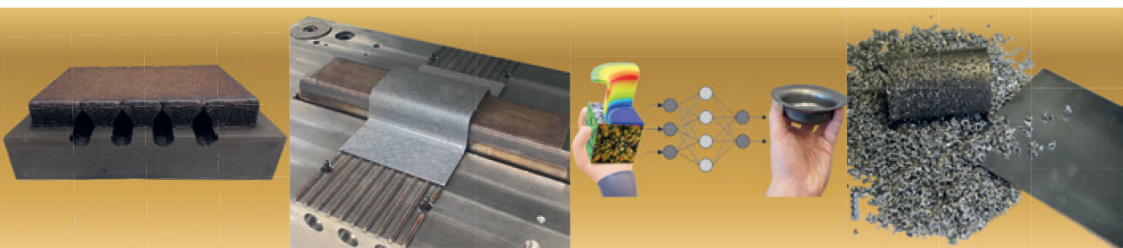


Tätigkeitsbericht

22



Tätigkeitsbericht

22

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

Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya

Copyright © Institut für Umformtechnik und Leichtbau

Redaktion
Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya

Redaktionsassistentin
Frauke Maevus

Lektorat
Jeanette Brandt
Karen Wahlers

Layout
Patrick Cramer
Ines Ockrey

Bild 1 und 2:
Gedruckte Kühlkanäle für das Presshärten

Bild 3:
Maschinelles Lernen, Augmented Reality

Bild 4:
Spänestrandpressen zu Blech

Inhalt

1	Lehre	1
1.1	Lehrveranstaltungsangebot	1
1.2	Master of Science in Manufacturing Technology (MMT)	4
1.3	Dissertationen	6
2	Forschung	13
2.1	Forschungsgruppen und -center	14
2.1.1	SFB/Transregio 188 – Schädigungskontrollierte Umformprozesse	14
2.1.2	ReCIMP – Research Center for Industrial Metal Processing	18
2.1.3	ReGAT – Research Group on Additive Technology	21
2.1.4	Forschungsgruppe Angewandte Mechanik	24
2.2	Abteilung Massivumformung	26
2.2.1	Beeinflussung der Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen	27
2.2.2	Modellintegration für die Prozesssimulation	28
2.2.3	Schädigungsuntersuchung bei der Herstellung von Antriebswellen mittels Radial- und Axialumformung	29
2.2.4	Einfluss des mehrachsigen Bauschingereffektes in der Kaltmassivumformung	30
2.2.5	Stranggepresste Bleche aus Aluminiumspänen	31
2.2.6	Analyse eines neuen Verfahrens zum kontinuierlichen Strangpressen unter Anwendung der Ähnlichkeitstheorie	32
2.2.7	Festkörperschweißung oxidbehafteter Aluminiumoberflächen in der Umformtechnik	33
2.2.8	Linienförmiges Fügen von Profilverbundsystemen mit erhöhten Dichtheitsanforderungen	34
2.2.9	Entwicklung eines effizienten physikalisch basierten Modellierungsansatzes zur Vorhersage der Mikrostruktur in Strangpressprozessen	35

2.2.10	Untersuchung des Einflusses der Legierungszusammensetzung auf die Entstehung von Längspressnahtabzeichnung bei eloxierten Strangpress-Profilen	36
2.2.11	Verbundprojekt: Konzepte für die ressourceneffiziente und sichere Produktion von Leichtbaustrukturen (KORESIL)	37
2.2.12	Prototypenentwicklung einer Maschine zur Durchführung von equibiaxialen Druckversuchen zur Werkstoffcharakterisierung für die Umformtechnik	38
2.2.13	„Grüne“ Schmierstoffe	39
2.3	Abteilung Profil- und Blechumformung	40
2.3.1	Vorbereitung einer Prüfvorschrift für den ebenen Torsionsversuch	41
2.3.2	Wirkmedienbasiertes Profilformen und kinematisches Biegen im kontinuierlichen Prozess mittels gradiertem Temperaturfeld	42
2.3.3	Schädigungsbeeinflussung bei der Biegeumformung	43
2.3.4	Eigenschaftsgergelte mehrstufige Warmblechumformung	44
2.3.5	Kinematisches Profilbiegen mit partieller Erwärmung des Querschnitts	45
2.3.6	Prozessentwicklung und Technologietransfer eines kombinierten Umformverfahrens zur Herstellung gradiert Profile für Leichtbauanwendungen (ProLeit)	46
2.3.7	Analyse des Einsatzpotentials walzplattierter MnB-Cr-Stahlverbunde für das Presshärten	47
2.3.8	Entwicklung eines Modells zur Vorhersage der Geometrieänderungen bei der Federherstellung auf Basis der Plastizitätstheorie unter Berücksichtigung der Wärmebehandlung	48
2.3.9	Funktionalisierung additiv gefertigter Presshärtewerkzeuge mittels Glattwalzen	49
2.3.10	Gestaltvorhersage und -verbesserung beim Umformen und Zusammenbau von nicht-runden Rohren	50
2.3.11	Entwicklung einer Augmented Reality App für die optische Dehnungsmessung in Laboren im Zuge des CrossLab-Projektes	51
2.4	Abteilung Sonderverfahren	52
2.4.1	Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde mit optimierten Kernstrukturen	53

2.4.2	Automatisiertes Bestücken und zerstörungsfreies Prüfen von Rohr-Fitting-Verbindungen (AutoFit)	54
2.4.3	Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion	55
2.4.4	Reduzierung des Treppenstufeneffekts bei aus Blechlamellen geschichteten Werkzeugen mittels additiver und umformtechnischer Nachbearbeitung	56
2.4.5	Einsatz und Analyse des adiabatischen Scherschneidens	57
2.4.6	Umformen mittels örtlich variabel vaporisierender Aktuatoren	58
2.4.7	Funktionsflächen durch adiabatische Hochgeschwindigkeitsprozesse: Mikrostruktur, Mechanismen und Modellentwicklung	59
2.4.8	Analyse der Umformbarkeit von ferritischen und hochfesten Stählen	60
2.4.9	Vorhersage der Lebensdauer durch Knickbauchen umgeformter Rohre	61
2.4.10	Vorhersage der Wandstärkenausdünnung beim Rotationszugbiegen von Rohren	62
3	Weitere Aktivitäten	67
3.1	Auszeichnungen	67
3.2	Veranstaltungen	69
3.3	Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya	75
3.4	Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner	79
4	Internationaler Austausch	85
5	Technische Ausstattung	91
6	Kooperationen	Mittelteil
7	Abgeschlossene Arbeiten	Mittelteil
8	Ausgewählte Veröffentlichungen und Vorträge	Mittelteil
9	Mitarbeiter/-innen	Mittelteil

Geleitwort

Sehr verehrte Leserinnen und Leser,

in diesem Jahr haben wir unser 50-jähriges Jubiläum gefeiert! Am 8. September 2022 konnten wir mit einem wissenschaftlichen Kolloquium mit international renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und weiteren Gästen 50 Jahre Dortmunder Umformtechnik würdigen. Die Professoren Zhigang Wang (Gifu University, Japan), Peter Groche (TU Darmstadt, Deutschland), Frederic Barlat (Pohang University, Süd Korea), Glenn Daehn (The Ohio State University, USA), Dirk Mohr (ETH Zürich, Schweiz) sowie Erman Tekkaya (TU Dortmund, Deutschland) haben mit ihren Vorträgen dem IUL-typischen Motto „Innovation & Impulse“ getreu spannende Themen beigetragen. Das anschließende gemütliche Abendessen hatte den Höhepunkt der Überreichung einer wunderschönen IUL-Glocke von der Firma Feintool (Schweiz) zur Anerkennung der langjährigen guten Zusammenarbeit. Der zweite Tag der Feierlichkeiten am 9. September begann mit einer Radtour durch das wunderschöne Dortmund mit einem Abstecher bei der Firma ThyssenKrupp Rothe Erde Germany GmbH. Am Nachmittag haben ehemalige des IUL's Rückblicke zu den drei Epochen der Dortmunder Umformtechnik gegeben. Die Staatssekretärin des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW, Frau Gonca Türkeli-Dehnert, der Rektor der TU Dortmund, Prof. Manfred Bayer, der Dekan der Fakultät Maschinenbau, Prof. Jörn Mosler, der Vorsitzende der AGU, Prof. Mathias Liewald, der Sprecher



Herr Vonmüllenen (Feintool, Schweiz) bei der Überreichung der IUL-Glocke.

des Fachkollegiums Produktionstechnik der DFG, Prof. Wolfram Volk und der Vorsitzende der FOSTA, Herr Jürgen Alex, haben mit ihren Grußworten die Dortmunder Umformtechnik gewürdigt. Mein Kollege Prof. Matthias Kleiner wurde feierlich in seinen Ruhestand verabschiedet. Die Abendveranstaltung, die von zahlreichen Ehemaligen, aber auch von Forschungspartnern aus der Industrie und Wissenschaft besucht wurde, zeigte, wie groß die Familie der Dortmunder Umformtechnik ist.

Nachdem im Februar 2020 die Corona-Pandemie in unseren Alltag einschlagen hatte, haben wir uns Ende 2022 alle gefreut, dass diese nach 2 Jahre in eine Epidemie übergang. Leider wurden wir aber durch den russischen Überfall auf die Ukraine am 24. Februar 2022 schockiert. Obwohl der Krieg leider noch nicht

vorbei ist, sind bleibende Änderungen dieses grausamen Krieges schon zu erkennen. Wirtschaftlich wird die Deglobalisierung unsere Fertigungstechnik vor großen Herausforderungen stellen. Forschungsmäßig wird dies große Anstrengung zur Kostensenkung durch noch höhere Automatisierung und klügere Fertigungsverfahren erfordern, aber auch Innovationen bis hin zu den kleinsten Betrieben werden notwendig sein. Für diese Innovationen werden wir durch wissenschaftsbasierte Umformtechnik unseren Beitrag verstärkt der Industrie zur Verfügung stellen. Dieser Krieg hat auch die Bestrebungen für nachhaltige, energiearme Produktion verstärkt. Schlussendlich werden wir umdenken und uns mit der Fertigung von Komponenten für die Sicherheits- und Verteidigungsindustrie befassen müssen.

Zwar haben wir das Ende der Corona-Pandemie nahezu erreicht, aber auch die Auswirkungen dieser Katastrophe halten an. Wir alle durften die Online-Sitzungen und das Home-Office entdecken. Beides hat sich auch nach der Pandemie als sinnvoll erwiesen. Für viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IUL ist das Home-Office eine unverzichtbare Möglichkeit geworden, privates und berufliches Leben besser zu vereinbaren und damit sowohl mehr Zeit für die Bedürfnisse ihrer Familien zu finden, aber auch gleichzeitig ihre Effektivität in der Arbeit zu steigern. Die Online-Sitzungen tragen enorm zur Ressourcenschonung bei und ermöglichen zudem die Steigerung der Frequenz und Spontanität von Sitzungen, vor allem wenn diese mit ortsverteilten Mitgliedern gehalten werden. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür ist unsere Ringvorlesung „Erfahrungsaustausch zwischen Industrie und Universität“, die durch die Online-Version nahezu eine 4-fache Teilnehmerzahl erreicht hat. Nichtsdestotrotz sind bei diesen neuen Möglichkeiten die Gefahr des Verlorengehens menschlicher Kontakte und Gesten, die sowohl zur Vermittlung der Inhalte als auch dem Stärken persönlicher Beziehungen dienen, nicht aus den Augen zu verlieren. Ein uneingeschränktes Home-Office bei neuen jungen Mitarbeitenden wird es verhindern den Geist des akademischen Lebens am IUL zu vermitteln. Die Gespräche mit erfahrenen Kolleginnen und Kollegen auf dem Korridor, in der Küche, in der Mensa, vor dem Aufzug etc. sind alle Bestandteile der IUL-Schule. Ähnlich sind die Gespräche bei Präsenzveranstaltungen in den Pausen und während der Vorträge (auch wenn diese ja eigentlich nicht stattfinden sollten!) eine wertvolle Möglichkeit des Wissensaustausches.

Das IUL war in 2022 wieder forschungsmäßig sehr erfolgreich. So konnten wir zum Beispiel in diesem Jahr zusammen mit unseren Kollegen aus Chemnitz, München und Freiburg die DFG-Forschungsgruppe FOR FUNDAM³ENT zum Thema „Adiabatisches Scherschneiden“ (Sprecher: Prof. Thomas Lampke) starten. Im November 2022 haben wir die erfreuliche Nachricht zum Alexander Humboldt-Stipendium für Frau Dr. Shiori Gondo, National Institute of

Advanced Industrial Science and Technology (AIST)/Japan erhalten. Frau Dr. Gondo wird ab Juli 2023 für zwei Jahre am IUL zur inkrementellen Blechumformung forschen. Auch die Bewilligung der Royal Society (UK) zur Förderung der Zusammenarbeit mit der University of Sheffield (Prof. Hassan Ghadbeigi) hat uns Ende des Jahres 2022 erreicht. In dieser Zusammenarbeit soll das Scherschneiden von Hoch-Si-Stählen untersucht werden. Das Späne-Strangpressen findet immer mehr nationale aber auch internationale Aufmerksamkeit. Im Sommer war ein Team der BBC auf Anregung von britischen Forschern an unserem Institut, um das Blech-Späne-Strangpressen für eine Dokumentation zum Thema nachhaltige Metallverarbeitung zu filmen. Darüber hinaus konnten wir eine fruchtbare Zusammenarbeit auf diesem Gebiet mit mehreren französischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern starten, die nun zu der Einreichung eines ANR-DFG-Forschungsantrages Anfang 2023 führt.

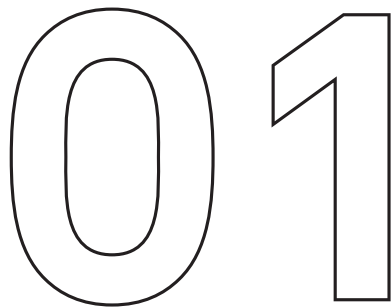
Die für die Wissenschaft und Industrie nutzbaren wichtigen Ergebnisse konnten nur gemeinsam mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern erarbeitet werden. Ich möchte mich sehr herzlich für die herausragenden Leistungen des IUL-Teams bedanken. Es ist für mich auch in diesem Jahr eine große Freude und Ehre gewesen, mit all den begabten Persönlichkeiten des IUL-Teams zusammenarbeiten zu dürfen. Aber auch unseren nationalen und internationalen Partnern aus der Wissenschaft, Industrie, den Verbänden und der Forschungsförderung möchte ich an dieser Stelle sehr herzlich für deren Unterstützung und Zusammenarbeit danken.



A. E. Tekkaya

A. Erman Tekkaya

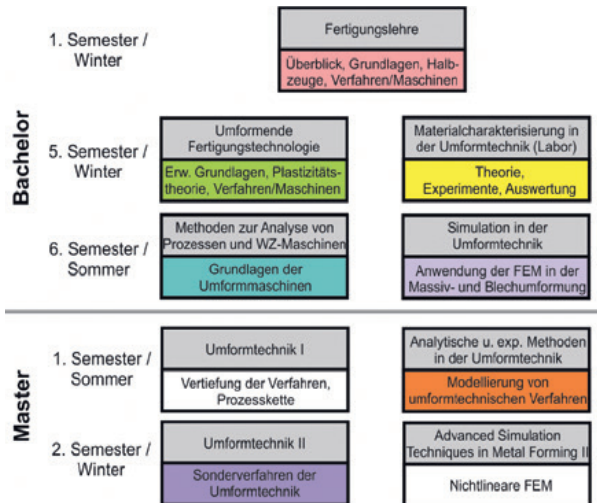
Lehre



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. Seit dem Wintersemester 2019/2020 gilt folgende Vorlesungsstruktur nach der Neugestaltung der Prüfungsordnung:



Vorlesungsstruktur am Beispiel des Studiengangs Maschinenbau mit Profil Produktionstechnik

Weitere Lehrveranstaltungen des Instituts im Jahr 2022 waren:

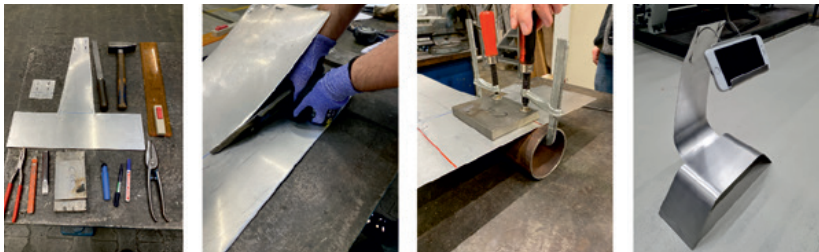
- Eigenschaftsorientierte Halbzeugherstellung
- Ringvorlesung Umformtechnik
- Fachlabor A im Masterstudium Maschinenbau
- Fachlabor B im Bachelorstudium Wirtschaftsingenieurwesen

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

- Forming Technology I – Bulk Forming
- Forming Technology II – Sheet Metal Forming
- Advanced Simulation Techniques in Metal Forming
- Additive Manufacturing
- Property Control of Semi-Finished Products
- Aluminium – Basic Metallurgy, Properties, Processing and Applications
- Laboratory Work – Material Characterization in Forming Technology

Dank der allmählichen Lockerungen der Corona-Maßnahmen konnten Lehrinhalte seit dem Wintersemester 2021/22 wieder vermehrt in Präsenz stattfinden. Seit dem Sommersemester 2022 bietet das IUL alle Vorlesungen wieder vor Ort auf dem Campus an. Nichtsdestotrotz wurden einige Elemente aus der digitalen Lehre beibehalten und sollen auch zukünftig den Studierenden bereitgestellt werden. Hierzu gehört z. B. das hybride Vorlesungsformat, bei dem Studierende sowohl vor Ort auf dem Campus als auch von zuhause aus an der Vorlesung teilnehmen können oder Vorlesungsaufzeichnungen, die in einigen Kursen den Studierenden im Nachgang an die Präsenzveranstaltung bereitgestellt werden.

Aufgrund der guten Resonanz zum erstmalig im WS 2021/2022 stattgefundenen Teamwettbewerb zum Thema Umformtechnik „The Art of Forming“ für die Erstsemesterstudierenden in der Vorlesungsreihe Fertigungslehre wurde dieser auch zu Beginn des WS 2022/2023 erneut angeboten. Die Idee hierbei ist es, die Studierenden in zufällig zusammengesetzten Kleingruppen aus fünf bis zehn Personen zu einem vorgegebenen Thema und mit vorgegebenem Ausgangsmaterial ein umformtechnisch basiertes Exponat erstellen zu lassen. Neben dem Sammeln von ersten praktischen Erfahrungen im Versuchs-



Beispiel-Design im Teamwettbewerb Umformtechnik WS 2021/2022

labor bietet dieses Format auch die Möglichkeit sich untereinander kennenzulernen. Am Ende wird ein Sieger-Team prämiert.

Im Bereich des internationalen Masterstudiengangs „Manufacturing Technology“ (MMT) hat am 4. Oktober 2022 das 12. „Welcome Event“ für die neuen Studierenden stattgefunden. Während in den letzten beiden Jahren die Begrüßung pandemiebedingt digital stattfinden musste, haben wir uns in diesem Jahr sehr gefreut, die Studierenden wieder persönlich bei uns begrüßen zu dürfen. Nach einer Vorstellung der neuen Studierenden, Organisatoren und Betreuer/-innen des MMT gab es einen Willkommensgruß von Prof. Tekkaya, dem Initiator des im Jahr 2011 eingeführten Studiengangs. Anschließend berichtete Herr Mohamad Houmani, ein ehemaliger MMT-Student, über seine Erfahrungen während des Studiums. Das Event endete mit einer Hallenführung durch das Versuchsfeld des IUL und einem gemeinsamen Mittagssimbiss.

Gegen Ende des Jahres 2022, am 8. und 9. Dezember, war Prof. Yoshinori Yoshida von der Gifu University in Japan zu Gast am IUL. Prof. Yoshida ist Leiter und Koordinator des Austauschprogrammes „G-CADET“. Ziel dieses am IUL vorgestellten Programmes ist es, die internationale Zusammenarbeit in den Ingenieurwissenschaften auszubauen. Wir freuen uns sehr, dass wir nach einer coronabedingten Pause, nächstes Jahr wieder japanische Studierende bei uns in Dortmund begrüßen und deutsche Studierende ihre Reise nach Japan antreten dürfen.

Im Jahr 2022 haben sich folgende Lehrbeauftragte an den Lehrveranstaltungsangeboten des IUL beteiligt:

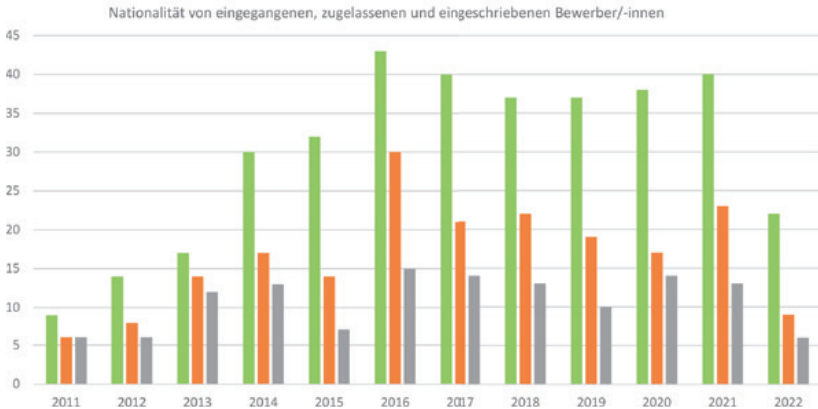
- Prof. J. Hirsch, Aluminium Consulting - Königswinter
- Prof. J. Sehr, Ruhr-Universität Bochum
- Prof. P. A. F. Martins, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal
- Dr. G. Georgiadis, Excelix Ltd.
- Dr. K.-F. Karhausen, Speira GmbH
- Dr. J. Ostrowski, Quaker Houghton
- Dr. S. Gies, Danieli Germany GmbH
- Dr. L. Kwiatkowski, OTTO FUCHS KG
- A. Roßbach, SMS Group GmbH

Weitere Informationen sind unter www.iul.eu/lehre zu finden.

1.2 Master of Science in Manufacturing Technology (MMT)

Koordination Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya
 Frigga Göckede B. B. A.
 Kerstin Barton M. A.
 Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ramona Hölker-Jäger

Der Bewerbungsprozess für den im Jahr 2011 gestarteten viersemestrigen, englischsprachigen Masterstudiengang „Master of Science in Manufacturing Technology“ (MMT) im Bereich Produktions- und Fertigungstechnik wurde in diesem Jahr auf das Online-Bewerbungs-Portal „UniAssist“ umgestellt, über das alle internationalen Bewerbungen an der TU Dortmund verwaltet werden. Für den Studienstart zum Wintersemester 2022/23 wurden aus 427 Bewerbungen aus 22 Nationen 25 exzellente Studierende für den Studienstart an der TU Dortmund ausgewählt. Zwölf von ihnen haben ihr Studium an der Fakultät Maschinenbau begonnen, darunter vier weibliche Studierende. Damit weist der Jahrgang 2022/2023 einen hohen Frauenanteil auf. Die von der DAAD organisierte Kooperation mit der Türkisch-Deutschen Universität in Istanbul wurde in diesem Jahr beendet, da die im Kooperationsvertrag vereinbarten Ziele langfristig nicht umgesetzt werden konnten.



Entwicklung der Diversität im MMT-Programm

Um die Diversität in diesem internationalen Studiengang weiterhin auszuweiten, wurden seitens des Koordinatoren-Teams die Herkunftsländer der Studierenden und der Interessenten analysiert und daraufhin Maßnahmen ergriffen, Studieninteressierte aus weiteren Ländern über den MMT zu informieren. Im Rahmen dieser Maßnahmen wurden in Kooperation mit dem DAAD

Newsletter verschickt und Anzeigen auf den DAAD-Länderseiten geschaltet, um auf das Programm und die Bewerbungsfrist aufmerksam zu machen.

Die im vergangenen Jahr sehr gut angenommene „Halbzeitanalyse“, bei der die Studierenden Feedback zur ersten Hälfte ihres Studiums geben konnten und sie die notwendigen Informationen für die anstehenden zwei Semester, insbesondere zur Labor-, Projekt- und Masterarbeit, erhalten haben, wurde in diesem Jahr von den Studierenden leider nicht so gut angenommen. Daher entwickelt das Koordinatoren-Team aktuell neue Wege der Studierendenevaluation. Aktuell wird die Reakkreditierung des Studienganges, die im kommenden Jahr ansteht, vorbereitet. Im Zuge dessen wurden einige Änderungen im Studienverlaufsplan vorgenommen. Das Modul „Interdisciplinary Qualification“ (wie z. B. der Deutschkurs) ist künftig nicht mehr für das dritte, sondern für die ersten beiden Semester geplant. Darüber hinaus wurde ein neues Wahlpflichtfach zum Thema „Zuverlässigkeitstechnik“ mit in das Kursangebot aufgenommen.

Zu Beginn des neuen Semesters wurden die Studierenden durch Prof. Tekkaya, dem Leiter des Studienprogramms, im Rahmen einer Willkommensveranstaltung im Hörsaal des Maschinenbaugebäudes III wieder in Präsenz begrüßt. Im Zuge der Veranstaltung konnten sich die Studierenden bei einem Get-Together mit anschließender Führung durch die Experimentierhalle des IUL mit den Kommiliton/-innen und Lehrstuhlvertreter/-innen austauschen. Im Rahmen der „Welcome Week“ wurden den Studierenden verschiedene Workshops angeboten in denen Themen wie das Verfassen von wissenschaftlichen Texten, die Besonderheiten des deutschen Hochschulsystems oder auch eine Einführung in interkulturelle Begegnungen behandelt wurden.



MMT-Kohorte 2022 beim Welcome Event

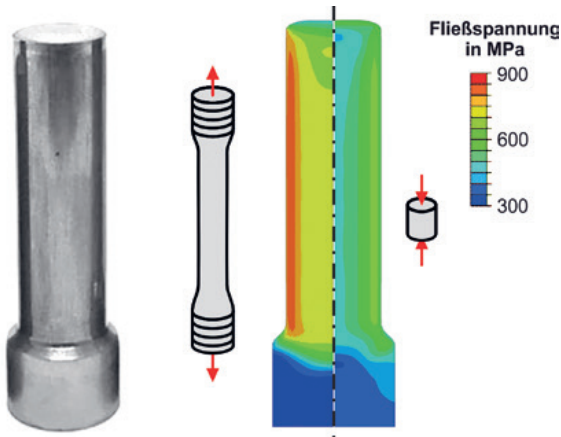
Für weitere Informationen: www.mmt.mb.tu-dortmund.de

1.3 Dissertationen

Kolpak, Felix	Anisotropic Hardening in Cold Forging Characterization, Simulation and Consequences
Reihe	Dortmunder Umformtechnik, Band 115
Verlag	Shaker Verlag, 2022
Mündl. Prüfung	8. Februar 2022
Berichter	Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya
Mitberichter	Prof. Dr. F. Yoshida, Hiroshima University, Japan

Typische Werkstoffe der Kaltmassivumformung werden in dieser Arbeit hinsichtlich ihres anisotropen Verfestigungsverhaltens bei großen Umformgraden charakterisiert. Durch Zug-, Torsions- und Stauchversuchen an Werkstoffproben, die durch Voll-Vorwärts-Fließpressen umgeformt wurden, konnte das anisotrope Verfestigungsverhalten unter einer Vielzahl unterschiedlicher Dehnpfade charakterisiert werden. Alle untersuchten Werkstoffe zeigen dabei einen ausgeprägten Bauschinger Effekt, Verfestigungsstagnierung und eine bleibende Entfestigung.

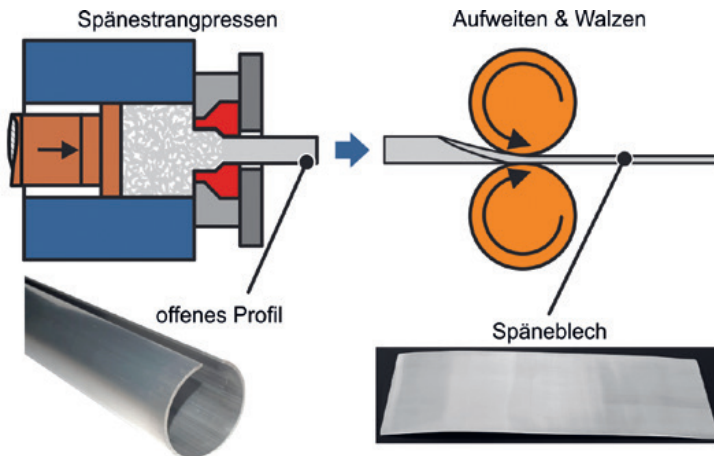
Die experimentellen Daten werden verwendet, um konstitutive Modelle mit zunehmender Komplexität auszuwählen, zu modifizieren und anzupassen. Bei Verwendung des Verfestigungsmodells in Simulationen ein- und mehrstufiger Kaltumformprozesse wurde gezeigt, dass die Fließspannung, Eigenspannungen und Auswerferkräfte stark von einer Dehnpfadumkehr beeinflusst werden, welche durch konventionelle isotrope Verfestigungsmodelle nicht abgebildet werden können.



Fließspannungsverteilung in fließgepressten Wellen unter Berücksichtigung anisotroper Verfestigung

Schulze, André Bleche aus stranggepressten Aluminiumspänen:
Herstellung, Charakterisierung und Umformbarkeit
Reihe Dortmund Umformtechnik, Band 118
Verlag Shaker Verlag
Mündl. Prüfung 22. November 2022
Berichter Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya
Mitberichter Prof. Dr.-Ing. H. J. Maier, Leibniz Universität Hannover

Die Gewinnung von Aluminium und seine Weiterverarbeitung zu Produkten ist mit einem hohen Energiebedarf und Treibhausgasemissionen verbunden. Andererseits führen die Folgen des Klimawandels zu verstärkten Anstrengungen in den Bereichen Energieeffizienz, Emissionsminderung und Ressourcenschonung. Das direkte Recycling ohne Wiedereinschmelzen ermöglicht Energie-, Treibhausgas- und Materialeinsparungen. Eine neue Prozesskette, bestehend aus dem Strangpressen von Aluminiumspänen zu einem zylindrischen offenen Profil und dem anschließenden Aufweiten und Walzen, zur Herstellung von Blechen aus Aluminiumspänen, wird vorgestellt. Das Potenzial zur weiteren plastischen Umformung der Bleche wurde in Freibiege- und Tiefziehversuchen ermittelt. Die Analyse der Biegeteile bzw. der tiefgezogenen Näpfe zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen denen aus Spänen und denen aus Gussmaterial.



Prozesskette zur Herstellung spänebasierter Aluminiumbleche

Rosenthal, Stephan

Umformung additiv gefertigter Bleche mit
strukturiertem Kern

Reihe

Dortmunder Umformtechnik, Band 117

Verlag

Shaker Verlag

Mündl. Prüfung

7. Dezember 2022

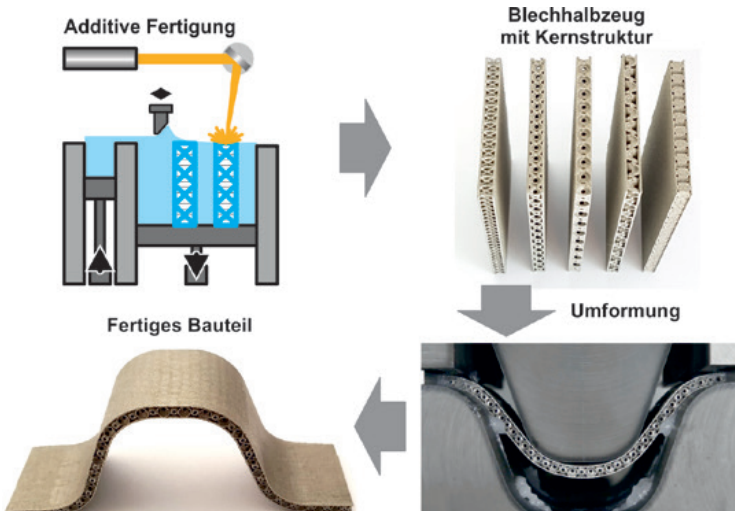
Berichter

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

Mitberichter

Prof. Dr.-Ing. habil. G. Witt, Universität Duisburg-
Essen

Die Technologie der additiven Fertigung (AM) bietet großes Potenzial für Leichtbauanwendungen und wird immer häufiger für industrielle Anwendungen eingesetzt. Nachteile dieses Verfahrens sind die lange Produktionszeit und die begrenzte Baugröße. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Untersuchung einer neuen Prozesskombination zur zeiteffizienten Herstellung von umformbaren Blechen mit strukturiertem Kern. Es wird ein kombinierter Prozess aus AM und anschließender Umformung der Blechhalbzeuge mit Kernstruktur entwickelt, der eine Steigerung der Zeiteffizienz von bis zu 380 % im Vergleich zur direkten Herstellung der Teile in Endgeometrie bietet. Es werden die Verfahren des Biegens und des Tiefziehens für additiv gefertigte Blechhalbzeuge mit Kernstruktur analysiert. Für das Biegen wird ein Prozessfenster entwickelt, das den minimalen Biegeradius $R_i/H = 2,35$ (R_i : Biegeradius an der Blechinnenseite, H : Blechdicke) aufweist. Für das Tiefziehen wird ein maximales Ziehverhältnis von $\beta = 1,4$ identifiziert.



Prozesskette aus additiver Fertigung mit nachträglicher Umformung

01

Lehre

Forschung

02

02

Forschung

2 Forschung

Die Mitarbeitenden (37 Wissenschaftler/-innen, 13 technische und administrative Mitarbeiter/-innen sowie mehr als 50 studentische Hilfskräfte) am Institut für Umformtechnik und Leichtbau leisten mit ihrer Forschung einen wichtigen Beitrag zur klimafreundlichen Gestaltung der Fertigungstechnik. Dabei entwickeln sie neue Methoden wie das kontinuierliche Strangpressen und die Einstellung ausgezeichneter Eigenschaften von Produkten über neue Regelungskonzepte. Dazu erforschen die Mitarbeitenden Prüf- sowie Simulationsverfahren und bringen sie zur Anwendungsreife. Das kontinuierliche Strangpressen von Profilen spart Energie ein und reduziert damit auch den CO₂-Ausstoß gegenüber dem diskontinuierlichen Strangpressen, da der abzutrennende Pressrest kleiner ist und Totzeiten entfallen.

Ausdruck der erfolgreichen Forschung am Institut sind nationale und internationale Auszeichnungen wie die SME-Goldmedaille für Prof. A. Erman Tekkaya, der Outstanding Paper Award bei der North American Manufacturing Research Conference (NAMRC) 2022 mit amerikanischen Ko-Autoren und der Dissertationspreis der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund für Dr. Felix Kolpak. Die Beteiligung am Sonderforschungsbereich TRR 188 (Standortsprecherschaft), an zwei Schwerpunktprogrammen (SPP 2013 und SPP 2183) sowie an der in diesem Jahr bewilligten Forschungsgruppe „Funktionsflächen durch adiabatische Hochgeschwindigkeitsprozesse: Mikrostruktur, Mechanismen und Modellentwicklung – FUNDAM³ENT“ sind Nachweis der Forschungsstärke. Neben den drei Abteilungen „Massivumformung“, „Profil- und Blechumformung“ sowie „Sonderverfahren“ besteht die in der Grafik dargestellte Institutsstruktur aus den drei abteilungsübergreifenden Einheiten „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP), „Research Group on Additive Technology“ (ReGAT) und der „Forschungsgruppe Angewandte Mechanik“. Die abteilungsspezifischen Forschungsschwerpunkte und Forschungsprojekte sind nachfolgend detailliert beschrieben.

Forschungsbereiche

Profil- und Blechumformung

Blech- und Profilibiegen
Flexible Prozesse
Temperaturunterstütztes Umformen
Presshärten



Massivumformung

Strangpressen
Kaltfließpressen
Prozesserweiterungen



Sonderverfahren

Inkrementelle Umformung
Impulsformung
Umformtechnisches Fügen
Hybride Bauteile



ReGAT
Research Group
on Additive Technology

ReCIMP
Research Center for
Industrial Metal Processing

Forschungsgruppe **Angewandte
Mechanik**

Institutsstruktur

2.1 Forschungsgruppen und -center

2.1.1 SFB/Transregio 188 – Schädigungskontrollierte Umformprozesse

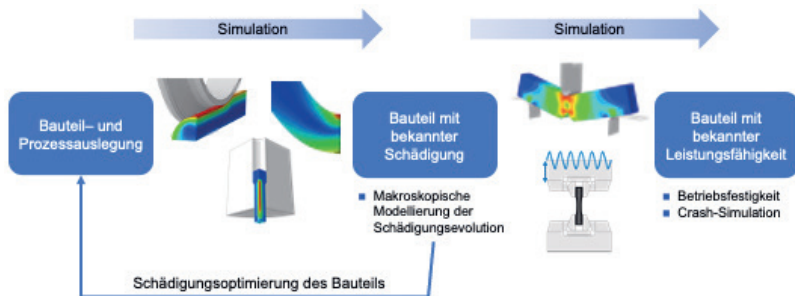
Projekträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TRR 188 – 2022
Stellvertr. Sprecher und Standortsprecher	Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya

Umformverfahren spielen bei der Herstellung hochbelasteter metallischer Bauteile eine wichtige Rolle – nicht nur, um die beabsichtigte Bauteilgeometrie zu erreichen, sondern auch zur Einstellung der Bauteileigenschaften. Hierzu werden umformbedingte Veränderungen der Eigenspannungen, der Kaltverfestigung oder der Mikrostruktur gezielt ausgenutzt. Dies gilt bisher nicht für die Werkstoffschädigung, obwohl bekannt ist, dass sie unter ungünstigen Bedingungen zu einem vorzeitigen Bauteilversagen führen kann. Im TRR 188 konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass die Höhe der im Umformprozess akkumulierten Werkstoffschädigung bereits vor dem Eintreten eines Versagensfalls die Leistungsfähigkeit der Bauteile signifikant beeinflusst. Damit stellt die Werkstoffschädigung eine nicht zu vernachlässigende Größe für die Bauteileigenschaften dar.

Ziel des TRR 188 ist es daher, die durch die Umformung verursachte Schädigung bei der Herstellung von Bauteilen genau zu kennen, für die Verbesserung der Bauteileigenschaften gezielt einzustellen und die Leistungsfähigkeit der Bauteile präzise zu bestimmen. Erreicht wird dies einerseits durch eine Schädigungskontrolle längs der gesamten Prozesskette und andererseits durch eine Kopplung von Prozess- und Schädigungsmodellen zur schädigungskontrollierten Bauteil- und Prozessauslegung. Die Abbildung verdeutlicht den Einsatz der Simulationsmodelle bei der Auslegung. Auf diesem Wege wird das volle Potenzial des eingesetzten Werkstoffs sicher ausgeschöpft und es können Bauteile mit maßgeschneiderter und garantierter hoher Leistungsfähigkeit realisiert werden.

In der ersten Förderperiode (2017-2020) ging es vorrangig darum, ein grundlegendes Verständnis der Prozesse und Schädigungsmechanismen auf unterschiedlichen Skalen anhand verschiedener Blech- und Massivumformprozesse zu erarbeiten und mit Modellen beschreibbar zu machen. Zur Quantifizierung der Schädigung und der wirkenden Mechanismen wurden effiziente Charakterisierungsmethoden neu bzw. weiterentwickelt. Für die

Vorhersage der Schädigung wurden erste Modellierungsansätze von der Mikro- bis zur Makroskala erstellt und anhand experimenteller Daten validiert. Ein grundlegendes Ergebnis der ersten Förderperiode war der Nachweis, dass die Werkstoffschädigung die Leistungsfähigkeit der Bauteile bereits vor dem Eintreten eines Versagensfalls beeinflusst und das Schädigungsniveau durch die gezielte Wahl des Prozessdesigns kontrolliert werden kann. Die erarbeiteten Ergebnisse der ersten Förderperiode belegen damit die grundsätzliche Umsetzbarkeit der Vision des TRR 188.



Simulationskette – Von der Auslegung zur Leistungsfähigkeit (Vortrag Gerlach, IUL, Industrie-Kolloquium 2022)

In der derzeit laufenden zweiten Förderperiode (2021-2024) wird das Verständnis über die Schädigung, ihrer Mechanismen und die Mechanismeninteraktion weiter vertieft. Anhand komplexerer Umformprozesse und der Verknüpfung von Prozessen entlang der Prozesskette wird die Schädigungsentwicklung unter Lastpfaden untersucht, bei denen sich neben den hydrostatischen auch der deviatorische Spannungsanteil stark ändert. Zusätzlich werden Temperatureinflüsse bei der Warmumformung und bei zwischen- und nachgelagerten Wärmebehandlungsschritten mit einbezogen. Hier ist im Hinblick auf die Schädigungskontrolle zu untersuchen, welchen Einfluss die Mikrostruktur, die sich bei der Warmumformung einstellt, auf die Schädigungsakkumulation in den nachfolgenden Kaltumformschritten der Prozesskette und schlussendlich auf die Schädigungstoleranz der umformtechnisch hergestellten Bauteile hat. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, ob sich die Effekte Verfestigung, Eigenspannung, Mikrostrukturentwicklung und Schädigung auch bei erhöhten Temperaturen und komplexen Bauteilen separieren lassen, um ihre Einflüsse auf die Bauteileigenschaften isoliert darstellen zu können.

Die Erhöhung der Komplexität spiegelt sich auch bei der mehrskaligen Modellierung wider. Die in der ersten Förderphase erarbeiteten Schädigungsmodelle sollen hinsichtlich der Lastpfadabhängigkeit und der Berücksichtigung

von Temperaturabhängigkeiten sowie deren Einfluss auf die Schädigung erweitert werden. Mit der Modellierung von Ratenabhängigkeiten soll zudem der Einfluss der zeitabhängigen Formänderungshistorie abgebildet werden. Dazu gehört sowohl die ratenabhängige Mikrostrukturentwicklung als auch der höhere Einfluss der Dehnraten auf das makroskopische mechanische Verhalten bei hohen Umformtemperaturen. Des Weiteren macht die Vielzahl an beobachteten Schädigungsmechanismen eine Modellerweiterung auf Mechanismeninteraktion zwingend erforderlich. Die Herausforderungen sind dabei zum einen die Kopplung der verschiedenen Effekte und zum anderen die Separierung ihres Einflusses auf die Modellierung der Schädigung. Zum Abschluss der Arbeiten sollen die Einzelmodelle zu einem einheitlichen Werkzeug verknüpft werden, um Prozessketten ganzheitlich simulieren und im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit optimieren zu können.

Grundlage für die zu Beginn genannten Forschungsarbeiten in den Bereichen Prozesstechnologie und Modellentwicklung ist eine experimentell abgesicherte, quantitative Bestimmung der Korrelation zwischen den Parametern der Umformprozesse, der resultierenden Schädigung und der erzielbaren Leistungsfähigkeit der Bauteile. Daher werden im Projektbereich Charakterisierung vier übergeordnete Ziele verfolgt:

- Identifizierung von Schädigungsmechanismen,
- Charakterisierung von Schädigungszuständen,
- Messung der Bauteilleistungsfähigkeit und
- Design schädigungstoleranter Mikrostrukturen.

Erste Forschungsergebnisse der zweiten Förderperiode wurden im Mai 2022 einem breiteren Fachpublikum im Rahmen des 3. Industriekolloquiums vorgestellt. Zusammen mit nahezu 100 internationalen Teilnehmer/-innen aus Industrie und Forschung wurde im Kongresszentrum Westfalenhallen Dortmund über die Ansätze zur Schädigungskontrolle in Umformprozessen und deren Nutzen in der Industrie sowie über zukünftige Entwicklungstrends diskutiert. Die zehn Vorträge und die begleitende Posterausstellung befassten sich mit der Schädigungsbildung und -kontrolle bei verschiedenen Prozessen der Kalt- und Warmumformung bis hin zum Scherschneiden und Stanzen. Wichtige Themen waren die Auswirkungen der umforminduzierten Schädigung auf die Bauteilleistungsfähigkeit sowie Modellierungsansätze zur Vorhersage und Optimierung der Bauteilschädigung. Die Vielfalt der Anwendungsbeispiele, die von den eingeladenen Rednern aus der Industrie und namhaften Forschungsinstituten gezeigt wurden, sowie die große Resonanz bei den Teilnehmer/-innen verdeutlichte die hohe Relevanz des Themas für die Fertigungstechnik und darüber hinaus. Deshalb soll die Diskussion im

Rahmen des 4. Industriekolloquiums im November 2023 fortgesetzt werden. Ausrichter wird dann die RWTH Aachen sein, die derzeit die Sprecherschaft des TRR 188 innehat.

An der RWTH Aachen (Sprecherhochschule) kommen die Teilprojektleiterinnen und -leiter aus dem Institut für Bildsamer Formgebung (IBF), dem Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK) und dem Institut für Metallkunde und Metallphysik (IMM) aus der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik sowie dem Werkzeugmaschinenlabor (WZL) aus der Fakultät für Maschinenwesen und dem Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE). Am Standort Dortmund erfolgt die Bearbeitung der Teilprojekte durch das Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL), das Institut für Mechanik (IM) und das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) aus der Fakultät Maschinenbau sowie durch den Lehrstuhl Baumechanik (BM) aus der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen. Zudem sind das Institut für Angewandte Materialien - Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM) der Fakultät für Maschinenbau am KIT Karlsruhe und das außeruniversitäre Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE) in Düsseldorf am TRR 188 beteiligt.

2.1.2 ReCIMP – Research Center for Industrial Metal Processing

Leitung **Dr.-Ing. Stephan Rosenthal**

Die seit 2013 etablierte Kooperation mit dem internationalen Automobilzulieferer Forvia-Faurecia wurde auch im vergangenen Jahr 2022 erfolgreich fortgesetzt. Das „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP) ist eine anwendungsnahe Forschungsk Kooperation des IUL mit den Sparten „Faurecia Automotive Seating“ und „Faurecia Clean Mobility“. Im ReCIMP wird in vielfältigen innovativen Projekten unter anderem in den Bereichen der Prozessentwicklung, Materialwissenschaften und Leichtbau zusammengearbeitet. Übergeordnete Zielsetzung jedes Projekts ist die Verbesserung und Vertiefung von Grundlagenwissen der betrachteten Prozesse und Prozessketten. Außerdem liegt ein Schwerpunkt auf der Identifikation und Untersuchung neuer wissenschaftlicher Forschungsschwerpunkte aus dem Bereich der Fertigungstechnik. Die Synergien, die sich aus der Kooperation mit anderen Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen ergeben, sind ein willkommener Nebeneffekt. Außerdem fördert die Kooperation des IUL mit Forvia-Faurecia auch eine praktische Zusammenarbeit an den verschiedenen Standorten des Unternehmens.

Strukturell sind die einzelnen ReCIMP-Projekte den folgenden sechs Schwerpunktbereichen zugeordnet:

- Erweiterung der Formänderungsgrenzen
- Charakterisierung hochfester Stahlgüten
- Alternative Produktionsmethoden
- Flexible Produktion
- Leichtbaustrukturen
- Verarbeitung von Rohrhalbzeugen

Die Projektbearbeitung erfolgt themenspezifisch durch Wissenschaftler/-innen der verschiedenen Abteilungen des IUL. Das Advisory Board des ReCIMP diskutiert regelmäßig die Fortschritte in den einzelnen Projekten sowie die Gesamtausrichtung des Forschungszentrums. Die Abbildung auf der folgenden Seite gibt einen Überblick über die im Jahr 2022 bearbeiteten Projekte.

Unterstützung erfahren die Mitarbeiter/-innen durch zahlreiche studentische Hilfskräfte und Studierende, die Projekt- oder Abschlussarbeiten in den Projekten anfertigen. Seit Gründung des Forschungszentrums waren circa 70 Studierende in ReCIMP-Projekten involviert; für mehrere aktuelle wissenschaftliche Angestellte des IUL war eine Abschlussarbeit im ReCIMP der

Einstieg in die wissenschaftliche Karriere. Besonders wirkungsvoll zeigt sich die Kooperation, wenn aus den zunächst innerhalb des Forschungszentrums bearbeiteten Forschungsthemen grundlegende Fragestellungen und Forschungsfelder für drittmittelgeförderte Forschungsprojekte entstehen – wie bereits mehrfach geschehen in den letzten Jahren.

Erweiterung der Formänderungsgrenzen	Erweiterte Formänderung durch temperaturunterstütztes Biegen unterhalb der Rekristallisationstemperatur
	Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion
Charakterisierung hochfester Stahlgüten	Entwicklung eines Prüfstandes für kryogene Temperaturen
	Globale und lokale Duktilitätsanalyse von hochfesten Stählen und rostfreien Edelstählen
	Umformbarkeit von Hochtemperatur-Edelstählen
Alternative Produktionsmethoden	Einsatz und Analyse des adiabatischen Scherschneidens
	Green Manufacturing
Flexible Produktion	Analyse der Gestaltabweichung bei nicht-runden Katalysatoren Gestaltvorhersage und Verbesserung beim Weiten von nicht-runden Rohren
	Erprobung umweltfreundlicher Schmierstoffe
Leichtbaustrukturen	Blechmassiv-Warmumformung belastungsangepasster Zahnstangen
Verarbeitung von Rohrhalbzeugen	Vorhersage der Wandstärkenausdünnung beim Rotationszugbiegen
	Kompensation der Blechsausdünnung beim Krageziehen
	Analyse des Knickbauchens als Fügemethode

Laufende Projekte Abgeschlossene Projekte

Im Jahr 2022 bearbeitete Forschungsprojekte

Im Bereich der Charakterisierung moderner Stahlwerkstoffe wurden im Jahr 2022 die Untersuchungen zur Bewertung der globalen und lokalen Umformbarkeit fortgesetzt. Je nach Fertigungsprozesskette ist eine der beiden Eigenschaften wichtiger als die andere. Allerdings gibt es auch Fälle, in denen gerade ein ausgewogenes Verhältnis der globalen und lokalen Umformbarkeit von Interesse ist. Zur Beurteilung der Umformbarkeit werden dabei Grenzformänderungskurven und Bruchformänderungsdiagramme genutzt. Arbeiten in diesem Projekt zielen auf eine schnellere und wirtschaftlichere Ermittlung dieser Kenngrößen mittels analytischer Ansätze ab. Anlässlich der zunehmenden politischen und unternehmerischen Bestrebungen zur Redu-

zierung von CO₂-Emissionen wurden im vergangenen Jahr Konzepte zum Stanzrest-Einsparpotenzial in Folgeverbundprozessen erarbeitet. Ein weiteres Projekt zur ressourcenschonenden Fertigung beschäftigt sich mit der Erprobung von umweltfreundlichen Schmierstoffen. Dabei sollen Schmierstoffe, welche auf Mineralölbasis basieren, durch Schmierstoffe aus einem umweltfreundlichen Fluid für das Tiefziehen erprobt werden.

Im Bereich des Abgasstranges kommen aus Gründen der optimalen Bau-raumausnutzung vermehrt nicht-runde Rohre, insbesondere bei Katalysatoren, zum Einsatz. Zur genauen Vorhersage der Bauteilgeometrie nach der Fertigung werden im Rahmen eines ReCIMP-Projektes numerische Methoden und Modelle zur automatisierten Prozessauslegung entwickelt. Dabei steht insbesondere der letzte Prozessschritt – das Einstopfen einer Keramikkomponente – im Fokus der Betrachtungen. Um zukünftig in der Lage zu sein, auch für alternative Antriebskonzepte Untersuchungen durchführen zu können, wurde im Jahr 2022 eine Testkammer entwickelt, mit der eine Bauteil- und Werkstoffprüfung auch bei kryogenen Temperaturen bis -100 °C möglich ist.

Ein Projekt zur Vorhersage der Wandstärkenausdünnung beim Rotationszugbiegen ermittelt die möglichen Substitutionsmöglichkeiten von austenitischen Edelstählen mit ferritischen Edelstählen. Hierbei muss auf das reduzierte Formänderungsvermögen von ferritischen Edelstählen eingegangen werden. Ziel ist es, die aus Sicht der CO₂-Bilanz schlechten austenitischen Edelstähle durch ferritische Stähle zu ersetzen. Für dieses Vorhaben werden entsprechende Prozessfenster mit Substitutionsempfehlungen entwickelt. Ein 2021 initiiertes Projekt zur erweiterten Formänderung durch temperaturunterstütztes Biegen unterhalb der Rekristallisationstemperatur fokussiert die Vermeidung von Rissen während des Biegens schergeschnittener Blechkannten und wurde im Jahr 2022 zum Abschluss gebracht. Derartige Risse treten insbesondere bei höherfesten Stählen auf und sind im Bereich der sicherheitsrelevanten Sitzkomponenten unbedingt zu vermeiden. Ein weiteres Projekt beschäftigt sich mit der Lebensdauer vorhersage von Verbindungselementen, welche mit Rohren durch das Knickbauchen hergestellt werden. Hierbei treten Risse während der Umformoperation des Knickbauchens an der eigentlich druckbelasteten Seite des Rohres auf. Der Ursprung dieser lebensdauerreduzierenden Risse ist jedoch noch nicht gänzlich verstanden.

Weiterführende Informationen zu den einzelnen Projekten finden sich in den jeweiligen Unterkapiteln zu ReCIMP.

2.1.3 ReGAT – Research Group on Additive Technology

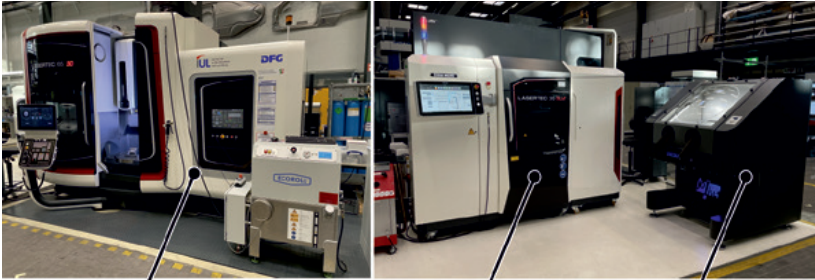
Leitung **Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ramona Hölker-Jäger**
 Dr.-Ing. Stephan Rosenthal
 Hamed Dardaei Joghani M. Sc.

In der Arbeitsgruppe „ReGAT – Research Group on Additive Technology“ werden verschiedenste Ansätze untersucht, die additive Fertigung mit der Umformtechnik zu kombinieren. Das Forschungsspektrum reicht hier von der Verfahrenskombination aus formativen und additiven Fertigungsverfahren über die umformtechnische Weiterverarbeitung von additiv gefertigten Halbzeugen bis hin zu additiv gefertigten Werkzeugen für die Umformtechnik. Für die experimentelle Umsetzung stehen am IUL zwei verschiedene additive Fertigungsmaschinen zur Verarbeitung von Metallpulvern zur Verfügung (siehe Bild 1), die im Folgenden aufgeführt sind:

- 5-Achs-Fräsmaschine mit integrierter Anlage zum Laserpulverauftragschweißen (DMG Mori Lasertec 65 3D Hybrid)
- Anlage zum selektiven Laserschmelzen (SLM) (DMG Mori Lasertec 30 SLM)

Darüber hinaus verfügt das IUL auch über drei FDM-Maschinen (Fused Deposition Modeling) für die Verarbeitung von Polymeren. Diese Maschinen werden für die Herstellung von Vorrichtungen oder Prototyp-Modellen verwendet. Die FDM- und SLM-Maschinen werden ebenfalls für Lehrzwecke im Rahmen von Vorlesungen und Laboren genutzt.

Die Lasertec 65 3D Hybrid bietet die Möglichkeit, verschiedene Umformprozesse, wie inkrementelles Umformen oder Glattwalzen, zu integrieren. In der gleichen Aufspannung ist es möglich, Funktionselemente additiv aufzubauen und schließlich die Oberflächenrauheit des aufgebauten Bereichs durch einen Fräsprozess zu verbessern. Diese Strategie wurde in einem von der DFG geförderten Forschungsprojekt (DFG 385276922) untersucht. In einem weiteren Projekt (DFG 417202720) wurde die Herstellung komplexer Kühlkanäle für Warmumformwerkzeuge und die Anpassung der Oberflächenstruktur von Blech-Niederhaltern in der Warmumformung untersucht. Das Laserpulverauftragsschweißen ermöglicht hierbei die Herstellung komplexer, oberflächennaher Kühlkanäle, die über klassische subtraktive Verfahren nicht herstellbar sind.



Lasertec 65 3D Hybrid
(Laserpulverauftragsschweißen + Fräsen +
Inkrementelle Umformung + Glattwalzen)

Lasertec 30 SLM
(Pulverbett)

ENESKApost pro
(Nachbearbeitungssystem)

Bild 1: Maschinen zur additiven Fertigung auf Basis von Metallpulver am IUL

Neben vollständig additiv gefertigten Werkzeugelementen wurde ein neues Konzept für hybride, additiv laminierte Tiefziehwerkzeuge untersucht (siehe Bild 2). Bei dem neuen Fertigungsverfahren wird der Treppenstufeneffekt der Blechlamellierung durch das Verschweißen der Stufen mit Metallpulver reduziert. Um die Oberflächenrauheit der aufgetragenen Bereiche zu verbessern, wurden drei verschiedene Nachbearbeitungsmethoden, Glattwalzen, Fräsen und Laserpolieren, untersucht. Die Ergebnisse des Vorhabens (DFG 426515407)

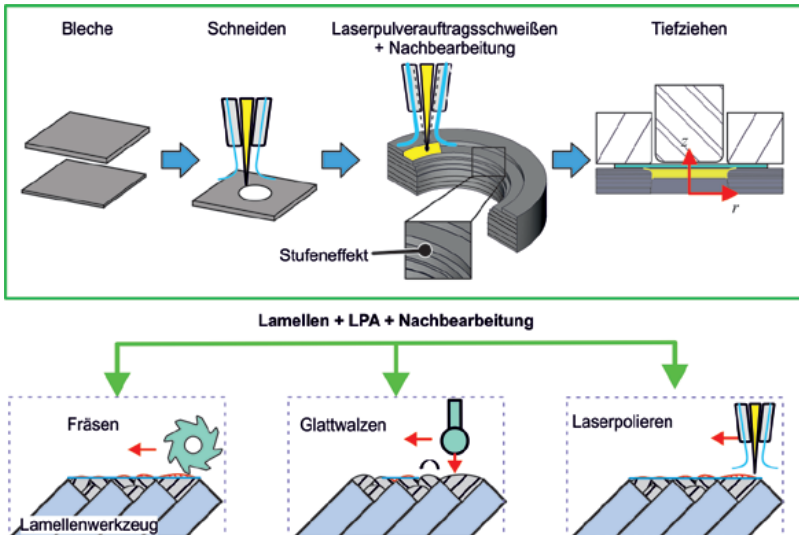


Bild 2: Prozessroute für hybride additiv laminierte Metallwerkzeuge

zeigen eine erfolgreiche Anwendung dieses neuartigen Verfahrens bei der Herstellung von Tiefziehwerkzeugen. Zu den Hauptvorteilen des Hybridverfahrens gehört der geringere Energieverbrauch im Vergleich zu komplett durch Laserauftragschweißen hergestellten Werkzeugen, die kurze Fertigungszeit und dass kein zusätzlicher Härteprozess im Vergleich zum konventionellen Verfahren erforderlich ist.

Die im Pulverbett arbeitende Anlage zum selektiven Laserschmelzen (SLM) bietet die Möglichkeit, filigrane und komplexe Geometrien herzustellen. Im aktuellen Projekt (DFG 317137194) werden zur Steigerung der Produktivität und zur Überwindung der Bauraumbeschränkungen die komplexen Kernbleche additiv hergestellt und kaltgewalzte Bleche mit den Kernblechen verbunden. Dadurch lassen sich mehrere Halbzeuge für die Kernstruktur zwischen zwei großflächigen Deckblechen anordnen. Die mechanischen Eigenschaften der hergestellten Sandwichbleche werden für das Biegen und das Tiefziehen charakterisiert (Bild 3). Darüber hinaus ermöglicht die additive Fertigung die Möglichkeit der Funktionsintegration und des lastangepassten Leichtbaus. Dieses Forschungsprojekt wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Produkt Engineering (IPE) der Universität Duisburg-Essen bearbeitet.



Bild 3: a) Prinzip eines additiv gefertigten Halbfertigteils, b) Sandwichblech nach dem Biegen

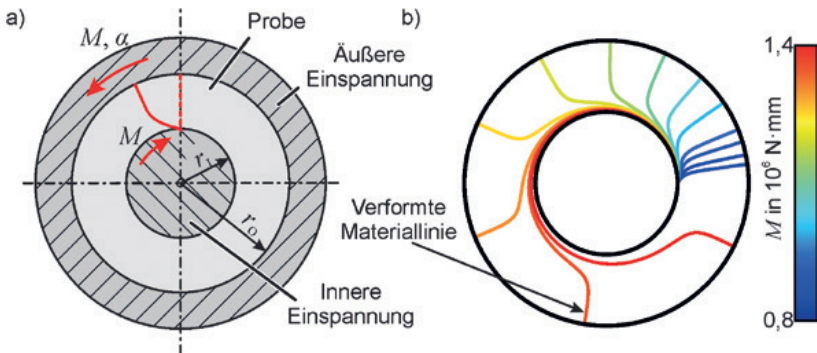
Die erzielten Forschungsergebnisse motivieren das ReGAT-Team, die sich durch die additive Fertigung ergebenden Potenziale auch auf weitere Umformverfahren zu übertragen.

2.1.4 Forschungsgruppe Angewandte Mechanik

Leitung

Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Die Forschungsgruppe Angewandte Mechanik bündelt die Kompetenz des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau in den Bereichen analytische Ansätze, Materialcharakterisierung, Materialmodellierung und Simulation für umformtechnische Anwendungen. Die in diesen Feldern tätigen Mitarbeitenden tauschen sich zu diesen Forschungsthemen aus und entwickeln gemeinsam neue mechanische und mikrostrukturelle Charakterisierungsmethoden. Die Entwicklung und Anwendung der genannten Methoden erfolgt dabei für die am IUL vorhandenen Umformverfahren der Massiv-, Blech- und Profilmformung sowie der umformtechnischen Sonderverfahren. Die Forschenden am IUL bringen ihre Expertise auch in nationale Kooperationsvorhaben ein, wie das von Prof. Tekkaya und Dr. Clausmeyer geleitete Projekt der Forschungsgruppe „Funktionsflächen durch adiabatische Hochgeschwindigkeitsprozesse: Mikrostruktur, Mechanismen und Modellentwicklung – FUNDAM³ENT“.



Prinzipische Skizze: Analytisches Modell des ebenen Torsionsversuchs: a) Skizze der Probe, b) Verformung von Radiallinien und des Drehmoments im ebenen Torsionsversuch

Weitere Projekte, bei denen die von der Forschungsgruppe unterstützten Methoden eine wichtige Rolle spielen, umfassen ein DFG-Projekt zur Eigenschaftsregelung in der Warmumformung, ein EFRE-Projekt zur Entwicklung eines biaxialen Druckprüfstands sowie ein AiF-Projekt zur Modellierung der Mikrostruktur beim Strangpressen, insbesondere bei den neu entwickelten Verfahren zur Parameteridentifikation. Die Arbeiten präsentieren die Mitarbeitenden der Forschungsgruppe der Öffentlichkeit in Zeitschriften, Vorträgen und auf Konferenzen. Im Jahr 2022 freuten sich die Forschenden über den Austausch mit internationalen Wissenschaftler/-innen bei ihren Forschungsaufenthalten am IUL. Besonders enge Zusammenarbeiten fanden

mit Dr. Abhijit Brahme, Dr. Muhammad Waqas (beide von der Computational Mechanics Research Group der University of Waterloo, Kanada) und Prof. Frédéric Barlat vom „Graduate Institute of Ferrous Technology“ der Pohang University of Science and Technology in Südkorea statt.

Aus dem Austausch mit den kanadischen Wissenschaftlern entstand ein in der Zeitschrift International Journal of Solids and Structures veröffentlichter Artikel zur Vorhersage der Porenentwicklung mit Methoden des maschinellen Lernens. Fabian Stiebert, Dr. Heinrich Traphöner und Prof. Tekkaya fassten mit Prof. Sam Coppieters (Belgien), Prof. Tudor Balan (Frankreich) und Prof. Toshiko Kuwabara (Japan) die Vor- und Nachteile verschiedener aktueller Methoden zur Bestimmung von Fließkurven bei großen Dehnungen zusammen. Eine Möglichkeit die Fließkurven von Blechen bei sehr großen Dehnungen zu ermitteln, stellt der ebene Torsionsversuch dar. Nils Cwiekala (mittlerweile University of Oxford), Mitautoren des IUL und Prof. Peter Haupt (Universität Kassel) beschrieben mit einem neuen analytischen Modell die Verformung und die resultierenden Spannungen in diesem Versuch (vgl. Bild).

2.2 Abteilung Massivumformung

Leitung Dr.-Ing. André Schulze

Die Abteilung Massivumformung beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit den Verfahren Fließpressen und Strangpressen. Im Fokus stehen hierbei grundlagentechnische Fragestellungen sowie die Neu- und Weiterentwicklung innovativer Verfahrensvarianten. Im Bereich der Grundlagenforschung wird der Einfluss anisotroper Verfestigung untersucht sowie ein Verfahren zum kontinuierlichen Strangpressen mithilfe eines Modellwerkstoffs ausgelegt und analysiert. Für die Vorhersage der Schädigungsevolution beim Fließpressen, Radialumformen sowie der Mikrostrukturentwicklung beim Strangpressen werden Methoden und Modelle entwickelt, wobei auch künstliche neuronale Netze zum Einsatz kommen. Beim Strangpressen zielt die Prozessentwicklung auf Leichtbau und Ressourcenschonung ab. Dafür wird die Gradierung der mechanischen Eigenschaften über den Profilquerschnitt, das direkte Recycling von Aluminiumspänen zu Blechen und deren umformtechnische Weiterverarbeitung und das Auftreten von unerwünschten Längspressnahtabweichungen erforscht.



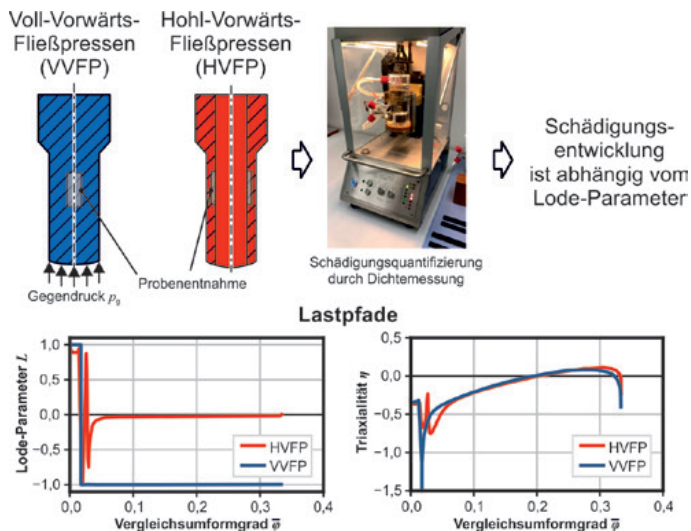
Die Mitarbeiter der Abteilung Massivumformung vor der Strangpresse

2.2.1 Beeinflussung der Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen

Projekträger
 Projektnummer
 Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 SFB/TRR 188 • Teilprojekt A02
 Robin Gitschel M. Sc.

Durch Umformprozesse werden Materialien nicht nur in eine gewünschte Form gebracht, sondern auch maßgeblich ihre Eigenschaften verändert. Eine Ursache hierfür ist die Entstehung und das Wachstum mikroskopischer Poren in Metallen während der Umformung. Diese werden als Schädigung bezeichnet und beeinflussen das Einsatzverhalten hergestellter Bauteile. In der ersten Förderperiode des Projekts wurde nachgewiesen, dass durch Erhöhung des hydrostatischen Drucks Bauteile mit erhöhter Leistungsfähigkeit produziert werden können. Durch eine gezielte Prozessführung bei den Verfahren Voll-Vorwärts-Fließpressen und Hohl-Vorwärts-Fließpressen konnte nun auch der Einfluss des deviatorischen Spannungszustandes nachgewiesen werden. Durch die Aufbringung eines Gegendrucks beim Voll-Vorwärts-Fließpressen kann der hydrostatische Druck so eingestellt werden, dass er dem Druck beim Hohl-Vorwärts-Fließpressen gleicht. Auf diese Weise kann der Einfluss deviatorischer Spannungen separiert vom Einfluss hydrostatischer Spannungen, unter anderem durch Dichtemessungen, untersucht werden.



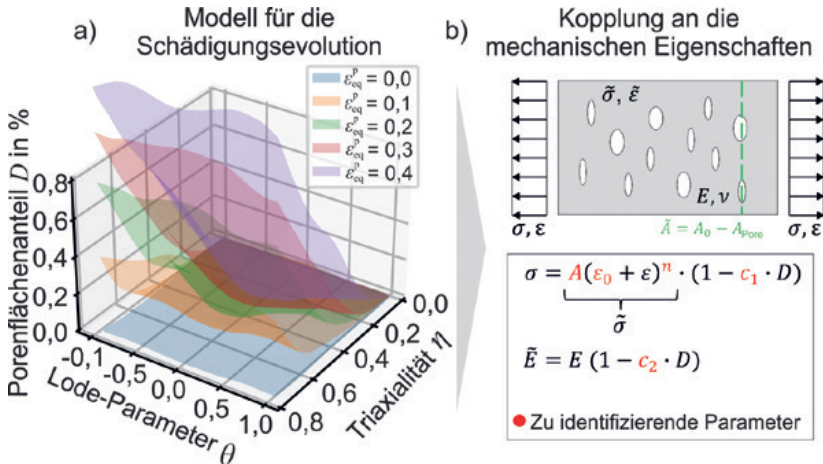
Experimentelles Vorgehen zur Bestimmung des Lode-Parameter-Einflusses auf die Schädigungsentwicklung

2.2.2 Modellintegration für die Prozesssimulation

Projekträger
 Projektnummer
 Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 SFB/TRR 188 • Teilprojekt S01
 Jan Gerlach M. Sc.

Das vorrangige Ziel des SFB/TRR 188 ist die Verbesserung von Produkteigenschaften durch eine schadigungskontrollierte Umformung. Dabei liegt der Fokus des Teilprojektes S01 auf der akkuraten Vorhersage von Porenanteilen sowie deren Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften und letztendlich auf die Leistungsfähigkeit gefertigter Produkte. Aus diesem Grund wurde ein KI-basiertes Modell entwickelt (vgl. Bild a), welches mit hochauflösenden Rasterelektronenmikroskopdaten trainiert wurde, um die Porenevolution in einem Dualphasenstahl vorherzusagen. Das Modell liefert quantitativ gute Ergebnisse für verschiedene Zug- und Biegeversuche. Im nächsten Schritt wurde das Modell an die mechanischen Eigenschaften mittels des Homogenisierungsansatzes der effektiven Spannungen gekoppelt (vgl. Bild b) und anhand von Last-Verschiebungs-Kurven diverser Zugversuche kalibriert. Das Modell ist in der Lage, sowohl die Porenflächenanteile akkurat vorherzusagen als auch die Last-Verschiebungs-Kurven abzubilden.



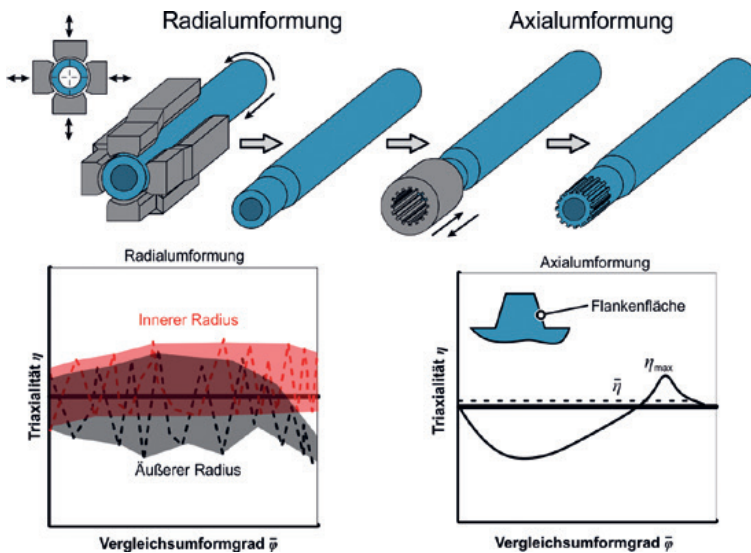
Entwicklung eines gekoppelten Schädigungsmodells

2.2.3 Schädigungsuntersuchung bei der Herstellung von Antriebswellen mittels Radial- und Axialumformung

Projekträger
 Projektnummer
 Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 SFB/TRR 188 • Teilprojekt T01
 Tanmoy Rakshit M. Sc.

Die Elektrifizierung von Fahrzeugen führt zu einer Steigerung ihres Gewichts aufgrund zusätzlicher Batterieeinheiten. Zusätzlich werden erhöhte Beschleunigungs- und Bremsmomente beobachtet, die von hohlen Antriebswellen, den sogenannten Monobloc Tubular Shafts (MTS), übertragen werden müssen. Im Rahmen des Projekts wird die Herstellung höchstbelasteter Antriebswellen mittels Radial- und Axialumformen untersucht. Das Radialumformen als inkrementeller Umformprozess hat dabei einen oszillierenden Lastpfad mit konstantem Lastwechsel. Im zweiten Prozessschritt wird mittels Axialumformen die Endverzahnung auf dem radial geschmiedeten Bauteil erzeugt. Der Einfluss der Prozessroute und der Prozessparameter auf die lokale Schädigung der Bauteile wird experimentell bestimmt. Zusätzlich werden die Auswirkungen des Glühens und Abschreckens auf die Schädigungsentwicklung der MTS ermittelt. Ziel ist die Auslegung einer Prozesskette hinsichtlich einer reduzierten Schädigung der Bauteile, um bei dynamischer Belastung eine höhere Lebensdauer bis zum Ausfall zu erreichen.



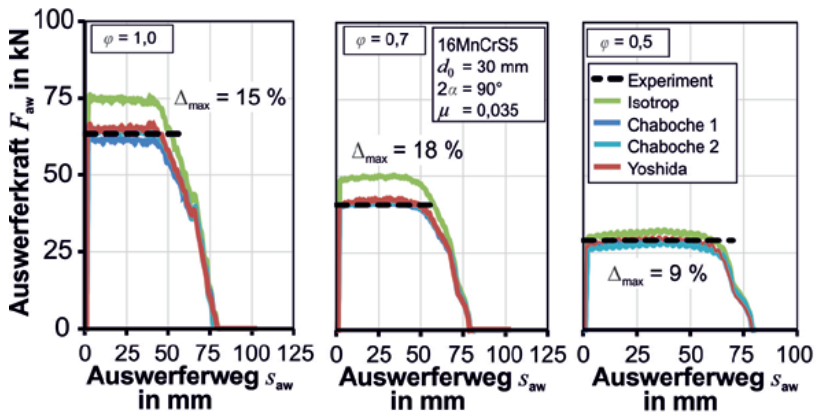
Oszillierender Lastpfad beim Radialumformen und Lastpfad auf der Flankenfläche eines Zahns

2.2.4 Einfluss des mehrachsigen Bauschlingereffektes in der Kaltmassivumformung

Projekträger
 Projektnummer
 Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 418815343
 Dr.-Ing. André Schulze

In komplexen Prozessketten der Kaltmassivumformung werden einzelne Werkstoffzonen teils mehrfach umgeformt. Tritt in solchen Fällen eine lokale Lastumkehr auf, kann dies zu anisotropen Verfestigungsphänomenen führen, welche sich signifikant auf die Fließspannung des Werkstoffes auswirken. Zur Vorhersage von Prozesskräften und Bauteileigenschaften in Prozesssimulationen müssen diese Phänomene in Materialmodellen berücksichtigt werden. Zur Kalibrierung entsprechender Modelle wird eine Methodik, basierend auf Zug-, Torsions- und Stauchversuchen, an Material, welches durch Voll-Vorwärts-Fließpressen vorgedehnt wird, entwickelt. So können anisotrope Verfestigungseffekte bis zu Umformgraden von $\varphi = 1,6$ charakterisiert werden. Um die Auswirkung auf die Vorhersagegenauigkeit von Prozesssimulationen zu untersuchen, wird das Auswerfen eines Bauteils nach dem Fließpressen simuliert. Ein Vergleich der Auswerferkräfte mit experimentell ermittelten Werten zeigt, dass eine präzise Vorhersage nur unter Berücksichtigung anisotroper Verfestigung möglich ist.



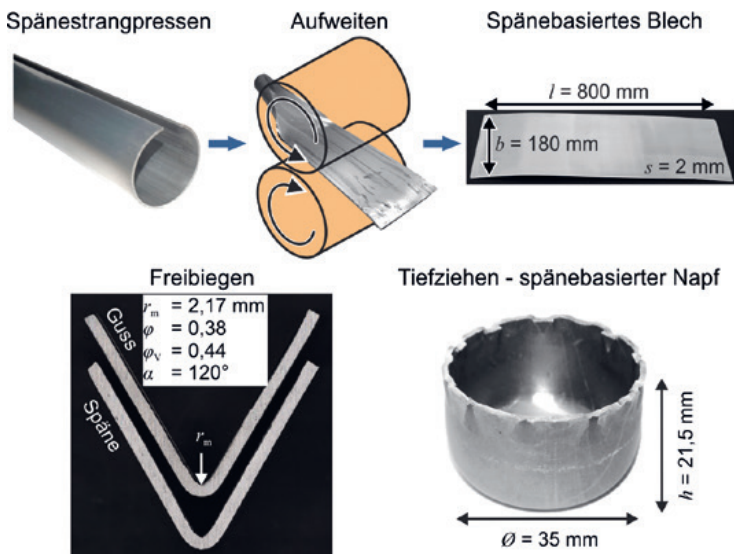
Numerisch ermittelte Auswerferkräfte im Vergleich mit Experimenten

2.2.5 Stranggepresste Bleche aus Aluminiumspänen

Projekträger
Projektnummer
Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
437426733
Dr.-Ing. André Schulze

Im Vergleich zum konventionellen Wiedereinschmelzen stellt die direkte Verarbeitung von Aluminiumspänen zu Halbzeugen und Produkten eine energie- und ressourcenschonende Recyclingmethode dar. Eine neue Prozesskette, bestehend aus dem Strangpressen von Aluminiumspänen zu einem zylindrischen, offenen Profil und dem anschließenden Aufweiten und Walzen zur Herstellung von Blechen aus Aluminiumspänen, wird erforscht. Mithilfe eines analytischen Modells und numerischer Methoden werden die physikalischen Vorgänge bei der Verschweißung der Späne in den einzelnen Prozessschritten untersucht und eine Vorhersage der Verschweißqualität berechnet. Durch eine Wärmebehandlung, bestehend aus einem Lösungsglühen und einer anschließenden Kaltauslagerung, kann die Umformbarkeit der Bleche gesteigert werden. Dadurch zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den gebogenen Bauteilen bzw. den tiefgezogenen Näpfen aus Spänen und denen aus Gusswerkstoff hinsichtlich ihrer Eignung für weitere plastische Umformvorgänge.



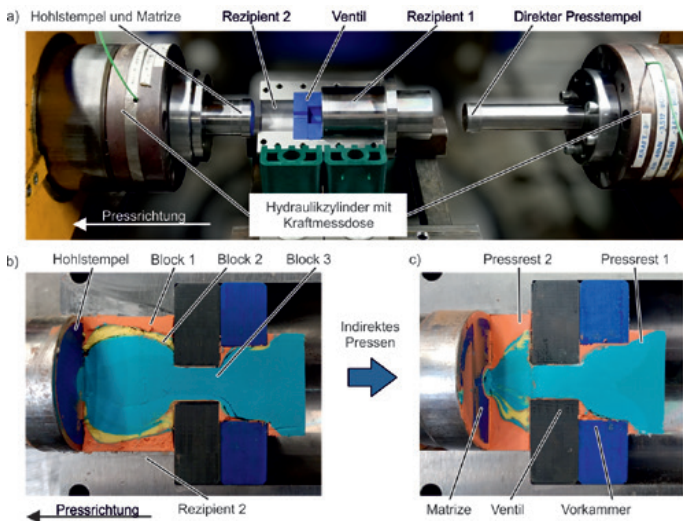
Herstellung spänebasierter Aluminiumbleche und Weiterverarbeitung durch Biegen und Tiefziehen

2.2.6 Analyse eines neuen Verfahrens zum kontinuierlichen Strangpressen unter Anwendung der Ähnlichkeitstheorie

Projekträger
 Projektnummer
 Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 437724884
 Johannes Gebhard M. Sc.

Das kontinuierliche Strangpressen ist die Kombination aus direktem und indirektem Strangpressen, welche den unterbrechungsfreien Profilaustritt ermöglicht. Die beiden Verfahren werden durch ein Ventil miteinander verbunden, welches den Werkstofffluss in Pressrichtung zulässt und entgegen der Pressrichtung verhindert. Dadurch ist es möglich, die übliche Totzeit beim Blockladen durch indirektes Pressen zu überbrücken und den Profilaustritt aufrechtzuerhalten. Zur Untersuchung des Werkstoffflusses und der Prozesskräfte wird ein skalierter Aufbau einer kontinuierlichen Strangpresse mit Plastilin als Modellwerkstoff verwendet (vgl. Bild a). Das Plastilin hat ein ähnliches Fließverhalten wie Aluminium bei hohen Temperaturen, womit die Ergebnisse auf den realen Prozess übertragen werden können. So kann beispielsweise der Werkstofffluss durch unterschiedlich eingefärbtes Plastilin direkt beobachtet werden. Bild b zeigt die Füllung des zweiten Rezipienten nach drei Presszyklen unmittelbar vor der indirekten Pressphase und Bild c nach der indirekten Pressphase.

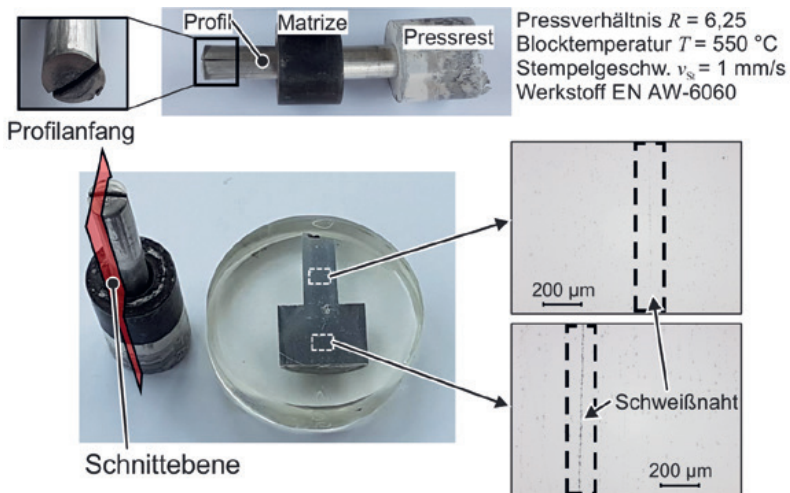


a) Experimenteller Aufbau, b) Werkstofffluss vor und c) nach der indirekten Pressphase

2.2.7 Festkörperverschweißung oxidbehafteter Aluminiumoberflächen in der Umformtechnik

Projekträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 Projektnummer 470385288
 Kontakt Dr.-Ing. André Schulze

Die Festkörperverschweißung ist ein physikalischer Prozess, durch den Werkstoffverbunde durch Druckbeaufschlagung der zu verschweißenden Oberflächen umformtechnisch hergestellt werden können. Festkörperverschweißungen erfolgen bei einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur der Verbundpartner und ohne Zuführung eines Zusatzwerkstoffes. Bisher wurden Verfahren wie das Walzplattieren oder Recyclingverfahren zur direkten Wiederverwertung von Aluminiumschrotten lediglich hinsichtlich ihrer prozessspezifischen Parameter und deren Einfluss auf die entstehende Verschweißung erforscht. Eine Übertragbarkeit der physikalischen Zusammenhänge ist bislang nicht vorhanden. In diesem Projekt erfolgt die quantitative Bestimmung des Einflusses physikalischer Einflussgrößen auf die lokale Verschweißung oxidbehafteter Oberflächen. Zur Erzeugung von Schweißnähten wird eine auf dem Strangpressen basierende experimentelle Methode angewandt, die die gezielte Verschweißung zweier oxidbehafteter Oberflächen bei bekannten Umformbedingungen sowie eine Probenentnahme mit bekannter Schweißnahtposition zulässt.

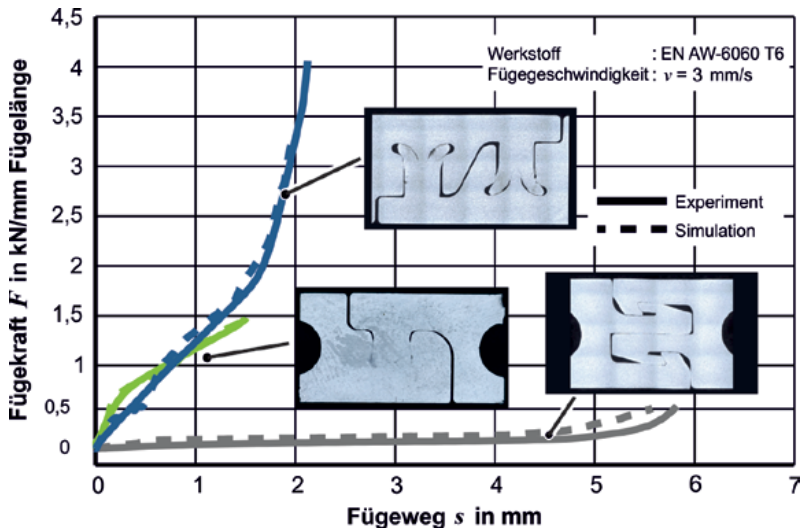


Aus Halbblocken hergestelltes Profil sowie Schweißnahtdetektion (Lichtmikroskopie)

2.2.8 Linienförmiges Fügen von Profilverbundsystemen mit erhöhten Dichtheitsanforderungen

Projektträger AiF/Stifterverband Metalle
 Projektnummer 21048 N
 Kontakt Florian Kneuper M. Sc.

In Zusammenarbeit mit dem Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF) der Universität Paderborn wird ein neuartiges Fügekonzept für Aluminium-Strangpressprofile entwickelt, um wasserdichte Profilverbünde für Bodenplatten von Batteriegehäusen herzustellen. Die in einem Pressenhub realisierte, linienförmige, mechanische Fügeverbindung ersetzt das bisher eingesetzte zeit- und kostenintensive Rührreißschweißen. Es wird untersucht, wie die Geometrie, der Prozess und die Eigenschaften der Aluminiumprofile modifiziert werden können, um die Anforderungen an die Dichtheit zu erfüllen und gleichzeitig hohe Tragfähigkeiten zu erreichen. Zur Bewertung der Verbindungsqualität werden die erforderlichen Fügekräfte und Scherzuffbilder der resultierenden Verbindungsgeometrien analysiert sowie Scherzugversuche durchgeführt. Messungen mit einem Helium-Schnüffel-Lecksuchgerät haben bereits hohe Dichtheiten der Verbindungen gezeigt. In weiteren Untersuchungen wird das Verhalten unter zyklischer Belastung und Biegung ermittelt.

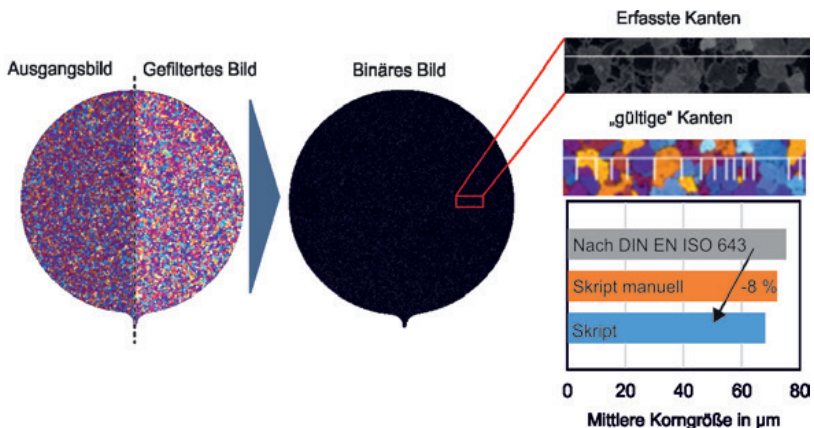


Linienförmiges Fügen: Vergleich von Fugesimulationen und Experimenten

2.2.9 Entwicklung eines effizienten physikalisch basierten Modellierungsansatzes zur Vorhersage der Mikrostruktur in Strangpressprozessen

Projektträger AiF/Stifterverband Metalle
 Projektnummer 21682 N
 Kontakt Oliver Schulz M. Sc.

Die mechanischen Eigenschaften stranggepresster Profile hängen maßgeblich von der resultierenden Mikrostruktur ab. Um eine präzisere Vorhersage der Produkteigenschaften durch numerische Simulationen zu gewährleisten, ist somit die Einbeziehung der Mikrostrukturentwicklung ein wichtiger Bestandteil. Für die Entwicklung eines praktikablen und effizienten numerischen Ansatzes zur Vorhersage des Gefüges ist zunächst die Erstellung einer experimentellen Datenbank aus Warmstauch- und skalierten Strangpressversuchen notwendig. Zur Automatisierung der Korngrößenbestimmung wird ein Skript entwickelt, welches durch geeignete Filter einen schärferen Kontrast und mit bestehenden Kantenerkennungsalgorithmen (z. B. Canny edge detector) die Korngrenzen bestimmt. Anschließend wird mittels Schnittlinienverfahren die Korngröße über die Anzahl der geschnittenen Korngrenzen ermittelt. Zur Validierung des Skriptes wird die Korngröße manuell anhand der Schnittlinien aus dem Skript und den Linien nach DIN EN ISO 643 berechnet. Für undeformierte Proben beträgt die Abweichung maximal 8 %.

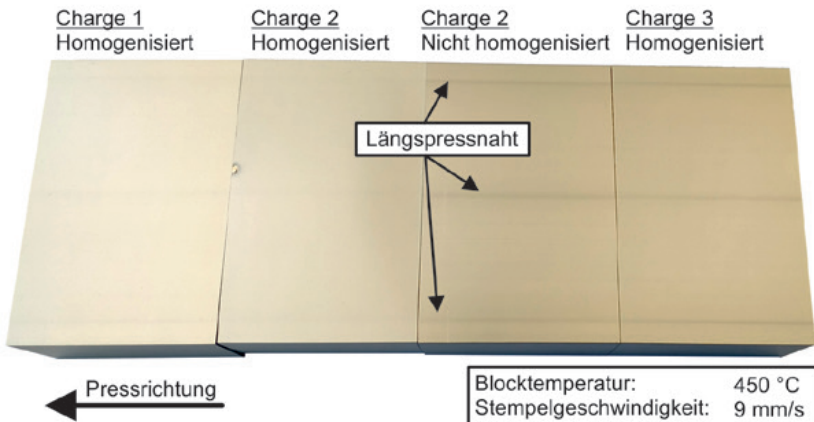


Schematischer Ablauf der automatischen Kantenerkennung

2.2.10 Untersuchung des Einflusses der Legierungszusammensetzung auf die Entstehung von Längspressnahtabzeichnung bei eloxierten Strangpress-Profilen

Projektträger AiF/Stifterverband Metalle e. V.
 Projektnummer 22610 N
 Kontakt Jan Flesch M. Sc.

Bei stranggepressten, eloxierten und als Sichtbauteil zu verwendenden Hohlprofilen führt der Prozessfehler Längspressnahtabzeichnung zu Ausschuss. In der ersten Projektphase konnte der vernachlässigbare Einfluss der Pressparameter (Blockeinsatztemperatur, Pressgeschwindigkeit) auf die Nahtabzeichnung bereits nachgewiesen werden. Stattdessen wurden in Abhängigkeit der Legierungszusammensetzung und des Homogenisierungszustands der Pressblöcke unterschiedlich stark ausgeprägte Längspressnähte verzeichnet. Für die Sichtbarkeit der Naht verantwortlich sind dabei Beizmulden im Mikrometermaßstab, die durch unterschiedlich starken Materialabtrag beim Beizen entstehen. In diesem Projekt steht daher die Korrelation zwischen mikrostrukturellen Merkmalen (Versetzungen, Ausscheidungen) und der Intensität der Nahtabzeichnung im Fokus. Dabei soll untersucht werden, inwiefern diese durch die Legierungszusammensetzung, den Homogenisierungsgrad sowie eine nachgelagerte Wärmebehandlung beeinflusst werden kann.

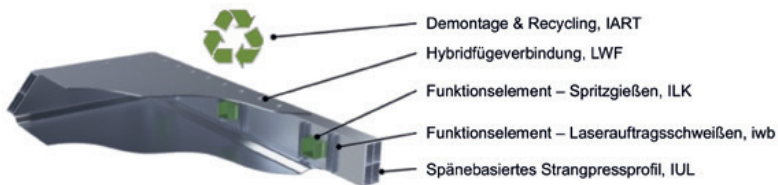


Einflüsse von Gusscharge und Homogenisierung auf die Längspressnahtabzeichnung

2.2.11 Verbundprojekt: Konzepte für die ressourceneffiziente und sichere Produktion von Leichtbaustrukturen (KORESIL)

Projekträger	BMBF/PTKA
Projektnummer	02P20Z004
Kontakt	Joshua Grodotzki M. Sc. Dipl.-Inform. Alessandro Selvaggio

Das im Frühjahr 2021 gestartete Verbundprojekt KORESIL vereint die Expertisen des IUL mit denen des Instituts für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK, TU Dresden), des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb, TU München), des Laboratoriums für Werkstoff- und Fügetechnik (LWF, Universität Paderborn) sowie des Instituts für Aufbereitungsmaschinen (IAM, TU Bergakademie Freiberg) zur Analyse eines geschlossenen Prozesskreislaufs. Beginnend in Dortmund, wo ein Batteriekasten-Profil aus Spänen stranggepresst wird, werden am iwb sowie ILK anschließend Strukturelemente aus Metallen und Polymeren aufgebracht. Das LWF fügt dann mehrere Profile mit Deckblechen, bevor am IAM das eigentliche Recycling stattfindet und die Rohstoffe wieder an die Standorte verteilt werden, um die Prozesskette erneut zu durchlaufen. Flankiert wird diese technische Säule des Projektes von einer digitalen Abbildung der gesamten Prozesskette. Diese soll sowohl virtuell als auch augmentiert genutzt werden, um soziotechnische Analysen sowie Schulungsmaßnahmen durchführen zu können.

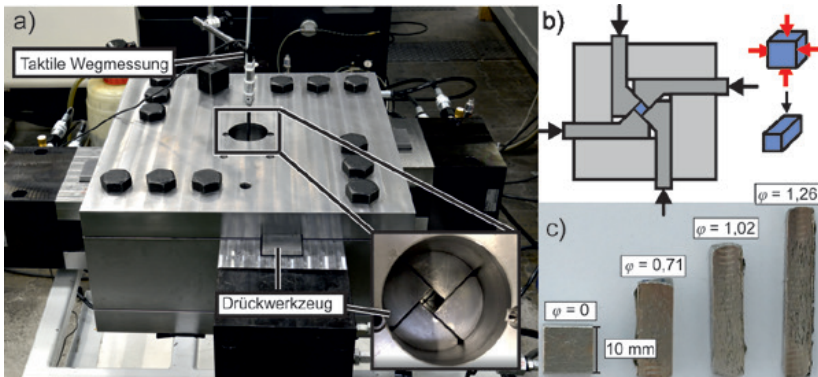


Demonstrator der KORESIL-Prozesskette

2.2.12 Prototypenentwicklung einer Maschine zur Durchführung von equibiaxialen Druckversuchen zur Werkstoffcharakterisierung für die Umformtechnik

Projektträger	BMWK
Projektnummer	03THWNW002
Kontakt	Patrick Kotzyba M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Das übergeordnete Projektziel war die Fertigung und Montage, Inbetriebnahme und Validierung einer funktionsfähigen Maschine zur Durchführung von equibiaxialen Druckversuchen zur Werkstoffcharakterisierung. Die Funktionsweise beruht auf der vom IUL zum Patent angemeldeten Erfindung „Vorrichtung und Verfahren zur Durchführung von Stauchversuchen an Probenkörpern zur Charakterisierung von Werkstoffen sowie entsprechender Probenkörper“ (AKZ: DE 102019001442). Das Funktionsprinzip (Bild b) führt zu einer gleichmäßigen Umformung würfel- oder quaderförmiger Proben durch Aufbringung eines zweiseitigen und somit biaxialen Druckspannungszustands. Die im Bild a dargestellte und in Betrieb genommene Maschine erlaubt diese Kinematik und ist in der Lage, metallische Werkstoffe bis zu Umformgraden von $\varphi = 1,3$ (Bild c) umzuformen. Durch den Einbau von Drucksensoren kann die Krafteinwirkung auf die Probe berechnet werden. Taktile Wegtaster messen die Verschiebung direkt an der Probe. Die gemessenen Werte werden in Spannung und Dehnung umgerechnet und können zur Fließkurvenermittlung genutzt werden.



a) Aufbau der equibiaxialen Druckprüfmaschine, b) Prinzipskizze, c) umgeformte Zinnproben

2.2.13 „Grüne“ Schmierstoffe

Projektträger
Kontakt

ReCIMP
Robin Gitschel M. Sc.

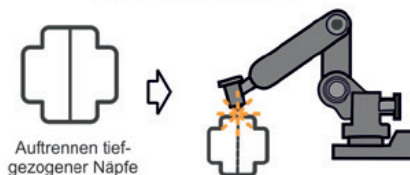
Das Tiefziehen stellt eines der zentralen Blechumformverfahren im Automobilbau dar. Zur Herstellung komplexer Geometrien von Karosserie- und Strukturbauteilen ist eine Schmierung der Werkzeuge in der Regel unumgänglich. Konventionelle Tiefziehschmierstoffe werden aus Mineralölen hergestellt. Da die Schmierstoffe nach der Umformung auf den Werkstücken verbleiben, müssen diese aufwändig gewaschen werden, um anschließende Prozessschritte, wie z. B. Schweißoperationen, nicht zu beeinträchtigen. Der dabei entstehende Wasserverbrauch sowie die Verwendung mineralischer Öle stellen eine potenzielle Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Alternativ können sogenannte „grüne“ Schmierstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und ohne umweltschädliche Zusätze genutzt werden. Um deren Anwendung für komplexe Tiefziehteile zu beurteilen, wird eine Kreuznapfgeometrie mit grünen Schmierstoffen verschiedener Hersteller tiefgezogen. Durch die Auswertung erreichter Ziehtiefen sowie der Verschweißqualität in anschließenden Schweißversuchen kann die Eignung der Schmierstoffe quantifiziert werden.

a) Kreuznapf-Tiefziehversuche



Bestimmung maximaler Ziehtiefe

b) Schweißversuche



Untersuchung grüner Schmierstoffe in a) Tiefziehversuchen und b) anschließenden Verschweißtests

2.3 Abteilung Profil- und Blechumformung

Leitung Joshua Grodotzki M. Sc.

Das Team der Profil- und Blechumformung befasst sich mit vielfältigen Aspekten der Forschung im Grundlagen- und anwendungsnahen Bereich. Neben der Entwicklung und Erprobung innovativer Maschinen und Prozesse werden gezielt die Grenzen der Werkstoffcharakterisierung bei hohen Formänderungen und Temperaturen erweitert.

Aktuell werden für den ebenen Torsionsversuch jene Grundlagenuntersuchungen finalisiert, welche die Basis für eine genormte Prüfvorschrift bilden. Daneben wurde der temperaturgestützte Innenhochdruck-Umformprozess genutzt, um prozessnahe Grenzformänderungs- sowie Fließkurven zu ermitteln. Bei den Blechumformverfahren lag die Einflussquantifizierung von Lastpfadwechseln auf die Schädigungsentwicklung im Fokus. Bei der eigenschaftsgeregelten, mehrstufigen Warmblechumformung konnten thermo-mechanische Parametersets identifiziert werden, welche die gezielte Einstellung von Produkteigenschaften erlauben. Für walzplattierte MnB-Cr-Stahlverbunde wurden die Prozessgrenzen basierend auf den aktuellen Halbzeugeigenschaften ermittelt. Für Drähte zur Federnherstellung wurde festgestellt, dass diese ein spannungsabhängiges Relaxationsverhalten aufweisen. Im Bereich der Werkzeugentwicklung konnte dank additiv gefertigter, konturnaher Kühlkanäle die erzielbare Abkühlrate für Presshärteprozesse gesteigert werden.

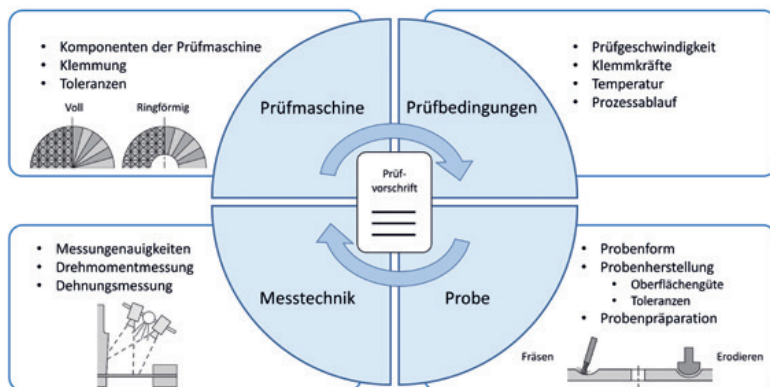


Das Team der Abteilung Profil- und Blechumformung im Bereich der Remote Biegezone sowie der TSS-Biegemaschine

2.3.1 Vorbereitung einer Prüfvorschrift für den ebenen Torsionsversuch

Projekträger	Aif/FOSTA
Projektnummer	21137N/P 1320
Kontakt	Fabian Stiebert M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Ziel dieses Projektes war es, die fundamentalen Einflussgrößen im ebenen Torsionsversuch zu analysieren und die daraus resultierenden Ergebnisse zu nutzen, um eine Prüfvorschrift vorzubereiten. Hierzu wurden die Einflussgrößen in vier Hauptbereiche aufgeteilt. Zum einen wurde der Einfluss der Prüfmaschine untersucht, wobei die benötigten Maschinenkomponenten und die Form der Klemmung für eine homogene Drehmomentübertragung identifiziert wurden. Des Weiteren wurden die Prüfbedingungen analysiert, indem die benötigten Klemmkräfte und eine quasistatische Prüfung betrachtet wurden. Hierbei konnte ein analytischer Ansatz hergeleitet und verifiziert werden, der die maximale Dehnrate in Abhängigkeit des Werkstoffverhaltens, eines Radienverhältnisses und der Rotationsgeschwindigkeit darstellen kann. Im Bereich der Messtechnik wurden alle Einflüsse der Proben-, Drehmoment- und Dehnungsmessung betrachtet. Abschließend wurde der Einfluss der Probenform und Probenherstellung auf die Prüfergebnisse untersucht. Eine angepasste Probenform, welche eine homogene Spannungs- und Dehnungsverteilung über einen breiten Prüfbereich erzeugt, wurde für die Norm vorgeschlagen. In einem nächsten Schritt wird, basierend auf den Projektergebnissen, ein Vorschlag für eine Prüfvorschrift erarbeitet.

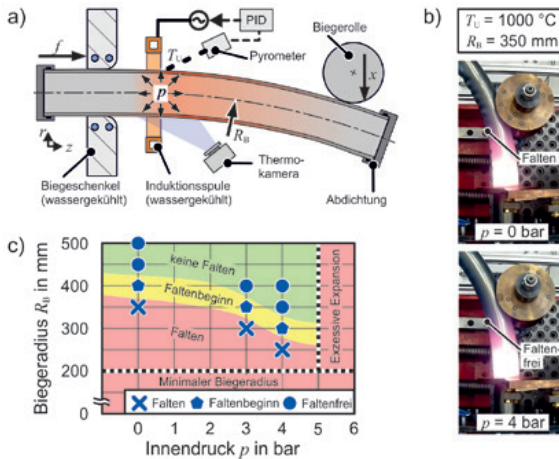


Übersicht über die vier Haupteinflussfelder auf die Prüfergebnisse im ebenen Torsionsversuch

2.3.2 Wirkmedienbasiertes Profilformen und kinematisches Biegen im kontinuierlichen Prozess mittels gradiertem Temperaturfeld

Projektträger	BMW/ZIM-ZF
Projektnummer	ZF4101119US9
Kontakt	Mike Kamaliev M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Die Kaltumformung von hochfesten, geschlossenen Profilen ist meist mit einer ausgeprägten Rückfederung sowie eingeschränkten Prozessfenstern verbunden. Gängige Gegenmaßnahmen sind die Umformung bei erhöhten Temperaturen oder eine Spannungsüberlagerung. Separat sind beide Methoden aus dem aktuellen Stand der Technik bekannt. Um das Potenzial dieser Mechanismen zu kombinieren, wurde die Temperaturgestützte Innenhochdruck-Profilumformung (TIP-Prozess) entwickelt. Dabei wird ein Rohr mit einem konstanten Innendruck p beaufschlagt, lokal auf Umformtemperatur T_U erwärmt und kinematisch gebogen (vgl. Bild a). Am Beispiel des ferritischen Edelstahl (X2CrTiNb18) kann mit zunehmendem Innendruck p eine Faltenbildung am Innenbogen minimiert werden (vgl. Bild b). Verglichen zu Prozessen ohne Innendruck p ist die Umformung von geringeren Biegeradien R_B möglich (vgl. Bild c). Mit vergütbarem Stahl kann eine simultane Einstellung der mechanischen Eigenschaften erfolgen, wodurch die flexible Herstellung hochfester Profilkomponenten realisiert wird.



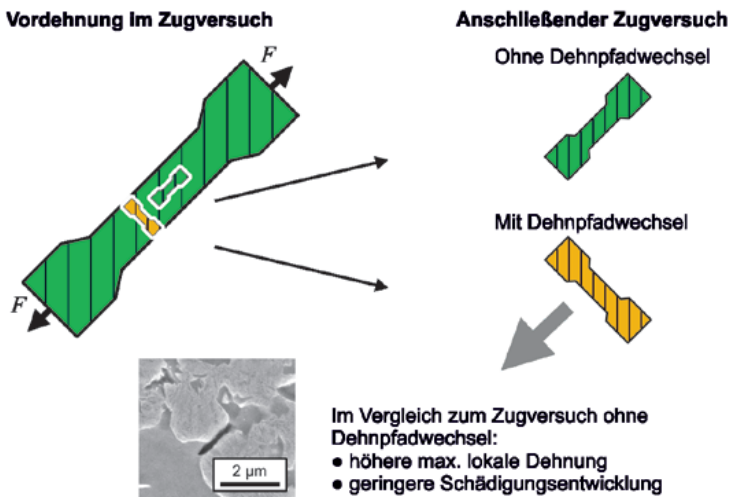
a) Experimenteller Aufbau, b) beispielhafte Prozesse und c) erreichte Prozessfenstererweiterung

2.3.3 Schädigungsbeeinflussung bei der Biegeumformung

Projekträger
Projektnummer
Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
SFB/TRR 188 • Teilprojekt A05
Philipp Lennemann M. Sc.

Die Schädigungsentwicklung in Form von Poren hängt maßgeblich vom Spannungszustand während der Umformung ab. Die Schädigungsentwicklung beim Blechbiegen des Dualphasenstahls DP800 kann durch Druckspannungsüberlagerung gesenkt werden. Dies führt zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Biegeteilen in Form von aufgenommener Kerbschlagarbeit, Steifigkeit und Ermüdungsfestigkeit. Neben dem Einfluss des Spannungszustands wird aktuell auch der Einfluss von Last- und Dehnpfadwechseln auf die Schädigungsentwicklung untersucht. In der Prozesskette der Profilerstellung wird ein gerades Profil durch Rollformen oder durch Freibiegen hergestellt und anschließend durch 3-Rollen-Schubbiegen oder Rotationszugbiegen gekrümmt. Im Hinblick auf einen Presshärteprozess werden zudem schädigungskritische Einflüsse in der Warmblechumformung von 22MnB5 identifiziert. Zur Untersuchung der Dehnpfadwechsel werden unter anderem mehrstufige Zugversuche durchgeführt. Hierbei führen Dehnpfadwechsel zu einer geringeren Schädigungszunahme und zu einer höheren Bruchdehnung gegenüber monotonen Dehnpfaden.



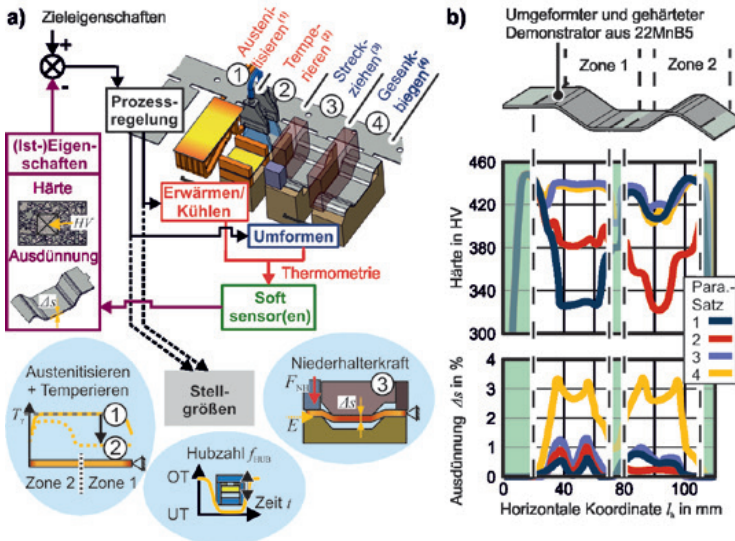
Mehrstufige Zugversuche an DP800

2.3.4 Eigenschaftsgeregelte mehrstufige Warmblechumformung

Projektträger
Projektnummer
Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
424334660 (SPP 2183)
Juri Martschin M. Sc.

Zur Umsetzung der eigenschaftsgeregelten, mehrstufigen Warmblechumformung ist es erforderlich, dass die Produkteigenschaften über geeignete Freiheitsgrade entkoppelt voneinander eingestellt werden können. Durch die Integration einer induktiven Erwärmung zur Austenitisierung, einer Temperierstufe mit kombinierter Luftkühlung und Widerstandserwärmung sowie eines Niederhalters mit variabler Kraft in ein Folgeverbundwerkzeug (vgl. Bild a) werden zusätzliche thermische und mechanische Stellgrößen und somit Freiheitsgrade generiert. Hiermit soll die Härte- und Ausdünnungsverteilung in Zone 1 und 2 (vgl. Bild b) des Demonstratorbauteils disjunkt eingestellt werden. Letzteres wurde im Rahmen einer Simulationsstudie überprüft. So kann beim mehrstufigen Warmumformen von 22MnB5 Blechmaterial mit einer Wahl der Stellgrößen gemäß der Parametersätze 1 bis 3 die Härteverteilung bei gleichbleibender Ausdünnungsverteilung angepasst werden. Ebenso sind die notwendigen Freiheitsgrade gegeben, um bei gleichbleibender Ausdünnung die Härte anzupassen (vgl. Parametersatz 1 und 4).

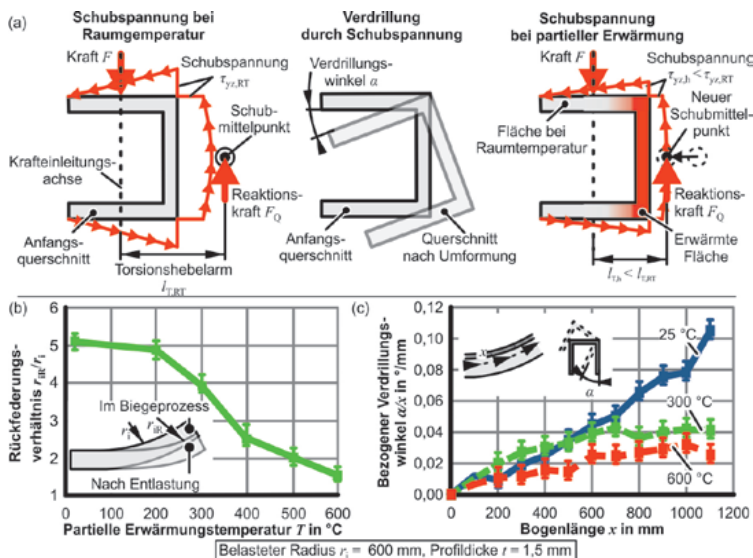


a) Regelkreis und Werkzeugtechnik, b) numerisch ermittelte Härte- und Ausdünnungsverteilung bei verschiedenen Stellgrößen

2.3.5 Kinematisches Profilbiegen mit partieller Erwärmung des Querschnitts

Projekträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	408302329
Kontakt	Eike Hoffmann M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Ziel des Projektes war die Evaluierung eines Verfahrens zur Reduktion der Verdrillung und der Rückfederung beim asymmetrischen Biegen von Profilen. Durch den Positionsunterschied von Schubmittelpunkt und Krafteinleitungsachse werden beim asymmetrischen Biegen von Profilen Torsionsmomente induziert, die in einer Verdrillung resultieren. Gleichzeitig folgt aus der Elastizität des Werkstoffes eine Rückfederung. Durch eine gezielte, induktive Erwärmung von Teilflächen des Profils wird das Maximum der durch die Biegekraft induzierten Schubspannungen im Profil verringert. Dies wiederum verschiebt den Schubmittelpunkt in Richtung der Krafteinleitungsachse, wodurch der Torsionshebelarm und damit die wirkenden Torsionsmomente verkleinert werden. Zusätzlich wird die Rückfederung durch die globale Entfestigung des Profils reduziert. Zuletzt wurde der Prozess an U-Profilen aus S500MC untersucht, bei denen eine Reduktion der Verdrillung von bis zu 83 % und der Rückfederung um bis zu 69 % erreicht wurde.

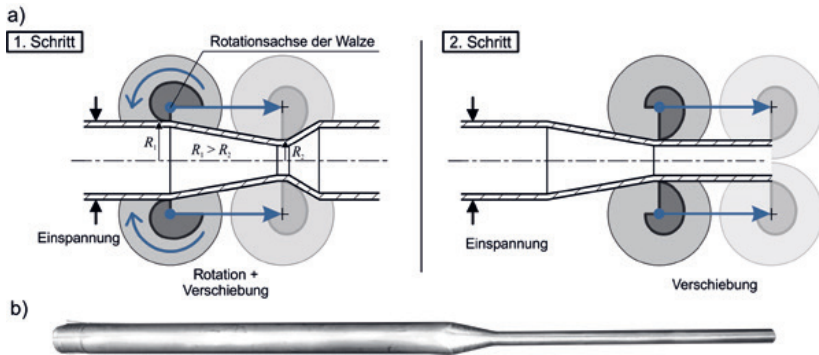


a) Verdrillungsprinzip, b) Rückfederung und c) Verdrillung beim Biegen mit partieller Erwärmung

2.3.6 Prozessentwicklung und Technologietransfer eines kombinierten Umformverfahrens zur Herstellung gradiertem Profile für Leichtbauanwendungen (ProLeit)

Projektträger	BMWK
Projektnummer	03LB2015B
Kontakt	Niklas Hoenen M. Sc.

Im Rahmen des vom BMWK geförderten Projektes wird der Walzgleitziehprozess in Zusammenarbeit mit der Otto Fuchs KG und der MSG Maschinenbau GmbH untersucht. Durch eine Kombination von Walzen und Ziehen mit nicht konstantem Ziehspalt wird bei diesem Prozess eine lokale Veränderung der Querschnittsgeometrie vorgenommen. Durch diese Umformung kommt es zu einem geringeren Materialeinsatz in der Produktion sowie auch zu einem reduzierten Bauteilgewicht, wodurch CO_2 -Emissionen eingespart werden können. Mögliche Einsatzbereiche für entsprechend belastungsoptimierte Profile finden sich in unterschiedlichen Mobilitätsanwendungen. Aus diesem Grund steht die Untersuchung von kurzen Übergangsbereichen, geringen Wandstärken und hochfesten Aluminiumlegierungen der 7000er Gruppe im Fokus. Neben numerischen Analysen werden Versuche auf einer zu diesem Zweck umgerüsteten Versuchsanlage durchgeführt sowie analytische Modelle zur Vorhersage der Endgeometrie und der Prozesskräfte erarbeitet.

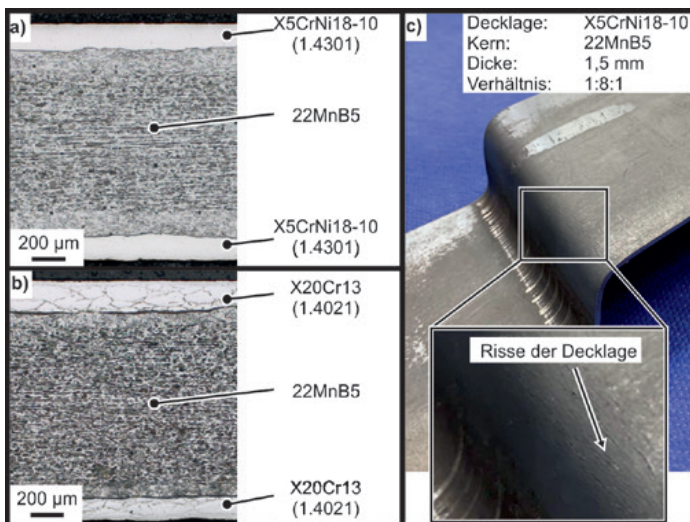


a) Walzgleitziehprozess, b) umgeformtes Rohr

2.3.7 Analyse des Einsatzpotentials walzplattierter MnB-Cr-Stahlverbunde für das Presshärten

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 Projektnummer 444548865
 Kontakt Markus Stenei M. Sc.

In dem DFG-Verbundprojekt wird zusammen mit dem IBF der RWTH Aachen die umformtechnische Herstell- und Anwendbarkeit walzplattierter Cr-Mn-Stahlverbunde für das Presshärten untersucht. Ziel des neuartigen Materials ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen beim Presshärten durch den Einsatz von effizienteren Erwärmungsstrategien, wie z. B. Widerstandserwärmung. Hierzu wird die gängige AlSi-Beschichtung als Verzunderungsschutz durch Edelstahldecklagen substituiert. Zur Betrachtung des Einflusses unterschiedlicher Decklagen auf die Verbundeigenschaften werden im Rahmen dieses Projektes ein martensitischer (1.4021) sowie ein austenitischer Edelstahl (1.4301) betrachtet. In den Querschliffen (Bild a, b) ist die Ausbildung eines stoffschlüssigen Verbundes zwischen dem Kernwerkstoff (22MnB5) und der Decklage erkennbar. Biegeversuche bestätigen, dass eine Delamination während des Presshärtens ausgeschlossen werden kann. Jedoch entstehen Risse bei der Herstellung eines Hutprofils (Bild c), weshalb eine Steigerung der Umformbarkeit durch Anpassung der Herstellungsrouten untersucht wird.

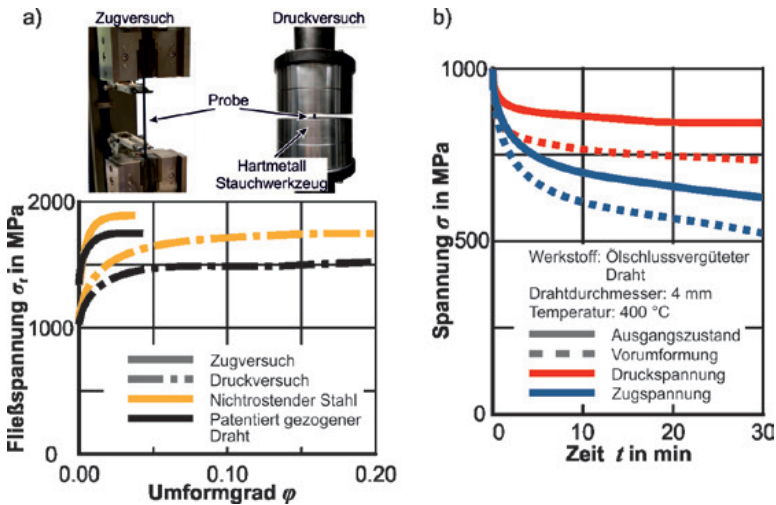


a) und b) Schliffbilder des Verbundes, c) pressgehärtetes Hutprofil

2.3.8 Entwicklung eines Modells zur Vorhersage der Geometrieänderungen bei der Federherstellung auf Basis der Plastizitätstheorie unter Berücksichtigung der Wärmebehandlung

Projektträger AiF/IGF
 Projektnummer IGF 21490 N
 Kontakt Philipp Rethmann M. Sc.

Die Herstellung von Schraubendruckfedern erfolgt in einem mehrstufigen Prozess aus Winden, Wärmebehandlung und Vorsetzen. Die durch das Winden erzeugte Geometrie der Federkörper wird bei der Wärmebehandlung durch den Abbau von Eigenspannungen und beim Vorsetzen durch plastische Umformung verändert. Die analytische Vorhersage der Geometrieänderung im Teilprozess Wärmebehandlung erfordert die genaue Kenntnis der Eigenspannungen. Dazu muss das Umformverhalten der Werkstoffe charakterisiert werden. Untersuchungen zeigen ein stark anisotropes Verfestigungsverhalten der kaltgezogenen Drähte, welches durch Materialmodelle mit kinematischer Verfestigung berücksichtigt wird. Die Fließkurven unter Zug- und Druckbelastung zeigen Differenzen von bis zu 15 % (vgl. Bild a). Zusätzlich zu den Eigenspannungen muss auch das Abbauverhalten der Spannungen bei der Wärmebehandlung bekannt sein. Relaxationsversuche an Drähten zeigen, dass dieses Verhalten unter anderem vom Werkstoff, dem Spannungsvorzeichen und der Umformhistorie abhängig ist (vgl. Bild b).

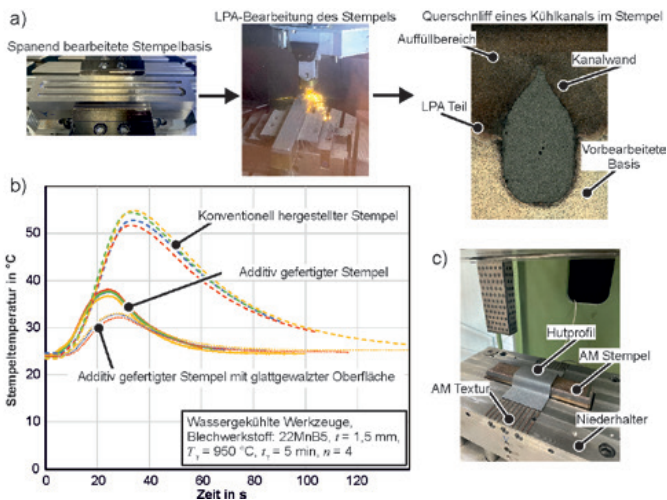


a) Vergleich von Fließkurven aus Zug- und Druckversuchen, b) Spannungsrelaxion bei Wärmebehandlung

2.3.9 Funktionalisierung additiv gefertigter Presshärtewerkzeuge mittels Glattwalzen

Projekträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	417202720
Kontakt	Anna Komodromos M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Für Presshärtewerkzeuge zur Blechumformung werden Kühlkanäle, die meist mittels spanender Verfahren hergestellt werden, in die Werkzeuge zur Festigkeitserhöhung durch Abschrecken integriert. Die Fertigung der Presshärtewerkzeuge mittels Laserpulverauftragsschweißen (LPA) ermöglicht eine oberflächennahe Positionierung der Kanäle. Die nach dem LPA sehr raue Oberfläche wird anschließend mittels Glattwalzen eingeebnet. Außerdem ermöglicht das LPA die Aufbringung von lokalen Texturen auf die Werkzeugoberfläche. Für die Erprobung eines Presshärtewerkzeugs zur Fertigung eines Hutprofils wurde in einen Basiswerkstoff eine kontinuierliche Kühlkanalnut gefräst. Diese wurde mittels LPA verschlossen, sodass ein tropfenförmiger Kühlkanal im Stempel entstand. Durch die Reduktion des Abstands der Kühlkanäle zur Oberfläche um ca. 75 % lässt sich mittels des additiv gefertigten Stempels die Stempeltemperatur um bis zu 40 % reduzieren. Durch die Texturierung des Niederhalters konnte durch die homogenere Temperaturverteilung im Hutprofil die Rückfederung um einen Faktor sechs reduziert werden.



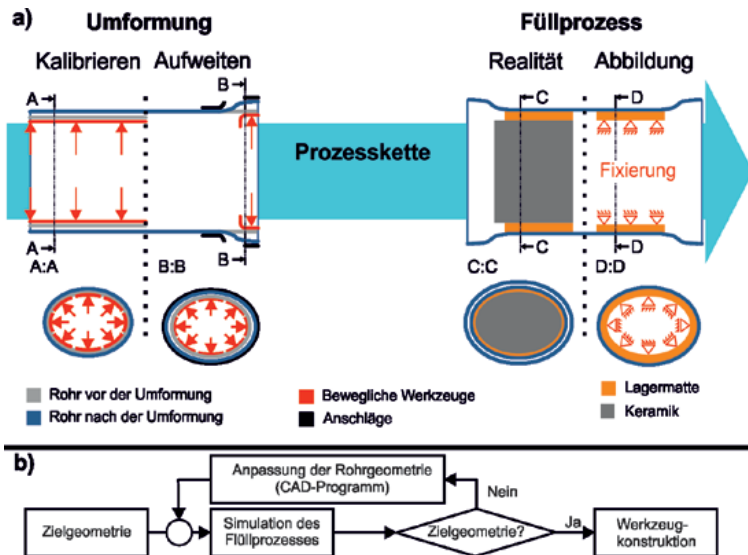
a) Herstellungsrouten des Stempels, b) Temperaturmessung aus: c) Presshärteversuchsaufbau

2.3.10 Gestaltvorhersage und -verbesserung beim Umformen und Zusammenbau von nicht-runden Rohren

Projektträger
Kontakt
Projektstatus

ReCIMP
Markus Stennei M. Sc.
abgeschlossen

Moderne Verbrenner besitzen zur Reduzierung der Emissionen Katalysatoren als Teil des Abgassystems. Um die stetig steigenden Anforderungen an die CO₂-Emissionen bei geringem Bauraum realisieren zu können, werden verstärkt nicht-runde Katalysatoren hergestellt. Im Rahmen dieses Projektes wurde bereits gezeigt, dass die Prozesskette bestehend aus Kalibrieren, Aufweiten und dem Füllprozess (Bild a) mithilfe einer numerischen Simulation in guter Genauigkeit abgebildet werden kann. Neue Anwendungen zeigen jedoch, dass bei rechteckigen Bauteilen der Füllprozess nicht durch einen Ersatzdruck abgebildet werden kann. Aus diesem Grund wird die Lagermatte als Solid in die Simulation eingebracht. Zur Berücksichtigung der großen Fertigungstoleranzen wurde eine Software zum automatisierten Aufbau einer Füllprozesssimulation entwickelt. In Kombination mit einem CAD-Programm wird diese Software eingesetzt, die Verformung durch das Füllen gezielt einzustellen und die Ausfallrate neuer Produktionslinien zu senken. Der Ablauf ist im Bild b dargestellt.



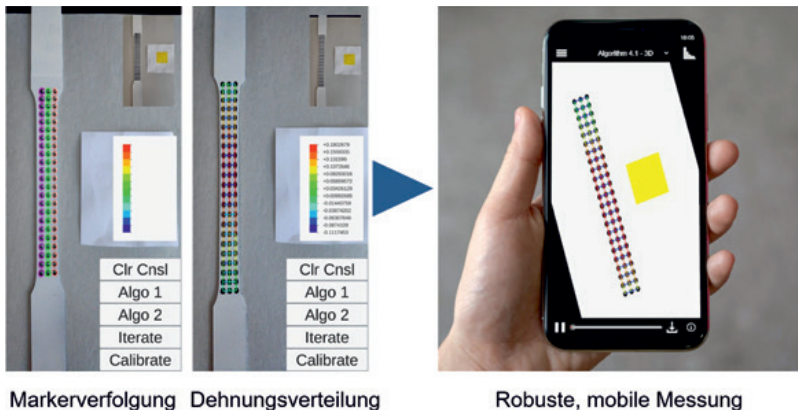
a) Prozesskette Katalysator, b) Optimierungsalgorithmus

2.3.11 Entwicklung einer Augmented Reality App für die optische Dehnungsmessung in Laboren im Zuge des CrossLab-Projektes

Projektträger
Kontakt

TU Dortmund
Joshua Grodotzki M. Sc.

Durch die erfolgreiche Teilnahme am TU-internen Wettbewerb zur Förderung innovativer Ideen im Bereich der digitalen Laborlehre, wird am IUL aktuell eine Augmented Reality App für die optische Dehnungsmessung mittels Smartphone entwickelt. Die App ermöglicht es Studierenden, Informationen über die Dehnungsverteilung in verschiedenen Werkstoffen eigenständig aufzuzeichnen, für die alternativ teure und aufwendig zu kalibrierende Messsysteme notwendig wären. Insbesondere beim Zugversuch, welcher elementarer Bestandteil der Laborveranstaltungen ist, können die Dehnungsfeldmessungen, statt bisher einfacher Kraft-Weg-Kurven, helfen, das Verständnis der Vorgänge im Werkstoff verbessern. Um die Robustheit der entwickelten Algorithmen zu testen, werden synthetische Testumgebungen genutzt, in denen Abweichungen durch die Nutzenden (z. B. Drehung oder Neigung des Smartphones) simuliert werden. Die Orientierung der Probe im Raum wird mittels optischer Marker ermittelt. Anschließend wird das jeweilige Bild so im Raum gedreht, dass sich die verfolgten Messpunkte in einer Ebene befinden. Davon werden die entsprechenden Abstände bestimmt und die Dehnungen abgeleitet. Die entwickelte App sowie eine Anleitung zur Präparation der Testumgebung (u. a. Lackierung der Probe und Ausleuchtung des Versuches) werden bei Abschluss des Projektes veröffentlicht und stehen damit allen Lehrenden und Lernenden zur Verfügung.



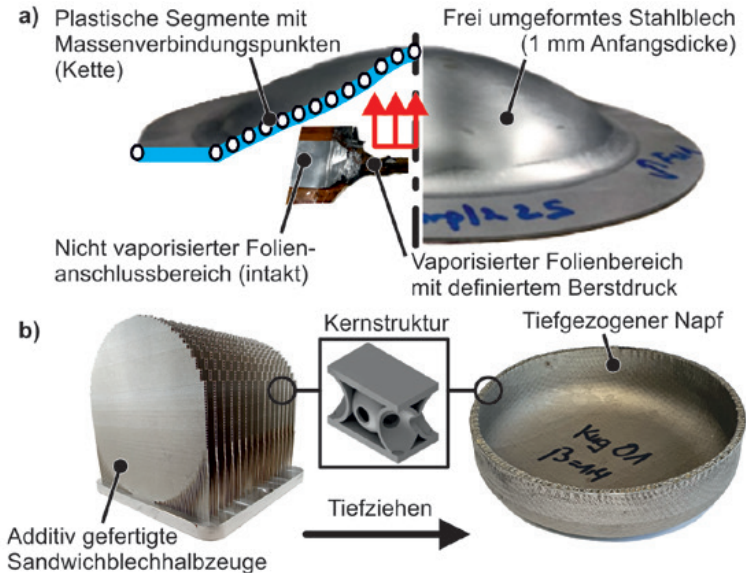
Konzept der Applikation zur mobilen Dehnungsmessung

2.4 Abteilung Sonderverfahren

Leitung

Marlon Hahn M. Sc.

In dieser Abteilung werden Fertigungsprozesse untersucht und entwickelt, deren inhärente Merkmale Vorteile gegenüber konventionellen Umformverfahren bieten, wie etwa erhöhte Grenzformänderungen oder eine gesteigerte Effizienz. Zur Sicherstellung übertragbaren Wissens beinhalten die Projekte experimentelle, numerische sowie analytische Betrachtungen. Dabei existiert die folgende übergeordnete Kategorisierung: Hochgeschwindigkeitsumformung, inkrementelle Umformung, Fügen durch Umformung – auch artfremder Werkstoffe – und die Nutzung neuartiger hybrider Komponenten (sowohl für die Werkzeugtechnik als auch für Halbzeuge). Als Beispiel ist im Bild a eine effiziente Berechnungsmethode, die lediglich einige Sekunden dauert, für die Blechumformung mittels impulsartig elektrisch vaporisierender Folienaktuatoren illustriert. Das Beispiel im Bild b stellt das Tiefziehen komplexer additiv gefertigter Sandwichhalbzeugstrukturen dar. Die Beispiele demonstrieren die Vielfalt und Interdisziplinarität der Abteilung. Die Themen werden aktuell von neun wissenschaftlichen Mitarbeitenden bearbeitet.

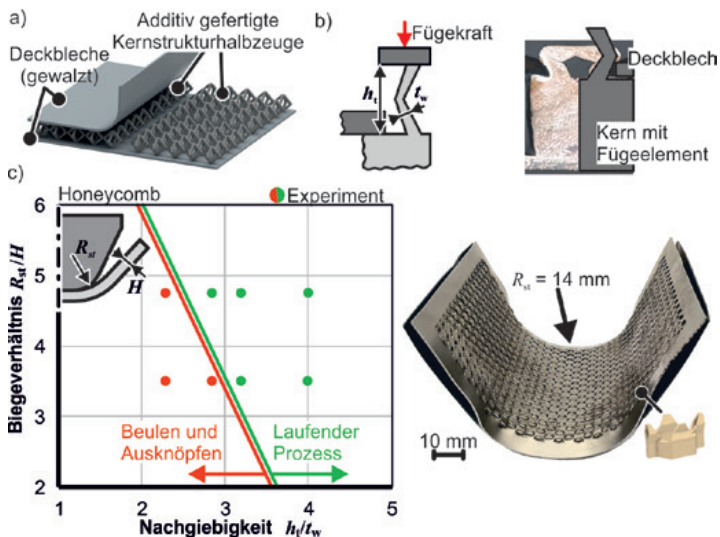


Themenauswahl: a) „Kettenmodell“ vaporisierender Folien, b) Tiefziehen von Blechen mit Kernstruktur

2.4.1 Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde mit optimierten Kernstrukturen

Projekträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 Projektnummer 317137194
 Kontakt Dr.-Ing. Stephan Rosenthal

In Kooperation mit dem Institut für Produkt Engineering der Universität Duisburg-Essen werden Sandwichblechverbunde mit für eine Umformung optimierten Kernstrukturen entwickelt. Der additiv gefertigte Kern wird mit gewalzten Deckblechen verbunden und ermöglicht die Herstellung lastangepasster Halbzeuge zur Überwindung der Bauraumrestriktionen der additiven Fertigung. Formschlüssige Fügeelemente, basierend auf einem Knickmechanismus, werden zur Herstellung großflächiger Blechhalbzeuge genutzt. Die Untersuchungen zeigen die Machbarkeit dieses Verfahrens sowie die Prozessgrenzen, welche im Bild gezeigt werden. Als Hauptversagensart hat sich das Ausknöpfen der Verbindungspunkte und das Ausbeulen der Deckbleche herausgestellt. Die Nachgiebigkeit der knickbasierten Fügeelemente ist maßgeblich für die Verbindungsfestigkeit. Hohe Nachgiebigkeiten bedingen eine gute Überdeckung des Deckbleches und sorgen für hohe Verbindungsfestigkeiten.

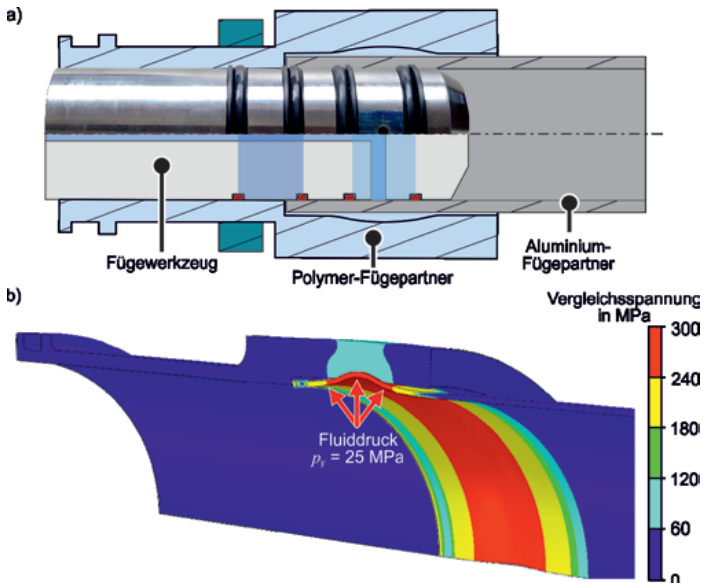


a) Großflächige Halbzeuge, b) Verbindungsmechanismus, c) Prozessfenster und gebogenes Bauteil

2.4.2 Automatisiertes Bestücken und zerstörungsfreies Prüfen von Rohr-Fitting-Verbindungen (AutoFit)

Projekträger	BMWK
Projektnummer	20W1905C
Kontakt	Florian Weber M. Sc.

In dem seit Juli 2020 laufenden Verbundprojekt untersucht das IUL gemeinsam mit den Firmen PFW Aerospace, Steitz Präzisionstechnik und dem Fraunhofer IZFP das umformtechnische Fügen von Metall-Polymer-Verbindungen zum Einsatz im Luftfahrtsektor. Einen der Untersuchungsschwerpunkte bilden die unterschiedlich stark ausgeprägten Dehnratensensitivitäten der zu fügenden Werkstoffe. Durch hochdynamisches elektromagnetisches sowie quasistatisches hydraulisches Aufweiten werden Rohre aus Aluminium (EN AW-6061 T6) mit thermoplastischen Komponenten aus Polyetheretherketon (PEEK) gefügt. Neben der Auslegung und Konstruktion der hierfür benötigten Fügwerkzeuge liegt der Schwerpunkt der gegenwärtigen Untersuchungen auf der numerischen Auslegung des Fügeprozesses sowie der Bauteilgeometrien (Bild). Während bei der Prozessauslegung der Einfluss der Viskoelastizität auf den Aufweitvorgang von Interesse ist, wird bei der Werkzeugauslegung die Möglichkeit einer integrierten Funktionsprüfung analysiert.



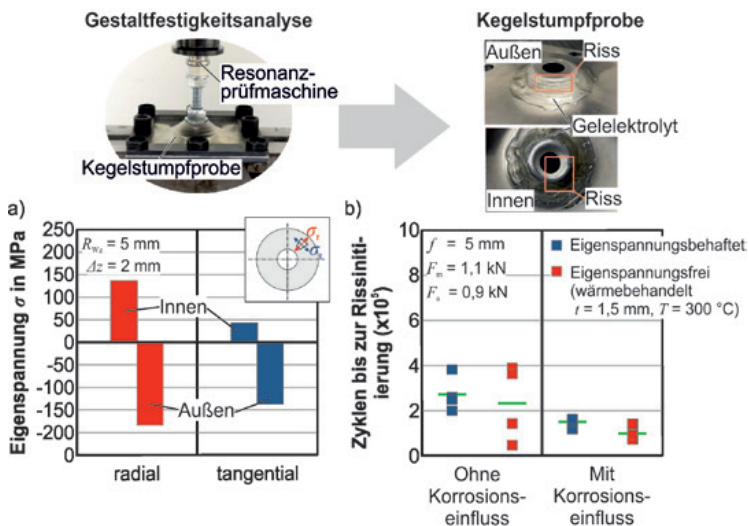
a) Ausgangssituation Fügen durch hydraulisches Ausweiten, b) numerische Prozessauslegung

2.4.3 Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion

Projekträger
Projektnummer
Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
372803376 (SPP 2013)
Fabian Maaß M. Sc.

In der finalen dritten Förderperiode des DFG-Schwerpunktprogramms SPP 2013 zur gezielten Nutzung umformtechnisch induzierter Eigenspannungen in metallischen Bauteilen fokussiert sich das Projekt des IUL in Kooperation mit der Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik der TU Chemnitz auf die Möglichkeit, Korrosionseigenschaften eines Bauteils durch gezielte Eigenspannungsinduktion einzustellen. Ziel ist eine verbesserte Bauteilleistungsfähigkeit zyklisch belasteter Bauteile unter korrosivem Einfluss. Durch das Umformverfahren der inkrementellen Blechumformung können die oberflächennahen Eigenspannungen gezielt durch eine Anpassung der Prozessparameter eingestellt werden. Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit zyklisch belasteter Bauteile zeigt einen Einfluss der Eigenspannungen auf die Korrosionswirkung und den Zeitpunkt des Versagens (Bild). Eine Maximierung der Leistungsfähigkeit zyklisch belasteter Proben soll durch ein numerisches Prognosemodell der Gestaltfestigkeit ermöglicht werden, welches den umformtechnisch induzierten Eigenspannungszustand als Eingangsgröße berücksichtigt.

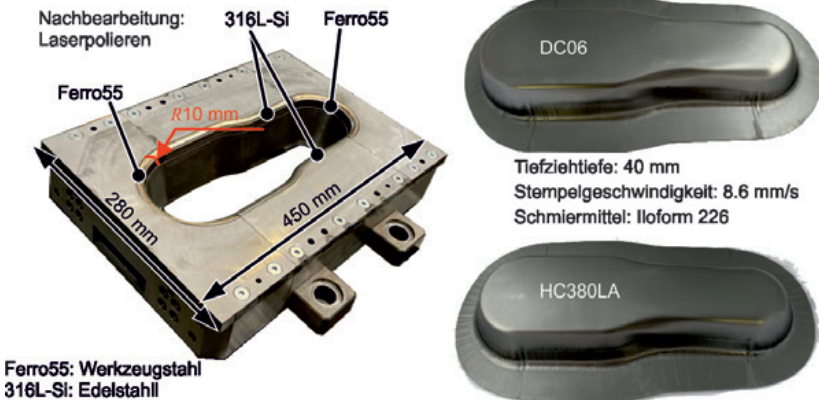


Gestaltfestigkeitsanalyse mit in-situ-Korrosionswirkung

2.4.4 Reduzierung des Treppenstufeneffekts bei aus Blechlamellen geschichteten Werkzeugen mittels additiver und umformtechnischer Nachbearbeitung

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	426515407
Kontakt	Hamed Dardaei Joghann M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

In diesem Projekt wurden die Grundlagen der Herstellung hybrider additiver Lamellenwerkzeuge für die Blechumformung erforscht. Ein entwickeltes semi-analytisches Modell zeigt die Möglichkeit der Verwendung von Werkzeugblechen mit geringerer Festigkeit. Es wurde gezeigt, dass – vor dem restlichen Füllen der vorhandenen Treppenstufen – zunächst ein Verbindungsschritt mit Laserpulverauftragsschweißen (LPA) erforderlich ist, um einen thermischen Verzug der Bleche zu vermeiden. Das Laserpolieren als Nachbearbeitungsmethode verringert die Oberflächenhärte des Werkzeugs, verbessert aber die Oberflächenrauheit erheblich und spart zusätzliche Werkzeugkosten im Vergleich zum Glattwalzen und Fräsen. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden auf eine komplexe Tiefziehgeometrie umgesetzt (Bild). Es wurde eine systematische Bewertung des hybriden Verfahrens im Vergleich zu alternativen Werkzeugen durchgeführt, die nur durch LPA und Fräsen hergestellt wurden. Dabei zeigte sich, dass das hybride Verfahren nicht nur energieeffizienter, sondern auch schneller ist bei gleichem Teilegewicht.



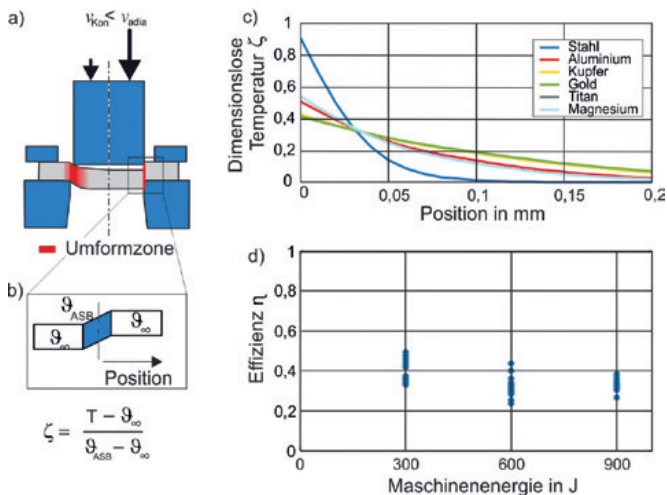
Hybride Herstellung eines Tiefziehwerkzeuges

2.4.5 Einsatz und Analyse des adiabatischen Scherschneidens

Projekträger
 Projektnummer
 Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 428780322
 Fabian Schmitz M. Sc.

Beim adiabatischen Scherschneiden wird durch die höhere Prozessgeschwindigkeit – im Vergleich zum konventionellem Scherschneiden – der Werkstoff lokaler umgeformt (Bild a). Aufgrund der kurzen Dauer des Kraftstoßes ($t_{\text{adia}} \approx 0,2 \text{ ms}$) ist die Wärmeleitung aus der Umformzone heraus beschränkt und zusätzlich abhängig von den thermischen Randbedingungen (Bild b). Für eine Prozessdauer t_{adia} stellt sich ein Temperaturprofil und eine temperaturbedingte Entfestigung des Werkstoffs um die Umformzone ein (Bild c). Zeitlich hoch aufgelöste Beschleunigungs- und Kraftmessungen ermöglichen es, prozessrelevante Informationen, wie die Dehnung beim Bruch und die Anschnittgeschwindigkeit für das Hochgeschwindigkeitsverfahren, messtechnisch zu erfassen. In Abhängigkeit der Maschinenenergie können somit Werkzeugeffizienzen (Bild d) und Trennenergien bestimmt werden. Dies bietet die Grundlage für einen übergeordneten Vergleich des Prozesses, welcher in der Forschungsgruppe FOR1580 untersucht wird (vgl. Kap. 2.4.7). Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Werkstoffwissenschaft (LWW) der TU Chemnitz bearbeitet.



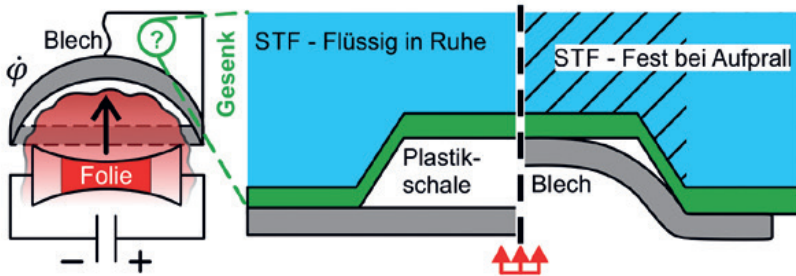
a) Verfahrensvergleich, b) thermische Randbedingungen, c) Temperaturen nach t_{adia} , d) Werkzeugeffizienz

2.4.6 Umformen mittels örtlich variabel vaporisierender Aktuatoren

Projekträger
Projektnummer
Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
391967465
Jan Bechler M. Sc.

Im September ist die Fortsetzung dieses Projektes gestartet, in dessen erster Phase die grundlegende Modellierung des Prozesses erforscht wurde. In der zweiten Phase steht die Steigerung der Flexibilität für geringe Stückzahlen im Fokus. Dies soll v. a. durch den Einsatz und die Analyse eines neuartigen Gesenkkonzeptes erfolgen, um die Abhängigkeit von massiven Werkzeugen, die nur für bestimmte Bauteilgeometrien nutzbar sind, zu senken. Dabei wird die Geometrie lediglich durch eine dünne, additiv gefertigte Schale definiert (Bild). Die Schale wird mit einem scherverzähendem Fluid hinterfüllt (Shear Thickening Fluid – STF), welches im Ausgangszustand flüssig ist und somit einfach umgefüllt werden kann. Durch hohe Dehnraten bei dynamischem Werkstückaufprall verfestigt das STF quasi-instantan, um die resultierenden Kräfte abzustützen. Erste Versuche demonstrieren die Funktionsfähigkeit. Zudem minimiert die dämpfende Eigenschaft Rücksprungeffekte. Arbeitspunkte sind auch die Erweiterung des Werkstoffspektrums (Titan) und die Untersuchung der Rückfederung bzgl. der Vor- und Weiterverarbeitung.



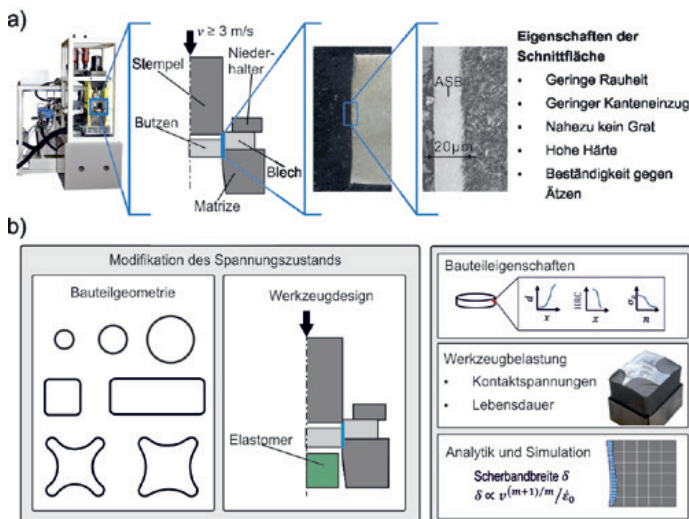
Funktionsschema des Werkzeugkonzeptes für eine flexible Hochgeschwindigkeitsblechumformung

2.4.7 Funktionsflächen durch adiabatische Hochgeschwindigkeitsprozesse: Mikrostruktur, Mechanismen und Modellentwicklung

Projekträger
Projektnummer
Kontakt

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
460484491 (FOR1580)
Olaf Schrage M. Sc.

Die mittels Hochgeschwindigkeitsscherschneiden (HGSS) erzeugte Schnittfläche (Bild a) zeigt, im Vergleich zur Herstellung mittels konventionellen Scherschneidens, eine erhöhte geometrische Qualität. Zudem lassen sich, bei geeigneten Prozessparametern und Werkstückwerkstoffen, adiabatische Scherbänder (ASB) im Schnitt erzeugen. Im Vergleich zum Grundwerkstoff verbessert die im Bereich der ASB veränderte Mikrostruktur die mechanischen und tribologischen Eigenschaften. Die bisherigen Forschungsarbeiten zum HGSS am IUL werden im Forschungsverbund mit der TU Chemnitz, der TU Dortmund und der TU München sowie dem Fraunhofer IWU (Chemnitz) und dem Fraunhofer IWM (Freiburg) fortgesetzt und intensiviert. Das Ziel der Forschungsgruppe ist die umfassende Modellentwicklung des HGSS-Prozesses, inklusive der mit der ASB-Bildung einhergehenden mikrostrukturellen Veränderungen unter Berücksichtigung von Werkstoff- und Randbedingungen. Das IUL fokussiert auf die gezielte Einstellung der Bauteileigenschaften durch Modifikation der Prozessrandbedingungen (Bild b).



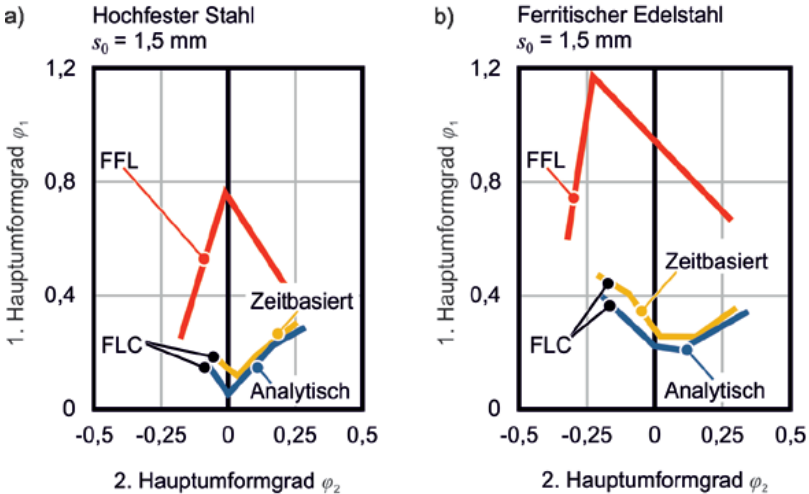
a) Prinzipskizze Hochgeschwindigkeitsscherschneiden, b) Untersuchungsschwerpunkte

2.4.8 Analyse der Umformbarkeit von ferritischen und hochfesten Stählen

Projektträger
Kontakt

ReCIMP
Jan Bechler M. Sc.

Der Kernpunkt des Projektes ist die Identifizierung von Methoden zur Charakterisierung der Umformbarkeit von ferritischen rostfreien Stählen und hochfesten Stählen. Die Bruchformänderungskurve (FFL) und die Grenzformänderungskurve (FLC) sind die wichtigsten Werkzeuge zur Beurteilung der lokalen und globalen Umformbarkeit. Durch die Anwendung einer neuen zeitbasierten Auswertemethodik wird die Grenzformänderungskurve genauer als mit der Auswertung nach Norm bestimmt. Dadurch ist eine materialeffizientere Nutzung des Werkstoffes möglich. Mittels analytischer Modelle kann für höherfeste Stähle eine untere Grenze der Grenzformänderungskurve anhand von Zugversuchsdaten bestimmt werden. Durch eine statistische Anpassung der Parameter kann das Modell auf ferritische rostfreie Stähle erweitert werden. Diese analytischen Ansätze bieten für den Auslegungsprozess eine schnelle Abschätzung der Grenzformänderungen. Durch die Bestimmung der Bruchdicke und Bruchbreite kann die Bruchformänderungskurve der Materialien ermittelt werden und erweitert so den nutzbaren Umformbereich.



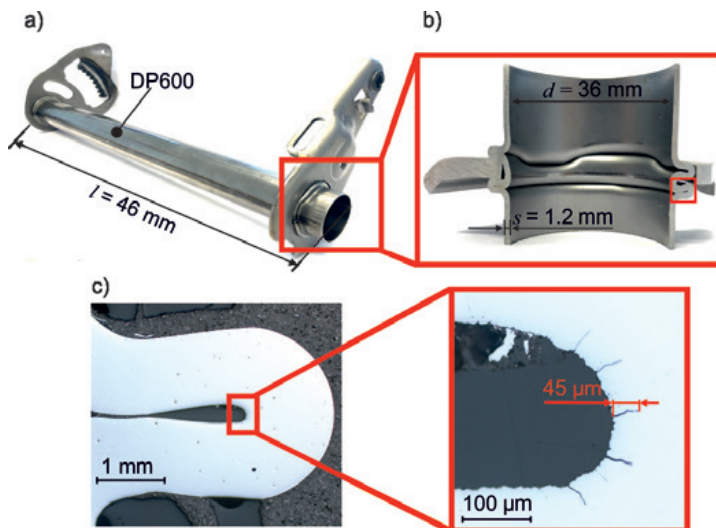
Repräsentatives FFL und FLC für a) hochfeste Stähle und b) ferritische Edelstähle

2.4.9 Vorhersage der Lebensdauer durch Knickbauchen umgeformter Rohre

Projektträger
Kontakt

ReCIMP
Jan Bechler M. Sc.

Der Schwerpunkt des Projektes liegt auf der Entwicklung neuer Methoden zur numerischen Vorhersage der Lebensdauer von Knickbauchverbindungen, um im Entwicklungsprozess von Fügeverbindungen Zeit und Geld zu sparen. Mikrostrukturuntersuchungen der Wulst in verschiedenen axialen Kompressionszuständen zeigen initiale Risse am Innenbogen, welche durch den Umformprozess hervorgerufen werden. Die ungewöhnliche Rissbildung unter Druckbelastung und deren Mechanismen am inneren Biegeradius sind noch nicht vollständig verstanden. Umformsimulationen zeigen eine Umkehr von Druck- zu Zugspannungen, welche durch die elastische Rückfederung nach der Fertigung der Wulst am inneren Biegeradius entstehen. Dies begünstigt die Rissbildung. Zukünftig wird die Umformsimulation optimiert, sodass die Geometrie, der Spannungszustand und die initialen Risse abgebildet werden. Darauf aufbauend wird ein gekoppeltes Umform- und Lebensdauermodell durch Experimente validiert.

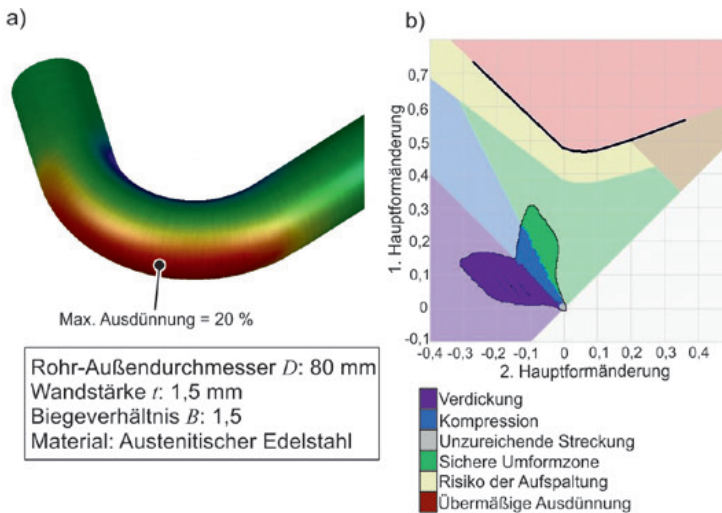


a) Sitzhöhenversteller, b) Querschnitt der Fügeverbindung, c) initiale Risse am Innenbogen

2.4.10 Vorhersage der Wandstärkeausdünnung beim Rotationszugbiegen von Rohren

Projektträger	ReCIMP
Kontakt	Dr.-Ing. Stephan Rosenthal
Projektstatus	abgeschlossen

Austenitischer Edelstahl bietet gegenüber ferritischem Edelstahl eine fast doppelt so hohe Umformbarkeit. Demgegenüber führt die Herstellung austenitischer Edelstähle zu einem in etwa doppelt so hohen CO_2 -Ausstoß. Eine Substitution der austenitischen Stähle kann damit eine Maßnahme zur Reduzierung der CO_2 -Emissionen beim Rotationszugbiegen von Abgaskomponenten sein. Im Rahmen dieses Projektes werden experimentelle, numerische und analytische Untersuchungen kombiniert, um das Ausdünnverhalten beider Werkstoffe zu analysieren (vgl. Bild a). Auf der Grundlage dieser Analyse wird ein analytisches Modell zur Vorhersage der Wandstärkeausdünnung entwickelt. Darauf aufbauend sowie mithilfe einer Analyse der Formänderungspfade (vgl. Bild b) lassen sich Prozessfenster für die Nutzung von ferritischen Edelstählen beim Rotationszugbiegen ableiten. Das damit abzubildende Prozessfenster umfasst eine große Anzahl verschiedener geometrischer Parameterkombinationen, sodass die resultierende Ausdünnung bei der Prozessauslegung vorhergesagt werden kann.



a) Bestimmung der Wandstärkeausdünnung, b) Untersuchung der Umformbarkeit

Wir bedanken uns für die Förderung unserer
Forschungsvorhaben bei:



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft

FORVIA
·faurecia

02

Forschung

Weitere Aktivitäten

03

03

Weitere Aktivitäten

3 Weitere Aktivitäten

3.1 Auszeichnungen

Prof. Tekkaya erhält SME-Goldmedaille

Seit mehr als sechs Jahrzehnten werden führende Persönlichkeiten aus Industrie und Wirtschaft, deren Arbeit zu entscheidenden Durchbrüchen und Fortschritten in den Bereichen Fertigungstechnologien, -prozesse und -ausbildung geführt hat, von der gemeinnützigen Organisation SME mit internationalen Ehrenpreisen ausgezeichnet. Am 15. Mai 2022 wurde nun Prof. Tekkaya im Rahmen der „SME International Awards Gala“ in Detroit, USA, die SME-Goldmedaille verliehen. Der Preis würdigt herausragende Leistungen für die Fertigungstechnik durch Fachpublikationen und Vorträge. In diesem Jahr ist Prof. Tekkaya das einzige ausgezeichnete europäische Mitglied. Seit der Gründung als Mitglieder-Organisation „American Society of Tool Engineers“ vor 90 Jahren arbeitet die Non-Profit-Organisation SME an Lösungen für die wechselnden Herausforderungen der Fertigungsindustrie mit dem Ziel, die Fertigungstechnologie und -industrie durch Forschung, Vernetzung und Qualifizierung zu fördern.



Prof. Tekkaya bei der Preisverleihung in Detroit, USA

IUL-Beitrag mit „Outstanding Paper Award“ bei NAMRC 2022 ausgezeichnet

Die Publikation „A Control Strategy for Incremental Profile Forming“ der Autoren R. Nakahata (The Ohio State University, OSU), S. Seetharaman (OSU), K. Srinivasan (OSU) und A. E. Tekkaya (TU Dortmund, IUL) ist bei der North American Manufacturing Research Conference (NAMRC) 2022 als „Outstanding Paper in Manufacturing Processes“ ausgezeichnet worden. Die NAMRC ist Nordamerikas am längsten bestehendes internationales Forum für angewandte Forschung und industrielle Anwendungen in Fertigung und Design. Die Veröffentlichung behandelt die Entwicklung einer online gesteuerten Geometrieregulierung für den inkrementellen Profilmformprozess (IPU). Der IPU-Prozess dient der Herstellung von Rohrteilen mit variablem Querschnitt über die Profillänge, allerdings ist die Geometriegenauigkeit nach der Fertigung bisher gering. Die in dieser Arbeit entwickelten Regelungsmodelle sollen durch die parallele Geometriemessung durch Lasertriangulation im Prozess die Fertigungsgenauigkeit erhöhen. Durch die so erzielten Ergebnisse wird das Prozessverständnis verbessert und die erhöhte Genauigkeit soll den Prozess für die industrielle Applikation attraktiver machen.

3.2 Veranstaltungen

„Impulses and Innovations in Metal Forming“ - Feierlichkeiten anlässlich des 50. Institutsjubiläums am 8. und 9. September 2022

50 Jahre Dortmunder Umformtechnik: Am 8. und 9. September 2022 fand die Jubiläumsfeier des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau (IUL) in Dortmund statt. Zahlreiche Wegbegleiterinnen und Wegbegleiter des Instituts aus dem In- und Ausland folgten der Einladung und nutzten die Feierlichkeiten für einen fachlichen und persönlichen Austausch.

Das Fachkolloquium „Impulses and Innovations in Metal Forming“ widmete sich am ersten Tag der Feierlichkeiten der umformtechnischen Zukunft. Das internationale Publikum konnte in sechs spannenden Vorträgen aus den Bereichen Blechumformung, Herstellung von Umformmaschinen, Umformsimulationen, Materialcharakterisierung, Impuls- und Hochgeschwindigkeitsumformung sowie datengesteuerte Modelle in der Blechumformung Innovationen und neueste Verfahren entdecken. Nach den Vorträgen fand ein reger Austausch zwischen den Vortragenden Professoren Zhigang Wang (Japan), Peter Groche (Darmstadt), Frédéric Barlat (Südkorea), A. Erman Tekkaya (IUL), Glenn Daehn (USA) und Dirk Mohr (Schweiz) von umformtechnischen Forschungseinrichtungen und den anderen Gästen statt.

Der zweite Veranstaltungstag feierte das halbe Jahrhundert Instituts Geschichte in all ihren Facetten. Hochkarätige Gäste aus dem Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW, der Universitäten, der Industrie und von Verbänden würdigten in ihren Grußworten die bisherigen Erfolge und die Entwicklung des Instituts und betonten die gute Zusammenarbeit in den letzten Jahrzehnten. IUL-Alumni ehrten das halbe Jahrhundert Instituts Geschichte mit einem Rückblick auf die Anfänge des Instituts, welches 1972 unter der Leitung von Professor Eberhard von Finckenstein als Lehrstuhl für Umformende Fertigungsverfahren kurz nach Gründung der TU Dortmund eingerichtet worden war. Schließlich illustrierten die Vortragenden den Weg bis zum heutigen Institut für Umformtechnik und Leichtbau IUL unter der Leitung der Professoren Matthias Kleiner und A. Erman Tekkaya. Das Institut zählt heute zu einem der international renommiertesten und größten Institute seines Faches. Es zeichnet sich durch eine breit aufgestellte, exzellente Forschung und durch ein hohes Ausbildungsniveau von Studierenden und jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus. Ein besonderer Moment war auch die Ehrung von Professor Kleiner anlässlich seines Ruhestandes. Als Ehrengast begrüßte die Festgesellschaft den Sohn des ersten Lehrstuhlinhabers, Gerd von Finckenstein.

Die Mitarbeitenden des Instituts informierten die Gäste während der Festveranstaltung im Rahmen von Führungen durch das Versuchsfeld über die neuesten technologischen Entwicklungen in der Umformtechnik und demonstrierten diese an den Maschinen der Experimentierhalle. Ein weiteres Highlight war die Fahrradtour vom Institut zum Dortmunder Standort von Thyssenkrupp Rothe Erde. Dort erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei einer Führung über das Werksgelände einen Einblick in die Fertigung von Großwälzlagern und nahtlos gewalzten Ringen. Die Tour führte weiter durch die westliche Dortmunder Innenstadt und am Stadion des Fußballvereins BVB wieder zurück zum IUL.



Foto-Collage mit Eindrücken aus der zweitägigen Festveranstaltung

Jährlicher Institutsausflug des IUL-Teams

Am 17. August 2022 fand im Rahmen einer Fahrradtour der erste Institutsausflug seit Beginn der Corona-Pandemie statt. Unter besten Wetterbedingungen fuhr das IUL-Team über den „Rheinischen Esel“, einen der bekanntesten und beliebtesten Bahntrassenradwege Nordrhein-Westfalens, in Richtung Witten. Ziel der Tour war die dort ansässige Firma hpc (High Precision Components Witten GmbH). Nach einem herzlichen Empfang gab es für das IUL-Team eine Führung durch die verschiedenen Produktionshallen der Firma mit spannenden Einblicken in ein mittelständisches Unternehmen der Produktions- und Umformtechnik. An dieser Stelle möchten wir uns erneut bei allen involvierten Mitarbeitenden der Firma hpc bedanken. Nach einer kleinen Stärkung in Form von Kaffee, Kuchen und diversen Backwaren wurde der Heimweg angetreten. Wieder am IUL angekommen, ließ das IUL-Team den Tag gemeinschaftlich ausklingen.



Das IUL-Team am „Rheinischen Esel“

Tag der offenen Tür der TU Dortmund 2022

Gemeinsam mit den Kolleg/-innen der Werkstoffprüftechnik und der spanenden Fertigung hat das IUL auch in diesem Jahr den Tag der offenen Tür an der TU Dortmund umfangreich mitgestaltet. Über insgesamt fünf Stunden konnten interessierte Besucher/-innen das Versuchsfeld des IUL erkunden und bei den Führungen Einblicke in die Grundlagen sowie aktuelle Forschungsthemen gewinnen. Maschinen aus der Massivumformung und der additiven Fertigung, hier mit Fokus auf die Fertigung von modernen Umformwerkzeugen, wurden dabei live demonstriert, sodass sich die Besucher/-innen hautnah einen Eindruck von der Umformtechnik machen konnten. Ein Schauschmied lud im Anschluss zum Selbermachen ein. Mit eigener Muskelkraft konnte dabei auf traditionelle Weise ein Nagel in seine finale Form umgeformt werden, ganz im Stile etablierter Handwerkskunst. Zusätzlich wurden die Gäste mit Kaffee und Kuchen gestärkt. Für die kleinen Besucher gab es die Möglichkeit, magnetische oder ansteckbare Buttons zu entwerfen, welche dann in einem kurzen Blechumformprozess in ihre finale Form gepresst wurden. Somit wurde frühzeitig der Grundstein für ein gesteigertes Interesse im Bereich der Ingenieurwissenschaften gelegt.



Besuchergruppe im IUL-Versuchsfeld beim Tag der offenen Tür 2022

Treffen des IUL-Industriebeirats

Der Industriebeirat des IUL setzt sich aktuell aus 23 Industrieunternehmen und Forschungsverbänden zusammen. In halbjährlichen Treffen werden Erfahrungen im Bereich Umformtechnik und Leichtbau ausgetauscht. Durch die Impulse aus der Industrie können wir am IUL unsere Forschungsarbeiten auf die industrierelevanten Problemstellungen ausrichten. Im Gegenzug profitieren die Teilnehmer/-innen durch den Austausch aktueller Forschungsergebnisse.

Am 3.06.2022 traf sich der Industriebeirat zum 22. Mal und erstmalig seit Beginn der Coronapandemie wieder in Präsenz. Dass dies von allen Beteiligten lange herbeigesehnt war, drückte sich nicht zuletzt in einer hohen Teilnehmerzahl aus. Auch wenn in den vergangenen Jahren ein fachlicher Austausch durch Online-Konferenzen aufrechterhalten werden konnte, machen doch gerade die persönlichen Gespräche bei Kaffee und Mittagsimbiss den besonderen Charakter dieser Veranstaltung aus. Im Fokus der Diskussion stand diesmal das Thema „Spannungsüberlagerung in der Umformtechnik“. In einem Vortrag stellte Prof. Tekkaya einige Grundlagen vor und gab zahlreiche Beispiele, wie sich die Spannungsüberlagerung positiv auf Umformprozesse sowie auf die resultierenden Bauteile auswirkt.

Das 23. Treffen des Industriebeirats fand am 6.12.2022 statt. Passend zum Nikolaustag durften sich die Teilnehmer zur Begrüßung über einen Stutenkerl freuen. Nach der Vorstellung der aktuellen Entwicklungen am IUL, in der Prof. Tekkaya diesmal auch wieder von einigen sozialen Aktivitäten berichten konnte, gab Herr Dr. Clausmeyer einen tieferen Einblick in das kürzlich bewilligte Teilprojekt zum adiabatischen Scherschneiden im Rahmen der Forschungsgruppe 5380. Mit einem spannenden Vortrag zu multifunktionalen Werkzeugbeschichtungen für den Spritzguss gab Dipl.-Ing. Marius Fedler vom Kunststoff-Institut für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH Impulse für weitere Diskussionen.



Teilnehmer/-innen des 22. Treffens des Industriebeirats des IUL

03

Weitere Aktivitäten

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

- Girls*Day 2022 • 28. April
- SchnupperUni • 1.-5. August

3.3 Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya

Mitarbeit in Forschungsgremien

- acatech – Mitglied der „Deutschen Akademie der Technikwissenschaftler“
- AGU – Mitglied der „Wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik“
- CIRP – Fellow der „International Academy for Production Engineering“
- DGM – Mitglied der „Deutschen Gesellschaft für Materialkunde“
- EuroSEM – Ratsmitglied der „European Society of Experimental Mechanics“
- FOSTA – Mitglied des Kuratoriums der „Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.“
- GCFG – Mitglied der „German Cold Forging Group“
- I²FG – Vorsitzender und Mitglied der „International Impulse Forging Group“
- ICFG – Mitglied der „International Cold Forging Group“
- Vorsitzender des Standing Advisory Boards der „International Conference on Technology of Plasticity“ (ICTP)
- IDMEC – Mitglied der „International Scientific Advisory Council of Institute of Mechanical Engineering“
- JSTP – Mitglied der „Japan Society for Technology of Plasticity“
- LAETA – Mitglied der „Associated Laboratory for Energy, Transport & Aeronautics“
- Leiter des „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP)
- Mitglied im „DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr“
- SME – Mitglied der „American Society of Manufacturing Engineers“
- WGP – Mitglied der „Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik“

Zeitschriften/Schriftleitung

- Editor-in-Chief, „Advances in Industrial and Manufacturing Engineering (AIME)“ (Elsevier)
- Mitglied Advisory Board, „Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb – ZWF“
- Mitglied Editorial Board, „Automotive Innovation“ (Springer)
- Mitglied Editorial Board, „CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology“ (Elsevier)
- Mitglied Editorial Board, „Journal of Production Processes and Systems“
- Mitglied Gutachtergremium, „Heat Treatment and Materials“ (HTM) (Carl-Hanser)
- Mitglied International Advisory Committee, „International Journal of Material Forming“ (Springer)
- Mitglied Scientific Editorial Board, „Computer Methods in Materials Science“
- Mitglied Scientific Editorial Board, „International Journal of Precision Engineering and Manufacturing“ (Springer)
- Mitglied Scientific Editorial Board, „Results in Engineering“ (Elsevier)
- Mitglied Scientific Editorial Board, „Romanian Journal of Technical Sciences – Applied Mechanics“
- Stellvertretender Editor, „Elsevier Series in Plasticity of Materials“

Gutachtertätigkeiten in wissenschaftlichen Gremien

- AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
- ANR – French National Research Agency
- CIRP – Internationale Akademie für Produktionstechnik
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft
- ESF College of Expert Reviewers
- ICFG – International Cold Forging Group
- KIT – Karlsruhe Institute of Technology
- MIT - Massachusetts Institute of Technology, USA
- The Ohio State University, USA

- Universität Duisburg-Essen
- Universität New Hampshire, USA
- Universität Waterloo, Kanada

Gutachtertätigkeiten für Zeitschriften

- Acta Materialia
- Additive Manufacturing
- Advanced Manufacturing Technology
- Applied Mathematical Modelling
- Archive of Applied Mechanics
- ASME – Journal of Manufacturing Science and Engineering
- CIRP Annals – Manufacturing Technology
- Computational Materials Science
- Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering
- Energy Reports
- Engineering Applications of Artificial Intelligence
- Engineering Computations
- Engineering Fracture Mechanics
- Engineering with Computers
- Forschung im Ingenieurwesen
- 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 Materials and Product Technology
- International Journal of Mechanical Engineering Education
- International Journal of Mechanical Sciences
- International Journal of Mechanics and Materials
- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing
- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing – Green Technology
- International Journal of Solids and Structure

- Journal Material Characterization – An International Journal on Materials Structure and Behavior
- Journal of Applied Mathematical Methods
- Journal of Computational and Applied Mathematics
- Journal of Manufacturing Processes
- Journal of Manufacturing Science and Engineering
- Journal of Materials Processing Technology
- Journal of Mechanical Engineering
- Journal of Pressure Vessel Technology
- Journal of Production Engineering
- Manufacturing Letters
- Materials
- Materials & Design
- Materials and Manufacturing Processes
- Materials Science and Engineering A
- Mechanics of Materials
- Simulation Modelling Practice and Theory
- Steel Research International
- Strain: An International Journal for Experimental Mechanics
- Surface and Coatings Technology
- The International Journal of Advanced Manufacturing Technology
- ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb

3.4 Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. 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
- Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften

Wissenschaftliche Beiräte und Kuratorien

- STS Council und -Board – STS-Forum Science and Technology in Society, Japan
- Mitglied im Aufsichtsrat der „Futurium gGmbH“
- Advisory Committee Japan Science and Technology Agency (JST) Tokyo
- Kuratorium des Max Planck-Instituts für Zellbiologie und Genetik Dresden
- Member of International Advisory Board of Moonshot R&D at Japan Science and Technology Agency (JST) Tokyo

Hochschulräte und -kuratorien

- International Advisory Board Faculty of Engineering, Twente University
- Kuratorium der Technischen Universität Berlin
- Kuratorium der Paris Lodron Universität Salzburg
- Kuratorium der Julius Maximilian-Universität Würzburg
- Scientific Advisory Board BTU Cottbus-Senftenberg

Beiräte Stiftungen

- Kuratorium der Telekom-Stiftung
- Wissenschaftlicher Beirat der Werner Siemens-Stiftung, Schweiz

Fachliche Vereinigungen

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

Gutachter- und Gremientätigkeiten

- Tang Prize International Advisory Board, Taipei
- Jurymitglied für den Deutschen Innovationspreis
- Jurymitglied Georg von Holtzbrinck Preis für Wissenschaftsjournalismus

Beiräte Unternehmen

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

03

Weitere Aktivitäten

Internationaler Austausch

04

04

Internationaler Austausch

4 Internationaler Austausch

Prof. Frédéric Barlat

Prof. Frédéric Barlat vom „Graduate Institute of Ferrous Technology“ der Pohang University of Science and Technology in Südkorea besuchte vom 1. bis zum 22. September das IUL. Der international anerkannte Experte für



Prof. Frédéric Barlat

anisotrope Plastizität diskutierte mit Prof. Tekkaya und den interessierten Mitarbeiter/-innen über die aktuellen Arbeiten am Institut. Hierbei unterstützte er die Forschungsarbeiten im Bereich Modellierung der Anisotropie und des Bauschingereffekts. An der RWTH Aachen hielt er außerdem vor den Wissenschaftler/-innen des TRR 188 einen Vortrag zum Einfluss hydrostatischer Spannungen auf das plastische Verhalten hochfester Stähle. In den anschließenden Diskussionen mit den TRR 188-Mitgliedern zeigte er großes Interesse an den neuen Erkenntnissen aus dem Bereich seines Dissertationsthemas: der Schädigung.

Dr. Abhijit Brahme und Dr. Waqas Muhammad



Dr. Till Clausmeyer und Dr. Waqas Muhammad vor einem Prüfstand

Ende 2022 vertieften die Besuche von Dr. Waqas Muhammad (5. -17. Oktober 2022) und Dr. Abhijit Brahme (23. November bis zum 8. Dezember 2022) die Zusammenarbeit des Instituts mit der Computational Mechanics Research Group der University of Waterloo in Kanada. Das IUL und die Gruppe von Prof. Kaan Inal (Mercator-Fellow im SFB/TRR 188) kooperieren zu den Themen Modellierung und Charakterisierung von Schädigung in der Umformtechnik. Ausdruck der intensiven Zusammenarbeit sind zwei gemeinsam betreute Masterarbeiten, ein Konferenzbeitrag und ein Artikel in einer SCI-Zeitschrift zur Vorhersage des Porenflächenanteils mit neuronalen Netzen auf Basis von Mikrostrukturdaten. Dr. Muhammad präsentier-



Dr Abhijit Brahme und Jan Gerlach auf der Weihnachtsfeier des IUL

te seine Arbeiten zum Thema der Vorhersage des mechanischen Verhaltens von Aluminiumlegierungen mit Hilfe des maschinellen Lernens. Dr. Brahme stellte bei seinem Besuch in Aachen den Mitwirkenden des TRR 188 einen in Waterloo entwickelten sehr schnellen Ansatz zur Berechnung des Materialverhaltens mit Hilfe von Kristallplastizität vor.

Besuch von Prof. Yoshinori Yoshida am IUL

Am 8. und 9. Dezember 2022 war Prof. Yoshinori Yoshida von der Gifu University in Japan mit seinen beiden Studierenden Herrn Takashi Matsunaga und Herrn Kaito Amakusa zu Gast am IUL. Prof. Yoshida ist Leiter und Koordinator des Studierenden-Austauschprogrammes „G-CADET“. Ziel dieses am IUL vorgestellten Programmes ist es, die internationale Zusammenarbeit in den Ingenieurwissenschaften auszubauen. Wir freuen uns sehr, dass wir, nach einer coronabedingten Pause, nächstes Jahr wieder japanische Studierende bei uns in Dortmund begrüßen und deutsche Studierende ihre Reise nach Japan antreten dürfen. Neben dem Vortrag von Prof. Yoshida hat Herr Matsunaga einen Vortrag mit dem Titel „Automatic identification of hot forging parameters; heat transfer coefficient and friction“ gehalten und Herr Amakusa hat seine Forschungsergebnisse zum Thema „Optimization of process condition for powder bed fusion additive manufacturing“ präsentiert.



Vortrag zum G-CADET-Programm

04

Internationaler Austausch

Technische Ausstattung

05

05

Technische Ausstattung

5 Technische Ausstattung

Pressen

- C-Gestell-Exzenterpresse, 630 kN, PDR 63/250 der Fa. Schuler
- Hydraulische Ziehpresse, 10 MN, dreifach wirkend, BZE 1000-30.1.1 der Fa. Müller-Weingarten
- Hydraulische Ziehpresse, 1000 kN, HPSZK 100-1000/650 der Fa. HYDRAP
- Hydraulische Ziehpresse, 2600 kN, dreifach wirkend, HZPUI 260/160-1000/1000 der Fa. SMG
- Maschine zum adiabatischen Scherschneiden, 1 kJ, AdiaClip der Fa. MPM Émalec
- Stanz- und Umformautomat mit Servoantrieb, 4000 kN, MSD2-400 der Fa. Schuler
- Strangpresse, 10 MN (Direkt), rundungsgerecht, Fa. SMS-Meer
- Strangpresse, 2,5 MN, LPA250t der Fa. Collin

Weitere Umformmaschinen

- 5-Achs-Fräsmaschine, DMU 50 der Fa. DMG MORI
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 1,5 kJ (rekuperationsfähig), Eigenbau IUL
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 32 kJ, Magneform 7000 der Fa. Maxwell
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 6 kJ, SMU 0612 FS der Fa. Poynting
- Blechwalzwerk mit zwei Arbeitswalzen, Typ BW 200 der Fa. Mühlacker
- CNC-Rotationszugbiegemaschine, DB 2060-CNC-SE-F der Fa. Transfluid Maschinenbau
- Dreiwalzen-Rundbiegemaschine, RZM 108-10/5.5 der Fa. FASTI
- Drückmaschine, APED 350NC der Fa. Leifeld
- Federwindemaschine, FUL42 der Fa. Wafios
- Gesenkbiegemaschine, 1300 kN, TrumaBend V 1300X der Fa. Trumpf
- Hydraulische Stanzmaschine, 220 kN, TruPunch 5000 der Fa. Trumpf
- Maschine zum inkrementellen Profillumformen, Eigenbau IUL
- Maschine zum inkrementellen Rohrumformen, IRU2590 der Fa. Transfluid Maschinenbau

- Mehrachspressen, fünf Bewegungsachsen mit bis zu 100 kN, Prototyp der Fa. Schnupp
- Profilbieger mit Drucküberlagerung durch Walzen, Eigenbau IUL
- Rollformmaschine RAS 24.10 der Fa. Reinhardt Maschinenbau
- Schwenkbiegemaschine, FASTI 2095 der Fa. FASTI
- TSS-3D-Profilbiegemaschine, Eigenbau IUL

Maschinen zur additiven Fertigung

- FDM-basierte 3D-Drucker zur Kunststoffverarbeitung (2x Ultimaker 3, 1x Ultimaker 3 Extended, 1x Creality Ender 5)
- Kombinations-5-Achs-Fräsmaschine mit Einheit zum Pulver-Laser- Auftrags-schweißen, Lasertec 65 3D der Fa. Sauer/DMG MORI
- Pulverbettmaschine zur additiven Fertigung, Lasertec 30 SLM der Fa. DMG MORI

Prüfmaschinen

- Blechumformprüfmaschine, 1000 kN, BUP1000 der Fa. ZwickRoell
- Blechumformprüfmaschine, 200 kN, 142/20 der Fa. Erichsen
- Ebener Torsionsversuchsstand, Eigenbau IUL
- Equibiaxiale Druckprüfmaschine, Eigenbau IUL
- Plastometer, 1 MN, Eigenbau IUL
- Rauheitsmessgerät MarSurf XR1 und GD26 der Fa. Mahr
- Servohydraulisches Prüfsystem mit HT-Widerstandsheizsystem bis 1200 °C und Schutzgas Vakuumkammer, LFV-100-HH der Fa. Walter + Bai
- Universal-Prüfmaschinen (1x 10 kN Erichsen, 1x 100 kN ZwickRoell, 4x 250 kN ZwickRoell)

Messtechnik und Elektronik

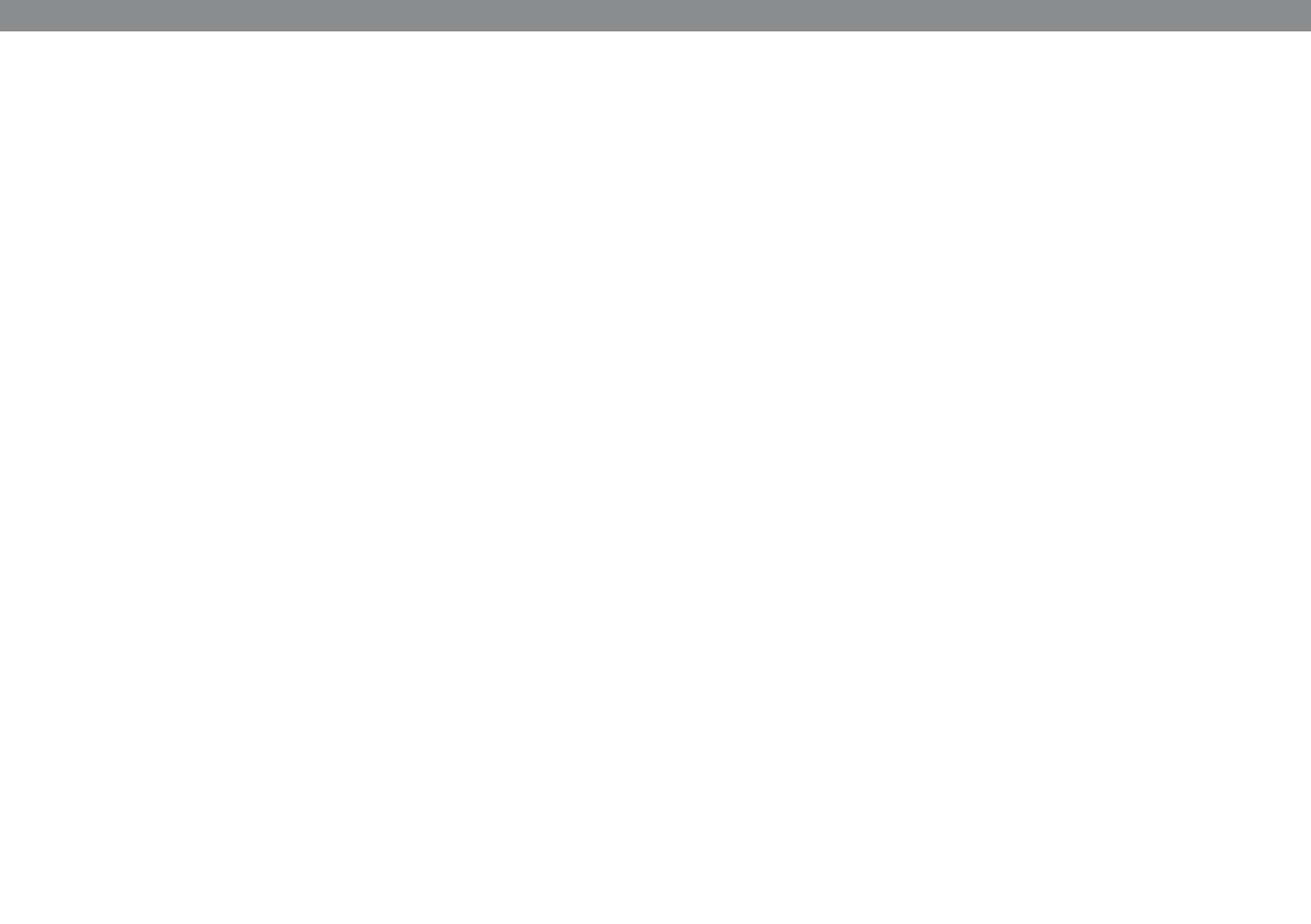
- 2D-Laser-Wegmesssystem, scanCONTROL 3012-50/BL der Fa. Micro-Epsilon
- 3D-Koordinatenmessgerät, PRISMO VAST 5 HTG der Fa. Zeiss (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund)
- 3D-Profilometer, VR-5200 der Fa. Keyence

- 3D-Video-Messsystem, A250 der Fa. Optomess
- 3MA-II Prüfsystem der Fa. Fraunhofer IZFP
- Dichtemessgerät, IMETER V6 der Fa. MSB Breitwieser MessSysteme
- Dickenmessgerät, CL 304 der Fa. Krautkrämer
- Digitale Speicheroszilloskope mit 4 Messkanälen (HDO6104A und Waverunner 104 MX der Fa. LeCroy, TDS420A der Fa. Tektronix)
- Druckmesssystem mittels taktiler Dünnschicht-Drucksensoren, I-Scan System der Fa. Tekscan
- Eigenspannungsmessung mittels Bohrlochmethode und DMS-Messungen, Milling Guide RS-200 der Fa. Micro-Measurements
- Eigenspannungsmessung mittels Bohrlochmethode und elektronischer Specklemuster-Interferometrie (ESPI), Prism der Fa. Stresstech
- Frequenzbereichsreflektometer, orts- und zeitaufgelöste Temperatur- oder Dehnungsmessung, ODiSI-B10 der Fa. Polytec
- Großkammer-REM, Mira XI der Fa. Visitec (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung und dem Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, TU Dortmund)
- Härteprüfer, Diatestor 2 RC/S der Fa. Wolpert
- Infrarot-Messaufnehmer, PYROSKOP 273 C
- Laserbasiertes Photon-Doppler-Velocimeter zur Messung hoher Bauteilgeschwindigkeiten, RIO1074-8-00-3 der Fa. Rio
- Laser-Extensometer für Universalprüfmaschinen, laserXtens 2-120 HP/TZ der Fa. ZwickRoell
- Laser-Surface-Velocimeter (LSV) zur berührungslosen Geschwindigkeitsmessung, LSV-200 der Fa. Polytec
- Optische 3D-Bewegungsanalyse, 1x PONTOS 4M der Fa. GOM
- Optische 3D-Digitalisierer, 2x ATOS Triple Scan und 1x TRITOP der Fa. GOM
- Optische 3D-Verformungsanalyse, 3x ARAMIS (2x 5M + 1x 4M + 1x 2M) und 1x ARGUS der Fa. GOM
- Polarisationsfähiges Auflichtmikroskop, Axio Imager.M1m der Fa. Zeiss
- Pyrometer, Nahinfrarot und Multiwellenlänge, 3 Stk. (Metis M308, Metis M316 und Metis M318) der Fa. Sensortherm
- REM/SEM-EDX Tischgerät: Coxem EM-30 PLUS der Fa. RJL Micro & Analytic
- Röntgendiffraktometer zur Eigenspannungsmessung, Xstress 3000 der Fa. Stresstech

- Ultraschall-Wanddicken-Messgerät, 38DL PLus der Fa. Olympus
- Wärmebildkamera, thermoIMAGER TIM M-1 der Fa. Micro-Epsilon
- Wärmebildkamera, VarioCam HD head 680 S der Fa. Infratec

Sonstiges

- Ätz- und Polierstation, LectroPol-5 der Fa. Struers
- Autonome mobiler Roboter, LD-90 der Fa. Omron
- CNC-Drehmaschine, NEF 400 der Fa. DMG MORI
- Einmessgestell, HP-4-2082 der Fa. Boxdorf
- Elektropoliergerät, Kristall 650 der Fa. Stresstech
- Gleichspannungsstromquelle, LAB/HP 4020 der Fa. ET-System
- Hochfrequenz-Generator, 10 kW, Axio 10/450 der Fa. Hüttlinger
- Hochleistungs-Metallkreissägemaschine, AL 380 der Fa. Häberle
- Hochtemperatur-Kammeröfen, bis 1200° C und 160 l Volumen, N60/65 HA, N120/85 HA und N161 der Fa. Nabertherm
- Horizontal-Gehrungsbandsäge, HBS 265 DG der Fa. Klaeger
- Hydraulikaggregate und Druckübersetzer bis 4000 bar (3x)
- Hydrostatische Glattwalzwerkzeuge mit und ohne Kupplungseinheiten für automatischen Werkzeugwechsel, HG6, HG13 und HG19 der Fa. Ecoroll
- Industrieroboter, 3x 6-Achsen-Roboter (KR 5 sixx R650, KR 90 R3700 prime K und KR 30-3) der Fa. KUKA
- Laser-Bearbeitungszentrum, LASERCELL TLC 1005 der Fa. Trumpf
- Mittelfrequenz-Generator, 40 kW mit Koax-Trafo, TruHeat 3040 und 7040 der Fa. Trumpf
- Nachbearbeitungszelle für additive Fertigung, ENESKApostpro der Fa. Joke Technology
- Nasstrennschleifmaschine Discotom-100 der Fa. Struers (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung)
- Planband-Schleifmaschine, PB-1200-100S der Fa. Baier
- Rollnahtschweißmaschine, UN 63 pn der Fa. Elektro-Schweißtechnik Dresden
- Stromquelle für das Widerstandsschweißen, 500 kW, Genius HWI436WA der Fa. ProCon / Harms & Wende
- verschiedene Maschinen zur spanenden Bearbeitung
- Zugprobenschleifmaschine, PSM 2000 der Fa. Schütz + Licht
- Zugprobenstanze, 1200 kN, ZS1200CN der Fa. Schütz + Licht



Kooperationen | Cooperations

06

Kooperationen | Cooperations

Auf diesem Wege möchten wir uns für die vielfältige Zusammenarbeit im Jahr 2022 bedanken, ohne die unser gemeinsamer Erfolg nicht möglich wäre.

Industriebeirat des IUL | IUL Industrial Advisory Board

Das Gremium des Industriebeirates vermittelte auch im Jahr 2022 wichtige Impulse hinsichtlich des industriellen Forschungsbedarfes. An dieser Stelle möchten wir uns für diese wertvolle Zusammenarbeit bedanken.

In 2022, 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.

- Dr. Denise Beitelschmidt, Zwick GmbH & Co. KG
- Gerhard Bürstner, Ing.-Büro Gerhard Bürstner
- Marius Fedler, Kunststoff-Institut für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH
- Dr. Frank O. R. Fischer, Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe – Glas/Keramik
- Patrick Großhaus, Egon Grosshaus GmbH & Co. KG
- Dr. Gerhard Hammann, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG
- Dr. Jens Heidenreich, PHOENIX FEINBAU GmbH & Co. KG
- Wolfgang Heidrich, Aluminium Deutschland e. V.

At this point we would like to express our gratitude to the large number of various cooperation partners in 2022 which have added to our joint success.

- Jörg Höppner, Verband Metallverpackungen e. V.
- Dr. Stefan Keller, Speira GmbH
- Dr. Lutz Keßler, ThyssenKrupp Steel Europe AG
- Dr. Lukas Kwiatkowski, Otto Fuchs KG
- Dr. Roald Lingbeek, Autoliv Inc.
- Hans Mulder, Tata Steel Research & Development Product Application Centre
- Dr. Ingo Neubauer, simufact engineering GmbH
- Franz-Bernd Pauli, Franz Pauli GmbH & Co. KG
- Rainer Salomon, Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)
- Prof. Karl Schweizerhof, DYNAMORE GmbH
- Dr. Hosen Sulaiman, Faurecia Autositze GmbH
- Mario Syhre, GKN Driveline Deutschland GmbH
- Adolf Edler von Graeve, KIST Kompetenz- und Innovationszentrum für die StanzTechnologie Dortmund e. V.
- Patrick Vonmüllenen, Feintool Technologie AG
- Dr. Andres Weinrich, Verband der Deutschen Federnindustrie e. V. (VDFI)

Universitäre Kooperationen auf nationaler Ebene | University cooperations at national level

- Fachgebiet Metallische Werkstoffe, Institut für Werkstoffwissenschaften und -technologien, Technische Universität Berlin
- Fachgebiet Werkstoffprüftechnik, Technische Universität Dortmund
- Fachhochschule Südwestfalen
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, Chemnitz
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, Chemnitz
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg
- Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik, Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Institut für Bildsamer Formgebung, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Eisenhüttenkunde, Lehr- und Forschungsgebiet für Werkstoff- und Bauteilintegrität, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Kunststoffverarbeitung, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Technische Universität Dresden
- Institut für Mechanik der Bauwissenschaften, Universität Duisburg-Essen
- Institut für Mechanik, Technische Universität Dortmund
- Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, Technische Universität Darmstadt
- Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart
- Institut für Werkstoffwissenschaft, Technische Universität Dresden
- Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München
- Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, Technische Universität Berlin
- Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn
- Lehrgebiet Konstruktions- und Fertigungstechnik, Hochschule Hamm-Lippstadt
- Lehrstuhl für Automatisierungs- und Regelungstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Lehrstuhl Baumechanik, Technische Universität Dortmund
- Lehrstuhl Fertigungstechnik, Universität Duisburg-Essen
- Lehrstuhl für Konstruktion und Fertigung, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen, Technische Universität München
- Lehrstuhl für Umformtechnik, Universität Siegen

- Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Technische Universität Dortmund
- Lehrstuhl Hybrid Additive Manufacturing, Ruhr-Universität Bochum
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
- Professur für Baumechanik, Universität der Bundeswehr München
- Professur für Theoretische Elektrotechnik und Numerische Feldberechnung, Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg
- Professur Virtuelle Fertigungstechnik, Technische Universität Chemnitz
- Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik, Technische Universität Chemnitz
- Professur Werkstoffwissenschaft, Technische Universität Chemnitz
- wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie
- Werkzeugmaschinenlabor, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

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 Engineering, University of New Hampshire, New Hampshire, USA
- Department of Mechanical Science and Engineering, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Japan
- École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), ParisTech, Paris, France
- George W. Woodruff School of Mechanical Engineering, Georgia Tech, Georgia, USA
- Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est, Paris, France
- KAIST – Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea
- Laboratory of Microstructure Studies and Mechanics of Materials, Arts et Métiers ParisTech (Metz campus), France
- Mechanical Engineering College of Tongji University, Jiading Campus, Shanghai, China
- Nagoya University, Nagoya, Japan
- School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, China
- Türkisch-Deutsche Universität, Istanbul, Turkey

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

- Airbus Helicopters
- Alfred Konrad Veith GmbH & Co. KG
- alutec metal innovations GmbH & Co. KG
- apt Extrusions GmbH & Co. KG
- AUDI AG
- AutoForm Engineering Deutschland GmbH
- Autoliv Inc.
- Baoshan Iron & Steel Co. Ltd.
- Benteler International AG
- Bilstein GmbH & Co. KG
- BMW AG
- BÖHLER-UDDEHOLM Deutschland GmbH
- borit Leichtbau-Technik GmbH
- Brand KG
- CARL BECHEM GMBH
- CENIT AG
- Centroplast Engineering Plastics GmbH
- C-TEC Constellium Technology Center
- Daimler AG
- data M Sheet Metal Solutions GmbH
- Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel GmbH & Co. KG
- DYNAmore GmbH
- ElringKlinger AG
- Erichsen GmbH & Co. KG
- F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG
- Festo SE & Co. KG
- FLORA Wilh. Förster GmbH & Co. KG
- Forvia Faurecia
- Franz Pauli GmbH & Co. KG
- Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG
- FRIMO Group GmbH Composites & Tooling Technologies
- Gebr. Wielpütz GmbH & Co. KG
- Gerhardi AluTechnik GmbH
- GKN Driveline Deutschland GmbH
- Goekeler Messtechnik GmbH
- GSU Schulungsgesellschaft für Stanz- und Umformtechnik mbH
- HAI Extrusion Germany GmbH
- Heggemann AG
- HELLA GmbH & Co. KGaA
- HMT Höfer Metall Technik GmbH & Co. KG
- HoDforming GmbH
- HUECK Extrusion GmbH & Co. KG
- Hydro Aluminium Deutschland GmbH

- Ingenieurbüro Peter Baumgart
- inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH
- Johnson Controls Hilchenbach GmbH
- Kirchhoff Automotive GmbH
- Kistler Instrumente AG
- KODA Stanz- und Biegetechnik GmbH
- Kunststoff-Institut Lüdenscheid (KIMW GmbH)
- MATFEM Partnerschaft Dr. Gese & Oberhofer
- MK Metallfolien GmbH
- Mubea Unternehmensgruppe
- NETZSCH – Pumpen & Systeme GmbH
- Novelis Deutschland GmbH
- Otto Fuchs KG
- Outokumpu Nirosta GmbH
- Poynting GmbH
- PWF Aerospace GmbH
- S+C Extrusion Tooling Solutions GmbH
- Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH
- Salzgitter Mannesmann Precision Tubes GmbH
- Schnupp GmbH & Co. Hydraulik KG
- Schondelmaier GmbH Presswerk
- Schuler AG
- Schwarze-Robitec GmbH
- simufact engineering gmbh
- SMS Meer GmbH
- SSAB Svenskt Stål AB
- Steitz Präzisionstechnik GmbH
- STURM GmbH
- Tata Steel
- thyssenkrupp Federn und Stabilisatoren GmbH
- thyssenkrupp Rasselstein GmbH
- thyssenkrupp Steel Europe AG
- TK Oberfläche GmbH
- TM Lasertechnik GmbH
- transfluid Maschinenbau GmbH
- transvalor S.A.
- Trimet Aluminium SE
- TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG
- TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG
- Uddeholms AB
- Viessmann Werke GmbH & Co. KG
- voestalpine AG
- voestalpine High Performance Metals Deutschland GmbH
- Vossloh AG
- wefa Westdeutsche Farben GmbH
- Welser Profile Deutschland GmbH
- Weseralu GmbH & Co. KG
- Wilke Werkzeugbau GmbH & Co. KG
- WILO SE
- Zapp Precision Metals GmbH

- ZWEZ – CHEMIE GmbH

In addition, several companies with disclosure agreements.

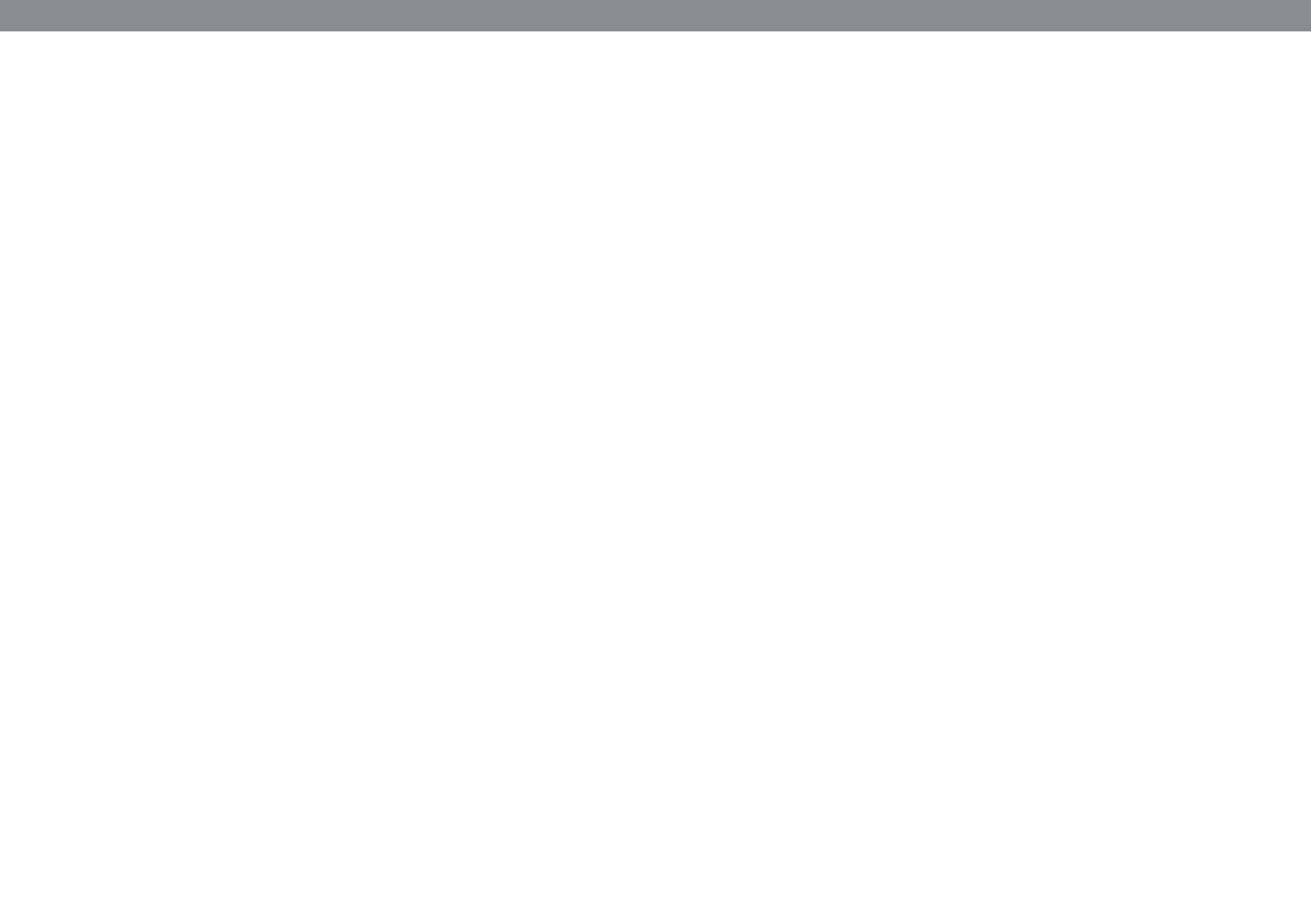
Verbände | Associations

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- AGU – Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik
- AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
- Aluminium Deutschland e. V.
- Aluminium-Leichtbaunetzwerk
- ASM International
- 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.
- FGM – Fördergesellschaft Metallverpackungen mbH
- FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.
- FSV – Forschungsgesellschaft Stahlverformung e. V.
- GCFG – German Cold Forging Group e. V.
- I²FG – 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
- VDFI – Verband der deutschen Federnindustrie e. V.

Stiftungen | Foundations

- KARL-KOLLE-Stiftung
- Stifterverband Metalle e. V.
- VolkswagenStiftung
- Wilo-Foundation





Abgeschlossene Arbeiten | Completed Theses

07

Abgeschlossene Masterarbeiten¹ | Completed Master of Science Theses²

Ali, Md Ammar

Tekkaya, A. E.; Selvaggio, A.

Implementierung und Bewertung eines Verschweißkriteriums zur Vorhersage der Schweißnahtqualität beim direkten Strangpressen von spänebasierten Pressbolzen

Implementation and Evaluation of a Weld Criteria to Predict the Weld Quality During Direct Hot Extrusion of Chip Based Billets

Amarendra, Amar Kumar

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.

Mikrostrukturelle Entwicklung durch Warmumformung von hochfesten Aluminiumlegierungen

Microstructural Evolution Through Hot Die Forming of High Strength Aluminium

Bechler, Jan

Tekkaya, A. E.; Stiebert, F.

Analyse des Kerbschlagverhaltens von tiefgezogenen Bauteilen bei tiefen Temperaturen

Analysis of the Impact Behavior of Deep Drawn Components at Low Temperatures

Bilgic, Muhammed

Tekkaya, A. E.; Schowtjak, A.

Simulation von Umformprozessen mittels neuronaler Netze

Simulation of Forming Processes Using Neural Networks

Borek, Martin

Tekkaya, A. E.; Maaß, F.

Experimentelle und numerische Eigenspannungsanalyse für die kombinierte zug- und druckspannungsüberlagerte inkrementelle Blechumformung

Experimental and Numerical Residual Stress Analysis of Combined Tensile and Compressive Stress-Superposed Incremental Forming

Flesch, Jan

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.

Prozessrealisierung der isothermen Warmumformung mittels Innenhochdruck

Process Realization of Isothermal Hot Forming With Internal Pressure

Göppert, Pascal

Tekkaya, A. E.; Gebhard, J.

Herstellung aufschäumbarer Halbzeuge mittels Spänstrangpressen

Production of Foamable Semi-Finished Profiles by Chip Extrusion

Hmeidan, Mohamed

Tekkaya, A. E.; Lennemann, P.

Lastpfadbeeinflussung beim Biegen von V-Profilen

Influencing the Strain Path in Bending of a V Section

¹ Originaltitel ist fett gedruckt.

² Original title written in bold.

Huddar, Gomatesh

Tekkaya, A. E.; Hoenen, N.

Experimentelle und numerische Untersuchung eines kombinierten Walz- und Ziehprozesses für Rohre

Experimental and Numerical Study of Combined Rolling and Drawing Process of Tubes**Koppka, Lena**

Tekkaya, A. E.; Gerlach, J.

Modellierung der Schadensentwicklung mittels Deep Learning mit Anwendung auf die Metallumformung

Modelling of Damage Evolution Using Deep Learning With Application to Metal Forming**Lu, Yang**

Tekkaya, A. E., Weber, F.

Elektromagnetisches Fügen von Metall-Polymer-Verbindungen

Electromagnetic Joining of Metal-Polymer-Joints

Marín Velásquez, Gabriel

Tekkaya, A. E.; Komodromos, A.

Untersuchung eines mittels Laserpulverauftragsschweißens hergestellten Presshärtewerkzeugs mit oberflächennahen Kühlkanälen

Investigation of a Hot Stamping Tool With Near-Surface Cooling Channels Manufactured by Directed Energy Deposition**Ogunsolu, Oluseyi**

Tekkaya, A. E.; Goyal, S.

Optimierung von Stützstrukturen zur Vermeidung der Plastifizierung von Hybridspulen bei elektromagnetischer Umformung

Optimization of Support Structures for Prevention of Plasticization of Hybrid Coils in Electromagnetic Forming**Schmidt, Lukas**

Tekkaya, A. E.; Martschin, J.

Regelungsorientierte Berechnung des Kontaktdrucks beim mehrstufigen Presshärten im Folgeverbundwerkzeug abhängig von der Blechdickenverteilung

Control-Oriented Calculation of the Contact Pressure During Multi-Stage Press Hardening in the Progressive Die Depending on the Sheet Thickness Distribution

Schrage, Olaf

Tekkaya, A. E.; Seetharaman, S. (The Ohio State University, USA)

Analytische und rechnergestützte Modellierung der Reaktion von zylindrischen Schalen auf radiales Eindringen

Analytical and Computational Modeling of the Response of Cylindrical Shells to Radial Indentation**Schulz, Oliver**

Tekkaya, A. E.; Stiebert, F.

Untersuchung und Erweiterung des ebenen Torsionsversuchs mit radialer Zugspannungsüberlagerung

Investigation and Extension of the In-Plane Torsion Test With Radial Tensile Stress Superposition

Yu, Wei

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.

Bestimmung von Fließkurven durch den Hot-Tube-Bulge-Test
mit Regelung der Dehnrates

**Determination of Strain Rate Controlled Flow Curves Using
the Isothermal Hot Tube Bulge Test**

Abgeschlossene Bachelorarbeiten | Completed Bachelor of Science Theses

Bechler, Niklas

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

Formschlüssiges Fügen zur Herstellung von Sandwichblechen mit additiv gefertigtem Kern

Joining by Forming to Produce Sandwich Sheets With Additively Manufactured Core Structures

Becirevic, Emina

Tekkaya, A. E.; Stiebert, F.

Herstellung und Charakterisierung von ultradünnen, feinkörnigen Folien aus 1.4404 für Bipolarplatten

Production and Characterization of Ultra-Thin, Fine-Grained Foils Made of 1.4404 for Bipolar Plates

Deng, Chenrui

Tekkaya, A. E.; Stennei, M.

Einfluss der Erwärmungsstrategie auf die Austenitisierungstemperatur bei einem martensitischen Edelstahl

Influence of the Heating Strategy on the Austenitizing Temperature for a Martensitic Stainless Steel

Dimas Zekri, Fiona

Tekkaya, A. E.; Martschin, J.

Untersuchung der Herstellung von Exzentrerschneckenrotoren mit der inkrementellen Profilverformung

Analysis of the Production of Eccentric Screw Rotors by Using the Incremental Profile Forming Process

Harnisch, Philipp

Tekkaya, A. E.; Martschin, J.

Charakterisierung des Einflusses der thermomechanischen Historie beim mehrstufigen Presshärten von 22MnB5 auf die Fließkurve

A Characterization of the Influence of the Thermomechanical History in Multi-Stage Press Hardening of 22MnB5 on the Flow Curve

Heideck, Philipp

Tekkaya, A. E.; Grodotzki, J.

Entwicklung eines Fachlabors zur additiven Fertigung in der Umformtechnik

Development of a PBL Laboratory for Additive Manufacturing in Forming Technology

Hövenner, Maximilian

Tekkaya, A. E.; Wernicke, S.

Entwicklung einer Berechnungsvorlage zur universellen Auslegung von Wärmeüberträgern für die Blechmassiv-Warmumformung

Development of a Calculation Template for the Universal Design of Heat Exchangers in Plate Forging

Horstmann, Christopher

Tekkaya, A. E.; Maaß, F.

Experimentelle Untersuchungen zur Separierung des Eigenspannungseinflusses

Experimental Analysis for Separation of the Influence of Residual Stresses

Inoglu, Oguzhan

Tekkaya, A. E.; Rethmann, P.

Berücksichtigung der Umformhistorie gezogener Drähte durch kinematische Verfestigung bei der Simulation des Federwindens

Simulation of Spring Coiling With Consideration of the Forming History of Drawn Wires by the Use of Kinematic Hardening

Kaup, David

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.

Definition von Prozessgrenzen bei der spannungsüberlagerten Hochtemperatur-Profilumformung

Definition of Process Limits for Stress-Superposed High Temperature Profile Forming

Kratzel, Sebastian

Tekkaya, A. E.; Gerlach, J.

Modellierung des Kerbschlagbiegeversuches von fließgepressten Bauteilen unter Berücksichtigung umforminduzierter Schädigung

Modeling of the Notched Bar Impact Test of Extruded Components Under Consideration of Deformation-Induced Damage

Neukirchen, Felix

Tekkaya, A. E.; Stennei, M.

Ursachenanalyse für vereinzelt auftretendes Rissverhalten bei der mehrstufigen, umformtechnischen Bauteilherstellung

Causal Analysis of Occasional Crack Occurrence in Multi-Stage, Forming Component Manufacturing

Ocakli, Mehmet-Kasim

Tekkaya, A. E.; Dardaei Joghhan, H.

Hybride additive Fertigung einer laminierten Werkzeuggeometrie mit Freiformflächen

Hybrid Additive Manufacturing of a Laminated Tool With Freeform Surfaces

Özümer, Ishak

Tekkaya, A. E.; Stennei, M.

Einfluss der Temperatur auf die Dehnratensensitivität eines martensitischen und austenitischen Edelstahls

Effect of Temperature on the Strain Rate Sensitivity of Martensitic and Austenitic Stainless Steel

Schütze, Julius

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.

Hot Tube Bulge Test – Beeinflussung von Dehnpfad und Grenzformänderung

Hot Tube Bulge Test – Influencing Strain Path and Forming Limits

Stiller, Leon

Tekkaya, A. E.; Selvaggio, A.

Numerische und experimentelle Identifikation der Einflussfaktoren auf die Qualität stranggepresster Profile aus Aluminiumrezyklat-Pressbolzen

Numerical and Experimental Identification of Factors Influencing the Quality of Extruded Profiles Based on Aluminum Recyclate Billets

Turck, Janis

Tekkaya, A. E.; Gebhard, J.

Untersuchung des Einflusses der Geometrie eines stationären Ventils beim kontinuierlichen Strangpressen

Investigation of the Influence of the Geometry of a Stationary Valve During Continuous Extrusion

Abgeschlossene Projektarbeiten | Completed Project Theses

Aina, Ayotomiwa

Tekkaya, A. E.; Weber, F.

Prozessdesign zum Verbinden von Metall- und Thermoplastrohren durch elektromagnetische Expansion

Process Design for Joining Metal and Thermoplastic Tubes by Electromagnetic Expansion

Aydin, Baris; Eyican, Ilkan

Tekkaya, A. E.; Upadhyaya, S.

Vorrichtungskonstruktion zur Niederdruck-Hydroformung

Fixture Design for Low Pressure Hydroforming

Bogawat, Pritish Sandeep

Tekkaya, A. E.; Selvaggio, A.

Automatisierung des Lochaufweiterversuches mithilfe der Fotogrammetrie

Automation of Hole Expansion Test With the Help of Computer Vision Techniques

Boumaaza, Youssef

Tekkaya, A. E.; Rethmann, P.

Untersuchung des Fließverhaltens von Federstahldraht mit dem Torsionsversuch

Investigation of the Plastic Behavior of Spring Steel Wires With the Torsion Test

Braun, Matthias

Tekkaya, A. E.; Rethmann, P.

Numerische Simulation des Federwindens

Numerical Simulation of Helical Spring Coiling

Coen, Michael

Tekkaya, A. E.; Goyal, S.

Untersuchung von additiv gefertigten Stahlstützstrukturen auf Kupferspulen für elektromagnetische Blechumformung

Investigation of Additively Manufactured Steel Side Supports on Copper Coils for Electromagnetic Sheet Forming

Dieckheuer, Tim

Tekkaya, A. E.; Dardaei Joghani, H.

Klassifizierung von Tiefziehwerkzeugen für die produktionstechnische Bewertung der hybriden additiven Schichtlaminaatfertigung

Classification of Deep Drawing Tools for the Production Engineering Evaluation of Hybrid Additive Layer Laminate Manufacturing

Dimas Zekri, Fiona

Tekkaya, A. E.; Martschin, J.

**Entwicklung eines Herstellungsverfahrens für Verdränger-
pumpen-Rotoren aus Rohr-Halbzeugen durch innovative
Umformverfahren**

Development of a Manufacturing Process for Positive
Displacement Pump Rotors From Tubular Semi-Finished
Products Using Innovative Forming Processes

Drehband, Eduard

Tekkaya, A. E.; Upadhy, S.

**Reduzierung der Rückfederung beim Profilbiegen mittels
Spannungsüberlagerung durch elektromagnetische Kraft**

Reduction of Springback During Profile Bending by Means of
Stress Superposition Through Electromagnetic Force

Elsayed, Awab

Tekkaya, A. E.; Goyal, S.

Untersuchung des Proximity-Effekts bei der Verwendung von
Mehrwindungsspulen beim elektromagnetischen Umformen

**The Study of Proximity Effect Using Multiple Coils in
Electromagnetic Forming****Göppert, Pascal**

Tekkaya, A. E.; Kolpak, F.

**Parameteranalyse beim Festwalzen gehärteter Wellen mit
verschiedenen Werkzeugkinematiken**

Parameter Analysis During Roller Burnishing of Shafts With
Different Tool Kinematics

Heideck, Philipp

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

**Simulative Entwicklung einer topologieoptimierten
Einheitszelle**

Development of a Topology-Optimized Unit Cell

Horstmann, Christopher

Tekkaya, A. E.; Gebhard, J.

**Numerische und analytische Untersuchung eines stationären
Ventils beim kontinuierlichen Strangpressen**

Numerical and Analytical Investigation of a Stationary Valve
in Continuous Extrusion

Kadoglu, Arda

Tekkaya, A. E.; Schmitz, F.

Konstruktion eines Werkzeugs für die Kompaktierung von
Aluminiumspänen mittels Hochgeschwindigkeit

**Design of a Tool for High-Speed Compaction of Aluminum
Chips****Keyk, Simon**

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

Kompensation der Blechausdünnung beim Kragenziehen

Compensation of Thinning in Collar Forming

Kopp, Justin

Tekkaya, A. E.; Ghattamaneni, M.

**Vorhersage der Wandstärkenabnahme beim Rotationszug-
biegen durch numerische und analytische Modellierung**

Prediction of Wall Thickness Reduction in Rotational Tensile
Bending by Numerical and Analytical Modeling

Piecuch, Mario; Polus, Gero

Tekkaya, A. E.; Grodotzki, J.

Vergleich verschiedener Niederhalterkonzepte für Tiefziehsimulationen

Comparison of Different Concepts for Blank Holders in Deep Drawing Simulations

Preuer, Fabian

Tekkaya, A. E.; Hoffmann, E.

Kinematisches Profilbiegen mit partieller Erwärmung von U-Profilen

Kinematic Profile Bending of U-Profiles With Partial Heating

Saha, Sarbhanu

Tekkaya, A. E.; Stiebert, F.

Untersuchung der Prozessgrenze der Faltenbildung im ebenen Torsionsversuch

Study of Wrinkling Limit for In-Plane Torsion Test

Sapre, Aditya

Tekkaya, A. E.; Weber, F.

Analyse der Zeitabhängigkeit des Passfugendrucks beim Innenhochdruckfügen von Aluminium-Polycarbonat-Verbindungen

Analysis of the Time-Dependency of the Interference Pressure in Joining by Hydraulic Expansion of Aluminum Polycarbonate Joints

Schütze, Julian; Sultani, Mielad

Tekkaya, A. E.; Stiebert, F.

Konzeption und Konstruktion eines Drehwinkelsensors für den Ebenen Torsionsversuch

Design and Construction of a Rotary Angle Sensor for the In-Plane Torsion Test

Tumbrink, Sven

Tekkaya, A. E.; Wernicke, S.

Analyse des Stanzrest-Einsparpotenzials und Konzeption eines Transfersystems zur Reduzierung der Stanzreste in Folgeverbundprozessen

Analysis of the Potential for Cutting Waste and Design of a Transfer System for Reducing Cutting Waste in Downstream Composite Processes

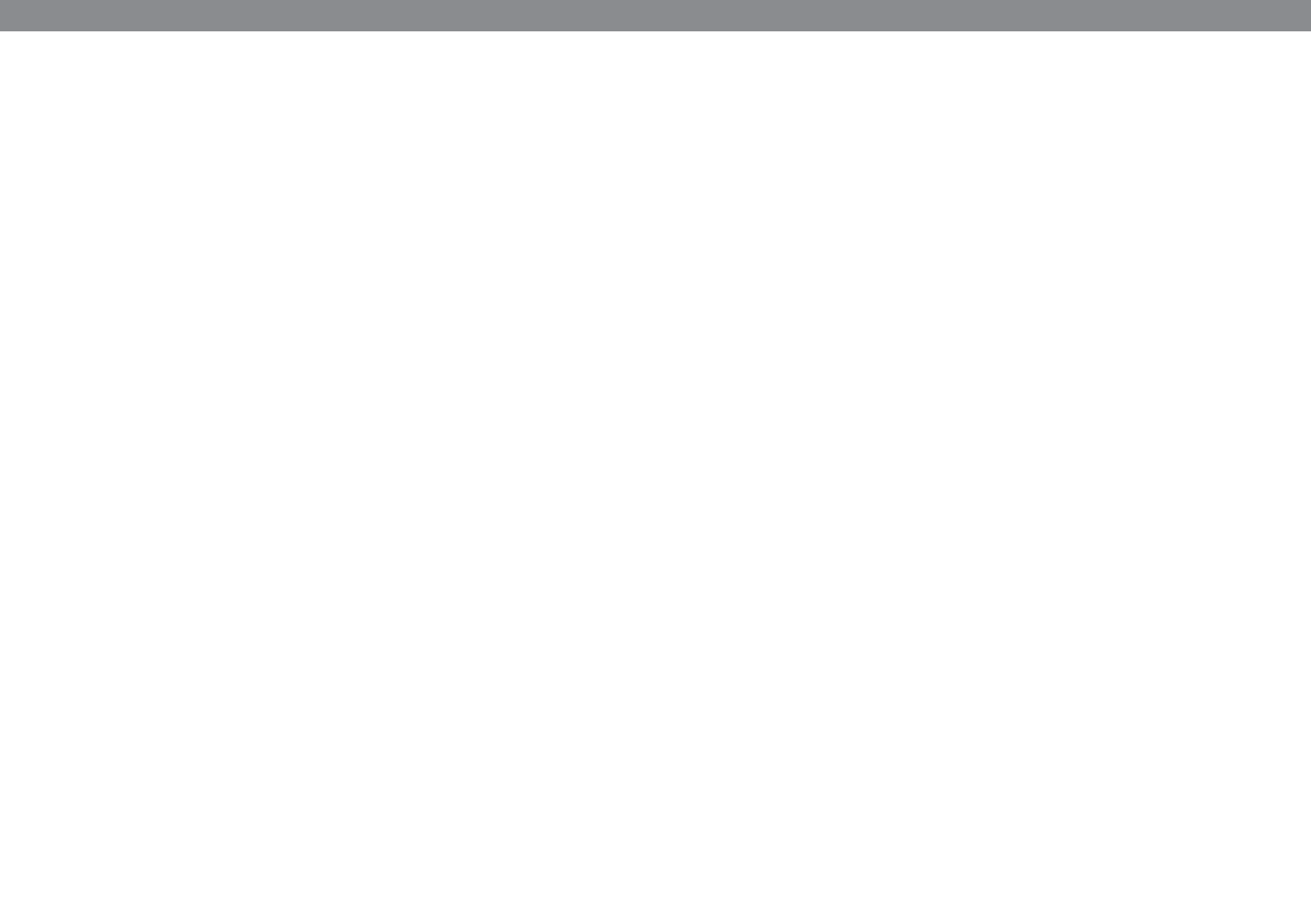
Turck, Janis

Tekkaya, A. E.; Ghattamaneni, M.

Vorhersage der Wandstärkenabnahme beim Rotationszugbiegen durch automatisierte numerische Modellierung

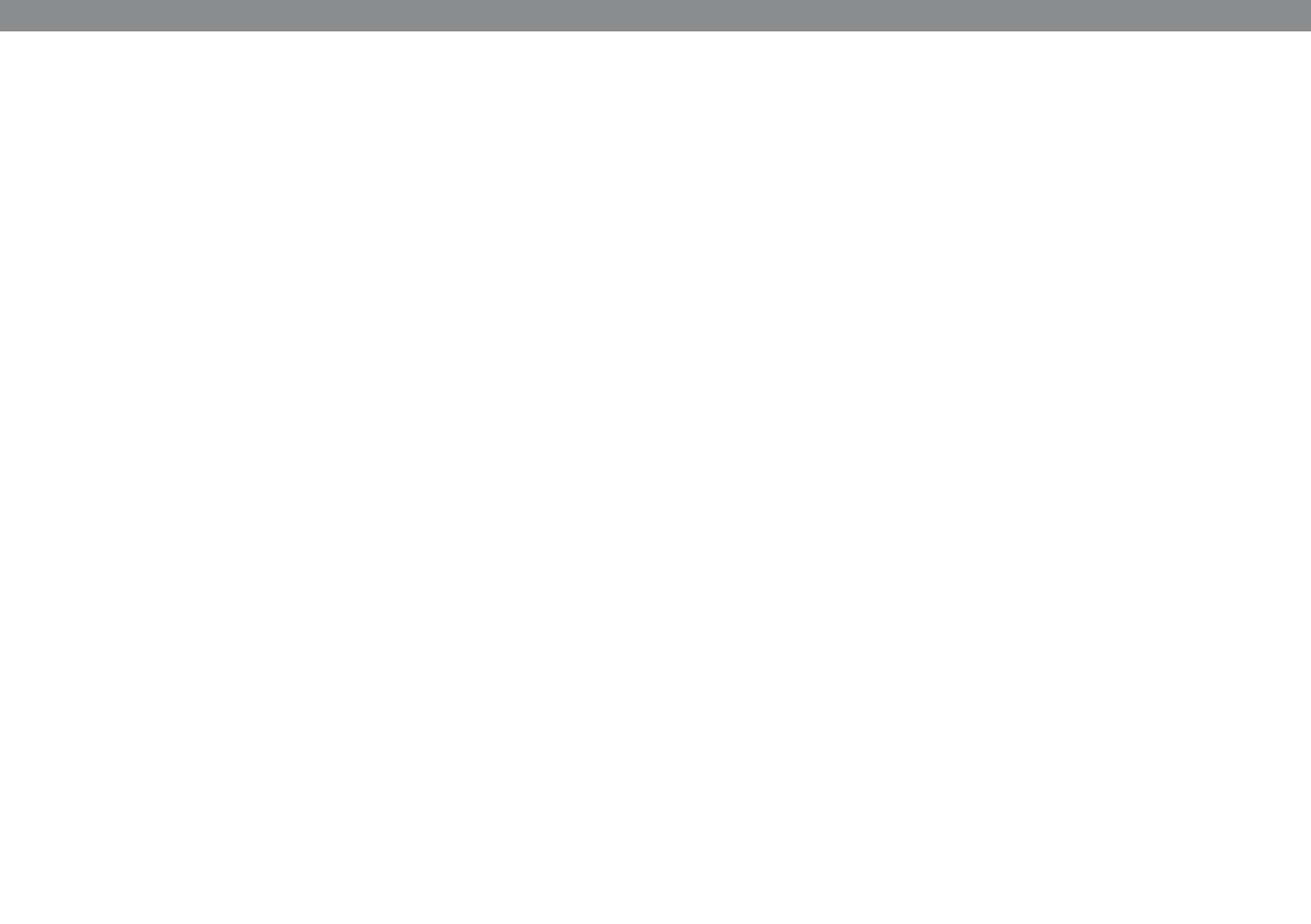
Prediction of Wall Thickness Reduction in Rotational Tensile Bending by Automated Numerical Modeling





Ausgewählte Veröffentlichungen und Vorträge |
Selected Publications and Lectures

08



Zeitschriftenbeiträge | For SCI-Journals

Coppieters, S., Traphöner, H., Stiebert, F., Balan, T., Kuwabara, T., Tekkaya, A. E., 2022. Large Strain Flow Curve Identification for Sheet Metal. *Journal of Materials Processing Technology* 308, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2022.117725.

Cwiekala, N., Traphöner, H., Haupt, P., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2022. Analytical Model of the In-Plane Torsion Test. *Acta Mechanica* 233 (2), pp. 641-663.

Dardaei Joghhan, H., Hahn, M., Sehrt, J. T., Tekkaya, A. E., 2022. Hybrid Additive Manufacturing of Metal Laminated Forming Tools. *CIRP Annals* 71 (1), pp. 225-228.

Dardaei Joghhan, H., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2022. Effect of Preheating During Laser Metal Deposition on the Properties of Laminated Bending Dies. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI: 10.21203/rs.3.rs-1846984/v1.

Gitschel, R., Hering, O., Schulze, A., Tekkaya, A. E., 2022. Controlling Damage Evolution in Geometrically Identical Cold Forged Parts by Counterpressure. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 145 (1), DOI: 10.1115/1.4056266.

Kamaliev, M., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., 2022. Isothermal Hot Tube Material Characterization – Forming Limits and Flow Curves of Stainless Steel Tubes at Elevated Temperatures. *Journal of Materials Processing Technology* 309, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2022.117757.

Nakahata, R., Seetharaman, S., Srinivasan, K., Tekkaya, A. E., 2022. A Control Strategy for Incremental Profile Forming. *Journal of Manufacturing Processes* 79, pp. 142-153.

Rakshit, T., Gebhard, J., Napierala, O., Kolpak, F., Schulze, A., Hering, O., Tekkaya, A. E., 2022. Extending the Potentials of Draw-Forming. *International Journal of Material Forming* 15 (2), DOI: 10.1007/s12289-022-01662-y.

Roula, A. M., Mocellin, K., Traphöner, H., Tekkaya, A. E., Bouchard, P. O., 2022. Influence of Mechanical Characterization on the Prediction of Necking Issues During Sheet Flow Forming Process. *Journal of Materials Processing Technology* 306, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2022.117620.

Schowitzjak, A., Gerlach, J., Muhammad, W., Brahme, A. P., Clausmeyer, T., Inal, K., Tekkaya, A. E., 2022. Prediction of Ductile Damage Evolution Based on Experimental Data Using Artificial Neural Networks. *International Journal of Solids and Structures* 257, DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2022.111950.

Zhu, K., Zhang, Y. J., Gao, R., Bambach, M., Tekkaya, A. E., 2022. Special Issue on Artificial Intelligence in Advanced Manufacturing Processes (AiAMP). *Journal of Materials Processing Technology* 306, DOI:10.1016/j.jmatprotec.2022.117592.

Beiträge in Konferenzbänden & weiteren Zeitschriften | Publications in Proceedings and further Journals

Gebhard, J., Günther, F., Hering, O., Stommel, M., Tekkaya, A. E., 2022. Introduction of Intrinsic Hot Aluminum-Polymer Extrusion. In: Proceedings of the 12th International Aluminum Extrusion Technology Seminar, Orlando, USA, (Digital).

Gebhard, J., Hering, O., Tekkaya, A. E., 2022. Investigation of Longitudinal Weld Streak Defects on Anodized Aluminum Profiles. In: Proceedings of the 12th International Aluminum Extrusion Technology Seminar, Orlando, USA, (Digital).

Ghattamaneni, M. C., Wernicke, S., Hainmann, T. S., Sulaiman, H., Tekkaya, A. E., 2022. Analysis, Prediction and Reduction of Emissions in an Industrial Hot Forming Process Chain for the Manufacture of Sheet Metal Components. In: 25th International Conference on Material Forming, Braga, Portugal. Key Engineering Materials 926, pp. 2342-2354.

Hoffmann, E., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., 2022. Warping and Springback Reduction in Bending of U-Profiles Through Partial Heating Over the Cross-Section. In: International Deep-Drawing Research Group Conference, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1238, DOI: 10.1088/1757-899X/1238/1/012015.

Kamaliev, M., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., 2022. Isothermal High Temperature Pneumofforming of Stainless Steel Tubes at Low Pressure Levels. In: 8th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High Performance Steel, pp. 615-622.

Kneuper, F., Neumann, S., Schulze, A., Otroshi, M., Tekkaya, A. E., Meschut, G., 2022. Mechanically Joined Extrusion Profiles for Battery Trays. In: Proceedings of the 13th Forming Technology Forum, Enschede, Netherlands.

Löbbe, C., Martschin, J., Putschkat, D., Sulaiman, H., Jäger, A., Tekkaya, A. E., 2022. Development of a Hot Cutting Process for Functional Parts by Stress State-Dependent Damage Modeling. In: NUMISHEET 2022, Toronto, Canada, pp. 511-521.

Mamros, E. M., Maaß, F., Hahn, M., Tekkaya, A. E., Ha, J., Kinsey, B. L., 2022. Superposing Tensile Stresses into Single Point Incremental Forming to Affect Martensitic Transformation of SS304. In: International Deep-Drawing Research Group Conference, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1238, Lorient, France, DOI: 10.1088/1757-899X/1238/1/012085.

Maaß, F., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2022. Setting Residual Stresses in Tensile Stress-Superposed Incremental Sheet Forming. In: 25th International Conference on Material Forming. Key Engineering Materials 926, Braga, Portugal, pp. 655-662.

Rethmann, P., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., 2022. Prediction of Springback and Residual Stresses in Spring Coiling Simulations Considering Kinematic Hardening. In: Proceedings of the 6th International Conference on Steel in Cars and Trucks, Milan, Italy.

Rosenthal, S., Hainmann, T. S., Heuse, M., Sulaiman, H., Tekkaya, A. E., 2022. Potential for Stamping Scrap Reduction in Progressive Processes. In: WGP Jahreskongress, Stuttgart, Germany.

Schulze, A., Hering, O., Tekkaya, A. E., 2022. Production of Sheets by Hot Extrusion of Aluminum Chips. In: Proceedings of the 12th International Aluminum Extrusion Technology Seminar, Orlando, USA, (Digital).

Stennei, M., Ringel, A., Plum, T., Kolpak, F., Lohmar, J., Tekkaya, A. E., Hirt, G., 2022. Bewertung der Verbundfestigkeit von walzplattierten Chrom-Bor-Stahl-Verbunden zum Presshärten. In: 36. ASK Umformtechnik Aachen, Germany, pp. 477-486.

Stennei, M., Ringel, P. T., Lohmar, J., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., Hirt, G., 2022. Evaluation of the Bond Strength of Roll Clad Chromium-Boron Steel Composites for Hot Stamping. In: 8th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High Performance Steel, Barcelona, Spain, pp. 445-452.

Upadhy, S., Rosenthal, S., Wernicke, S., Yasir, M., Unruh, K., Tekkaya, A. E., 2022. Improved Binarization Based Method for Local Formability Characterization of Modern Steels. In: 19th International Conference on Metal Forming, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1270, Taiyuan, China, DOI: 10.1088/1757-899X/1270/1/012109.

Weber, F., Lehmenkühler, P., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2022. Joining of Metal-Thermoplastic-Tube-Joints by Hydraulic Expansion. In: Proceedings of the ASME 2022 17th International Manufacturing Science and Engineering Conference, Volume 2: Manufacturing Processes; Manufacturing Systems, West Lafayette, Indiana, USA, DOI: 10.1115/MSEC2022-84991.

Weber, F., Lu, Y., Peterschilka, F. J., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2022. Electromagnetic Joining of Aluminum and Polycarbonate Tubes. Advances in Industrial and Manufacturing Engineering, DOI: 10.1016/j.aime.2022.100109.

Vorträge | Presentations

Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2022. TP5: Einstellung der Eigenschaften nicht-rotationssymmetrischer Blechbauteile durch Hochgeschwindigkeitsschneiden. FUNDAM⁹ENT, FOR 5380, 22.03.2022, Chemnitz, Germany.

Coppieters, S., Traphöner, H., Stiebert, F., Balan, T., Kuwabara, T., Tekkaya, A. E., 2022. Large Strain Flow Curve Identification for Sheet Metal. JMPT Webinar, 30.11.2022, virtual conference.

Gerlach, J., Schowtjak, A., Muhammad, W., Brahme, A., Clausmeyer, T., Inal, K., Tekkaya, A. E., 2022. Vorhersage der duktilen Schädigungsevolution mittels neuronaler Netze. Sitzung DVM-Arbeitsgruppe, 18.05.2022, Stuttgart, Germany.

Gerlach, J., Schowtjak, A., Muhammad, W., Brahme, A., Clausmeyer, T., Inal, K., Tekkaya, A. E., 2022. Prediction of Ductile Damage Evolution in Bending Processes Based on Experimental Data Using Artificial Neural Networks. 19th U.S. National Congress Theoretical and Applied Mechanics, 19.06.2022, Austin, Texas, USA.

Gerlach, J., Schowtjak, A., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2022. Analysis of Different Parameter Identification Strategies and Application to Forward Rod Extrusion. NUMISHEET 2022, 10.-14.07.2022, Toronto, Canada.

Gerlach, J., Gitschel, R., Guhr, F., Güzel, D., Langenfeld, K., Lennemann, P., Müller, M., Sprave, L., 2022. Industriell einsetzbare Methoden zur Schädigungsmodellierung und Anwendung. 3. Industriekolloquium, TRR188, 10.05.2022, Dortmund, Germany.

Komodromos, A., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., 2022. Manufacturing of Integrated Cooling Channels by Directed Energy Deposition for Hot Stamping Tools With Ball Burnished Surfaces. Tooling Conference and Exhibition, 25.-27.04.2022, Örebro, Sweden.

Kotzyba, P., Gebhard, J., Günther, F., Hering, O., Stommel, M., Tekkaya, A. E., 2022. Introduction of Intrinsic Hot Aluminum-Polymer Extrusion. 12th International Aluminum Extrusion Technology Seminar, 03.-05.05.2022, Orlando, USA.

Maaß, F., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2022. Numerical Residual Stress Analysis of Combined Tensile and Compressive Stress-Superposed Incremental Sheet Forming. NUMISHEET 2022, 10.-14.07.2022, Toronto, Canada.

Martschin, J., Tekkaya, A. E., Wrobel, M., Meurer, T., 2022. Eigenschaftsgeregeltes mehrstufiges Presshärten in Folgeverbundwerkzeugen. 36. ASK Umformtechnik, 26.10.2022, Aachen, Germany.

Schmitz, F., Bohne, B., Hahn, M., Clausmeyer, T., Wagner, M., Tekkaya, A. E., 2022. Modelling and Analysis of Adiabatic Blanking of AHSS With Different Heat Treatment. NUMISHEET 2022, 10.-14.07.2022, Toronto, Canada.

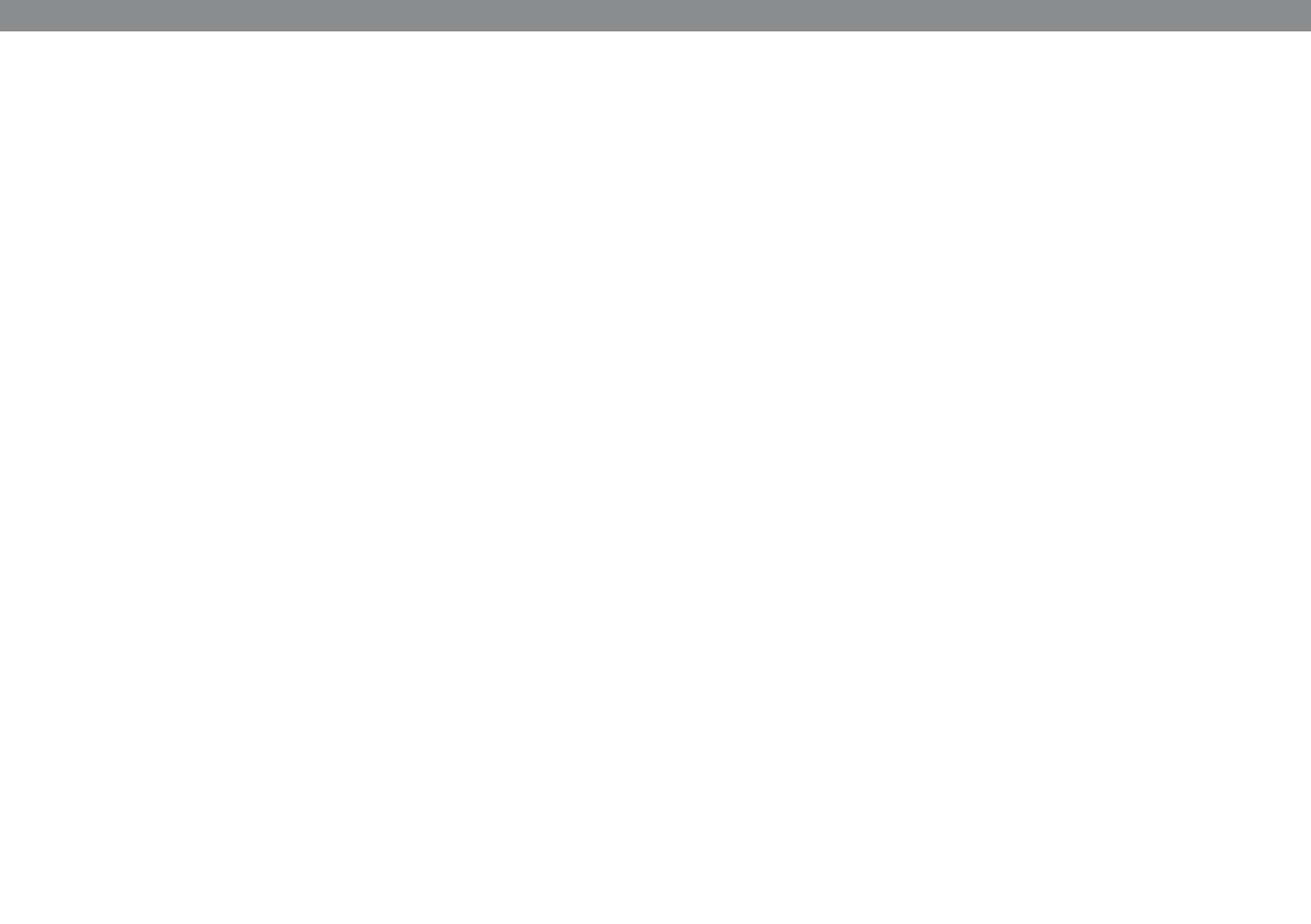
Tekkaya, A. E., 2022. Chancen von Eigenspannungen in der Umformtechnik – Nutzung von Eigenspannungen in der Blechumformung. Industriekolloquium des SPP 2013, 22.06.22, Garching, Germany.

Tekkaya, A. E., 2022. Advanced Material Characterization at Large Plastic Strains: Recent Developments. NUMISHEET 2022, 10.-14.07.2022, Toronto, Canada.

Herausgeberschaften | Editorships

Kleiner, M., Tekkaya, A. E. (Eds.), 2022. 50 Jahre Dortmunder Umformtechnik: Impulses and Innovations in Metal Forming.





Mitarbeiter/-innen | Staff

09

Professoren | Professors

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



Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner (i.R.)
0231 755 2680
matthias.kleiner@udo.edu

Sekretariat | Office

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



Oberingenieur/-innen | Chief Engineers

Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Oberingenieur Forschung
0231 755 8429

till.clausmeyer@iul.tu-dortmund.de



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

Oberingenieurin Lehre
0231 755 6915

ramona.hoelker@iul.tu-dortmund.de

Dr.-Ing. Heinrich Traphöner

Oberingenieur Technik und Finanzen
0231 755 8439

heinrich.traphoener@iul.tu-dortmund.de



Abteilungsleiter | Heads of Department

Dr.-Ing. André Schulze

Abteilungsleiter Massivumformung
0231 755 2654

andre.schulze@iul.tu-dortmund.de



Joshua V. Grodotzki M. Sc.

Abteilungsleiter Profil- und Blechumformung
0231 755 7852

joshua.grodotzki@iul.tu-dortmund.de

Marlon Hahn M. Sc.

Abteilungsleiter Sonderverfahren
0231 755 8415

marlon.hahn@iul.tu-dortmund.de



Abteilung Massivumformung | Bulk Metal Forming

Dr.-Ing. André Schulze

Abteilungsleiter Massivumformung
0231 755 2654
andre.schulze@iul.tu-dortmund.de



Jan Flesch M. Sc.

0231 755 8451
jan.flesch@iul.tu-dortmund.de

Johannes Gebhard M. Sc.

0231 755 4751
johannes.gebhard@iul.tu-dortmund.de



Jan Gerlach M. Sc.

0231 755 8483
jan.gerlach@iul.tu-dortmund.de

Robin Gitschel M. Sc.

0231 755 8453
robin.gitschel@iul.tu-dortmund.de



Florian Kneuper M. Sc.

0231 755 8441
florian.kneuper@iul.tu-dortmund.de

Patrick Kotzyba M. Sc.
0231 755 2630
patrick.kotzyba@iul.tu-dortmund.de



Tanmoy Rakshit M. Sc.
0231 755 7174
tanmoy.rakshit@iul.tu-dortmund.de

Oliver Schulz M. Sc.
0231 755 8476
robin.gitschel@iul.tu-dortmund.de



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

Abteilung Profil- und Blechumformung | Profile and Sheet Metal Forming

Joshua V. Grodotzki M. Sc.

Abteilungsleiter Profil- und Blechumformung
0231 755 7852
joshua.grodotzki@iul.tu-dortmund.de



Niklas Hoenen

0231 755 2669
niklas.hoenen@iul.tu-dortmund.de

Eike Hoffmann M. Sc.

0231 755 6926
eike.hoffmann@iul.tu-dortmund.de



Mike Kamaliev M. Sc.

0231 755 8440
mike.kamaliev@iul.tu-dortmund.de

Anna Komodromos M. Sc.

0231 755 8420
anna.komodromos@iul.tu-dortmund.de



Philipp Lennemann M. Sc.

0231 755 8434

philipp.lennemann@iul.tu-dortmund.de



Juri Martschin M. Sc.

0231 755 8437

juri.martschin@iul.tu-dortmund.de

Philipp Rethmann

0231 755 8434

philipp.lennemann@iul.tu-dortmund.de



Markus Stennei M. Sc.

0231 755 8431

markus.stennei@iul.tu-dortmund.de

Fabian Stiebert M. Sc.

0231 755 2402

fabian.stiebert@iul.tu-dortmund.de



Abteilung Sonderverfahren | Non-Conventional Processes

Marlon Hahn M. Sc.

Abteilungsleiter Sonderverfahren
0231 755 8415
marlon.hahn@iul.tu-dortmund.de



Jan Bechler M. Sc.

0231 755 6918
jan.bechler@iul.tu-dortmund.de



Hamed Dardaei Joghhan M. Sc.

0231 755 7851
hamed.dardaei@iul.tu-dortmund.de



Fabian Maaß M. Sc.

0231 755 2607
fabian.maass@iul.tu-dortmund.de



Gabriel Marin M. Sc.

0231 755 2499
gabriel.marin@iul.tu-dortmund.de



Dr.-Ing. Stephan Rosenthal

0231 755 6441
stephan.rosenthal@iul.tu-dortmund.de



Fabian Schmitz M. Sc.

0231 755 8498

fabian.schmitz@iul.tu-dortmund.de



Olaf Schrage M. Sc.

olaf.schrage@iul.tu-dortmund.de

0231 755 8433

Florian Weber M. Sc.

0231 755 2608

florian.weber@iul.tu-dortmund.de



Projektierung | Project planning

Dr.-Ing. Heinrich Traphöner

Abteilungsleiter Projektierung

0231 755 8439

heinrich.traphoener@iul.tu-dortmund.de



Dipl.-Des. (FH) Patrick Cramer

0231 755 2456

cramer.patrick@iul.tu-dortmund.de

Dr.-Ing. Frauke Maevus

0231 755 8193

frauke.maevus@iul.tu-dortmund.de



Technische Mitarbeiter | Technical Staff

Dr.-Ing. Heinrich Traphöner

Abteilungsleiter

0231 755 8439

heinrich.traphoener@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



Sven Lukies

0231 755 6062

sven.lukies@iul.tu-dortmund.de

Dipl.-Ing. (FH) Michael Prüfert

0231 755 6924

michael.pruefert@iul.tu-dortmund.de



Steffen Strotzer

0231 755 7289

steffen.strotzer@iul.tu-dortmund.de

Frank Volk

0231 755 5247

frank.volk@iul.tu-dortmund.de



Thomas Werse

0231 755 2617

thomas.werse@iul.tu-dortmund.de

2022 ausgeschieden | Staff who left in 2022



**Manish Chowdary
Ghattamaneni M. Sc.**



Siddhant Goyal M. Sc.



Simone Hausche



Nina Hänisch M.A.



Sigrid Hess M. Sc.



Dr.-Ing. Felix Kolpak



Alexander Schowtjak M. Sc.



Siddharth Upadhya M. Sc.



Dr.-Ing. Sebastian Wernicke

