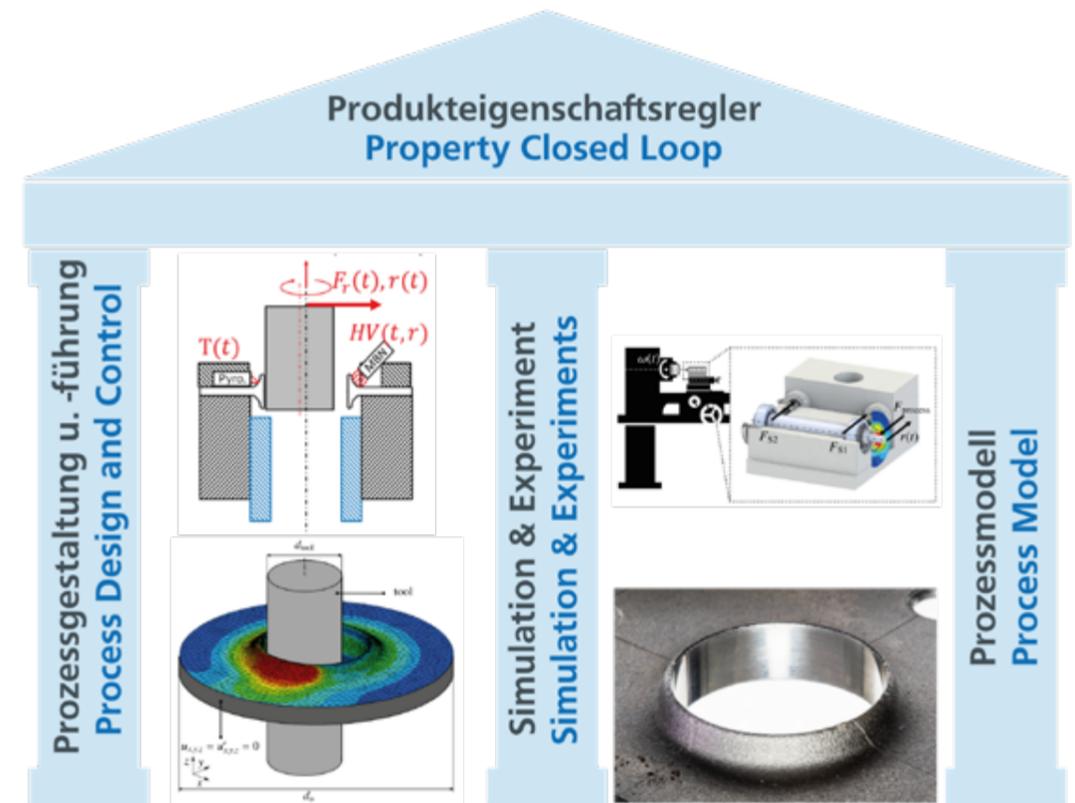
Schema: Reglerstruktur zur Regelung von Produkteigenschaften beim Stanzlochwalzen  
Schema: Closed-loop control structure for controlling product properties in punched-hole-rolling

#### Lösungen

Zur Untersuchung von Eigenschaftsregelungen wurde am PtU die neue Prozesskombination Stanzlochwalzen entwickelt. Beim Stanzlochwalzen wird nach der Stanzoperation der Stanzstempel zum Walzen der Stirnfläche eingesetzt. Ähnlich zum rotationskinematischen Umformen entsteht so ein doppel-seitiger Kragen an der Innenkontur des Stanzlochs. Der dabei entstehende Kragen eignet sich aufgrund der hohen Oberflächenqualität und gleichzeitiger Härtesteigerung als Funktionsfläche in dünnwandige Strukturen, wie sie bei Lagersitzen notwendig sind. Durch die im Prozess zur Verfügung stehenden Prozessfreiheitsgrade eignet sich der Prozess besonders gut zur Untersuchung der Eigenschaftsregelung. Durch Prozessgrößen wie Geschwindigkeit, Bewegungsbahn und Temperatur lassen sich Produkteigenschaften wie Härte, Mikrogefüge, Oberflächenqualität und Geometrie gezielt beeinflussen. Zur Untersuchung der Abhängigkeiten von Prozessführungsgrößen und Produkteigenschaften wird der Prozess simulativ und experimentell untersucht. Aufbauend auf den Ergebnissen, lassen sich Zusammenhänge zwischen Prozessführungsgrößen und Produkteigenschaften ableiten. Die daraus entstehenden Modelle dienen anschließend der Eigenschaftsregelung als Zustandsraumbeobachter im Regler.

#### Solutions

For the investigation of closed-loop property control, the new process combination punch-hole-rolling was developed at the PtU. Punch-hole rolling involves the use of a punch to roll the cut surface after the punching operation. Similar to the rotary forming process, this process produces a double-sided collar on the inner contour of the punched hole. Due to the high surface quality and high increase in hardness, the resulting collar is suitable as a functional surface in thin-walled structures such as those required for bearing seats. The degree of process freedom available in the process makes the process particularly suitable for investigating property control. Process variables such as speed, trajectory and temperature can be used to influence product properties such as hardness, microstructure, surface quality and geometry. To investigate the dependencies of process control variables and product properties, the process is investigated as simulation and experiment. Based on the results, correlations between process control variables and product properties can be derived. The resulting models are then used for closed-loop property control as state space observers in the controller.



Schema: Säulen zur Eigenschaftsregelung  
Schema: Pillar for Closed-Loop Property Control

Link zum Prozessvideo: [http://media.ptu-darmstadt.de/SPP2183\\_Stanzlochwalzen.webm](http://media.ptu-darmstadt.de/SPP2183_Stanzlochwalzen.webm)  
Link to the process video: [http://media.ptu-darmstadt.de/SPP2183\\_Stanzlochwalzen.webm](http://media.ptu-darmstadt.de/SPP2183_Stanzlochwalzen.webm)





Abteilung Funktions- und Verbundbauweise

Department of Smart Structures

Übersicht über die laufenden und im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte

Overview of Ongoing and Completed Projects in 2020



Simon Biffar, M. Sc.  
+49 6151 16 231 88  
biffar@ptu.tu-darmstadt.de

Leichtbau, Ressourcenschonung und Funktionsintegration haben sich als Themen mit hoher Relevanz und breitem Anwendungsspektrum erwiesen. Durch die gezielte Kombination einzelner Werkstoffe zu Verbunden, deren spezifische mechanische Eigenschaften diejenigen der einzelnen Materialien deutlich übertreffen, können die wachsenden Anforderungen an neue Produkte erfüllt werden. Die Abteilung Funktions- und Verbundbauweise des PtU widmet sich in diesem Zusammenhang vornehmlich der Untersuchung umform- und fertigungstechnischer Grundlagen bei der Erzeugung und Verarbeitung von Verbund- und multifunktionalen Bauteilen. Vor dem Hintergrund eines nachhaltigen Materialeinsatzes wird zudem das Umformverhalten von Papierwerkstoffen bei der dreidimensionalen Formgebung intensiv untersucht.

#### Herstellung und Verarbeitung von Verbundbauteilen

Der Einsatz von Verbundkomponenten liefert einen entscheidenden Anteil zur Gewichtsreduzierung im Transportwesen. Die Einbringung von Fügeelementen in Sandwichbleche ist derzeit technologisch eine Herausforderung. Daher wird diesbezüglich im Projekt „Funktionsstrukturen in Sandwichbauweise durch Kragenziehen mit verlorenen Stempeln“ ein dem Clinchen und Stanznieten verwandtes Verfahren zum Fügen solcher Verbundkomponenten erforscht.

#### Herstellung von multifunktionalen Bauteilen

Die Untersuchungen zur Herstellung multifunktionaler Bauteile befassen sich unter anderem mit der umformtechnischen Integration von Sensorik und Aktorik in Strukturelemente. Derart gefertigte Bauteile ermöglichen es, die Belastungen der Struktur kontinuierlich zu erfassen und bei Überlasten Gegenmaßnahmen einzuleiten. Überdies können bereits während der Fertigung Sensorsignale aufgezeichnet werden, die für die Überwachung der Fertigungsprozesse genutzt werden können.

#### Aktoren auf Dehnstoffbasis

Beim Phasenübergang zwischen der festen und der flüssigen Phase erhöht sich das Volumen von Paraffin. In abgeschlossenen Gehäusen kann hierdurch hoher Druck erzeugt werden. Im Rahmen intensiver Forschung werden Grundlagen für die Herstellung günstiger Aktoren auf Basis dieses Prinzips gesucht.

#### Umformung verzweigter Blechstrukturen

Ein beliebtes Mittel im konstruktiven Leichtbau zur Versteifung flächiger Strukturen sind Stringer oder Stege. Die Herstellung von räumlich gekrümmten Stegblechen birgt dabei einige Herausforderungen. Nachdem in den vergangenen Jahren die grundsätzliche Machbarkeit der Umformung von Stegblechen nachgewiesen wurde, konnte im vergangenen Jahr die Industrietauglichkeit der Prozesskette nachgewiesen werden.

Lightweight construction, resource conservation and function integration have proven to be topics of high relevance and broad application spectrum. By specifically combining individual materials to form composites whose specific mechanical properties clearly exceed those of the individual materials, the growing demands on new products can be met. In this context, the department “Smart Structures” of PtU is primarily dedicated to the investigation of forming and manufacturing fundamentals in the production and processing of composite and multifunctional components. Against the background of a sustainable use of materials, the forming behavior of paper materials during three-dimensional forming is also being intensively investigated.

#### Production and Processing of Composite Components

The use of composite materials has contributed significantly to the weight reduction in transportation. The combination of materials with fundamentally different mechanical properties leads to new challenges in production engineering. Subsequently, existing concepts have to be adapted or new processes have to be developed. In this context, the collar forming of sandwich panels (steel – polymer – steel) is investigated.

#### Manufacture of Multifunctional Components

Investigations on the manufacturing of multifunctional parts include the integration of sensors and actuators by rotary swaging into structural elements. These components enable a continuous structure monitoring and the possibility to initiate countermeasures in case of an overload. Furthermore, the manufacturing process can be monitored and controlled by evaluating sensor signals in real time.

#### Actuators Based on Phase Change Material

During the phase change between the solid and the liquid phase, the volume of paraffin wax increases. This can generate high pressure in sealed housings. In intensive research, the basic principles for the manufacture of low-cost actuators based on this principle are sought.

#### Forming of Stringer Sheets

Stringers are a popular tool in lightweight construction for stiffening flat structures. The production of spatially curved stringer sheets poses a number of challenges. After the fundamental feasibility of forming stringer sheets was demonstrated in recent years, the industrial suitability of the process chain was demonstrated last year.

#### Team der Abteilung Funktions- und Verbundbauweise (Stand 30.09.2020):

Simon Biffar, M. Sc. (Abteilungsleitung)  
Wilhelm Schmidt, M. Sc. (Abteilungsleitung)  
Nassr Al-Baradoni, M. Sc.  
Thiemo Germann, M. Sc.  
Dominic Griesel, M. Sc.  
Henning Husmann, M. Sc.  
Julian Mushövel, M. Sc.  
Benedikt Niessen, M. Sc.

#### Staff of the Department Smart Structures (status as of Sept. 30th, 2020):

Simon Biffar, M. Sc. (Head of Department)  
Wilhelm Schmidt, M. Sc. (Head of Department)  
Nassr Al-Baradoni, M. Sc.  
Thiemo Germann, M. Sc.  
Dominic Griesel, M. Sc.  
Henning Husmann, M. Sc.  
Julian Mushövel, M. Sc.  
Benedikt Niessen, M. Sc.

#### Übersicht über die laufenden und im Jahr 2020 abgeschlossenen Projekte:

1. Integration von Funktionsmaterialien (DFG – SFB 805, Teilprojekt B4)
2. Umformen – Produktionsfamilien bei gleichbleibender Qualität (DFG – SFB 805, Teilprojekt B2) - abgeschlossen
3. Fertigung dreidimensional geformter Komponenten auf Papierbasis (LOEWE-Schwerpunkt BAMP! (Bauen mit Papier))
4. Auslegungsmethoden für neuartige, energieeffiziente, geschlossene Dehnstoffaktoren mit hoher Kraftwirkung (DFG) - abgeschlossen
5. Stegblechumformung für den Karosseriebau (DFG – SFB 666, Teilprojekt T7) – abgeschlossen
6. Funktionsstrukturen in Sandwichbauweise durch Kragenziehen mit verlorenen Stempeln
7. Untersuchung des Ausstoßvorgangs aus tribologischer Sicht (AiF – GCFG)

#### Overview of current and completed projects in 2020:

1. Integration of Functional Materials (DFG – CRC 805 – subproject B4)
2. Forming – Production Families at Equal Quality (DFG – CRC 805 – subproject B2)
3. Manufacturing of Three-Dimensional Shaped Paper-based Components (LOEWE – Research Cluster – BAMP! (Building with Paperboard))
4. Design Methods for Novel, Energy-efficient, Closed Phase Change Actuators with High Action of Force (DFG) – completed
5. Stringer Sheet Forming for Car Body Construction (DFG – CRC 666 – subproject T7) – completed
6. Functional sandwich structures through hole-flanging with lost punches
7. Analysis of the ejection process from a tribological perspective (AiF – GCFG)

## Kragenziehen von Sandwichblechen

### Hole-Flanging of Sandwich Sheets



Dominic Griesel, M. Sc.  
+49 6151 16 231 41  
dominic.griesel@ptu.tu-darmstadt.de

Moderne Halbzeuge wie Sandwichbleche ermöglichen Leichtbau durch beanspruchungsgerechte Gestaltung von Bauteilen auf Werkstoffebene. Dies stellt jedoch neue Herausforderungen für etablierte Fertigungsprozesse und Fügeverfahren dar und erhöht resultierend den Verarbeitungsaufwand zum Teil immens. Gegenstand des hier vorgestellten Projekts ist die Untersuchung des Kragenziehens als Möglichkeit, in Sandwichblechen prozessintegriert versteifte Fügstellen zu erzeugen, wodurch der Verarbeitungsaufwand minimiert werden kann.

#### Vorgehen

Anhand eines parametrisierten FE-Modells wurde ein grundlegendes Prozessverständnis für das Kragenziehen von Sandwichblechen entwickelt und die Auslegung der im Projekt entwickelten Versuchswerkzeuge unterstützt.

Für die experimentelle Untersuchung wurde ein bestehendes Werkzeug für das Konterscherschneiden, welches eine dem Kragenziehen ähnliche Kinematik besitzt, konstruktiv angepasst. In breit angelegten Versuchsreihen und ergänzenden Simulationen wurden Prozessfenster für zwei verschiedene Sandwichbleche ermittelt (vgl. Abbildung 1).

#### Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass das Kragenziehen von Sandwichblechen möglich ist, aber engeren Grenzen unterliegt als bei monolithischen Blechen und ein komplexeres Umformverhalten und Versagen aufweist. Beispielsweise kommt es bei der Umformung zu einem Versatz der Deckbleche am Kragenrand, der mit steigender Kerndicke wächst. Beim Überschreiten der Prozessgrenzen treten Risse teilweise nur in einem der beiden Deckbleche auf.

Die erreichten Grenzaufweitverhältnisse liegen mit bis zu 2,0 unter denen monolithischer Bleche, jedoch sind für viele Anwendungen ausreichend hohe Kragen realisierbar. Große Stempel- und Ziehringradien sowie der Einsatz eines Gegenhalters konnten als geeignete Möglichkeiten identifiziert werden, die Prozessgrenzen zu erweitern. Bei ausreichend hoher Gegenhalterkraft kann der Kragenrand zudem verschlossen werden, um möglichen Korrosionsproblemen vorzubeugen (vgl. Abb. 2).

#### Danksagung

Die hier dargestellten Forschungsarbeiten finden im Rahmen des IGF-Vorhabens 18773 N der Forschungsvereinigung Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) statt. Dieses wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Ferner bedanken wir uns bei allen Industriepartnern, die das Forschungsprojekt „Kragenziehen von Sandwichblechen“ unterstützt haben.

Modern semi-finished products such as sandwich sheets enable lightweight design at the material level. However, this presents new challenges for established manufacturing processes and joining methods and often increases the processing effort considerably. The subject of the project presented here was the investigation of hole-flanging as a possibility to create reinforced joints in sandwich sheets in a process-integrated manner, minimizing the processing effort.

#### Approach

A parameterized FE-model was used to develop fundamental understanding of the hole-flanging process for sandwich sheets and to support the design of the experimental tools.

For the experimental investigation, an existing tool for counter shear cutting, which has similar kinematics to hole-flanging, was adapted. Using extensive test series and supplementary simulations, process windows were determined for two different sandwich sheets (see. Figure 1).

#### Results

It could be shown that hole-flanging of sandwich sheets is possible, but is subject to closer limits compared to monolithic sheets and has a complex behavior in means of forming and failure..

For example, during forming there is an offset of the cover sheets at the flange edge, which grows with increasing core thickness. When the process limits are exceeded, cracks sometimes occur in only one of the two cover plates.

The achieved limit expansion ratios of 2.0 are below those of monolithic sheets, but sufficiently high flanges can be realized for many applications. Large punch and drawing ring radii, as well as the use of a counter punch are suitable possibilities to extend the process limits. If the counter punch force is high enough, the flange edge may be sealed to prevent possible corrosion problems (see Figure 2).

#### Acknowledgements

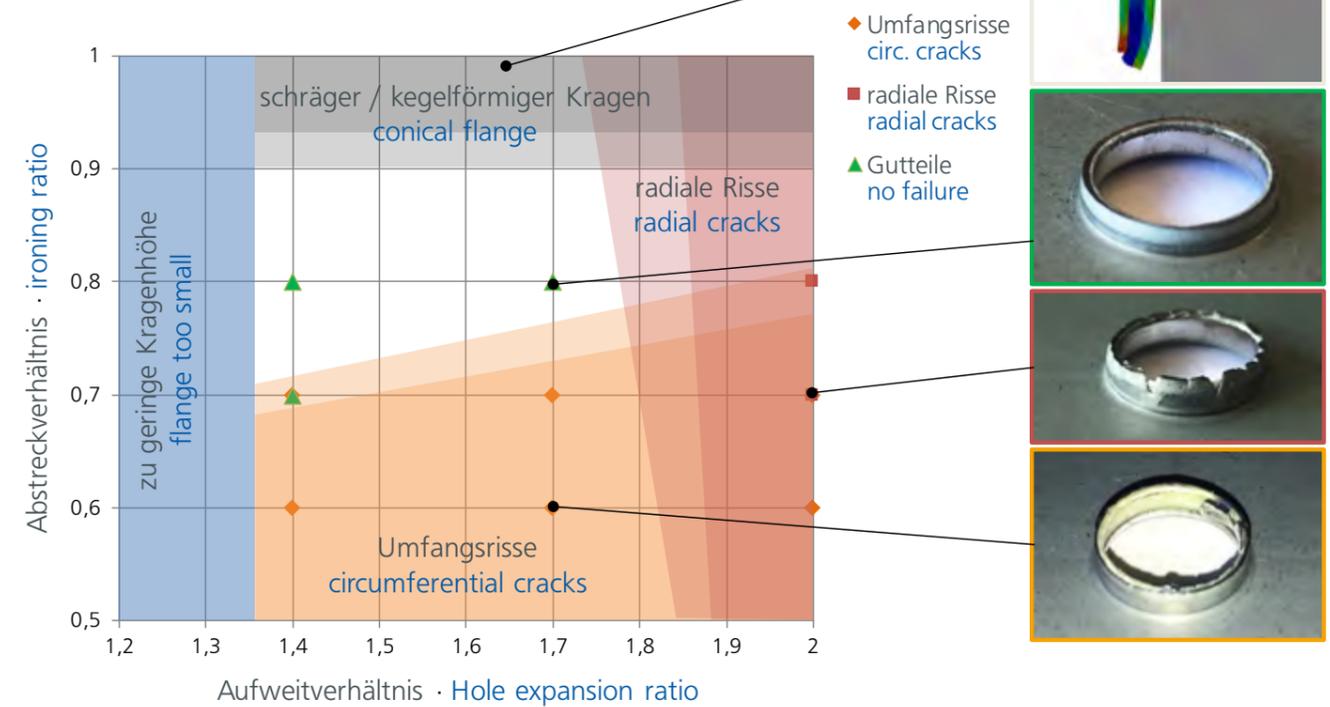
The research presented here is taking place within the IGF project 18773 N of the European Research Association for Sheet Metal Working (EFB). It is supported via the AiF within the funding programme “Industrielle Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)” by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi) due to a decision of the German Parliament. Furthermore, we would like to thank all industry partners supporting the research project “Hole-flanging of sandwich sheets”.



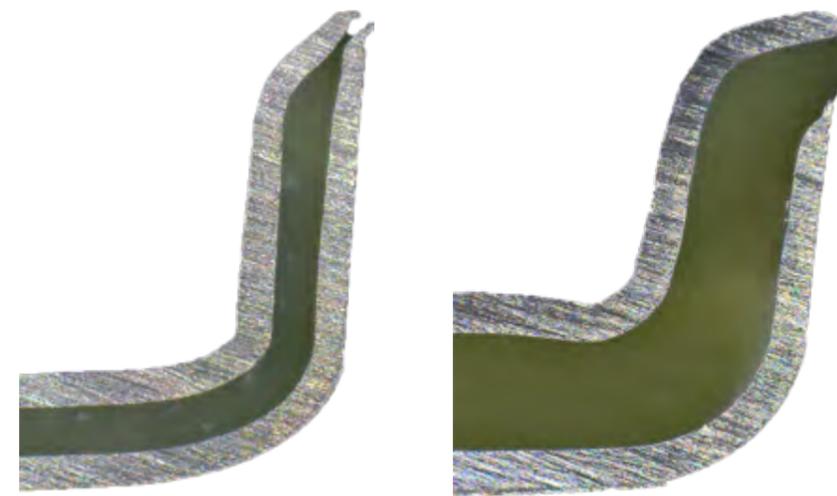
## Prozessfenster für litecor® C process window for litecor® C

$$D = 10, R = 1,5$$

$$R_{\text{Ziehring}} / R_{\text{die}} = 0,45$$



Exemplarisches Prozessfenster für litecor® C bei einem Stempeldurchmesser von 10 mm sowie materialspezifische Fehlerbilder  
Exemplary process window for litecor® C using a punch diameter of 10 mm (left) and material-specific defect patterns (right)



Schliffbilder gezogener Kragen mit Gegenhalterkraft 5 kN und Aufweitverhältnis 2,0. Durch eine weitere Erhöhung der Gegenhalterkraft kann der Kragenrand verschlossen werden.  
Micrographs of drawn flanges with counter punch force of 5 kN and hole expansion ratio of 2.0. By increasing the counter punch force further, the flange edge may be sealed.



Nassr Al-Baradoni, M. Sc.  
+49 6151 16 231 87  
al-baradoni@ptu.tu-darmstadt.de

**Motivation**

Das Fügen durch plastische Deformation hat sich als besonders geeignete Technologie zur Herstellung sensorischer Tragstrukturen erwiesen. Durch passende Prozessauslegung können empfindliche Funktionsmaterialien, wie Sensoren oder Aktoren, schädigungsfrei in Tragstrukturen eingefügt werden. Bisher sind umformtechnisch erzeugte sensorische Strukturen auf ein- oder zweiachsige Kraft- bzw. Momentmessungen limitiert, was auf die hohen Design-Anforderungen der Verformungskörper und somit auf den Fügeprozess zurückzuführen ist.

**Zielsetzung**

Zur Erweiterung der Messachsen umformtechnisch integrierter Kraft- und Drehmomentaufnehmer wurde am PtU ein optischer, kamerabasierter Sensoraufbau entwickelt (Abbildung 1), welcher bis zu 6 Freiheitsgrade bei erheblich reduzierten Gesamtkosten der Messkette im Vergleich zu gängigen Kraft- und Drehmomentsensoren erfassen kann.

Der entwickelte kamerabasierte Sensor besteht aus zwei Teilen, die getrennt voneinander in die Struktur eingefügt werden, so dass eine kontaktlose Kraft-/Drehmomentmessung erfolgt. Besonders zeichnet sich der Sensor durch den einfachen Aufbau und die deutliche Aufwandsreduzierung im Vergleich zu den weitverbreiteten DMS-basierten und piezoelektrischen Sensoren aus.

Die Hauptkomponenten des Sensors sind eine Kamera und eine von hinten beleuchtete Fotomaske, die auf metallischen Tragscheiben fixiert sind. Die Fotomaske besteht aus lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Bereichen und wird, je nach angewandtem Messverfahren (digitale Bildkorrelation oder digitale Moiré), passend entworfen. Die Kamera und die Fotomaske sind mit der Struktur an zwei Ebenen durch die Tragscheiben verbunden. Bei einer Belastung der Tragstruktur wird eine relative Verschiebung der zwei Ebenen zueinander hervorgerufen. Diese Verschiebungen werden durch die Kamera erfasst und softwareseitig ausgewertet.

**Ergebnisse**

In der Abbildung 2 zeigen die Kraft- und Momentverläufe beim experimentellen Einsatz des Sensors ein vielversprechendes sensorisches Verhalten.

**Motivation**

Joining by plastic deformation is a proven highly suitable technology for the manufacturing of sensory load-bearing structures. By means of appropriate process design, sensitive functional materials such as sensors or actuators can be integrated damage-free into load-bearing structures. So far, sensory structures produced by forming technology are limited to one or two axis force or torque measurements. This can be attributed to the high design requirements of the spring elements and thus to the joining process.

**Objective**

To extend the measurement axes of integrated force and torque transducers integrated by forming technology, an optical, camera-based sensor structure was developed at the PtU (Figure 1), which is able to measure forces and moments in up to 6 degrees of freedom at significantly reduced total costs of the measurement chain compared to conventional force and torque sensors.

The developed camera-based sensor consists of two parts, which are separately integrated into the structure so that a contactless force/torque measurement is possible. The sensor is especially characterized by its simple design and the significant reduction of effort compared to the widely used strain gauge-based and piezoelectric sensors.

The main components of the sensor are a camera and a back-illuminated photomask, both are fixed on metallic carrier disks. The photomask consists of transparent and non-transparent regions which are suitably designed according to the applied measurement method (digital image correlation or digital moiré). The camera and the photomask are joined into the structure on two planes via the carrier discs. Loading the load on the bearing structure results in a relative displacement between the two planes. These displacements will be captured by the camera and analyzed by the software.

**Results**

In Figure 2, force and torque curves show a promising sensory behavior during trial phase.

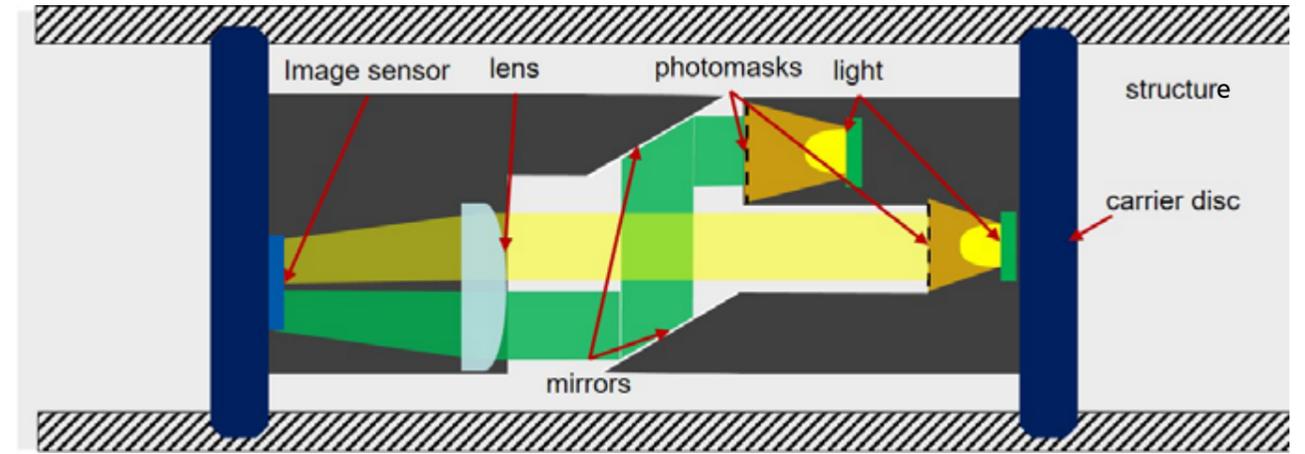


Abbildung 1: Aufbau des kamerabasierten Sensors  
Figure 1: Design of the camera-based Sensor

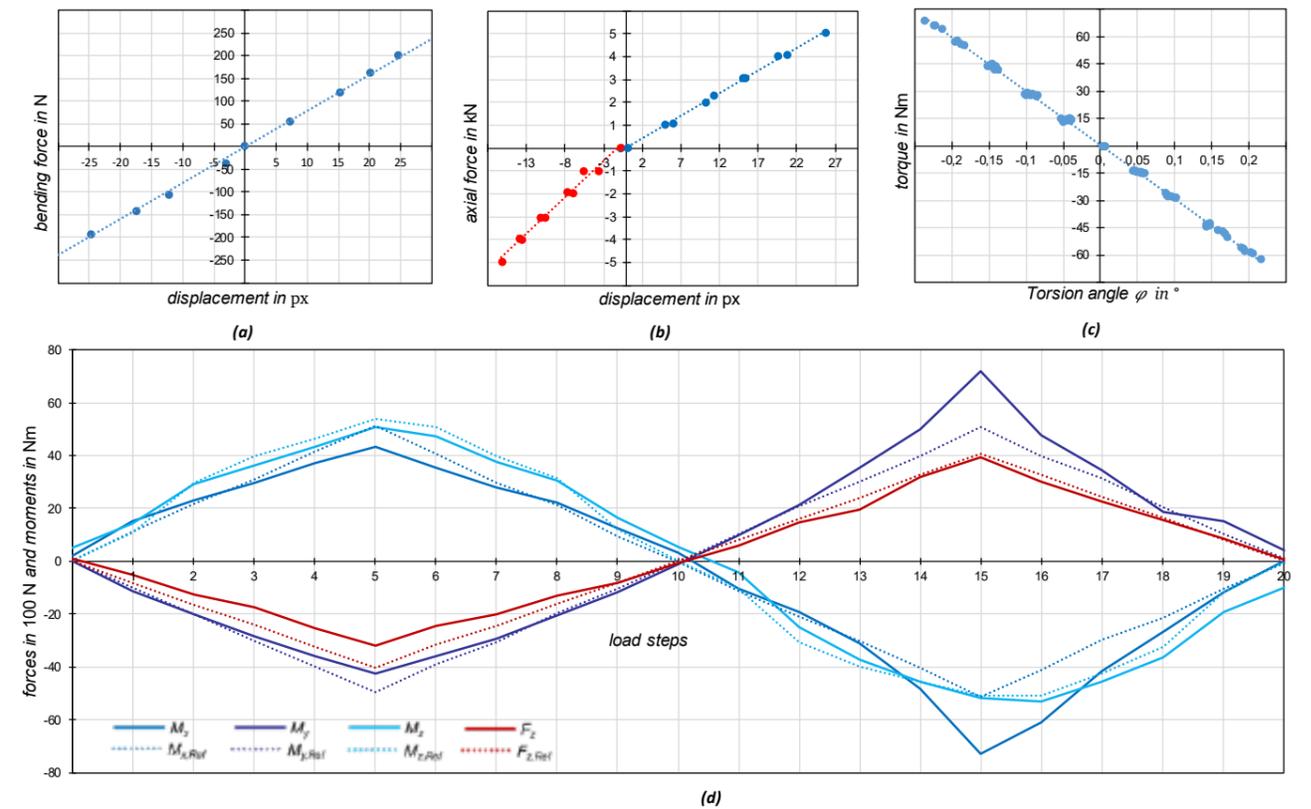


Abbildung 2: Experimenteller Einsatz des kamerabasierten Sensors und die Ergebnisse:  
a-c: einachsige Belastung: Biegung, Torsion und axiale Belastung,  
d: mehrachsige Belastung

Figure 2: trial application of the camera-based sensor and its results:  
a-c: uniaxial load: bending, torsion and axial force,  
d: multiaxial loading.

## ABGESCHLOSSENE PROJEKTE COMPLETED PROJECTS



- 62 Flächentragwerke aus gekrümmten Sandwichelementen  
Planar Structures Made of Curved Sandwich Elements
- 64 EFOS - Oberflächenveränderung bei der Karosserieteilherstellung  
EFOS - Surface Modifications in the Production of Body Parts
- 66 WarmAp - Warmumformen von Aluminiumblechen für Hochleistungskomponenten zukünftiger Mobilitätskonzepte  
WarmAp - Hot Forming of Aluminum Sheets for High-Performance Components of future Mobility Concepts)
- 68 Pioneer Fund ACTIVATOR: Entwicklung einer „Top-Down“ Herstellungsrouten für Nd-Fe-B Magnete  
Pioneer Fund ACTIVATOR: Development of a “Top-Down” Production Route for Nd-Fe-B Magnets
- 70 Neuartige, energieeffiziente, geschlossene Dehnstoffaktoren mit hoher Kraftwirkung  
Novel, Energy-Efficient, Closed Phase Change Material Actuators with High Forces
- 72 SFB 666 Transferprojekt T7 - Stegblechumformung für den Karosseriebau  
CRC 666 Transfer Project T7 - Stringer Sheet Forming for Car Body Construction
- 74 Konturvermessung beim Profilbiegen  
Contour Measurement for Profile Bending

## Flächentragwerke aus gekrümmten Sandwichelementen

### Planar Structures Made of Curved Sandwich Elements



Matthias Moneke, M. Sc.  
+49 6151 16 230 45  
moneke@ptu.tu-darmstadt.de

Freie Formen ermöglichen die Konstruktion individuell gestalter, statisch hoch effizienter Schalentragwerke und gewinnen zunehmend an Bedeutung. Bedingt durch die individuelle Kontur einzelner Elemente sind flexible und trotzdem wirtschaftliche Fertigungsverfahren erforderlich. Während Fassadenverkleidungen aus flexibel geformten Aluminiumprofilen bereits Umsetzung finden, ist der Einsatz von Sandwichelementen mit wenigen Ausnahmen auf gerade, ebene Elemente limitiert. Im Vorhaben wurde eine Fertigungskette zur Herstellung gekrümmter Sandwichelemente untersucht.

#### Projektbeschreibung

Im Rahmen des Vorhabens wurde eine Prozesskette zur Herstellung von gekrümmten Sandwichelementen in freien Formen anhand einer Kuppelgeometrie untersucht. Die angestrebte Kuppel besteht aus einachsig gekrümmten Sandwichelementen mit einem über die Längsachse veränderlichen Breitenverlauf. Das Sandwichelement besteht aus 0,5 mm dicken S280GD-Deckblechen sowie einem Polyurethan-Hartschaum-Kern. Zunächst wird das Blech vom Coil abgewickelt und entsprechend der benötigten Querschnittskontur individuell zugeschnitten. Anschließend wird die Fugengeometrie durch flexibles Walzprofilieren erzeugt und das Profil durch einen Walzrundvorgang gekrümmt. Die beiden erzeugten gekrümmten Deckbleche werden anschließend in eine Schalung eingelegt und ausgeschäumt.

#### Ergebnisse

Aufgrund des charakteristischen Spannungszustands beim flexiblen Walzprofilieren entstehen Drucklängsspannungen im profilierten Schenkel, die insbesondere bei den eingesetzten geringen Blechdicken zu Bauteilversagen durch Beulen führen können. Neben der Minimierung der Schenkellänge ist bei Profilschenkeln mit mehreren Biegekanten die Wahl der Einformstrategie maßgeblich für die Qualität des Bauteils. Am Beispiel der in Abbildung 2 dargestellten Fugengeometrie stellt Strategie B die günstigere Option dar, da sowohl die Schenkellänge des freien Flansches gering gehalten wird und zusätzlich die versteifende Wirkung der eingeformten Biegekante 1 der Beulenbildung entgegenwirkt.

#### Danksagung

Das IGF-Vorhaben 19519 N/1 der Forschungsvereinigung Stahl Anwendung e. V. (FOSTA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Free forms enable the construction of individually designed, statically highly efficient shell structures and are becoming increasingly important. Due to the individual contours of customizable elements, flexible yet economical manufacturing processes are required. While façade cladding made of flexibly shaped aluminum profiles is already being implemented, the use of sandwich elements is limited to straight, level elements with a few exceptions. In the project, a production chain for manufacturing curved sandwich elements was examined.

#### Project description

As part of the project, a process chain for the production of curved sandwich elements in free forms was investigated with the example of a dome geometry. The desired dome is constructed of uniaxially curved sandwich elements with a width that is variable along the longitudinal axis. The sandwich element consists of S280GD cover sheets with a thickness of 0.5 mm and a polyurethane hard foam core. First, the sheet is unwound from the coil and individually cut to the required cross-sectional contour. Then the joint geometry is created by flexible roll forming and the profile is curved by a roll bending process. The two produced curved cover sheets are then placed in a formwork and foamed out.

#### Results

Due to the characteristic stress state in flexible roll forming, longitudinal compressive stresses appear in the profile flange, which can lead to component failure by wrinkling, especially with the small sheet thicknesses used. In addition to minimizing the flange length, for profile flanges with several bending edges, the choice of the forming strategy is decisive for the quality of the component. Using the example of the joint geometry shown in Figure 2, strategy B represents the more expedient option, as both the flange length of the free flange is kept small and the stiffening effect of the formed bending edge 1 counteracts the occurrence of wrinkling.

#### Acknowledgements

The IGF project 19519 N/1 of the Research Association for Steel Application (FOSTA) was funded by the AiF as part of the program for the promotion of industrial community research (IGF) by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).

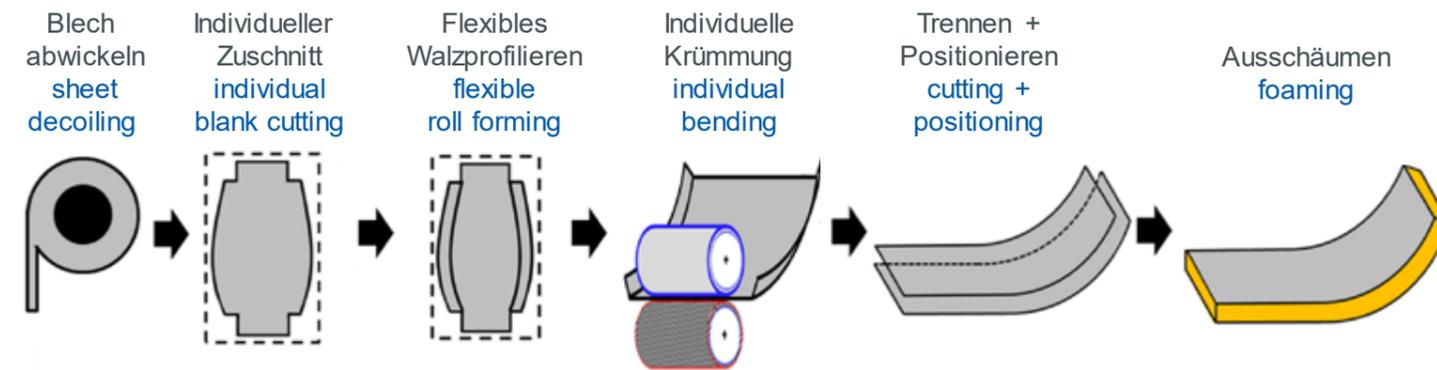


Abb. 1: Prozesskette zur Herstellung gekrümmter Sandwichelemente  
Fig. 1: Process chain for the production of curved sandwich elements

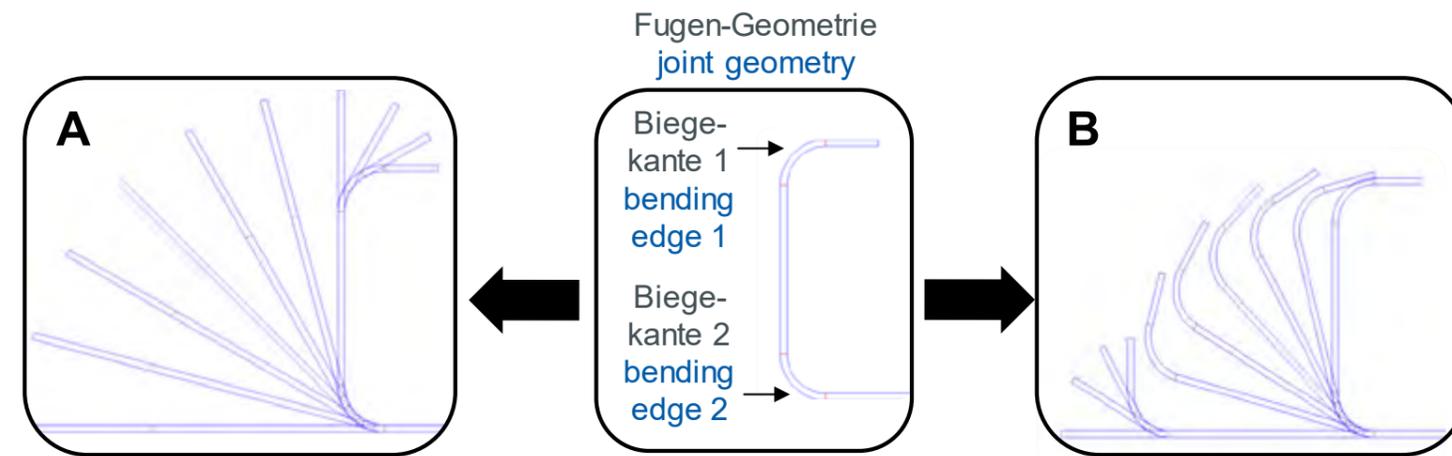


Abb. 2: Einfluss der Einformstrategie  
Fig. 2: Influence of the forming strategy



Abb. 3: Erzeugung der Fugengeometrie durch flexibles Walzprofilieren  
Fig. 3: Manufacturing of the joint geometry by flexible roll forming

EFOS  
Oberflächenveränderung bei der Karosserieteilherstellung

EFOS  
Surface Modifications in the Production of Body Parts



Yutian Wu, M. Sc.  
+49 6151 16 233 14  
wu@ptu.tu-darmstadt.de

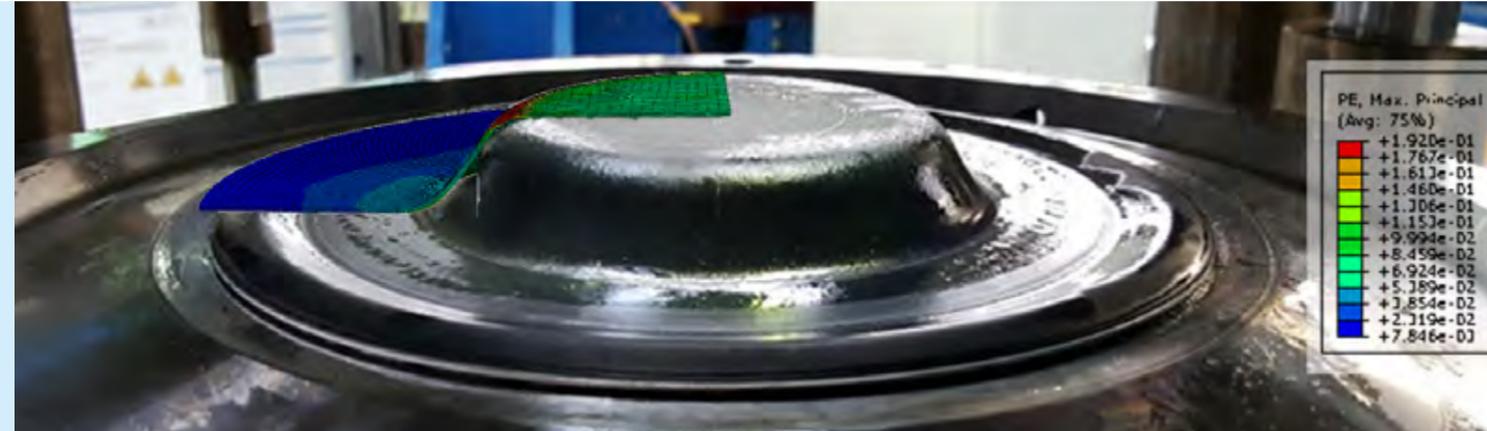


Abb. 1: Experimenteller Aufbau zur Aufbringung definierter Dehnungen in ebene Blechproben  
Fig. 1: Experimental setup for the application of defined strains in flat sheet samples

**Motivation** - Die Entwicklungen in der Blechumformung erfordern einen zunehmend höheren Informationsgehalt bezüglich der verwendeten Bleche, beginnend mit dem Halbzeug über die Veränderungen im Herstellungsprozess bis hin zu den Eigenschaften dieser im fertigen Produkt. Während die Halbzeugeigenschaften durch umfangreiche Materialcharakterisierung sehr gut erfasst werden, besteht ein nur sehr geringer Informationsgehalt bezüglich der Eigenschaften des umgeformten Bauteils, insbesondere der Oberflächentextur. Vor allem die während der Umformung in das Blech induzierten Dehnungen führen zu einer deutlichen Aufrauung der Blechoberfläche, welche mit gängigen Methoden nicht abgebildet werden kann.

**Zielsetzung** - Die experimentelle Basis des Projekts bildet die Entwicklung einer Laborprüfmethodik zur Erzeugung unterschiedlicher Dehnungszustände an großen, ebenen Blechproben. Mit dieser Prüfmethodik erfolgen Untersuchungen zum Materialverhalten, insbesondere zu dehnungsinduzierten Oberflächenveränderungen. Außerdem wird der Zusammenhang zwischen der Oberflächenveränderung und der Qualität der Folgeprozesse, wie Lackerscheinung, analysiert (Abbildung 1). Zusätzlich wird ein numerisches Modell mit Berücksichtigung der Kornstruktur des Blechs zur umforminduzierten Oberflächenanalyse entwickelt. Darauf aufbauend wird eine Software zur Qualifizierung von Umformblechen entwickelt. Diese soll die Oberflächenveränderungen von Umformblechen in Abhängigkeit der Dehnungszustände prognostizieren und qualifizierte Aussagen über deren Nachbearbeitungseigenschaften ermöglichen.

**Lösungsweg** - In enger Kooperation mit den Projektpartnern Filzek TRIBOTech und der Opel Automobile GmbH wird ein anwendungsnaher, experimenteller Umsetzungspfad verfolgt. Dabei wird durch Filzek TRIBOTech ein Werkzeug entwickelt, mit dem das Erzeugen definierter, biaxialer Dehnungen auf ebenen Blechproben ermöglicht wird. Der Fokus der Forschungsstelle (PtU) liegt vor allem auf dem wissenschaftlichen Aspekt. So wird mit dem Aufbau eines numerischen Modells ein Tool geschaffen, mit dem die Prognose der dehnungsinduzierten Oberflächenwandlung ermöglicht wird. Dabei soll durch die Übertragung realer Kornstrukturen und -Orientierungen eine hohe Genauigkeit erzielt werden (Abbildung 2).

**Danksagung**  
Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 652/18-75) wird im Rahmen von Hessen Modell Projekte aus Mitteln der LOEWE - Förderlinie 3: KMU-Verbundvorhaben gefördert. Zusätzlich gilt der Dank an die Projektpartner Filzek TRIBOTech und Opel Automobile GmbH.

**Motivation** - Developments in sheet metal forming increasingly require a higher information content regarding the sheets, starting with the delivery condition over the changes in the manufacturing process to the properties of the final component. While the semi-finished product properties are very well determined by extensive material characterization, there is only very little information content regarding the properties of the formed component, in particular of its surface texture. For example, the strains induced into the sheet during the forming process lead to a significant roughening of the sheet surface, which is yet to be analyzed and modeled.

**Objective** - Experimental basis of the project is the development of a laboratory test methodology for the generation of different strain states on large flat sheet metal specimens. This test method is used to investigate material properties such as strain-induced surface changes caused by biaxial strains (Fig.1). In addition, the relationship between surface changes and the quality of subsequent processes such as paint appearance is analyzed. Furthermore a numerical model will be developed, which is suitable to implement the grain structure of the sheet for the deformation-induced surface analysis. Thereupon, software for the qualification of forming sheets is developed. This software should predict the surface changes of forming sheets as a function of strain conditions, and therefore enables the developer to make statements about their post-processing properties.

**Approach** - In close cooperation with the project partners Filzek TRIBOTech and Opel Automobile GmbH an application-oriented, experimental implementation path is being pursued. Filzek TRIBOTech is developing a mechanical forming tool that enables the generation of defined biaxial strains on flat sheet metal specimens. The PtU primarily focuses on the scientific aspect. With the development of a numerical model, a tool will be created that enables the prediction of strain-induced surface transformation. A high accuracy is to be achieved by the transfer of real grain structures and orientations of the investigated sheet metal (Fig. 2).

**Acknowledgements**

This project (HA-Project No.: 652/18-75) in the framework of Hessen Modell Projekte, is financed with funds of LOEWE – Förderlinie 3: KMU-Verbundvorhaben (State Offensive for the Development of Scientific and Economic Excellence). In addition, thanks go to the project partners Filzek TRIBOTech and Opel Automobile GmbH.

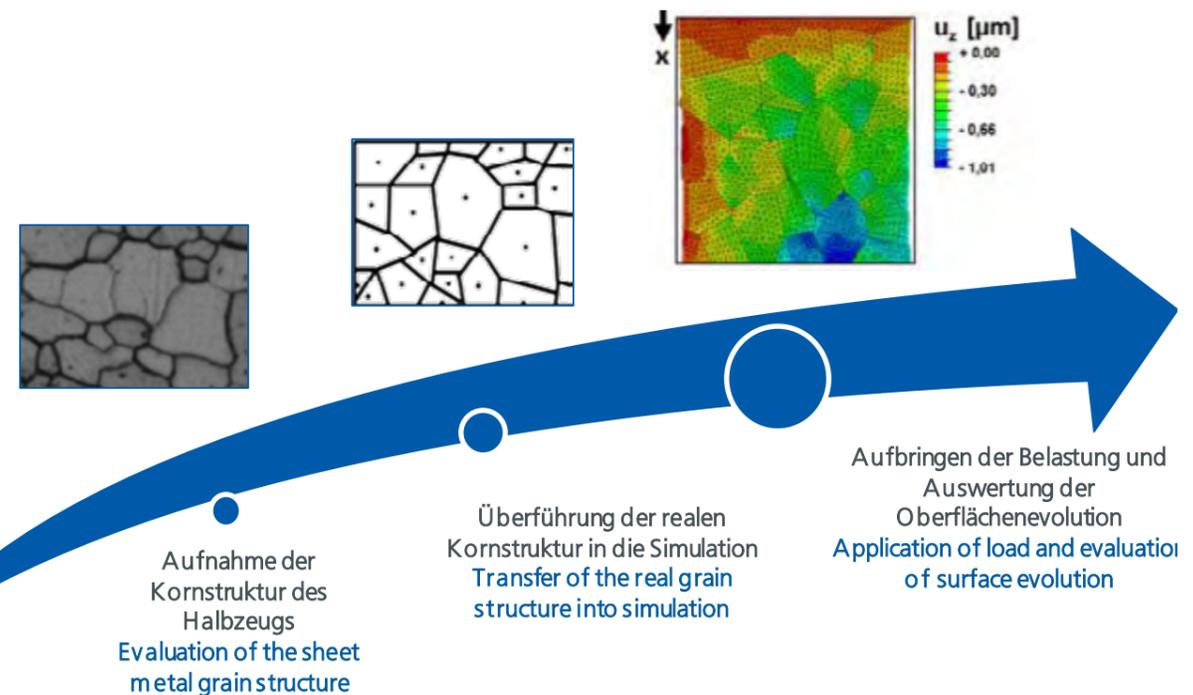


Abb. 2: Schematischer Ablauf des wissenschaftlichen Projektschwerpunktes  
Fig. 2: Schematic sequence of the scientific project focus

## WarmAp - Warmumformen von Aluminiumblechen für Hochleistungskomponenten zukünftiger Mobilitätskonzepte

### WarmAp - Hot Forming of Aluminum Sheets for High-Performance Components of Future Mobility Concepts



Janosch Günzel, M. Sc.  
+49 6151 16 233 58  
guenzel@ptu.tu-darmstadt.de



Lukas Schell, M. Sc.  
+49 6151 16 233 10  
schell@ptu.tu-darmstadt.de



Erik Sellner, M. Sc.  
+49 6151 16 233 58  
sellner@ptu.tu-darmstadt.de

Das KMU-Verbundvorhaben WarmAp ist angegliedert an den in Abschnitt 4.0.7 vorgestellten LOEWE-Schwerpunkt ALLEGRO (Hochleistungskomponenten aus Aluminiumlegierungen durch ressourcenoptimierte Prozesstechnologien) und dient der industrienahe Erprobung der in ALLEGRO getätigten Technologiesprünge. Realisiert wird dies durch das Pilotprojekt der „Dualen Promotion“, bei der die drei Promovierenden je eine 50% Stelle am PtU sowie in einem der folgenden hessischen Unternehmen besitzen:

1. Die Werner Schmid GmbH ist Spezialist für die mehrstufige Umformung komplexer Blechbauteile. Da hochfeste Aluminiumlegierungen bei der Kaltumformung nur geringe Umformgrade ermöglichen und temperaturunterstützte Prozessrouten erfordern, wurde ein vierstufiges Umformwerkzeug entwickelt, welches eine gezielte Temperierung der einzelnen Aktivteile ermöglicht. In experimentellen Untersuchungen konnten die Prozessgrenzen ermittelt und die Machbarkeit aufgezeigt werden.
2. Mit Unterstützung durch Filzek TRIBOtech wurde die VDA Reibversuchsanlage am PtU um eine Hochleistungs-Blecherwärmungseinheit erweitert. In ersten Streifenziehversuchen wurde das Reibverhalten unterschiedlicher Schmierstoffe untersucht und die Tribologie als zentrales Forschungsthema für die temperaturunterstützte Aluminium Umformung identifiziert. Die Projektergebnisse dienen als Grundstein für weiterführende Untersuchungen.
3. Zusammen mit der Hörmann Automotive Gustavsburg GmbH als Hersteller hochwertiger Chassis, Karosserie- und Anbauteile, stand die Prozessentwicklung und -auslegung einer lokalen Erwärmungsstrategie für die Serienfertigung im Vordergrund. Diese erreichte sowohl in numerischen Simulationen als auch in experimentellen Untersuchungen eine gezielte Steigerung der erreichbaren Umformgrade in kritischen Blechbauteilbereichen.

Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 548/17-30) wurde im Rahmen der Innovationsförderung Hessen aus Mitteln der LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz, Förderlinie 3: KMU-Verbundvorhaben, gefördert. Weiterhin dankt das PtU allen beteiligten Firmen für die Unterstützung bei der Durchführung des Projektes.

The SME joint project WarmAp is affiliated to the LOEWE focus ALLEGRO (high-performance aluminum alloy components through resource-optimized process technologies) presented in section 4.0.7 and serves to test the technological leaps made in ALLEGRO in an industry-oriented context. This is realized by the pilot project of the „Dual Doctorate“, in which the three doctoral candidates each hold a 50% position at the PtU as well as in one of the following Hessian companies:

1. Werner Schmid GmbH is a specialist for the multi-stage forming of complex sheet metal components. Since high-strength aluminum alloys only allow a low formability during cold forming and require temperature-assisted process routes, a four-stage forming tool was developed which allows a targeted temperature control of the individual active parts. In experimental investigations, the process limits could be determined and the feasibility demonstrated.
2. With the support of Filzek TRIBOtech, the VDA friction test facility at the PtU was extended by a high-performance sheet heating unit. In first strip drawing tests the friction behaviour of different lubricants was investigated and tribology was identified as a central research topic for temperature-assisted aluminum forming. The project results serve as a foundation for further investigations.
3. Together with Hörmann Automotive Gustavsburg GmbH as a manufacturer of high-quality chassis, body and add-on parts, the focus was on process development and design of a local heating strategy for mass production. In numerical simulations as well as in experimental investigations, this strategy achieved a targeted increase in formability in critical sheet metal component areas.

This project (HA project no.: 548/17-30) was funded within the framework of the Innovation Promotion Hessen from the LOEWE - State Initiative for the Development of Scientific and Economic Excellence, funding line 3: SME joint projects. Furthermore, the PtU would like to thank all participating companies for their support in the implementation of the project.

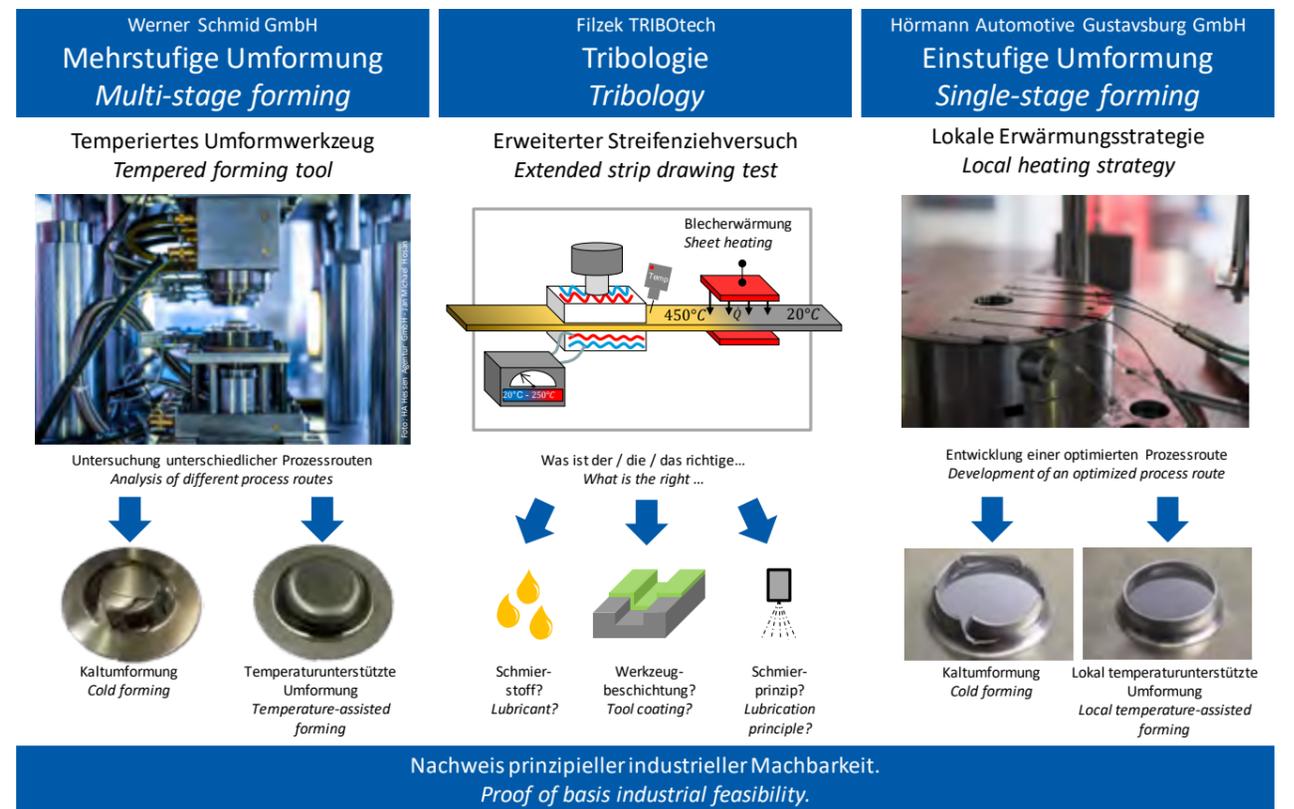


Abbildung: Übersicht über die einzelnen Teilprojekte innerhalb von WarmAp  
Figure: Overview of the individual sub-projects within WarmAp



Pioneer Fund ACTIVATOR: Entwicklung einer „Top-Down“ Herstellungsrouten für Nd-Fe-B Magnete

Pioneer Fund ACTIVATOR: Development of a “Top-Down” Production Route for Nd-Fe-B Magnets



Fansun Chi, M. Sc.  
+49 6151 16 233 54  
chi@ptu.tu-darmstadt.de

Permanentmagnetische Materialien spielen eine immer wichtiger werdende Rolle bei Technologien im Bereich der Energiegewinnung, der Mobilität sowie in der Automatisierung und Unterhaltungsindustrie. Durch die fortschreitende Automatisierung sowie dem Wechsel von Verbrennungsmotoren hin zu der Elektromobilität ist der Bedarf an Permanentmagneten im letzten Jahrzehnt stark angestiegen.

Aufgrund ihrer hohen magnetischen Energiedichte gehören die Neodym-Eisen-Bor (Nd-Fe-B) Legierungen zu den wichtigsten Permanentmagnetmaterialien. Die konventionelle Herstellung erfolgt heutzutage über eine pulvermetallurgische Route durch Sintern, welche ein aufwendiges Herstellungsverfahren und deshalb mit hohen Kosten bei der Wertschöpfung verbunden ist.

Die alternative Herstellungsrouten durch ein kontinuierliches Umformverfahren wurde im vorhergehenden Projekt entwickelt. Das Umformverfahren bietet gegenüber dem konventionellen Sinterverfahren vielseitige Vorteile wie z.B. eine geringere Anzahl von Fertigungsschritten, eine höhere Effizienz sowie einen niedrigeren Energieverbrauch. In Zusammenarbeit mit materialwissenschaftlichen Fachgebieten für physikalische Metallkunde und für funktionale Materialien ist das Ziel des Pioneer-Fund-Projekts die Validierung dieses Prozesses für eine weitere Umsetzung in einer industriellen Produktion.

Neben dem verbesserten Prozessverständnis über den Einfluss unterschiedlicher Legierungszusammensetzungen sowie Prozessparameter, konnten im Laufe des Projekts die magnetischen Eigenschaften der Produkte gesteigert, der Prozess besser beherrscht sowie die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erhöht werden. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten zum Upscaling des Prozessvolumens untersucht, auch um die Möglichkeit einer kontinuierlichen Fertigung zu entwickeln.

Ein zusätzlicher Fokus des Projekts ist das Stauchen der Legierung in Kombination mit einer Ultraschallbehandlung als Nachbehandlung. Es konnte beobachtet werden, dass diese Ultraschallbehandlung zu Veränderungen der Mikrostruktur führen und positive Effekte für die magnetischen Eigenschaften bringen kann. Erreichte Erfolge in diesem Projekt im Allgemeinen sind die Erhöhung des Grades der Marktreife und die Entdeckung neuer Entwicklungsmöglichkeiten für eine gezieltere Vermarktung.

**Danksagung**

Das vorgestellte Forschungsprojekt wird von der TU Darmstadt sowie dem ENTEGA NATURpur Institut GmbH finanziert.

Permanent magnetic materials play an increasingly important role for technologies in the fields of energy generation, mobility, as well as in the automation and entertainment industry. The demand for magnets has increased dramatically in the last decade due to the increasing automation as well as the change from combustion engines to electromobility.

Due to their high magnetic energy density, the neodymium-iron-boron (Nd-Fe-B) alloys are among the most important permanent magnet materials. The conventional Nd-Fe-B magnets production nowadays takes place via a powder metallurgical route through sintering, which is a complex manufacturing process and therefore associated with high costs in terms of added value.

Alternative production route through a continuous forming process was developed in the previous project. The forming process offers varied advantages compared to the conventional sintering process, such as a lower number of manufacturing steps, higher efficiency as well as lower energy consumption. In cooperation with the material scientific departments of physical metallurgy and functional materials the objective of the Pioneer Fund project is the validation of this process for further implementation in industrial production.

In addition to the improved process understanding of the influence of different alloy compositions and process parameters, the magnetic properties of the products increased during the project, the process was better controlled and the reproducibility of the results increased. Furthermore, possibilities to upscale the process volume, also to develop the possibility of continuous production, were investigated.

A further focus of the project is the upsetting of the alloy in combination with an ultrasonic treatment as a post-treatment method. It has been observed that this ultrasonic treatment can lead to changes in the microstructure and have positive effects on the magnetic properties. Achievements in this project in general are the increase of the degree of market readiness and the discovery of new development possibilities for a more targeted marketing.

**Acknowledgement**

The proposed research project is funded by by TU Darmstadt and ENTEGA NATURpur Institut GmbH.

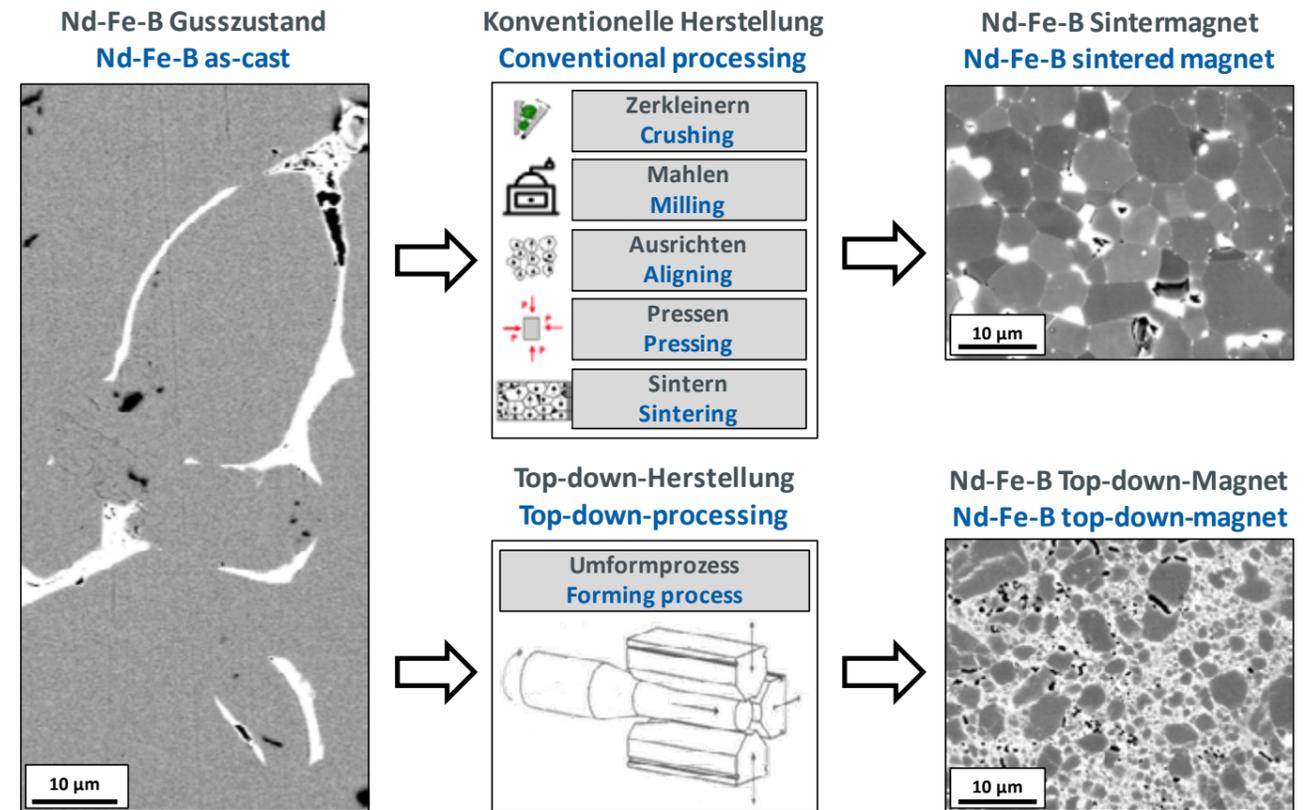


Abbildung 1: Vergleich der Herstellungsrouten mit deren Prozessschritten und Mikrostrukturen. Oben: Konventioneller pulvermetallurgischer Prozess; Unten: Neues top-down Verfahren mittels Umformprozess  
Figure 1: Comparison of manufacturing routes with its process steps and microstructures. Top: conventional powder metallurgical process; below: new top-down route through forming process.

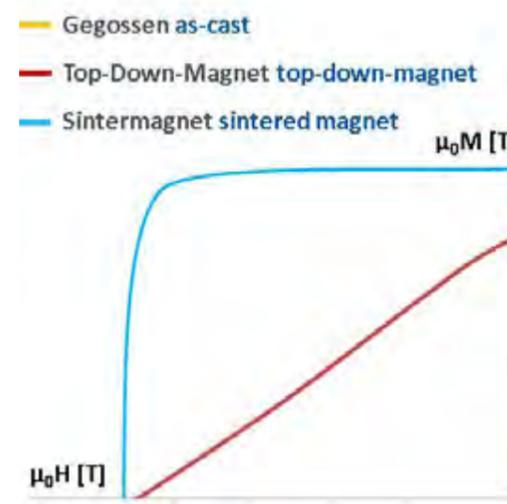


Abbildung 1: Qualitative Magnetisierungshysterese der gegossenen (gelb), umgeformten (rot) und gesinterten (blau) Nd-Fe-B Legierung  
Figure 2: Qualitative magnetization hysteresis of the as-cast (yellow), deformed (red) and sintered (blue) Nd-Fe-B alloy



Projektabschluss: Neuartige, energieeffiziente, geschlossene Dehnstoffaktoren mit hoher Kraftwirkung

Project Completion: Novel, Energy-Efficient, Closed Phase Change Material Actuators with High Forces



Thimeo Germann, M. Sc.  
+49 6151 16 231 86  
germann@ptu.tu-darmstadt.de

#### Motivation

In der Industrie 4.0 sind geregelte, d.h. automatisierte und robuste, Herstellungsprozesse notwendig. Neben stochastischen, hochfrequenten Beeinflussungen sind auch niederfrequente Anlageneigenschaften, z.B. thermische Ausdehnungen oder Verschleiß, zu regeln. Hierfür sind hohe Stellkräfte bei vergleichsweise geringen Stellwegen und Reaktionsgeschwindigkeiten erforderlich. Eine nicht-manuelle, industrielle Lösung fehlt bisher. Eine Lösung kann der paraffinbasierte Dehnstoffaktor in geschlossener Gehäusebauweise sein. Wird Paraffin erhitzt kommt es zu einer Volumenexpansion von bis zu 20 % und mehr. Verbunden mit der sehr geringen Kompressibilität sind große Potentiale zu erwarten. Ziel des abgeschlossenen Projektes war es, Auslegungsmethoden für eine Aktorgegestaltung und eine kombinierte umformende und fügende Herstellung zu entwickeln. Anschließend erfolgte die Qualifikation für die beschriebenen Anwendungen sowie die Entwicklung eines selbsthemmenden Keilgetriebes zur Fixierung der Position.

#### Ergebnisse

Gesamtheitlich betrachtet konnte das Projekt mit großem Erfolg abgeschlossen werden. Zunächst wurde Paraffin als Werkstoff umfassend analysiert und ein präzises Simulationsmodell aufgebaut. Hiermit konnte mittels umfassender Parametervariationen eine optimale Gehäusegestaltung abgeleitet werden. Weiterhin sind Einflüsse einzelner geometrischer Stellschrauben auf das Aktorverhalten identifiziert worden. Für die abgeleitete Aktorgeometrie ist erfolgreich eine Fertigungsroute entwickelt worden. Lasergeschnittene Platinen werden zunächst tiefgezogen und auf die erforderliche Höhe abgedreht. Nach der Paraffinbestückung und dem Einkleben einer Messingdichtung erfolgt das Fügen mittels Laserschweißen. So gefertigte Dehnstoffaktoren konnten in der Charakterisierung Maximalkräfte über  $F=60$  kN und Stellwege von über  $w=0,1$  mm bei einer hohen Reproduzierbarkeit erreichen. Im Sinne eines energieeffizienten Betriebs wurde ein selbsthemmendes Keilgetriebe ausgelegt, welches auch bei beendeter Zuführung der Aktivierungsenergie ein kontinuierliches Aufrechterhalten der Stellkraft bzw. des Stellweges ermöglicht. Zum Abschluss des Projekts konnte die Anwendung von Dehnstoffaktoren zur gezielten Beeinflussung von Prüfständen zur Bauteilvalidierung, also auch zur passiven Kompensation von thermischen Spannungsverlusten, demonstriert werden. Neben einer Dissertation sind im Projekt drei weitere Veröffentlichungen in internationalen Journals (u. A. CIRP Annals) entstanden.

#### Danksagung

Das Forschungsprojekt wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (GR 1818/65-1).

#### Motivation

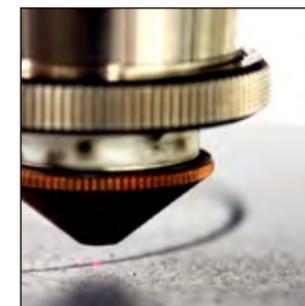
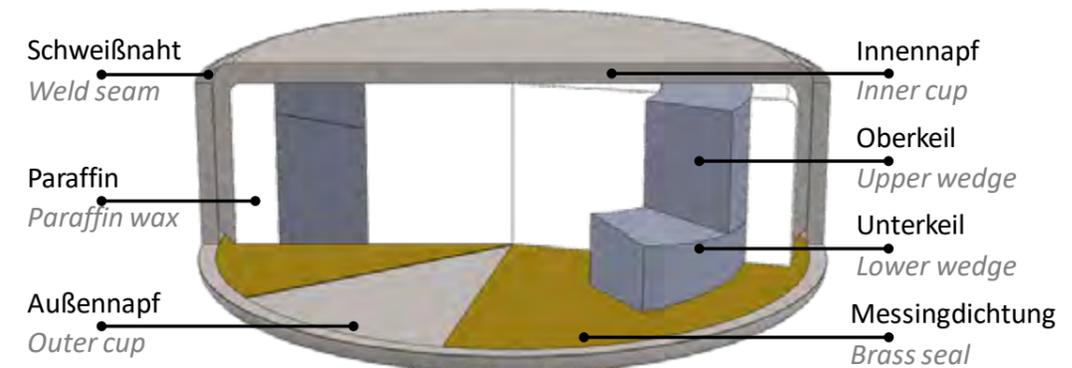
In Industry 4.0, controlled, i.e. automated and robust, manufacturing processes are necessary. In addition to stochastic, high-frequency influences, low-frequency system characteristics, e.g. thermal expansion or wear, must also be controlled. This requires high actuating forces with comparatively low strokes and reaction speeds. A non-manual, industrial solution for this purpose is still missing. One solution can be the paraffin-based phase change actuator in closed housing design. Heating paraffin leads to a volume expansion of 20 % and more and combined with the very low compressibility, large potentials can be expected. The objective of the completed project was to develop design methods for an actuator design and a combined forming and joining production. Subsequently, the qualification for the described applications as well as the development of a self-locking wedge gear followed.

#### Results

Overall, the project was completed with great success. First, paraffin wax was comprehensively analyzed and a precise simulation model was developed. This allowed an optimal housing design to be derived by means of wide-ranging parameter variations. Furthermore, influences of individual geometric adjustment screws on the actuators behavior were identified. A production route for the derived actuator geometry has successfully been developed. Laser-cut blanks are first deep-drawn and turned to the required height. After the paraffin assembly and the gluing in of a brass seal, the joining by laser welding took place. Phase change actuators manufactured in this way were able to achieve maximum forces of over  $F=60$  kN and strokes of over  $w=0,1$  mm with a high degree of reproducibility. For energy-efficient operation, a self-locking wedge gear was designed, which enables continuous maintenance of the actuating force or stroke when the supply of activation energy is terminated. Concluding the project, the applicability of phase change actuators was demonstrated by achieving intentional influences in test bench setups, and additionally for the passive compensation of thermal pretension losses. Besides a doctoral thesis, three further publications in international journals (e.g. CIRP Annals) have been published in the project.

#### Acknowledgement

The research project was funded by the German Research Foundation (GR 1818/65-1).



Ronden schneiden  
Cutting Sheets



Näpfe ziehen  
Deep Drawing



Rohlinge herstellen  
Prepare Blanks

Näpfe verschweißen  
Welding Process

Gefertigter Aktor  
Manufactured Actuator



Funded by  
**DFG** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
German Research Foundation

## SFB 666 Transferprojekt T7: Stegblechumformung für den Karosseriebau

### CRC 666 Transfer Project T7: Stringer Sheet Forming for Car Body Construction



Dr.-Ing. Stefan Köhler

Das Transferprojekt T7 setzte sich zum Ziel, die wissenschaftlichen Ergebnisse zur Stegblechumformung aus den letzten Jahren gemeinsam mit dem Anwendungspartner, der LÄPPLE AG, in einem industrienahen Prototyp umzusetzen. Das gewählte Bauteil, ein abstrahierter Unterfahrschutz eines PKW, wurde vor dem Tiefziehvorgang mit Stegen ausgestattet. Für die industrielle Umsetzung der Prozesskette wurden eine Laserschweißvorrichtung und ein Umformwerkzeug entwickelt. Durch die lokale Erhöhung des Flächenträgheitsmoments wurde das Bauteil wesentlich versteift, sodass die geforderte statische und dynamische Steifigkeit des Bauteils auch bei um 23 Prozent verringertem Materialeinsatz erreicht werden konnte. Zudem konnte die exzellente Wirtschaftlichkeit des Verfahrens nachgewiesen werden.

#### Projektbeschreibung

Im konstruktiven Leichtbau werden flächige Strukturen verzweigt, um deren Steifigkeit bei gleichzeitig nahezu gleichbleibender Masse zu erhöhen. Knapper werdende fossile Ressourcen und ein weiter wachsendes Umweltbewusstsein lassen die kosteneffiziente Fertigung solcher Strukturen in den Fokus der wissenschaftlichen Untersuchung rücken. Am PtU wurde daher die Prozesskette der Stegblechumformung entwickelt. Bereits vor der Umformung werden die Platinen mittels Laserschweißen mit Stegen ausgestattet, die einen deutlichen Versteifungseffekt auf das entstehende Bauteil haben, was wiederum eine Materialeinsparung ermöglicht. Nach vielen Jahren intensiver Forschung, in der diese Prozesskette im Labor erforscht wurde, machte sich das Transferprojekt T7 zur Aufgabe, die Stegblechumformung mit der LÄPPLE AG in einem industriellen Umfeld umzusetzen.

#### Ergebnisse

Um diese Aufgabe zu erfüllen, wurden eine industrietaugliche Laserschweißvorrichtung sowie ein entsprechendes Umformwerkzeug entwickelt und gefertigt. Die hiermit hergestellten Bauteile wurden auf ihre Eigenschaften hin untersucht, der abstrahierte Prototyp wies eine Steifigkeit von bis zu 7300 N/mm auf. Parallel wurden Simulationen des Bauteils durchgeführt und validiert. Hiermit konnte gezeigt werden, dass ein mit 20 mm hohen Stegen ausgestattetes Bauteil mit einer im Automobil real vorliegenden Geometrie (d.h. nicht in der Form des abstrahierten Prototyps) bei gleicher Steifigkeit in der Blechdicke um 0,8 mm reduziert werden.

In einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde zudem gezeigt, dass je nach Stückzahl 0,69 € bis 2,38 € pro eingespartem Kilogramm an Kosten entstehen – ein für die Automobilindustrie mehr als akzeptabler Wert!

#### Danksagung

Unser Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), die die Umsetzung dieses Forschungsprojektes ermöglichte.

The transfer project T7 aims at implementing the scientific results of the last years in a prototype close to industry together with the application partner, the LÄPPLE AG. The selected component, an abstracted underbody protection of a passenger car, was equipped with stringers before being deep-drawn. A laser-welding unit and a forming tool were developed for the industrial implementation of the process chain. By locally increasing the area moment of inertia, the component was significantly stiffened so that the required static and dynamic stiffness of the component could be achieved even with 23 percent less material. In addition, the excellent cost-effectiveness of the process was demonstrated.

#### Project description

In lightweight construction, flat structures are branched to increase their stiffness while maintaining almost the same mass. Scarcer fossil resources and a growing environmental awareness make the cost-efficient production of such structures the focus of scientific research. Therefore, the process chain of stringer sheet forming was developed at the PtU. Prior to forming, the blanks are equipped with stringers by means of laser welding, which have a significant stiffening effect on the resulting component, which in turn enables material savings. After many years of intensive research, during which this process chain was investigated in the laboratory, the transfer project T7 aimed at implementing the stringer sheet forming in an industrial environment with LÄPPLE AG.

#### Results

In order to fulfill this task, an industrial laser welding device and a corresponding forming tool were developed and manufactured. The components produced with these tools were examined for their characteristics. The abstracted prototype had a stiffness of up to 7300 N/mm. In parallel, simulations of the component were carried out and validated. It could be shown that a component with 20 mm high stringers and a real automotive geometry (i.e. not in the form of the abstracted prototype) can be reduced in sheet thickness by 0.8 mm while maintaining the same stiffness.

In an economic feasibility study it was also shown that, depending on the number of units, costs of 0.69 € to 2.38 € per saved kilogram are incurred - a more than acceptable value for the automotive industry!

#### Acknowledgement

We would like to thank the German Research Foundation (DFG), which made the implementation of this research project possible.

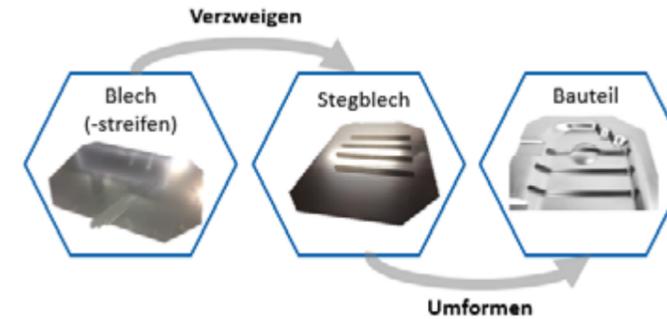


Abbildung 1: Prozesskette Stegblechumformung  
Figure 1: Process chain Stringer sheet forming

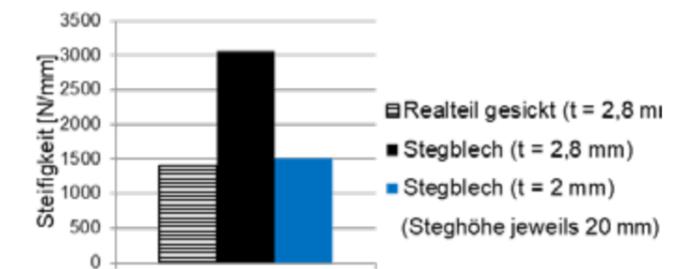


Abbildung 2: Bauteilsteifigkeit  
Figure 2: Component stiffness



Abbildung 3-5: Abstrahierter Unterfahrschutz mit Stegversteifung  
Figure 3-5: Abstract underbody guard with bridge stiffening

# Konturvermessung beim Profilbiegen

## Contour Measurement for Profile Bending



Thomas Kessler, M. Sc.  
+49 6151 16 230 45  
kessler@ptu.tu-darmstadt.de

### Motivation und Zielsetzung

Das Drei-Rollen-Profilbiegen bietet als kinematisches Biegeverfahren den Vorteil einer hohen Flexibilität an fertigmachen Konturen. Dies erfordert jedoch einen hohen Personalaufwand zum Einstellen des Prozesses und dem Vermessen des gebogenen Profils und erlaubt bisher nur einen sehr geringen Automatisierungsgrad. Grund hierfür ist die iterative Prozessführung und das Fehlen von industrietauglicher Messtechnik zur Erfassung der Profilkontur. Der industrielle Standard sieht eine manuelle Vermessung der Profile unter Verwendung von Schablonen und Lehren sowie Ersatzgrößen wie Sekanten- und Stichmaßen vor. Die Folge sind hohe Nebenzeiten und eine teils unzureichende Beschreibung der Profilkontur. Die Ziele des Projektes waren die Entwicklung industrietauglicher Online- und Offline-Messvorrichtungen zur Erfassung der Kontur gebogener Profile und darauf aufbauend die Realisierung eines geregelten Drei-Rollen-Profilbiegeprozesses. Durch die Automatisierung und Digitalisierung der Konturmessung sollen zum einen die Nebenzeiten reduziert und zum anderen eine durchgängige Qualitätskontrolle ermöglicht werden.

### Motivation

As a kinematic bending process, three-roll profile bending offers the advantage of high flexibility of the producible contours. However, this requires high personnel expenditure for setting up the process and measuring the bent profiles and has so far only allowed a very low degree of automation. The reason for this is the iterative process guidance and the lack of industrial-suited measurement technology to determine the profile contour. The current industrial standard only provides a manual measurement of the profiles using templates as well as substitutional measurands such as secant and segment height dimensions. This results in high auxiliary process times and an in part insufficient description of the profile contour. Therefore, the objectives of the project were the development of industrially suitable online and offline measurement systems for the detection of the contour of bent profiles and, based on this, the realization of a controlled three-roll profile bending process. The automation and digitalization of the contour measurement should on the one hand reduce non-productive time and on the other hand enable a continuous quality control.

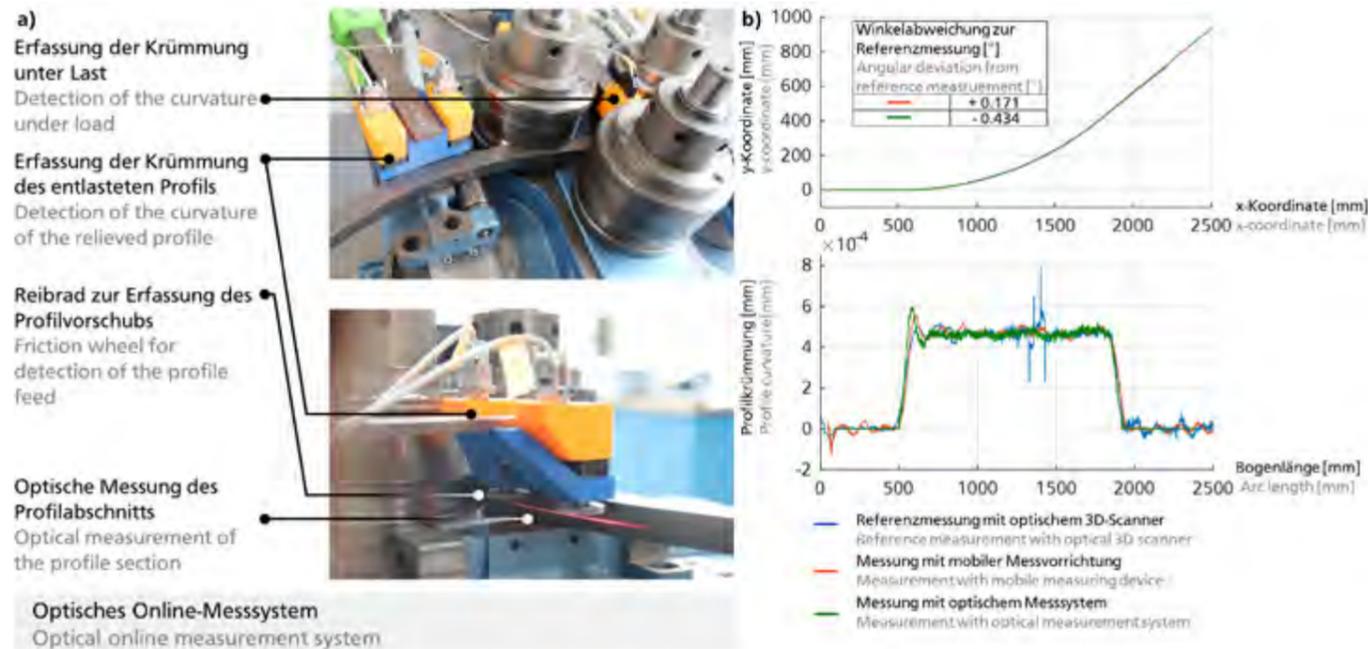


Abbildung 1: a) Optisches Online-Messsystem, b) Gemessene Profilkontur in Abgleich zu Referenzmessung mit optischem 3D-Scanner  
Figure 1: a) Optical online measurement system, b) Measured profile contour compared to reference measurement with an optical 3D-scanner

### Ergebnisse

Das Projekt konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Die Grundlage für die Realisierung einer Prozessregelung bildete die Weiterentwicklung eines optischen Messsystems, welche eine Onlineerfassung aller erforderlichen Prozess- und Produktparameter ermöglicht. Mit Hilfe des optischen Messsystems können im Prozess die Ausgangs- und Endkrümmung des Profils sowie die Krümmung unter Last erfasst werden (Abbildung 1). Hieraus können Rückschlüsse zur Rückfederung gewonnen werden, welche wiederum in die Prozessregelung einfließen. Zur Unterstützung der Maschinenbediener/-innen bei gesteuerten Prozessen wurden außerdem taktile Messvorrichtungen (mobil und stationär) entwickelt, um die Ist-Kontur von gebogenen Profilen zu erfassen. Mit diesen kann die Profilkontur virtuell abgebildet und ein digitaler Soll-Ist-Abgleich der Profilkontur ermöglicht werden. So können sowohl indirekte Messgrößen, wie der Radiusverlauf, als auch direkte Messgrößen wie Sekanten- und Stichmaße zur Prüfung der Qualität eines Bauteils erfasst und der Biegeprozess auf Basis dieser Daten optimiert werden. Der Prototyp der mobilen, taktile Messvorrichtung (Abbildung 2) liefert hierbei sehr genaue und reproduzierbare Messergebnisse (Abbildung 3). Abbildung 1 b) zeigt exemplarisch die mit dem optischen und mobilen Messsystem gemessene Kontur sowie den Krümmungsverlauf eines Profils in Abgleich zu einer Referenzmessung mit einem optischen 3D-Scanner.

### Results

The project was successfully completed. The basis for the realization of a process control system was the further development of an optical measurement system, which allows an online acquisition of all necessary process and product parameters. With the help of the optical measurement system, the initial and final curvature of the profile as well as the curvature under load can be detected during the process (figure 1). From this, conclusions about spring-back can be drawn, which are incorporated into the closed loop process control. To support machine operators in controlled processes, tactile measurement systems (mobile and stationary) have been developed to determine the contour of bent profiles. With these, the profile contour can be virtually mapped and a digital target/actual comparison of the profile contour is possible. This way, both indirect measurands, such as the radius course, and direct measurands, such as secant and segment height dimensions, can be determined to check the quality of a component and the bending process can be optimized on the basis of these data. The prototype of the mobile tactile measurement device (figure 2) provides very accurate results (figure 3). Figure 1 b) shows an example of the determined contour and curvature data of a profile measured with the optical and mobile measurement systems in comparison to a reference measurement acquired by an optical 3D-scanner.

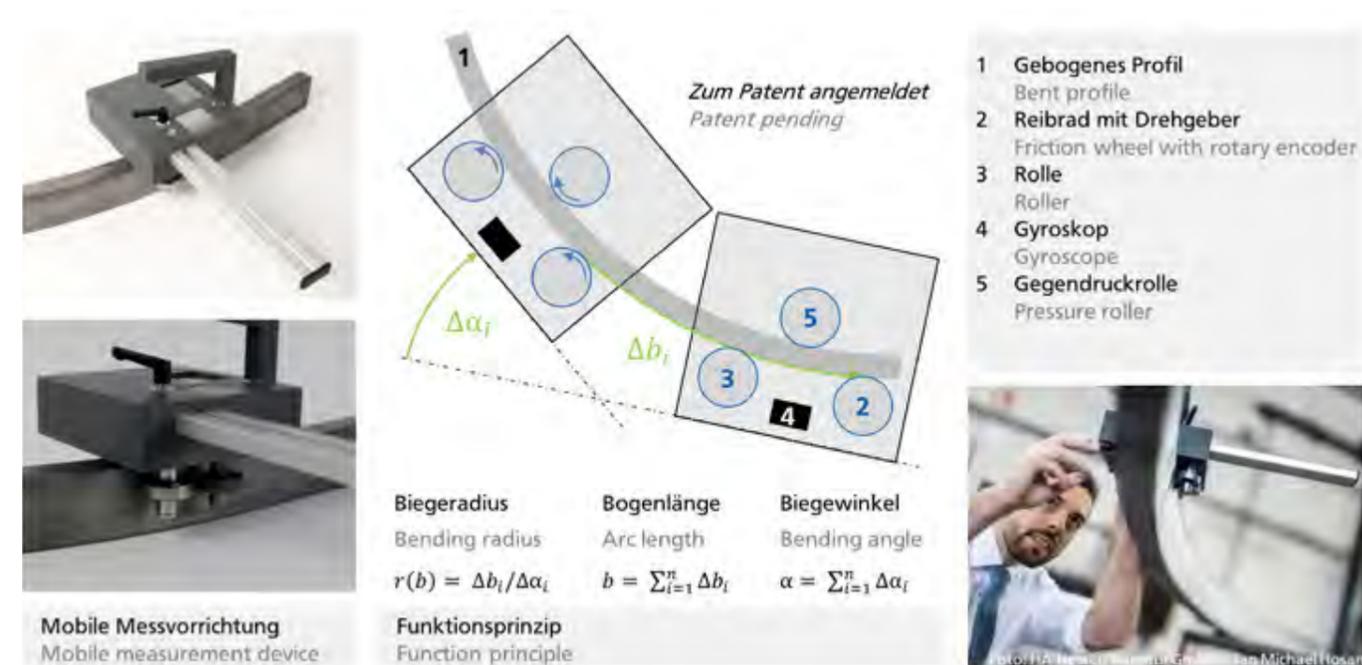


Abbildung 2: Prototyp und Funktionsprinzip der mobilen Messvorrichtung  
Figure 2: Prototype and function principle of the mobile measurement device

## Konturvermessung beim Profilbiegen

## Contour Measurement for Profile Bending

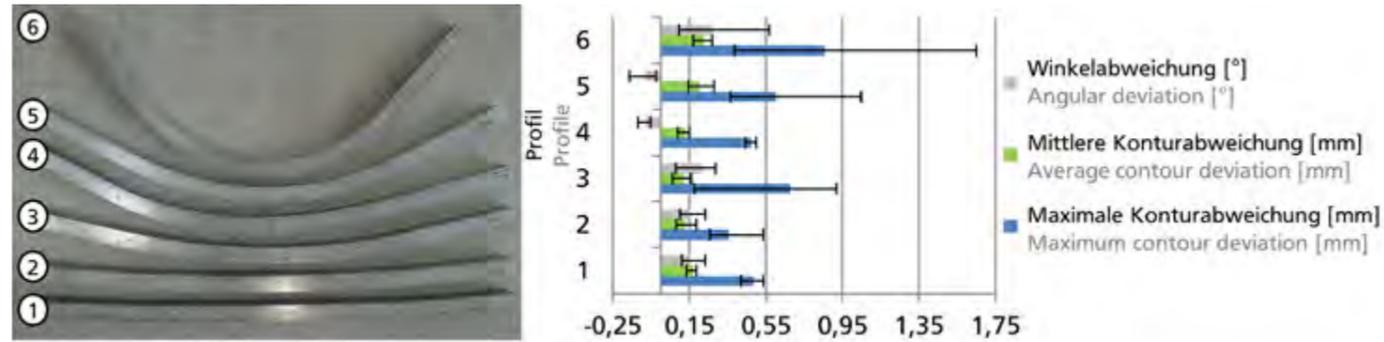


Abbildung 3: Messergebnisse der mobilen Messvorrichtung in Abgleich zu Referenzmessung mit optischem 3D-Scanner  
 Figure 3: Measurement results of the mobile device in comparison to a reference measurement with an optical 3D-scanner

### Danksagung

Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 632/18-55) wird im Rahmen von Hessen ModellProjekte aus Mitteln der LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz, Förderlinie 3: KMU-Verbundvorhaben gefördert.

### Acknowledgements

This project (HA project no.: 632/18-55) is funded in the framework of Hessen ModellProjekte, financed with funds of LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz, Förderlinie 3: KMU-Verbundvorhaben (State Offensive for the Development of Scientific and Economic Excellence).



Exzellente Forschung für  
Hessens Zukunft



## ABGESCHLOSSENE DISSERTATIONEN COMPLETED DISSERTATIONS



- 80 Stegblechumformung mit starren Werkzeugen  
Dr.-Ing. Stefan Köhler  
[Web Sheet Metal Forming with Rigid Tools](#)  
Dr.-Ing. Stefan Köhler
- 81 Prozessauslegung eines adaptiven Umformprozesses zur Herstellung und simultanen Kalibrierung von metallischen Strukturen  
Dr.-Ing. Martin Krech  
[Process Design of an Adaptive Forming Process for the Production and Simultaneous Calibration of Metallic Structures](#)  
Dr.-Ing. Martin Krech
- 82 Ermittlung und Bewertung von Prozesskenngrößen zur online Bauteil- und Prozessüberwachung bei Scherschneidprozessen  
Dr.-Ing. Johannes Hohmann  
[Determination and Evaluation of Process Parameters for Online Component and Process Monitoring in Shear Cutting Processes](#)  
Dr.-Ing. Johannes Hohmann

## Stegblechumformung mit starren Werkzeugen

### Stringer Sheet Forming with Solid Tools



Dr.-Ing. Stefan Köhler

Verzweigte Strukturen bieten in vielen industriellen Anwendungen das Potential, Herausforderungen des Leichtbaus zu lösen.

Eine Möglichkeit, verzweigte Blechprodukte herzustellen, ist die Stegblechumformung. Um deren wirtschaftliches Potential sowie die umformbaren Steghöhen zu steigern, setzte Herr Dr.-Ing. Köhler sich das Ziel, die Prozesskette systematisch weiterzuentwickeln.

Kerngedanke der Arbeit ist dabei die Übertragung von der vormals genutzten Hochdruckblechumformung auf eine Ziehoperation mit starren Werkzeugen. Hierdurch kann die Taktzeit um etwa den Faktor 10 gesteigert werden. Zudem können die Stege im Umformprozess seitlich unterstützt werden, so dass höhere Stege umgeformt und damit steifere Bauteile hergestellt werden können. Durch eine Demonstratorprozesskette konnte die Umsetzbarkeit unter industriellen Rahmenbedingungen sowie die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens nachgewiesen werden.

In many industrial applications, branched structures offer the potential to solve the challenges of lightweight construction. One possibility to produce branched sheet metal products is stringer sheet forming.

In order to increase its economic potential as well as the formable stringer heights, Dr.-Ing. Köhler set himself the goal of systematically improving the process chain.

The core idea of his work is to transfer from the previously used high-pressure sheet metal forming to a drawing operation with solid tools. This can reduce the cycle time by a factor of about 10.

In addition, the stringers can be supported laterally in the forming process, so that higher stringers can be formed and thus stiffer components can be produced. A demonstration process chain was used to prove the feasibility of the process under industrial conditions and its economic efficiency.



Durch Stegblechumformung herstellbare Teile  
Parts that can be produced by web sheet metal forming



Dr.-Ing. Köhler nach der erfolgreichen Disputation  
Dr.-Ing. Köhler after successfully defending his thesis

## Metallische Strukturen mit bauteilintegrierten Kraft- und Drehmomentsensoren

### Metallic Structures with Integrated Force and Torque Sensors



Dr.-Ing. Martin Krech

Am 22. Januar 2020 hat Herr Dr.-Ing. Martin Krech seine Doktorarbeit mit dem Titel „Prozessauslegung eines adaptiven Umformprozesses zur Herstellung und simultanen Kalibrierung von metallischen Strukturen mit bauteilintegrierten Kraft- und Drehmomentsensoren“ erfolgreich verteidigt.

Im Rahmen seiner Forschungsarbeit wurde ein Prozess entwickelt, der ein schädigungsfreies Fügen von Kraft- und Drehmomentaufnehmern in Tragstrukturen durch Rundkneten ermöglicht. Der entwickelte Fügeprozess wurde durch simultane Prozessregelung und prozessintegrierte Kalibrierung der hergestellten sensorischen Strukturen erfolgreich erweitert.

Die Forschungsergebnisse führten bereits 2018 zu der EXIST-geförderten Ausgründung Core Sensing Technology GmbH, wodurch die Basistechnologie erfolgreich zu einem marktreifen mechanischen Halbzeug mit integrierten Sensoren weiterentwickelt werden konnte.

On January 22, 2020, Dr.-Ing. Martin Krech defended his PhD thesis entitled „Process design of an adaptive forming process for the production and simultaneous calibration of metallic structures with integrated force and torque sensors“.

Within the scope of his research, a process design for damage-free joining of force and torque sensors in load-bearing structures using rotary swaging was developed. The developed joining process was successfully enhanced by simultaneous process control and process-integrated calibration of the manufactured sensory structures.

The research results already led to an EXIST-funded spin-off company, Core Sensing Technology GmbH, in 2018, which successfully developed the basic technology into a marketable mechanical semi-finished product with integrated sensors.



Bilder: Dr.-Ing. Krech nach seiner erfolgreichen Disputation  
Fotos: Dr.-Ing. Krech after successfully defending his thesis



## Ermittlung und Bewertung von Prozesskenngrößen zur online Bauteil- und Prozessüberwachung bei Scherschneidprozessen

### Determination and Evaluation of Process Parameters for Online Component and Process Monitoring in Shear Cutting Processes



Dr.-Ing. Johannes Hohmann

Im Hinblick auf die Digitalisierung von Wertschöpfungsketten und dem damit verbundenen stetig steigenden Bedarf an Prozessinformationen, ergeben sich für produzierende Unternehmen enorme Herausforderungen hinsichtlich der Datenerfassung und -analyse zur Bewertung aktueller Prozesszustände.

Im Rahmen der eingereichten Dissertation beschäftigte sich Herr Hohmann daher mit der Identifizierung und Qualifizierung von Prozesskenngrößen, basierend auf Kraftsensoren, eines Scherschneidprozesses zur Beschreibung des aktuellen Prozesszustandes sowie der Bauteilgüte.

Durch die Integration neuartiger Prozesskenngrößen in bestehenden Überwachungssystemen konnte der Informationsgehalt und die Güte von Überwachungssystemen signifikant erhöht werden.

Gleichzeitig konnte gezeigt werden, dass durch die Anpassung bestehender Systeme zusätzliche Investitionen für weitere Messtechnik nicht mehr notwendig sind und die wirtschaftliche Belastung produzierender Unternehmen dadurch verringert werden kann.

With regard to the digitization of value-added chains and the steadily increasing demand for process information resulting in this context, enormous challenges arise for manufacturing companies with reference to data acquisition and analysis for the evaluation of current process statuses.

Within the framework of the submitted dissertation, Mr. Hohmann therefore focused on the identification and qualification of process parameters, based on force sensors, for a shearing process to describe the current process status and the component quality.

The integration of novel process parameters into existing monitoring systems significantly increased the information content and the quality of monitoring systems. At the same time, it could be shown that by adapting existing systems, additional investments for further measurement technology are no longer necessary and the economic burden on manufacturing companies can be reduced.

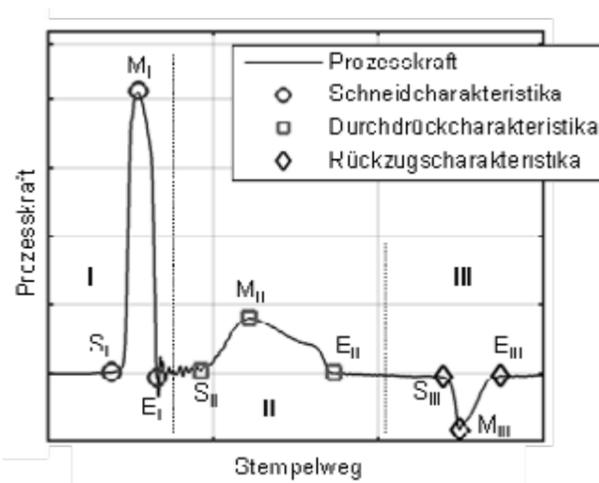
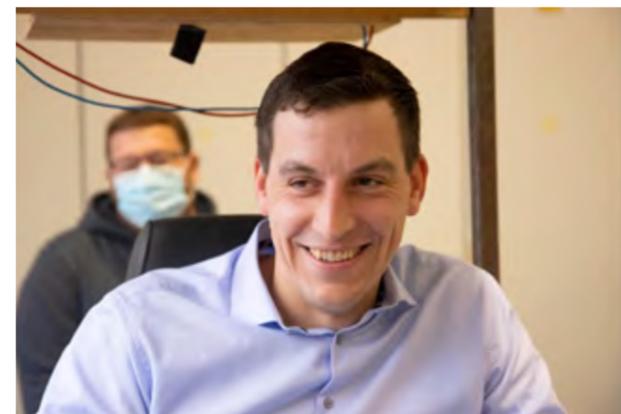


Abbildung: Bestimmung von charakteristischen Punkten innerhalb von Kraftsignalen  
Figure: Determination of characteristic points within force signals



Dr.-Ing. Hohmann nach der erfolgreichen Disputation  
Dr.-Ing. Hohmann after successfully defending his thesis



**Felix Flegler, P. Groche, T. Abraham, G. Bräuer**

*Dry Deep Drawing of Aluminum and the Influence of Sheet Metal Roughness*

TMS 2020 Annual Meeting & Exhibition

23.-27. Februar 2020

San Diego, USA

**Lukas Kluy, P. Groche, F. Chi**

*Equal-Channel-Angular-Swaging for the Production of Medical Implants Made of Fine-Grained Titanium*

10th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP)

23.-24. September 2020

Dresden, Deutschland

**Maximilian Knoll, F. Mühl, P. Groche, F. Schulze**

*Simulative Basic Investigation for a New Forming Process Punch-Hole-Rolling*

18th International Conference Metal Forming 2020

13.-16. September 2020

Krakow, Poland

**Peter Groche, J. Sinz, T. Germann**

*Efficient Validation of Novel Machine Elements for Capital Goods*

CIRP 2020 Video Paper Sessions - 2020 CIRP Annals Vol.1 & 2

24.-28. August 2020

München, Deutschland

Stand 11/2020

Status 11/2020



**J. Mushövel**, T. Völker, P. Groche

*Akustische Emissionsmessung an Papier - Identifikation der Versagensmechanismen bei der Umformung nachhaltiger Faserwerkstoffe*

WT-Online, Ausgabe 9, 09/2020, Springer VDI Verlag

**F. Flegler**, S. Neuhäuser, P. Groche

*Influence of Sheet Metal Texture on the Adhesive Wear and Friction Behaviour of EN AW-5083 Aluminum under Dry and Starved Lubrication*

Tribology International, Nr. 141, 2020, Elsevier

**M. Knoll**, M. Fabian, P. Groche, V. Schulze

*Simulative Basic Investigation for a New Forming Process Punch-Hole-Rolling*

Procedia Manufacturing, 18th International Conference Metal Forming 2020 Project, 2020, ISSN: 2351-9789, p. 503-509, Elsevier

**W. Schmidt**, P. Groche

*Kaltumformung hochfester Werkstoffe – Verkürzte Prozesskette bei der Verzahnungsherstellung*

massivUMFORMUNG, Nr. 3, 03/2020, e-ISSN 2366-5106, S. 62-67, Industrieverband Massivumformung e. V.

**L. Kluy**, F. Chi, P. Groche

*Equal-Channel-Angular-Swaging for the Production of Medical Implants Made of Fine-Grained Titanium*

WGP Production at the leading edge of technology, Nr. 1, 09/2020, 978-3-662-62138-7, p. 56-65, Springer Verlag

**A. Franceschi**, F. Jäger, H. Hoche, M. Oechsner, P. Groche

*Calibration of the Residual Stresses with an Active Die During the Ejection Phase of Cold Extrusion*

International Journal of Material Forming, Nr. 14, 2020, p. 11, Springer VDI Verlag

**C. Kubik**, T. Kessler, D. Huttel, P. Groche

*Profilbiegen – Industrie 4.0-Ansätze für die Qualitätskontrolle Mittelstand-Digital Magazin WISSENSCHAFT TRIFFT PRAXIS*, Nummer 13, 2020, S. 44-46, BMWi

**Y. Wu**, P. Groche

*Influence of Tool Finishing on the Wear Development in Strip Drawing Tests with High Strength Steels*

Tribology Online, Volume 15, Issue 3, 2020, Online ISSN : 1881-2198, p. 170-180, J-STAGE

**L. Kluy**, P. Groche

*Nanostrukturierte Implantate fördern die Knocheneinheilung*

VDI Technik&Mensch, Ausgabe 3, 09/2020, 1611-5546, S. 10 bis 13

**P. Groche**, J. Sinz, T. Germann

*Efficient Validation of Novel Machine Elements for Capital Goods*

CIRP Annals, Volume 69, Issue 1, 2020, ISSN: 0007-8506, p. 125-128, Elsevier

**A. Mann**, T. Germann, M. Ruiter, P. Groche

*The Challenge of Upscaling Paraffin Wax Actuators*

Materials and Design, Nr. 190, 2020, ISSN: 0264-1275, Elsevier

**J. Günzel**, T. Suckow, C. Veitenheimer, J. Hauß, P. Groche

*Robuste W-Temper-Umformung von hochfestem Aluminium - Einfluss von Zeit und Abschreckmethode auf die mechanischen Eigenschaften von EN AW-7075*

WT-Online, Nr. 10, 10/2020, Springer VDI Verlag

**F. Flegler**, T. Abraham, I. Bialuch, G. Bräuer, P. Groche

*Deposition of Nanoscopically Smooth DLC Tool Coatings for Dry Forming of Aluminum Sheets*

JOM

**F. Hoppe**, D. Martin, G. Staudter, T. Öztürk, R. Anderl,

P. Groche, P. F. Pelz, M. Weigold

*Identification of Lack of Knowledge Using Analytical Redundancy Applied to Structural Dynamic Systems*

Proceedings of the 38th IMAC, A Conference and Exposition on Structural Dynamics 2020, 2020

**B. Niessen**, E. Schumacher, J. Lueg-Althoff, J. Bellmann, M. Böhme, S. Böhm, A. E. Tekkaya, E. Beyer, C. Leyens, M.F. Wagner, P. Groche

*Interface Formation During Collision Welding of Aluminum* Metals, Nr. 10, 2020, ISSN 2075-4701, 1202, MDPI

**T. Germann**, A. Bubeck, T. Kötting, P. Groche

*Einzelteilkennzeichnung als Mittel der Resilienz in Umformprozessen - Einflussuntersuchung auf das Werkstoffverhalten*

WT-Online, Nr. 10, 10/2020, Springer VDI Verlag

**F. Flegler**, T. Abraham, M. Demmler, G. Bräuer, P. Groche

*Dry sheet metal forming of aluminum by smooth DLC coatings – a capable approach for an efficient production process with reduced environmental impact*

Procedia Manufacturing, Nr. 43, 2020, p. 642-649

**W. Schmidt**, P. Groche

*Erhöhung der Robustheit beim Verzahnungsdrücken*

WT-Online, Nr. 6, 2020, e-ISSN 1436-4980, S. 440-444

VDI Fachmedien

## Veröffentlichungen Publications

**E. Beyer**, C. Leyens, A. E. Tekkaya, P. Groche

*Particle Ejection by Jetting and Related Effects in Impact Welding Processes*

Metals 2020, 10(8), 1108;

<https://doi.org/10.3390/met10081108>

**M. Kott**, C. Erz, J. Heingärtner, P. Groche

*Controllability of Temperature Induced Friction Effects during Deep Drawing of Car Body Parts with High Drawing Depths in Series Production*

Procedia Manufacturing, Volume 47, 2020, Pages 553-560,

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.166>

**F. Flegler**, P. Groche, T. Abraham

*Dry forming of Aluminum*

Dry Metal Forming Open Access Journal, p. 99-127

10.26092/elib/155

<https://doi.org/10.26092/elib/155>

**A. Franceschi**, M. Oechsner, P. Groche

*Formation of Residual Stresses in Austenitic Stainless Steels by Infeed and Recess Rotary Swaging*

engrxiv.org, Preprint DOI: 10.31224/osf.io/6uks7

**L. Kluy**, N. Launert

*Technik & Mensch: Medizintechnik*

Technik & Mensch, 2020, (3), Frankfurt am Main, VDI Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt e.V., ISSN 1611-5546,

DOI: 10.25534/tuprints-00014115

**B. Niessen**, M. Böhme, E. Schumacher, E. Beyer, C. Leyens,

A. E. Tekkaya, P. Groche, M. F. Wagner, S. Böhm, J. Lueg-Althoff,

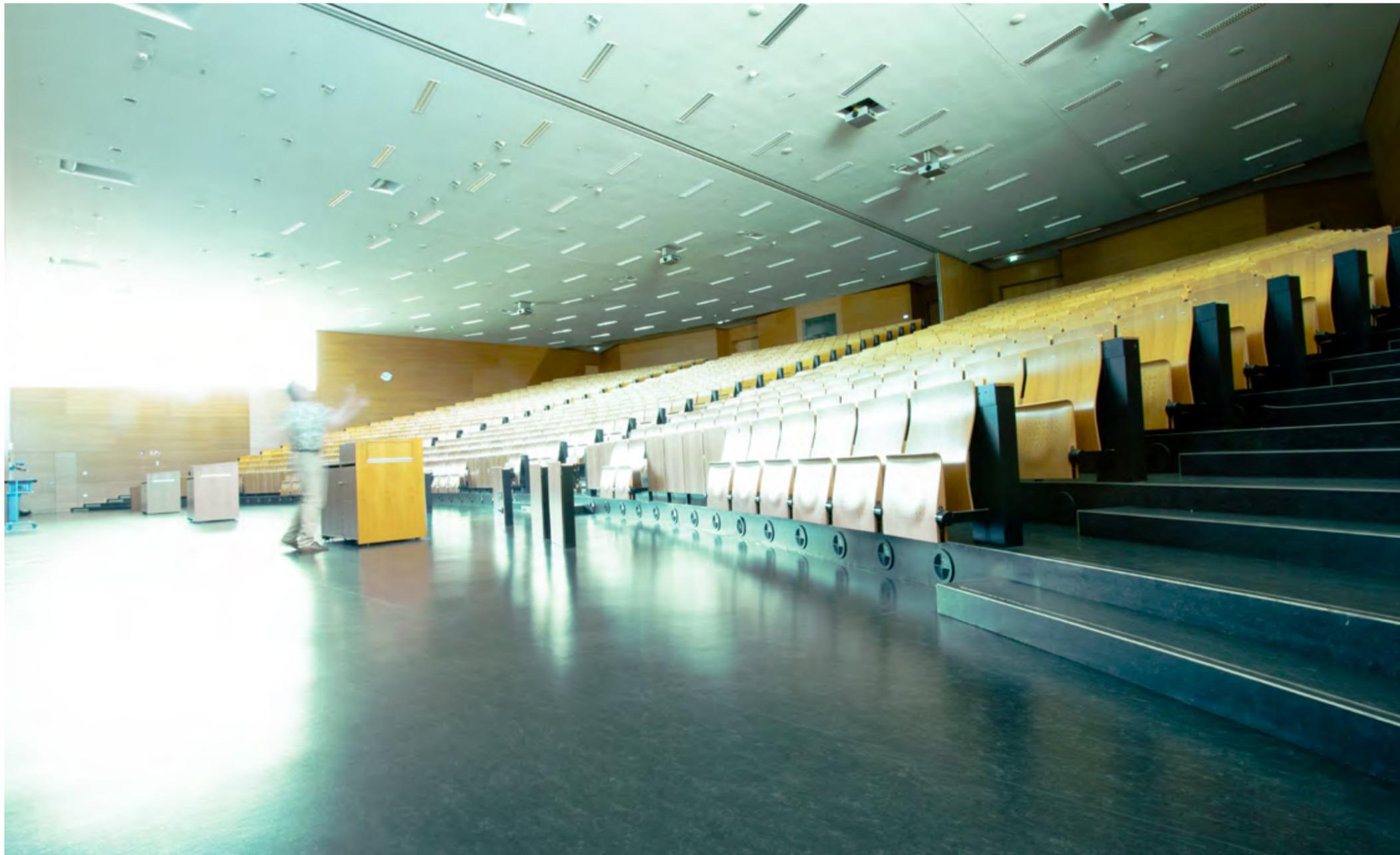
J. Bellmann

*Particle Ejection by Jetting and Related Effects in Impact Welding Processes*

Metals, Nr. 10, 2020, ISSN 2075-4701, p. 1108, MDPI

Stand 11/2020

Status 11/2020



## Lehrveranstaltungen

### Courses

Das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen bietet Studierenden des Maschinenbaus, des Wirtschaftsingenieurwesens, der Mechatronik und des Computational Engineerings Lehrveranstaltungen aus dem Bereich der Produktionstechnik an. Bereits im ersten Semester erlernen sie die Grundlagen der Produktionstechnik in der Basisvorlesung „Technologie der Fertigungsverfahren“.

Neben der Vermittlung des theoretischen Wissens ist die Förderung des Verständnisses für praxisbezogene Aspekte der Produktionsprozesse integraler Bestandteil der Veranstaltung, unter anderem durch zahlreiche Fertigungsbeispiele, Bauteildemonstratoren und Fallstudien mit realen Problemstellungen aus der Industrie.

Im weiteren Verlauf des Studiums kann das so erworbene fertigungstechnische Basiswissen durch eine Vielzahl weiterer Vorlesungen vertieft werden.

Hierzu zählt die Vorlesung „Laser in der Fertigung“, in der die Grundlagen und Anwendungsgebiete der lasertechnischen Materialbearbeitung dargestellt werden. Des Weiteren werden in den Vorlesungsreihen „Umformtechnik I + II“ sowie „Maschinen der Umformtechnik I + II“ die Grundlagen der Plastomechanik, Tribologie, verschiedenste Umformtechnologien und die dafür erforderlichen Maschinen sowie Fertigungs- und Handhabungsvorrichtungen vertiefend behandelt. Erweitert wird das Lehrangebot durch die Vorlesungen „Prozessketten in der Automobilindustrie I + II“ und „Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I + II“, die durch externe Dozenten gehalten werden und einen praxisorientierten Einblick in die jeweiligen Themen geben. Neben dem umfangreichen Vorlesungsangebot finden zudem die Tutorien „Umformtechnik“, „Stahl fliegt“ und „Steuerung und Regelung von Umformmaschinen“ statt.

In den zahlreich angebotenen Advanced Design Projects und Advanced Research Projects wird es den Studierenden ermöglicht, im Team an Fragestellungen aus Forschung und Praxis zu arbeiten. Zudem bietet das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen jederzeit eine Vielzahl an Bachelor- oder Masterarbeiten zu aktuellen Themen an.

The Institute for Production Engineering and Forming Machines offers courses in the field of production engineering to students of mechanical engineering, business administration/industrial engineering, mechatronics and computational engineering.

Already in the first semester, they learn the fundamentals of production engineering in the introductory lecture “Production Technology”. In addition to teaching theoretical knowledge, the course also promotes an understanding of practice-related aspects of production processes, including numerous manufacturing examples, demonstrators and case studies featuring real-life problems.

This basic knowledge in manufacturing technology can be enhanced through a large number of advanced courses. These include the lecture “Laser in Manufacturing”, in which the basics and application areas of laser material processing are presented. Furthermore, in the lecture series “Forming Technologies I + II” the basics of plastomechanics, tribology and various forming technologies are covered. The course “Forming Machines I + II” deals with the necessary machines as well as manufacturing and handling devices in detail.

The range of classes is completed by the lectures “Process Chains in the Automotive Industry I + II” and “Machine Design I + II”, which are held by external lecturers and provide a practice-oriented insight into the respective topics.

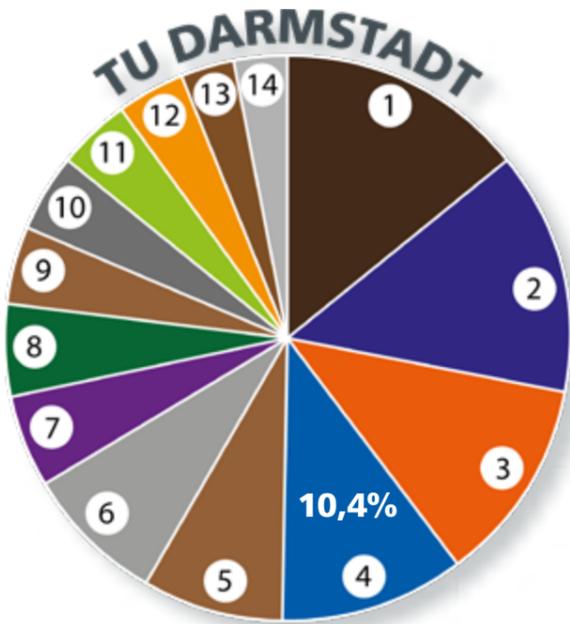
In addition to the extensive range of lectures, the tutorials “Metal Forming”, “Airborne Steel” and “Control of Forming Machines” are held. In the numerous Advanced Design Projects and Advanced Research Projects offered, students are able to work in a team on topics from research and practice. In addition, the Institute for Production Engineering and Forming Machines offers a large number of bachelor’s and master’s theses on current topics at any time.



Foto: Mündliche Prüfung  
Photo: Oral examination

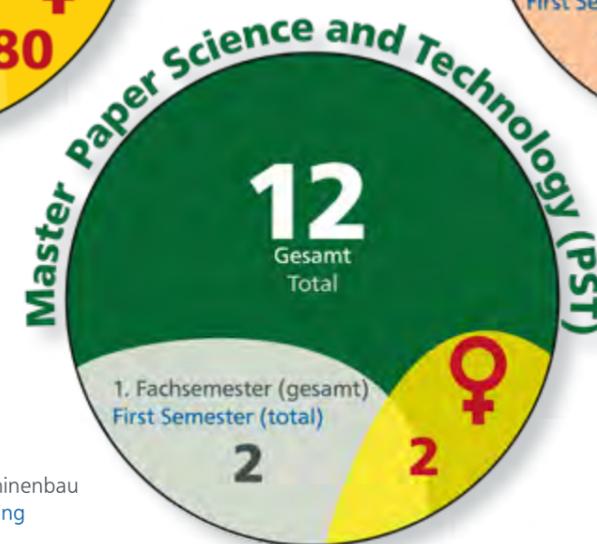
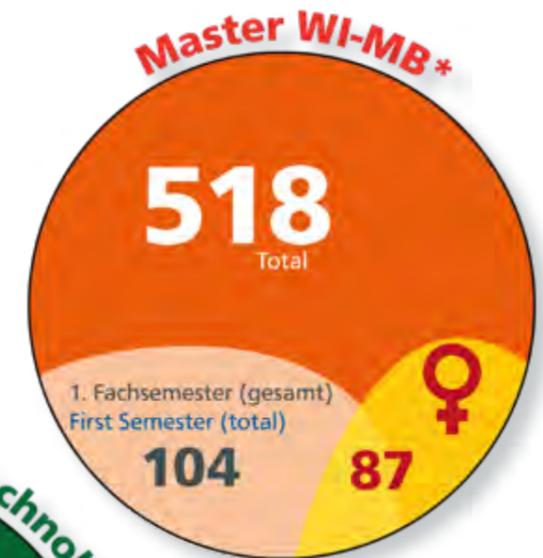
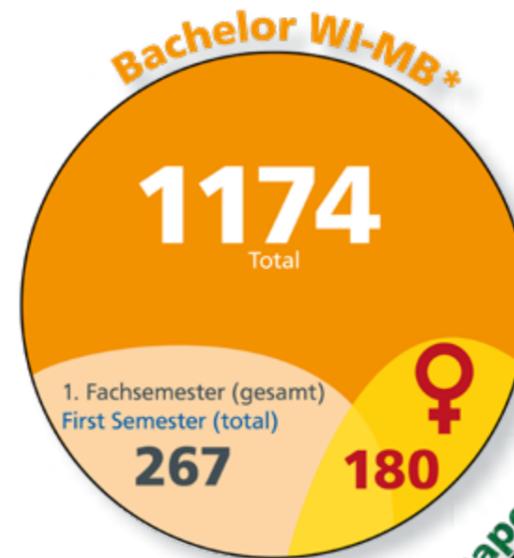
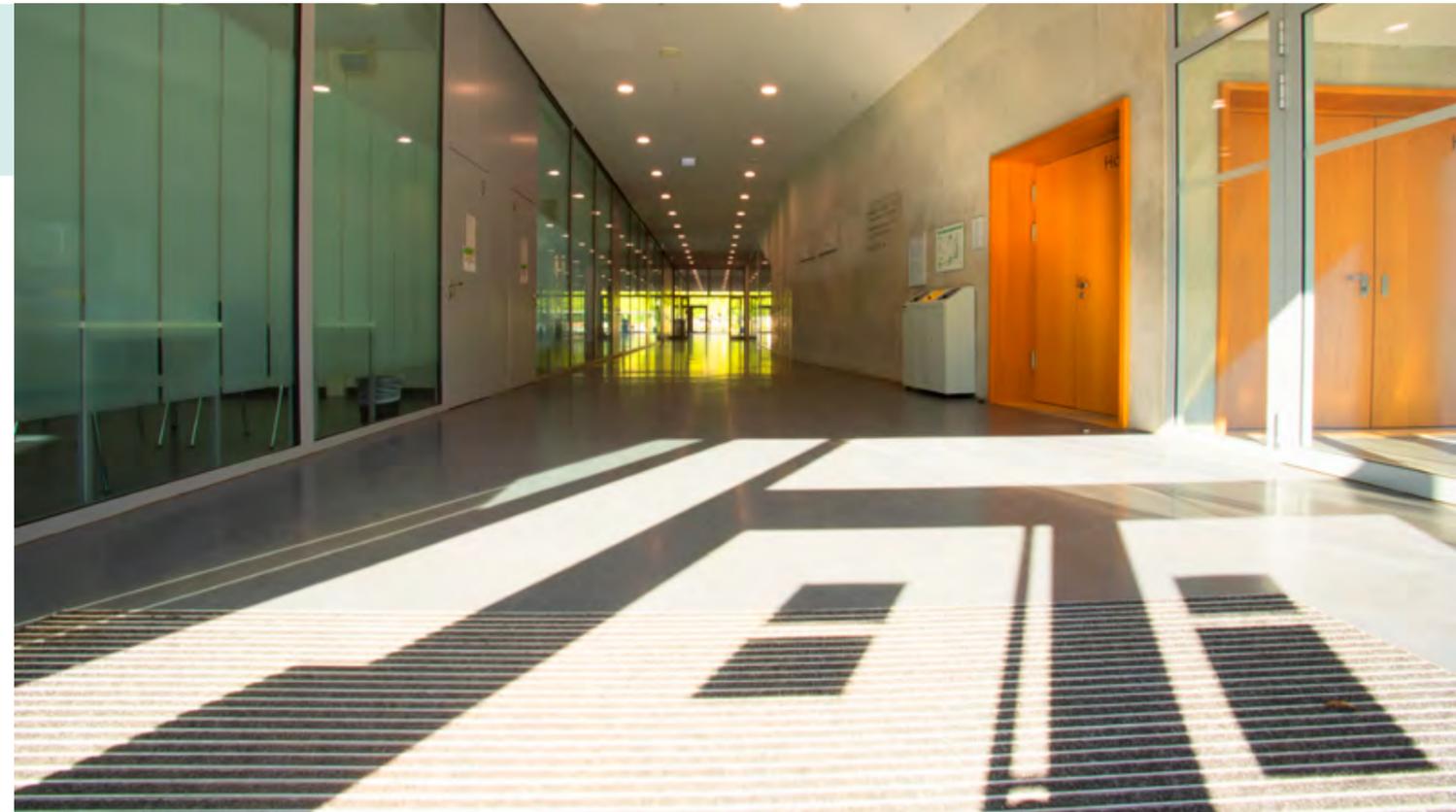
	Titel Title	Inhalte Topics	Durchführung Held by
Vorlesungen Lectures	Technologie der Fertigungsverfahren Production Technology	Randbedingungen und Ziele der Fertigungstechnik Grundlagen und Verfahren des Urformens und Umformens Beispiele aus der Fertigung Boundary conditions and aims of the production technology Fundamentals and processes of primary shaping and forming technologies Examples from real life production	Prof. P. Groche
	Laser in der Fertigung Laser in Manufacturing	Grundlagen der Lasertechnik, Lasertypen, Materialbearbeitung mit Laser, Rapid Prototyping und Lasersicherheit Basics of laser technology, material processing by means of lasers, rapid prototyping and laser safety	Prof. P. Groche
	Umformtechnik I + II Metal Forming I + II	Technische und wirtschaftliche Grundlagen, Metallkunde, Plastomechanik und Tribologie, Verfahren der Blech- und Massivumformung Technical and economical basics, metallurgy, plastomechanics and tribology, processes of sheet and bulk metal forming	Prof. P. Groche
	Maschinen der Umformtechnik I + II Forming Machines I + II	Bauarten von Maschinen: Kenngrößen, Baugruppen, Steuerungen Forming machines: parameters, components, controls	Prof. P. Groche
	Prozessketten in der Automobilindustrie I + II Process Chains in the Automotive Industry I + II	Automobilindustrie und Nutzfahrzeuge, Pilot- und Vorserienfertigung, Produktionshochlauf und Markteinführung Automotive and utility vehicle industry, pilot production and market introduction	Dr.-Ing. H. Steindorf, Daimler AG
	Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I + II Machine Design I + II	Vertiefung bereits bekannter Konstruktionsprinzipien, Auslegen und Detaillieren von Einzelteilen und Baugruppen in Übungen Deepening of existing design principles, Design and dimensioning of individual parts and assemblies in practice sessions	Prof. M. Scheitza
	Tutorium „Stahl fliegt“ Tutorial “Stahl fliegt”	Konstruktion und Fertigung eines flugfähigen Objekts aus Stahlwerkstoffen (Studierendenwettbewerb „Stahl fliegt“) Design and construction of a flying object only made from steel products (student competition “Stahl fliegt”)	Prof. P. Groche und MitarbeiterInnen Prof. P. Groche and staff
Tutorien Tutorials	Tutorium Umformtechnik Tutorial Forming Technologies	Bearbeitung einer Aufgabenstellung aus der Ingenieurspraxis mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode sowie die Einarbeitung in das FE-Software Paket Abaqus 6.14 Real-life-task from practice: Application of the Finite Elements Analysis as well as the familiarization with the FE-software package Abaqus 6.14	Prof. P. Groche und MitarbeiterInnen Prof. P. Groche and staff
	Tutorium Steuerung und Regelung von Umformmaschinen Tutorial Control of Forming Machines	Erlernen von Prinzipien der Steuerung und Regelung von Umformmaschinen und Bearbeitung einer Aufgabenstellung der Ingenieurspraxis Learning principles of control systems of forming machines and processing a Real-life-task from practice	Prof. P. Groche und MitarbeiterInnen Prof. P. Groche and staff
	Umformtechnische Kolloquien Forming Colloquia	Vorstellung von Bachelor- und Masterarbeiten Presentation of Bachelor- and Mastertheses	Prof. P. Groche und MitarbeiterInnen Prof. P. Groche and staff
Sonstige Other	Advanced Design Project und Advanced Research Project Advanced Design Project and Advanced Research Project	Bearbeitung einer komplexen Aufgabenstellung aus der Ingenieurspraxis in Teamarbeit Real-life-task from practice: complex engineering task in team work	Prof. P. Groche und MitarbeiterInnen Prof. P. Groche and staff
	Exkursionen Excursions	Besichtigungen und Führungen durch Betriebe im Bereich Umformtechnik Field trips and guided tours through companies in the field of metal forming	Prof. P. Groche, Dr.-Ing. H. Steindorf, Daimler AG

# Studierendenzahlen Student Numbers



- |   |  |
|---|--|
| 1. Informatik                               | 1. Computer Sciences                                 |
| 2. Rechts- und Wirtschaftswissenschaften    | 2. Law and Economics                                 |
| 3. Gesellschafts- und Geisteswissenschaften | 3. Social Sciences and Humanities                    |
| <b>4. Maschinenbau</b>                      | <b>4. Mechanical Engineering</b>                     |
| 5. Bau- und Umweltingenieurwissenschaften   | 5. Civil and Environmental Engineering Sciences      |
| 6. Elektrotechnik und Informationstechnik   | 6. Electrical Engineering and Information Technology |
| 7. Humanwissenschaften                      | 7. Human Sciences                                    |
| 8. Architektur                              | 8. Architecture                                      |
| 9. Physik                                   | 9. Physics   |
| 10. Material- und Geowissenschaften         | 10. Material and Earth Sciences                      |
| 11. Sonstige                                | 11. Others   |
| 12. Chemie                                  | 12. Chemistry  |
| 13. Biologie                                | 13. Biology  |
| 14. Mathematik                              | 14. Mathematics                                      |

Gesamt Studierendenzahl 25.170  
 Total number of students 25,170  
 Quelle: TU Darmstadt, Stand 05/2020  
 Source: TU Darmstadt, status 05/2020



\* Wirtschaftsingenieurwesen - Maschinenbau  
 \* Industrial and Mechanical Engineering

ABGESCHLOSSENE ARBEITEN  
COMPLETED THESES



**Becker, Carolin**

*Numerische Simulation und Prozessauslegung des Kragenziehens von Sandwichblechen mit großen Kernschichtdicken*

Betreuer: Dominic Griesel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Yang, Xuanqiao**

*Analyse des Materialflusses beim Rundkneten in Bezug auf die zugrundeliegenden Mechanismen der Eigenspannungsbildung*

Betreuer: Fansun Chi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Li, Ruizhe**

*Entwicklung eines statistischen Verfahrens zur Abschätzung der Werkzeugstandzeiten bei der Blechumformung*

Betreuer: Yutian Wu, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Zhang, Ruixin**

*Numerische Untersuchung des Umformverhaltens eines Verbundwerkstoffs mit sprödem Kern*

Betreuer: Fansun Chi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Yang, Shuo**

*Experimentelle Verschleißuntersuchung durch Messung akustischer Emission im Streifenziehversuch*

Betreuer: Yutian Wu, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Kraus, Stefan Oliver**

*Entwicklung eines Erwärmungskonzepts für den Equal-Channel-Angular-Swaging Prozess auf einer Schnellläuferpresse*

Betreuer: Lukas Kluy, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Groß, Sebastian**

*Simulative und experimentelle Untersuchung des Crashverhaltens von Stegblechbauteilen*

Betreuer: Simon Biffar, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Krämer, Robin**

*Beeinflussung der Kraft-Weg-Charakteristik von Dehnstoffaktoren durch maßgeschneiderte Aktoren*

Betreuer: Thiemo Germann, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Zehnter, Johannes**

*Ermittlung des maximalen Aufweitverhältnisses von EN AW-6082 und-7075 innerhalb eines mehrstufigen und temperatun-terstützten Umformprozesses*

Betreuer: Janosch Günzel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Krüger, Martin**

*Konstruktion und Auslegung eines Werkzeugs zur Realisierung des linearen Reibschweißens auf einer mechanischen Presse*

Betreuer: Daniel Martin, M.Sc. und Christian Kubik, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Drogies, Tristan**

*Numerische Simulation des Kragenziehens mit „verlorenen“ Stempeln*

Betreuer: Dominic Griesel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Eliseev, Dimitri**

*Analyse von Inline-Messdaten zur Prozessüberwachung des Walzprofilierens mithilfe Künstlicher Intelligenz*

Betreuer: Marco Becker, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Wildner, Johannes**

*Numerische Untersuchung des thermo-mechanischen Verhaltens von Dehnstoffaktoren anhand einer CFD-Simulation*

Betreuer: Thiemo Germann, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Kovacic, Aleksandar**

*Entwicklung der Messsysteme und Untersuchung der Eigenspannungen beim Rundkneten*

Betreuer: Alessandro Franceschi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Wohlgemuth, Henrik**

*Entwicklung einer integralen Lösung zur Behandlung von Aluminiumblechen für einen nachhaltigen Verschleißversuch*

Betreuer: Felix Flegler, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Hofmann, Johannes**

*Maschinelles Oberflächenfinish robotergefräster Werkzeuggeometrien im Werkzeugbau durch maschinelles Oberflächenhämmern*

Betreuer: Peter Sticht, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Weber, Sebastian**

*Steigerung der Energieeffizienz beim Walzprofilieren durch Kontrolle der tribologischen Bedingungen*

Betreuer: Marco Becker, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Gard, Jason**

*Experimentbasierte Entwicklung eines Konzepts zur Werkzeugschmierung im Streifenziehversuch*

Betreuer: Lukas Schell, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Varol, Korhan Mustafa**

*Auslegung und Inbetriebnahme einer (elektro-)pneumatischen Steuerung für ein Transfersystem*

Betreuer: Janosch Günzel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Jeckel, Louis**

*Weiterentwicklung der Zieheinrichtung an der VDA Reibversuchsanlage für den Dauerbetrieb mit Blechcoils*

Betreuer: Lukas Schell, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Ljubicic, Ivana**

*Entwicklung einer Vorrichtung zur Normalkrafteinstellung an der VDA Reibversuchsanlage für die Untersuchung von Aluminium Warmumformprozessen*

Betreuer: Lukas Schell, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Stellmann, Simon**

*Steigerung der Ansprechdynamik von Dehnstoffaktoren durch integrierte Wärmeleitungsstrukturen*

Betreuer: Thiemo Germann, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Akbal, Cem**

*Tribologische Untersuchung der mehrstufigen Umformung von hochfestem Aluminium*

Betreuer: Lukas Schell, M.Sc.; Janosche Günzel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Repp, Konstantin**

*Konstruktion und Inbetriebnahme einer Aufheizvorrichtung für die Herstellung hochfester Aluminiumrohre mit gradierten Eigenschaften*

Betreuer: Timon Suckow, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Hackert, Marlene Luise**

*Entwicklung eines Konzeptes zur energieeffizienten Schlupfverteilung beim Walzprofilieren durch Reibwertermittlungen aus Modell- und Analogieversuchen*

Betreuer: Marco Becker, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Eliseev, Dimitri**

*Analyse von Inline-Messdaten zur Prozessüberwachung des Walzprofilierens mithilfe Künstlicher Intelligenz*

Betreuer: Marco Becker, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Wohlgemuth, Henrik**

*Entwicklung einer integralen Lösung zur Behandlung von Aluminiumblechen für einen nachhaltigen Verschleißversuch*

Betreuer: Felix Flegler, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Veitenheimer, Ciaran-Victor**

*Untersuchung des Einflusses der Abschreckbedingungen beim W-Temper-Umformen von hochfesten Aluminiumlegierungen*

Betreuer: Janosch Günzel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Hissnauer, Clemens**

*Aufbau und Validierung eines numerischen Prozessmodells für das lineare Reibschweißen*

Betreuer: Daniel Martin, M.Sc.; Alessandro Franceschi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Kovacic, Aleksandar**

*Entwicklung der Messsysteme und Untersuchung der Eigenspannungen beim Rundkneten*

Betreuer: Alessandro Franceschi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Gallus, Josef**

*Untersuchung nachträglicher Wärmebehandlungen von Bauteilen aus hochfestem Aluminium*

Betreuer: Janosch Günzel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Romeis, Jessica**

*Evaluation von Modellierungsansätzen der Materialeigenschaften von Papier*

Betreuer: Julian Mushövel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Heck, Philipp**

*Untersuchung von Mikrostrukturen zur tribologischen Optimierung von Werkzeugoberflächen in der Massivumformung*

Betreuer: Peter Sticht, M.Sc.; Wilhelm Schmidt, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Webler, Paul**

*Erweiterung der VDA Reibversuchsanlage für den Dauerbetrieb mit Blehcoils*

Betreuer: Lukas Schell, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Zenner, Maximilian**

*Statistische Ermittlung von Merkmalen auf der Basis von Prozesskräften zur Identifikation schwankender Prozessparameter beim Scherschneiden*

Betreuer: Christian Kubik, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Mami, Ayoub**

*Nutzung von Körperschallsensoren zur Detektion charakteristischer Prozesszustände beim Tiefziehen*

Betreuer: Alexander Breunig, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

**Arznjani, Malaz**

*Experimentelle Untersuchung der Umformbarkeit von Papier in mehrstufigen Prozessen*

Betreuer: Julian Mushövel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

**Singh, Matthias Ranjeet**

*Tauglichkeit fluoreszierender Stoffe zur Bestimmung der Schmierfilmdicke in der Kaltmassivumformung*

Betreuer: Patrick Volke, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

- Sljivic, Luka**  
*Ermittlung der Werkzeugoberflächentemperatur mittels indirekter Temperaturmessung*  
 Betreuer: Patrick Volke, M.Sc.; Matthäus Kott, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Wudy, Patrick**  
*Experimentelle Untersuchung des Wärmeübergangskoeffizienten in der Kaltmassivumformung*  
 Betreuer: Patrick Volke, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Delger, Oyutan**  
*Entwicklung eines Transfersystems für ein vierstufiges Umformwerkzeug mit integrierter Temperaturmessung*  
 Betreuer: Janosch Günzel, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Sossenheimer, Matthias**  
*Untersuchung der Nutzbarkeit von Körperschallsensoren zur Detektion und Lokalisation von plastischer Verformung*  
 Betreuer: Alexander Breunig, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Liu, Chenyang**  
*Numerische Simulation des prozessintegrierten Fügens und Vorspannens von Hybridstrukturen durch Weiten eines umschlungenen Kragens*  
 Betreuer: Henning Husmann, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Duvos, Annika**  
*Experimentelle Charakterisierung der Steigerung des Umformgrads durch lokale Kontakterwärmung der Platine beim Kragenziehen von EN AW 6082*  
 Betreuer: Erik Sellner, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Ebeling, Ruben**  
*Additive Fertigung von Umformwerkzeugen durch schichtweisen Aufbau von lasergeschnittenen Blechen*  
 Betreuer: Julian Mushövel, M.Sc.; Peter Sticht, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Zell, Andreas**  
*Experimentelle Untersuchung eines selbsthemmenden Systems zum energieeffizienten Einsatz von Paraffinaktoren*  
 Betreuer: Thiemo Germann, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Völker, Torben**  
*Einsatzmöglichkeiten der akustischen Emissionsmessung zur Detektion von Faserverhalten in der Miniaturzugprüfung von Papier*  
 Betreuer: Julian Mushövel, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Jarrar, Oussama**  
*Untersuchung mikroelektromechanischer Systeme zur Überwachung von umformtechnischen Prozessen*  
 Betreuer: Christian Kubik, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Miranda Silva, Diego Ignacio**  
*Verschleißdetektion durch thermoelektrische Messungen im Tiefziehprozess*  
 Betreuer: Yutian Wu, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Friedrich, Jan**  
*Experimentelle Untersuchungen zur Herstellung gewichtsoptimierter Kugeln durch Kaltpressschweißen*  
 Betreuer: Christiane Gerlitzky, M.Sc.; Patrick Volke, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Azbairi, Yassin**  
*Maßgeschneiderte Oxidschichten von Aluminiumwerkstoffen für verbessertes Verschleißverhalten im Streifenzugversuch unter trockener Reibung*  
 Betreuer: Felix Flegler, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Kempf, Felix**  
*Weiterentwicklung eines flexiblen Werkzeugkonzepts zum Inline-Prägen beim Walzprofilieren*  
 Betreuer: Tianbo Wang, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2019
- Zhu, Yifan**  
*Numerische Untersuchung der mechanischen Randbedingungen in einem warmen rundknetprozesses zur Herstellung von plattierten Stabverbundwerkstoffen*  
 Betreuer: Fansun Chi, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2020
- Huang, Tengjie**  
*Numerische Untersuchung der mikrostrukturellen Entwicklung eines thixotropen Materials mittels Finite-Diskrete-Element-Methode Simulation*  
 Betreuer: Fansun Chi, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2020
- Kötting, Tim**  
*Untersuchung integrierter Beheizungskonzepte von Dehnstoffaktoren*  
 Betreuer: Thiemo Germann, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2020
- Scholz, Peter**  
*Experimentelle Bestimmung des Prozessfensters beim Laserschweißen von kreisringförmigen Dehnstoffaktoren*  
 Betreuer: Thiemo Germann, M.Sc.  
 Erscheinungsjahr: 2020
- Stand 11/2020  
 Status 11/2020

**de Paly, Hannes**

*Untersuchung von Verfahrensgrenzen eines Profilwzprozesses zum Umformen von Nuten in den Gesteinsbohrerrohling*

Betreuer: Fansun Chi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Scheuring, Martin**

*Ermittlung von Kostenpotentialen durch Einsatz von Additive Manufacturing im Großwerkzeugbau*

Betreuer: Peter Sticht, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Neyer, Henning**

*Modellbasierte Entwicklung von Handlungsrichtlinien zum maschinellen Oberflächenhämmern höherfester Werkstoffe unter Berücksichtigung des Ausgangszustands*

Betreuer: Peter Sticht, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Endres, Simon**

*Ermittlung umformtechnischer Prozessgrenzen kehlnahtgeschweißter Aluminium-Stegbleche*

Betreuer: Simon Biffar, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Lu, Huiquan**

*Numerische Untersuchung eines Rundknetprozesses zur Herstellung von plattierten Stabverbundwerkstoffen unter Berücksichtigung des thermischen Einflusses*

Betreuer: Fansun Chi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Sauerwein, Till**

*Numerische Simulation einer Prozesskette zur Herstellung längsnahtgeschweißter Rohre aus Aluminium*

Betreuer: Timon Suckow, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Siegel, Matthias**

*Optimierung der sensorischen Eigenschaften optisch basierter sensorischer Strukturen zur Kraft- und Drehmomentmessung*

Betreuer: Nassr, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Fuhr, Alexander**

*Werkzeugauslegung, -konstruktion und-tryout unter den Randbedingungen des robotergestützten Werkzeugbaus mit mechanischer Oberflächenbehandlung*

Betreuer: Peter Sticht, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Widera, Michael**

*Entwicklung eines Verschleißkriteriums für Werkzeugrollen beim Walzprofilieren*

Betreuer: Marco Becker, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Molitor, Dirk**

*Erfolgsfaktoren innovativer Forschungsprojekte: Eine empirische Untersuchung mit Implikationen zum Projektcontrolling sowie Simulation einer Positionsregelung am Beispiel der 3-D-Servo-Pressen*

Betreuer: Florian Hoppe, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Pick, Alexander**

*Entwicklung und Programmierung einer Sensorplatine mit drahtloser Datenübertragung für Bildsensoren*

Betreuer: Nassr, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Mowa, Rostand**

*Weiterentwicklung eines Programms zur automatischen Parametrisierung und Auslegung von mehrfach armierten Matrizen zur Massiv-Umformung*

Betreuer: Alessandro Franceschi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Bianchi Samora, Pedro Henrique**

*Experimentelle Untersuchung des prozessintegrierten Fügens und Vorspannens von Hybridstrukturen durch Weiten eines umschlungenen Kragens*

Betreuer: Henning Husmann, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Hauska, Benjamin**

*Analytisch-experimentelle Betrachtung der Mechanismen beim Fügen und Vorspannen von Hybridstrukturen durch Weiten eines Kragens*

Betreuer: Henning Husmann, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Gehring, Philipp**

*Untersuchung der Verfahrensgrenzen beim Stanzpaketieren dünner CoFe-Bleche*

Betreuer: Christian Kubik, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Birhimeoglu, Serdar**

*Untersuchung der Produkteigenschaften in der konventionellen und inkrementellen Umformung*

Betreuer: Alessandro Franceschi, M.Sc.; Fansun Chi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

**Ramachandran, Shabetha**

*Numerische Untersuchung der Profelfehler und Einflussgrößen beim Walzprofilieren von asymmetrischen Hutprofilen*

Betreuer: Tianbo Wang, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

**Volz, Stefan Jonas**

*Numerische Untersuchung des Einflusses parametrischer Walzbackengeometrien auf Zielgeometrie und die Eigenspannung des Bauteils beim Profilwalzen*

Betreuer: Alessandro Franceschi, M.Sc.; Wilhelm Schmidt, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

**Uzar, Kazim**

*Einfluss der Temperatur auf die Eigenspannungen von kaltfließgepressten Bauteilen und Untersuchung von Temperaturregelungsstrategien zu dessen Manipulation*

Betreuer: Alessandro Franceschi, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2019

**Ghirmai, Esau**

*Untersuchung der praktischen Umsetzbarkeit des linearen Reibschweißens auf umformtechnischen Anlagen*

Betreuer: Daniel Martin, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Kerber, Markus**

*Konzeptionierung eines Retrofit-Satzes zur Vollautomatisierung des Rüstvorgangs einer mehrstufigen Horizontalpresse*

Betreuer: Patrick Volke, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Hokmabady Aghalale, Schirin Leila**

*Entwicklung und Validierung einer Methode zur Überwachung für Schraubprozesskurven durch den Einsatz einer kennwertbasierten Hüllkurven-Berechnung*

Betreuer: Christian Kubik, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Werner, Richard**

*Aufbau eines Messsystems zur Überwachung der Geometrie von CFK Bauteilen als Grundlage für die Entwicklung eines Werker-Assistenzsystems*

Betreuer: Christian Kubik, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Bender, Fabian**

*Entwicklung und Validierung eines Messaufbaus zur prozessintegrierten Vorspannungsbestimmung beim Fügen und Vorspannen von Hybridstrukturen*

Betreuer: Henning Husmann, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Hardt, Philipp**

*Herstellung und Charakterisierung einer sensorintegrierten Tretkurbel für die Leistungsmessung beim Radfahren*

Betreuer: Martin Krech, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Müller, Jan**

*Entwicklung einer Messeinheit und Prozesssimulation für die Nanostrukturierung von Titan mittels Equal-Channel-Angular-Swaging*

Betreuer: Lukas Kluy, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Wächter, Andreas**

*Energieeffizienz in der Produktion nanostrukturierter Titanimplantate im kontinuierlichen Equal-Channel-Angular-Swaging Prozess*

Betreuer: Lukas Kluy, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

**Dörsam, Sven Nicolas**

*Untersuchung eines Stauchprozesses zur Herstellung von Bauteilen mit angepassten Wandstärken*

Betreuer: Janosch Günzel, M.Sc.

Erscheinungsjahr: 2020

Stand 11/2020

Status 11/2020

INSTITUTSLEBEN  
LIFE AT THE INSTITUTE



## Neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

### New Staff Members

Im Jahr 2020 konnten wir am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen insgesamt fünf neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begrüßen.

Zukünftig wird die Abteilung „Prozessketten und Anlagen“ durch Herrn M. Sc. Dirk Molitor und Herrn M. Sc. Richard Werner unterstützt.

Die Abteilung „Walz- und Spaltprofilieren“ erhält tatkräftige Unterstützung durch Frau M. Sc. Franziska Aign.

Herr M. Sc. Philipp Gehringer und Herr M. Sc. Stefan Volz werden fortan die Abteilung „Tribologie“ verstärken.

Allen neuen Kolleginnen und Kollegen wünschen wir einen guten Start und viel Erfolg am PtU!

In 2020, we welcomed a total of five new employees at the Institute for Production Engineering and Forming Machines.

Mr. M. Sc. Dirk Molitor and Mr. M. Sc. Richard Werner now assist the department „Process Chains and Forming Units“.

The department „Roll Forming and Flow Splitting“ is supported by Ms. M. Sc. Franziska Aign.

Mr. M. Sc. Philipp Gehringer and Mr. M. Sc. Stefan Volz joined the department „Tribology“.

We wish a good start and much success at the PtU to all our new colleagues!



Franziska Aign, M. Sc.



Dirk Molitor, M. Sc.

## Auf einen Kaffee mit den Neuen

**Welche drei Dinge sind deiner Meinung nach am PtU überlebenswichtig/essenziell?**

Ich würde jetzt spontan sagen: Gute Laune, Ausdauer und jede Menge Neugierde

**Was hättest du gerne erfunden gehabt? An welchem Projekt hättest du gerne mitgearbeitet?**

Wenn wir hier schon beim Kaffeetrinken sind, dann nehme ich doch den Kaffeevollautomat. Morgens, noch schlaftrunken, einfach auf Knopfdruck schnell einen guten Kaffee zu bekommen rettet mir den Tag. Auch den Geruch der Kaffeebohnen und dazu aufgeschäumte Milch finde ich himmlisch.

Andererseits finde ich schon immer Roboter faszinierend. Am beeindruckendsten ist es, wenn eine Erfindung ihrer Zeit voraus und komplett neu ist, wie mit der Erfindung des ersten Roboterarms. Aufgrund dieser Erfindung konnten viele weitere Handhabungsgeräte entwickelt werden, deren vielseitiger Einsatz oft verblüffend ist. Ich bin äußerst gespannt, welche Roboter noch entwickelt werden und wer weiß, was nach dem Staubsaugerroboter noch in unsere Haushalte einzieht...

**Dein Projekt in einem Satz. Was ist deine Aufgabe hier?**

Ich soll ein neues Walzgerüst entwickeln, um in verzweigte Profile, wie T-Profile, eine in Längsrichtung veränderliche Materialstärke einzubringen. Solche Profile werden als Versteifungen des Rumpfes im Flugzeug eingesetzt und sollen durch das neue Verfahren umweltfreundlicher hergestellt werden. **(Franziska)**

## Coffee with the New Ones

**Which three things do you think are vital/essential for survival at PtU?**

I would say spontaneously: good mood, perseverance and a lot of curiosity

**What would you have liked to have invented? Which project would you have liked to work on?**

While we're here drinking coffee, I'll take the fully automatic coffee machine. In the morning, still drowsy, simply getting a good cup of coffee quickly at the push of a button saves my day. I also find the smell of coffee beans and frothed milk heavenly.

On the other hand, I have always been fascinated by robots. It is most impressive when an invention is ahead of its time and completely new, like the invention of the first robot arm. Because of this invention, many other handling devices have been developed, whose versatile use is often astounding. I am very curious to see which robots will be developed and who knows what will move into our homes after the Hoover robot.

**Your project in one sentence. What is your task here?**

I am to develop a new rolling stand to introduce a material thickness that varies in the longitudinal direction into branched profiles, such as T-sections. Such profiles are used as fuselage stiffeners in aircraft and the new process is intended to make them more environmentally friendly. **(Franziska)**

**Welche drei Dinge sind deiner Meinung nach am PtU überlebenswichtig/essenziell?**

Ergonomische Stühle, Noise Cancelling Kopfhörer und zweifelsfrei die Kaffeemaschine

**Was hättest du gerne erfunden gehabt? An welchem Projekt hättest du gerne mitgearbeitet?**

Besonders beeindruckend finde ich die aufrechte Landung der Falcon 9 von SpaceX auf einer im Meer schwimmenden Landeplattform. Das dazugehörige Video sieht aus, als ob man den Start der Rakete rückwärts abspielt. Eine ingenieurstechnische Meisterleistung!

**Dein Projekt in einem Satz. Was ist deine Aufgabe hier?**

Im Teilprojekt B2 des Sonderforschungsbereiches 805 beschäftige ich mich mit regelungstechnischen Aufgabenstellungen in mehrstufigen Prozessketten. Darüber hinaus begeistere ich mich für Anwendungen von künstlicher Intelligenz und Machine Learning in der Produktionstechnik. **(Dirk)**

**Which three things do you think are vital/essential for survival at PtU?**

Ergonomic chairs, noise cancelling headphones and without any doubt the coffee machine

**What would you have liked to have invented? Which project would you have liked to work on?**

I find the upright landing of the Falcon 9 from SpaceX on a landing platform floating in the sea particularly impressive. The accompanying video looks like playing the launch of the rocket backwards. An engineering masterpiece!

**Your project in one sentence. What is your task here?**

In subproject B2 of the Collaborative Research Centre 805 I am dealing with control engineering tasks in multi-stage process chains. Furthermore, I am enthusiastic about applications of artificial intelligence and machine learning in production engineering. **(Dirk)**

## Neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

### New Staff Members



Philipp Gehringer, M. Sc.

**Welche drei Dinge sind deiner Meinung nach am PtU überlebenswichtig/essenziell?**

Flexibilität, Biss und natürlich der Cappuccino am Morgen... (Mittag...Abend...Abend)

**Was hättest du gerne erfunden gehabt? An welchem Projekt hättest du gerne mitgearbeitet?**

Ich habe mal einen Artikel über einen Schweizer Maschinenbauingenieur aus der Automobilindustrie gelesen.

Dieser hat sich beim Bau des neuen Gotthard-Basistunnels „einfach mal beworben“ und wurde so ein leitender Ingenieur beim Bau dieses Tunnelprojekts, ohne dass er je ein solches Studium absolviert hätte.

Das beweist doch, dass wir als Ingenieure nicht nur auf das Fachgebiet unseres Studiums beschränkt sind. Vielmehr befähigt uns unsere ganze Ausbildung, unser Wissen auf ganz andere Bereiche übertragen zu können.

Das treibt mich immer wieder an!

**Dein Projekt in einem Satz. Was ist deine Aufgabe hier?**

Ich widme mich der Herstellung von Werkzeugen aus sehr harten Werkstoffen, deren Belastungscharakteristik individuell auf die Anforderungen der Anwender abgestimmt ist. (Philipp)

**Which three things do you think are vital/essential for survival at PtU?**

Flexibility, perseverance and of course the cappuccino in the morning...(noon...evening...evening)

**What would you have liked to have invented? Which project would you have liked to work on?**

I once read an article about a Swiss mechanical engineer from the automotive industry. When the construction of the new Gotthard Base Tunnel started he “simply applied” there and thus became a senior engineer in the construction of this tunnel project without having completed such a degree.

This proves that we as engineers are not limited to the subject area of our studies. On the contrary, our entire training enables us to transfer our knowledge to completely different areas.

That drives me again and again!

**Your project in one sentence. What is your task here?**

I dedicate myself to the production of tools made of very hard materials, whose load characteristics are individually adapted to the requirements of the users. (Philipp)



Richard Werner, M. Sc.

**Welche drei Dinge sind deiner Meinung nach am PtU überlebenswichtig/essenziell?**

Am PtU sollte man für den Kaffeeautomaten immer genügend Kleingeld in der Tasche haben und seine Mails stetig kontrollieren falls ein Kollege Kuchen in der Küche ausgibt, denn der ist immer schnell weg.

**Was hättest du gerne erfunden gehabt? An welchem Projekt hättest du gerne mitgearbeitet?**

Als gebürtiger Bonner gibt es nur eine mögliche Antwort auf die Frage, was ich gerne erfunden bzw. entwickelt hätte und zwar das am besten behütete Geheimnis der Firma HARIBO: Die Lakritzschnecken-Wickelmaschine. Diese Maschine ist bis heute einzigartig und verhilft nicht zuletzt Kindern zu strahlenden Augen, klebrigen Fingern und verdorbenen Mägen. Der Erfinder ist somit der unbekannte Held hinter einer weltweit bekannten und ebenso beliebten Süßigkeit.

**Dein Projekt in einem Satz. Was ist deine Aufgabe hier?**

Aktuell bin ich als KI-Trainer beim Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt tätig, mein Forschungsthema ist die Produktivitätssteigerung in der Blechumformung bei Folgeverbundwerkzeugen. (Richard)

**Which three things do you think are vital/essential for survival at PtU?**

At the PtU you should always have enough change in your pocket for the coffee machine and constantly check your emails if a colleague puts cake in the kitchen, because it is always gone quickly.

**What would you have liked to have invented? Which project would you have liked to work on?**

Being born in the city of Bonn there is only one possible answer to the question of what I would like to have invented or developed, and that is the best kept secret of the HARIBO company: the liquorice wheel winding machine. This machine is still unique today and gives children bright eyes, sticky fingers and upset stomachs. The inventor is therefore the unknown hero behind a worldwide known and equally popular candy.

**Your project in one sentence. What is your task here?**

Currently I am working as an AI trainer at the SME 4.0 Competence Center Darmstadt, my research topic is productivity increase in sheet metal forming for progressive-die tools. (Richard)



Stefan Volz, M. Sc.

**Welche drei Dinge sind deiner Meinung nach am PtU überlebenswichtig/essenziell?**

20 Cent Münzen für die Kaffeemaschine, kein zu ausgeprägter Ordnungssinn und Flexibilität

**Was hättest du gerne erfunden gehabt? An welchem Projekt hättest du gerne mitgearbeitet?**

Da fällt mir spontan die Entwicklung der wiederverwertbaren Trägerrakete von SpaceX ein, obwohl es auf der Erde noch unzählige, viel wichtigere Dinge gibt, die es von Ingenieuren zu entwickeln gilt. Neben den technischen Herausforderungen des Projekts wird hier Science-Fiction Realität, und mal ehrlich... wer würde nicht gerne in der Zukunft leben?!

**Dein Projekt in einem Satz. Was ist deine Aufgabe hier?**

Schrauben herzustellen ist nicht so trivial wie es scheint. Meine Aufgabe hier?... Mit Bits und Bytes das zu erkennen, was das Auge nicht sieht. ;) (Stefan)

**Which three things do you think are vital/essential for survival at PtU?**

20 cent coins for the coffee machine, not too much sense of order and flexibility

**What would you have liked to have invented? Which project would you have liked to work on?**

The development of SpaceX's recyclable launch vehicle comes to mind spontaneously, even though there are countless, much more important things to be developed by engineers on Earth. Besides the technical challenges of the project, science fiction becomes reality here, and let's face it... who wouldn't want to live in the future?

**Your project in one sentence. What is your task here?**

Manufacturing screws is not as trivial as it seems. My job here?... To recognize with bits and bytes what the eye cannot see ;) (Stefan)

## Antrittsvorlesung zur Honorarprofessur

### Inaugural Lecture for the Honorary Professorship

Am 20. November 2019 hat Herr Prof. Dr.-Ing. Matthias Scheitza mit seiner Antrittsvorlesung zum Thema „Ein Beitrag zur Didaktik in der Konstruktionslehre am Beispiel der Konstruktion der 3D-Servo-Press“ das Verfahren zur Honorarprofessur erfolgreich abgeschlossen. Im Rahmen der Veranstaltung wurde die seit 2009 am Institut entwickelte 3D-Servo-Press feierlich vorgestellt.

Professor Scheitza lehrt die Vorlesungen „Fertigungsgerechte Maschinenkonstruktion I + II“ bereits seit 2011. Im Rahmen der Vorlesung vermittelt Herr Scheitza industrienahes Fertigungs- und Konstruktionswissen und greift dabei auf seine langjährige Erfahrung als Spezialist für Pressenbau zurück.

Wir wünschen Herrn Prof. Dr.-Ing. Scheitza weiterhin viel Erfolg und gratulieren ihm herzlich zur abgeschlossenen Honorarprofessur.

On November 20, 2019, Prof. Dr.-Ing. Matthias Scheitza successfully completed the procedure for an honorary professorship with his inaugural lecture on the topic „A contribution to didactics in design theory using the example of the design of the 3D servo press“. The 3D servo press developed at the institute since 2009, was ceremonially presented during the event.

Professor Scheitza has been teaching the lectures „Machine Design I + II“ since 2011. Within the scope of the lecture, Mr. Scheitza teaches industry-oriented manufacturing and design knowledge and draws on his many years of experience as a specialist in press construction.

We wish Professor Scheitza continued success and congratulate him on completing his honorary professorship.



Bilder: Antrittsvorlesung zur Honorarprofessur, Prof. Dr.-Ing. Matthias Scheitza  
Photos: Inaugural lecture for the honorary professorship, Prof. Dr.-Ing. Matthias Scheitza

## Exkursion im Rahmen der Vorlesung „Laser in der Fertigung“ zur TRUMPF GmbH in Ditzingen

### Excursion as Part of the Lecture “Laser in Manufacturing” to TRUMPF GmbH in Ditzingen

Die Bachelor-Vorlesung „Laser in der Fertigung“ vermittelt den Studierenden, neben den Grundlagen der Lasertechnik und umfassendem Fachwissen zum Thema Lasersicherheit, praxisorientiertes Fachwissen über die Verwendung der Lasertechnologie in der Produktion. Inhalte sind hier u. A. das Laserschweißen, Laser-unterstütztes Umformen oder auch Lasermesstechnik. Für einen Einblick in die Praxis wird typischerweise eine Exkursion zu einer namhaften Firma im Bereich der Lasertechnik durchgeführt. Dieses Jahr ging es am 18.02.2020 zu der TRUMPF GmbH nach Ditzingen. Nach der herzlichen Begrüßung und der Vorstellung des Unternehmens durch Herrn Dr. Berthold Schmidt, CTO TRUMPF Laser Technology, wurde den Studierenden die Möglichkeit gegeben einen tiefen Einblick in das Unternehmen zu erhalten. Zunächst wurde der Bereich der kundennahen Produktauslegung vorgestellt. Hierbei konnten verschiedenste Prozesse von der Reinigung von Oberflächen mittels Laserscannern bis hin zu einem vollautomatisierten Schneidprozess an einer 5-achsigen Laseranlage beobachtet werden. Zusätzlich konnten sich alle Teilnehmenden noch ein individuelles Erinnerungsstück lasergravieren lassen. Im zweiten Teil der Führung wurde noch ein vertiefter Einblick in den Bereich der additiven Fertigung vermittelt. Die Führung wurde mit einer eindrucksvollen Demonstration eines industriellen CO<sub>2</sub>-Lasersystems sowie einer modernen Biegemaschine abgeschlossen. Der Abschluss des Besuchs bildete ein spannender Fachvortrag über die „Lasersysteme für die EUV-Lithographie“, welcher nochmals die Komplexität und Faszination hochmoderner Lasersysteme für die Herstellung von Mikrochips aufzeigte. Wir möchten uns an dieser Stelle herzlich bei der TRUMPF GmbH und im Besonderen beim HR Students Team bedanken, die uns diesen Besuch ermöglichten. Wir hoffen, dass auch in Zukunft die Möglichkeit besteht Studierenden einen Einblick in das Unternehmen zu geben.

The bachelor lecture „Lasers in Manufacturing“ teaches students, besides the basics of laser technology and comprehensive knowledge about laser safety, practical knowledge about the use of laser technology within production. The lecture contents include among others laser welding, laser-assisted forming or laser measurement technology. For an impression of the practice, an excursion to a renowned company in the field of laser technology is typically conducted. This year the excursion visited TRUMPF GmbH in Ditzingen on February the 18th, 2020. After the friendly welcome and the presentation of the company by Dr. Berthold Schmidt, CTO TRUMPF Laser Technology, the students had the possibility to get a deep impression of the company. First, the area of the customer-oriented product design was presented. Here, different processes such as surface cleaning with laser scanners or a fully automated cutting process on a 5-axis laser system were demonstrated. Additionally, each participant received an individual souvenir by laser engraving.

In the second part of the tour, a more detailed insight into the field of additive manufacturing was provided. An impressive demonstration of an industrial CO<sub>2</sub> laser system and a modern bending machine topped off the excursion. The visit was concluded with a fascinating technical lecture on „Laser systems for EUV lithography“, which demonstrated once again the complexity and fascination of state-of-the-art laser systems for modern production processes. We would like to thank TRUMPF GmbH and especially the HR Students Team for enabling this visit.

We hope to continue this successful cooperation in the future, to provide the same insight into the company for the next generation of students.



Teilnehmende der Exkursion vor dem Besucherzentrum in Ditzingen  
Participants of the excursion to Trumf in Ditzingen in front of the visitor's center.

## Exkursionen im Rahmen der Vorlesungen "Umformtechnik I und II"

### Excursions as Part of the Lectures "Forming Technology I and II"

Am 12.12.2020 fand eine Exkursion im Rahmen der Umformtechnik Vorlesung zu den beiden Firmen Werner Schmid GmbH in Fulda und Vacuumschmelze GmbH in Hanau statt.

Um acht Uhr morgens brachen die Studierenden und die beiden Vorlesungsbetreuer nach Fulda auf. Nach einem Unternehmensvortrag über die Geschäftsfelder der Werner Schmid GmbH führte Hr. Joachim Hauß die Anwesenden durch die Werkshallen. Dort erhielten die Teilnehmenden hautnahe Einblicke in die Produktionsprozesse des mittelständigen Umform- und Kunststoffspezialisten. Neben der interessanten Besichtigung lockerten die praxisnahen Anekdoten und Erfahrungsberichte des Geschäftsführers die Stimmung auf. Der Besuch wurde abgerundet durch ein deftiges Mittagessen und eine interessante Fragerunde.

Die Führung bei der Vacuumschmelze wurde von Hr. Dr. Frederic Bäcker übernommen. Der Ex-PtUler eröffnete ebenfalls mit einem Unternehmensvortrag und führte die Gruppe anschließend durch die Werkshallen der Firma. Hierbei wurde das breite Produkt- und Prozessspektrum der Vacuumschmelze eindrucksvoll sichtbar: Zu sehen gab es große Schmelztiegel und Walzvorrichtungen sowie mechanisch komplexe Montagemaschinen und filigrane Feinschneidoperationen für moderne Elektromotoren.

Das PtU und die teilnehmenden Studierenden bedanken sich herzlich bei den beiden Firmen für die gut organisierten und fachlich außerordentlich interessanten Führungen.

On 12.12.2020, an excursion took place as part of the Metal Forming lecture to the two companies Werner Schmid GmbH in Fulda and Vacuumschmelze GmbH in Hanau.

At eight o'clock in the morning, the students and the two lecture supervisors left for Fulda. After a company presentation about the business fields of Werner Schmid GmbH, Mr. Joachim Hauß guided the attendees through the factory halls. There, the participants got a very close look at the production processes of the medium-sized forming and plastics specialist. In addition to the interesting tour, the practical anecdotes and field reports of the managing director lightened up the atmosphere. The visit was rounded off by a hearty lunch and an interesting round of questions.

The tour of Vacuumschmelze was led by Dr. Frederic Bäcker. The former PtU employee also started with a company presentation and then guided the group through the company's production halls. The broad product and process spectrum of Vacuumschmelze was demonstrated: large melting pots and rolling devices as well as mechanically complex assembly machines and filigree fine blanking operations for modern high-performance electric motors were on display.

The PtU and the participating students would like to thank the two companies for the well-organized and extremely interesting guided tours.



Umformwerkzeug der Werner Schmid GmbH  
Forming tool at Werner Schmid GmbH



Teilnehmende der Exkursion bei der Vacuumschmelze GmbH  
Participants of the excursion at the Vacuumschmelze GmbH

## Nachwuchsarbeit am PtU – Forming Your Future

### Young Researchers at the PtU – Forming Your Future

Herzstück des Instituts und Schlüsselement für erfolgreiche Forschung sind motivierte und kompetente wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen. Um die Spitzenforschung am PtU auch in der Zukunft zu sichern hat das PtU das Exzellenz-Programm Umformtechnik ins Leben gerufen.

Im Rahmen des Exzellenz-Programms Umformtechnik wird Studierenden die Möglichkeit geboten, langfristig Teil der aktuellen Forschung zu sein und eng in die wissenschaftliche Arbeit am Institut eingebunden zu werden. Die Teilnehmenden des Programms werden während des Masterstudiums drei bis sieben Semester in ihrer persönlichen und fachlichen Entwicklung unterstützt und auf eine Promotion im Anschluss an das Studium vorbereitet.

Durch die aktive Mitarbeit an aktuellen Forschungs- und Industrieprojekten erhalten die Teilnehmer/-innen einen weitreichenden Einblick in die wissenschaftliche Arbeitsweise des Instituts und können erste Kontakte zu Industriepartnern knüpfen. Durch die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und die Vergütung im Rahmen eines HiWi-Vertrages soll die persönliche Weiterentwicklung bestmöglich gefördert werden. Neben der fachlichen Vorbereitung der Teilnehmer auf die Arbeit als wissenschaftliche/-r Mitarbeiter/-in werden diese auch gezielt in das Institutslieben abseits der Arbeit integriert.

Das Exzellenz-Programm Umformtechnik startet erstmalig im Oktober 2020 mit drei Teilnehmern und wird im halbjährlichen Rhythmus fortgeführt und ausgeweitet.

The heart of the institute and key element for successful research are motivated and competent scientific staff. In order to ensure that top-level research at the PtU is maintained in the future, the PtU has set up the Forming Technology Excellence Program.

The Forming Technology Excellence Program offers students the opportunity to be part of current research in the long term and to be closely integrated into the scientific work at the institute. During the Master's program, participants are supported in their personal and professional development for three to seven semesters and are prepared for a doctorate after the studies.

Through active participation in current research and industrial projects, participants gain a broad insight into the scientific work at the Institute and can establish initial contacts with industrial partners. The provision of a workplace and reasonable remuneration is intended to promote personal development in the best possible way. In addition to the professional preparation of the participants for their work as research assistants, they are also integrated into the life at the institute outside of work.

The Forming Technology Excellence Program starts for the first time in October 2020 with three participants and will be continued and expanded every six months.



## Projekt EMBRYO

### Project EMBRYO

In einem internationalen Projekt, gefördert vom European Institute of Innovation & Technology, arbeitet das PtU mit der spanischen Mondragon Universität und Arduino Education zusammen, um Schüler\*innen der Mittelstufe für die Produktionstechnik zu begeistern. Dabei werden die Schüler\*innen spielerisch zunächst an die Grundlagen der Sensorik und die Mikrocontroller herangeführt. Anschließend werden den Schülerinnen und Schülern die Grundlagen der Fertigungstechnik vermittelt. Mittels einer Miniaturpresse können sie einfache Umformprozesse eigenständig durchführen und somit das Thema Fertigungstechnik im wahrsten Sinne des Wortes begreifen. Mit Hilfe der Grundkenntnisse in Programmierung und Fertigungstechnik soll langfristig das Interesse in diesem Bereich geweckt werden.

Im Rahmen des Workshops „Arduino Verkstad“ vom 03.02. - 04.02.2020 im schwedischen Malmö konnte sich das internationale Team kennenlernen, die Lehrinhalte des Projekts besprechen und den ersten Prototyp der Modellpresse testen. Das hier erarbeitete Lehrkonzept wurde in einem ersten Testlauf zusammen mit der Albertus-Magnus-Schule in Viernheim und einer Schule in Spanien umgesetzt. Je zwei 9. Klassen waren während des zweiten Halbjahres mit hoher Motivation und viel Spaß bei der Bearbeitung der Unterrichtseinheiten beteiligt. Corona-bedingt musste leider auf die geplanten Exkursionen und den weiteren Präsenzunterricht an den Schulen verzichtet und die Lehre auf digitale Formate umgestellt werden. Das erstellte Format stieß auf große Zustimmung: Neben der Albertus-Magnus-Schule konnten wir im laufenden Jahr vier weitere Schulen für eine Evaluation der Lehrveranstaltung begeistern.



Meeting in Malmö

In an international project sponsored by the European Institute of Innovation & Technology, the PtU is working together with the Spanish Mondragon University and Arduino Education to get middle school students interested in production technology. The students are first introduced to the basics of sensor technology and microcontrollers in a playful manner.

Afterwards the pupils learn the basics of manufacturing technology. Using a miniature press, they can independently carry out simple forming processes and experience the subject of production in a truly hands-on way.

With the help of the basic knowledge in the field of programming and production engineering, the interest in this area can be promoted.

During the workshop „Arduino Verkstad“ from 03.02.-04.02.2020 in Malmö, Sweden, the international team had the opportunity to get to know each other, discuss the educational content of the project and test the first prototype of the model press.

The concept developed during this process was tested in a first test run together with the Albertus Magnus School in Viernheim and a school in Spain. During the second half of the year, two 9th grades each were involved with high motivation and a lot of fun in working on the teaching units. Due to the closure of the schools as a result of the Corona pandemic, the planned excursions and further attendance lessons at the schools unfortunately had to be cancelled. Further contents of the course were then adapted for home schooling and made available to the students. Nevertheless, the format created met with great approval, which can also be seen from the fact that next to the Albertus Magnus School we were able to convince four additional schools to evaluate the course.

## PtU produziert Gesichtsmasken als Schutz vor Corona aus dem 3D-Drucker

### PtU Produces Protecting Shields Against Corona from the 3D Printer

Sie sind ein knappes Gut: Schutzmasken für den Umgang mit Corona-Kranken. Daher hat das hessische Wirtschaftsministerium Betriebe zur Unterstützung bei der Beschaffung beziehungsweise Herstellung von Infektionsschutzausrüstung aufgerufen. Diesem Aufruf sind auch wir gerne gefolgt. Im April haben sich die Werkstätten vom PtU-PTW und Architektur der TU Darmstadt kurzgeschlossen, um eine Vollgesichtsmaske in Serie herzustellen und Hospitälern gratis zur Verfügung stellen zu können.

Die Maske ist möglichst einfach konzipiert und besteht aus nur 3 Teilen:

1. Stirnhalter, Produktion per 3-D Drucker
2. Visier, per Laser geschnitten. Das Material wurde freundlicherweise von der Firma Paul Auer GmbH Mannheim gespendet und ist autoklavierbar.
3. Gummiband

Insgesamt sind sechzehn 3D Drucker (vom PtU, PTW, PMD und Architektur) rund um die Uhr im Einsatz und schaffen über 50 Stirnhalter pro Tag. Fleißige Hände besorgen den Groubschnitt der Folie und die Endmontage.

Umliegende Krankenhäuser haben die Maske geprüft und freuen sich über regelmäßige Lieferungen.

They are a scarce product: protective shields for dealing with corona sufferers. For this reason, the Hessian Ministry of Economics has called on companies to provide support in the procurement or manufacture of infection protection equipment. We gladly followed this call. In April, the workshops of the PtU-PTW and Architecture of the TU Darmstadt joined forces to produce a full-face mask in series and make it available to hospitals free of charge.

The mask is designed as simple as possible and consists of only 3 parts:

1. Forehead support, production by 3-D printer
2. Visor, laser cut. The material was kindly donated by the company Paul Auer GmbH Mannheim and is autoclavable
3. Elasticband

A total of sixteen 3D printers (from PtU, PTW, PMD and Architecture) are in operation around the clock, producing over 50 forehead holders per day. Busy hands take care of the rough cut of the film and the final assembly.

Surrounding hospitals have checked the mask and are pleased with regular deliveries.



## Stahl fliegt! 2020

### Steel flies! 2020

Der studentische Wettbewerb »Stahl fliegt! 2020« konnte dieses Jahr aufgrund der Corona-Pandemie leider nicht ausgetragen werden.

Aufgrund der vielseitigen Einschränkungen ist eine Durchführung in seinem bestehenden Charakter als Team-Arbeit, die den gegenseitigen Austausch zwischen den Studierenden fördern soll, nicht möglich gewesen.

Typischerweise treten jeweils bis zu drei Teams aus verschiedenen deutschen Universitäten sowie Teams aus Ägypten gegeneinander an. Zunächst wird im Team die Entwicklung und Erprobung der Flugobjekte, welche ausschließlich aus Stahl bestehen, vorgenommen. Anschließend gilt es im Wettkampf die Konzepte der Jury vorzustellen und hinsichtlich Flugweite und Flugzeit Bestwerte zu erzielen.

Die Pause wird allerdings genutzt, um mit unseren Partnern und der FOSTA das Wettkampfkonzzept weiterzuentwickeln und gestärkt mit frischem Wind unter den Flügeln in das nächste Jahr zu starten.

Unfortunately, the student competition „Steel flies! 2020“ has been cancelled this year due to the Corona virus pandemic. Because of the many restrictions, a realization in its existing character as teamwork, which is supposed to promote the mutual exchange between the students, had not been possible. Normally, up to three teams from different German universities and teams from Egypt compete against each other. First, the development and testing of the flight objects, which are entirely made of steel, is carried out in the team. Afterwards, the concepts are presented to the jury during the competition and best results in terms of flight distance and flight time are aimed at.

However, the break will be used for the further development of the competitions concept with our partners and the FOSTA in order to start the next year's competition with new wind under our wings.

## Sommerfest 2020

### Summer Get-together 2020

„Willkommen zum Forming Festival, die Kerb am PtU“.

Unter diesem Motto sollten unsere aktiven und ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, unsere Studierenden und Freunde Anfang Juni bei uns begrüßt werden.

Eingeladen wurde zu frisch Gegrilltem, Popcorn und Zuckerwatte, Liebesäpfeln, gekühlten Getränken und natürlich auch zu Kerb-Klassikern, wie der Schießbude. Natürlich alles in Anlehnung an die Umformtechnik.

Mitte März als die Vorbereitungen bereits auf Hochtouren liefen, die Einladungen bereit zum Versenden waren und das gesamte Konzept ausgearbeitet war, kam der große Corona-Schock. Das Kollegium ging ins Home-Office und am PtU sowie am Projekt Sommerfest hing der Vermerk „Sorry we're closed“.

Auch wenn sich das PtU schnell und erfolgreich an die neue Situation angepasst hat, war das Sommerfest leider nicht zu retten. Es musste vorerst gestrichen werden.

Umso mehr freuen wir uns darauf, bald das Versäumte mit Ihnen allen nachholen zu können!

„Welcome to the Forming Festival, the Fair at PtU“.

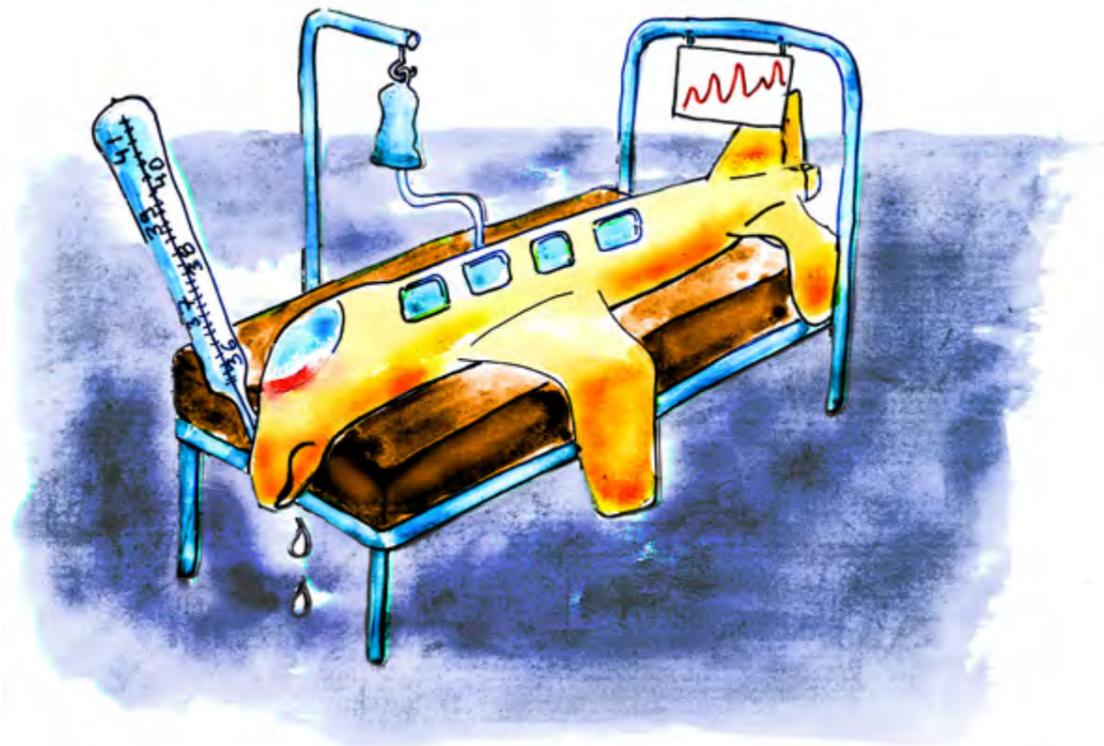
With this motto, our active and former employees, students and friends have been warmly welcomed at the beginning of June.

We would have had a barbecue, popcorn and cotton candy, love apples, chilled drinks and of course to fair classics like the shooting gallery. Everything naturally inspired by forming technologies.

In mid-March when the preparations were already running at full speed, the invitations were ready to dispatch and the whole concept was finished, the big corona shock hit. The colleagues were sent to work at home and the PtU as well as the project summer party got the remark „Sorry we're closed“.

Even though the PtU adapted quickly and successfully to the new situation, the summer party could not be saved. It had to be cancelled temporarily.

We are now looking forward to catching up with all of you soon!



## Neue „intelligente“ Profilieranlage am PtU

### New “intelligent” Roll Forming Line

Im Rahmen des auf Seite 40 vorgestellten Projektes ist eine „intelligente“ Profilieranlage am PtU in Betrieb genommen worden.

Das Umformverfahren Walzprofilieren (auch Rollformen genannt) ist industriell zur kontinuierlichen Umformung offener und geschlossener Profile etabliert.

Charakteristisch sind die stufen- und paarweise rotierenden Rollenwerkzeuge, welche in aufeinanderfolgenden Profiliergerüsten sowohl den Profiltransport als auch die inkrementelle Umformung durchführen.

Die daraus resultierenden Wechselwirkungen innerhalb der Profillinie sind oftmals ursächlich für langwierige Werkzeugjustierungen und geringe Prozesswirkungsgrade. Mit der intelligenten Projektanlage sollen relevante Prozessdaten mittels integrierter Sensorik erfasst werden, um daraus gezielte Maßnahmen zur Prozessoptimierung entwickeln und einleiten zu können.

In the context of the project presented on page 40, an „intelligent“ roll forming line has been successfully launched at PtU. Roll forming is an industrially established process for the continuous forming of open and closed profiles.

Pairwise arranged rotating roller tools in consecutively operating roll forming stands accomplish both the profile transport and the incremental forming.

The resulting interactions within the roll forming line often cause time-consuming tool adjustments and low process efficiencies. The aim using the new roll forming line is to collect relevant process data by means of integrated sensor technology in order to develop and initiate suitable measures for process optimization.



„Intelligente“ Profilieranlage mit Prozessdatenerfassung  
„Intelligent“ roll forming line with integrated sensor technology

★★★ DREISTERN  
Forming success. Together.

## Neuer 3D Scanner am PtU

### GOM ATOS 5 - Lösung für industrielle optische Messtechnik

### Novel 3D Scanner at the PtU

### GOM ATOS 5 - Industrial Optical Metrology Solution

Seit September 2020 steht dem PtU ein neuartiges High-Tech Messsystem zur Verfügung.

Das GOM ATOS 5 ist ein echter Quantensprung in der 3D-Scan-technologie mit hoher Geschwindigkeit und hoher Genauigkeit. Die vollflächigen 3D-Messdaten ermöglichen eine umfassende Prozess- und Qualitätskontrolle, visualisieren versteckte Fehler und beschleunigen so die Produktionsprozesse. Entwickelt für den industriellen Einsatz, liefert das ATOS 5 auch unter rauen Bedingungen hochpräzise Daten in kurzer Messzeit.

Die richtige Kombination von Hard- und Software ermöglicht eine sichere Integration der 3D-Messtechnik in Produktionsprozesse. Mit seiner leistungsstarken Lichtquelle liefert das ATOS 5 System hochpräzise Daten für eine Vielzahl von manuellen und automatisierten Anwendungen, von Werkzeugen und Formen bis hin zu Kunststoff- und Metallteilen.

Im Vergleich zum Vorgängermodell ermöglichen stärkere Lichtquellen und schnellere Kameras kürzere Belichtungszeiten auf allen Oberflächen.

Unsere Neuanschaffung wird von den Doktoranden vielseitig genutzt und ermöglicht ihnen z.B. ihre Testergebnisse in kürzester Zeit zu veranschaulichen.

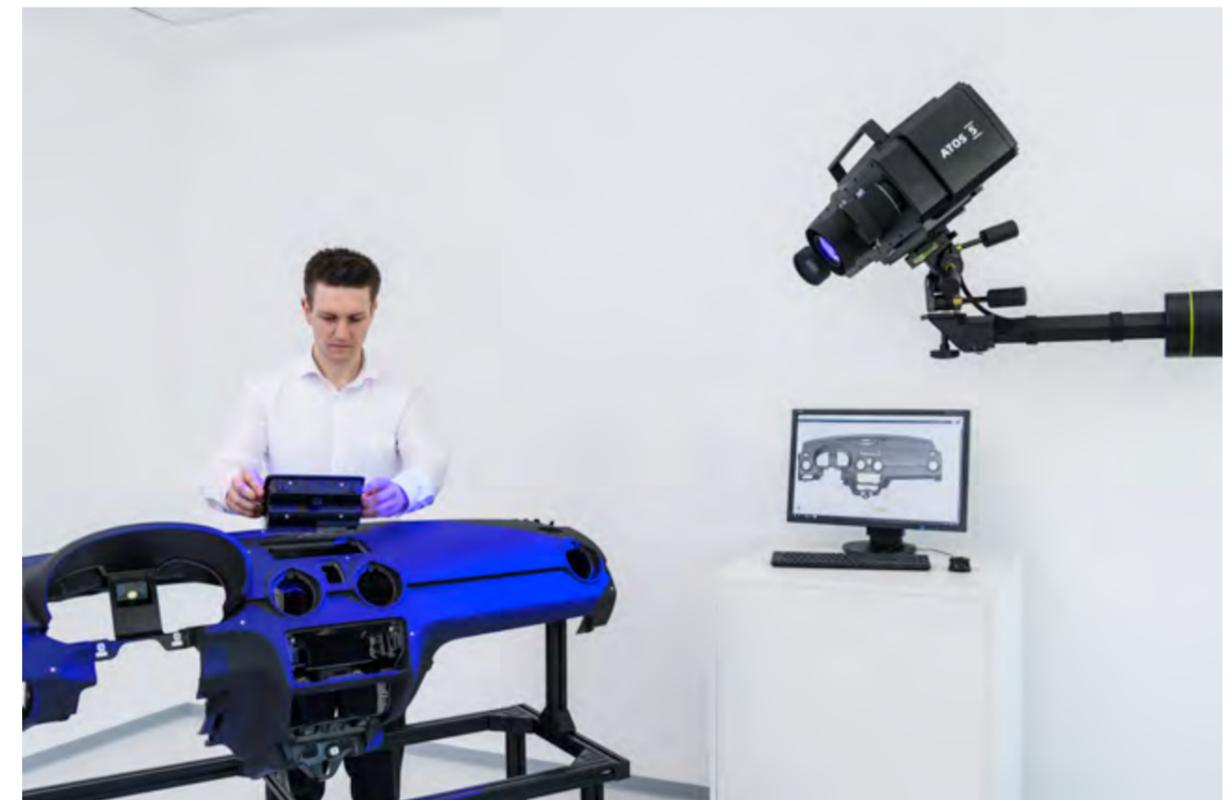
Since September 2020 the PtU has a new high-tech measuring system at its disposal.

The GOM ATOS 5 measuring system is a game changer in 3D scanning technology with high-speed and high accuracy. The full-field 3D measuring data allows comprehensive process and quality control, visualizing hidden errors and thus speeding up production processes. Developed for industrial use, the ATOS 5 delivers high-precision data in a short measuring time even under harsh conditions.

The right combination of hardware and software allows for safe integration of 3D metrology into production processes.

With its powerful light source, ATOS 5 delivers high-precision data for a diverse range of manual and automated applications, from tools and molds to plastic and metal parts. Compared to its predecessor, more light and faster cameras allow short exposure times on all surfaces.

Our new acquisition is used in many ways by the PhD students and enables them, for example, to illustrate their test results in the shortest possible time.



Ausblick 2021

Outlook 2021

Wir blicken erwartungsvoll in ein ungewisses Jahr 2021 – wann unsere Tagungen und Veranstaltungen das nächste Mal stattfinden, steht noch nicht fest. Damit Sie dennoch auf dem Laufenden bleiben, möchten wir Sie einladen, regelmäßig einen Blick auf unsere Institutswebseite zu werfen.

<https://www.ptu.tu-darmstadt.de/>

Bleiben Sie gesund!

We look forward to an uncertain year 2021 – it is not yet clear when our conferences and events will be taking place again. In order to stay informed, we kindly invite you to regularly visit our institute's website.

<https://www.ptu.tu-darmstadt.de/>

Stay healthy!



**Autobahn**

Autobahn A5 (Frankfurt–Basel) oder Autobahn A67 (Köln–Mannheim), Abfahrt Darmstädter Kreuz, von dort Richtung Darmstadt Stadtmitte. Beschilderung „TU-Lichtwiese“ folgen. Je nach Tageszeit dauert die Fahrt mit dem Auto durch die Innenstadt zwischen 15 und 20 Minuten.

**Ab Flughafen Frankfurt Main**

Von Terminal 1 ab Bussteig 14 sowie von Terminal 2 fährt der HEAG-Airliner alle 30–60 Minuten direkt nach Darmstadt (Fahrzeit ca. 30 Minuten). In Darmstadt an der dritten Haltestelle „Hauptbahnhof“ aussteigen. Von dort Buslinie K oder KU bis zur Endstation TU-Lichtwiese fahren. Die Busse fahren im Takt von ca. 15 Minuten.

**Ab Frankfurt Hauptbahnhof**

Mit der Odenwaldbahn SE 65 Richtung Erbach (Odw.) der VIAS GmbH bis zur Haltestelle TU-Lichtwiese. Folgen Sie dem Fußweg entlang der Versuchshallen des Fachbereichs Maschinenbau, bis Sie rechter Hand das große rote Zahnrad sehen. Dieses steht unmittelbar vor dem Foyer des Maschinenbaugeschäftes.

**Ab Darmstadt Hauptbahnhof**

Buslinie K oder KU bis zur Endstation TU-Lichtwiese. Die gesamte Fahrtzeit beträgt etwa 30 Minuten, die Busse fahren im Takt von ca. 15 Minuten. Gegenüber der Bushaltestelle befindet sich das neue „Hörsaal- und Medienzentrums Lichtwiese“. Das Gebäude auf der anderen Seite des Neubaus ist das Maschinenbaugeschäft, gut zu erkennen am großen Zahnrad vor dem Gebäude: Otto-Berndt-Straße 2, Gebäude L1|01. Das PtU befindet sich dort im ersten Stock. Bitte melden Sie sich im Sekretariat (Zimmer 148) im ersten Stock an

**Autobahn**

From Autobahn A5 (Frankfurt–Basel) or Autobahn A67 (Köln–Mannheim) take exit “Darmstadt” at Autobahn junction “Darmstädter-Kreuz” follow direction “Darmstadt Stadtmitte” (city centre) then follow the signs to “TU-Lichtwiese”. Driving through the city takes about 15 to 20 minutes.

**From Frankfurt International Airport**

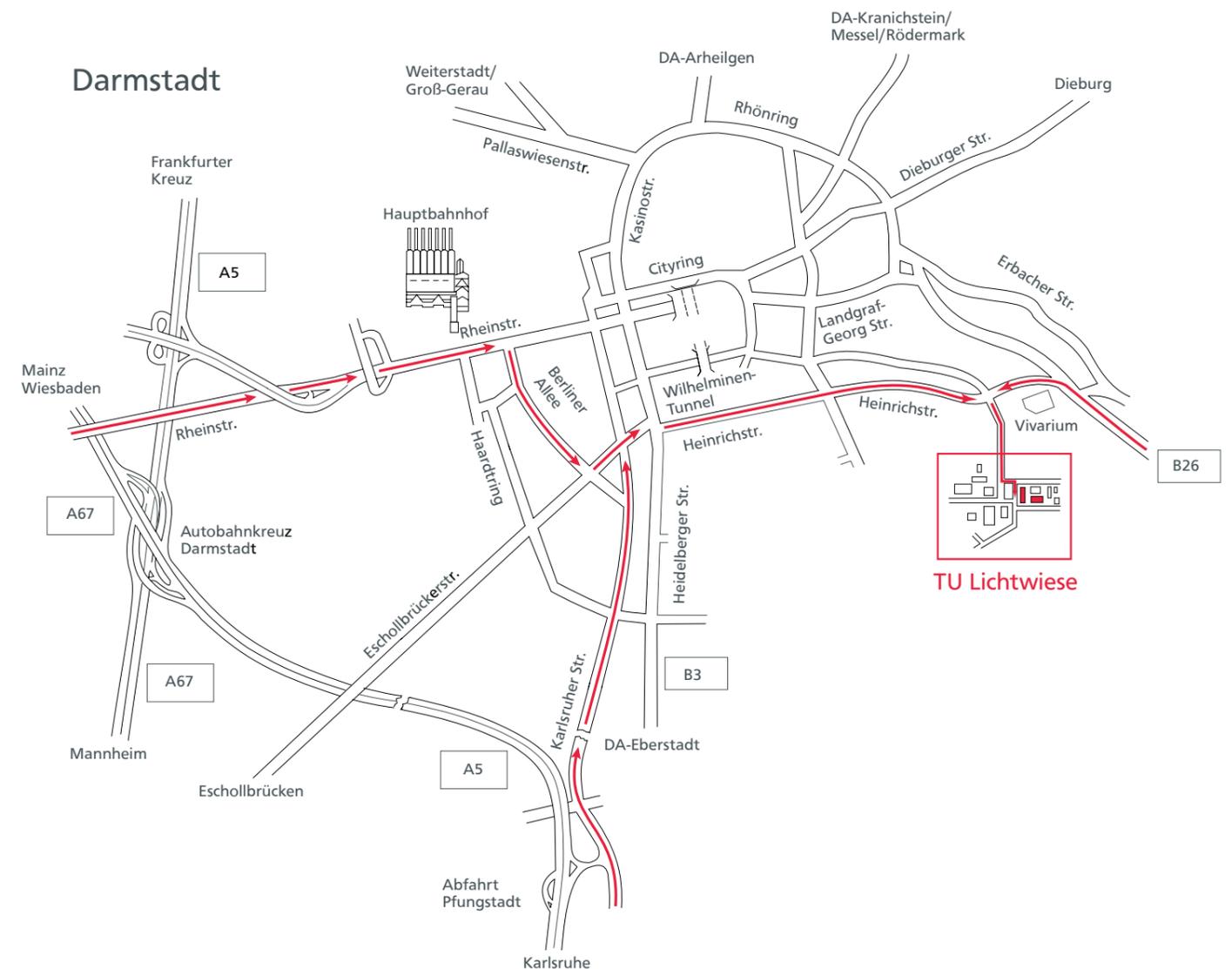
Go to bus platform 14 outside the baggage claim area of terminal 1 on the arrival level or to the bus stop at terminal 2 and take the bus “Airliner”, which goes directly to Darmstadt (travel time about 30 minutes; leaving every 30–60 minutes). Change at the third stop in Darmstadt “Hauptbahnhof” (main station) to bus K or KU, exit at final destination “TU-Lichtwiese”.

**From Frankfurt Main Station**

Take the “Odenwaldbahn SE 65” Direction: Erbach (Odw.) operated by VIAS GmbH to “TU-Lichtwiese”. Follow the path along the laboratories until you reach the large red gearwheel on your right. Next to the gearwheel you find the building of mechanical engineering.

**From Darmstadt Main Station**

Take bus line K or KU to final destination “TU-Lichtwiese”. The trip takes about 30 minutes, the busses leave every 15 minutes. Bus tickets are available either at the ticket machine or from the bus driver. You will find the PtU at university campus “TU-Lichtwiese” in building number L1|01 (mechanical engineering). The building can be identified by the large gearwheel in front. Please register at the office in room 148 on the first floor.



## Impressum

## Imprint

### Herausgeber | [Publisher](#)

Technische Universität Darmstadt  
Institut für Produktionstechnik  
und Umformmaschinen  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Peter Groche

Otto-Berndt-Straße 2  
64287 Darmstadt

Telefon +49 61 51 16 231 43  
Telefax +49 61 51 16 231 42  
E-Mail [info@ptu.tu-darmstadt.de](mailto:info@ptu.tu-darmstadt.de)  
Web [www.ptu.tu-darmstadt.de](http://www.ptu.tu-darmstadt.de)

### Redaktion | [Editor](#)

Philipp Gehringer, M. Sc.,  
das Sekretariat und alle weiteren  
wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen  
und Mitarbeiter des PtU  
[Philipp Gehringer, M. Sc.,  
the administration and all other  
scientific assistants of PtU](#)

### Gestaltung | [Layout](#)

Erwin Henkes

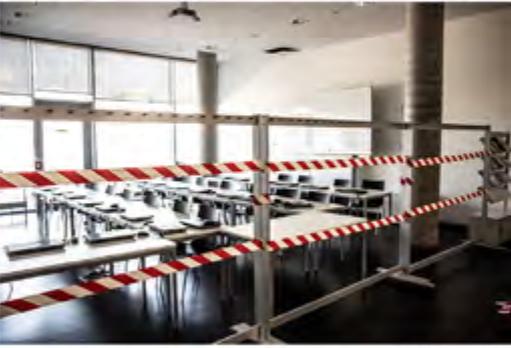
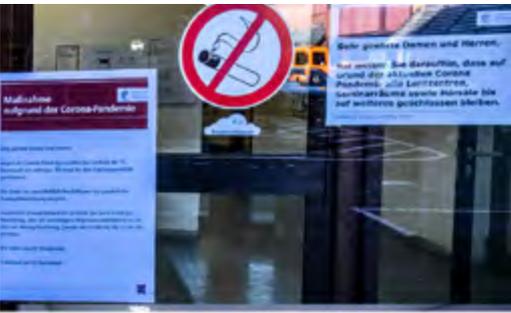
### Druck | [Print](#)

typographics GmbH  
Röntgenstraße 27a  
64291 Darmstadt  
[www.27a.de](http://www.27a.de)

Auflage	400 Stück
Schriften	Charter, Frontpage
Farbe	1b [100c 60m]
Total print run	400 copies
Fonts	Charter, Frontpage
Colour	1b [100c 60m]

© PtU Darmstadt 2020 — Nachdruck, auch auszugsweise,  
nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Instituts.

© PtU Darmstadt 2020 — [Reproduction, even in extracts,  
only after written permission from the institute.](#)



### Die AHA-Formel

ABSTAND	HYGIENE	ALLTAGSMASKE
<p>Corona geht uns alle an. Wer Abstand hält, auf Hygiene achtet und eine nicht-medizinische Alltagsmaske trägt, schützt andere und damit sich selbst. Lässt uns aufeinander Acht geben. Das ist das bislang beste Mittel gegen Corona.</p> <p>#WIRHALTENZUSAMMEN</p>		

**Campus Lichtwiese** TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Parken mit Mobilitätskarte

P <sub>1</sub> Bauingenieurwesen	090
P <sub>2</sub> Parkhaus Lichtwiese	415
P <sub>3</sub>	000

