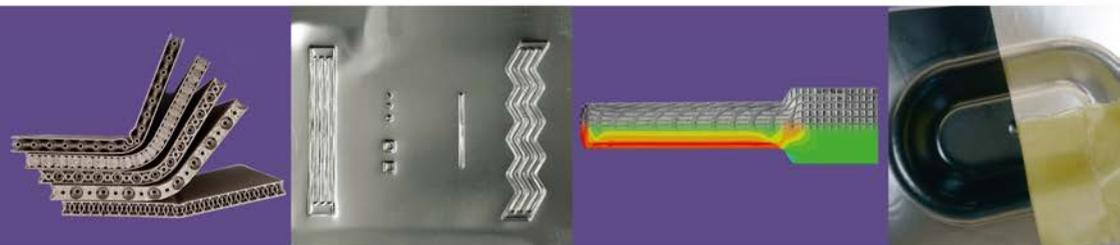


# Tätigkeitsbericht

# 17



# Tätigkeitsbericht

17

## Impressum

Institut für Umformtechnik und Leichtbau  
Technische Universität Dortmund  
Baroper Str. 303  
44227 Dortmund  
Telefon +49 (0) 231 755 2660  
Telefax +49 (0) 231 755 2489  
[www.iul.eu](http://www.iul.eu)

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Matthias Kleiner  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya

Copyright © Institut für Umformtechnik und Leichtbau

Redaktion  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya  
Nina Polak

Lektorat  
Jeanette Brandt  
Nina Polak  
Beate Ulm-Brandt  
Karen Wahlers

Layout  
Patrick Cramer

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Lehre</b>	<b>1</b>
1.1	Lehrveranstaltungsangebot	1
1.2	Master of Science in Manufacturing Technology (MMT)	3
1.3	Dissertationen	5
<b>2</b>	<b>Forschung für die Ingenieurausbildung</b>	<b>12</b>
2.1	ELLI 2 – Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften	13
2.2	MINTReLab – International Manufacturing Remote Lab (Projekt der Fakultät Maschinenbau)	16
<b>3</b>	<b>Forschung</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Forschungsgruppen und -center</b>	<b>21</b>
3.1.1	SFB/Transregio 188 – Schädigungskontrollierte Umformprozesse	21
3.1.2	ReCIMP – Research Center for Industrial Metal Processing	24
3.1.3	ReGAT – Research Group on Additive Technology	27
<b>3.2</b>	<b>Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik</b>	<b>30</b>
3.2.1	Neuartige ebene Torsionsprobe zur Charakterisierung von Schädigung und Verfestigung	31
3.2.2	Modellintegration für die Prozesssimulation	32
3.2.3	Mikromechanische Modellierung der Materialumformung zur Vorhersage der anisotropen Verfestigung	33
3.2.4	Materialwissenschaftlich gestützte Entwicklung von Simulationsstrategien für den Einsatz des adiabatischen Trennens in der Blechteilfertigung	34
3.2.5	Analyse prozessnaher Einflüsse auf das Rückfederungsverhalten von Blechwerkstoffen	35
3.2.6	Robuste Materialmodellierung für Blechbiegeoperationen	36
3.2.7	Analyse der belastungspfadabhängigen Schädigungs- und Mikrostrukturentwicklung zur numerischen Auslegung von Blechmassivumformprozessen	37

<b>3.3</b>	<b>Abteilung Biegeumformung</b>	<b>38</b>
3.3.1	Schädigungsbeeinflussung bei der Biegeumformung	39
3.3.2	Grundlagen des Inkrementellen Profilumformens	40
3.3.3	Entwicklung eines Modells zur Beschreibung von Rückfederung und Eigenspannungen beim temperaturunterstützten Biegeumformen	41
3.3.4	Umformtechnisch unterlagerte Prozessmodellierung des Linear-spulenwickelprozesses	42
3.3.5	Untersuchung des Inkrementellen Rohrumformens mit dem Ziel der Erstellung eines Prozessmodells zur Vorhersage der Rückfederung	43
3.3.6	Freiformbiegen luftfahrtrelevanter Rohrbauteile	44
3.3.7	Entwicklung einer Technologie zum Biegen von U-Profilen	45
3.3.8	ConProBend – Einstellung von Produkteigenschaften in Folgeverbundwerkzeugen	46
3.3.9	Erweiterung der Formänderungsgrenzen durch den Einsatz von Wärme innerhalb der Prozesskette	47
<b>3.4</b>	<b>Abteilung Blechumformung</b>	<b>48</b>
3.4.1	In-situ-Hybridisierung beim Tiefziehen – thermoplastische Faser-Metall-Laminatbauteile (FML), basierend auf reaktiv verarbeitetem Gusspolyamid 6	49
3.4.2	Entwicklung hybrider Kunststoff/Magnesium-Werkstoffverbunde für Ultraleichtbauanwendungen (KuMag)	50
3.4.3	Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde mit optimierten Kernstrukturen	51
3.4.4	Optiform – Optimiertes Online-Prozessmonitoring zur Verbesserung der Tiefzieheigenschaften hochfesten Stahls beim Warmumformen	52
3.4.5	Presshärten von Rohren durch granulare Medien	53
<b>3.5</b>	<b>Abteilung Massivumformung</b>	<b>54</b>
3.5.1	Beeinflussung der Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen	55
3.5.2	Verbundfließpressen von fließgepressten Halbzeugen	56
3.5.3	Verfahren zur Fertigung von Verbundbauteilen durch eine Kombination aus Tiefziehen und Fließpressen	57
3.5.4	Abbildung lokaler Bauteileigenschaften in FEM-Umformsimulationen	58

3.5.5	Erweiterung technologischer Grenzen bei der Massivumformung in unterschiedlichen Temperaturbereichen	59
3.5.6	Fertigung von Aluminiumprofilen mit kontinuierlicher Verstärkung	60
3.5.7	Umformtechnische Herstellung und Charakterisierung von Aktuatorprofilen basierend auf Shape Memory Alloys	61
3.5.8	Ermittlung und Erweiterung der Einsatzgrenzen bei der umformtechnischen Wiederverwertung von Aluminiumspänen	62
3.5.9	Methoden zur Vermeidung der Längspressnahtabzeichnung bei eloxierten Aluminiumstrangpressprofilen	63
3.5.10	Experimentelle und numerische Untersuchung zu komplexen industriellen Strangpresswerkzeugen mit integrierter Werkzeugkühlung	64
<b>3.6</b>	<b>Abteilung Sonderverfahren</b>	<b>65</b>
3.6.1	Entwicklung und Herstellung optimierter Spulenwindungen für die elektromagnetische Umformung unter Einsatz additiver Verfahren	66
3.6.2	Gezielte Einstellung der Nahtausbildung beim Fügen durch Magnetpulsschweißen	67
3.6.3	Innenhochdruckfügen nicht rotationssymmetrischer Profilquerschnitte	68
3.6.4	Umformtechnisches Fügen mittels Außenhochdruck	69
3.6.5	Grundlagenuntersuchungen und Verfahrensentwicklung zur Herstellung belastungsangepasster Bauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung (BMU)	70
3.6.6	Wirtschaftliche Herstellung gewichts- und eigenschaftsoptimierter Funktionsbauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung	71
3.6.7	Inkrementelle Blechumformung mit mehreren simultanen Umformzonen (MPIF)	72
3.6.8	Entwicklung der inkrementellen Mikroumformung zur Funktionsmusterherstellung metallischer Bipolarplatten	73
3.6.9	Inkrementelle Kaltumformung von Thermoplasten	74
3.6.10	Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion	75
3.6.11	Umformtechnologien für metallische und hybride Leichtbaustrukturen der Elektromobilität	76
<b>3.7</b>	<b>Patente</b>	<b>77</b>

3.7.1	Offengelegte Patente	77
3.7.2	Angemeldete Patente	78
<b>4</b>	<b>Weitere Aktivitäten</b>	<b>84</b>
4.1	Veranstaltungen	84
4.2	Auszeichnungen	91
4.3	Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya	94
4.4	Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Matthias Kleiner	98
<b>5</b>	<b>Internationaler Austausch</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>Technische Ausstattung</b>	<b>112</b>
<b>7</b>	<b>Kooperationen</b>	<b>Mittelteil</b>
<b>8</b>	<b>Abgeschlossene Arbeiten</b>	<b>Mittelteil</b>
<b>9</b>	<b>Ausgewählte Veröffentlichungen und Vorträge</b>	<b>Mittelteil</b>
<b>10</b>	<b>Mitarbeiter/- innen</b>	<b>Mittelteil</b>





## Geleitwort

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die (Forschungs-) Ergebnisse der fordernden und aufregenden Arbeit am Institut für Umformtechnik und Leichtbau in 2017 finden Sie in diesem Bericht kompakt zusammengefasst: Resultate der am IUL bearbeiteten Forschungsprojekte, Details zu den neu angemeldeten Patenten und eine Publikationsübersicht. Wir blicken zurück auf die am IUL ausgerichteten Veranstaltungen und auf die Aufenthalte der Gastwissenschaftler/-innen, die unsere Arbeit am IUL mit ihrer Persönlichkeit und ihrem Fachwissen bereichert und uns so neue Perspektiven in Forschung und Lehre eröffnet haben. Aus dem Bereich Lehre haben wir Informationen zu den Lehrveranstaltungen und aktuelle Ergebnisse aus der Forschung für die Ingenieurausbildung sowie eine Liste aller Abschlussarbeiten aus 2017 zusammengetragen. Besonders stolz und froh sind wir dabei über die Tatsache, dass wir hochtalentierte MMT- und Master-Absolventen als neue Promovenden für das Institut gewinnen konnten. Highlights des Forschungsjahres 2017 bilden sicher die neu bewilligten Großprojekte: der Transregio 188, der TR 73 mit seiner dritten Förderperiode und das Projekt ELLI 2.

Gemeinsam mit unseren Partnerinnen und Partnern von der RWTH Aachen und der TU Dortmund sowie den beteiligten Einrichtungen, der BTU Cottbus-Senftenberg und dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung, untersuchen wir die beim Umformen wirkenden Schädigungsmechanismen und ihre Auswirkungen auf die Produkteigenschaften. Vor allem die Gewinnung hochqualifizierter Promovierender und deren Schulung im Rahmen von Promotionsseminaren sowie die Beschaffung der technischen Ausstattung hatten hier oberste Priorität, um die Projektbearbeitung voranzutreiben. Mit der Einrichtung eines Industriekreises wurde darüber hinaus ein Beratungsgremium gegründet, das die Forschungsarbeit im TRR 188 durch Praxisnähe und produktionsnahes Know-how bereichert. Der TRR 188 und erste vielversprechende Ergebnisse wurden im Rahmen von Vorträgen und Posterausstellungen der internationalen Forschungsgemeinschaft vorgestellt.

Mit dem Jahresbeginn ist das Forschungsvorhaben zur Blechmassivumformung in die dritte Förderperiode des Sonderforschungsbereiches Transregio 73 übergegangen. Dabei wird die erfolgreiche Arbeit mit den Forschungspartner/-innen des Lehrstuhls für Fertigungstechnologie (LFT) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover fortgesetzt. Das IUL ist hierbei mit zwei Teilprojekten sowie als Standortspartner am Forschungsverbund beteiligt. Im Rahmen des Kick-Off-Treffens zum

Start der dritten Förderperiode wurden neben den Zielen der einzelnen Teilprojekte auch Möglichkeiten für einen Transfer der Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis diskutiert. Auf diesem Wege soll die Berücksichtigung und Umsetzung der grundlagenwissenschaftlichen Erkenntnisse des Transregio 73 in fertigungstechnischen Prozessketten gefördert werden.

Im ELLI-Projekt schließlich wurde 2017 das Buch „Engineering Education 4.0 – Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences“ veröffentlicht. Alle ELLI-Partner, das zhb der TU Dortmund, die RWTH Aachen und die Ruhr-Universität Bochum fassen hier die Ergebnisse der ersten Förderphase zusammen. Darüber hinaus konnte im November 2017 durch die Inbetriebnahme der neuen Pulverbettmaschine im Projekt ELLI 2 der Grundstein für ein weiteres Remote-Labor zur additiven Fertigung gelegt werden.

Abschließend gilt unser Dank allen Institutionen, die unsere Arbeit 2017 unterstützt haben, allen Forschungspartnerinnen und Forschungspartnern sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für die exzellente und erfolgreiche Zusammenarbeit.



A. Erman Tekkaya



Matthias Kleiner





Lehre

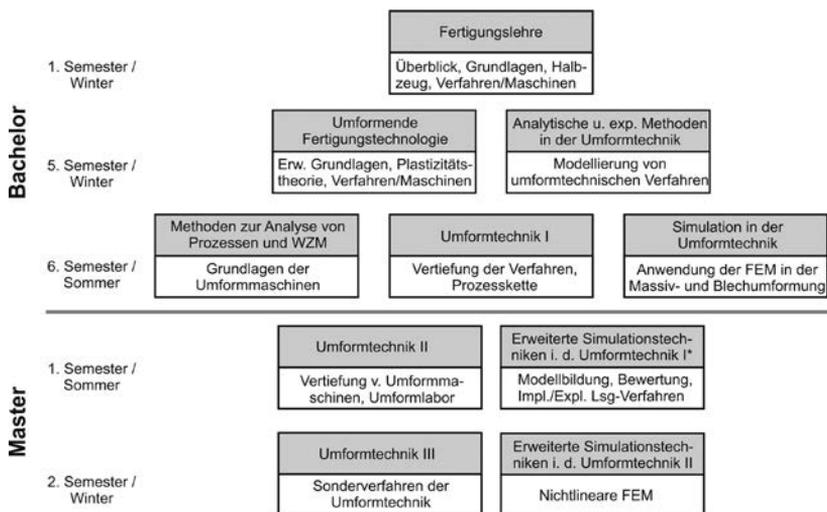
01



# 1 Lehre

## 1.1 Lehrveranstaltungsangebot

Das Institut für Umformtechnik und Leichtbau bietet Vorlesungen und Labore in den Bachelor- und Masterstudiengängen Logistik, Wirtschaftsingenieurwesen und Maschinenbau an. Zusätzlich werden u. a. Lehramts-, Informatik- und Physikstudierende unterrichtet, welche die angebotenen Vorlesungen im Rahmen eines Nebenfachs belegen. Den Studierenden wird dabei das notwendige Wissen im Bereich der Umformtechnik vermittelt, welches sie für einen beruflichen Einstieg in die industrielle Praxis oder für eine wissenschaftliche Laufbahn benötigen. Im Jahr 2017 wurden im Einzelnen die nachfolgenden Vorlesungen gehalten:



\* Vorlesung wird vom Institut für Mechanik gehalten.

Vorlesungsstruktur am Beispiel des Studiengangs Maschinenbau mit Profil Produktionstechnik

Weitere Lehrveranstaltungen des Instituts sind:

- Ringvorlesung Umformtechnik
- Fachlabor A im Masterstudium Maschinenbau
- Fachlabor B im Bachelorstudium Wirtschaftsingenieurwesen

Folgende Lehrveranstaltungen bietet das IUL im internationalen Masterstudiengang „Master of Science in Manufacturing Technology (MMT)“ auf Englisch an:

- MMT – Forming Technology – Bulk Forming
- MMT – Forming Technology – Sheet Metal Forming
- MMT – Advanced Simulation Techniques in Metal Forming
- MMT – High Dynamic Testing of Materials
- MMT – Additive Manufacturing
- MMT – Aluminium - Basic Metallurgy, Properties, Processing and Applications
- MMT – Laboratory

Zur Vorbereitung und zur stetigen Verbesserung der Labore fand im Wintersemester 2017/18 ein Workshop für die Betreuer/-innen am IUL gemeinsam mit dem Zentrum für Hochschulbildung der TU Dortmund statt. Die Forschergruppe Ingenieurdidaktik stellte in diesem Rahmen die Evaluation der Vorjahre vor und präsentierte eine Liste hochschuldidaktischer „Dos and Don'ts“ für die Arbeit in einem Labor in der Umformtechnik.



Workshop zur Labor-Vorbereitung

Im Jahr 2017 haben sich folgende Lehrbeauftragte an den Lehrveranstaltungsangeboten des IUL beteiligt:

- Prof. P. Haupt, Emeritus Universität Kassel
- Prof. J. Hirsch, Hydro Aluminium Rolled Products
- Dr.-Ing. E. Lach
- Prof. K. Roll, ehemals Daimler AG Sindelfingen
- Dr.-Ing. J. Sehr, Universität Duisburg-Essen

Für weitere Informationen: [www.iul.eu/lehre](http://www.iul.eu/lehre)

## 1.2 Master of Science in Manufacturing Technology (MMT)

Koordination

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya  
 Frigga Göckede B. B. A.  
 Anna Komodromos M. Sc.  
 Dipl.-Ing. Tobias R. Ortelt

Der im Jahr 2011 gestartete viersemestrige englischsprachige Masterstudiengang „Master of Science in Manufacturing Technology“ (MMT) im Bereich Produktions- und Fertigungstechnik konnte für den Studienstart zum Wintersemester 2017/18 erneut ein hohes internationales Interesse verzeichnen. Aus ungefähr 1000 Bewerbungen aus 40 Nationen haben 26 ausgewählte und exzellente Studierende ihr Studium aufgenommen. Im Rahmen der vom DAAD organisierten Kooperation mit der Türkisch-Deutschen Universität in Istanbul haben vier Studierende ihr MMT-Studium aufnehmen können. Der neue Jahrgang setzt sich somit aus einer Studierendenschaft aus 15 Nationen zusammen und erfreut sich daher einer hohen Diversität.



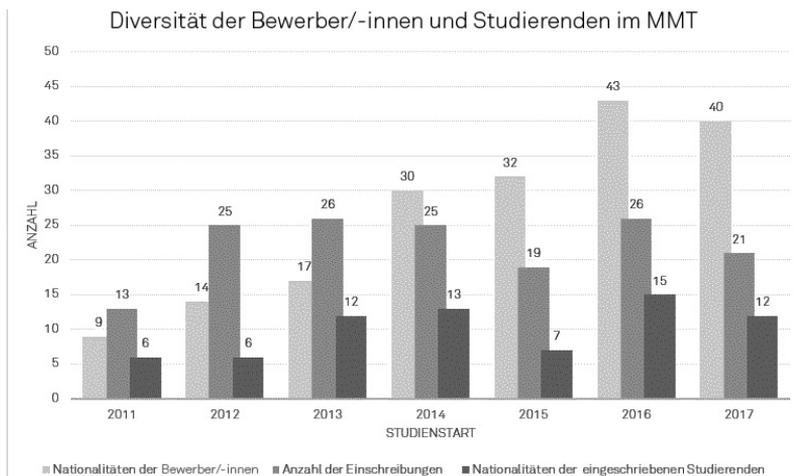
Begrüßungsfeier des MMT-Jahrgangs 2017



Informationsveranstaltung in Moskau für Studieninteressenten/-innen

Um die Diversität in diesem internationalen Studiengang weiterhin auszuweiten, wurden seitens des Koordinatoren-Teams die Herkunftsländer der Studierenden und der Interessent/-innen analysiert und daraufhin Maßnahmen ergriffen, Studieninteressierte aus weiteren Ländern über den MMT zu informieren. Im Rahmen dieser Maßnahmen wurden in Kooperation mit dem DAAD in Brasilien und in den USA Newsletter verschickt, um auf die Bewerbungsfrist aufmerksam zu machen. Außerdem hat das Koordinatoren-Team an einer virtuellen Messe des DAAD für brasilianische Interessent/-innen teilgenommen, bei der der MMT innerhalb eines 30-minütigen Webinars detailliert vorgestellt werden konnte. Weiterhin wurden Bildungsmessen in

St. Petersburg und Moskau besucht, bei denen Interessierte im persönlichen Gespräch informiert und beraten wurden. Neben den spezifischen Marketingmaßnahmen wurde die Webseite des Studiengangs in einem neuen Layout gestaltet. Hier wurden die Informationen thematisch neu strukturiert und eine Fülle an Informationen zur Vorbereitung auf die Bewerbungsphase, das Studium sowie die Studienorganisation vor Ort in Dortmund bereitgestellt. Als weiteren Marketingkanal neben der Webseite wurden die Social-Media-Aktivitäten auf Facebook erhöht, sodass wöchentlich Neuigkeiten aus Dortmund mit Interessierten geteilt werden.



Entwicklung der Diversität im MMT-Programm

Der Kurskatalog wurde weiterhin optimiert. Somit wurde das ehemalige Wahlpflichtmodul „Plastics Processing Technology“ in das zweisemestrige Pflichtmodul „Materials Technology“ integriert. Das ehemalige Pflichtmodul „Materials Technology I“ ist im Rahmen des Wahlpflichtkataloges als „Basics of Materials and Technology“ für die Studierenden wählbar.

In 2017 fand erstmals neben der MMT-eigenen Begrüßungsveranstaltung und einem Workshop zum Thema „Wissenschaftliches Arbeiten“ ein zweistündiger Begrüßungsworkshop statt. Gemeinsam mit dem zhb wurde dieses Seminar explizit für den MMT konzipiert. Im Rahmen dieser Veranstaltung haben die internationalen Studierenden die Möglichkeit, die üblichen Prozesse an einer deutschen Universität kennenzulernen und Fragen zu stellen. Im Weiteren soll der Workshop den Studierenden Möglichkeiten aufzeigen, wie sie eigenständig ihr Studium organisieren und sich zeitgleich in die deutsche Hochschulkultur integrieren können.

Für weitere Informationen: [www.mmt.mb.tu-dortmund.de](http://www.mmt.mb.tu-dortmund.de)

## 1.3 Dissertationen

Afonichev, Siu Ping

Numerische Simulation der Umformung von Sandwichblechen unter Berücksichtigung großer Krümmungen

Reihe

Dortmunder Umformtechnik, Band 94

Verlag

Shaker Verlag, Aachen, 2017

Mündl. Prüfung

9. Mai 2017

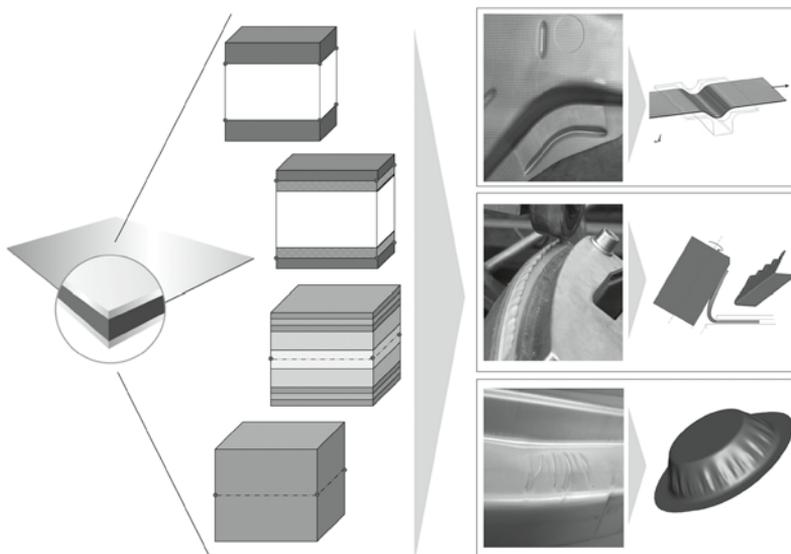
Berichter

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. E. Tekkaya

Mitberichter

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. M. Liewald  
(Universität Stuttgart)

Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Fahrzeuggewichts und damit zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emission ist die Verwendung von Metall-Kunststoff-Metall-Sandwichblechen. Ihr Einsatz in der Karosserie erfordert eine geeignete Simulationsmethodik. Aufgrund des Mehrschichtaufbaus mit weicher Kernschicht ist für den Sandwichwerkstoff ein anderes Verhalten gegenüber monolithischem Werkstoff bei der Verarbeitung zu beobachten. Das besondere Verhalten zeigt sich vor allem im Bereich starker Krümmung, wie sie zum Beispiel beim Falzen oder bei der Faltenbildung auftritt. Analysen zeigen, dass sich das Sandwichblech aufgrund der weichen Kunststoffkernschicht biege-weicher gegenüber metallischen Vollblechen verhält. Vereinfachte Modellierungen, die die Werkstoffparameter über die Gesamtdicke mitteln, vermögen die Machbarkeit von Bauteilen global vorherzusagen. Lokale Effekte und Informationen werden mit einem schichtweisen Modell besser vorhergesagt.



Modellierung des Sandwichbleches für die Blechumformung unter großer Krümmung

Chen, Hui

Warmumformung von Rohren durch  
granulare Medien

Originaltitel

Granular Medium-Based Tube Press Hardening

Reihe

Dortmunder Umformtechnik, Band 96

Verlag

Shaker Verlag, Aachen, 2018

Mündl. Prüfung

30. November 2017

Berichter

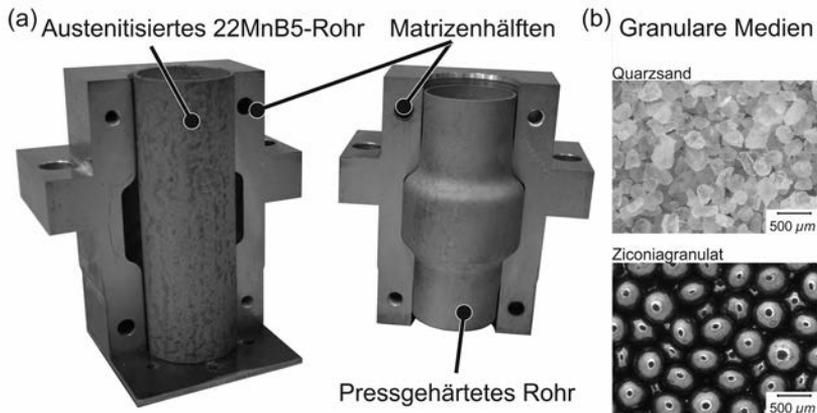
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing E.h. A. E. Tekkaya

Mitberichter

Prof. Dr.-Ing. habil. M. Merklein (Friedrich-  
Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)

Die Verwendung von granularem Material als Umformmedium ermöglicht das Presshärten von Rohren und Profilen aus 22MnB5-Stahl und damit die Herstellung leichter Bauteile. Granulate sind Gemenge von makroskopischen Partikeln und besitzen, im Gegensatz zu Fluiden, keine hydrostatischen Eigenschaften. Das Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der physikalischen Grundlagen dieses neuen Umformprozesses, die Bestimmung der Prozessgrenzen und deren Erweiterung.

Als Gegenstand der Arbeit wird das Verhalten von granularem Material als Arbeitsmedium untersucht und das Prinzip der Auswahl geeigneter Granulate erarbeitet. Ein vollständig gekoppeltes thermisch-mechanisches FE-Modell für das Presshärten mittels granularer Medien wird erstellt. Das Verfahren bietet das Potenzial der Herstellung von hochfesten und gleichzeitig hochsteifen Bauteilen und ist damit prädestiniert für Leichtbauanwendungen in der Automobilindustrie.



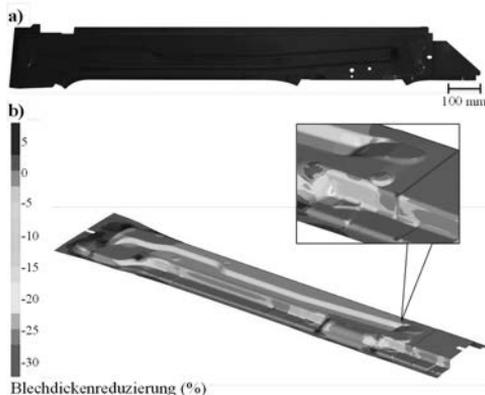
a) Rohr aus 22MnB5 vor und nach Presshärten, b) Granulare Materie als Wirkmedium

Georgiadis, Georgios  
Originaltitel  
Reihe  
Verlag  
Mündl. Prüfung  
Berichter  
Mitberichter

Warmumformung dünnwandiger Stahlbauteile  
Hot Stamping of Thin-Walled Steel Components  
Dortmunder Umformtechnik, Band 93  
Shaker Verlag, Aachen, 2017  
19. Mai 2017  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing E.h. A. E. Tekkaya  
Prof. Dr.-Ing. W. Homberg  
(Universität Paderborn)

In den letzten Jahren hat sich die Warmumformung als Standardprozess für die Serienfertigung von crashrelevanten Blechteilen im Karosseriebau etabliert. Hauptgrund hierfür ist die wachsende Nachfrage nach Gewichtsreduzierung von Automobilen bei gleichzeitiger Erhöhung der Crashesicherheit. Zur Erweiterung des nachgewiesenen Leichtbaupotenzials dieser Umformtechnologie wurde im Rahmen dieser Arbeit die Warmumformung dünnwandiger Bor-Mangan-Stahlbauteile umfassend untersucht.

Die Sensitivität des gesamten Fertigungsprozesses hinsichtlich der Blechstärke wurde analysiert. Das Fließverhalten und die Umformbarkeit wurden unter unterschiedlichen thermischen Bedingungen untersucht und die Einflüsse diverser Prozessparameter wurden dabei evaluiert. Hierfür wurde eine neue experimentelle Methode eingeführt, die Serienbedingungen gänzlich nachbilden kann. Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus den durchgeführten Untersuchungen wurden durch zwei dünnwandige, warmumgeformte Komponenten, einen Demonstrator und einen praxisrelevanten Automobilbauteil validiert. Dadurch wurde bewiesen, dass die Warmumformung dünnwandiger Bor-Mangan-Stahlbauteile bei optimaler Auslegung der gesamten Prozesskette und bei entsprechender Anpassung der Prozessparameter technisch realisierbar ist.

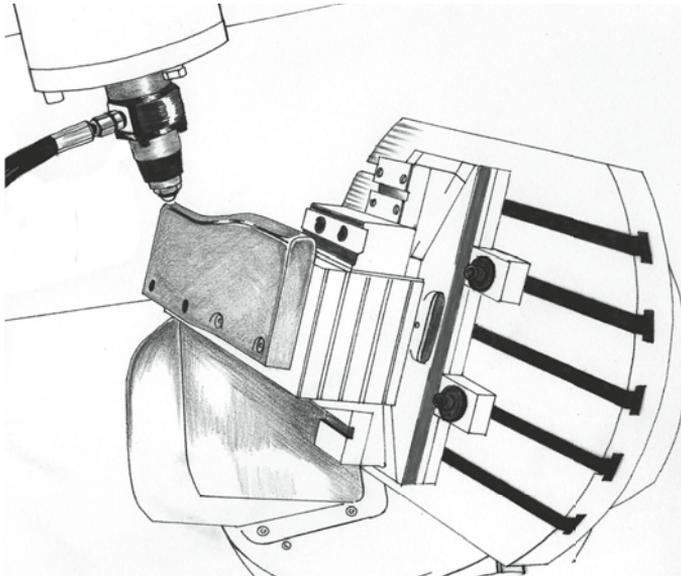


a) Dünnwandiges, warmumgeformtes Stahlbauteil und b) das entsprechende Umformsimulationsmodell

Hiegemann, Lars  
Reihe  
Verlag  
Mündl. Prüfung  
Berichter  
Mitberichter

Glattwalzen beschichteter Oberflächen  
Dortmunder Umformtechnik, Band 92  
Shaker Verlag, Aachen, 2017  
26. Juni 2017  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing E.h. A. E. Tekkaya  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dr. h.c.  
F. Klocke (RWTH Aachen)

Glattwalzen dient dem Nachbearbeiten von Oberflächen, indem diese durch ein Umformen der Rauheitsspitzen eingeebnet werden. In dieser Arbeit wird der Walzprozess genutzt, um die Oberfläche von thermisch gespritzten Hartmetall-Beschichtungen zu glätten. Dieses erfolgt vor dem Hintergrund, das tribologische Verhalten der Oberflächen zu verbessern bzw. an deren Einsatzzweck anzupassen. Hierzu werden zunächst die mikroskopischen Umformvorgänge an einzelnen Rauheitsspitzen und anschließend die makroskopischen Vorgänge zwischen Walzkugel und beschichteter Oberfläche betrachtet. Dieses mündet letztendlich in einem mathematischen Modell, welches es ermöglicht, die Rauheit nach einem Glattwalzprozess vorauszusagen und damit den Walzprozess auszulegen. Somit wird die Voraussetzung geschaffen, zukünftig auf umfangreiche experimentelle Vorversuche des Glattwalzprozesses verzichten zu können.



Glattwalzen eines Segments einer thermisch beschichteten Tiefziehmatrize

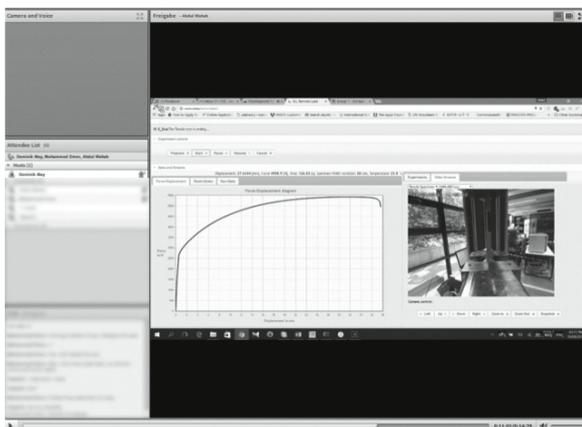
May, Dominik

Reihe  
Verlag  
Mündl. Prüfung  
Berichter  
Mitberichter

Globally Competent Engineers –  
Internationalisierung der Ingenieurausbildung  
am Beispiel der Produktionstechnik  
Dortmunder Umformtechnik, Band 95  
Shaker Verlag, Aachen, 2017  
26. Oktober 2017  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing E.h. A. E. Tekkaya  
Prof. Dr. U. Wilkesmann (zhb, TU Dortmund)

Für Absolventinnen und Absolventen der Ingenieurwissenschaften kommt der Fähigkeit, in internationalen Zusammenhängen zu denken und zu handeln, eine große Bedeutung zu. Diese ist daher eine Herausforderung heutiger Lehr-Lernentwicklung.

Im Fokus dieser Arbeit steht die empirisch basierte Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer Lehrveranstaltung im Bereich der Produktionstechnik. Ausgehend vom Status quo in diesem Bereich und unter Berücksichtigung hochschuldidaktischer Modelle wird mithilfe einer Literaturstudie sowie Expertenbefragung ein ingenieurspezifisches Modell interkultureller Kompetenz entwickelt. Im Rahmen eines internationalen Online-Kurses wird das entwickelte Modell mithilfe onlinebasierter Kommunikationsmedien sowie der Einbindung einer teleoperativen Prüfzelle am IUL auf ein konkretes Beispiel übertragen und evaluiert. Mit diesem Ansatz der Internationalisierung „on the Web“ stärkt die Arbeit die zukunftsorientierte Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren in Deutschland.



Screenshot während der Durchführung eines teleoperativen Zugversuchs durch Studierende



Forschung für die Ingenieurausbildung

**02**

## 2 Forschung für die Ingenieurausbildung

Angesichts der stetigen Digitalisierung und der Entwicklungen im Bereich Industrie 4.0 benötigen Studierende der Ingenieurwissenschaften heute neue Fähigkeiten für ihre berufliche Zukunft. Exzellente Lehre beruht auf exzellenter Forschung und kann nur durch exzellent ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure erfolgen. Daher muss sich die Lehre anpassen und sich dabei an exzellenter Forschung orientieren, um Ingenieurinnen und Ingenieure optimal auszubilden. Die Abteilung „Ingenieurausbildung und Remote Manufacturing“ am IUL verfolgt verschiedene Ansätze zur nachhaltigen Verbesserung der Ingenieurausbildung durch eine aktive Forschung für die Lehre. Ein Hauptaugenmerk dieser Abteilung liegt auf der wissenschaftlichen Untersuchung zur Weiterentwicklung der ingenieurwissenschaftlichen Laborausbildung. Beim Experimentieren im Labor können Theorie und Praxis miteinander verknüpft werden.

Die Projekte sind im Einzelnen:

- ELLI 2 – Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften
- MINTReLab – International Manufacturing Remote Lab  
(Projekt der Fakultät Maschinenbau)

## 2.1 ELLI 2 – Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften

Projektträger	BMBF/DLR
Projektnummer	01 PL 16082 C
Projektleiter	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. Tobias R. Ortelt • Joshua V. Grodotzki M. Sc. Dipl.-Inf. Alessandro Selvaggio • Siddharth Upadhy M. Sc.

Das gemeinsame Verbundprojekt der RWTH Aachen University, der Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund wird seit 2011 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb des Qualitätspakts Lehre gefördert und widmet sich der Forschung zur Lehre in den Ingenieurwissenschaften.

Dabei gliedert sich ELLI 2 in vier Kernbereiche:

- Remote-Labore und virtuelle Lernwelten
- Globalisierung
- Student Life Cycle
- Entrepreneurship

An der TU Dortmund wird ELLI 2 weiterhin federführend vom IUL und dem Zentrum für Hochschulbildung (zhb) bearbeitet.

Innerhalb des Kernbereichs „Remote-Labore und virtuelle Lernwelten“ werden im Projekt zwei Maßnahmen verfolgt:

- Ausbau der teleoperativen Prüfzelle und Integration neuer Experimente
- Virtuelles Umformtechnik-Labor

Aktuelle Arbeiten haben das Ziel, die teleoperative Prüfzelle um zwei weitere Fertigungsverfahren zu erweitern. Zum einen wurde im Projekt eine additive Pulverbettmaschine, DMG MORI LASERTEC 30 SLM, beschafft, sodass Studierende in Zukunft Proben „drucken“ können. Dabei stehen ein Bauraum von 300 mm x 300 mm x 300 mm und eine Laserleistung von 600 W zur Verfügung. Es können verschiedene Metalle, wie etwa Stahl, Aluminium oder Titan, verarbeitet werden.



Neue Maschine in der Experimentierhalle

Zum anderen wurde eine Dornbiegemaschine, transfluid DB 2060-CNC-SE-F, beschafft, um für die Studierenden einen Fertigungsprozess im Industriestandard abbilden zu können. Die Entwicklungen zielen auf ein Labor, das umformtechnische Bauteile im Sinne der Industrie 4.0 mit einer Losgröße von 1 produzieren kann.

Als weitere Projektpartner des IUL entwickeln das Institut für Spanende Fertigung (ISF) und das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (wpt) jeweils ein eigenes fachspezifisches Remote-Labor in der Maßnahme „Ausbau der teleoperativen Prüfzelle und Integration neuer Experimente“ und binden dieses in die Lehre der Fakultät Maschinenbau mit ein. Am ISF wird eine Miniatur-CNC-Fräsmaschine als Remote-Labor aufgebaut, sodass Studierende den Fräsprozess über Eingangsparameter steuern, über Messwerte beobachten und anschließend die Oberfläche bewerten können. Am wpt wird derzeit ein Dauerschwingversuch automatisiert, damit Studierende ihre eigene gedruckte Probe auch auf Ermüdung hin testen können.

Im April 2017 wurde der in der ersten Förderphase erstellte Springerband „Engineering Education 4.0 – Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences“ unter Herausgeberschaft der Projektleiter veröffentlicht. In 78 Aufsätzen werden die Projektergebnisse der drei Standorte präsentiert.

Im Mai 2017 fand erstmals eine Klausurtagung des Projekts ELLI 2 mit allen beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Norddeich statt. Der Tagungsort sowie der „Deichwalk“ – als besondere und bereichernde Ideenfindungsmethode – unterstützten dabei die Kreativität und Produktivität.

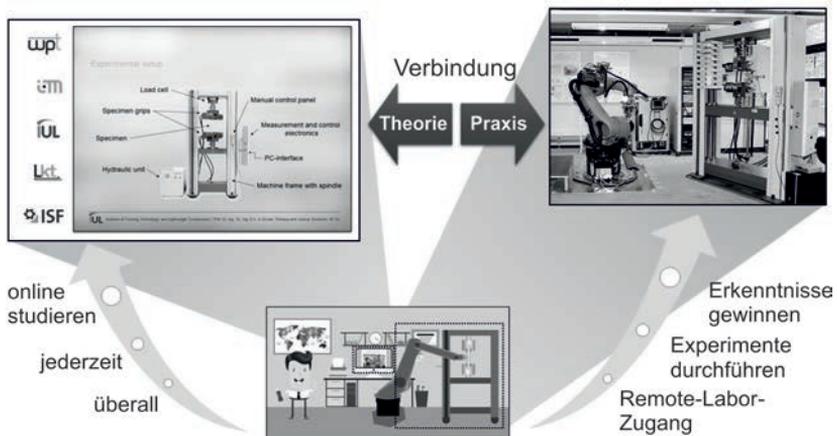
tät der interdisziplinären Projektmitarbeitenden. Steffen Rolke, Koordinator und Leiter der Ingenieure ohne Grenzen e. V.-Projekte, nahm als Gast teil, um Ideen und Konzepte zur Ausweitung der Ingenieure ohne Grenzen-Challenge von Aachen auf die beiden Standorte Bochum und Dortmund zu entwickeln und beratend zur Seite zu stehen. Das erstmalig erprobte Format der dreitägigen Klausurtagung hat das ELLI 2-Team einmal mehr eng miteinander verbunden und die Grundlage für eine Vielzahl weiterer Aktivitäten gelegt.

## 2.2 MINTReLab – International Manufacturing Remote Lab (Projekt der Fakultät Maschinenbau)

Projektträger	Stiffterverband
Projektleiter	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya
Ansprechpartner	Joshua V. Grodotzki M. Sc. Dipl.-Ing. Tobias. R. Ortelt
Projektstatus	abgeschlossen

Mit Beginn des Wintersemesters 2017/18 steht Interessierten weltweit ein neuer MOOC (Massive Open Online Course) im Bereich Maschinenbau zur Verfügung. Erstellt wurde dieser im Projekt „MINTReLab – International Manufacturing Remote Lab“ der Fakultät Maschinenbau von fünf Partnern (Fachgebiet für Werkstoffprüftechnik, Institut für Mechanik, Institut für Spanende Fertigung, Institut für Umformtechnik und Leichtbau, Lehrstuhl für Kunststofftechnologie) in Zusammenarbeit mit Expert/-innen der Ingenieurdidaktik (Zentrum für Hochschulbildung). Im Fokus dieses Kurses steht der uniaxiale Zugversuch, welcher aus den verschiedenen Perspektiven betrachtet wird. Hierdurch können vielfältigste Erkenntnisse aus nur einem Versuch gezogen und auf spezifische Fragestellungen, wie z. B. in Simulationen, angewendet werden. Bei erfolgreichem Bestehen erhalten Teilnehmende Zugriff auf die teleoperative Prüfzelle des IUL, mit deren Hilfe selbstgesteuert ein Zugversuch in diesem Remote-Labor durchgeführt werden kann. Neben dem zu vermittelnden fachlichen Wissen bereitet der MOOC internationale Studierende für ein Studium in Deutschland und im Speziellen an der Technischen Universität Dortmund vor.

News/Blog: [www.mintrelab.tu-dortmund.de](http://www.mintrelab.tu-dortmund.de)



Elemente des MINTReLab-MOOCs: einführende Videos, Online-Vorlesungen und Remote-Labor-Experimente





Forschung

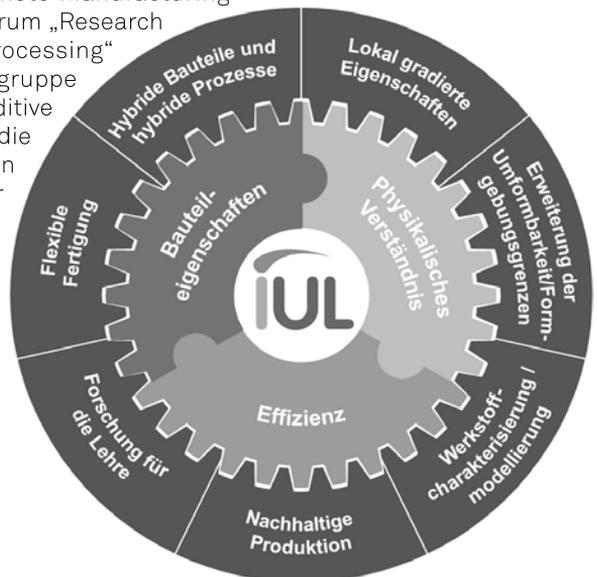
03

### 3 Forschung

Die Forschungsaktivitäten des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau verfolgen im Wesentlichen drei Ziele: Die Einstellung und Verbesserung von Bauteileigenschaften, das Erarbeiten eines physikalischen Verständnisses der Umformprozesse und die ganzheitliche Betrachtung von Effizienz, wobei folgende Forschungsschwerpunkte gesetzt werden:

- flexible Fertigung,
- hybride Bauteile und hybride Prozesse,
- lokal gradierte Eigenschaften,
- Erweiterung der Umformbarkeit/Formgebungsgrenzen,
- Werkstoffcharakterisierung/-modellierung,
- Forschung für die Lehre sowie
- nachhaltige Produktion (Recycling).

Die Bearbeitung der Forschungsvorhaben erfolgt in themenspezifischen Teams sowohl abteilungsintern als auch abteilungsübergreifend: Ergänzend zu den Abteilungen „Blechumformung“, „Biegeumformung“, „Massivumformung“, „Sonderverfahren“, „Angewandte Mechanik in der Umformtechnik“ und „Ingenieurausbildung und Remote Manufacturing“ operieren das Forschungszentrum „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP) und die Forschungsgruppe „ReGAT – Research Group on Additive Technology (ReGAT)“. Dabei ist die Anzahl der Mitarbeiter/-innen in den Abteilungen auch im Jahr 2017 konstant hoch: Ein Oberingenieur, 43 wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen, 11 technische und administrative Mitarbeiter/-innen sowie rund 50 studentische Hilfskräfte haben zum Erfolg des IUL in diesem Jahr beigetragen.



Forschungsziele des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau

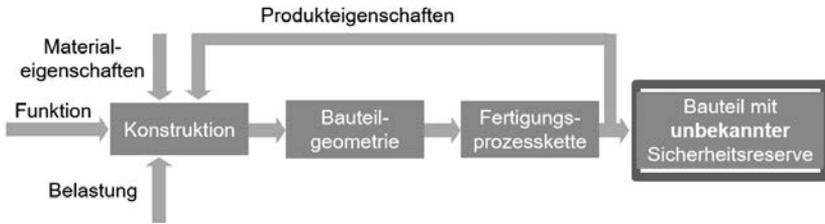
## 3.1 Forschungsgruppen und -center

### 3.1.1 SFB/Transregio 188 – Schädigungskontrollierte Umformprozesse

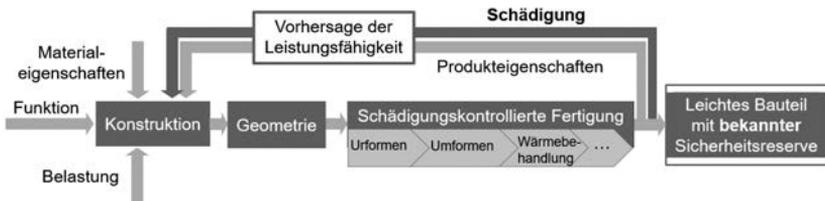
Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TRR 188/1-2017
Sprecher	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya
Geschäftsführerin	Dr.-Ing. Frauke Maevus

Der im Januar 2017 neu eingerichtete Sonderforschungsbereich SFB/Transregio 188 „Schädigungskontrollierte Umformprozesse“ (TRR 188) beschäftigt sich mit der Erforschung der Schädigungsmechanismen beim Umformen und ihren Auswirkungen auf die Produkteigenschaften. Auf Basis eines vertieften Grundlagenverständnisses sollen neue Methoden und Technologien zur quantitativen Vorhersage und Kontrolle der Schädigungsevolution entwickelt sowie die Schädigungszustände im Hinblick auf die Bauteilleitungsfähigkeit gezielt eingestellt werden.

Dabei wird, ausgehend von dem zentralen Leitgedanken „Schädigung ist kein Versagen“, ein Paradigmenwechsel sowohl bei der Auslegung von Umformprozessen als auch bei der Bemessung der Bauteile angestrebt. Bei der Produkt- und Prozessauslegung sollen nicht nur die nominellen Materialeigenschaften genutzt werden, sondern auch die fertigungsinduzierten Bauteileigenschaften inklusive der Schädigung berücksichtigt werden. Zudem soll sich die Prozessauslegung nicht mehr nur an der Herstellbarkeit bzw. der maximalen, versagensfreien Umformbarkeit des Werkstoffs orientieren, sondern eine Optimierung des mikrostrukturellen Schädigungszustands im Hinblick auf eine maximale Leistungsfähigkeit der Produkte anstreben. Durch eine schädigungskontrollierte Auslegung der umformtechnischen Prozesskette wird sichergestellt, dass das Bauteil nicht nur makroskopisch fehlerfrei ist und den herkömmlichen Qualitätsanforderungen entspricht, sondern sich durch bestmögliche mechanische Eigenschaften und eine höhere Belastbarkeit auszeichnet. Dadurch kann das Potenzial moderner Werkstoffkonzepte und Umformverfahren vollständig nutzbar gemacht und bei vielen Bauteilen das Gewicht ohne Sicherheitseinbußen deutlich reduziert werden. Langfristig ermöglicht die gezielte Einstellung und präzise Quantifizierung des Schädigungsniveaus und der daraus resultierenden Bauteileigenschaften die Realisierung neuartiger Leichtbauprodukte und -konzepte mit maßgeschneiderter und garantierter Leistungsfähigkeit.



Klassische Bauteil- und Prozessauslegung ohne Berücksichtigung der Schädigung



Schädigungs-basierte Bauteil- und Prozessauslegung

Die Gesamtzielsetzung wird am Beispiel repräsentativer Prozessketten der Massiv- und Blechumformung in drei aufeinander aufbauenden Förderperioden von jeweils vier Jahren verfolgt.

Ziel der ersten, von der DFG bewilligten Förderperiode ist die Identifizierung und Beschreibung der in Umformprozessen aktiven Schädigungsmechanismen. Insbesondere wird der Einfluss von Prozessparametern und deren Wechselwirkungen mit der Schädigung in Umformprozessen bestimmt. Des Weiteren soll eine allgemeingültige, fachübergreifende Definition und Beschreibung der Schädigung ausgearbeitet werden. Zur grundlegenden Charakterisierung der Schädigungsinitiierung und -evolution auf verschiedenen Skalen werden materialwissenschaftliche Messverfahren erweitert und effiziente Prüfstrategien entwickelt. Parallel dazu werden zum einen existierende Modellierungsansätze für die Schädigung in Umformprozessen bewertet. Zum anderen werden neue Modelle auf Basis der materialwissenschaftlichen sowie fertigungstechnischen Erkenntnisse entwickelt. Sowohl die Schädigungscharakterisierung als auch die -modellierung erfolgen von der Nano- bis zur Makroskala. Der Fokus der Nutzung von Schädigungsmodellen liegt zunächst auf der Makroskala.

In der geplanten zweiten Förderperiode sollen die entwickelten mehrskaligen Modellierungsansätze zu einer skalenübergreifenden Betrachtung der Schädigung in Umformprozessen angepasst werden. Das im Laufe der ersten Förderperiode gewonnene Verständnis wird dazu genutzt, um etablierte

Umformprozesse so zu modifizieren oder ggf. individuelle Lösungen zu entwickeln, dass eine Schädigungskontrolle ermöglicht wird. Außerdem werden Ansätze zur Integration der Schädigungsaspekte in die Konstruktionsmethoden zur Bauteilauslegung erarbeitet. Im Bereich der Charakterisierung werden neue Methoden zur Quantifizierung der Schädigung in Umformprozessen entwickelt. Darauf aufbauend erfolgt in der dritten Förderperiode die Entwicklung und Optimierung schädigungsreduzierter umformtechnischer Prozessketten, die in Kombination mit den zuvor erarbeiteten Konstruktionsrichtlinien leistungsfähigere Bauteile mit geringem Gewicht ermöglichen. Dies wird an ausgewählten Demonstratoren nachgewiesen.

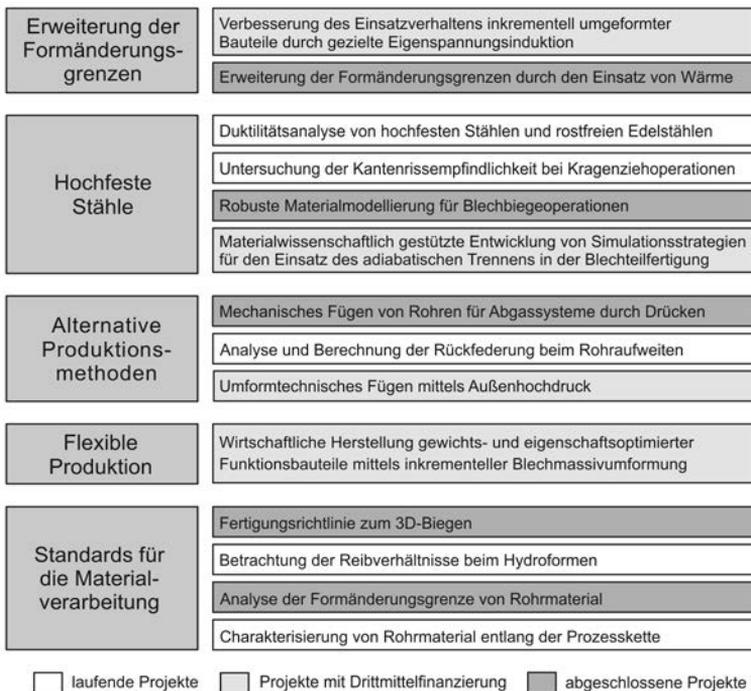
Die Bearbeitung der komplexen Aufgabenstellung gliedert sich in die drei Projektbereiche „Prozesstechnologie“, „Charakterisierung“ und „Modellierung“ mit je fünf Teilprojekten. Zusätzlich gibt es ein übergreifendes wissenschaftliches Serviceprojekt „Modellintegration“, das als zentrale Schnittstelle zwischen den einzelnen Projektbereichen fungiert, sowie drei Arbeitskreise, in denen verschiedene Querschnittsthemen behandelt werden. Die Teilprojekte werden gemeinschaftlich von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TU Dortmund (Sprecherhochschule) und der RWTH Aachen bearbeitet. Im Einzelnen sind am Standort Dortmund aus der Fakultät Maschinenbau das Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL), das Institut für Mechanik (IM) und das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) sowie aus der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen der Bereich Numerische Methoden und Informationsverarbeitung beteiligt. An der RWTH Aachen sind dies das Institut für Bildsamer Formgebung (IBF), das Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK) und das Institut für Metallkunde und Metallphysik (IMM) aus der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik sowie das Werkzeugmaschinenlabor (WZL) aus der Fakultät für Maschinenwesen und das Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE). Hinzu kommt der Lehrstuhl für Konstruktion und Fertigung der BTU Cottbus-Senftenberg. Unterstützt werden die Hochschulen durch das außeruniversitäre Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE) in Düsseldorf.

### 3.1.2 ReCIMP – Research Center for Industrial Metal Processing

Leitung Dipl.-Ing. Daniel Staupendahl

Das „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP) geht in die zweite Phase: Dank der nun fünfjährigen erfolgreichen Zusammenarbeit mit dem Automobilzulieferer Faurecia und der erzielten Ergebnisse wurde die Förderung seitens Faurecias um 5 Jahre bis Ende 2022 verlängert.

Das ReCIMP wurde 2013 gegründet mit dem Ziel der Verbesserung und Vertiefung von Grundlagenwissen über innovative Metallverarbeitungsprozesse, Prozessketten und hybride Prozesse, der Untersuchung neuer wissenschaftlicher Trends in der Fertigungstechnik und des Aufbaus eines Kompetenznetzwerks, bestehend aus weiteren Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Zusammen mit den Faurecia-Gruppen „Autositze“ und „Clean Mobility“ wurden fünf übergeordnete Forschungsbereiche definiert.

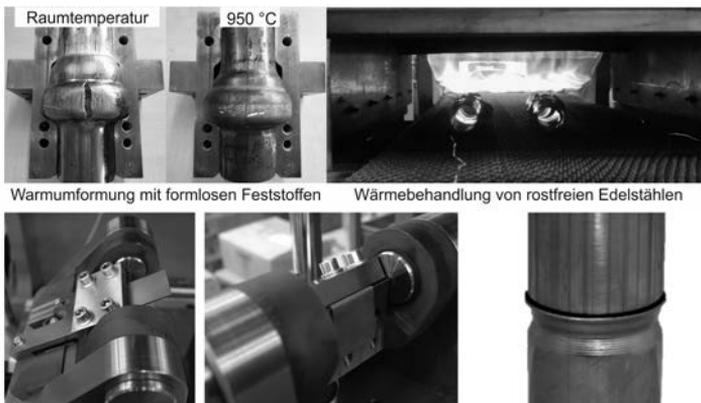


In 2017 bearbeitete Forschungsprojekte, zugeteilt in fünf Forschungsbereiche

Die Verwendung von hochfesten Stählen ermöglicht effizienten Leichtbau in der Automobilindustrie und trägt einen wesentlichen Anteil zu der Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von Kraftfahrzeugen bei. Der Einsatz von neuen Werkstoffen bedingt neuartige Produktionsverfahren, die auf die Werkstoffeigenschaften abgestimmt sind und ihren Einsatz erst ermöglichen.

Eine Eigenschaft von hochfesten Stählen, welche die Bearbeitung erschwert, ist ein geringes Umformvermögen. Inkrementelle Umformverfahren können durch eine Unterteilung des Umformprozesses in eine Vielzahl von kleinen Schritten mit komplexen Spannungszuständen hohe globale Umformungen erzeugen. Durch eine intelligente Anwendung des Verfahrens für das Erzeugen von lokalen Formelementen und durch eine Reduktion der Prozesszeit soll die industrielle Relevanz des Verfahrens erhöht werden. Um das Formänderungsvermögen von hochfesten Stählen und für den Abgasstrang relevanten ferritischen Edelstählen zu erhöhen, wird die Einbringung von Wärme in den Prozess und die Prozesskette untersucht. Speziell für die ferritischen Edelstähle wird hierbei die Kombination mit Innenhochdruckumformen untersucht (für eine detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.3.9).

Das Innenhochdruckumformen ist von einer Vielzahl von geometrischen und Prozessparametern abhängig. Um diese Parameter möglichst flexibel untersuchen zu können, wurde ein neues flexibles, puzzleartiges Werkzeugkonzept



Eine Auswahl von Forschungstätigkeiten innerhalb des ReCIMP

entwickelt und 2017 zum Patent angemeldet (siehe Kapitel 3.7.2). Aktuell werden Untersuchungen durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit des Werkzeuges zu bewerten.

Der sichere Einsatz von neuen hochfesten Stählen in der Produktion und damit einhergehend die Realisierung von robusten Prozessketten wird durch eine ausführliche Materialcharakterisierung, eine robuste Materialmodellierung (für eine detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.2.6) sowie die gezielte Bewertung der globalen und lokalen Duktilität ermöglicht. Aussagen über die lokale Duktilität sind hierbei besonders relevant, um die Kantenrissempfindlichkeit von Werkstoffen zu beurteilen. Besonders hierfür anfällige Umformvorgänge werden untersucht, wie zum Beispiel das Ziehbiegen und das Krageziehen.

Da Rohre im Abgasbereich einen sehr großen Anteil ausmachen und diese durch den Rohrherstellungsprozess ein unterschiedliches Verhalten zum Ausgangsmaterial aufweisen, liegt ein weiterer Fokus auf dem direkten Charakterisieren von Rohrmaterial. Hierfür werden vorhandene Prüfmethoden angepasst und neue Methoden entwickelt.

Elf Wissenschaftler/-innen und sechs studentische Hilfskräfte waren 2017 in ReCIMP Projekte involviert. Außerdem wurden drei Masterarbeiten und drei Projektarbeiten abgeschlossen. Zehn Arbeiten werden aktuell noch bearbeitet. Insgesamt wurden 2017 vierzehn Projekte bearbeitet. Fünf wurden in diesem Jahr erfolgreich abgeschlossen. Von den neun noch laufenden Projekten wurde ein Teil mit neuen Projektinhalten in die zweite Phase verlängert, ein anderer Teil wurde explizit neu geschaffen. Unter der Federführung der Abteilung Sonderverfahren wurden zwei neue Drittmittelprojekte akquiriert: Einmal zum Thema „Umformtechnisches Fügen mittels Außenhochdruck“ (siehe Kapitel 3.6.4) und einmal zum Thema „Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion“ (siehe Kapitel 3.6.10). Auch die Materialcharakterisierung hat sich in den vergangenen Jahren als ein Prioritätsgebiet herauskristallisiert und wird deshalb in der zweiten Phase verstärkt bearbeitet. Hierbei soll der Schwerpunkt jedoch nicht nur auf dem Erzeugen der notwendigen Materialparameter liegen, sondern vor allem auch auf der zeiteffizienten Durchführung. Die Standardisierung der verwendeten Untersuchungsverfahren wird ebenfalls einen relevanten Teil der zukünftigen Arbeiten ausmachen.

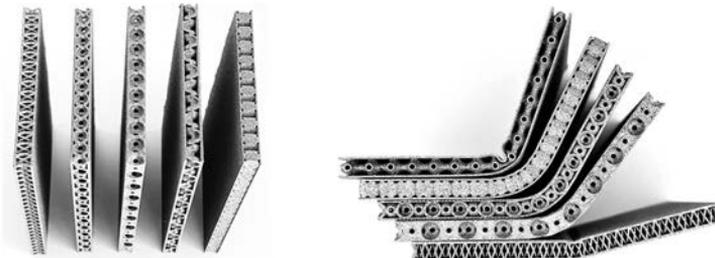
### 3.1.3 ReGAT – Research Group on Additive Technology

Leitung Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ramona Hölker-Jäger

Die Arbeitsgruppe „Research Group on Additive Technology“ verfolgt das Ziel, additive Fertigungsverfahren in bestehende Umformprozesse zu integrieren, um die jeweiligen Vorteile der Technologien zu nutzen und ihre Nachteile zu eliminieren. Forschungsgegenstand sind hierbei Verfahrenskombinationen aus formativen und additiven Fertigungsverfahren, die umformtechnische Weiterverarbeitung von additiv gefertigten Halbzeugen sowie additiv gefertigte Werkzeuge für die Umformtechnik.

Über ein durch das BMWi gefördertes Kooperationsprojekt zwischen Hochschule und Industrie konnten die in zwei vorangegangenen DFG-Vorhaben erarbeiteten Grundlagen zu additiv hergestellten Werkzeugen mit lokaler Innenkühlung zur Produktivitätssteigerung beim Aluminium-Strangpressen in die industrielle Anwendung transferiert werden. Ebenfalls im Bereich der Werkzeugtechnologie wurden in einem durch die DFG geförderten Forschungsvorhaben Werkzeugspulen für die elektromagnetische Umformung entwickelt, bei denen die Spulenwindungen durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren hergestellt werden, woraus sich zusätzliche Freiheitsgrade bei der Spulenauslegung ergeben.

Aufseiten der umformtechnischen Weiterverarbeitung von additiv gefertigten Halbzeugen ist ein Kooperationsprojekt mit dem Institut für Produkt Engineering (IPE) von der Universität Duisburg-Essen in diesem Jahr erfolgreich



Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde

angelaufen, in dem additiv hergestellte Sandwichbleche mit einer an eine nachgelagerte umformtechnische Weiterverarbeitung sowie an die spätere Bauteilfunktion angepassten Kernstruktur entwickelt werden (vgl. Bild). In einem aktuell durch die DFG bewilligten Vorhaben wird eine neuartige Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und Laserpulver-

auftragsschweißen zur Fertigung von Leichtbauteilen mit hoher Funktionsintegration untersucht. Die technologische Umsetzung erfolgt auf dem am Institut vorhandenen 5-Achs-Fräsbearbeitungszentrum mit einer integrierten Einheit zum Laserpulverauftragsschweißen. Im Projekt soll eine kombinierte Bearbeitung, bestehend aus inkrementeller Blechumformung, additiver Fertigung und spangebender Nachbearbeitung, in einer Maschine und in einer Aufspannung realisiert werden (vgl. Bild). Zukünftige Arbeiten sollen auch eine umformtechnische Nachbearbeitung der additiv oder auch formativ hergestellten Oberflächen in Form von Glatt- und Festwalzen ermöglichen, um durch ein gezieltes Strukturieren die Oberflächen zu funktionalisieren. Unterstützt durch die KARL-KOLLE-Stiftung werden unterschiedliche Pulverwerkstoffe auf ihre Einsatzmöglichkeit in der neuartigen Prozesskombination aus additiver und umformtechnischer Fertigung erforscht.

Im April dieses Jahres wurde am IUL ein Workshop zum Thema „Additive Fertigung in der Umformtechnik“ ausgerichtet. Die rund 50 Teilnehmer/-innen konnten sich über aktuelle Forschungsarbeiten und die neusten Maschinentechnologien austauschen. Im Rahmen einer Vorführung im Versuchsfeld des IUL wurde parallel zur Veranstaltung ein Werkzeugelement, ausgeführt als Hybridbauteil, additiv gefertigt.



Inkrementell umgeformter Pyramidenstumpf mit additiv aufgebracht und spanend nachbearbeiteten Nebenformelementen

Zum Jahresende konnte das Versuchsfeld um eine Maschine zum selektiven Laserschmelzen von Metallen im Pulverbett erweitert werden. Die im Rahmen des Projekts „Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften – ELLI“ geförderte Maschine soll in die in der ersten Projektphase entstandene teleoperative Prü fzelle (Remote Labor) zur Materialcharakterisierung eingebunden werden. Studierende sollen hiermit den additiven Aufbau und eine sich anschließende Charakterisierung ort- und zeitunabhängig über das Internet planen, durchführen, betrachten und auswerten können. Weiterhin wird die Pulverbettmaschine im Remote Labor in die Lehrveranstaltungen integriert und innerhalb von Vorlesungen und Übungen genutzt. Im Bereich der Forschung wird sie zusätzliche Möglichkeiten zur Erweiterung und Ergänzung der traditionellen Technologie „Umformtechnik“ um die Zukunftstechnologie „additive Fertigung“ bieten und damit die Erforschung innovativster Fertigungsverfahren ermöglichen.

## 3.2 Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik

Leitung Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Seit Januar 2017 tragen die Teammitglieder der Abteilung zum neu bewilligten SFB/TRR 188 bei. Seit Februar verstärkt Herr Alexander Schowtjak die Abteilung bei der Modellintegration für die Prozesssimulation. Durch die Mitwirkung am SFB/TR73 und einem DFG-Projekt zur Weiterentwicklung des ebenen Torsionsversuchs für die Charakterisierung der Schädigung und der kinematischen Verfestigung werden die Forschungsaktivitäten der Abteilung in diesem Bereich ausgebaut. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Entwicklung und Anwendung neuer Materialmodelle für die Umformsimulation mithilfe der Finite-Elemente-Methode. Insbesondere werden Blechmassivumformprozesse, Blechumformprozesse und das Fließpressen analysiert. Im Juli diskutierten Teammitglieder aktuelle Forschungsergebnisse mit internationalen Expert/-innen beim vom IUL organisierten Minisymposium „Damage and Fracture in Sheet Metal Forming“ auf der IDDRG 2017. Im September verabschiedeten die Teammitglieder den japanischen Gastwissenschaftler Herrn Satoshi Sumikawa von der JFE Steel Corporation nach zweijährigem Aufenthalt am IUL.

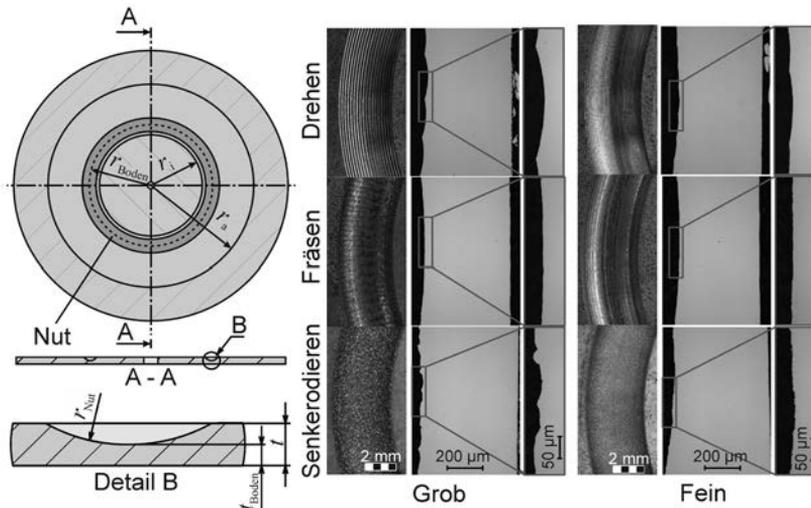


Die Mitglieder der Abteilung mit vergrößerten Proben zur Materialcharakterisierung

### 3.2.1 Neuartige ebene Torsionsprobe zur Charakterisierung von Schädigung und Verfestigung

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/65-1  
 Ansprechpartner Heinrich Traphöner M. Sc.

Im Fokus dieses Projektes steht die Analyse der unten abgebildeten ebenen Torsionsprobe mit umlaufender Nut für die Charakterisierung von Blechwerkstoffen. Die Fertigung der Nut ist dabei ein zentraler Aspekt. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass das Verfahren zur Herstellung der Nut einen nennenswerten Einfluss auf den Rissbeginn in der Nut zeigt. Die Ermittlung von Fließkurven wird durch die Oberflächenbeeinflussung der Fertigungsverfahren beeinflusst. In einer Studie sind Nuten durch Drehen, Fräsen und Erodieren in jeweils drei Qualitäten hergestellt und sowohl metallografisch als auch im ebenen Torsionsversuch geprüft worden. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die spezifische Struktur der Oberfläche (vgl. Bild rechts), wie z. B. die Riefen beim Drehen, die erreichbare Bruchdehnung beeinflusst. Drehriefen wirken wie Kerben in Belastungsrichtung, wodurch dieses Verfahren nicht für die Herstellung der Nut geeignet ist. Für hochfeste Werkstoffe hat sich das feine Fräsen als geeignetstes Verfahren herausgestellt. Die Erhöhung der Oberflächenqualität durch alternative Verfahren wird geprüft.

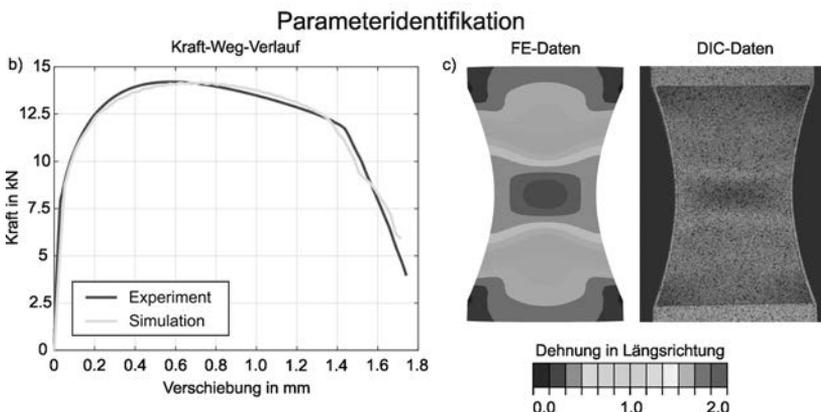
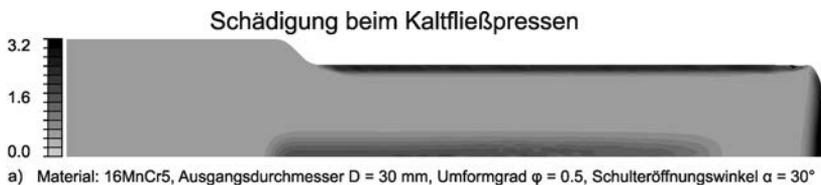


Schliffbilder der Oberflächen von Nutproben mit unterschiedlichen Herstellungsverfahren und Güten

### 3.2.2 Modellintegration für die Prozesssimulation

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	SFB/TRR 188 • Teilprojekt S01
Ansprechpartner	Alexander Schowtjak M. Sc.

Ziel des SFB/TRR 188 ist es, die Mechanismen der Schädigung zu verstehen und diese vorhersagen zu können. Die Bearbeitung dieses Projekts erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanik. Im ersten Jahr der Projektlaufzeit werden etablierte Schädigungsmodelle und -kriterien implementiert, um Umformprozesse diesbezüglich mittels der Finite-Elemente-Methode analysieren zu können (vgl. Bild a). Die Nutzung solcher Modelle bedarf der Identifikation verschiedener Material- und Modellparameter. Zu deren Bestimmung wird ein Softwaretool zur optimierungsbasierten Parameteridentifikation komplexer Materialmodelle entwickelt und den anderen Teilprojekten zur Verfügung gestellt. Dazu werden Experiment- und Simulationsdaten für verschiedene Grundversuche verglichen. Es sollen sowohl lokale Informationen, wie Verschiebungs- oder Dehnungsfelder (vgl. Bild c), welche mittels Digital-Image-Correlation-Software aufgenommen werden, als auch globale Informationen wie Kraft-Weg-Verläufe (vgl. Bild b) berücksichtigt werden. Als Grundversuche werden beispielsweise Zugversuche mit unterschiedlichen Kerbradien verwendet, da so inhomogene Deformationen hervorgerufen und unterschiedliche Spannungszustände bewusst eingestellt werden können.

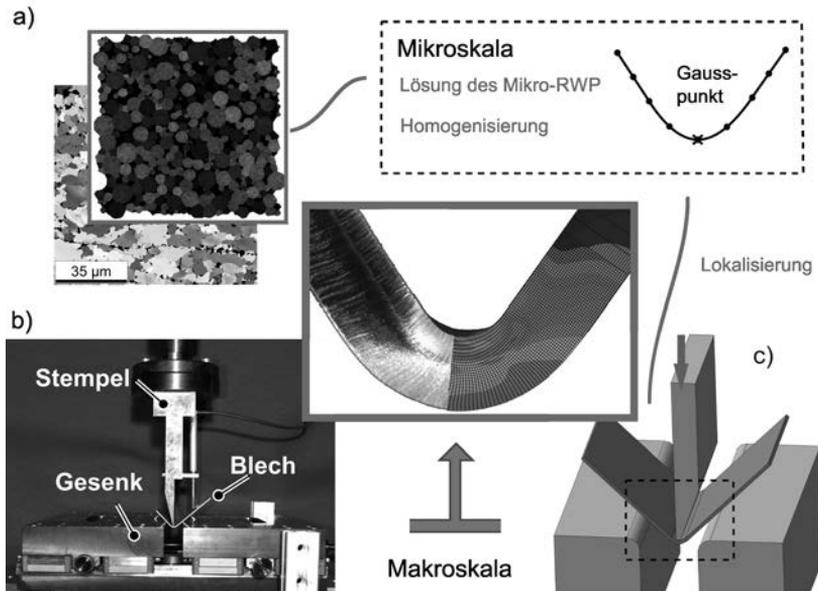


a) Schädigung beim Kaltfließpressen, b) Kraft-Weg-Verlauf und c) Dehnungsfeld eines Zugversuchs mit gekerbter Probe

### 3.2.3 Mikromechanische Modellierung der Materialumformung zur Vorhersage der anisotropen Verfestigung

Projektträger                      Mercator Research Center Ruhr (MERCUR)  
 Projektnummer                    Pr-2015-0049  
 Ansprechpartner                 Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Für die Vorhersage des Einflusses von mikrostrukturellen Parametern auf die Umformeigenschaften werden neuartige Ansätze der mikromechanischen, skalenübergreifenden Materialmodellierung entwickelt. Es werden zwei verschiedene Ansätze untersucht und bewertet. Im ersten Ansatz werden auf Basis einer detailgetreuen Abbildung der Mikrostruktur die elementaren Verformungs- und Verfestigungsmechanismen in repräsentativen Volumenelementen (RVE) modelliert. Im zweiten Ansatz wird eine direkte Kopplung von Mikrostruktur-Modellen mit makroskopischen Simulationen im Rahmen der FE2-Methode mittels Balkenelementen durchgeführt. Das Projekt wird in Kooperation mit dem Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS) in Bochum und dem Institut für Mechanik der Universität Duisburg-Essen durchgeführt. Die Vorhersagen der verwendeten Modelle werden dabei in jedem Schritt mit experimentellen Untersuchungen verglichen. Für die Untersuchungen werden sowohl einphasige, martensitische Stähle als auch moderne, mehrphasige Stähle analysiert.

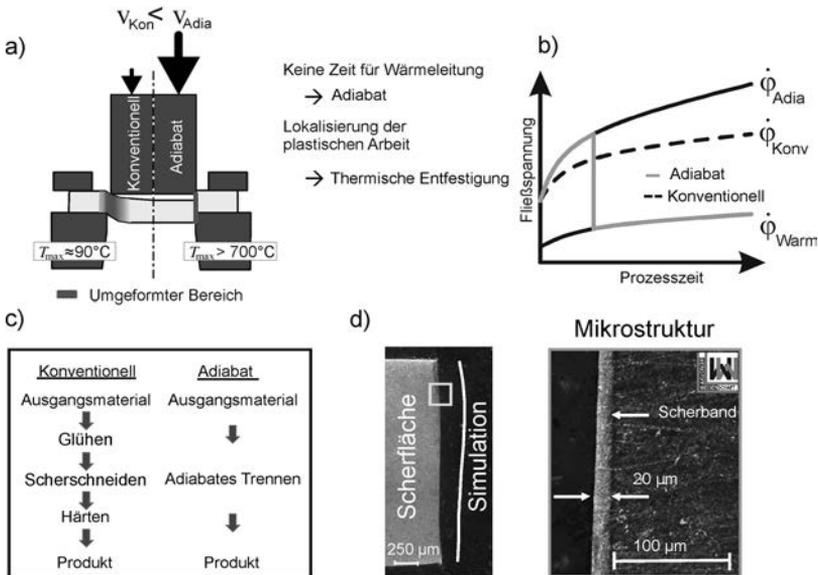


a) Mikrostrukturaufnahmen und Modelle (zur Verfügung gestellt vom ICAMS), b) Freibiegen, c) Simulationsmodell

### 3.2.4 Materialwissenschaftlich gestützte Entwicklung von Simulationsstrategien für den Einsatz des adiabatischen Trennens in der Blechteilfertigung

Projektträger                    AiF/FOSTA  
 Projektnummer                18865 BG – P 1127  
 Ansprechpartner              Fabian Schmitz M. Sc.

Bei der Verarbeitung von höchstfesten Werkstoffen zeichnet sich das adiabatische Scherschneiden (vgl. Bild a) durch eine hohe Schnittqualität und kürzere Prozessrouten (vgl. Bild c) im Vergleich zu konventionellen Verfahren aus. Lokal stellt sich durch eine hohe Formänderungsgeschwindigkeit ( $\dot{\epsilon} \geq 10^3 \text{ s}^{-1}$ ) und die kurze Prozesszeit ( $t < 2 \text{ ms}$ ) eine temperaturbedingte Entfestigung ein (vgl. Bild b). Die sehr lokal auftretenden Effekte benötigen eine feine Vernetzung des deformierten Bereichs, welche für die korrekte Abbildung der Scherbandentwicklung notwendig ist. Fortschrittliche Neuvernetzungsstrategien, wie das adaptive Neuvernetzen, werden hierzu verwendet. Somit können moderate Rechenzeiten für die Berechnung der im Scherband herrschenden Zustände erreicht werden. Für das Lochen konnte die Geometrie der Schnittfläche vorhergesagt werden (vgl. Bild d). Das adiabatische Trennen wird experimentell und simulativ für komplexe industriennahe Fertigteile untersucht. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Werkstoffwissenschaft (LWW) der Technischen Universität Chemnitz bearbeitet.

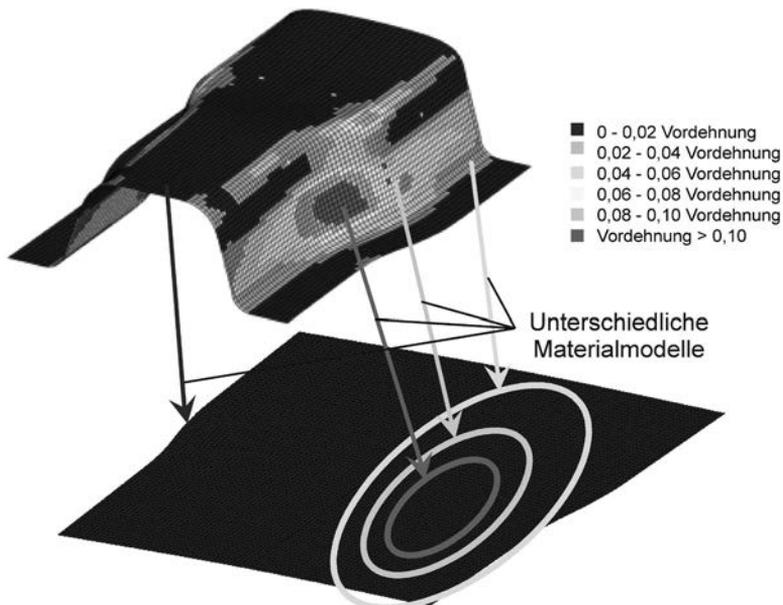


a) Vergleich Trennverfahren, b) Werkstoffentfestigung, c) Prozessrouten, d) Validierung der Simulation

### 3.2.5 Analyse prozessnaher Einflüsse auf das Rückfederungsverhalten von Blechwerkstoffen

Projektträger	AiF/EFB
Projektnummer	17613N
Ansprechpartner	Heinrich Traphöner M. Sc.

Dieses Projekt wird in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Fertigungstechnologie (LFT) in Erlangen durchgeführt. Im Zentrum steht die Bewertung des Rückfederungsverhaltens von Blechwerkstoffen. Die Simulation der Rückfederung von Tiefziehprozessen wird im Rahmen einer erweiterten Modellierungsmethodik geprüft. Wie im Bild dargestellt, sollen den einzelnen Elementen lokale Materialparameter, basierend auf dem Lastpfad, zugeordnet werden. Es wird untersucht, inwiefern diese aufwendige Modellierung die Vorhersagegüte einer Rückfederungsanalyse verbessern kann und ob der Mehraufwand gerechtfertigt ist. In LS-Dyna wurden zwei Methoden implementiert. Für Methode eins wird zunächst ein isotropes Materialmodell zur Analyse des Lastpfades jedes Elementes genutzt. Anschließend werden in einer zweiten Simulation die Elementeigenschaften zugeordnet. In der zweiten Methode wird eine einzige Simulation zu definierten Zeitpunkten unterbrochen und auf ein Lastwechselkriterium geprüft. Anschließend wird iterativ die Elementeigenschaft angepasst. Die Ergebnisse beider Methoden sind untereinander vergleichbar.



Analyse der Vordehnung im Bauteil und lokale Zuordnung von Materialparametern

### 3.2.6 Robuste Materialmodellierung für Blechbiegeoperationen

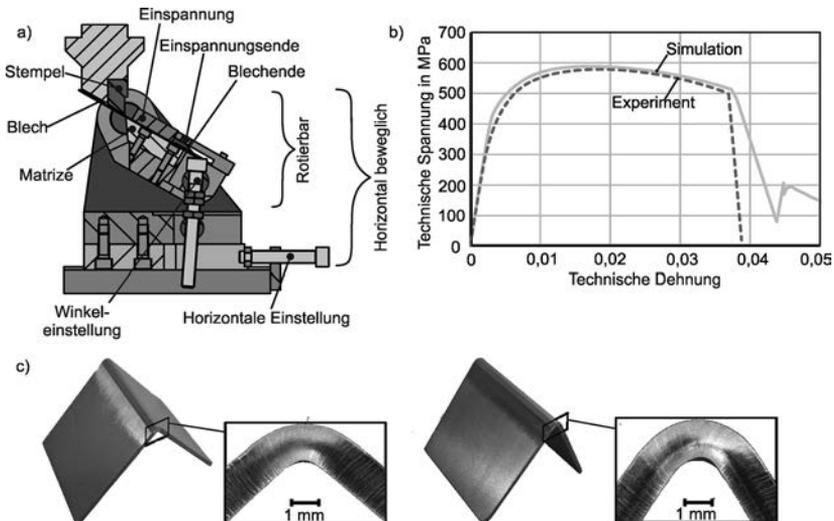
Projektträger

Ansprechpartner

ReCIMP

Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Höchstfeste Stähle sind kostengünstige Werkstoffe für Strukturteile im Automobilbau. Da es unterschiedliche Werkstoffkonzepte zur Erreichung von hoher Festigkeit und gewünschter Duktilität gibt, werden vergleichende Untersuchungen zum Biegeverhalten durchgeführt. Ein Aspekt ist auch die Ermittlung und Vorhersage des Verhaltens von Biegeteilen bei Wiederbelastung. Dazu ist eine neuartige Biegevorrichtung (vgl. Bild) entworfen und gefertigt worden, die es ermöglicht, gleichzeitig Biegeradius und -winkel vorzugeben. Dies ist eine notwendige Voraussetzung, um unterschiedliche Stahlgüten, insbesondere bei Folgebelastrung, miteinander zu vergleichen. Darüber hinaus sind Modelle zur Vorhersage des Versagensverhaltens und Verfestigungsverhaltens bei Lastumkehr angepasst worden. Die Anpassung ist auf Basis von Torsionsversuchen mit Lastumkehr, hydraulischen Tiefungsversuchen und Zugversuchen mit einer glatten Probe sowie mit einem Kerbradius erfolgt. Es zeigt sich, dass je nach Werkstoff anisotrope Fließkriterien nach Barlat berücksichtigt werden müssen.

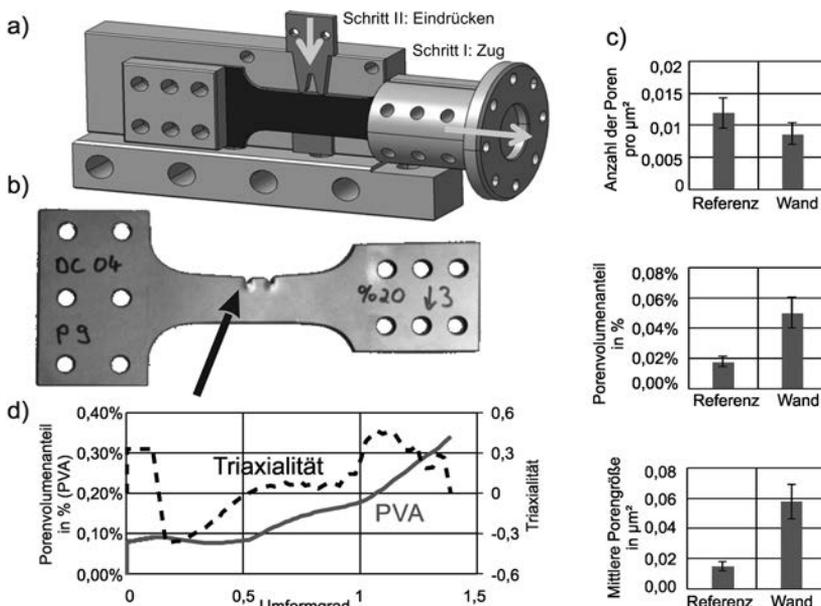


a) Biegevorrichtung, b) Vergleich zwischen Simulation mit GISSMO-Schädigungsmodell und Experiment, c) mit neuer Vorrichtung gefertigte Proben

### 3.2.7 Analyse der belastungspfadabhängigen Schädigungs- und Mikrostrukturentwicklung zur numerischen Auslegung von Blechmassivumformprozessen

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer SFB/TR 73 • Teilprojekt C4  
 Ansprechpartner Florian Gutknecht M. Sc.

Kennzeichnend für die Blechmassivumformung ist die Steuerung des Stoffflusses in Dickenrichtung zur gezielten Einstellung von Bauteileigenschaften. Für die Auslegung der Prozesse bedeutet dies, dass sich stark nichtlineare Belastungspfade ergeben. Zur genaueren Analyse wurde ein praxisnaher Versuchsstand entwickelt (vgl. Bild a). Die Probe (vgl. Bild b) wird anschließend gemeinsam mit dem Institut für Werkstoffe (IW) an der Leibniz Universität Hannover hinsichtlich der Mikrostruktur analysiert (vgl. Bild c). Mithilfe von angepassten Materialmodellen und für hohe Umformgrade qualifizierter Charakterisierung kann schließlich der Prozess detailliert analysiert werden (vgl. Bild d). Die Analyse zeigt zum einen starke Änderungen der Belastungsart (Triaxialität), zum anderen damit korrelierende Veränderungen im Wachstum des Porenvolumenanteils (PVA). Aufgrund der beobachteten Abnahme der Anzahl der Poren sowie eines starken Anstiegs des PVA und der durchschnittlichen Porengröße lässt sich folgern, dass die dominierenden Porenmechanismen Wachstum und Koaleszenz sind.



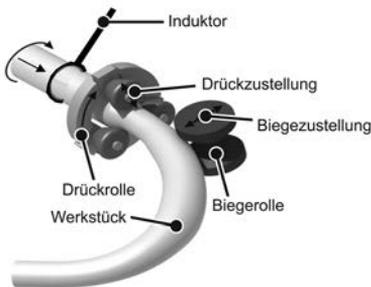
a) Versuchsstand für Lastpfadwechsel, b) geprüfte Probe, c) Mikrostrukturanalyse, d) Analyse mithilfe des numerischen Modells

### 3.3 Abteilung Biegeumformung

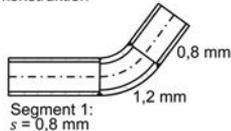
Leitung Christian Löbbe M. Sc.

In der Biegeumformung werden Verfahren zum Biegen und Umformen von Blechen, Rohren, Profilen und Drähten untersucht. Die Arbeiten konzentrieren sich auf grundlagenorientierte Prozessuntersuchungen sowie auf die Entwicklung neuer Verfahren. Im Bereich der Rohrhälfte werden das Inkrementelle Profilumformen (IPU) zur flexiblen Herstellung von Profilstrukturen in einem kinematischen Biegeprozess sowie das Inkrementelle Rohrumformen (IRU) zur Reduktion des Biegemoments durch Drücken untersucht. Eine Weiterentwicklung des Prozesses ist die Temperaturunterstützung (vgl. Bild links), um die Umformung von Leichtmetallen (hier: Titanlegierungen) zu ermöglichen. Zur Herstellung von gebogenen Profilstrukturen wird eine Werkzeugtechnologie entwickelt, die die Faltenbildung dünnwandiger Profilwände unterdrückt. Beim Drahtwickeln werden Prozessgrundlagen sowie resultierende Produkteigenschaften erforscht, um effiziente Spulen zu gestalten. Weitere Arbeiten umfassen die Grundlagenforschung beim Blechbiegen, wobei hier die Spannungsüberlagerung zur Reduktion der Schädigung (vgl. Bild rechts) sowie die Wärme zur Einstellung der Produkteigenschaften zum Einsatz kommen.

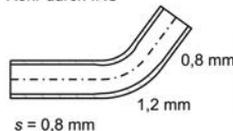
#### Inkrementelles Rohrumformen (IRU) bei erhöhten Temperaturen



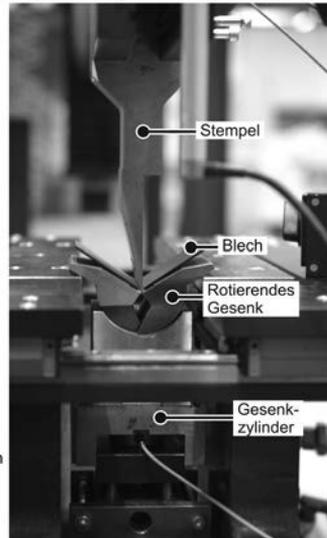
#### Herkömmliche Schweißkonstruktion



#### Nahtloses, maßgefertigtes Rohr durch IRU



#### Blechbiegen mit Spannungsüberlagerung



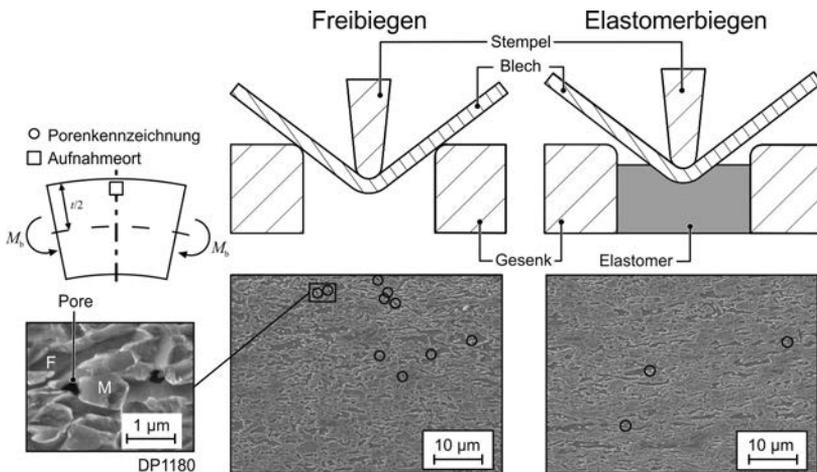
Entwicklungen in der Biegeumformung zum Rohrumformen und Blechbiegen

### 3.3.1 Schädigungsbeeinflussung bei der Biegeumformung

Projektträger  
Projektnummer  
Ansprechpartner

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
SFB/TRR 188 • Teilprojekt A05  
Rickmer Meya M. Sc.

Profile aus hoch- und ultrahochfesten Stahlwerkstoffen werden vielfach durch klassische Biegeumformprozesse wie Frei- und Gesenkbiegen oder Walzprofilieren hergestellt. Durch die Kaltumformung und die damit einhergehende Kaltverfestigung erhält das Bauteil eine höhere Festigkeit. Neben der Kaltverfestigung und der Einbringung von Eigenspannungen durch die inhomogene Formänderung entwickelt sich bei der Umformung auch eine zunehmende Schädigung, die das Bauteilverhalten beeinflusst. Die Schädigungsentwicklung ist dabei stark vom Biegeverfahren und somit vom Lastpfad (zeitliche Abfolge von Spannung, Dehnung, Dehnrates und Temperatur) abhängig. Durch die Überlagerung von Druckspannungen, wie beispielsweise durch das Elastomerbiegen, kann die Schädigung reduziert werden (vgl. Bild). Durch die verzögerte Schädigungsevolution weisen die produzierten Bauteile eine höhere zyklische Leistungsfähigkeit auf. Ziel des Teilprojektes ist es daher, die Schädigung bei Blechbiegeprozessen vorherzusagen, zu kontrollieren und technisch zu nutzen.



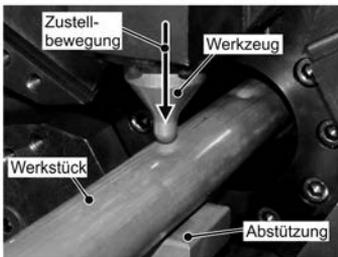
Verzögerte Schädigungsentwicklung beim Elastomerbiegen

## 3.3.2 Grundlagen des Inkrementellen Profilumformens

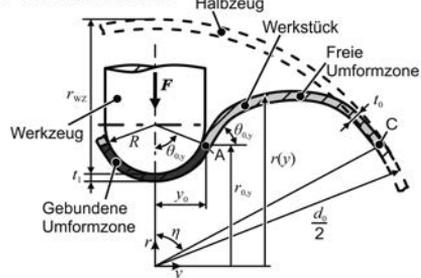
**Projektträger** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
**Projektnummer** BE 5196/3-1  
**Ansprechpartner** Dipl.-Ing. Goran Grzanic

Das Inkrementelle Profilumformen (IPU) ermöglicht die flexible Herstellung von vielfältigen Profilbauteilen mit sehr hohen Komplexitätsgraden. Das Grundprinzip des Verfahrens basiert auf der Durchführung lokaler Umformungen am Rohrhalfzeug durch den gleichzeitigen Einsatz eines oder mehrerer Werkzeuge. Im Fokus dieses Forschungsvorhabens liegt die Ermittlung und Beschreibung der bei dieser Art der Rohrumformung zugrunde liegenden Formänderungsmechanismen sowie der resultierenden Bauteilbelastungen. Für den allgemeinen Fall eines punktförmig belasteten Profilquerschnitts werden unter Berücksichtigung der sich in unmittelbarer Umgebung des Werkzeugkontakts ausbildenden Bauteildeformationen analytische Prozessmodelle zur Vorhersage der Wandstärkenreduktion sowie der dabei wirkenden Umformkraft in Abhängigkeit aller relevanten Prozessparameter entwickelt. Neben numerischen Untersuchungen werden, wie im Bild beispielhaft dargestellt, ebenfalls experimentelle Versuchsdaten zur Validierung der Modelle eingesetzt.

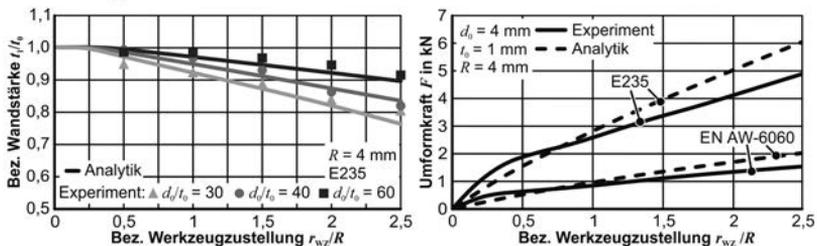
### Radiales Eindringen



### Prozessmodell



### Vorhersage der Wandstärke und der Umformkraft



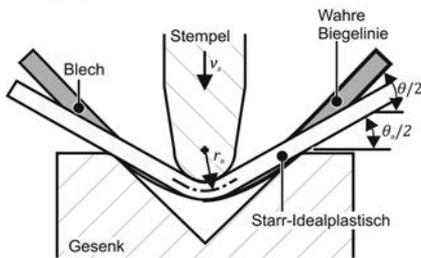
Analytische Vorhersage der Wandstärkenreduktion und der Umformkraft beim Inkrementellen Profilumformen

### 3.3.3 Entwicklung eines Modells zur Beschreibung von Rückfederung und Eigenspannungen beim temperaturunterstützten Biegeumformen

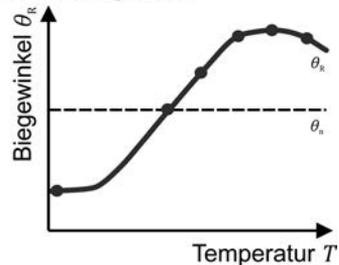
Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/59-1  
 Ansprechpartner Christian Löbke M. Sc.

Ziel des Projekts ist die Erforschung und Beschreibung des Biegens von Blechen bei erhöhten Temperaturen. Zur Umformung von hochfesten Stählen sowie Leichtmetallen werden zunehmend temperaturunterstützte Prozesse eingesetzt, sodass das Umformvermögen verbessert und die Prozesskräfte reduziert werden. Im Projekt wird daher das Blechbiegen untersucht, um schließlich das Rückfederungsverhalten bei erhöhten Temperaturen abbilden zu können. Wie das Bild zeigt, wird in dem Biegeprozess der resultierende Biegewinkel gleichzeitig durch die beiden Mechanismen Überbiegen und Rückfedern beeinflusst. Beide Mechanismen werden neben den material-spezifischen Einflüssen durch die Prozessparameter gesteuert, sodass zur Beschreibung des finalen Biegewinkels ein komplexes Verhalten zu berücksichtigen ist. Als Grundlage für die Prozessbeschreibung werden zunächst Versuche zur Werkstoffcharakterisierung mit den Einflüssen wie Temperatur, Dehnung und Dehnrate durchgeführt, bevor eine experimentelle Untersuchung der thermischen und zeitlichen Einflüsse im gesteuerten Biegeversuch erfolgt.

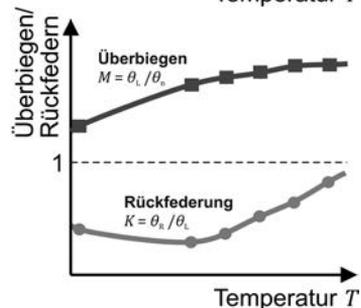
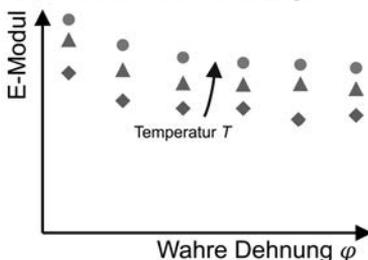
#### Biegeprozess



#### Prozessergebnis



#### Werkstoffcharakterisierung



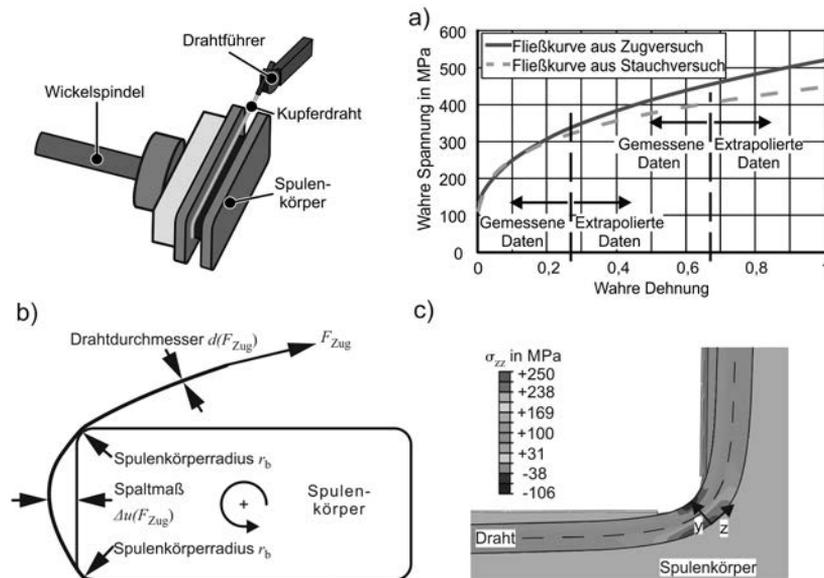
Untersuchung des Blechbiegens zur Beschreibung der Rückfederung bei erhöhten Temperaturen

### 3.3.4 Umformtechnisch unterlagerte Prozessmodellierung des Linearspulenwickelprozesses

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/56-1
Ansprechpartner	Anna Komodromos M. Sc.

Effiziente Statoren für Elektromotoren werden durch das Wickeln von Kupferdraht auf rechteckigen Spulenkörpern zu Zahnspulen hergestellt. Im Projekt wird in Kooperation mit dem Institut für Produktionstechnik (KIT) der Wickelprozess untersucht und mit dem Ziel optimiert, die Herstellung von Zahnspulen mit angepassten Produkteigenschaften, etwa einem hohen Füllfaktor und geringem Widerstand, zu ermöglichen. Grundlage für die Prozessuntersuchung ist die Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften des Kupferdrahts, wie der Zug-Druck-Anisotropie (vgl. Bild a).

Eine Herausforderung des Wickelprozesses ist später die Einstellung der Prozessparameter, sodass die Drahtabflachung infolge der Normalkraft und starken Biegung vermieden wird (vgl. Bild b und c), die zu einer deutlichen Zunahme des elektrischen Widerstands führen. Der Prozess wird durch numerische, analytische und experimentelle Methoden untersucht, um die Einflüsse der Geometrie, des Werkstoffs und der Prozessparameter offenzulegen.

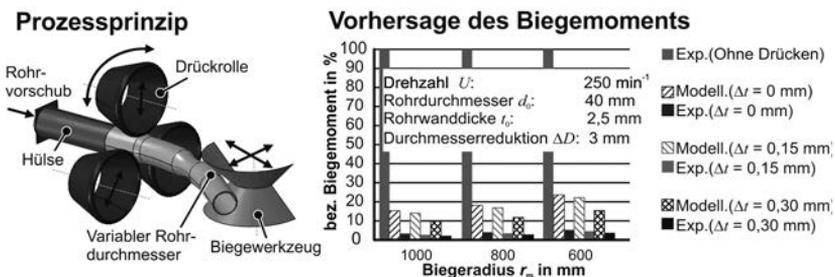


Linearspulenwickeln: a) Fließkurven des Kupferdrahts, b) Einflussparameter, c) Biegespannungen an Spulenkörperecke

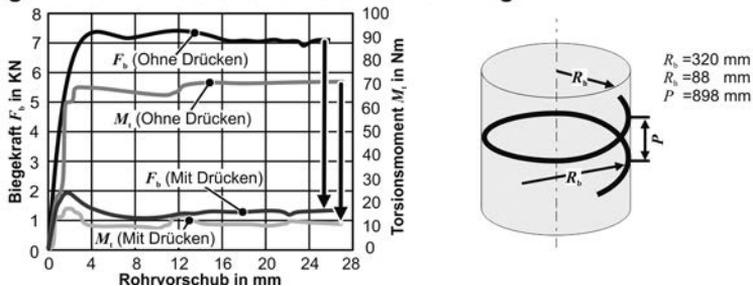
### 3.3.5 Untersuchung des Inkrementellen Rohrformens mit dem Ziel der Erstellung eines Prozessmodells zur Vorhersage der Rückfederung

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/26-2  
 Ansprechpartner Esmaeil Nazari M. Sc.

Die Inkrementelle Rohrformung (IRU) ist eine Verfahrenskombination des Drückwalzens und Freiformbiegeprozesses zur Herstellung von gebogenen, lastoptimierten Rohren mit variablen Durchmessern und Dicken über der Längsachse. Ein Merkmal des Verfahrens ist die Verringerung des Biegemoments und der Rückfederung durch die Spannungsüberlagerung infolge des Drückens. In dem Projekt wird der Einfluss der simultanen Durchmesser- und Dickenreduzierung auf das Biegemoment experimentell und numerisch untersucht. Außerdem wird ein analytisches Modell entwickelt, um die Radial- und Umfangsspannungen für verschiedene Durchmesser- und Dicken-Reduktionen vorherzusagen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Biegemoment hauptsächlich durch die Durchmesserabnahme verringert wird und die Dickenänderung diesen Effekt nur geringfügig verstärkt (vgl. Bild). Darüber hinaus können 3D-Profile mithilfe der Technologie hergestellt werden. Dabei zeigt sich, dass durch die Prozesskombination das erforderliche Torsionsmoment um bis zu 81 % reduziert wird.



#### Biegekräfte und Torsionsmoment beim 3D-Biegen



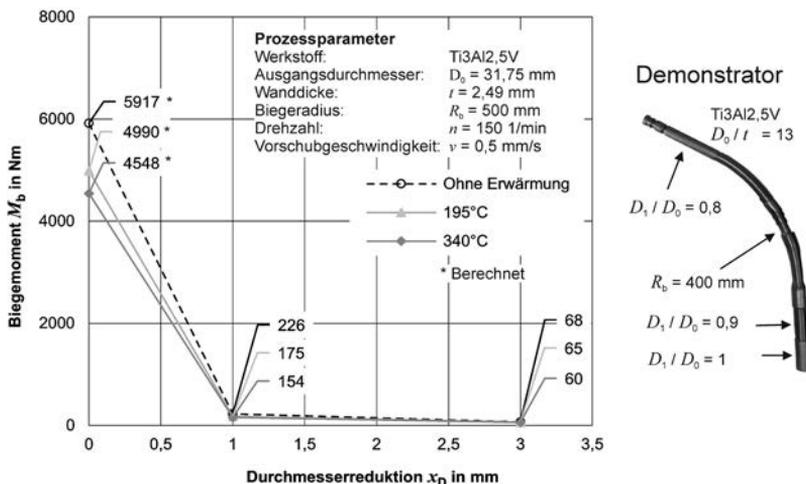
Prozessprinzip und Umformkräfte bei der Inkrementellen Rohrformung

### 3.3.6 Freiformbiegen luftfahrtrelevanter Rohrbauteile

Projektträger	BMW/DLR
Projektnummer	20W1514B
Ansprechpartner	Stefan Gallus M. Sc.

Im Flugzeugbau werden Rohrleitungen aufgrund des hohen Verhältnisses von Festigkeit zu Gewicht bevorzugt aus Titanwerkstoffen hergestellt. Die etablierten Verfahren zur Umformung der Titanrohre, wie das Rotationszugbiegen, stoßen beispielsweise bei der Herstellung sehr großer Biegeradien an Grenzen. Deshalb wird in diesem Projekt zusammen mit dem Projektpartner PFW Aerospace GmbH ein Freiformbiegeprozess, das Inkrementelle Rohrumformen (IRU), zur Herstellung gebogener Titanrohre qualifiziert.

Die flexible Umformbarkeit von Rohren aus Ti3Al2,5V mit dem IRU-Prozess wird durch einen Demonstrator gezeigt (vgl. Bild rechts). Eine induktive Erwärmungseinheit erweitert den IRU-Prozess um die Möglichkeit, Biegeoperationen bei erhöhten Temperaturen durchzuführen. Somit wird das Biegemoment durch eine Spannungsüberlagerung infolge des Druckprozesses sowie durch die thermische Aktivierung reduziert (vgl. Bild links). Neben der Charakterisierung der Produkteigenschaften sollen im Projekt letztendlich die Prozessgrenzen des Freiformbiegens ermittelt und eine Prozessbeschreibung entwickelt werden.

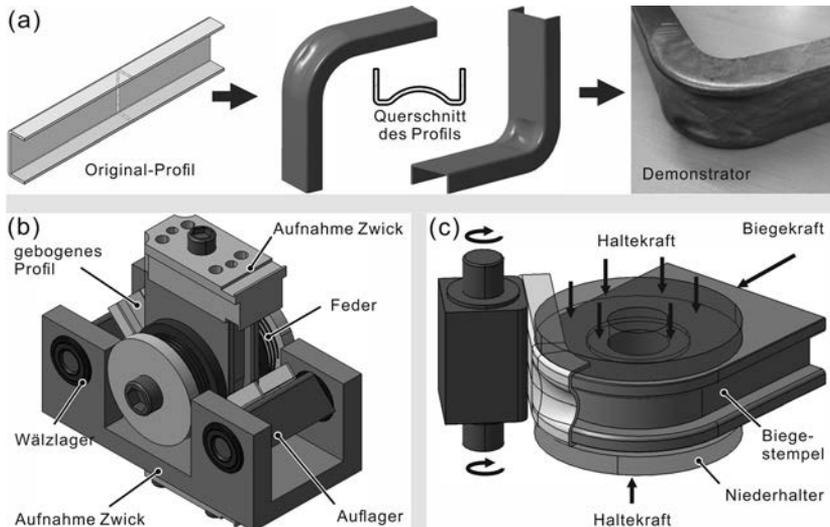


Versuchsergebnisse des Inkrementellen Rohrumformens von Titanrohren

### 3.3.7 Entwicklung einer Technologie zum Biegen von U-Profilen

Projektträger                    BMWi/ZIM-ZF  
 Projektnummer                ZF4101104US6  
 Ansprechpartner              Hui Chen M. Sc.

Das Biegen von dünnwandigen und offenen Profilen ist häufig durch die Faltenbildung und das Knicken auf große Biegeverhältnisse und kleine Biege-  
 winkel beschränkt und größtenteils nur mit formgebundenen Biegeverfahren  
 wie dem Rotationszugbiegen möglich. Aufgrund dieser Restriktion soll im  
 Projekt ein Verfahren entwickelt werden, das eine kontrollierte Querschnitts-  
 deformation zulässt, um die neutrale Faser zu verschieben und dadurch die  
 erzielbaren Krümmungen zu verkleinern (vgl. Bild a). Die Technologie greift  
 hierzu auf einen Werkzeugaufbau zum Gesenkbiegen zurück, bei dem die  
 Profilmwände gestützt bzw. durch eine Aussparung im Biegestempel zur De-  
 formation gezwungen werden (vgl. Bild b und c). Berücksichtigt werden bei  
 der Entwicklung U-Profile mit variierenden Abmessungen sowie Werkstoffe  
 unterschiedlicher Festigkeit und Dicke. Zur Analyse des Verfahrens wird zu-  
 nächst auf ein numerisches Modell zurückgegriffen, um den modularen  
 Werkzeugaufbau auszulegen und zu erproben. In Experimenten soll schließ-  
 lich das Modell bestätigt und die neuen Prozessgrenzen ermittelt werden.

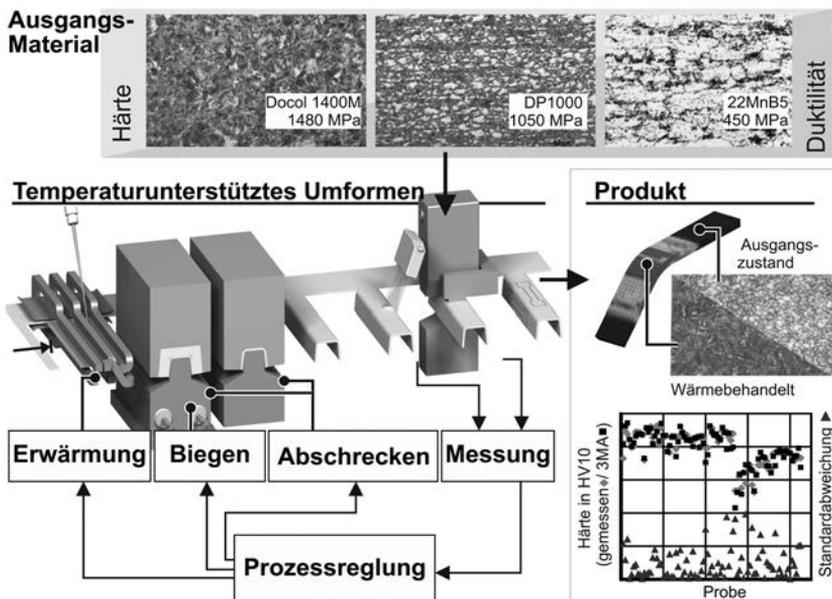


a) U-Profil mit deformiertem Querschnitt, b) und c) modulare Biegewerkzeuge im Zusammenbau und im Schnitt

### 3.3.8 ConProBend – Einstellung von Produkteigenschaften in Folgeverbundwerkzeugen

Projektträger	BMW/ZIM-KF
Projektnummer	KF2198138LP4
Ansprechpartner	Christian Löbbe M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

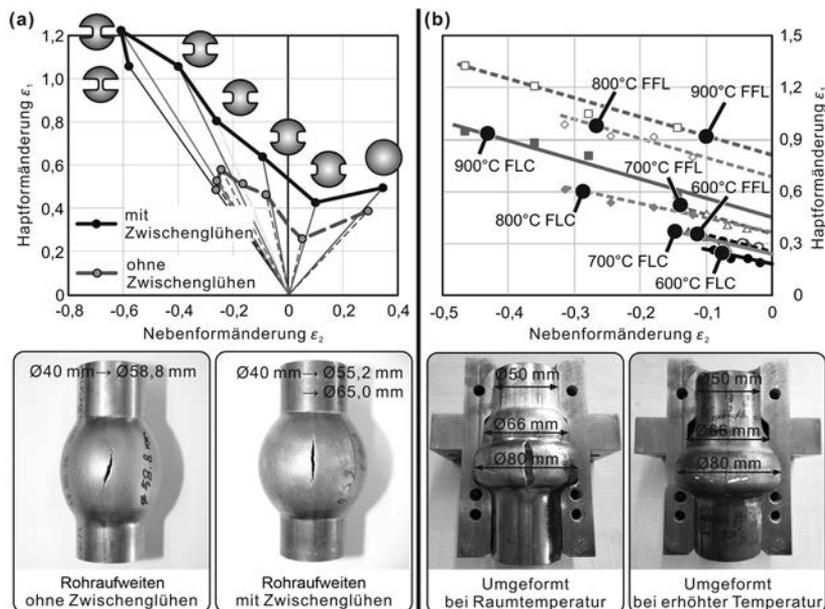
In dem Kooperationsprojekt mit der Firma KODA wurde eine Technologie zum temperaturunterstützten Blechumformen in Folgeverbundwerkzeugen entwickelt, die zur Einstellung der Geometrie und der mechanischen Eigenschaften geeignet ist. Zur Herstellung von hochfesten und belastungsangepassten Blechkomponenten wurden zunächst drei niedriglegierte Stähle in verschiedenen Ausgangszuständen zur raschen Wärmebehandlung untersucht und geeignete Parameter zur In-situ-Wärmebehandlung abgeleitet. Im Anschluss wurden Gestaltungsrichtlinien für das Werkzeug ermittelt und ein modulares Prototypen-Werkzeug entwickelt, das zur Fertigung von Demonstratoren geeignet ist. Kern der Werkzeugentwicklung war neben der Erwärmungs- und Abkühlinheit zur raschen Prozessgestaltung die Rückführung der Produkteigenschaften mittels Laser-Sensorik und mikromagnetischer Bauteilprüfung. In Versuchen wurde letztendlich demonstriert, dass durch den temperaturunterstützten Prozess nicht nur maßgenaue Bauteile bei hoher Hubrate von bis zu  $20 \text{ min}^{-1}$  fertigbar sind, sondern auch die partielle Wärmebehandlung und die Herstellung von maßgefertigten Produkteigenschaften möglich ist (vgl. Bild).



### 3.3.9 Erweiterung der Formänderungsgrenzen durch den Einsatz von Wärme innerhalb der Prozesskette

Projektträger	ReCIMP
Ansprechpartner	Hui Chen M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Bei der Substitution von hochlegiertem austenitischem Edelstahl durch kostengünstigen ferritischen Edelstahl stellt das begrenzte Umformvermögen eine wesentliche Herausforderung dar. Zur Erweiterung der Prozessgrenzen beim Innenhochdruckumformen wurden zwei Ansätze untersucht. Der erste Ansatz war hierbei das mehrfache Glühen zur Rekristallisation und Erholung zwischen den einzelnen kalten Umformschritten. Wie das ermittelte Formänderungsdiagramm und die Experimente zur freien Innenhochdruckumformung zeigen, wurde durch das Zwischenglühen die erzielbare Formänderung wesentlich erhöht (vgl. Bild a). Ein weiterer Ansatz war die Rohrumformung im warmen Zustand. Hierzu wurden granulare Medien verwendet, die eine Umformtemperatur bis zu 900 °C erlauben. Auch hier konnte die Formbarkeit, insbesondere bei Zug-Druck-Beanspruchungen, wesentlich verbessert werden (Bild b). Beide Ansätze sind somit geeignete Lösungen, um die Formänderungsgrenzen ferritischer Edelstahlrohre beim Innenhochdruckumformen durch unterschiedliche Prozesse zu erweitern.

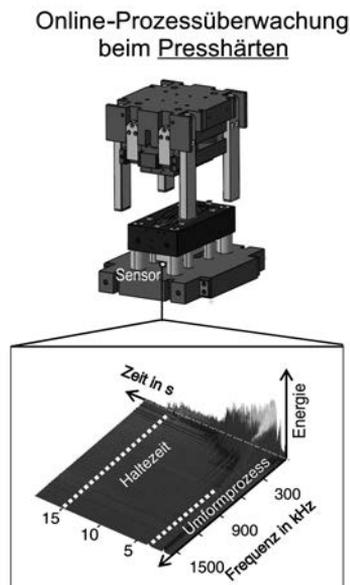


a) Erweiterung der Umformbarkeit durch Zwischenglühen, b) granular-mediumbasierte Warmrohrumformung

## 3.4 Abteilung Blechumformung

Leitung Dr.-Ing. Lars Hiegemann

Forschungsschwerpunkte der Abteilung Blechumformung liegen vorrangig im Bereich des Tiefziehens sowie des Presshärtens. Dabei liegt der Fokus des Tiefziehens auf der Verarbeitung von hybriden oder neuartigen Materialien. So werden eine kombinierte Herstellung von Bauteilen aus Magnesium und Verstärkungen aus Kunststoff in einem Prozessschritt untersucht. Ebenfalls eine Kombination aus Metall und in diesem Fall aus einem faserverstärkten Kunststoff stellt die In-situ-Hybridisierung (vgl. Bild) dar, bei der ein Einspritzen von Kunststoff in einem Tiefziehprozess erfolgt. Hinzu kommen Arbeiten, die eine Umformung additiv gefertigter Sandwichverbunde mit einer optimierten Kernstruktur behandeln. Im Bereich des Presshärtens wird zum einen der klassische Presshärteprozess auf andere Bereiche übertragen. So laufen Forschungen zum aktiven und passiven Presshärten von Rohren. Zum anderen ist die Online-Prozessüberwachung des Presshärtens (vgl. Bild) Stand der Untersuchungen. Diese hat zum Ziel, Fehler in Bauteilen bereits während der Umformung zu detektieren und entsprechend in den Prozess eingreifen zu können.

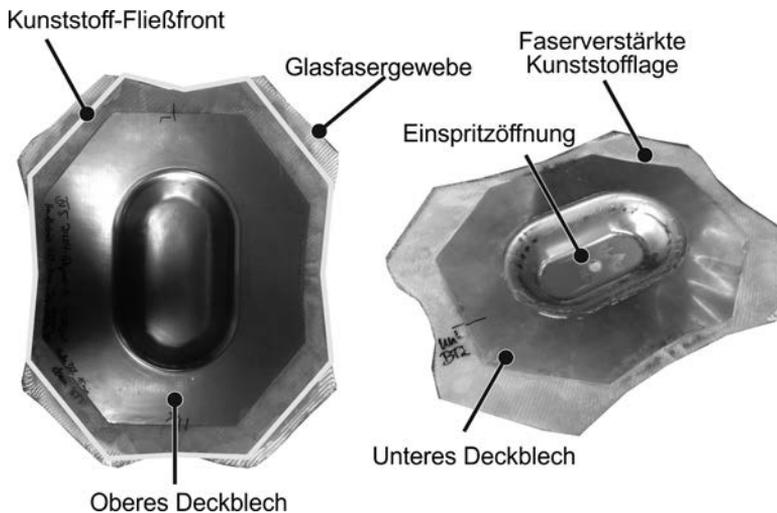


Forschungsbereiche der Abteilung Blechumformung

### 3.4.1 In-situ-Hybridisierung beim Tiefziehen – thermoplastische Faser-Metall-Laminatbauteile (FML), basierend auf reaktiv verarbeitetem Gusspolyamid 6

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	BE 5196/4-1
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. Thomas Mennecart

Innerhalb des Jahres 2017 konnten im Rahmen des Projektes zur 1-Schritt-Fertigung von Sandwichblechen, bei der Kunststoff während des Tiefziehens zwischen zwei Blechen eingespritzt wird, neue Erkenntnisse erlangt werden. In einem ersten Schritt sind die Grenzformänderungskurven durch Nakajima-Versuche ermittelt worden. Es konnte festgestellt werden, dass eine Umformung von zwei Deckblechen mit einer trockenen Gewebelage die Grenzformänderungskurve herabsetzt, was auf die Kerbwirkung der Eindrücke durch die Fasern zurückzuführen ist. In weiteren Untersuchungen ist die Infiltrierung der Fasern durch unterschiedlich viskose Medien untersucht worden. Hierbei ist in Abhängigkeit der Normalpressung die durch die Fasern geflossene Menge an Flüssigkeit gemessen worden. Dies ist ein wichtiger Kennwert für den Prozess, um den Zeitpunkt zu kennen, bis wann die Infiltrierung stattgefunden haben muss, bevor die Kontaktdrücke in den Radienbereichen steigen. Weiterhin sind mithilfe des Projektpartners vom Karlsruher Institut für Technologie Bauteile im In-situ-Verfahren erfolgreich hergestellt worden (vgl. Bild).



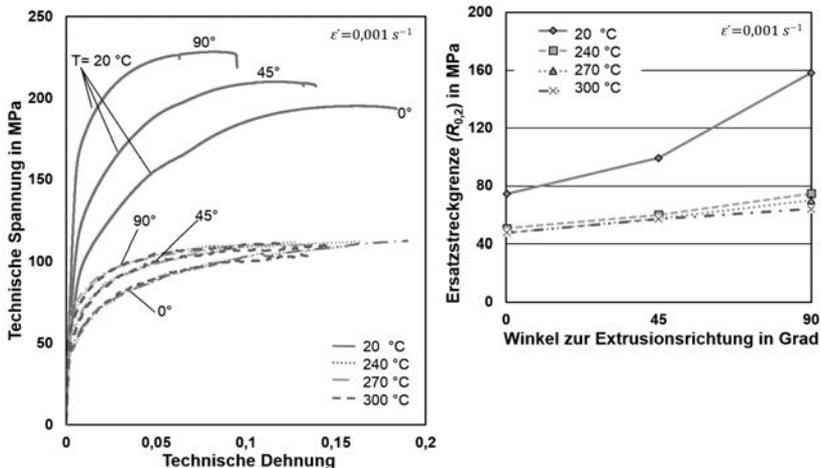
In-situ hergestellte Bauteile

### 3.4.2 Entwicklung hybrider Kunststoff/Magnesium-Werkstoffverbunde für Ultraleichtbauanwendungen (KuMag)

Projektträger	LeitmarktAgentur.NRW
Projektnummer	EFRE-0800113
Ansprechpartner	Hamed Dardaei Joghann M. Sc.

Durch die Kombination der Blechumformung und des Spritzgießens lässt sich eine hohe Funktionsintegration in einem Verbundwerkstoff ermöglichen. Das geringe Gewicht von Magnesium ist ein entscheidender Vorteil für dessen Auswahl als Teil des Hybridwerkstoffs. Durch das gemeinsame Tiefziehen einer Magnesiumknetlegierung und das Hinterspritzen mit Kunststoff werden Prozessschritte reduziert.

In diesem Projekt mit den Projektpartnern des IKV der RWTH Aachen und den Firmen TWI, JUBO und KODA werden aus einem Magnesiumgussblock zwei Bleche, einmal mit einer homogenen Dicke und zum anderen mit einer variablen Dicke, stranggepresst. Die Rohre werden aufgeweitet und planiert. Danach wird das Blech tiefgezogen und zuletzt wird es hinterspritzt. Zur Untersuchung der Umformbarkeit ist für die stranggepressten Bleche eine Materialcharakterisierung durchgeführt worden. Als Beispiel für die Ergebnisse der Materialcharakterisierung sind die Resultate der Zugversuche unter unterschiedlichen Temperaturen für Bleche mit homogenen Dicken zu nennen. Auf den Abbildungen ist zu sehen, dass die Dehnung bei Raumtemperatur einen maßgeblichen Einfluss auf die Fließspannung hat. Es ist außerdem ersichtlich, dass Temperaturen oberhalb von 240 °C keinen weiteren Einfluss auf das Fließverhalten des Werkstoffs haben.

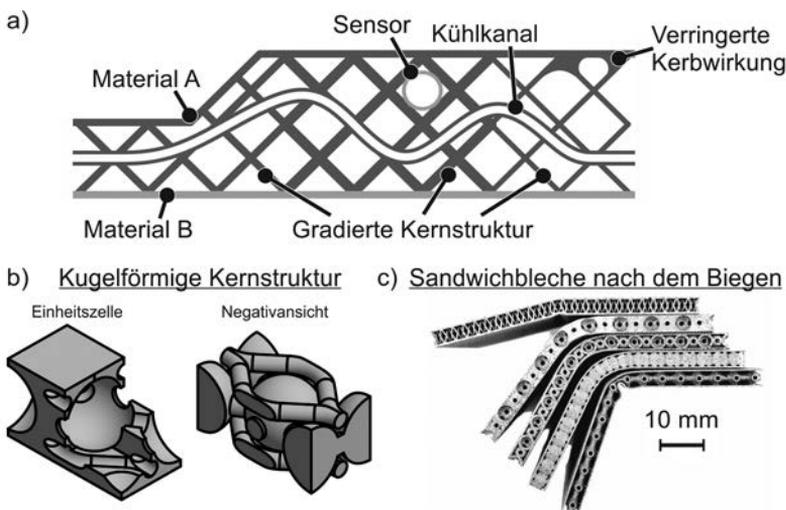


Ergebnisse der Zugversuche für Bleche mit homogener Dicke aus ME20

### 3.4.3 Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde mit optimierten Kernstrukturen

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/63-1  
 Ansprechpartner Stephan Rosenthal M. Sc.

In Kooperation mit dem Institut für Produkt Engineering der Universität Duisburg-Essen werden in dem laufenden Projekt additiv gefertigte Sandwichblechverbunde mit für die Umformung optimierten Kernstrukturen entwickelt und gefertigt. Ziel ist die Entwicklung einer Verfahrenskombination aus selektivem Laserschmelzen (SLM) und Umformtechnik. Additiv gefertigte Sandwichbleche aus Metall werden hinsichtlich hoher Duktilität und Umformbarkeit ausgelegt und gebaut. Die Abbildung zeigt die Möglichkeiten der additiven Fertigungstechnologie. Multi-Material-Aufbauten, hohe Funktionsintegrationen, wie beispielsweise komplexe Kühlkanäle oder Sensoreinheiten, können ebenso wie lastangepasste gradierte Strukturen gefertigt werden. Dank der Kombination aus additiver Fertigung und Umformtechnik lassen sich die Vorteile beider Verfahren – hohe Flexibilität, nahezu freie Gestaltungsfreiheit der Fertigung sowie Effizienz und Produktivität der Umformtechnik – vereinen. Ein Vorteil der Verfahrenskombination liegt in einer Zeitersparnis von bis zu 50 % gegenüber der additiven Fertigung von endkonturnahen Geometrien.



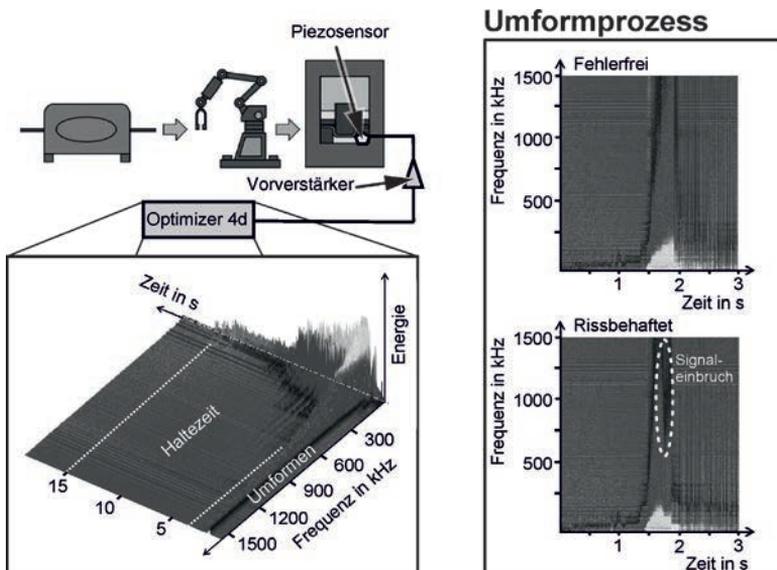
a) Schematischer Aufbau eines Sandwichbleches, b) Einheitszelle, c) Bleche nach dem Biegen

### 3.4.4 Optiform – Optimiertes Online-Prozessmonitoring zur Verbesserung der Tiefzieheigenschaften hochfesten Stahls beim Warmumformen

Projektträger                      LeitmarktAgentur.NRW  
 Projektnummer                    EFRE-0800265  
 Ansprechpartner                 Mike Kamaliev M. Sc.

In Kooperation mit der Qass GmbH werden Potenziale innovativer akustischer Sensorik zur Zustandsüberwachung beim Presshärten erarbeitet. Simultane Signalentfaltungen in Form von Fast-Fourier-Transformation ermöglichen dabei die Analyse von Frequenzen über Amplitude und Zeit.

Das Bild zeigt ein aufgenommenes Prozesssignal während der Herstellung eines Demonstratorbauteils. Zur Charakterisierung werden potenzielle Schallquellen durch die Messung in abgeleiteten Laborversuchen separiert. Die Ergebnisse zeigen einen niederfrequenten Einfluss von Warmumformprozessen, während Reibprozesse breite Frequenzbänder erzeugen und folglich den Hauptbestandteil der Umformsignale ausmachen. Darüber hinaus kann ein kurzzeitiger Einbruch dieser Signale während der Umformung als passive Methode zur Rissbestimmung genutzt werden. Mittels eines geringen Dämpfungsfaktors ist die Erfassung von Signalen durch Gefügeumwandlungsprozesse ebenfalls möglich. Versuche haben dabei gezeigt, dass nur die Entstehung von Martensit und Bainit zu prägnanten und messbaren Signalen führt.

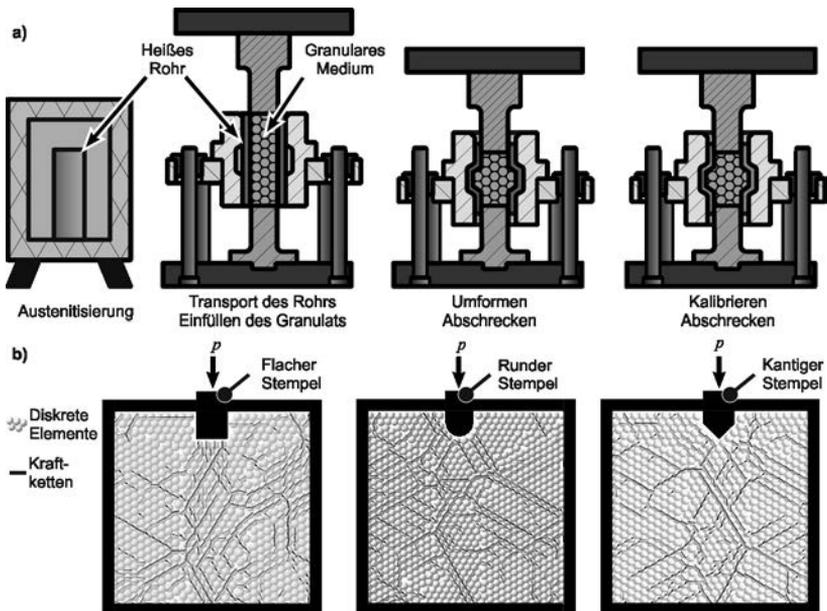


Aufgenommenes Prozesssignal beim Presshärten sowie Detailansicht des Umformprozesses eines fehlerfreien und rissbehafteten Bauteils

### 3.4.5 Presshärten von Rohren durch granulare Medien

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/52-1  
 Ansprechpartner Sigrid Hess M. Sc.

Die Prozesskombination aus Presshärten und Innenhochdruckumformung ermöglicht die Herstellung hochfester und -steifer rohrförmiger Bauteile. Als innovatives Umformmedium werden granulare Medien eingesetzt, die sowohl hohen Temperaturen als auch hohen Drücken standhalten. Der Drucktransfer innerhalb des Mediums ist auf die Kraftübertragungskette zwischen den einzelnen Partikeln zurückzuführen. Während die Kräfte in Flüssigkeiten normal zu den Rohrwänden angreifen und der Druck homogen verteilt ist, sind die Kräfte im granularen Medium stark in Kraftketten lokalisiert. Diese enden an einzelnen Partikeln an der Rohrinnenwand und erzeugen eine inhomogene Druckverteilung. Mittels der Diskreten-Elemente-Methode wird unter anderem der Einfluss der Stempelgeometrie auf die Kraftausbreitung innerhalb des Granulats analysiert (vgl. Bild). Die Generierung vieler radial gerichteter Kraftketten sowie eine geringe innere Reibung des Granulats sorgen für eine effektive Kraftübertragung. Das Projekt wird in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln bearbeitet.



a) Prozessablauf, b) Diskrete-Elemente-Methode: Visualisierung der Kraftkettenverteilung

### 3.5 Abteilung Massivumformung

Leitung Christoph Dahnke M. Sc.

Der Schwerpunkt der Abteilung Massivumformung liegt insbesondere auf den Fertigungsverfahren Strangpressen und Fließpressen. Die Arbeiten fokussieren sich zum einen auf die Neu- und Weiterentwicklung innovativer Verfahrensvarianten und zum anderen auf die grundlegende Erforschung bislang ungeklärter Fragestellungen im Hinblick auf die genannten Prozesse. Themen im Bereich der Grundlagenforschung sind beispielsweise Längspressnahtabzeichnungen beim Strangpressen oder der bei Lastumkehr auftretende Bauschingereffekt in der Kaltmassivumformung. Im Rahmen der Neu- und Weiterentwicklungen ist die Fertigung von hybriden Bauteilen von zentraler Bedeutung. Durch die Kombination unterschiedlicher Materialien, wie z. B. Stahl und Aluminium, lassen sich sowohl Gewichtseinsparungen als auch Verbesserungen der lokalen Bauteileigenschaften erreichen. Das kontinuierliche Verbundstrangpressen erlaubt darüber hinaus die Einbettung funktionaler Elemente wie elektrischer Leiter oder Formgedächtniselemente. Auch ökologische Aspekte, beispielsweise durch die Wiederverwendung von Aluminiumspänen mittels Strangpressen, werden berücksichtigt.

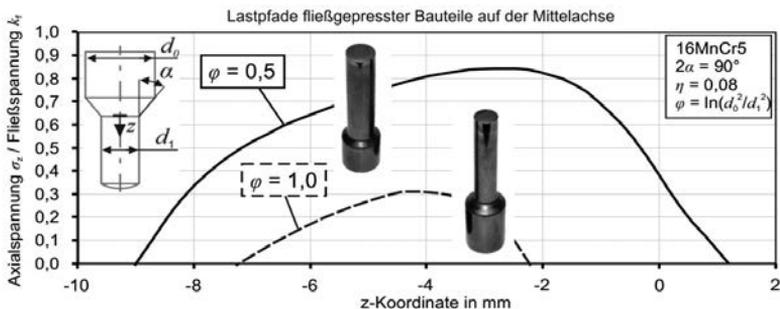


Die Mitarbeiter der Abteilung Massivumformung

### 3.5.1 Beeinflussung der Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer SFB/TRR 188 • Teilprojekt A02  
 Ansprechpartner Oliver Hering M. Sc.

Zur Herstellung fließgepresster Bauteile werden stangenförmige Halbzeuge eingesetzt, welche bereits eine Werkstoffschädigung aufweisen können. Diese kann sich durch den Kaltfließpressprozess weiterentwickeln. Die mechanischen Eigenschaften fließgepresster Bauteile ergeben sich somit als Folge von Eigenspannungen, Kaltverfestigung und der sich ausbildenden Schädigung entlang der Prozesskette. Ziel des Teilprojektes ist es, die Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen zu analysieren, vorherzusagen und kontrollierbar zu machen, um Fließpressbauteile mit definierter, einsatzangepasster Leistungsfähigkeit herstellen zu können. Dazu wird anhand des Voll-Vorwärts-Fließpressens mit unterschiedlich geschädigten 16MnCr5-Halbzeugen der Einfluss geometrischer und prozesstechnischer Parameter, wie z. B. Umformgrad (vgl. Bild), Schulteröffnungswinkel, Übergangsradien und Reibung, der Einfluss unterschiedlicher Prozessrouten auf den Lastpfad sowie die resultierende Schädigung und Leistungsfähigkeit analysiert.

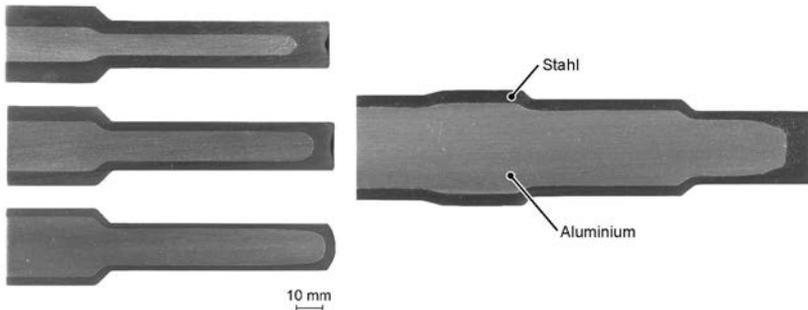


Lastpfad bei unterschiedlichen Umformgraden und resultierende Schädigungsentwicklung

### 3.5.2 Verbundfließpressen von fließgepressten Halbzeugen

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/54-1
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. Stefan Ossenkemper

Das Verbundfließpressen bezeichnet das gemeinsame Fließpressen mehrerer Halbzeuge zur Herstellung von Verbundbauteilen. Im Rahmen des Projektes werden im ersten Schritt Näpfe aus Stahl durch das Napf-Rückwärts-Fließpressen hergestellt, in die ein Leichtmetallkern, z. B. aus Aluminium, eingelegt wird. Diese hybriden Halbzeuge werden anschließend ein- oder mehrstufig zu einer Verbundwelle fließgepresst (vgl. Bild). Die hergestellten Wellen weisen im Kern Eigenschaften von Aluminium und in der Hülle die von Stahl auf. Numerische Untersuchungen zeigen, dass die für einen Stoffschluss maßgeblich verantwortlichen Parameter Oberflächenvergrößerung und Kontaktdruck nicht ausreichen, um diese Verbundart zu erreichen. Durch eine Strukturierung der inneren Oberflächen der Näpfe vor dem Einlegen des Kerns kann jedoch durch die darauffolgende Umformung ein Mikroformschluss erreicht werden. Die Verbundfestigkeit übersteigt dann die Schubfließgrenze des weicheren Werkstoffs, hier Aluminium, sodass feste Verbunde in Stahl-Aluminium-Wellen umformtechnisch hergestellt werden können.

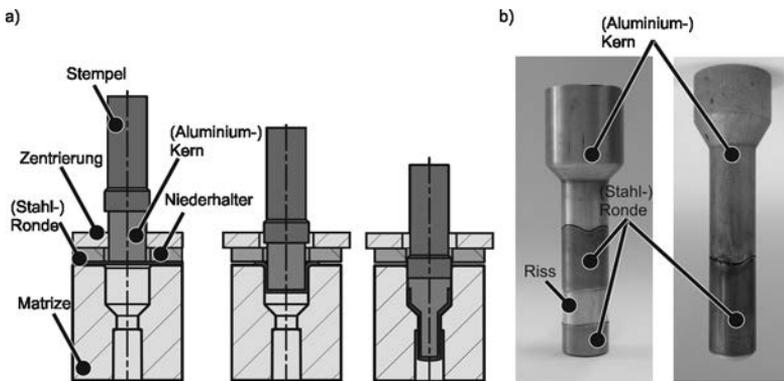


Einfach und mehrfach abgesetzte Stahl-Aluminium-Verbundwellen

### 3.5.3 Verfahren zur Fertigung von Verbundbauteilen durch eine Kombination aus Tiefziehen und Fließpressen

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/61-1
Ansprechpartner	Oliver Napierala M. Sc.

Die Kombination verschiedener Werkstoffe stellt einen Ansatz dar, um lokale mechanische Eigenschaften eines Bauteils einzustellen und das Bauteilgewicht zu verringern. Die Prozesskombination Tiefzieh-Verbundfließpressen, die es ermöglicht, aus einer Ronde und einem zylindrischen Kern leichte Hybridkomponenten zu fertigen, wurde am IUL entwickelt und patentiert. In ersten Untersuchungen wurde aus einer Stahlronde und einem Aluminiumkern eine Leichtbauwelle gefertigt. Das herkömmliche Fließpresswerkzeug (vgl. Bild a) wurde um einen Niederhalter ergänzt. Der Aluminiumkern dient als Ziehstempel und zieht die Stahlronde in die Fließpressmatrize. Anschließend wurde das generierte Hybridhalbzeug zu einer Leichtbauwelle fließgepresst. Durch angepasste Tiefziehparameter und Werkstoffauswahl konnte das Reißen der Stahlronde während des Fließpressens verhindert werden (vgl. Bild b). Forschungsziel ist es, die auftretenden Kräfte, Spannungszustände und Prozessgrenzen analytisch und numerisch zu berechnen und experimentell zu untersuchen.



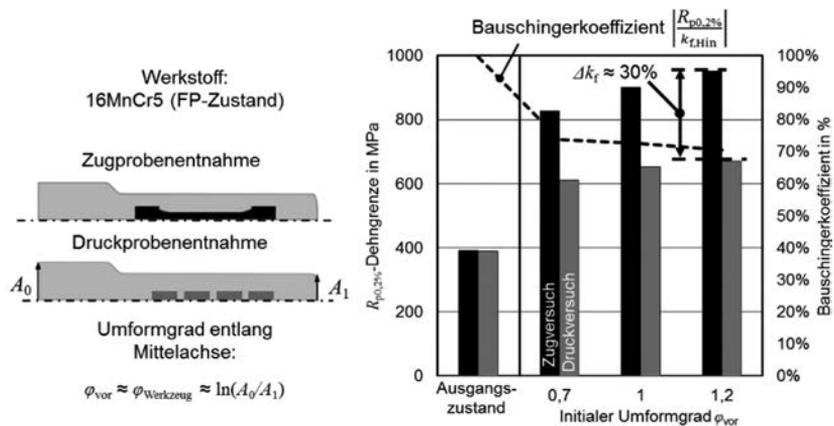
a) Darstellung des Prozessprinzips, b) Riss der Ronde nach dem Fließpressen und Gutteil

### 3.5.4 Abbildung lokaler Bauteileigenschaften in FEM-Umformsimulationen

Projektträger	AiF/FOSTA
Projektnummer	18225 N/P1057
Ansprechpartner	Felix Kolpak M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Das Ziel dieses Teilprojektes der Forschungsinitiative „Massiver Leichtbau“ war die möglichst genaue Abbildung lokaler Bauteileigenschaften fließgepresster Bauteile unter Berücksichtigung der gesamten Prozesskette. Kooperationspartner in dem Forschungsvorhaben waren das ISF der TU Dortmund sowie das IFU der Universität Stuttgart.

Im Bereich Kaltfließpressen wird die verformungsinduzierte Richtungsabhängigkeit der lokalen Festigkeit, hervorgerufen durch den sogenannten Bauschinger Effekt, üblicherweise vollständig vernachlässigt. Der Einfluss der Richtungsabhängigkeit konnte experimentell nachgewiesen werden, indem Zug- und Druckversuche an fließgepressten Proben durchgeführt wurden (vgl. Bild). Zur Steigerung der Abbildungsgüte lokaler Bauteileigenschaften wurden verschiedene isotrop-kinematische Verfestigungsmodelle verglichen. Es zeigte sich, dass die Berücksichtigung kinematischer Verfestigung zu einer drastischen Verbesserung der Abbildungsgüte lokaler Festigkeiten und verformungsbedingter Eigenspannungen beiträgt.

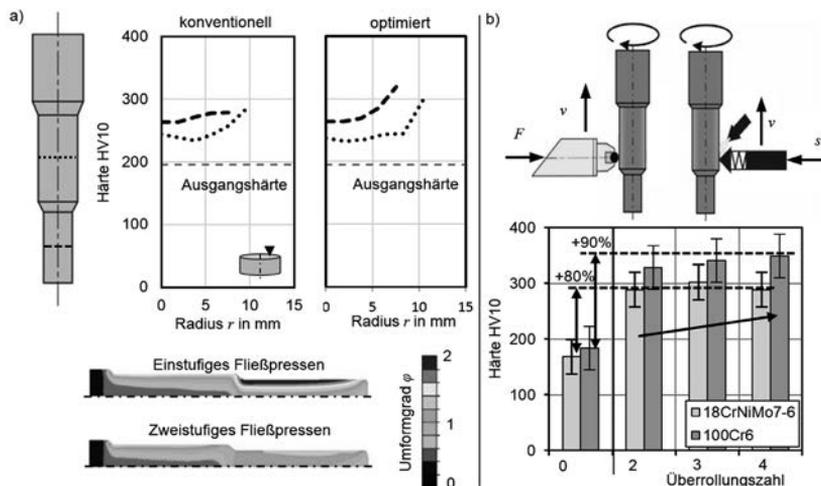


Einfluss des Bauschinger Effektes auf die richtungsabhängige Festigkeit fließgepresster Bauteile

### 3.5.5 Erweiterung technologischer Grenzen bei der Massivumformung in unterschiedlichen Temperaturbereichen

Projektträger	AiF/FOSTA
Projektnummer	18229 N/P1058
Ansprechpartner	Oliver Napierala M. Sc.
Status	abgeschlossen

In diesem Teilprojekt der Forschungsinitiative „Massiver Leichtbau“ wurde die Herstellung von Getriebewellen durch Fließpressen erforscht. Ziel war ein beanspruchungsgerechtes Downsizing durch optimierte Prozessparameter zur Maximierung der Randschichthärte. Die Arbeiten erfolgten in Kooperation mit dem IFUM Hannover sowie dem IFU Stuttgart. Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte eine numerische Variation der Prozessroute, der Werkzeuggeometrie und der Reibbedingungen mit dem Ziel, die randnahe Festigkeiten zu erhöhen. Die generierten Ergebnisse wurden anhand von Realversuchen validiert. Dabei konnte bspw. bestätigt werden, dass der randnahe Umformgrad und damit die Härte bei einer einstufigen Prozessvariante deutlich gesteigert werden kann (vgl. Bild a). Als alternative Möglichkeit wurde das Festwalzen zur weiteren Steigerung der Randschichthärte untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Oberflächenhärte durch einen nachgelagerten Festwalzprozess nahezu verdoppelt werden kann (vgl. Bild b).

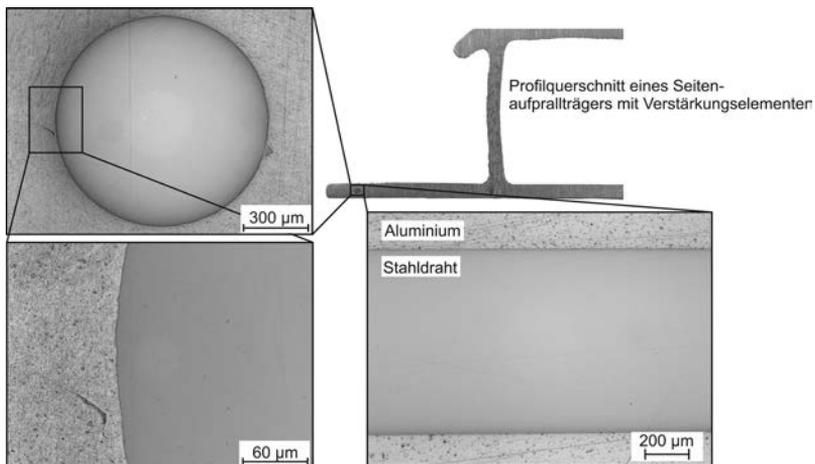


a) Steigerung der Randschichthärte durch Fließpressen, b) Steigerung der Randschichthärte durch Festwalzen

### 3.5.6 Fertigung von Aluminiumprofilen mit kontinuierlicher Verstärkung

Projektträger	AiF/Stiferverband Metalle
Projektnummer	18959 N/1
Ansprechpartner	André Schulze M. Sc.

Die Weiterentwicklung des Verbundstrangpressens für industrielle Anwendungen wird anhand eines Seitenaufprallträgers, der als Verbundprofil ausgelegt wird, untersucht. Für die Einbettung von Verstärkungselementen in ein Profil mit geringer Wandstärke wird ein entsprechendes Werkzeugkonzept entwickelt und analysiert. Auf Basis der numerischen Analyse ist das Werkzeug konstruiert und experimentell erfolgreich getestet worden. Die zur Verstärkung verwendeten Drähte konnten ohne Versagen eingebettet werden (vgl. Bild). Ebenfalls ist der Einfluss nachgelagerter Prozessschritte, wie das Recken oder eine Wärmebehandlung, analysiert worden. Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch das Recken keine negativen Auswirkungen auf die Verbundzone zwischen Draht und Matrix ergeben. Mit dem Ziel einer Erhöhung der mechanischen Eigenschaften der Verbundprofile wird weiterhin der Einfluss unterschiedlicher Verstärkungsdrahtmaterialien untersucht. Durch die Wahl der Werkstoffkombinationen ergeben sich deutliche Unterschiede für die Zugfestigkeit und Bruchdehnung sowie die für die crashrelevanten Komponenten entscheidende Energieabsorptionsfähigkeit.

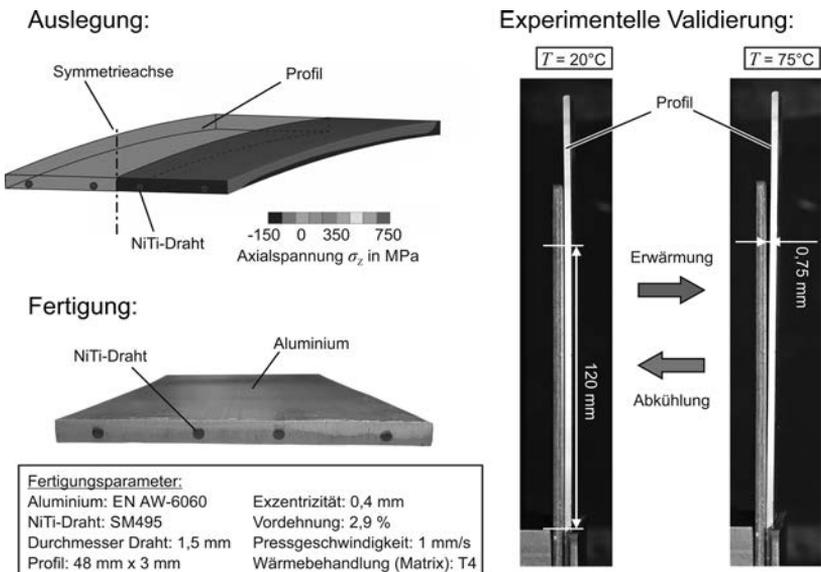


Vollständig eingebetteter Stahldraht im Längs- und Querschliff nach dem Recken

### 3.5.7 Umformtechnische Herstellung und Charakterisierung von Aktuatorprofilen basierend auf Shape Memory Alloys

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/45-2  
 Ansprechpartner Christoph Dahnke M. Sc.

Durch das Verbundstrangpressen können Formgedächtnisdrähte kontinuierlich in Profile aus Aluminium oder Magnesium eingebettet werden. Wegen der besonderen Eigenschaften der verwendeten NiTi-Drähte wie Formgedächtniseffekt und Superelastizität lassen sich dadurch verbesserte mechanische Eigenschaften des Verbundes erzielen. Darüber hinaus werden in Zusammenarbeit mit dem IAM-WK des KIT Leichtbauprofile mit integrierter Aktuatorfunktion ausgelegt und untersucht. Über eine exzentrische Positionierung der Drähte sowie eine thermomechanische Behandlung nach dem Strangpressen wird innerhalb der Profile ein Biegemoment erzeugt. Die Krafteinleitung erfolgt durch das Unterdrücken des Formgedächtniseffektes aufgrund des stoffschlüssigen Verbundes zwischen Draht und Matrix. Ziel ist es, die Bauteile so zu gestalten, dass das Biegemoment zu einer rein elastischen Auslenkung des Profils führt. Die Verbundprofile sind damit in der Lage, in Abhängigkeit der Temperatur wiederholt unterschiedliche Auslenkungen zu erreichen (vgl. Bild). Für die Auslegung werden sowohl analytische als auch FE-Methoden (vgl. Bild) verwendet.



FEM-gestützte Bauteilauslegung, Fertigung und thermische Aktivierung eines Aktuatorprofils

### 3.5.8 Ermittlung und Erweiterung der Einsatzgrenzen bei der umformtechnischen Wiederverwertung von Aluminiumspänen

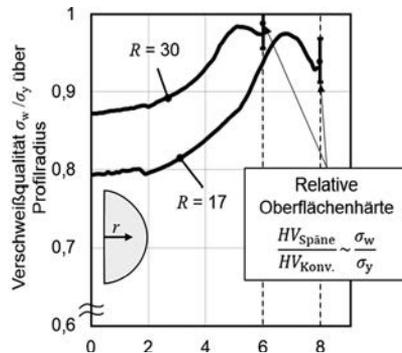
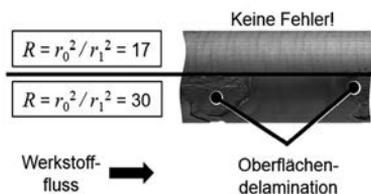
Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer TE 508/60-1  
 Ansprechpartner Felix Kolpak M. Sc.

Das direkte Strangpressen von Blöcken aus kaltkompaktierten Aluminiumspänen ist eine energieeffiziente und ressourcenschonende Möglichkeit, Halbzeuge für nachfolgende Fertigungsstufen oder endkonturnahe Profile mit nahezu beliebiger Form zu fertigen. In Kooperation mit dem WPT der TU Dortmund werden aktuell die prozesstechnischen Grenzen des Verfahrens untersucht.

Einen wichtigen Teil der laufenden Forschung stellt dabei die Ableitung eines quantitativen Kriteriums für die Vorhersage der lokalen Späneverschleißqualität dar (vgl. Bild). Neben der Verwendung der Ergebnisse aus vorangegangenen Projekten werden zur Schaffung einer Validierungsgrundlage Strangpressversuche unter Verwendung einfacher Flachmatrizen sowie komplexer Kammerwerkzeuge durchgeführt. Ziel ist nicht nur eine Vorhersage des grundlegenden Prozesserfolges, sondern auch der resultierenden mechanischen Eigenschaften. In Bezug auf die resultierenden Oberflächenfestigkeiten konnte bereits eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Experiment festgestellt werden.

Relative Verschleißfestigkeit:

$$\frac{\sigma_w}{\sigma_y} = \left( \frac{0.8 \cdot \sigma_h}{\sigma_y} \right)_{s1} \cdot v(\rho_{0,rel})_{s1} \cdot \left( \frac{0.8 \cdot \sigma_h - p_{ex}}{\sigma_y} \right)_{s1}$$

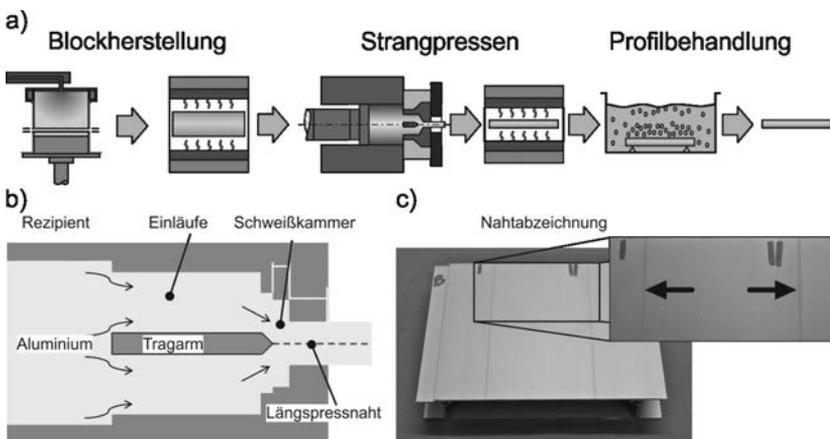


Numerische Vorhersage der Späneverschleißqualität beim Strangpressen von Aluminiumspänen

### 3.5.9 Methoden zur Vermeidung der Längspressnahtabzeichnung bei eloxierten Aluminiumstrangpressprofilen

Projektträger	AiF/Stiferverband Metalle
Projektnummer	18756 N
Ansprechpartner	Johannes Gebhard M. Sc.

Eloxierte Aluminiumprofile werden häufig als Sichtbauteile eingesetzt. Ein Problem sind dabei Pressnahtabzeichnungen, welche erst nach dem Eloxieren sichtbar werden. Mit dem Ziel, diesen Prozessfehler zu verhindern, wird im Rahmen des Projektes die gesamte Prozesskette aus Blockherzeugung, Strangpressen, Auslagerung und Eloxieren berücksichtigt (vgl. Bilder), da mit jedem Schritt weitere Einflussparameter hinzukommen. Zudem können mögliche Wechselwirkungen analysiert werden. Um reproduzierbare und vergleichbare Bedingungen zu schaffen, werden die Pressversuche bei den beteiligten Unternehmen Hueck, Gerhards Alutechnik und HMT Höfer Metall Technik durchgeführt. Für die Untersuchungen wird ein Werkzeug der Firma Wilke Werkzeugbau verwendet, welches Nahtabzeichnungen provoziert und zugleich Temperaturmessungen nahe der Schweißkammer erlauben soll. Zusammen mit dem IAM-WK des KIT werden die Profile in jedem Prozessschritt mittels Licht- und Elektronenmikroskopie untersucht. Die Erkenntnisse sollen anschließend für die Erarbeitung von Richtlinien zur Werkzeuggestaltung genutzt werden.

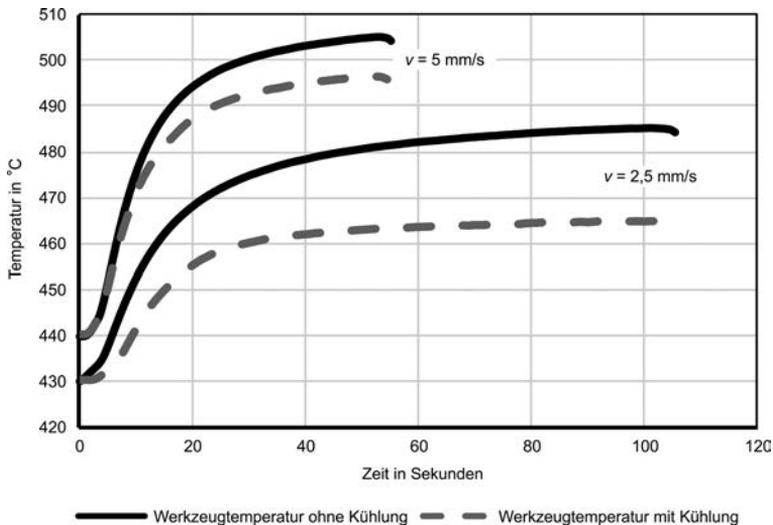


a) betrachtete Prozesskette, b) Strangpressprozess, c) Darstellung der Längspressnahtabzeichnung

### 3.5.10 Experimentelle und numerische Untersuchung zu komplexen industriellen Strangpresswerkzeugen mit integrierter Werkzeugkühlung

Projektträger	BMW/ZIM-KF
Projektnummer	KF2198142K04
Ansprechpartner	André Schulze M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Eine Steigerung der Pressgeschwindigkeit und somit der Produktivität kann durch die Kühlung von Strangpresswerkzeugen erzielt werden. Gemeinsam mit dem Projektpartner WEFA Inotec GmbH wurden industriell eingesetzte Werkzeuge sowohl konventionell, d. h. subtraktiv, als auch additiv mit Kühlkanälen versehen und untersucht. Für die Werkzeugfertigung wurden Warmzugversuche an Werkstoffen durchgeführt, die die Anforderungen an die thermomechanisch hochbelasteten Strangpresswerkzeuge erfüllen und zugleich auch für die pulverbasierte Fertigung verfügbar sind. Nach der Charakterisierung wurden verschiedene Konzepte für die unterschiedlichen Profilgeometrien numerisch erprobt und analysiert. Basierend auf den Erkenntnissen der Simulationen und der Variation unterschiedlicher Kühlkonzepte wurden die Strangpresswerkzeuge anschließend gefertigt und in experimentellen Versuchsreihen erprobt. In Abhängigkeit der Pressparameter kann durch die Kühlung eine Reduzierung sowohl der Werkzeugtemperatur als auch der Profilaustrittstemperatur festgestellt werden (vgl. Bild).



Einfluss der Kühlung auf die Werkzeugtemperatur bei unterschiedlichen Pressgeschwindigkeiten

### 3.6 Abteilung Sonderverfahren

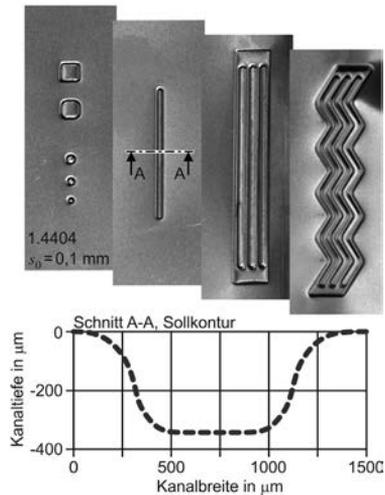
Leitung Dipl.-Wirt.-Ing. Soeren Gies

Neben der Hochgeschwindigkeitsumformung und dem umformtechnischen Fügen stellt die inkrementelle Umformung einen Schwerpunkt in der Abteilung Sonderverfahren dar. Die Motivation für den Einsatz inkrementeller Verfahren ergibt sich insbesondere aus der hohen Flexibilität. Diese resultiert nicht nur aus der fehlenden Werkzeugbindung, sondern kommt auch in den unterschiedlichen Abmaßen der Halbzeuge und auszuformenden Geometrieelementen zum Ausdruck. So kommen bei den Verfahren der inkrementellen Blechmassivumformung vornehmlich Halbzeuge mit Wandstärken im Bereich von 1 bis 3 mm zum Einsatz. Charakteristisch ist hierbei der beabsichtigte dreidimensionale Werkstofffluss. Hierdurch können Bleche sowohl aufgedickt als auch mit Verzahnungselementen versehen werden (vgl. Bild a). Im Rahmen des 2017 gestarteten IGF-Vorhabens 14 EWN wird die inkrementelle Umformung hingegen auf Folien mit einer Dicke von 0,1 mm angewandt. Ziel ist die Ausformung von filigranen Kanalstrukturen (vgl. Bild b), um ein zeiteffizientes und kostengünstiges Prototypingverfahren für Bipolarplatten bereitzustellen.

a) Inkrementelle Blechmassivumformung



b) Inkrementelle Umformung folienförmiger Halbzeuge



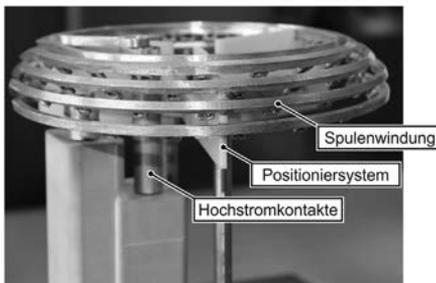
Demonstratorgeometrien inkrementeller Umformverfahren

### 3.6.1 Entwicklung und Herstellung optimierter Spulenwindungen für die elektromagnetische Umformung unter Einsatz additiver Verfahren

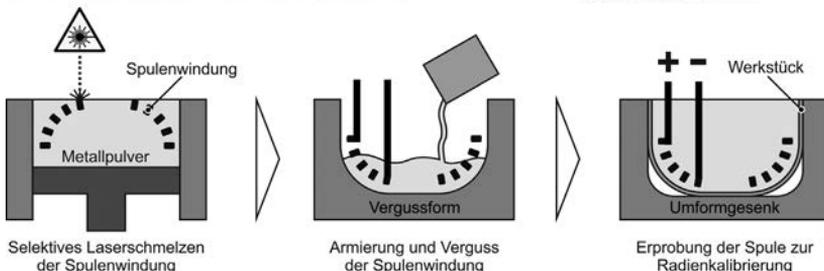
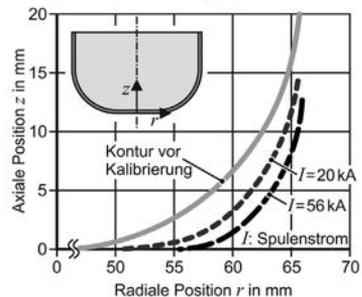
Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/51-1
Ansprechpartner	Dipl.-Wirt.-Ing. Soeren Gies
Projektstatus	abgeschlossen

Die Steigerung der Flexibilität bei der Herstellung von Werkzeugspulen für die elektromagnetische Umformung war das vorrangige Ziel im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der TU Berlin. Durch die Qualifizierung des selektiven Laserschmelzens für die Verarbeitung des Leiterwerkstoffes CuCr1Zr konnten die bisherigen geometrischen Restriktionen bei der Herstellung von Spulenwicklungen überwunden werden. Ein zusätzlicher Freiheitsgrad wurde durch die Möglichkeit zur Herstellung hybrider Leiterquerschnitte geschaffen. Verglichen mit monolithischen Kupferleitern konnte durch den Einsatz von Stahl-Kupfer-Hybriden eine Steigerung der Prozesseffizienz erreicht werden. In Verbindung mit den entwickelten Modellen zur Analyse der thermischen Spulenbelastung stehen mit Abschluss der Projektes effiziente Methoden für die Auslegung und Herstellung von Werkzeugspulen zur Verfügung. Die abschließende Erprobung erfolgte am Beispiel einer Spule für die Radienkalibrierung vorgezogener Blechhohlkörper (vgl. Bild).

#### Komponenten vor dem Verguss:



#### Radienkalibrierung:

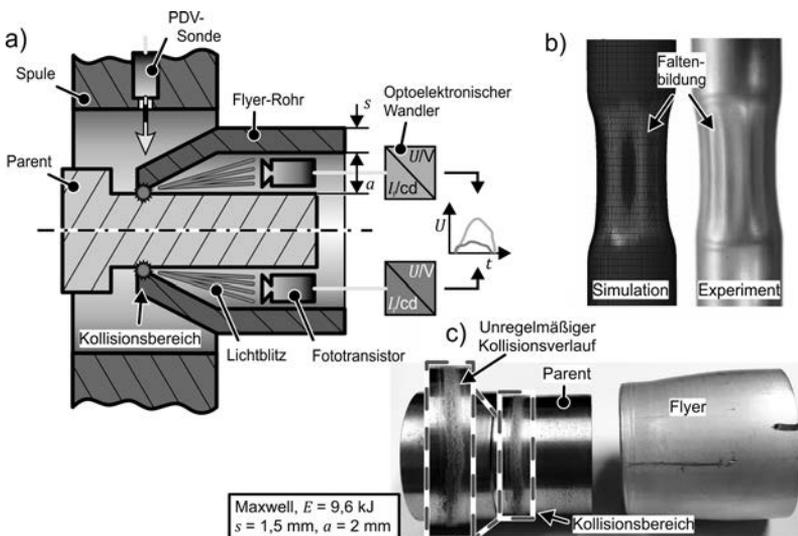


Fertigungsstrategie und Erprobung einer Werkzeugspule mit additiv hergestellter Wicklung

### 3.6.2 Gezielte Einstellung der Nahtausbildung beim Fügen durch Magnetpulsschweißen

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer SPP 1640 • Teilprojekt A1  
 Ansprechpartner Dipl.-Wirt.-Ing. Jörn Lueg-Althoff

Die Erfassung der Kollisionsbedingungen ist eine wichtige Voraussetzung für die Einstellung der Nahtausbildung beim Magnetpulsschweißen (MPW). In enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnik der TU Dresden wurde eine Messmethode weiterentwickelt, die auf der Aufzeichnung der beim Aufprall zwischen Flyer und Parent auftretenden Lichtemission basiert. Fototransistoren, die entgegen der Schweißrichtung in der Nähe der Fügezone platziert werden, dienen als Messwandler. Durch die Registrierung des Zeitpunkts der charakteristischen Lichtemission kann beispielsweise die Aufprallgeschwindigkeit abgeschätzt werden. Anhand etablierter PDV-Messtechnik wurde die neue Messmethodik verifiziert (vgl. Bild a). Außerdem wurde die erste Prozessphase des MPW von Rohren, die elektromagnetische Kompression (EMK), bezüglich ihres Einflusses auf den Verschweißmechanismus untersucht. Dafür wurden die auftretenden Formänderungen experimentell und numerisch erfasst. Insbesondere das Phänomen der Faltenbildung (vgl. Bild b) kann zu einem ungleichmäßigen Schweißeffekt um den Umfang führen (vgl. Bild c).



a) Erfassung der Kollisionsbedingungen, b) Faltenbildung, c) unregelmäßiger Kollisionsverlauf

### 3.6.3 Innenhochdruckfügen nicht rotationssymmetrischer Profilquerschnitte

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/50-1
Ansprechpartner	Michael Müller M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

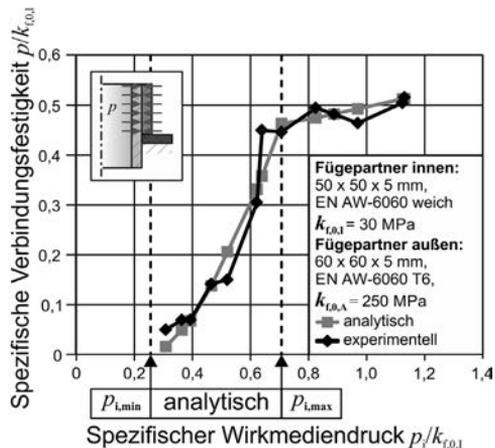
Das Kernziel im Projekt war die Prozessgrenzenerweiterung des Innenhochdruckfügens auf nicht rotationssymmetrische Profilquerschnitte. Neben der Entwicklung der erforderlichen Werkzeuge zum Fügen von Vierkantrohren und Ovalprofilen (vgl. Bild a) wurde der Prozess experimentell und numerisch untersucht. Bei beginnender Plastifizierung des inneren Fügepartners und nach Überwindung des Fügespalts kommt es zu einer ersten Verbindungsausbildung ( $p_{i,min}$ ). Nach einem linearen Anstieg der Verbindungsfestigkeit bei Erhöhung des Wirkmediendrucks folgt ab dem Plastifizierungsbeginn des äußeren Fügepartners ( $p_{i,max}$ ) ein Plateau, ab dem eine weitere Wirkmediendruckerhöhung zu keiner signifikanten Steigerung der erreichbaren Verbindungsfestigkeit führt. Der Fügeprozess konnte für Vierkantrohre analytisch beschrieben werden und zeigt eine gute Übereinstimmung im Vergleich mit experimentellen Untersuchungen (vgl. Bild b). Das Modell erlaubt die Berechnung der Wirkmediendruckgrenzen ( $p_{i,min}$ ,  $p_{i,max}$ ) und des mittleren Passfugendrucks  $p$  und ermöglicht damit eine zeiteffiziente Prozessauslegung.

#### a) Werkzeuge

- Vierkantrohre
- Ovalprofile



#### b) Vergleich Analytik und Experiment

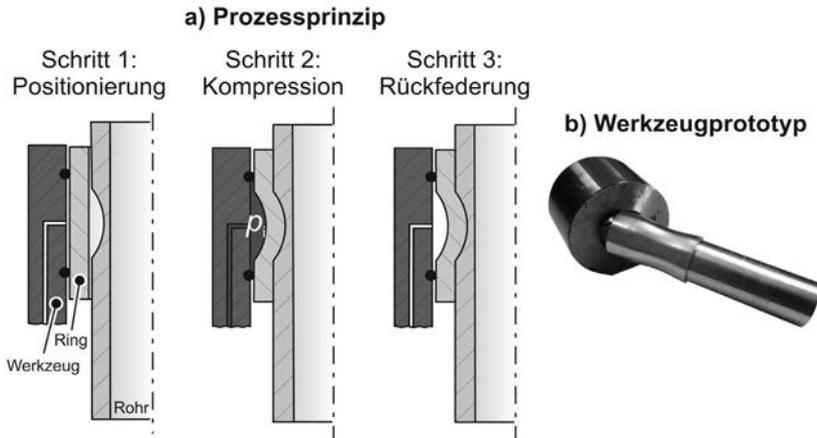


a) Entwickelte Werkzeuge, b) Gegenüberstellung von analytischen und experimentellen Ergebnissen

### 3.6.4 Umformtechnisches Fügen mittels Außenhochdruck

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/66-1
Ansprechpartner	Michael Müller M. Sc.

Das Erkenntnistransferprojekt basiert auf dem Teilprojekt A10 aus dem SFB/TR 10 und verfolgt das Ziel, die Prozessgrenzen des wirkmedienbasierten Fügens zu erweitern. Der Neuheitsaspekt ist die im Gegensatz zum Innenhochdruckfügen umgekehrte Umformrichtung. So erfolgt die Wirkmedien-druckbeaufschlagung von außen, was zu komprimierten Verbindungen führt (vgl. Bild a). Neben einer besseren Zugänglichkeit wird die Umkehrung der Werkstoffanordnung möglich, was aus mechanischen, thermischen oder korrosiven Gründen anwendungsspezifische Vorteile mit sich bringt. Initial ist die Festlegung der Werkstoffe sowie die Konzipierung der erforderlichen Werkzeuge erfolgt (vgl. Prototypensonde im Bild b). Daneben sind die Erweiterung bestehender analytischer Modelle sowie die experimentelle Validierung Kernaufgabe in der frühen Projektphase. Später soll ein Erkenntnistransfer an demonstrativen Fügestellen mit Anwendungsbezug erfolgen. Beteiligte Unternehmen sind Faurecia (Automotive GmbH, Emissions Control Technologies GmbH) und Poppe + Potthoff GmbH.



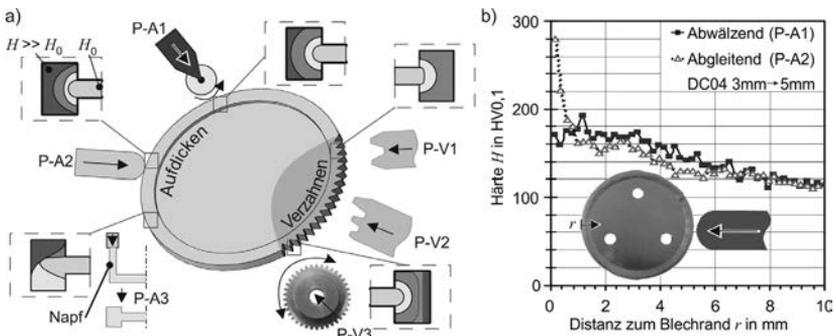
Fügen mittels Außenhochdruck: a) Prozessprinzip, b) Werkzeugprototyp

### 3.6.5 Grundlagenuntersuchungen und Verfahrensentwicklung zur Herstellung belastungsangepasster Bauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung (BMU)

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	SFB/TR 73 • Teilprojekt A4
Ansprechpartner	Sebastian Wernicke M. Sc.

Auch in der dritten Förderperiode besteht das übergeordnete Projektziel in der umformtechnischen Herstellung geometrisch komplexer Bauteile aus Blechen mit integrierten Funktionselementen. Charakteristisch für diese Technologie ist der dreidimensionale Werkstofffluss, der zur Prozessbeherrschung grundlegend analysiert wurde. Bei der inkrementellen Vorgehensweise wird das Blech durch eine flexible Abfolge lokal begrenzter Umformoperationen bearbeitet. Nach einer Werkstoffverteilung in der Blechebene oder am -rand erfolgt eine Kalibrierung der Formelemente.

Aktuelle Untersuchungen befassen sich mit einer belastungsangepassten Einstellung gradiertester Festigkeitsverläufe innerhalb der Umformzone durch prozessroutenabhängige Dehnpfade (vgl. Bild a). Beim Randaufdicken (P-A1 – P-A3) können hierdurch Bereiche mit hohen Festigkeitsanforderungen ohne nachgelagerte Härtebehandlung hergestellt werden. Nachfolgend verzahnte (P-V1 – P-V3) Bereiche können dagegen geringer vorverfestigt sein, wodurch sich die Werkzeugstandzeit erhöht.



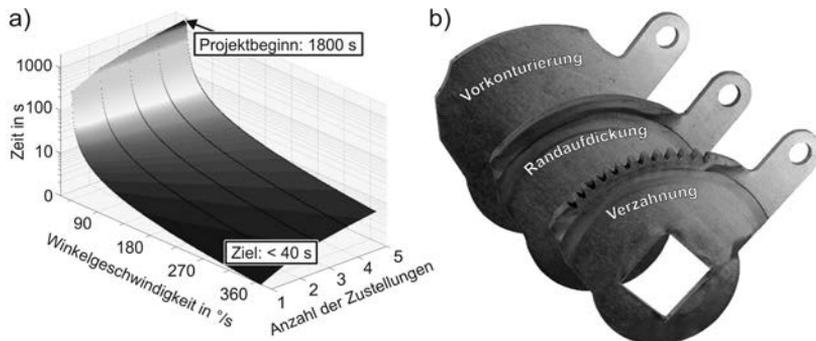
a) Prozessrouten zur Randaufdickung und Verzahnung, b) resultierende Randhärte

### 3.6.6 Wirtschaftliche Herstellung gewichts- und eigenschaftsoptimierter Funktionsbauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung

Projektträger	AiF/FOSTA
Projektnummer	18663 N/1
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. Peter Sieczkarek
Projektstatus	abgeschlossen

Das Projektziel umfasste die wirtschaftliche Herstellung industrienaher Funktionsbauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung. Im Fokus stand eine definierte Randaufdickung von Blechronden mit anschließender umformtechnischer Ausformung von Verzahnungen. Neben einer Prozessbeschleunigung wurde unter Einsatz stark verfestigender Werkstoffe eine gezielte Justierung der Kaltverfestigung angestrebt. Als Kernpunkt der Untersuchungen musste der Zielkonflikt zwischen der Umformtemperatur aufgrund der beschleunigten Prozessführung und der gezielt einzustellenden Kaltverfestigung ermittelt und beherrscht werden.

Rotationssymmetrische Bauteile, wie z. B. Anlasserzahnkränze, können unter Einhaltung wirtschaftlicher Taktzeiten mittels rotierender Werkzeuge rein umformtechnisch hergestellt werden (vgl. Bild a). Mit der Prozesskombination von Randaufdicken und Verzahnungen kann eine gewichts- und belastungsangepasste Bauteilauslegung erfolgen. Zudem wird in Anbetracht einer steigenden Variantenvielfalt eine flexible und somit individuelle Bauteilgestaltung asymmetrischer Funktionskomponenten ermöglicht (vgl. Bild b).

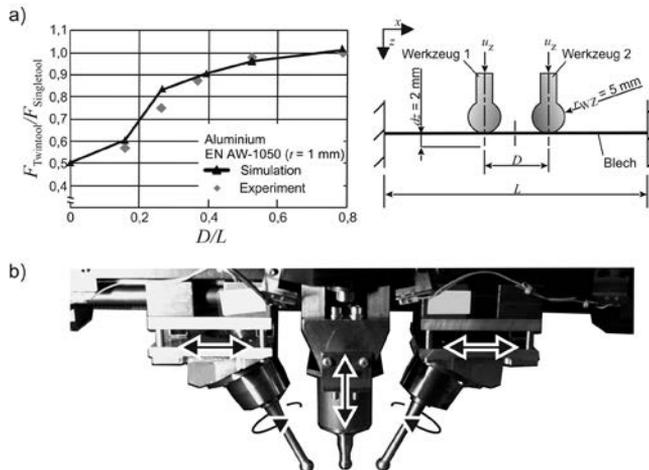


a) Einfluss von Prozessgrößen auf Taktzeit, b) asymmetrisches Funktionsbauteil (Sitzhöhenversteller)

### 3.6.7 Inkrementelle Blechumformung mit mehreren simultanen Umformzonen (MPIF)

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/42-1
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. Thai Dang
Projektstatus	abgeschlossen

Das Hauptziel des Forschungsprojektes bestand in der Reduzierung der Bearbeitungszeit der inkrementellen Blechumformung. Mit einer Reduktion um etwa 50 % konnte dieses Ziel durch die Entwicklung und Implementierung des Twintools erreicht werden. Des Weiteren wurde die Wechselwirkung der Stichel untersucht. Hierzu wurden Kegelstümpfe mit dem Singletool und dem Twintool hergestellt und die resultierende Kontur, Umformkraft und Formänderungsverteilung verglichen. Die Wechselwirkung lässt sich durch das Verhältnis der Umformkräfte in Abhängigkeit des Verhältnisses von Kegeldurchmesser  $D$  und Blechlänge  $L$  darstellen (vgl. Bild a). Wechselwirkungen treten verstärkt bei der Umformung der ersten Kegelebene und bei kleinem  $D/L$  auf. Mit zunehmender Anzahl an Inkrementen nimmt die Wechselwirkung ab. Folglich weisen die mit dem Single- und Twintool hergestellten Bauteile bis auf die Zeitersparnis keine signifikanten Unterschiede auf. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde ein weiteres Werkzeugkonzept erstellt. Durch einen dritten höhenverstellbaren Stichel erlaubt es die simultane Umformung auf verschiedenen Ebenen (vgl. Bild b).

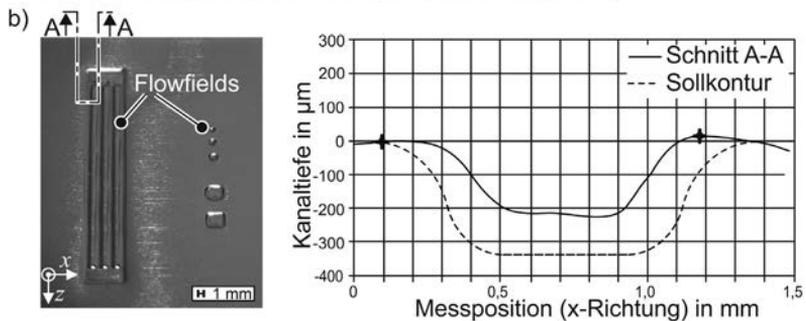


a) Einfluss der Stichelposition auf das Kräfteverhältnis, b) erweitertes Multiwerkzeugkonzept

### 3.6.8 Entwicklung der inkrementellen Mikroumformung zur Funktionsmusterherstellung metallischer Bipolarplatten

Projektträger	AiF/FOSTA
Projektnummer	P 1247/IGF-Nr. 14 EWN
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. Thai Dang

In Zusammenarbeit mit dem Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH soll ein kostengünstiges Fertigungsverfahren für die prototypische Herstellung von Bipolarplatten aus Edelstahlfolien (Dicke  $t = 0,1$  mm) entwickelt werden. Hierzu bietet sich als Verfahren die inkrementelle Blechumformung an. Als Umformwerkzeug ist in ersten Untersuchungen ein Stichel mit abrollender Kugel eingesetzt worden (vgl. Bild a). Gegenüber einem starren Stichel kann mit dieser Variante die Reibung zwischen Folie und Werkzeug minimiert werden. Erste Ergebnisse haben gezeigt, dass dieses Verfahren großes Potenzial zur Umformung von filigranen Strukturen bietet. Um die Konturgenauigkeit der sogenannten Flowfields zu erhöhen (vgl. Bild b), stehen die Konstruktion und Fertigung eines Mikroumformwerkzeugs im Vordergrund des Projekts. Für die belastungsgerechte Werkzeugauslegung werden numerische Berechnungen durchgeführt. Hierbei wird der Einfluss der Reibungsbedingungen und der Umformgeschwindigkeit auf die Werkzeugkräfte untersucht.

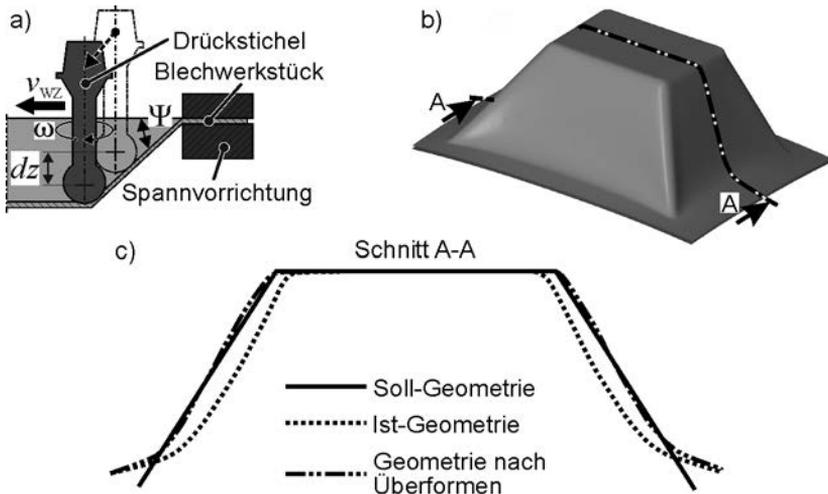


a) Verfahrensprinzip: Inkrementelle Mikroumformung, b) Soll-Ist-Wert-Vergleich der Kanaltiefe

### 3.6.9 Inkrementelle Kaltumformung von Thermoplasten

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/20-2
Ansprechpartner	Fabian Maaß M. Sc. Dipl.-Wirt.-Ing. Soeren Gies
Projektstatus	abgeschlossen

Vornehmliches Projektziel war die Herstellung komplexer Werkstücke aus Thermoplasten (PVC, PE, PC) mit einer hohen Fertigungsgenauigkeit mittels inkrementeller Kaltumformung (IKU). Durch die experimentelle und numerische Analyse wurde der Einfluss der Prozessparameter auf die geometrische Genauigkeit des inkrementellen Umformprozesses ermittelt. Es konnten Korrekturfaktoren für die Prozessauslegung abgeleitet werden, um durch ein lokales Überformen geometrische Abweichungen bei achsensymmetrischen Bauteilen zu kompensieren (vgl. Bild c). Die erarbeitete Kompensationsstrategie wurde anschließend erfolgreich auf Bauteile aus Metall-Polymer-Verbundwerkstoffen (Al-PE-Al) übertragen. Im einstufigen inkrementellen Umformprozess sind hohe Bauteilzargenwinkel nicht realisierbar. Durch eine Analyse der prozessbedingten Werkstoffausdünnung wurde ein mehrstufiges Verfahren zur Fertigung hoher Zargenwinkel entwickelt. Mit diesem Verfahren konnten Kegelstümpfe mit einem Zargenwinkel  $\Psi$  von  $85^\circ$  gefertigt werden.

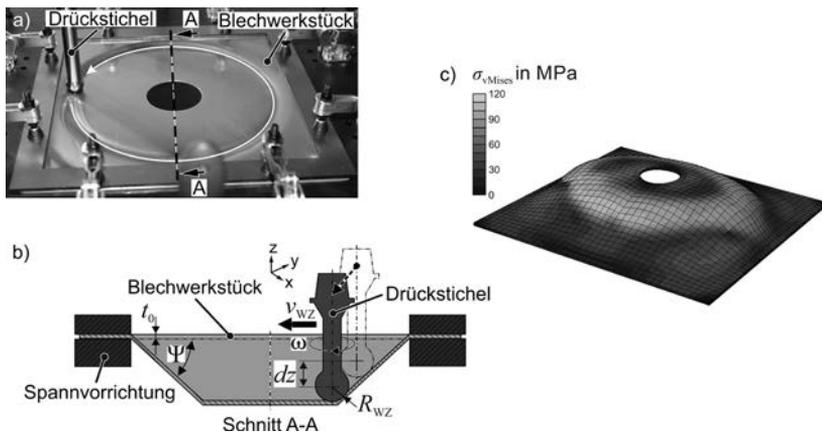


a) Prozessprinzip inkrementelle Umformung, b) Pyramidenstumpf, c) Kompensationsstrategie Überformen

### 3.6.10 Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion

Projektträger                      Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
 Projektnummer                  TE 508/67-1  
 Ansprechpartner                Fabian Maaß M. Sc.

Der Eigenspannungszustand von Bauteilen stellt eine entscheidende Einflussgröße der Bauteilfestigkeit dar. Im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojektes mit dem Institut für Werkstoffwissenschaften und -technologien der TU Berlin werden lokal definiert Eigenspannungszustände durch angepasste Parameter des inkrementellen Blechumformprozesses eingestellt (vgl. Bild a). Als Werkstoffe werden sowohl eine Aluminiumknetlegierung als auch ein Duplexstahl verwendet. Im Fokus steht die Stabilität der eingebrachten Eigenspannungen während der Umformung und die Stabilität der eingebrachten Eigenspannungen bei der Weiterverarbeitung und dem Bauteileinsatz. Durch eine gezielte Variation der Prozessparameter (vgl. Bild b) wird der Einfluss der Umformmechanismen Scherung, Biegung und hydrostatischer Druck auf die Eigenspannungsentstehung bei der IBU analysiert. Neben der numerischen Untersuchung des Umformprozesses (vgl. Bild c) erfolgt eine Analyse der Eigenspannungen durch die Verfahren der Laborröntgenbeugung sowie der Synchrotronröntgenbeugung.



a) IBU einer Kreisbahn, b) Prozessparameter der IBU, c) Simulation des Eigenspannungszustands

### 3.6.11 Umformtechnologien für metallische und hybride Leichtbaustrukturen der Elektromobilität

Projektträger	BMBF/PTKA, Förderplattform FOREL 2
Projektnummer	02P16Z011
Ansprechpartner	Marlon Hahn M. Sc.

Das Teilprojekt ist Bestandteil der Fortsetzung des Koordinationsprojektes FOREL (Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität), dem ein breites Portfolio an Technologieprojekten untergeordnet ist. Die Arbeitsinhalte und beteiligten Partner sind in der untenstehenden Tabelle aufgezeigt. Die IUL-seitigen Primärziele liegen in der Identifikation neuer Forschungsfelder auf dem Gebiet des metallintensiven Leichtbaus sowie in der Bewertung der Prognosefähigkeit heutiger Simulationsmethoden. In diesem Kontext wird zunächst eine Studie erstellt, welche Anfang 2018 veröffentlicht werden soll. Gemeinsam mit den Projektpartnern werden sowohl eine Online-Umfrage als auch ausgewählte Experteninterviews zu den genannten Themen durchgeführt. Weiterhin wird ein neues Kennwertkonzept entwickelt, um den Begriff des Komponentenleichtsbaus objektiv und additiv entlang der Entwicklungskette beurteilen zu können. Ziel ist dabei die Verdrängung des vorherrschenden subjektiven Paradigmas „Leichtbau bedeutet leichter zu sein als die Vorgängerversion“.

Zuordnung	Inhalt	Verantwortlich
Projektsteuerung	Koordination und Öffentlichkeitsarbeit	ILK Dresden
Technologiegeprägte Arbeitsinhalte	<b>Metallintensive Leichtbauweisen</b> Fügetechnik Recycling- und Demontagestrategien <b>Prognosefähigkeit</b>	<b>IUL Dortmund</b>  LWF Paderborn (iwb München) IAM Freiberg  <b>IUL</b> (ILK, LWF)
Analyse und Synthese	Life Cycle Assessment & Prozesskettenanalyse Technologiebewertung Shared Development Factory	ILK (IAM)  iwb ILK

Gliederung der Arbeitsinhalte des Verbundprojektes

## 3.7 Patente

### 3.7.1 Offengelegte Patente

**Titel** Verfahren zur Herstellung eines Blechkörpers aus wenigstens zwei Blechen

**Aktenzeichen** DE 10 2015 015 388 A1  
**Patentinhaber** TU Dortmund  
**Status** offengelegt am 01.06.2017  
**Erfinder** A. E. Tekkaya • S. Wernicke • P. Sieczkarek • S. Gies  
 N. Ben Khalifa

**Titel** Verfahren und Vorrichtung zur inkrementellen Formänderung von dünnwandigen Werkstücken, insbesondere Blechwerkstücken

**Aktenzeichen** DE 10 2016 003 840 A1  
**Patentinhaber** TU Dortmund • ZBT GmbH - Zentrum für Brennstoffzellentechnik  
**Status** offengelegt am 05.10.2017  
**Erfinder** T. Dang • S. Gies • A. E. Tekkaya • L. Kühnemann  
 M. Kouachi • P. Beckhaus

**Titel** Verfahren zur Fertigung von Verbundteilen durch eine Kombination aus Tiefziehen und Fließpressen

**Aktenzeichen** EP 2707158 B1  
**Patentinhaber** TU Dortmund  
**Status** offengelegt am 29.11.2017  
**Erfinder** A. Jäger • S. Hänisch • S. Bröckerhoff • A. E. Tekkaya

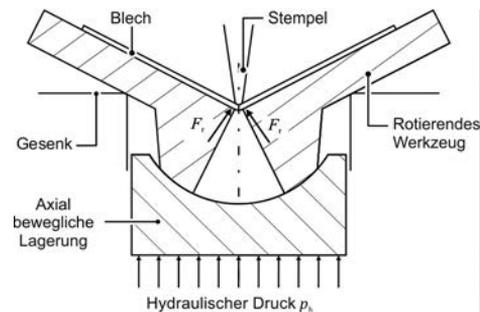
### 3.7.2 Angemeldete Patente

#### Vorrichtung zum Blechbiegen mittels gezielter Druckspannungsüberlagerung

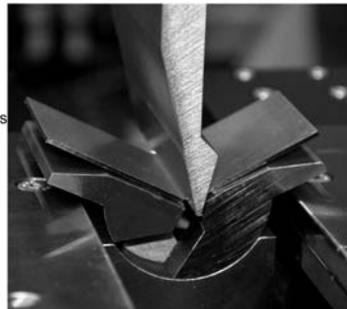
Aktenzeichen	DE 10 2017 006 218.8
Patentanmelder	TU Dortmund
Status	angemeldet
Erfinder	R. Meya • C. Löbbe • A. E. Tekkaya

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Biegen von Blechbauteilen mit der Möglichkeit der radialen Spannungsüberlagerung während des Biegeprozesses. Insbesondere höherfeste Werkstoffe sind anfällig für Risse bei kleinen Biegeradien, sodass eine Fertigung auf Basis von konventionellen Biegeverfahren nur in eingeschränkter Weise möglich ist. Daher wird über eine zusätzliche Achse (beispielsweise einen Hydraulikzylinder) eine Kraft auf zwei rotierende Werkzeuge aufgebracht, welche dann letztendlich eine Druckspannungsüberlagerung in der Biegezone erzeugen. Dieser Druck ist über den Prozess einstellbar, sodass die Spannungsüberlagerung an jedem Punkt auf dem Außenbogen beeinflusst werden kann. Dieses Lösungsprinzip ist insbesondere für die Fertigung von schadigungsarmen Bauteilen geeignet, da durch die Spannungsüberlagerung die Schädigungsevolution verzögert wird. Dadurch weisen die Bauteile im Einsatz eine höhere Leistungsfähigkeit auf. Zudem ermöglicht die Druckspannungsüberlagerung eine Verringerung der Rückfederung.

Prozessprinzip



Technologische Umsetzung

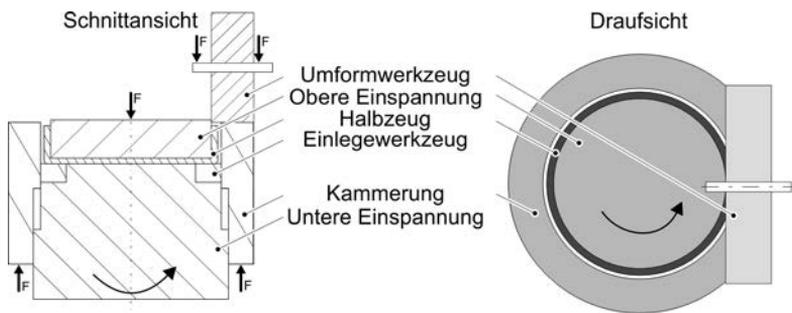


Prinzip der radialen Spannungsüberlagerung und dessen technologische Umsetzung

## Vorrichtung zur inkrementellen Herstellung randverdickter und verzahnter Blechbauteile und Rohre durch axiales Umformen von Napfhalbzeugen oder Rohren

Aktenzeichen	DE 10 2017 011 441
Patentanmelder	TU Dortmund
Status	angemeldet
Erfinder	S. Wernicke • P. Sieczkarek • S. Gies A. E. Tekkaya

Durch Verfahren der Blechmassivumformung können belastungsangepasste Funktionsbauteile hergestellt werden. Die inkrementelle Blechmassivumformung (iBMU) steigert dabei die Prozessflexibilität. So können durch unterschiedliche Prozesskinematiken identische Bauteilgeometrien hergestellt werden. Hierbei kann durch eine Variation der Dehnpfade eine gezielte Einstellung der Bauteileigenschaften ermöglicht werden. Die Erfindung stellt eine neue Prozesskinematik dar, schafft damit einen neuen Dehnpfad und ermöglicht eine axiale Verschiebung des Blechwerkstoffes zur lokalen Erhöhung der Blechdicke im Randbereich. Hierfür wird ein Napfhalbzeug oder Rohr in die Vorrichtung eingespannt und ein rotierendes, um 90° zur Halbzeugachse versetztes Umformwerkzeug axial zugestellt. Dieses Umformwerkzeug führt neben der axialen Umformung auch die axiale Verschiebung des Werkzeugringes aus, welcher den radialen Werkstofffluss begrenzt. Anders als bei radial zugestellten Werkzeugen weisen die axial randverdickten Bleche nach der Umformung eine geringere Formänderung und Kaltverfestigung im Randbereich auf. Dies reduziert die Werkzeugbelastung in nachgelagerten umformtechnischen Verzahnungsprozessen.



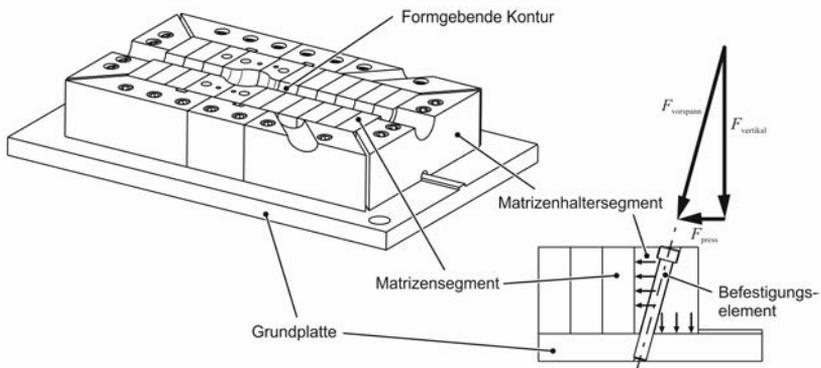
Prinzip zum axialen Randverdicken von Napfhalbzeugen

## Modular aufgebautes Hydroformwerkzeug zum flexiblen Anpassen der Hydroformkontur durch puzzleartige Werkzeugteilelemente

Aktenzeichen	DE 10 2017 004 570.4
Patentanmelder	TU Dortmund
Status	angemeldet
Erfinder	D. Staupendahl • H. Dardaei Joghhan H. ul Hassan • A. E. Tekkaya

Hydroformen ist ein in der Automobilindustrie häufig eingesetztes Verfahren, um Rohre mit komplexen Geometrien herzustellen. Der Prozess verwendet formgebundene Werkzeuge, welche auf einzelne Bauteilformen zugeschnitten sind und je nach deren Größe hohe Fertigungskosten verursachen. Begründet durch die Tatsache, dass eine Werkzeugform jeweils nur eine Bauteilgeometrie definiert, ziehen jegliche geometrischen Bauteiländerungen die Notwendigkeit mit sich, neue Werkzeuge herzustellen.

Das Ziel der Erfindung ist die flexible Produktion von hydrogeformten Bauteilen mit variablen Geometrien durch die Verwendung von segmentierten Werkzeugen, welche jeweils einen Teil der Bauteilgeometrie vorgeben. Die Nachteile von modular aufgebauten Werkzeugen des Stands der Technik werden durch einen segmentierten Matrizenhalter vermieden, welcher die innenliegenden Matrizensegmente spannt und somit variierende Toleranzen kompensiert. Der passgenaue Sitz zwischen den Matrizenhaltersegmenten und den Matrizensegmenten wird durch im Winkel angeordnete Befestigungselemente realisiert, welche beim Anziehen die Matrizenhaltersegmente gegen die Matrizensegmente pressen und somit die Steifigkeit des gesamten Werkzeugs erhöhen. Mit dieser Technologie kann die Kosteneffizienz des Hydroformprozesses gesteigert werden und sie ermöglicht die wirtschaftliche Nutzung des Verfahrens nicht nur in der Großserie, sondern ebenfalls in der Kleinserie.



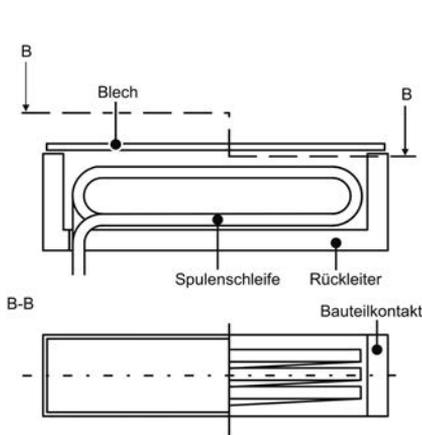
Segmentiertes Hydroformwerkzeugkonzept

## Vorrichtung zum elektromagnetischen Erwärmen mittels kombinierter Konduktion und Induktion

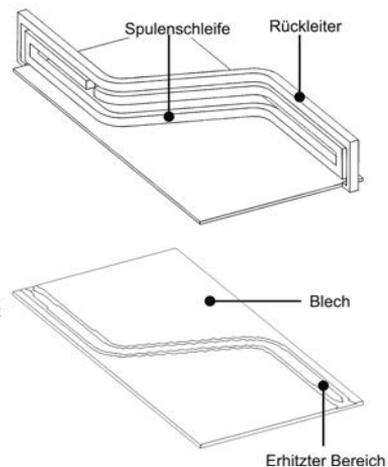
Aktenzeichen DE 10 2017 004 935.1  
 Patentanmelder TU Dortmund  
 Status angemeldet  
 Erfinder C. Löbbe • R. Meya • A. E. Tekkaya

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Induktion von elektrischem Strom in dünnwandigen Blech- und Rohrbauteilen zur kontrollierten Erwärmung. Typischerweise sind zur induktiven Erwärmung von dünnwandigen Blechbauteilen hohe Generatorfrequenzen notwendig, wenn das Bauteil durch ein Längsfeld durchflutet und homogen über eine Fläche erhitzt werden soll. Um bei solchen Erwärmungsaufgaben trotz geringer Anregungsfrequenzen und nicht ausgeprägtem Skin-Effekt einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen, wird mit der Vorrichtung der Stromkreis durch einen werkzeugteiligen Sekundärkreis geschlossen. Das Bild zeigt einen Schnitt der Vorrichtung sowie ein Anwendungsbeispiel zur gradierten Erwärmung eines s-förmigen Streifens.

### Vorrichtung



### Beispiel zur gradierten Erwärmung eines s-förmigen Streifens



Vorrichtung und Anwendungsbeispiel zum Erwärmen mittels Induktion und Konduktion

# 03

## Forschung

Weitere Aktivitäten

04

## 4 Weitere Aktivitäten

### 4.1 Veranstaltungen

2017 wurden durch das Institut für Umformtechnik und Leichtbau diverse Kolloquien, Konferenzen und Workshops veranstaltet, um Forschungsergebnisse zu präsentieren und eine Plattform für den Austausch mit Wissenschaftler/-innen und Industrievertreter/-innen zu schaffen. Im Folgenden erhalten Sie nähere Informationen zu ausgewählten Veranstaltungen.

#### International Seminar on Metal Forming on the Occasion of A. Erman Tekkaya's 60<sup>th</sup> Birthday

Zu Ehren des 60. Geburtstages von Institutsleiter Professor A. Erman Tekkaya wurde am 27. Februar 2017 am IUL in familiärer Atmosphäre das „International Seminar on Metal Forming“ veranstaltet. Internationale Expert/-innen aus der Umformtechnik-Community und der Industrie, darunter viele ehemalige Doktorand/-innen Tekkayas sowie die IUL-Mitarbeiter/-innen, waren der Einladung nach Dortmund gefolgt, um dem Jubilar persönlich zu seinem runden Geburtstag zu gratulieren. Gastgeber Professor Matthias Kleiner hieß Redner und Gäste im Hörsaal des Maschinenbaugebäudes auf dem Süd-Campus der TU Dortmund willkommen. Die Impulsvorträge von Herrn Professor Julian Allwood (University of Cambridge), Herrn Professor Paulo Martins (Universidade de Lisboa) sowie Frau Professorin Marion Merklein (LFT Erlangen) boten den Seminarteilnehmer/-innen einen umfassenden und persönlichen Überblick über die bisherigen wissenschaftlichen Leistungen Tekkayas und einen Ausblick auf neue Herausforderungen, die es für die Umformtechnik in der näheren und weiteren Zukunft zu meistern gilt. Mitgestaltet wurden die Vorträge der renommierten Umformtechniker/-innen jeweils von ehema-



Professorin M. Merklein



Professor J. Allwood

ligen Doktoranden Tekkaya. So wurde in besonderer Weise ein Weg gefunden, dessen außerordentliches Engagement für Lehre und Forschung gleichermaßen zu würdigen.

Der zweite, ungezwungenere Seminarabend schließlich fand mit dezenter musikalischer Untermauerung durch ein Jazz-Trio in der Experimentierhalle des IUL statt. Frau Professorin Jian Cao (Northwestern University), Professor Nils Oluf Bay (Technical University of Denmark) und Professor Karl Roll übermittelten ihre Glückwünsche an den Jubilar in Form einer Videobotschaft, die Herr Professor Brosius von der TU Dresden anmoderierte. Als individuelle Überraschung wurden dem Ehrengast anschließend von den IUL-Mitarbeiter/-innen nach dem Dinner dessen favorisierte Käsekuchen in diversen Ausführungen als Dessert präsentiert.

### Die AGU zu Gast am IUL

Die Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik (AGU) tagte am 28. Februar in Dortmund. Gastgeber der halbjährlich stattfindenden Sitzung war Professor A. Erman Tekkaya. Professor/-innen deutscher umformtechnischer Lehrstühle bzw. Institute gehören der 1974 gegründeten AGU an. Sie versteht sich als wissenschaftliche Repräsentantin ihres zur Fertigungstechnik gehörenden Fachgebiets und verfolgt das Ziel, die Umformtechnik mit wissenschaftlichen Methoden technisch und wirtschaftlich weiterzuentwickeln. Den Vorsitz hat seit April 2016 Professorin Birgit Awiszus von der TU Chemnitz inne. Die AGU freute sich, Professor Markus Bambach (BTU Cottbus-Senftenberg) als neues Mitglied in ihren Reihen begrüßen zu dürfen. Während der abschließenden Führung durch das IUL-Versuchsfeld wurden aktuelle Forschungsaktivitäten des Instituts präsentiert. Highlight war hierbei eine Live-Vorführung zur additiven Fertigung auf Basis von Metallpulver.

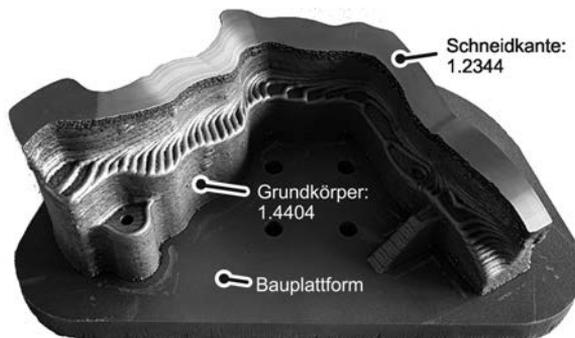
## Additive Manufacturing in der Umformtechnik

Am 27. April 2017 wurde am IUL ein Workshop zum Thema „Additive Fertigung in der Umformtechnik“ ausgerichtet. Während des Workshops wurde auf der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Land NRW geförderten Kombinationsmaschine zur additiven und subtraktiven Fertigung „Lasertec 65 3D“ ein hybrides Schneidmesser gefertigt. Das Bauteil mit den Abmessungen 193 mm x 124 mm x 78 mm (vgl. Bild), bestehend aus einem Grundkörper aus Edelstahl (1.4404) und einer Schneide aus Warmarbeitsstahl mit einer Härte von 55 HRC (1.2344), wurde durch Laserpulverauftragsschweißen in weniger als 7 Stunden aufgebaut und noch in derselben Maschine spanend (< 1 Stunde) nachbearbeitet.



Gruppenfoto der Workshop-Teilnehmer/-innen

Fachvorträge gab es von Herrn Tim Wicke, der über die additive Fertigung bei der Volkswagen AG berichtete, von Herrn Andreas Wank (GTV Verschleißschutz GmbH) zum Thema Pulverwerkstoffe für die additive Fertigung und Herrn Heinz-Ingo Schneider von der Siemens AG zu CAD-CAM-Lösungen von additiven Maschinen. Frau Dr. Ramona Hölker-Jäger (IUL) berichtete über ein Forschungsprojekt zur Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und additiver Fertigung. Abschließend wurde über die Zukunft und die Anwendungsfälle von additiven Pulverbett- und Pulverdüsemaschinen diskutiert und das parallel zur Veranstaltung gefertigte Demonstratorbauteil begutachtet.



Additiv gefertigtes, hybrides Schneidmesser

## Treffen des IUL-Industriebeirats

Zweimal jährlich tagt das seit 2010 bestehende Gremium mit dem Ziel, das IUL bei seiner anwendungsorientierten Grundlagenforschung zu unterstützen. Neben der Übertragung von universitären Forschungsergebnissen in das industrielle Umfeld zeichnet sich der Industriebeirat durch die Beratung bei der Durchführung von kollaborativen Forschungsprojekten aus. Der Industriebeirat vermittelt somit Anregungen und wichtige Impulse bezüglich des industriellen Technologie- und Forschungsbedarfs und erhält im Gegenzug detaillierte Ergebnisse der Grundlagenforschung und Innovation. Der erste Industriebeirat in diesem Jahr tagte am 5. Mai 2017. Im Mittelpunkt der Diskussion standen vor allem verschiedene Antriebskonzepte von Servopressen und die Charakterisierung von Werkstoffkennwerten zur Simulation warmumgeformter Bauteile. Die Umsetzung von Industrie 4.0 in Forschungsprojekten und Industrie war ein weiterer Teil der Diskussion und wurde auch in dem nächsten Treffen am 1. Dezember 2017 fortgesetzt. Beide Jahrestreffen wurden durch wertvolle Vorträge seitens des Industriebeirats bereichert.



Teilnehmer/-innen des 13. Industriebeirats

## TRR 188 Promotionsseminare

Im Rahmen des TRR 188 „Schädigungskontrollierte Umformprozesse“ werden Seminare und Workshops zur fachlichen Weiterbildung der Doktoranden/-innen angeboten. Teilnehmen können wissenschaftliche Mitarbeiter/-innen der am TRR beteiligten Forschungseinrichtungen, aber auch interessierte Nicht-TRR-Mitglieder.

In den ein- bis mehrtägigen Veranstaltungen wird Methoden- und Fachwissen aus verschiedenen Fachdisziplinen in Form von Blockvorlesungen, Vorträgen und praktischen Übungen vermittelt, um den interdisziplinären Austausch und das gegenseitige Verständnis der am TRR 188 beteiligten Fachbereiche Umformtechnik, Materialwissenschaften, Werkstoffprüftechnik, Mechanik und Bauingenieurwesen zu stärken. Die Promotionsseminare und Workshops finden wechselweise an den beteiligten Forschungseinrichtungen statt und werden von den jeweils gastgebenden Teilprojektleitenden organisiert. Koordiniert wird die Veranstaltungsreihe durch die Geschäftsführung des TRR 188. Die Auftaktveranstaltung fand vom 28. bis 29. Juni 2017 an der TU Dortmund statt. Ausgerichtet wurde sie von dem Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) und dem Fach Numerische Methoden und Informationsverarbeitung (NMI) aus dem Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen. Behandelt wurden die Themen „Scientific Publishing“, „Einführung in die Optimierung“ und „Virtuelle Austauschplattform“.

Im Fokus der zweiten Veranstaltungsreihe, die vom 6. bis 8. September 2017 an der RWTH Aachen stattfand, stand die Werkstofftechnik der Metalle und Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen. Ausrichter waren die Aachener Institute für Eisenhüttenkunde (IEHK) und für Metallkunde und Metallphysik (IMM) sowie das Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE) der RWTH Aachen und das Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE) Düsseldorf.

Fortgesetzt wurde dieses Thema mit einer „Einführung in die Werkstoffprüfung Makro“ im Rahmen des 3. Promotionsseminars, das am 12. und 13. Oktober 2017 an der TU Dortmund stattfand. Veranstaltet wurde es von dem Fachgebiet Werkstoffprüfung (WPT) und dem Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL). Letztgenanntes bot eine „Einführung in die Nutzung der Finite-Elemente-Methode“ an. Die Veranstaltungen werden von den Doktoranden/-innen sehr gut angenommen, sodass die Teilnehmerzahlen immer zwischen 15 und 20 Personen liegen.



Teilnehmer/-innen des ersten Promotionsseminars in Dortmund

## IUL-Mitarbeiterexkursion

Als Grundlage für Innovationen am IUL gilt ein enger Kontakt zu Partnerinstituten und der Industrie. Dadurch können die Bedürfnisse und Entwicklungen der Umformtechnik in ihrer ganzen Breite erkannt und berücksichtigt werden. Das Institut für Umformtechnik und Leichtbau veranstaltete zu diesem Zweck im September mit 39 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine zweitägige Exkursion in die Niederlande. Erste Station war die Firma „Philips Consumer Lifestyle B.V.“ in Drachten, bei der zunächst eine Führung entlang der Prozesskette vom Ausgangsmaterial bis zum fertigen Produkt bei der Herstellung von Rasierern erfolgte. Anschließend wurden durch Präsentationen von Gastgebern und Besuchern aktuelle Forschungsarbeiten vorgestellt und diskutiert. Mit einer gemeinsamen Grachtenfahrt inklusive Abendessen durch die Kanäle Amsterdams endete der erste Tag. Am zweiten Tag wurde das Werksgelände des Stahlunternehmens „Tata Steel“ in IJmuiden besucht. Es erfolgte ein Einblick in die Bandverzinkungsanlage und das Forschungs- und Entwicklungszentrum. Zum Abschluss empfing der befreundete Lehrstuhl „Nonlinear Solid Mechanics“ von Professor van den Boogaard der Universität Twente in Enschede das IUL-Team. Es entwickelte sich ein reger Austausch zwischen den Wissenschaftler/-innen über aktuelle Forschungsthemen, basierend auf Präsentationen und einer Führung durch das Labor.



Gruppenfoto der Mitarbeiter/-innen des IUL bei Tata Steel in IJmuiden

# 04

## Weitere Aktivitäten

Des Weiteren hat sich das IUL 2017 an folgenden Veranstaltungen beteiligt, die teilweise auch einem nichtwissenschaftlichen Publikum aus unterschiedlichen Zielgruppen zugänglich waren:

- Stahl fliegt • 5. – 6. Juli
- SchnupperUni • 24. August
- Tag der Offenen Tür der TU Dortmund • 11. November
- MinTU • 17. November

## 4.2 Auszeichnungen

### EFB-Projektpreis 2017

Die Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V. (EFB) zeichnete Herrn Heinrich Traphöner, Mitarbeiter des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau, und Herrn Martin Rosenschon vom Lehrstuhl für Fertigungstechnologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg für die Bearbeitung des gemeinsamen EFB-Projektes „Identifikation spannungsabhängiger Bauschinger-Koeffizienten“ mit dem „EFB-Projektpreis 2017“ aus.

Der EFB-Projektpreis wird für die am besten bewerteten EFB-Forschungsprojekte des vorangegangenen Jahres vergeben. Er richtet sich an junge Wissenschaftler/-innen, die ein EFB-Projekt im Technologiefeld der Blechverarbeitung sowohl wissenschaftlich als auch projekttechnisch in herausragender Weise bearbeitet und abgeschlossen haben. Der Preis wurde am 28. März 2017 in Fellbach im Rahmen des EFB-Kolloquiums überreicht.



Verleihung des EFB-Projektpreises 2017, von links: Heinrich Traphöner, Martin Rosenschon, Wilfried Jakob (Präsident der EFB)

## „Best Paper Prize“ ICEB 2017

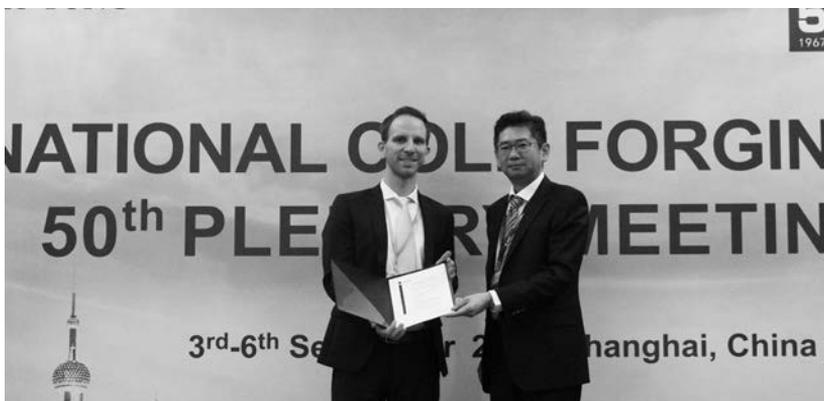
Auf der „International Conference on Extrusion and Benchmark“ (ICEB 2017), die dieses Jahr zusammen mit der Konferenz „Aluminium 2000“ vom 20.-24. Juni in Verona/Italien stattfand, erhielt Herr André Schulze für seine Veröffentlichung mit dem Titel „Developments in composite extrusion of complex profiles for automotive applications“ den „Best Paper Prize“ in der Kategorie „Strangpressen“. Herr André Schulze hat in seiner Veröffentlichung und Präsentation die Ergebnisse zur industriellen Umsetzung des Verbundstrangpressens vorgestellt. Ziel der Arbeit ist es, die Auslegung von Werkzeugen und Profilen für das Verbundstrangpressen unter industriellen Gesichtspunkten zu realisieren und zu bewerten.



Preisverleihung während des Galadiners: Dr. Walter Dalla Barba (Italteco/Interall), André Schulze (IUL) und Prof. Luca Tomesani (Universität Bologna) (v. l.)

## ICFG International Prize 2017

Im Rahmen des diesjährigen 50. Plenary Meetings der International Cold Forging Group (ICFG) wurde Herr Dipl.-Ing. Stefan Ossenkemper, Mitarbeiter in der Abteilung Massivumformung, für seinen Beitrag zum Thema Stahl-Aluminium-Verbundfließpressen mit dem „ICFG International Prize 2017“ ausgezeichnet. Der Preis wird seit 1998 jährlich an Nachwuchswissenschaftler/-innen für herausragende Beiträge aus dem Bereich der Kaltumformung verliehen. Die diesjährige Konferenz fand vom 3. bis 6. September 2017 in Shanghai, China, statt. Nach der Verleihung des Preises stellte Herr Ossenkemper den etwa einhundert Anwesenden sein Forschungsthema in einer 20-minütigen Präsentation vor.



Preisübergabe „ICFG International Prize 2017“

### 4.3 Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya

#### Mitarbeit in Forschungsgremien

- acatech – Mitglied der „Deutschen Akademie der Technikwissenschaften“
- AGU – Mitglied der „Wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik“
- CIRP – Fellow der „International Academy for Production Engineering“
- DGM – Mitglied der „Deutschen Gesellschaft für Materialkunde“
- ESAFORM – Mitglied des Scientific Committees der „European Association for Material Forming“
- GCFG – Mitglied der „German Cold Forging Group“
- ICFG – Mitglied der „International Cold Forging Group“
- ICTP – Mitglied des „Standing Advisory Boards“ der „International Conference on Technology of Plasticity“
- I<sup>2</sup>FG – Mitglied der „International Impulse Forming Group“
- JSTP – Mitglied der „The Japan Society for Technology of Plasticity“
- Kuratoriumsmitglied der KARL-KOLLE-Stiftung, Dortmund
- Mitglied im DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr
- Mitglied im Fachbeirat des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH
- Vize-Präsident des deutschen Konsortiums der Türkisch-Deutschen Universität
- WGP – Mitglied der „Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik“

#### Zeitschriften/Schriftleitung

- Editor-in-Chief, „Journal of Materials Processing Technology“ (Elsevier)
- Mitglied im CIRP Editorial Committee 2016, Paris, Frankreich
- Mitglied im Editorial Board, „CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology“ (Elsevier)
- Mitglied im Editorial Board, „Journal of Production Processes and Systems“
- Mitglied im Editorial Board, „Materials“

- Mitglied im International Advisory Committee, „International Journal of Material Forming“ (Springer)
- Mitglied im International Advisory Committee, „Romanian Journal of Technical Sciences – Applied Mechanics“
- Mitglied im International Editorial Board, Journal „Computer Methods in Materials Science“
- Mitglied im Scientific Editorial Board, „International Journal of Precision Engineering and Manufacturing“ (Springer)
- Stellvertretender Vorsitzender Editorial Committee der CIRP

### Weitere Mitgliedschaften

- Mitglied CIRP Communication Committee
- Mitglied Scientific Committee, „5<sup>th</sup> International Conference on Steels in Cars and Trucks“ (SCT 2017), Amsterdam, Niederlande
- Mitglied Scientific Committee, „International Conference on High Speed Forming“ (ICHSF 2016), Dortmund, Deutschland
- Mitglied Scientific Committee, „International Deep Drawing Research Group 2017“ (iddrg), München, Deutschland
- Mitglied Scientific Committee, „The 12<sup>th</sup> International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes“ (Numiform 2016), Troyes, Frankreich
- Mitglied Scientific Committee, „The 16<sup>th</sup> International Conference Metalforming“ (Metalforming 2016), Krakau, Polen
- Mitglied Scientific Committee, „The 16<sup>th</sup> International Conference on Sheet Metal“ (SheMet 2015), Erlangen, Deutschland
- Mitglied Scientific Committee, „The 23<sup>rd</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering (LCE2016)“, Berlin, Deutschland
- Mitglied Scientific Committee, „The 26<sup>th</sup> CIRP Design Conference 2016“, Stockholm, Schweden

### **Gutachtertätigkeiten in wissenschaftlichen Gremien**

- AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
- Beihang University, Peking
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- CIRP – Internationale Akademie für Produktionstechnik
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft, Mitglied im Fachkollegium 401 (Produktionstechnik)
- DTU, Technical University of Denmark, Lyngby
- ESF College of Expert Reviewers
- External Advisory Committee, Department of Mechanical Engineering, KAIST, Daejeon
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
- North Carolina State University
- Stahlinstitut VDEh
- RWTH Aachen
- TED University, Ankara
- The Royal Society, London
- University of Cambridge
- University of Georgia, College of Engineering, Athens
- University of Lisbon
- University of Nikosia
- University Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

### **Für Zeitschriften**

- Applied Mathematical Modelling
- ASME – Journal of Manufacturing Science and Engineering
- CIRP Annals – Manufacturing Technology
- CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology
- Computational Materials Science
- Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering
- Engineering Computations
- Engineering with Computers
- HTM Journal of Heat Treatment and Materials

- International Journal for Numerical Methods in Engineering
- International Journal of Advanced Manufacturing Technology
- International Journal of Damage Mechanics
- International Journal of Machine Tools and Manufacture
- International Journal of Material Forming
- International Journal of Mechanical Sciences
- International Journal of Mechanics and Materials
- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing
- International Journal of Solids and Structures
- Journal of Applied Mathematical Methods
- Journal of Computational and Applied Mathematics
- Journal of Manufacturing Processes
- Journal Materials Characterization – An International Journal on Materials Structure and Behavior
- Journal of Materials Processing Technology
- Journal of Mechanical Engineering
- Journal of Production Engineering
- Manufacturing Letters
- Materials & Design
- Materials and Manufacturing Processes
- Materials Science & Engineering A
- Mechanics of Materials
- Simulation Modelling Practice and Theory
- Steel Research International
- Surface and Coatings Technology
- The International Journal of Advanced Manufacturing Technology

#### 4.4 Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Matthias Kleiner

##### Wissenschaftliche Akademien

- Academia Europaea
- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften
- CIRP – The International Academy for Production Engineering
- Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina
- Europäische Akademie der Wissenschaften und Künste
- Indian National Science Academy
- Russian Academy of Engineering
- Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften

##### Wissenschaftliche Beiräte und Kuratorien

- Global Learning Council (Vorsitz)
- Open Science Policy Platform
- STS Council und -Board – STS-Forum Science and Technology in Society, Japan
- Aufsichtsrat der Futurium gGmbH, (stv. Vorsitz)
- Advisory Committee Japan Science and Technology Agency (JST) Tokyo
- Kuratorium des Max Planck-Instituts für Zellbiologie und Genetik Dresden

##### Beiräte Hochschulen

- Vorsitzender des Hochschulrats der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main
- Zukunftsrat der Universität Bremen, Exzellenzinitiative
- Kuratorium der Technischen Universität Berlin

## Beiräte Stiftungen

- Kuratorium der Telekom-Stiftung
- Stiftungsrat der Daimler und Benz Stiftung
- Wissenschaftlicher Beirat der Fritz Thyssen Stiftung
- Wissenschaftlicher Beirat der Exzellenzinitiative Johanna Quandt – Stiftung Charité
- Beirat der Werner Siemens-Stiftung

## Fachliche Vereinigungen

- AGU – Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik
- WGP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik
- Kuratorium der Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)

## Gutachter- und Gremientätigkeiten

- Tang Prize International Advisory Board, Taipei
- Juryvorsitz beim Hochschulwettbewerb MINTernational des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft e. V.
- Jurymitglied Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck für den Deutschen Innovationspreis
- Jurymitglied Georg von Holtzbrinck Preis für Wissenschaftsjournalismus
- Kuratorium Deutscher Zukunftspreis des Bundespräsidenten

## Beiräte Unternehmen

- Beirat der ALHO Holding
- Beirat der Siepmann Werke
- Beirat der Winkelmann Group

## Mitgliedschaften im Senat

- MPG – Max-Planck-Gesellschaft
- HGF – Helmholtz-Gemeinschaft
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (Gast)







Internationaler Austausch

05

## 5 Internationaler Austausch

### Satoshi Sumikawa M. Eng.

Herr Satoshi Sumikawa, ein Forscher der JFE Steel Corporation in Japan, arbeitete am IUL in der Abteilung „Angewandte Mechanik in der Umformtechnik“ als Gastwissenschaftler für zwei Jahre (von Oktober 2015 bis September 2017). Sein Forschungsthema war der „Einfluss der Spannungszustandsabhängigkeit des Entlastungsverhaltens auf die Rückfederungsvorhersage“. Während seines Aufenthaltes untersuchte er das Be- und Entlastungsverhalten für höchstfeste Stähle und Aluminiumlegierungen bei verschiedenen Werkstoffcharakterisierungsversuchen, wie z. B. dem Bulge-Versuch, dem Plane-Strain-Zugversuch und dem ebenen Torsionsversuch. Basierend auf diesen Experimenten ermittelte er die Auswirkungen des beobachteten Entlastungsverhaltens unter verschiedenen Spannungszuständen auf die Rückfederungsvorhersage mithilfe der Finite-Elemente-Analyse. Er präsentierte seine Ergebnisse auf internationalen Konferenzen, darunter die renommierte „12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity (ICTP)“ 2017 in Cambridge. Seine Arbeiten werden auch zu seiner Doktorarbeit an der Universität Hiroshima beitragen, die von Professor Fusahito Yoshida betreut wird.



Satoshi Sumikawa (3. von links) als Teilnehmer während einer IUL-Fortbildung in den Niederlanden

### RISE (Research Internships in Science and Engineering) – Logan Gable

Auch im Jahr 2017 nahm das IUL am „RISE“-Programm des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) teil. In diesem Rahmen war von Mai bis August Logan Gable von der Ohio State University zu Gast in Dortmund. Durch das RISE-Programm erhalten britische und nordamerikanische Studierende die Möglichkeit, Praktika in deutschen Forschungseinrichtungen zu

absolvieren. Die Finanzierung des Besuchs von Gable erfolgte über ein gemeinsames vom DAAD und dem DFG-Sonderforschungsbereich Transregio 73 getragenes Stipendium. Betreut durch Peter Sieczkarek und Sebastian Wernicke, befasste sich Herr Gable mit der Technologie der inkrementellen Blechmassivumformung. Im Rahmen seines Praktikums erweiterte er die Prozesssteuerung um eine In-situ-Geometrievermessung beim umformtechnischen Verzahnen von Blechen.



RISE-Austauschstudent Logan Gable vor der Mehrachspressen zur inkrementellen Blechmassivumformung

## REACH Programm – Nonravee Benjapibal

Von Juni bis August 2017 war Nonravee Benjapibal von der Princeton University aus New Jersey, USA, zu Gast in Dortmund. Betreut durch Christian Löbbe und Rickmer Meya, unterstützte Frau Benjapibal die Forschung in der Biegeumformung. Ihre Tätigkeiten umfassten das Programmieren in Matlab zur Ermittlung der Krümmung eines Biegeteils aus x,y-Koordinaten. Diese x,y-Koordinaten wurden beispielsweise durch taktile oder optische Messungen erarbeitet. Die ebenso durchgeführten Biegeversuche wurden sowohl mit unterschiedlichen Biegeverhältnissen als auch temperatur- und dehnratenabhängig durchgeführt. Zudem programmierte Frau Benjapibal ein LabVIEW-Programm, welches es ermöglicht, Mikrostrukturaufnahmen aus dem Rasterelektronenmikroskop automatisiert im Hinblick auf Poren zu analysieren. Das Programm gibt sowohl die Orte der detektierten Schädigung (Poren) als auch die Porenflächenanteile an.

## Austausch mit der Ohio State University

Im Sommer 2017 startete der erste Studierendenaustausch zwischen dem IUL und der Ohio State University (OSU). Das Projekt „Forming and manufacture of lightweight high-performance components – International Research Experiences for Students at the TU Dortmund University“ wird durch die National Science Foundation gefördert und ermöglicht zwischen 2017 bis 2019 jeweils im Sommer bis zu fünf Studierenden der OSU einen Gastaufenthalt in Dortmund. Es ist offen für Undergraduate-, Graduate- und PhD-Studierende. Die Gaststudierenden werden dabei in die aktuellen Forschungsaufgaben am IUL miteingebunden und jeweils von einer Wissenschaftler/-in am IUL betreut. Im ersten Durchlauf in 2017 nahmen drei Studierende der OSU teil:



### Bhuvi Nirudhoddi

Frau Bhuvi Nirudhoddi studierte Luft- und Raumfahrtstechnik im Bachelor an der Purdue University, machte ihren Master in Materialwissenschaften und Ingenieurwesen und promoviert seit 2015 in der Gruppe von Professor Glenn Daehn zum Thema „Lightweight Innovations For Tomorrow“. Während ihres Gastaufenthalts von Juni bis August 2017 wurde sie von Michael Müller betreut. Sie beschäftigte sich mit Voruntersuchungen zum Fügen von additiv gefertigten Bauteilen. Dabei nutzte sie Simulationen und führte verschiedene Experimente durch.



### Steven R. Hansen

Herr Hansen studierte Chemie im Bachelor an der Mount Vernon Nazarene University und wechselte dann für den Master in Materialwissenschaften und Ingenieurwesen an die OSU. Aktuell ist er ebenfalls PhD-Student in der Forschergruppe um Professor Glenn Daehn und beschäftigt sich dort mit der Hochgeschwindigkeitsumformung. Seinen Aufenthalt am IUL zwischen Juni und August 2017 nutzte er für Experimente zu seiner Arbeit über vaporisierende Folien. Dabei griff er auf Equipment des IUL zurück, welches ihm an der OSU nicht zur Verfügung stand. Betreut wurde Herr Hansen von Marlon Hahn, der sich wissenschaftlich mit demselben Thema beschäftigt.



## Jonathan Morrison

Herr Morrison ist ein Undergraduate-Student und studiert aktuell Materialwissenschaften und Ingenieurwesen im Bachelor an der OSU. Er beschäftigte sich zwischen Juni und August 2017 unter der Betreuung von Alexander Schowtjak mit der Implementierung von Software zur Kombination von FEM und digitaler Bildkorrelationsanalyse. Dabei wurde ein Skript zur Parameteridentifikation weiterentwickelt und erprobt. Die Ergebnisse fließen in den TRR 188 ein.

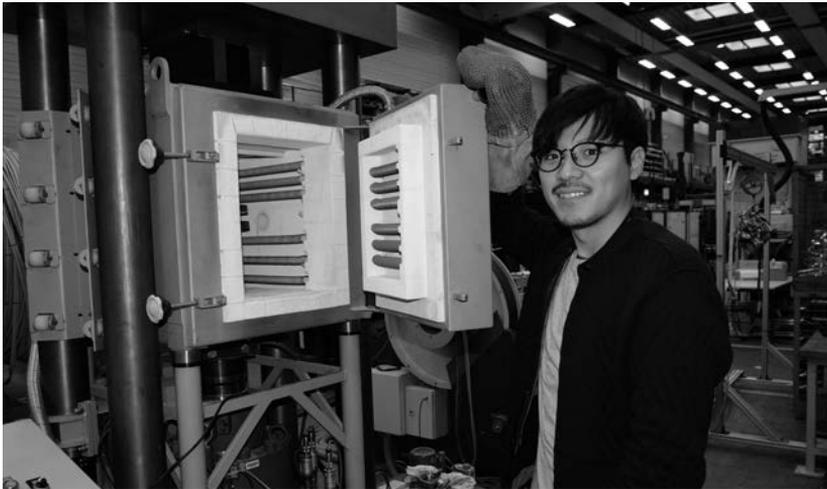
Neben der ausgezeichneten Forschungsarbeit am IUL nutzten alle drei Studierenden die Wochenenden, um Dortmund und auch das europäische Ausland kennenzulernen. Einen besonderen Eindruck über das Ruhrgebiet ermöglichte auch die gemeinsame Exkursion mit weiteren amerikanischen Austauschstudierenden, einem MMT-Studenten und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IUL zum Stahlwerk von thyssenkrupp in Duisburg und ein anschließender Besuch der Zeche Zollverein in Essen. Als krönender Abschluss wurde gemeinsam das Supercup-Spiel von Borussia Dortmund gegen den FC Bayern München im Signal Iduna Park besucht.



Besucherguppe bei thyssenkrupp

## G-CADET: Internationales Austauschprogramm mit der Universität Gifu

Japan gehört zu den weltweit führenden Nationen auf dem Gebiet der Materialwissenschaften und der Umformtechnik. Zur Stärkung der internationalen Zusammenarbeit in den Ingenieurwissenschaften wurde eine Kooperationsvereinbarung zwischen der TU Dortmund und der Universität Gifu (Japan) geschlossen. In diesem Zusammenhang wurde ein Austauschprogramm für exzellente Studierende der Fakultät für Ingenieurwissenschaften (Universität Gifu) und der Fakultät für Maschinenbau (TU Dortmund) initiiert. Unter der Betreuung von Christoph Dahnke war Herr Ryosuke Shimaji von November 2017 bis Januar 2018 ein aktiver Teil der Abteilung Metallumformung am IUL. Während dieser Zeit forschte er auf dem Gebiet der Materialcharakterisierung bei erhöhten Temperaturen. Dazu nutzte er eine spezielle hydraulische Presse, die eine Fließkurvenaufnahme bis 1200 °C ermöglicht. Herr Shimaji nutzte die experimentellen Daten zur Parameterbestimmung für Werkstoffmodelle, welche in FEM-Simulationen verwendet werden.



G-CADET-Austauschstudent Ryosuke Shimaji vor der Maschine zur Durchführung von Stauchversuchen bei erhöhten Temperaturen





Technische Ausstattung

06

## 6 Technische Ausstattung

### Versuchsfeld

#### Pressen

- C-Gestell-Exzenterpresse, 630 kN, Schuler PDR 63/250
- Hydraulische Ziehpresse, 10 MN, dreifach wirkend, M+W BZE 1000-30.1.1
- Hydraulische Ziehpresse, 1000 kN, HYDRAP HPSZK 100-1000/650
- Hydraulische Ziehpresse, 2600 kN, dreifach wirkend, SMG HZPUI 260/160-1000/1000
- Presse zur wirkmedienbasierten Blechumformung, 100 MN, SPS
- Stanz- und Umformautomat mit Servoantrieb, 4000 kN, Schuler MSD2-400
- Strangpresse 10 MN (Direkt), SMS Meer, rundungsgerecht
- Strangpresse 2,5 MN, Collin, PLA250t

#### Weitere Umformmaschinen

- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 1,5 kJ, PPT SMU 1500
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 32 kJ, Maxwell Magnetform 7000
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 6 kJ, Poynting SMU 0612 FS
- DMU 50 – 5-Achs-Fräsmaschine, DMG MORI
- Dreirollen-Biegemaschine, Irle B70 MM
- Drei-Rollen-Biegemaschine, Roundo R-2-S Special
- Dreiwalzen-Rundbiegemaschine, FASTI RZM 108-10/5.5
- Drückmaschine, Leifeld APED 350NC, CNC Siemens 840 D
- Drückwalzmaschine Bohner & Köhle BD 40
- Gesenkbiegemaschine, 1300 kN, TrumaBend V 1300X
- Hydraulische Stanzmaschine TruPunch 5000, 220 kN, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG
- Maschine zum inkrementellen Profillumformen
- Maschine zum inkrementellen Rohrumformen, IRU2590, transfluid Maschinenbau GmbH

- Mehrachspresse TR 73, Fa. Schnupp, Prototyp mit fünf Bewegungsachsen mit bis zu 100 kN
- Profilmaschine RAS 24.10, Reinhardt Maschinenbau GmbH, Sindelfingen
- Schwenkbiegemaschine, FASTI 2095
- TSS-3D-Profilbiegemaschine

### Maschinen zur additiven Fertigung

- Kombinations-5-Achs-Fräsmaschine mit Einheit zum Pulver-Laser-Auftragsschweißen, Lasertec 65 3D, Sauer GmbH/DMG MORI
- Pulverbettmaschine zur additiven Fertigung DMG MORI „Lasertec 30 SLM“

### Prüfmaschinen

- Blechprüfmaschine, 200 kN, Erichsen 142/20
- Blechumformprüfmaschine Zwick BUP1000
- Plastometer, IUL 1 MN
- vier Universal-Prüfmaschinen, Zwick 1475 100 kN, Zwick SMZ250/SN5A, Zwick FR250SN.A4K Allround Line, Zwick Z250
- Zwick Roell Z250 Universalprüfmaschine

### Messtechnik und Elektronik

- 3D-Koordinatenmessgerät, Zeiss PRISMO VAST 5 HTG (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund)
- 3D-Video-Messsystem, Optomess A250
- 3MA-II Prüftechnik
- 4-Kanal-Digital-Oszilloskop, Tektronix TDS 420A
- Anlage zu Eigenspannungsmessungen mit der Bohrlochmethode
  - Air-Abrasive-Verfahren
  - High-Speed-Verfahren
- Dickenmessgerät, Krautkrämer CL 304
- Frequenzbereichsreflektometer ODiSI-B10 der Firma Polytec: Gerät zur orts- und zeitaufgelösten Temperatur- oder Dehnungsmessung
- GOM Aramis 4M Optische 3D-Verformungsanalyse
- GOM ATOS Triple Scan - 3D-Scanner

- GOM: Argus, Atos, Tritop, 3 x Aramis – optische Messsysteme für Geometrie und Formänderung
- Großkammer-REM, Mira XI der Fa. Visitec (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung und dem Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, TU Dortmund)
- Härteprüfer, Wolpert Diatestor 2 RC/S
- Hochgeschwindigkeitskamera, HSFC pro der Fa. PCO Computer Optics GmbH
- Infrarot-Messaufnehmer, PYROSKOP 273 C
- Keyence Laser: Berührungslose Distanzmessung
- Laserbasiertes Photon-Doppler-Velocimeter zur Messung hoher Bauteilgeschwindigkeiten
- Laser-Surface-Velocimeter (LSV): Berührungslose Geschwindigkeitsmessung
- Multiwellenlängen-Pyrometer, Williamson pro 100 series
- Optische 3D-Verformungsanalyse GOM ARAMIS 4M
- Polarisationsfähiges Auflichtmikroskop, Zeiss AxioImager.M1m
- Pontos 4M, GOM, Dynamische 3D-Analyse, Auflösung 2358 x 1728 Pixel
- Prism – Eigenspannungsmessung mit der Bohrlochmethode und optischer Verzerrungsmessung (ESPI)
- Röntgendiffraktometer zur Eigenspannungsmessung – StressTech Xstress 3000
- Stresstech PrismS – zur Messung von Eigenspannungen
- Wärmebildkamera, Infratec VarioCam HD head 680 S / 30 mm, Auflösung 1280 x 960 Pixel

### Sonstiges

- 6-Achsen-Roboter, KUKA-Industrieroboter KR 5 sixx R650
- Ätz- und Polierstation – LectroPol-5, Firma Struers GmbH
- Bohrlochgerät, Milling Guide RS 200
- Drehmaschine, Weiler Condor VS2
- Einmessgestell, Boxdorf HP-4-2082
- Hochleistungs-Metallkreissägemaschine, Häberle AL 380
- Hydraulikaggregate und Druckübersetzer bis 4000 bar (drei Stück)
- Hydrostatisches Glattwalzwerkzeug, Ecoroll, HG13 und HG6
- Industrieroboter KUKA KR 30-3

- Kunststoff-Spritzgussmaschine Arburg Allrounder 270 C 400-100
- Laser-Bearbeitungszentrum, Trumpf LASERCELL TLC 1005
- Planband-Schleifmaschine, Baier PB-1200-100S
- Probenschleifmaschine für Flachzugproben
- Probenstanze 1200 kN
- Rollnahtschweißmaschine, Elektro-Schweißtechnik Dresden UN 63 pn
- verschiedene Maschinen zur spanenden Bearbeitung

# 06

## Technische Ausstattung

Kooperationen | Cooperations

07

## Kooperationen | Cooperations

Auf diesem Wege möchten wir uns für die vielfältige Zusammenarbeit im Jahr 2017 bedanken, ohne die unser gemeinsamer Erfolg nicht möglich wäre.

*At this point we would like to express our gratitude to the large number of various cooperation partners in 2017 which have added to our joint success.*

### Industriebeirat des IUL | IUL Industrial Advisory Board

Das Gremium des Industriebeirates vermittelte auch im Jahr 2017 wichtige Impulse hinsichtlich des industriellen Forschungsbedarfes. An dieser Stelle möchten wir uns für diese wertvolle Zusammenarbeit bedanken.

*In 2017, the Industrial Advisory Council provided yet again significant input regarding the need for research from an industrial point of view. We would like to take this opportunity to express our gratitude for this valuable cooperation.*

- Gerhard Bürstner, Feindrahtwerk Adolf Edelhoff GmbH & Co. KG
- Adolf Edler von Graeve, KIST Kompetenz- und Innovationszentrum für die Stanztechnologie Dortmund e. V.
- Marius Fedler, Kunststoff-Institut für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH
- Dr. Frank O. R. Fischer, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
- Rainer Hank, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG

- Dr. Jens Heidenreich, PHOENIX FEINBAU GmbH & Co. KG
- Wolfgang Heidrich, GDA - Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V.
- Jörg Ihne, Otto Fuchs KG
- Franz Jurt, Feintool Technologie AG
- Dr. Stefan Keller, Hydro Aluminium Rolled Products GmbH
- Dr. Lutz Keßler, thyssenkrupp Steel Europe AG
- Dr. Lukas Kwiatkowski, Otto Fuchs KG
- Prof. Gideon Levy, TTA – Technology Turn Around
- Hans Mulder, Tata Steel Research & Development Product Application Centre
- Franz-Bernd Pauli, Franz Pauli GmbH & Co. KG
- Dr. Heinz-Jürgen Prokop, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG
- Dr. Hendrik Schafstall, simufact engineering gmbh
- Dr. Joachim Schondelmaier, Schondelmaier GmbH Presswerk
- Prof. Karl Schweizerhof, DYNAmore GmbH
- Dr. Hosen Sulaiman, Faurecia Autositze GmbH
- Sabine Widdermann, Industrieverband Massivumformung e. V.
- Dr. Hans-Joachim Wieland, Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

## Universitäre Kooperationen auf nationaler Ebene | University cooperations at national level

- Chair of Micromechanical and Macroscopic Modelling, ICAMS, Ruhr-Universität Bochum
- Fach Numerische Methoden und Informationsverarbeitung, Technische Universität Dortmund
- Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen
- Fachgebiet Maschinenelemente, Technische Universität Dortmund
- Fachgebiet Werkstoffprüfungstechnik, Technische Universität Dortmund
- Fachhochschule Südwestfalen
- fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Technische Universität Chemnitz
- Fraunhofer-Projektgruppe am Dortmunder OberflächenCentrum (DOC) der TKSE AG, Dortmund
- Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Institut für Angewandte Mechanik, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Bildsame Formgebung, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Leibniz Universität Hannover
- Institut für Fertigungstechnik, Technische Universität Dresden
- Institut für Kunststoffverarbeitung, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Technische Universität Dresden
- Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden
- Institut für Mechanik der Bauwissenschaften, Universität Duisburg-Essen
- Institut für Mechanik, Technische Universität Dortmund
- Institut für Metallformung, Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Institut für Metallurgie, Abteilung Werkstoffumformung, Technische Universität Clausthal-Zellerfeld
- Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, Technische Universität Darmstadt
- Institut für Spanende Fertigung, Technische Universität Dortmund
- Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen, Leibniz Universität Hannover

- Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart
- Institut für Verbrennung und Gasdynamik – Reaktive Fluide, Universität Duisburg-Essen
- Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover
- Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München
- Institutcluster IMA/ZLW & IfU (Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau/ Zentrum für Lern- und Wissensmanagement & An-Institut für Unternehmenskybernetik e. V.), Rheinisch-Westfälische Hochschule Aachen
- Labor für Fahrwerktechnik, Hochschule Osnabrück
- Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn
- Lehrstuhl Fertigungstechnik, Universität Duisburg-Essen
- Lehrstuhl für Fertigungstechnologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Lehrstuhl für Feststoffverfahrenstechnik, Ruhr-Universität Bochum
- Lehrstuhl für Konstruktion und Fertigung, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Lehrstuhl für Leichtbau, Technische Universität München
- Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik, Universität Paderborn
- Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen, Technische Universität München
- Lehrstuhl für Umformtechnik, Universität Siegen
- Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Technische Universität Dortmund
- Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
- Professur für Baumechanik, Universität der Bundeswehr München
- Professur Theoretische Elektrotechnik und Numerische Feldberechnung, Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg
- Professur Virtuelle Fertigungstechnik, Technische Universität Chemnitz
- wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Werkzeugmaschinenlabor, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Zentrum für Hochschulbildung, zhb, Technische Universität Dortmund

## Universitäre Kooperationen auf internationaler Ebene | University cooperations at international level

- Department of Materials Science and Engineering, The Ohio State University, Ohio, USA
- Department of Mechanical Engineering, Gifu University, Yanagido, Japan
- Department of Mechanical Engineering, Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, Portugal
- Department of Mechanical Engineering, Section of Manufacturing Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark
- Department of Mechanical Science and Engineering, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Japan
- Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), ParisTech, Paris, France
- Forming Laboratory, Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia
- Institut Carnot ARTS, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Valenciennes, France
- Institute for Manufacturing, Department of Engineering, University of Cambridge, Great Britain
- KAIST - Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea
- KIMS - Korea Institute of Materials Science, Gyeongnam, Republic of Korea
- Laboratory of Microstructure Studies and Mechanics of Materials, Arts et Métiers ParisTech (Metz Campus), France
- Loewy Chair in Materials Forming and Processing, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, USA
- Mechanical Engineering College of Tongji University, Jiading Campus, Shanghai, P.R. China
- Nagoya University, Nagoya, Japan
- School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, P.R. China
- Türkisch-Deutsche Universität, Istanbul, Turkey

## Nationale und internationale Kooperationen im industriellen Umfeld | Industrial cooperations at national and international level

- Airbus Defence and Space GmbH
- Aleris Aluminium Duffel BVBA
- alutec metal innovations GmbH & Co. KG
- Apparatebau M. Becker
- ASCAMM Technology Centre
- ASERM – Asociación Española de Rapid Manufacturing
- AUDI AG
- Auerhammer Metallwerk GmbH
- AutoForm Engineering GmbH
- Benteler International AG
- Bilstein GmbH & Co. KG
- BMW AG
- BÖHLER-UDDEHOLM Deutschland GmbH
- borit Leichtbau-Technik GmbH
- CARL BECHEM GMBH
- CRF – Centro Ricerche Fiat S.C.p.A.
- C-TEC Constellium Technology Center
- Daimler AG
- Danieli Germany GmbH
- data M Sheet Metal Solutions GmbH
- Deutsche Edelmetallwerke GmbH
- DYNAmore GmbH
- ESI GmbH
- F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG
- Faurecia Group
- Forming Technology Research Department, Steel Laboratory, JFE Steel Corporation, Chiba, Japan
- Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)
- Franz Pauli GmbH & Co. KG
- FRIMO Group GmbH Composites & Tooling Technologies
- Grundfos GmbH
- GSU Schulungsgesellschaft für Stanz- und Umformtechnik mbH
- HELLA KGaA Hueck & Co.
- Hirschvogel Umformtechnik GmbH
- Hydro Aluminium Deutschland GmbH
- inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH
- Inspire AG – IRPD
- JFE Steel Corporation, Japan
- Johnson Controls Hiltchenbach GmbH
- Kirchhoff Automotive GmbH
- Kistler Instrumente AG
- KODA Stanz- und Biegetechnik GmbH
- KraussMaffei Group GmbH

- Kunststoff-Institut Lüdenscheid GmbH
- LEIBER Group GmbH & Co. KG
- LG Corporation
- MatFEM
- MUBEA Unternehmensgruppe
- Otto Fuchs KG
- Outokumpu Nirosta GmbH
- Poynting GmbH
- Premium AEROTEC GmbH
- Rehau AG + Co
- S+C Extrusion Tooling Solutions GmbH
- Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH
- Salzgitter Mannesmann Precision GmbH
- Schnupp GmbH & Co. Hydraulik KG
- Schindelmaier GmbH Presswerk
- Schuler AG
- Schwarze-Robitec GmbH
- simufact engineering gmbh
- SIMUFORM Search Solutions GmbH
- SMS Meer GmbH
- Société Tunisienne des filtres (MISFAT), Jedeida, Tunisia
- Sparkasse Dortmund
- SSAB Swedish Steel GmbH
- SSAB Tuniplåt AB, Sweden
- Tata Steel
- TECOS – Slovenian Tool and Die Development Centre
- thyssenkrupp Steel Europe AG
- TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG Spezialmaschinen
- transfluid Maschinenbau GmbH
- TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG
- TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG
- VDM Metals International GmbH
- Viessmann Werke GmbH & Co. KG
- voestalpine AG
- VOLKSWAGEN AG
- Vorrichtungsbau Giggel GmbH
- Vossloh AG
- Welser Profile GmbH
- Westfalia Presstechnik GmbH & Co. KG
- Wilke Werkzeugbau GmbH & Co. KG
- WILO SE
- Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH

## Verbände | Associations

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- AGU – Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik
- AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
- Aluminium-Leichtbaunetzwerk
- ASM International
- CAE – Chinese Academy of Engineering
- CIRP – The International Academy for Production Engineering
- DAAD - Deutscher Akademischer Austauschdienst e. V.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft
- DGM – Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
- EFB – Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.
- FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.
- GCFG - German Cold Forging Group e. V.
- GDA – Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V.
- I<sup>2</sup>FG – International Impulse Forming Group e. V.
- IBU – Industrieverband Blechumformung e. V.
- ICFG – International Cold Forging Group
- IDDRG – International Deep Drawing Research Group
- IMU – Industrieverband Massivumformung e. V.
- ITA – International Tube Association
- JSTP – The Japan Society for Technology of Plasticity
- KIST Kompetenz- und Innovationszentrum für die Stanz-Technologie Dortmund e. V.
- Stahlinstitut VDEh
- VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.
- WGP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik

## Stiftungen | Foundations

- KARL-KOLLE-Stiftung
- VolkswagenStiftung
- Werner Richard - Dr. Carl Dörken Stiftung
- Wilo-Foundation





Abgeschlossene Arbeiten | Completed Theses

08

## Abgeschlossene Masterarbeiten<sup>1</sup> | Completed Master of Science Theses<sup>2</sup>

**Brambrink, Mario**

Tekkaya, A. E. • Wernicke, S.

**Parameterstudie zur Herstellung eigenschaftsangepasster hybrider Funktionsbauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung**

Parameter study for the production of property-adapted hybrid functional components produced by incremental sheet-bulk metal forming

**Dahm, Moritz**

Tekkaya, A. E. • Müller, M.

**Experimentelle sowie simulative Untersuchung für das Innenhochdruckfügen von Ovalrohren**

Experimental and numerical investigations of the joining by die-less hydroforming process for profiles with oval cross section

**D'Souza, Loreen Jovita**

Tekkaya, A. E. • Dardaeei, H.

Experimentelle und numerische Untersuchung des Einflusses von Reibung auf die nichtlineare Dickenverteilung im I/HU

**Experimental and numerical investigation of the effect of friction on the non linear thickness distribution in tube hydroforming**

**Gebhard, Johannes**

Tekkaya, A. E. • Clausmeyer, T. • Staupendahl, D.

**Entwicklung und Erprobung einer Biegevorrichtung mit einstellbarem Biegewinkel und -radius**

Development and experimental evaluation of a bending device with adjustable bending radius and bending angle

**Han, Ziqi**

Tekkaya, A. E. • Clausmeyer, T. • Traphöner, H.

Numerische und experimentelle Analyse der Werkstoffcharakterisierung von Rohren mit dem ebenen Torsionsversuch

**Numerical and experimental analysis of the characterization of tubular specimens in the in-plane torsion test**

**Hijazi, Dina**

Tekkaya, A. E. • Staupendahl, D. • Traphöner, H.

Experimentelle Untersuchung der Formänderungsgrenzen von Rohrmaterial unter Verwendung des Zugversuchs, des Doppelstegtorsionsversuchs und des Rohraufweitversuchs

**Experimental investigation of the formability limits of tubular material using the tensile test, the twin bridge torsion shear test and the bulge test**

**Khan, Aamit**

Tekkaya, A. E. • Heibel, S. (Daimler AG)

Versagensanalyse von tiefgezogenen Bauteilen aus hochfesten Multiphasenstählen

**Failure analysis of deep drawing parts made of high strength multiphase steels**

---

1 Originaltitel ist fett gedruckt.

2 Original title written in bold.

**Marques Bezerra, Diego**

Tekkaya, A. E. • Staupendahl, D.

Untersuchung des Krageziehens von hochfestem Stahlblech und des damit einhergehenden Entstehens von Kantenrissen

**Investigation of the occurrence of cracks in AHSS sheet material during hole flanging operations**

**Mergel, Fabian**

Tekkaya, A. E. • Hölker-Jäger, R. • Hering, O.

**Konzepterstellung und Inbetriebnahme der Werkzeugkühlung einer Strangpressmaschine**

Concept development and experimental testing of an extrusion die with cooling

**Möller, Christian**

Tekkaya, A. E. • Heibel, S. (Daimler AG)

**Versagensanalyse bei der Blechumformung von modernen hochfesten Stählen mittels experimenteller und simulativer Methoden**

Failure analysis of modern high-strength steels in sheet metal forming by experimental and numerical techniques

**Nitze, Tobias**

Tekkaya, A. E. • Staupendahl, D.

**Systematische Analyse und Ableitung von Maßnahmen zur Steigerung der Anlagenverfügbarkeit von Drahtwalzwerken**

Systematical analysis and derivation of measures for the increase of plant availability of rod rolling mills

**Ossenberg, Philipp**

Tekkaya, A. E. • Ortelt, T. R.

**Entwicklung einer Online-Lehrveranstaltung zur Bestimmung von Fließkurven durch einen teleoperativen Druckversuch**

Development of an online seminar to determine flow curves through remotely operated compression tests

**Otroshi, Mortaza**

Tekkaya, A. E. • Hussain, M. (Hirschvogel Umformtechnik GmbH) • Clausmeyer, T.

Optimierung von geometrischen Größen und Reibparametern in Schmiedeprozessen

**Automatic optimization of shape parameters and friction coefficients in forging process**

**Pajonk, Daniel**

Tekkaya, A. E. • Ossenkemper, S.

**Untersuchung des Stahl-Aluminium-Verbundes kaltfließepresster Hybridwellen**

Bonding zone investigation of cold-forged steel-aluminum composite shafts

**Perez Castañeda, Marco Antonio**

Tekkaya, A. E. • Hölker-Jäger, R.

Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und Laserpulverauftragsschweißen zur Fertigung von Leichtbauteilen

**Process combination of single point incremental forming and laser powder deposition for the manufacturing of lightweight components**

**Schilling, Bastian**

Tekkaya, A. E. • Lueg-Althoff, J.

**Experimentelle und numerische Analyse der Formänderung von Rohren bei der elektromagnetischen Kompression unter Berücksichtigung der Faltenbildung und des Einflusses auf das Magnetpulsverschweißen**

Experimental and numerical analysis of the electromagnetic compression of tubes considering wrinkling and its influence on magnetic pulse welding

**Schowtjak, Alexander**

Tekkaya, A. E. • Ostwald, R. (IM, TU Dortmund) • Clausmeyer, T. Schmitz, F.

Analyse von Schädigungsformulierungen für die Finite-Element-Simulation von Umformprozessen

**Analysis of damage formulations for the finite element-based simulation of forming processes**

**Schumacher, Michael**

Tekkaya, A. E. • Dang, T.

**Entwicklung und Erprobung eines Mehrfachwerkzeugs für die inkrementelle Blechumformung**

Development and experimental evaluation of a multitool for the incremental forming process

**Sedes, Elif**

Tekkaya, A. E. • Ipekoglu, M. (TDU) • Isik, K.

Numerische Untersuchung des Einflusses von Prozessparametern zur Optimierung eines superplastischen Umformprozesses

**Numerical investigation of the effect of process parameters to optimize a superplastic forming process**

**Walke, Matthias**

Tekkaya, A. E. • Tschierschke, M. (thyssenkrupp) • Ortelt, T. R.

**Vergleichende Untersuchungen verschiedener Biegeverfahren unter Anwendung hochfester Stahlwerkstoffe am Beispiel von V-Profilen**

Comparative investigations of different bending processes during V-profile bending of high-strength steels

**Weber, Florian**

Tekkaya, A. E. • van Putten, K. (SMS-Group) • Grodotzki, J. V.

**Analytische Beschreibung des spannungsüberlagerten Rohrziehens mit fliegendem Dorn**

Analytical description of the stress-superimposed tube drawing process with floating mandrel

Der Schweigepflicht unterliegende Masterarbeiten wurden verfasst von | Confidential works (M. Eng.) were written by

**Gessner, Victor**

Saleem, Maimoon

Shabaninejad, Arash

## Abgeschlossene Bachelorarbeiten | Completed Bachelor of Science Theses

**Beierle, Eugen**

Tekkaya, A. E. • Gies, S.

**Analyse der Leiterdeformation bei der elektromagnetischen Umformung**

Analysis of the conductor deformation of electromagnetic forming coils

**Detzel, Andreas**

Tekkaya, A. E. • Wernicke, S.

**Vorrichtung zum axialen Randaufdicken von Napfbauanteilen mittels inkrementeller Blechmassivumformung**

Development of an experimental device for axial edge thickening of cup components by incremental sheet-bulk metal forming

**Eitner, Matthias**

Tekkaya, A. E. • Dang, T.

**Numerische Untersuchung des Zustellvorgangs bei der inkrementellen Blechumformung mit zwei Umformwerkzeugen**

Numerical investigation of the step-down procedure in the incremental forming process with two tools

**Göppert, Pascal**

Tekkaya, A. E. • Napierala, O.

**Einflussanalyse unterschiedlicher Werkzeugkinematiken und Prozessparameter beim Festwalzen**

Effect analysis of different tool kinematics and process parameters during deep rolling

**Hater, Sebastian**

Tekkaya, A. E. • Löbbe, C.

**Analyse der Korngrößen- und Mikrostruktur-Entwicklung beim kurzzeitigen Austenitisieren mittels mikromagnetischer Messungen**

Evolution of the grain size and microstructure during the rapid austenitization analyzed by micromagnetic measurements

**Herweg, Dominik**

Tekkaya, A. E. • Wernicke, S.

**Analyse von Einflussgrößen zur gezielten Einstellung der Bauteileigenschaften am Beispiel eines durch inkrementelle Blechmassivumformung hergestellten Zahnrades**

Analysis of process parameters for the setting of defined component properties of a geared sheet by using incremental sheet-bulk metal forming

**Kaya, Deniz**

Tekkaya, A. E. • Mennecart, T.

**Numerische Untersuchungen zum Umformverhalten mehrlageriger Bleche**

Numerical investigations on the formability of multi-layered sheets

**Kleina, Julian**

Tekkaya, A. E. • Dannke, C.

**Untersuchung der Grenzschicht an stranggepressten**

**Aluminium-NiTi-Verbundprofilen**

Investigation of the boundary layer of extruded aluminum-

NiTi composite profiles

**Kotzyba, Patrick**

Tekkaya, A. E. • Ischierschke, M. (thyssenkrupp) • Ortelt, T. R.

**Untersuchungen von Längsdehnungen beim Walzprofilieren**

**mit hochfesten Stahlwerkstoffen**

Investigation of the longitudinal strains during profile rolling

of high-strength steels

**Morosow, Witali**

Tekkaya, A. E. • Mennecart, T.

**Entwicklung und Konstruktion eines Prüfstandes zur**

**Ermittlung des Flanscheinzuges beim Biegen von U-Profilen**

**mittels Lasertriangulation**

Design and construction of a test device for the analysis of

the flange movement in bending processes by using laser

triangulation

**Sonntag, Maximilian**

Tekkaya, A. E. • Maaß, F.

**Charakterisierung des Beulverhaltens von Kunststoffwerk-**

**stoffen bei der inkrementellen Kaltumformung von Thermo-**

**plasten**

Analysis of bulge formation for single point incremental

forming of thermoplastics

**Steinwachs, Tim**

Tekkaya, A. E. • Mennecart, T.

**Beschreibung und Analyse des Umformverhaltens von**

**Sandwichblech-Bauteilen**

Characterization and analysis of the forming behavior of

sandwich-sheet components

**Sultane, Faten**

Tekkaya, A. E. • Wernicke, S.

**Einfluss einer Dehnpfadänderung auf die Bauteileigen-**

**schaften eines inkrementell-blechmassivumgeformten**

**Zahnrades**

Analysis of the influence of a strain path change on the

component properties of a geared sheet by using incremental

sheet-bulk metal forming

**Thier, Ulrich**

Tekkaya, A. E. • Gutknecht, F.

**Bestimmung der Werkstoffschädigung in Metallen mit Hilfe**

**elektrischer Messverfahren**

Characterization of material damage by means of electrical

measurements

**Wolf, Tobias**

Tekkaya, A. E. • Grzancio, G.

**Untersuchung rollenbasierter Werkzeugsysteme für die**

**Inkrementelle Profilumformung**

Investigation of roll-based tool systems for incremental

profile forming

Der Schweigepflicht unterliegende Bachelorarbeiten wurden  
verfasst von | Confidential works (B. Eng.) were written by

**Schwendenmann, Nico**

## Abgeschlossene Projektarbeiten | Completed Project Theses

**Adams, Tom • Hartung, Michael**

Tekkaya, A. E. • Traphöner, H. • Schmitz, F.

**Bewertung unterschiedlicher Verfahren zur optischen**

**Messung hoher Dehnungen im ebenen Torsionsversuch**

Evaluation of different methods for the optical measurement of high strains in the in-plane torsion test

**Denter, Kevin**

Tekkaya, A. E. • Mennecart, T.

**Aufbau eines Picture-Frame Tests mit Möglichkeit der**

**Aufbringung einer Normalspannung**

Design of a picture-frame test with the possibility of applying a normal stress

**Bärens, Frederic**

Tekkaya, A. E. • Ortelt, T. R.

**Eine quantitative Analyse von Schmiermittelmengen und**

**Folienarten und -dicken in einem tribologischen System bei**

**Nakajima-Versuchen nach DIN EN ISO 12004-2**

A quantitative analysis of the tribological influence of lubricant thickness, type and thickness of the plastic disc in a DIN EN ISO 12004-2 Nakajima test

**Baqerzadeh Chehreh, Abootarab**

Tekkaya, A. E. • Staupendahl, D.

Untersuchung des inkrementellen Biegens von dünnwandigen Rohren

**Investigation of incremental bending of thin-walled tubes**

**Cwiekala, Nils**

Tekkaya, A. E. • Clausmeyer, T. • Traphöner, H.

**Einfluss selektiver Zuordnung von Materialparametern auf die numerische Rückfederungsvorhersage**

Influence of selective assignment of material parameters on the numerical springback prediction

**D'Souza, Loreen Jovita**

Tekkaya, A. E. • Hess, S. • Staupendahl, D.

Steigerung des Umformvermögens ferritischen Edelstahl durch einen mehrstufigen Umformprozess mit Zwischenschritten

**Increasing the formability of ferritic stainless steel by intermediate annealing and stepwise forming**

**EiBaradei, Mohamed Ahmed**

Tekkaya, A. E. • Staupendahl, D.

Untersuchung des inkrementellen Biegens von dünnwandigen Rohren

**Investigation of incremental bending of thin-walled tubes**

**Fork, Dennis**

Tekkaya, A. E. • Gutknecht, F.

**Charakterisierung der Eigenschaften von Sandwichblechen**

Characterization of the mechanical behavior of sandwich panels

**Gala, Vijal Premchand**

Tekkaya, A. E. • Chen, H.

Ermittlung der Umformbarkeit von ferritischem Edelstahl bei erhöhten Temperaturen

**Determination of formability of ferritic stainless steel at elevated temperatures**

**Izadyar, Seyed Ahmad**

Tekkaya, A. E. • Nazari, E.

Numerische Untersuchung der inkrementellen Rohrformung mit Fokus auf Dickenanpassung

**Numerical investigation of incremental tube forming with focus on thickness adjustment**

**Ganesh, Vishnu**

Tekkaya, A. E. • Dahnke, C.

Umformverhalten von Formgedächtnis-Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen

**Forming behaviour of shape-memory-metal matrix composite sites**

**Jahn, Robert**

Tekkaya, A. E. • Gies, S.

Fertigung und Erprobung einer Werkzeugspule für die elektromagnetische Umformung

Manufacturing and testing of a working coil for electromagnetic forming operations

**Göppert, Pascal**

Tekkaya, A. E. • Kamaliev, M.

Presshärten: Einfluss von Prozessparametern auf die Bauteilhärte

Hot stamping: influence of the process parameters on the workpiece hardness

**Jaiswal, Sumant**

Tekkaya, A. E. • Chen, H.

Ermittlung der Umformbarkeit von ferritischem Edelstahl bei erhöhten Temperaturen

**Determination of formability of ferritic stainless steel at elevated temperatures**

**große Beilage, Georg**

Tekkaya, A. E. • Gutknecht, F.

Entwicklung eines Versuchsaufbaus zur Aufnahme von Fließkurven für Blechwerkstoffe bei hohen Umformgeschwindigkeiten

Development of an experimental device for the characterization of flow curves of sheet metals at high strain rates

**Karakas, Sercan • Sarioguz, Özgün**

Tekkaya, A. E. • Staupendahl, D. • Dardaai, H.

Untersuchung des Einflusses von Fügen durch inkrementelle Rohrformung und Hartlöten auf die Verbindungsfestigkeit von ferritischen Edelstahlrohren (Güte 1.4509)

**Investigation of the effects of joining by incremental tube forming and brazing on the joining strength of ferritic stainless steel tubes (grade 1.4509)**

**Keßler, Danilo**

Tekkaya, A. E. • Yoshida, Y. (Gifu University) • Ortelt T. R.  
Konstruktion und Fertigung von Umformwerkzeugen im  
G-Cadet-Programm

**Design and manufacturing of a forming product line at  
G-Cadet**

**Kotzyba, Patrick**

Tekkaya, A. E. • Gutknecht, F.

**Ermittlung von Spannungs-Dehnungs-Diagrammen beim  
Stauchversuch mittels optischer Konturmessung**

Determination of stress-strain diagrams for the upsetting  
test by means of optical edge measurement

**Kröll, Felix**

Tekkaya, A. E. • Chatti, S. • Sieczkarek, P. • Wernicke, S.

**Verschleißuntersuchungen an Verzahnungswerkzeugen für  
die inkrementelle Blechmassivumformung**

Investigations on the wear behavior of gear forming tools in  
incremental sheet-bulk metal forming

**Lu, Yongchao**

Tekkaya, A. E. • Chen, H.

**Experimentelle Untersuchung der Warmrohrumformung  
durch granuläre Medien**

Experimental investigation of tube hot forming using granular  
medium

**Maschlanka, Jonas**

Tekkaya, A. E. • Traphöner, H.

**Numerische und experimentelle Analyse der Form der  
inneren Einspannung im ebenen Torsionsversuch**

Numerical and experimental analysis of the shape of the  
inner clamping in the in-plane torsion test

**Peter, Alexander**

Tekkaya, A. E. • Dang, T.

**Untersuchung des Einflusses der Werkzeuggeschwindigkeit  
auf die Bauteilqualität bei der inkrementellen Blechumfor-  
mung**

Investigation of the influence of the tool velocity on the  
workpiece quality in incremental sheet metal forming  
processes

**Potluri, Venkata Vamshi Krishna**

Tekkaya, A. E. • Dahnke, C.

Analyse des thermomechanischen Verhaltens von mit  
Formgedächtnisfaser verstärktem Aluminium-Metallmatrix-  
Verbundwerkstoff

**Analysis of the thermo-mechanical behaviour of a shape  
memory alloy fibre reinforced aluminium metal matrix  
composite**

**Rahmani, Mohammad**

Tekkaya, A. E. • Chen, H.

Numerische Untersuchungen des Rückfederungsverhaltens  
von Ovalrohr

**Springback simulation of catalytic converter oval tube**

**Ranjan Sharma, Sumeet**

Tekkaya, A. E. • Hess, S. • Staupendahl, D.

Steigerung des Umformvermögens ferritischen Edelistahls durch einen mehrstufigen Umformprozess mit Zwischen-  
glühritten

**Increasing the formability of ferritic stainless steel by  
intermediate annealing and stepwise forming**

**Schreiner, Felix**

Tekkaya, A. E. • Kolpak, F.

**Qualitative Untersuchung der Schweißnaht beim Strang-  
pressen durch optische Analyse**

Automatic weld strength evaluation in direct hot extrusion by  
means of optical microscopy

**Steinhauer, Timo**

Tekkaya, A. E. • Gutknecht, F.

**Entwicklung eines Versuchsaufbaus zur Aufnahme von  
Fließkurven für Blechwerkstoffe bei hohen Umformge-  
schwindigkeiten**

Development of an experimental device for the characteriza-  
tion of flow curves of sheet metals at high strain rates

**Stennei, Markus**

Tekkaya, A. E. • Hahn, M.

**Reibungsbeschreibung für Umformvorgänge von Metall-  
CFK-Sandwichen**

Description of frictional behavior for the forming of metal-  
FRP sandwiches

**Stiebert, Fabian**

Tekkaya, A. E. • Heibel, S. (Daimler AG) • Ortelt T. R.

**Quantifizierung der Schädigung hochfester 1000 MPa  
Stähle**

Damage quantification of high-strength 1000 MPa steels

**Weißenfels, Stefan**

Tekkaya, A. E. • Chatti, S. • Sieczkarek, P. • Wernicke, S.

**Verschleißuntersuchungen an Verzahnungswerkzeugen für  
die inkrementelle Blechmassivumformung**

Investigations on the wear behavior of gear forming tools in  
incremental sheet-bulk metal forming processes

**Wiese, Tobias**

Tekkaya, A. E. • Gies, S.

**Fertigung und Erprobung einer Werkzeugspule für die  
elektromagnetische Umformung**

Manufacturing and testing of a working coil for electromag-  
netic forming operations

**Winkelmann, Jonas**

Tekkaya, A. E. • Kamaliev, M.

**Konstruktion und Erprobung einer modularen Spannvorrich-  
tung für Verfahren der Eigenspannungsmessung**

Construction and testing of a modular clamping tool for  
residual stress measurement devices

**Wittig, Alexandra**

Tekkaya, A. E. • Ortelt, T. R.

**Eine quantitative Analyse von Schmiermittelmengen und Folienarten und -dicken in einem tribologischen System bei Nakajima-Versuchen nach DIN EN ISO 12004-2**

A quantitative analysis of the tribological influence of lubricant thickness, type, and thickness of the plastic disc in a DIN EN ISO 12004-2 Nakajima test

**Ye, Hui**

Tekkaya, A. E. • Chen, H.

**Untersuchung der Dickenwirkung auf die Mikrostruktur von 22MnB5 unter verschiedenen Abschreckbedingungen**

Investigation of thickness effects on the microstructure of 22mnB5 under different cooling conditions





Ausgewählte Veröffentlichungen und Vorträge |  
Selected Publications and Lectures

09



## Zeitschriftenbeiträge | For Journals (Peer Reviewed)

- Bellmann, J., Beyer, E., Gies, S., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Measurement of Collision Conditions in Magnetic Pulse Welding Processes. *Journal of Physical Science and Application* 7 (4), pp. 1-10.
- Bellmann, J., Beyer, E., Lueg-Althoff, J., Gies, S., Tekkaya, A. E., Schettler, S., Schulze, S., 2017.** Targeted Weld Seam Formation and Energy Reduction at Magnetic Pulse Welding (MPW). *Biuletyn Instytutu Spawalnictwa* 5, pp. 91-102.
- Cha, W., Hammer, T., Gutknecht, F., Golle, R., Tekkaya, A. E., Volk, W., 2017.** Adaptive wear model for shear-cutting simulation with open cutting line. *WEAR* 386-387, pp. 17-28.
- Georgiadis, G., Tekkaya, A. E., Weigert, P., Horneber, S., Kuhnle, P. A., 2017.** Formability analysis of thin press hardening steel sheets under isothermal and non-isothermal conditions. *International Journal of Material Forming* 10 (3), pp. 405-419.
- Gies, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Analytical prediction of Joule heat losses in electromagnetic forming coils. *Journal of Materials Processing Technology* 246, pp. 102-115.
- Hahn, M., Ben Khalifa, N., Shabaninejad, A., 2017.** Prediction of process forces in fibre metal laminate stamping. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. DOI: 10.1115/1.4038369.
- Hiegemann, L., Tekkaya, A. E., 2017.** Ball Burnishing Under High Velocities Using a New Rolling Tool Concept. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. DOI: 10.1115/1.4037431.
- Kiliclar, Y., Vladimirov, I., Wulfinghoff, S., Reese, S., Demir, O., Weddeling, C., Tekkaya, A. E., Engelhardt, M., Klose, C., Maier, H., Rozgic, M., Stieme, M., 2017.** Finite element analysis of combined forming processes by means of rate dependent ductile damage modelling. *International Journal of Material Forming* 10 (1), pp. 73-84.
- Lou, Y., Chen, L., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., Yoon, J. W., 2017.** Modeling of ductile fracture from shear to balanced biaxial tension for sheet metals. *International Journal of Solids and Structures* 122, pp. 169-184.

- Sieczkarek, P., Wernicke, S., Gies, S., Tekkaya, A. E., Krebs, E., Wiederkehr, P., Biermann, D., Tillmann, W., Stangier, D., 2017.** Improvement strategies for the formfilling in incremental gear forming processes. *Production Engineering – Research and Development*, DOI: 10.1007/s11740-017-0764-1.
- Tekkaya, A. E., Ben Khalifa, N., Hering, O., Meya, R., Myslicki, S., Walther, F., 2017.** Forming-induced damage and its effects on product properties. *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 66, pp. 281-284.
- Wollmann, T., Hahn, M., Wiedermann, S., Zeiser, A., Jaschinski, J., Modler, N., Ben Khalifa, N., Meißner, F., Paul, C., 2017.** Thermoplastic fibre metal laminates: Stiffness properties and forming behaviour by means of deep drawing. *Archives of civil and mechanical engineering* 18, pp. 442-450.

## Beiträge in Konferenzbänden | Publications in Proceedings

- Chen, H., Staupendahl, D., Hiegemann, L., Tekkaya, A. E., 2017.** Increasing the formability of ferritic stainless steel tube by granular medium-based hot forming. In: Journal of Physics: Conference Series 896. 36<sup>th</sup> IDRG Conference – Materials Modelling and Testing for Sheet Metal Forming, Munich, Germany. DOI:10.1088/1742-6596/896/1/012009.
- Dahnke, C., Kolpak, F., Kloppenborg, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Manufacturing of reinforced profiles by means of combined continuous and discontinuous composite extrusion. In: Proceedings of the ICEB 2017, Verona, Italy, (Digital).
- Dahnke, C., Shapovalov, A., Tekkaya, A. E., 2017.** Thermally activated lightweight actuator based on hot extruded shape memory metal matrix composites (SMA-MMC). In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 1511–1516.
- Doig, M., Isik, K., Clausmeyer, T., Heibel, S., Richter, H., Tekkaya, A. E., 2017.** Material Characterization and Validation Studies for Modeling Ductile Damage during Deep Drawing. In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Sheet Metal, Palermo, Italy, pp. 77-82.
- Doig, M., Isik, K., Clausmeyer, T., Richter, H., Heibel, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Material characterization and parameter optimization for a damage model. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital).
- Gerstein, G., Clausmeyer, T., Gutknecht, F., Tekkaya, A. E., Nürnberg, F., 2017.** Analysis of Dislocation Structures in Ferritic and Dual Phase Steels Regarding Continuous and Discontinuous Loading Paths. In: TMS 2017, 146<sup>th</sup> Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings. San Diego, USA, pp. 203–210.
- Gerstein, G., Isik, K., Gutknecht, F., Sieczkarek, P., Ewert, J., Tekkaya, A. E., Clausmeyer, T., Nürnberg, F., 2017.** Microstructural characterization and simulation of damage for geared sheet components. In: Journal of Physics: Conference Series 896, 36<sup>th</sup> IDRG Conference - Materials Modelling and Testing for Sheet Metal Forming, Munich, Germany, DOI:10.1088/1742-6596/896/1/012076.
- Gies, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Effect of workpiece deformation on Joule heat losses in electromagnetic forming coils. In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 341-346.

- Gutknecht, F., Isik, K., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Comparison of Gurson and Lemaitre model in the context of blanking simulation of a high strength steel. In: Proceedings of the XIV International Conference on Computational Plasticity – Fundamentals and Applications COMPLAS 2017, Barcelona, Spain, pp. 163-173.
- Gutknecht, F., Isik, K., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., Gerstein, G., Nürnberger, F., 2017.** Vorhersage von Schädigung in der Blechmassivumformung. In: 22. Umformtechnisches Kolloquium, Hannover, Germany, p. 220, (Poster).
- Grodzki, J., Ortel, T. R., Tekkaya, A. E., 2017.** Development of a FEM-Lab for the virtual experimentation in forming processes. In: 4<sup>th</sup> Experiment@ International Conference Online Experimentation, Faro, Portugal, pp. 123-124.
- Grodzki, J., Selvaggio, A., Ortel, T. R., Tekkaya, A. E., 2017.** Demonstration of Deep Drawing Experiments in a Remote Lab Environment. In: 4<sup>th</sup> Experiment@ International Conference Online Experimentation, Faro, Portugal, pp. 141-142.
- Grzanic, G., Hiegemann, L., Ben Khalifa, N., 2017.** Investigation of new tool design for incremental profile forming. In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 1767-1772.
- Heibel, S., Nester, W., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Failure assessment in sheet metal forming using a phenomenological damage model and fracture criterion: experiments, parameter identification and validation. In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 2066-2071.
- Heibel, S., Nester, W., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Influence of different Yield Loci on Failure Prediction with Damage Models. In: Journal of Physics: Conference Series, Volume 896, 36<sup>th</sup> IDDR Conference – Materials Modelling and Testing for Sheet Metal Forming, Munich, Germany, DOI :10.1088/1742-6596/896/1/012081.
- Hering, O., Ossenkemper, S., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., Nadolski, D., Schulz, A., Zoch, H.-W., 2017.** Distortion Induced by Cold Forging and Subsequent Heat Treatment. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital).
- Hijazi, D., Traphöner, H., Staupendahl, D., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Characterization of planar anisotropy, hardening and fracture of tubular materials by a modified in-plane torsion test. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital).

- Kamaliyev, M., Löbbecke, C., Hiegemann, L., Tekkaya, A. E., 2017.** Potenziale der akustischen Sensorik zur prozessbegleitenden Zustandsüberwachung beim Presshärten. In: 12. Erlanger Workshop Warmblechumformung 2017, Fürth, Germany, pp. 43-54.
- Kolpak, F., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2017.** Numerical Prediction of the Process Limits of Aluminum Chip Extrusion. In: WGP Jahreskongress 2017, Aachen, Germany, pp. 481-486.
- Kolpak, F., Schwane, M., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2017.** Improved property prediction of cold forged components by means of enhanced material models. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital).
- Komodromos, A., Löbbecke, C., Tekkaya, A. E., 2017.** Development of forming and product properties of copper wire in a linear coil winding process. In: 2017 7<sup>th</sup> International Electric Drives Production Conference (E|DPC), Würzburg, Germany, pp. 13-18.
- Kruse, D., Kuska, R., Frerich, S., May, D., Ortelt, T. R., Tekkaya, A. E., 2017.** More Than "Did You Read the Script?": In: REV2017 Proceedings – International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, New York, USA, pp. 160-169.
- Löbbecke, C., Hater, S., Kamaliyev, M., Hiegemann, L., Tekkaya, A. E., 2017.** Sheet Metal Forming in Progressive Dies Assisted by Rapid Induction Heating: Setting of Springback and Product Properties. In: 6<sup>th</sup> International Conference Proceedings Hot Sheet Metal Forming of High Performance Steel, Atlanta, USA, pp. 649-662.
- Maaß, F., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Deformation Characteristics of Thermoplastics in Single Point Incremental Forming. In: AIP Conference Proceedings 1896, Dublin, Ireland, DOI: 10.1063/1.5008050.
- Mennecart, T., Hiegemann, L., Ben Khalifa, N., 2017.** Analysis of the forming behaviour of in-situ drawn sandwich sheets. In: Procedia Engineering 207: 1 2<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 890-895.
- Meya, R., Löbbecke, C., Hering, O., Tekkaya, A. E., 2017.** New Bending Process with Superposition of Radial Stresses for Damage control. In: 10<sup>th</sup> Forming Technology Forum Model Based Control for Smart Forming Processes, Enschede, The Netherlands, pp. 81-85.
- Napierala, O., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., Missal, N., Felde, A., Liewald, M., 2017.** Numerical Analysis of Manufacturing Load-Tailored Components by Cold. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital).

- Ortel, T. R., Tekkaya, A. E., 2017.** Engineering Education 4.0 – Teaching for Industry 4.0. In: Proceedings of the 8<sup>th</sup> Zwick Academia Day 2017, Hong Kong.
- Ortel, T. R., Ruider, E., Tekkaya, A. E., 2017.** Virtual Lab for Material Testing using the Oculus Rift. In: 4<sup>th</sup> Experiment@ International Conference Online Experimentation, Faro, Portugal, pp. 145–146.
- Ossenkemper, S., Dahnke, C., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2017.** Composite Cold Forging – Producing Steel-Aluminum-Composite Shafts with Conventional Cold Forging Tools. In: Proceedings of the 50<sup>th</sup> ICFG Plenary Meeting, Shanghai, China, pp. 183-191.
- Schmitz, F., Winter, S., Clausmeyer, T., Even, D., Colasse, C., Tekkaya, A. E., Wagner, M. F., 2017.** Materials science-based simulation strategies for the adiabatic cutting process. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital).
- Schowtjak, A., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Analysis of Damage and Fracture formulations in Cold Extrusion. In: Proceedings of the XIV International Conference on Computational Plasticity – Fundamentals and Applications COMPLAS 2017, Barcelona, Spain, pp. 196-207.
- Schulze, A., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2017.** Developments in composite extrusion of complex profiles for automotive applications. In: Proceedings of the ICEB 2017, Verona, Italy, (Digital).
- Sieczkarek, P., Gies, S., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2017.** Wirtschaftliche inkrementelle Blechmassivumformung. In: 22. Umformtechnisches Kolloquium, Hannover, Germany, p. 225, (Poster).
- Sieczkarek, P., Wernicke, S., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Incremental Sheet-Bulk Metal Forming – Overview on the development of a new forming technology. In: Proceedings of the 50<sup>th</sup> ICFG Plenary Meeting, Shanghai, China, pp. 196-205.
- Staupendahl, D., Tekkaya, A. E., 2017.** The reciprocal effects of bending and torsion on springback during 3D bending of profiles. In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 2322-2327.

- Staupendahl, D., Tekkaya, A. E., 2017.** In-line-measurement of complex profile contours for the generation of process parameters used in 3D-bending. In: SCT 2017 Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, (Digital), pp. 558-565.
- Strenger, N., May, D., Ortelt, T. R., Kruse, D., Frerich, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Internationalization and Digitalization in Engineering Education. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Higher Education Advances, Valencia, Spain, pp. 558-565.
- Sumikawa, S., Ishiwatari, A., Hiramoto, J., Yoshida, F., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Stress state dependency of unloading behavior in high strength steels. In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp. 179-184.
- Traphöner, H., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Material characterization for plane and curved sheets using the in-plane torsion test – an overview. In: Procedia Engineering 207: 12<sup>th</sup> International Conference on Technology of Plasticity, Cambridge, United Kingdom, pp.1934-1939.
- Wernicke, S., Gies, S., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2017.** Herstellung von belastungsangepassten Funktionsbauteilen mittels inkrementeller Blechmassivumformung. In: 22. Umformtechnisches Kolloquium, Hannover, Germany, pp. 215-216, (Poster).
- Wernicke, S., Sieczkarek, P., Grodotzki, J., Gies, S., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2017.** Material Flow Analysis for The Incremental Sheet-Bulk Gearing by Rotating Tools. In: ASME 2017, 12<sup>th</sup> International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6<sup>th</sup> International Conference on Materials and Processing, Los Angeles, CA, USA, DOI:10.1115/MSEC2017-3029.
- Winter, S., Schmitz, F., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., Wagner, M. F.-X., 2017.** High temperature and dynamic testing of AHSS for an analytical description of the adiabatic cutting process. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 181, 19<sup>th</sup> Chemnitz Seminar on Materials Engineering, Chemnitz, Germany, DOI: 10.1088/1757-899X/181/1/012026.

## Vorträge | Presentations

- Bellmann, J., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Gies, S., Beyer, E., Tekkaya, A. E., 2017.** Neue Möglichkeiten zur Prozessüberwachung und Effizienzsteigerung beim Magnetpulsschweißen. Werkstoffwoche, 27.-29.09.2017, Dresden, Germany.
- Ben Khalifa, N., Mennecart, T., Werner, H., Weidenmann, K. A., Henning, F., 2017.** In-situ hybridization of sandwich parts by deep drawing. 67<sup>th</sup> CIRP General Assembly Part II, Technical presentation on CWG Composite Materials Parts Manufacturing, 24.08.2017, Lugano, Switzerland.
- Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2017.** SFB/Transregio 188 Schädigungs kontrollierte Umformprozesse. Werkstoffwoche, 27.-29.09.2017, Dresden, Germany.
- Dahnke, C., Shapovalov, A., Tekkaya, A. E., 2017.** Shape memory metal matrix composites: Generation of an actuator function in aluminum profiles. ICTP, 17.-22.09.2017, Cambridge, United Kingdom.
- Gallus, S., Meya, R., Seibt, M., Löbke, C., Ben Khalifa, N., 2017.** Manufacture of tailored tubes at elevated temperatures by heat assisted incremental tube forming. 2<sup>nd</sup> Conference & Exhibition on Light Materials, 09.11.2017, Bremen, Germany.
- Gies, S., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2017.** Extension of process limits in metal forming by means of innovative tooling concepts. CIRP Winter Meeting, 16.02.2017, Paris, France.
- Hahn, M., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Fügen durch Umformen. Forel-Akademie, 03.05.2017, Bielefeld, Germany.
- Hering, O., Ossenkemper, S., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., Nadolski, D., Schulz, A., Hoffmann, F., Zoch, H., 2017.** Gezielte Prozesssteuerung bei der Kaltmassivumformung und Wärmebehandlung zur Minimierung des Verzugs. GCFG Arbeitsgruppen Werkzeuge, Werkstoffe, Tribologie und Verfahren, 06.04.2017, Stuttgart, Germany.
- Hölker-Jäger, R., Strotzer, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und Laserpulverauftragsschweißen. Workshop „Additive Fertigung in der Umformtechnik“, 27.04.2017, Dortmund, Germany.

- Hölker-Jäger, R., Tekkaya, A. E., 2017.** Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und additiver Fertigung. Werkstoffwoche, 27.-29.09.2017, Dresden, Germany.
- Ortelt, T. R., Frerich, S., 2017.** Remote-Labore für die Ingenieurwissenschaften – Vorstellung der ELLI Lab Library. elearn.nrw Tagung, 01.09.2017, Essen, Germany.
- Ortelt, T. R., Groditzki, J., Schiffler, N., 2017.** Virtual und Augmented Reality in der Lehre, elearn.nrw Tagung, 01.09.2017, Essen, Germany.
- Ortelt, T. R., May, D., Tekkaya, A. E., 2017.** Virtual and Remote Instrumentation for International Engineering Education 4.0. Colloquium on International Engineering Education, 02.-03.11.2017, Flagstaff, AZ, USA.
- Ortelt, T. R., Tekkaya, A. E., 2017.** Engineering Education 4.0 Remote-Labs im Projekt ELLI. Lunch Lehre, 09.08.2017, Aachen, Germany.
- Ortelt, T. R., Tekkaya, A. E., 2017.** Overview of the Institute of Forming Technology and Lightweight Components. Zwick Academic Day 2017, 26.-27.05.2017, Hong Kong.
- Schowtjak, A., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2017.** Identification of Model Parameters of Fracture Criteria and Damage Models for Application in Cold Extrusion. Sitzung der DVM-Arbeitsgruppe Simulation 2017, 27.10.2017, Munich, Germany.
- Tekkaya, A. E., 2017.** Damage Controlled Metal Forming Processes: The Collaborative Research Centre TRR 188. CEMEF, 03.05.2017, Sophia Antipolis, France.
- Tekkaya, A. E., 2017.** Innovation & Paradigm Shift in Metal Forming. Metal Forming Seminar in Connection with Professor Niels Bay's Retirement, 16.06.2017, Copenhagen, Denmark.
- Tekkaya, A. E., 2017.** Innovative Forming Technologies for A-HSS and U-HSS at IUL. thyssenkrupp, 13.07.2017, Dortmund, Germany.

- Tekkaya, A. E., 2017.** Innovative Forming Technologies for A-HSS and U-HSS at IUL. Automotive Steel Research Institute, R&D Center, BaoShan Iron & Steel Co., 01.08.2017, Shanghai, China.
- Tekkaya, A. E., 2017.** Material Characterization with Applications to A-HSS and U-HSS at IUL. Automotive Steel Research Institute, R&D Center, BaoShan Iron & Steel Co., 01.08.2017, Shanghai, China.
- Tekkaya, A. E., 2017.** Energy Saving by Manufacturing Technology. GCSM, 25.-27.09.2017, Haifa, Israel.
- Tekkaya, A. E., 2017.** International Networking in Manufacturing Research and Education – Case Studies and Lessons Learned. GCSM (Keynote), 25.-27.09.2017, Haifa, Israel.
- Tekkaya, A. E., Traphöner, H., Clausmeyer, T., 2017.** Sheet Metal Characterization with the In-plane Torsion Test. CEMEF, 03.05.2017, Sophia Antipolis, France.
- Tekkaya, A. E., Traphöner, H., Clausmeyer, T., 2017.** In-plane Torsion Testing of Sheet Metal. IDDRG, 02.-06.07.2017, Munich, Germany.
- Tekkaya, A. E., Traphöner, H., Merklein, M., Rosenschon, M., 2017.** Identifikation spannungsabhängiger Bauschinger-Koeffizienten. EFB Kolloquium, 28.03.2017, Fellbach, Germany.

## **Buchbeiträge | Books**

**Grzanic, G., Becker, C., Chatti, S., Tekkaya, A. E., 2017.** Biegeumformung von Stählen. In: Bleck, M., Moeller, E. (Hrsg.): Handbuch Stahl, Carl Hanser Verlag, München, pp. 157-172.

## **Herausgeberschaft | Editorship**

**Frerich, S., Meisen, T., Richert, A., Petermann, M., Jeschke, S., Wilkesmann, U., Tekkaya, A. E., 2017.** Engineering Education 4.0 – Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences. Springer Verlag, Cham.



Mitarbeiter | Staff

10

## Professoren | Professors

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Matthias Kleiner  
(beurlaubt)  
0231 755 2680  
matthias.kleiner@udo.edu



Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya  
0231 755 2681  
erman.tekkaya@iul.tu-dortmund.de

## Sekretariat | Office

Dipl.-Dolm. Jeanette Brandt  
0231 755 2660  
jeanette.brandt@iul.tu-dortmund.de



Nina Polak M. A.  
0231 755 5846  
nina.polak@iul.tu-dortmund.de

## Oberingenieur | Chief Engineer



**Dr.-Ing. Nooman Ben Khalifa**  
Oberingenieur Forschung  
Abteilungsleiter Technische Abteilung  
0231 755 2630  
nooman.ben\_khalifa@iul.tu-dortmund.de

## Abteilungsleiter | Heads of Department



**Dr.-Ing. Till Clausmeyer**  
Abteilungsleiter Angewandte Mechanik  
in der Umformtechnik  
0231 755 8429  
till.clausmeyer@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Wirt.-Ing. Soeren Gies**  
Abteilungsleiter Sonderverfahren  
0231 755 5238  
soeren.gies@iul.tu-dortmund.de



**Christian Löbbe M. Sc.**  
Abteilungsleiter Biegeumformung  
0231 755 8431  
christian.loebbe@iul.tu-dortmund.de



**Christoph Dahnke M. Sc.**  
Abteilungsleiter Massivumformung  
0231 755 8441  
christoph.dahnke@iul.tu-dortmund.de



**Dr.-Ing. Lars Hiegemann (bis 31.12.2017)**  
Abteilungsleiter Blechumformung  
0231 755 8437  
lars.hiegemann@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. Tobias R. Ortelt**  
Abteilungsleiter Ingenieur Ausbildung  
und Remote Manufacturing  
0231 755 4735  
tobias.ortelt@iul.tu-dortmund.de

## Abteilung Massivumformung | Bulk Metal Forming

**Christoph Dahnke M. Sc.**  
Abteilungsleiter Massivumformung  
0231 755 8441  
christoph.dahnke@iul.tu-dortmund.de



**Johannes Gebhard M. Sc.**  
0231 755 4751  
johannes.gebhard@iul.tu-dortmund.de



**Oliver Hering M. Sc.**  
0231 755 8432  
oliver.hering@iul.tu-dortmund.de



**Felix Kolpak M. Sc.**  
0231 755 8433  
felix.kolpak@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. Eilina Levin**  
0231 755 7229  
eilina.levin@iul.tu-dortmund.de



**Oliver Napierala M. Sc.**  
0231 755 6923  
oliver.napierala@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. Stefan Ossenkemper**  
0231 755 7431  
stefan.ossenkemper@iul.tu-dortmund.de



**André Schulze M. Sc.**  
0231 755 2654  
andre.schulze@iul.tu-dortmund.de



## Abteilung Blechumformung | Sheet Metal Forming

**Dr.-Ing. Lars Hiegemann (bis 31.12.2017)**  
Abteilungsleiter Blechumformung  
0231 755 8437  
lars.hiegemann@iul.tu-dortmund.de



**Sigrid Hess M. Sc.**  
0231 755 8451  
sigrid.hess@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. Thomas Mennecart**  
0231 755 2410  
thomas.mennecart@iul.tu-dortmund.de



**Hamed Dardaei M. Sc.**  
0231 755 7851  
hamed.dardaei@iul.tu-dortmund.de



**Mike Kamaliev M. Sc.**  
0231 755 8440  
mike.kamaliev@iul.tu-dortmund.de



**Stefan Rosenthal M. Sc.**  
0231 755 6441  
stefan.rosenthal@iul.tu-dortmund.de



## Abteilung Biegeumformung | Bending

**Christian Löbbe M. Sc.**  
Abteilungsleiter Biegeumformung  
0231 755 8431  
christian.loebbe@iul.tu-dortmund.de



**Stefan Gallus M. Sc.**  
0231 755 2402  
stefan.gallus@iul.tu-dortmund.de



**Anna Komodromos M. Sc.**  
0231 755 8420  
anna.komodromos@iul.tu-dortmund.de



**Esmail Nazari M. Sc.**  
0231 755 6926  
esmail.nazari@iul.tu-dortmund.de



**Hui Chen M. Sc.**  
0231 755 8449  
hui.chen@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. Goran Grzancic**  
0231 755 2499  
goran.grzancic@iul.tu-dortmund.de



**Rickmer Meya M. Sc.**  
0231 755 2669  
rickmer.meya@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. Daniel Staupendahl**  
0231 755 7174  
daniel.staupendahl@iul.tu-dortmund.de



Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik |  
Applied Mechanics in Forming Technologies

**Dr.-Ing. Till Clausmeyer**  
Abteilungsleiter Angewandte Mechanik  
in der Umformtechnik  
0231 755 8429  
till.clausmeyer@iul.tu-dortmund.de



**Florian Gutknecht M. Sc.**  
0231 755 8483  
florian.gutknecht@iul.tu-dortmund.de

**Kerim Isik M. Sc.**  
0231 755 6918  
kerim.isik@iul.tu-dortmund.de



**Fabian Schmitz M. Sc.**  
0231 755 8498  
fabian.schmitz@iul.tu-dortmund.de

**Alexander Schowtjak M. Sc.**  
0231 755 8476  
alexander.schowtjak@iul.tu-dortmund.de



**Heinrich Traphöner M. Sc.**  
0231 755 8439  
heinrich.traphoener@iul.tu-dortmund.de

## Abteilung Sonderverfahren | Non-Conventional Processes

Dipl.-Wirt.-Ing. Soeren Gies  
Abteilungsleiter Sonderverfahren  
0231 755 5238  
soeren.gies@iul.tu-dortmund.de



Dipl.-Ing. Thai Dang (bis 31.12.2017)  
0231 755 8434  
thai.dang@iul.tu-dortmund.de



Marlon Hahn M. Sc.  
0231 755 8415  
marlon.hahn@iul.tu-dortmund.de



Dipl.-Wirt.-Ing. Jörn Lueg-Althoff  
0231 755 6922  
joern.lueg-althoff@iul.tu-dortmund.de



Fabian Maaß M. Sc.  
0231 755 2607  
fabian.maass@iul.tu-dortmund.de



Michael Müller M. Sc. (bis 31.12.2017)  
0231 755 2608  
michael.mueller@iul.tu-dortmund.de



Dipl.-Ing. Peter Sieczkarek  
0231 755 6917  
peter.sieczkarek@iul.tu-dortmund.de



Sebastian Wernicke M. Sc.  
0231 755 7429  
sebastian.wernicke@iul.tu-dortmund.de



# Ingenieurausbildung und Remote Manufacturing | Engineering Education and Remote Manufacturing

**Dipl.-Ing. Tobias R. Ortelt**  
Abteilungsleiter Ingenieurausbildung  
und Remote Manufacturing  
0231 755 4735  
tobias.ortelt@iul.tu-dortmund.de



**Joshua V. Grodotzki M. Sc.**  
0231 755 7852  
joshua.grodotzki@iul.tu-dortmund.de

**Dipl.-Inform. Alessandro Selvaggio**  
0231 755 7228  
alessandro.selvaggio@iul.tu-dortmund.de



**Siddharth Upadhyaya M. Sc.**  
0231 755 7430  
siddharth.upadhyaya@iul.tu-dortmund.de

## MMT | Master of Science in Manufacturing Technology

**Dipl.-Ing. Tobias R. Ortelt**  
Abteilungsleiter Ingenieur Ausbildung  
und Remote Manufacturing  
0231 755 4735  
tobias.ortelt@iul.tu-dortmund.de



**Frigga Goeckede B. B. A.**  
Koordination Internationale Studiengänge  
Fakultät Maschinenbau  
0231 755 6462  
frigga.goeckede@tu-dortmund.de

**Anna Komodromos M. Sc.**  
0231 755 8420  
anna.komodromos@iul.tu-dortmund.de



## Projektierung | Project planning

**Dr.-Ing. Nooman Ben Khalifa**  
Oberingenieur Forschung  
Abteilungsleiter Projektierung  
0231 755 2630  
nooman.ben\_khalifa@iul.tu-dortmund.de



**Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ramona Hölker-Jäger**  
0231 755 6915  
ramona.hoelker@iul.tu-dortmund.de

**Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Kerstin Lenschen**  
0231 755 2034  
kerstin.lenschen@iul.tu-dortmund.de



**Dr.-Ing. Frauke Maevus**  
0231 755 8193  
frauke.maevus@iul.tu-dortmund.de

## Technische Mitarbeiter | Technical Staff



**Dipl.-Des. (FH) Patrick Cramer**  
0231 755 2456  
patrick.cramer@iul.tu-dortmund.de



**Ilias Demertzidis**  
0231 755 6606  
ilias.demertzidis@iul.tu-dortmund.de



**Werner Feurer**  
0231 755 2609  
werner.feurer@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. (FH) Andreas Herdt**  
0231 755 7288  
andreas.herdt@iul.tu-dortmund.de



**Dirk Hoffmann**  
0231 755 6605  
dirk.hoffmann@iul.tu-dortmund.de



**Dipl.-Ing. (FH) Michael Prüfert**  
0231 755 6924  
michael.pruefert@iul.tu-dortmund.de



**Steffen Strotzer**  
0231 755 5247  
steffen.strotzer@iul.tu-dortmund.de



**Frank Volk**  
0231 755 5247  
frank.volk@iul.tu-dortmund.de

## 2017 ausgeschieden | Staff who left in 2017



Thorben Bender M. Sc.



Dr.-Ing. habil. Sami Chatti



Dr.-Ing. Thomas Kloppenborg



Dominic Müller M. Sc.