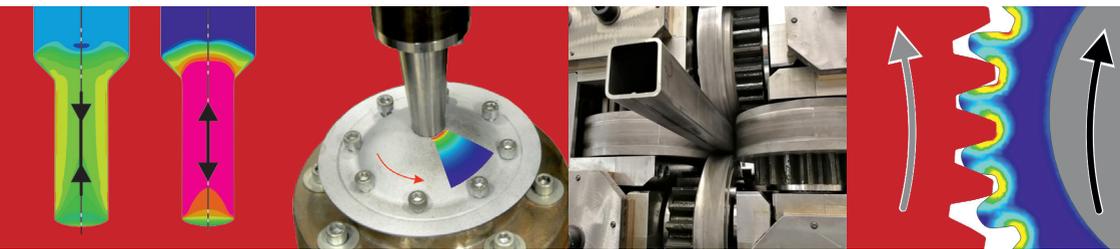


Tätigkeitsbericht

19



Tätigkeitsbericht

19

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

Copyright © Institut für Umformtechnik und Leichtbau

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

Redaktionsassistentin
Nina Hänisch

Lektorat
Jeanette Brandt
Nina Hänisch
Beate Ulm-Brandt

Layout
Patrick Cramer

Inhalt

1	Lehre	1
1.1	Lehrveranstaltungsangebot	1
1.2	Master of Science in Manufacturing Technology (MMT)	4
1.3	Dissertationen	6
2	Forschung	12
2.1	Forschungsgruppen und -center	13
2.1.1	SFB/Transregio 188 – Schädigungskontrollierte Umformprozesse	13
2.1.2	ReCIMP – Research Center for Industrial Metal Processing	17
2.1.3	ReGAT – Research Group on Additive Technology	20
2.1.4	Forschung für die Ingenieurausbildung – ELLI 2	23
2.2	Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik	27
2.2.1	Neuartige ebene Torsionsprobe zur Charakterisierung von Schädigung und Verfestigung	28
2.2.2	Gestaltvorhersage und Verbesserung beim Weiten von nicht-runden Rohren	29
2.2.3	Analyse der belastungspfadabhängigen Schädigungs- und Mikrostrukturentwicklung zur numerischen Auslegung von Blech-massivumformprozessen	30
2.2.4	Modellintegration für die Prozesssimulation	31
2.3	Abteilung Massivumformung	32
2.3.1	Einfluss des mehrachsigen Bauschingereffektes in der Kaltmassivumformung	33
2.3.2	Beeinflussung der Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen	34
2.3.3	Verbundfließpressen von fließgepressten Halbzeugen	35
2.3.4	Verfahren zur Fertigung von Verbundbauteilen durch eine Kombination aus Tiefziehen und Fließpressen	36
2.3.5	Methoden zur Vermeidung der Längspressnahtabzeichnung bei eloxierten Aluminiumstrangpressprofilen	37

2.3.6	Herstellung flanschförmiger Bauteile durch Fließpressen verbundstranggepresster Halbzeuge	38
2.3.7	Umformtechnische Herstellung und Charakterisierung von Aktuatorprofilen, basierend auf Shape Memory Alloys	39
2.4	Abteilung Profil- und Blechumformung	40
2.4.1	Presshärten von Rohren durch granulare Medien	41
2.4.2	Schädigungsbeeinflussung bei der Biegeumformung	42
2.4.3	Kinematisches Profilbiegen mit partieller Erwärmung des Querschnitts	43
2.4.4	Freiformbiegen luftfahrtrelevanter Rohrbauteile	44
2.4.5	Verfahren zur Fertigung gebogener Profile mit kleinen Biegeradien und geschlossenen Konturen	45
2.4.6	Entwicklung eines Verfahrens zum Profilbiegen mit Druckspannungsüberlagerung durch Walzen	46
2.4.7	Bewertung der globalen und lokalen Umformbarkeit von AHSS und Edelstählen	47
2.4.8	Temperaturunterstütztes Scherschneiden und Presshärten von Verzahnungen im Folgeverbundwerkzeug	48
2.5	Abteilung Sonderverfahren	49
2.5.1	Entwicklung der inkrementellen Mikroumformung zur Funktionsmusterherstellung metallischer Bipolarplatten	50
2.5.2	Gezielte Einstellung der Nahtausbildung beim Fügen durch Magnetpulsschweißen	51
2.5.3	KuMag – Entwicklung hybrider Kunststoff/Magnesium-Werkstoffverbunde für Ultraleichtbauanwendungen (KuMag)	52
2.5.4	Umformtechnisches Fügen mittels Außenhochdruck	53
2.5.5	Umformtechnologien für metallische und hybride Leichtbaustrukturen der Elektromobilität	54
2.5.6	Entwicklung und Herstellung optimierter Spulenwindungen für die elektromagnetische Umformung unter Einsatz additiver Verfahren	55
2.5.7	Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde mit optimierten Kernstrukturen	56

2.5.8	Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion	57
2.5.9	Umformen mittels örtlich variabel vaporisierender Aktuatoren	58
2.5.10	Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und Laserpulverauftragsschweißen zur Fertigung von Leichtbauteilen	59
2.5.11	Grundlagenuntersuchungen und Verfahrensentwicklung zur Herstellung belastungsangepasster Bauteile mittels inkrementeller Blechmassivumformung (BMU)	60
2.5.12	Inkrementelle Blechmassivumformung unter Anwendung thermisch gesteuerter Gradierungsmechanismen	61
2.6	Patente	62
2.6.1	Erteilte Patente	62
2.6.2	Offengelegte Patente	63
2.6.3	Angemeldete Patente	64
3	Weitere Aktivitäten	70
3.1	Veranstaltungen	70
3.2	Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya	76
3.3	Mitwirkung in nationalen und internationalen Organisationen: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Matthias Kleiner	80
4	Internationaler Austausch	84
5	Technische Ausstattung	94
6	Kooperationen	Mittelteil
7	Abgeschlossene Arbeiten	Mittelteil
8	Ausgewählte Veröffentlichungen und Vorträge	Mittelteil
9	Mitarbeiter/- innen	Mittelteil





Geleitwort

Auch im Jahr 2019 hat das Institut für Umformtechnik und Leichtbau seine Internationalisierungsstrategien weiterverfolgt, denn als Mitglied der weltweiten Forschungsgemeinschaft ist es für uns selbstverständlich, dass Forschungsaufgaben nicht an Landesgrenzen enden. Daher muss es unser Ziel sein, das Forschungsnetzwerk über nationale Grenzen hinweg auf allen Ebenen weiter auszubauen: Das IUL organisierte Kurzbesuche und Vorträge hochkarätiger Gastredner renommierter Universitäten wie der Kollegen Frédéric Barlat, Kaan Inal und Christopher Saldana, investierte in die Pflege dauerhafter Forschungs Kooperationen mit Kolleg/-innen von Universitäten wie der Xi'an Jiatong University und Instituten wie dem Instituto Superior Técnico der Technischen Universität Lissabon und in die Zusammenarbeit mit internationalen Unternehmen wie Baoshan Iron & Steel, Kobe Steel und Faurecia. Das Institut organisierte Austauschprogramme für Studierende mit Partnerhochschulen, beispielsweise der Ohio State University und der Gifu University, und warb internationale Stipendien wie das Gambrinus-Fellowship oder die RISE- und Erasmus-Stipendien des DAAD ein. Wir sind sehr stolz, dass 2019 insgesamt 12 renommierte Gäste aus 7 Nationen unserer Einladung ans IUL folgten. Das Kapitel „Internationaler Austausch“ des vorliegenden Tätigkeitsberichtes hält einen tieferen Einblick in unsere Internationalisierungsaktivitäten für Sie bereit.

Ein weiterer Schwerpunkt des Jahres war die Re-Akkreditierung der Studiengänge Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen und Logistik und damit auch aller IUL-Lehrveranstaltungen. Das IUL nutzte diesen Anlass als Chance, aktuelle Forschungsergebnisse und innovative Lehr- und Lernkonzepte für die akademische Ausbildung aus dem Projekt ELLI 2, einem Verbundprojekt ingenieurwissenschaftlicher Lehrstühle mit hochschuldidaktischen Einrichtungen, nachhaltig im Curriculum zu implementieren und so die Qualität der Lehre am IUL weiter zu verbessern. So wurde z. B. eine neue Lehrveranstaltung zur „Materialcharakterisierung in der Umformtechnik“ eingeführt, die Elemente der Vermittlung von theoretischen Grundlagen in Form eines Online-Selbststudiums mit Präsenzterminen sowie der eigenständigen Durchführung von Remote- sowie Hands-On Experimenten und deren Auswertung kombiniert. Darüber hinaus wurden umfassende Änderungen in der Prüfungsordnung und in den Modulhandbüchern vorgenommen: Lehrveranstaltungen wurden konsistenter strukturiert, Vorlesungen hinsichtlich der Abfolge der Fertigungsprozesse thematisch neu und aufeinander aufbauend gegliedert oder zusammengelegt. Die enge Zusammenarbeit des Instituts mit Vertreter/-innen der Industrie im Rahmen verschiedener Gremien wie dem Industriebeirat und im Rahmen von Forschungszentren wie ReCIMP stellt zudem sicher, dass die Studierenden durch praktische

Forschungsleistungen und die Vermittlung von Softskills das erlangte Wissen auch praktisch anwenden können und auf eine spätere Arbeitsrealität vorbereitet sind.

Auch im Transregio 188 legen wir großen Wert auf das Feedback der Industrievertreter/-innen. Im Rahmen eines Industriekolloquiums wurde der Industriekreis des Transregios eingeladen, neue Anwendungen für das dort behandelte Thema der „Schädigung“ zu entwickeln. Dieser wertvolle Austausch wurde auch im Rahmen eines Minisymposiums mit dem Thema „Duktile Schädigung“ in der Umformtechnik auf der Numiform 2019 in den USA fortgeführt. Die große Resonanz zeigt die Relevanz des Themas sowohl für die wissenschaftliche als auch für die industrielle Community.

Die kompakt zusammengefassten Ergebnisse und Fortschritte aller durch das IUL-Team bearbeiteter Projekte werden Ihnen in diesem Bericht bereitgestellt. Beispielhaft seien hier vorab die Ergebnisse der Research Center genannt: Im vergangenen Jahr konnte in der Research Group on Additive Technology (ReGAT) die Forschung im Bereich der Kombination aus additiver Fertigung und Umformtechnik weiter ausgebaut werden. Zwei weitere Anträge bei der DFG wurden bewilligt, sodass aktuell drei Forschungsarbeiten in diesem Themenbereich angesiedelt sind: das inkrementelle Umformen mit anschließender additiver Fertigung von funktionalen Elementen, die Herstellung von neuartigen Werkzeugen aus einer Kombination des Schicht-Laminat-Verfahrens kombiniert mit Laserpulverauftragsschweißen und das Glattwalzen von additiv gefertigten Umformwerkzeugen. Auch im Forschungszentrum ReCIMP wurde die erfolgreiche Arbeit fortgesetzt. Hier wurde insbesondere untersucht, mit welchen Methoden moderne Werkstoffe charakterisiert werden können – und zwar genau angepasst an den jeweiligen umformtechnischen Fertigungsprozess.

Wir bedanken uns bei allen Partnerinnen und Partnern des Instituts und dem IUL-Team für die großartige Zusammenarbeit und beenden dieses Vorwort mit einem Ausblick auf das Jahr 2020, in dem wir uns auf zwei großartige Konferenzen freuen dürfen, die vom IUL (mit-)ausgerichtet werden: Das achte „Dortmunder Kolloquium zur Rohr- und Biegeumformung“ befasst sich mit der vernetzten Produktion von Rohr- und Profilbauteilen mit einem besonderen Fokus auf die Sensorik und Aktorik zur Erfassung und Ausregelung von Biegefehlern. Im Rahmen der neunten „International Conference on High Speed Forming“ werden Forschungsergebnisse zu den Themen „Prozesstechnologien“, „Werkzeuge und Ausrüstung“, „Energie, Materialien und Messtechnik“, „Modellierung und Simulation“ sowie industrielle Anwendungen der

Hochgeschwindigkeitsumformung präsentiert. Weitere Informationen zu den Konferenzen und aktuelle Neuigkeiten aus dem Institut finden Sie jederzeit online unter www.iul.eu.



A. E. Tekkaya

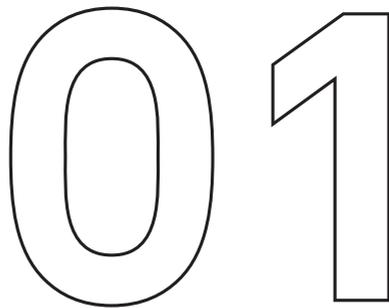
A. Erman Tekkaya



M. Kleiner

Matthias Kleiner

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

	1. Semester / Winter	Fertigungslehre Überblick, Grundlagen, Halbzzeuge, Verfahren/Maschinen	
Bachelor	5. Semester / Winter	Umformende Fertigungstechnologie Erw. Grundlagen, Plastizitätstheorie, Verfahren/Maschinen	Materialcharakterisierung in der Umformtechnik (Labor) Theorie, Experimente, Auswertung
	6. Semester / Sommer	Methoden zur Analyse von Prozessen und WZ-Maschinen Grundlagen der Umformmaschinen	Simulation in der Umformtechnik Anwendung der FEM in der Massiv- und Blechumformung
Master	1. Semester / Sommer	Umformtechnik I Vertiefung der Verfahren, Prozesskette	Analytische u. exp. Methoden in der Umformtechnik Modellierung von umformtechnischen Verfahren
	2. Semester / Winter	Umformtechnik II Sonderverfahren der Umformtechnik	Advanced Simulation Techniques in Metal Forming II Nichtlineare FEM

Vorlesungsstruktur am Beispiel des Studiengangs Maschinenbau mit Profil Produktionstechnik (nach der Akkreditierung 2019)

Weitere Lehrveranstaltungen des Instituts im Jahr 2019 waren:

- 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
- Aluminium – Basic Metallurgy, Properties, Processing and Applications
- Laboratory Work – Material Characterization

In Kooperation mit der KARL-KOLLE-Stiftung fand im Rahmen von ELLI 2 der dritte Workshop zum Thema 3D-Druck am IUL statt. Im Jahr 2019 war der Workshop insbesondere auf Lehrkräfte zugeschnitten, damit diese die entsprechende Technik im Schulunterricht einsetzen können. Der Workshop wurde für verschiedene Unterrichtsfächer konzipiert: neben Technik, Infor-



Lehrer-Gruppe mit dem Workshop-Leiter J. Grodotzki (links hinten), dem Institutsleiter Prof. Tekkaya (rechts) und dem Kuratoriumsvorsitzenden der Stiftung Prof. Pinninghoff (zweiter von rechts)

matik und Physik auch für Sport, Kunst und Geografie. Zusätzlich zu den Hardware-Grundlagen wurde die gesamte Entwicklungskette auf Software-Ebene durchlaufen, um eine direkte Umsetzung in die Praxis zu ermöglichen.

Im Jahr 2019 haben sich folgende Lehrbeauftragte an den Lehrveranstaltungsangeboten des IUL beteiligt:

- Prof. P. Haupt, Emeritus Universität Kassel
- Prof. J. Hirsch, Hydro Aluminium Rolled Products
- Prof. K. Roll, ehemals Daimler AG Sindelfingen
- Prof. J. Sehart, Ruhr-Universität Bochum

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.
 Nena Amponsah B. A.
 Anna Komodromos M. Sc.

Der im Jahr 2011 gestartete viersemestrige englischsprachige Masterstudiengang „Master of Science in Manufacturing Technology“ (MMT) im Bereich Produktions- und Fertigungstechnik konnte für den Studienstart zum Wintersemester 2019/20 erneut ein hohes internationales Interesse verzeichnen. Aus nahezu 800 Bewerbungen aus 37 Nationen haben 24 ausgewählte und exzellente Studierende ihr Studium aufgenommen. Im Rahmen der vom DAAD organisierten Kooperation mit der Türkisch-Deutschen Universität in Istanbul hat ein Studierender sein MMT-Studium aufnehmen können.



Entwicklung der Diversität im MMT-Programm

Um die Diversität in diesem internationalen Studiengang weiterhin auszuweiten, wurden seitens des Koordinationsteams 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 geschaltet sowie Webinare angeboten, um auf das Programm und die Bewerbungsfrist aufmerksam zu machen. Weiterhin hat das Koordinationsteam die EAIE Konferenz in Helsinki zur Internationalisierung der Hochschulbildung, mit über 6.000 Teilnehmern besucht, um Anregungen für die Strategieentwicklung im Bereich Internationales zu er-



Besuch der EAIE-Konferenz 2019 in Helsinki (Frau Amponsah, MMT, und Frau Artmann, Referat Internationales)

halten. Zudem wird die Koordination an der EDUEXPOS Messe in Mailand teilnehmen, bei der Interessierte im persönlichen Gespräch informiert und beraten werden.

Das Online-Bewerbungsportal für den MMT ist in Zusammenarbeit mit dem IT & Medien Centrum der TU Dortmund qualitativ verbessert worden. So konnten sowohl der Bewerbungsprozess für die Bewerberinnen und Bewerber als auch die Aufbereitung der Daten zur Überprüfung der Zugangsvoraussetzungen noch komfortabler und effizienter gestaltet werden.



Begrüßungsfeier des MMT-Jahrgangs 2019

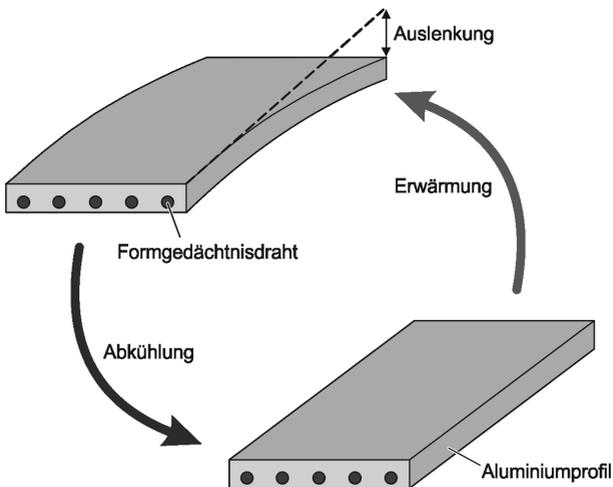
Zum Auftakt des Wintersemesters 2019/20 wurden die Studierenden durch Professor Tekkaya als Leiter des Studienprogramms im Rahmen einer Willkommensveranstaltung im Hörsaal des Maschinenbaugebäudes III begrüßt. Nach der Begrüßungsveranstaltung konnten sich die Studierenden im Rahmen des Get-togethers mit einer Postersession über die Module und Projekte der involvierten Lehrstühle informieren.

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

1.3 Dissertationen

Dahnke, Christoph	Verbundstrangpressen adaptiver Leichtbaukomponenten aus Aluminium und Formgedächtnislegierungen
Reihe	Dortmunder Umformtechnik, Band 105
Verlag	Shaker Verlag, Aachen, 2019
Mündl. Prüfung	12. Februar 2019
Berichter	Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya
Mitberichter	Prof. Dr.-Ing. G. Eggeler (Ruhr-Universität Bochum)

Das Verbundstrangpressen bietet eine flexible Möglichkeit zur Herstellung von Verbundprofilen mit eingebetteten Formgedächtnis-Drähten. Durch eine gezielte Positionierung und Weiterverarbeitung lassen sich adaptive Leichtbauprofile herstellen, welche bei einer thermischen Aktivierung in der Lage sind, eine Auslenkung zu vollziehen oder mit einer Änderung ihrer mechanischen Eigenschaften auf die Temperaturerhöhung zu reagieren. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass aufgrund des hohen Drucks bei gleichzeitig hoher Temperatur während der Fertigung eine stoffschlüssige Verbindung zwischen den Verbundpartnern erzeugt werden kann. Diese ist in der Lage, die durch die Drähte erzeugte Spannung auf die Matrix zu übertragen. Bei der Erwärmung kann durch die exzentrische Position der Drähte ein Biegemoment erzeugt werden, dessen Höhe abhängig von den geometrischen Abmessungen der Profile sowie von der Aktivierungsspannung der Drähte ist.



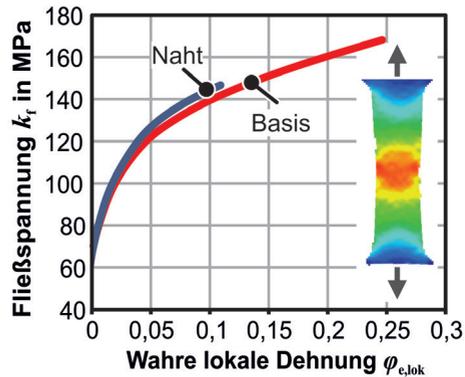
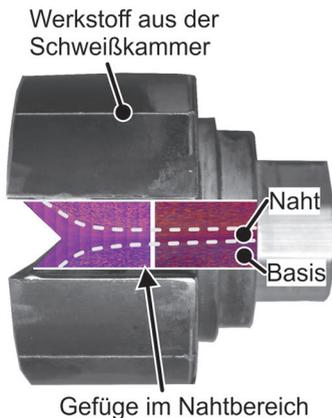
Adaptives Leichtbauprofil mit Biegefunktion

Schwane, Martin

Entwicklung und Eigenschaften von Längspressnähten beim Aluminiumstrangpressen
 Dortmunder Umformtechnik, Band 107
 Shaker Verlag, Aachen, 2019
 23. Juli 2019
 Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya
 Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Math. B. Awiszus
 (TU Chemnitz)

Reihe
 Verlag
 Mündl. Prüfung
 Berichter
 Mitberichter

Bei der üblichen Verfahrensvariante des Strangpressens über Kammerwerkzeuge entstehen Längspressnähte. Ziel der Arbeit ist es, einen Beitrag zum weitergehenden Verständnis der Entstehung und der Entwicklung der resultierenden mechanischen Eigenschaften von Längspressnähten zu leisten. Die für die Nahtausbildung wesentlichen Größen wurden mittels eines neu entwickelten Modellversuchsstands identifiziert. Zur quantitativen Beschreibung der Wirkzusammenhänge wurde ein phänomenologisches Verschweißungsmodell abgeleitet, welches nachfolgend zur Abschätzung kritischer Verschweißungsbedingungen bei den prozessnahen Untersuchungen diente. Als Ergebnis der Pressversuche konnten abweichende mechanische Eigenschaften zwischen dem Nahtbereich und dem Grundwerkstoff erstmals quantifiziert werden. In weiteren Untersuchungen wurde der Einfluss der Werkzeuggestaltung und der Wärmebehandlung auf die resultierenden Eigenschaften umfassend analysiert.

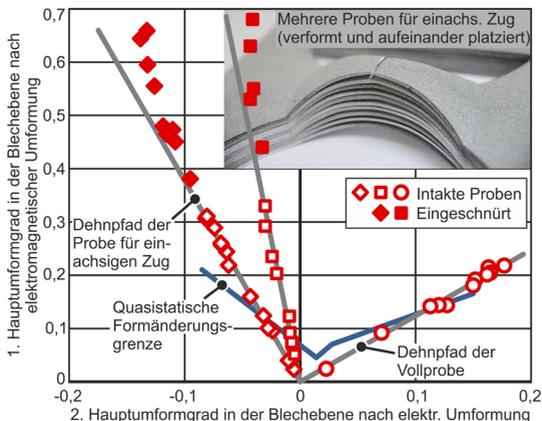


Charakterisierung der durch die Längspressnaht bedingten Inhomogenität des Gefüges und der mechanischen Eigenschaften

Demir, Osman Koray	Neuer Versuch und die Auswertung der elektromagnetischen Formänderungsgrenzen
Originaltitel	New Test and Interpretation of Electromagnetic Forming Limits of Sheet Metal
Reihe	Dortmunder Umformtechnik, Band 106
Verlag	Shaker Verlag, Aachen, 2019
Mündl. Prüfung	26. August 2019
Berichter	Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya
Mitberichter	Prof. Dr. G. Daehn (The Ohio State University)

Eine neue Methode wird vorgeschlagen, um elektromagnetische Formänderungsgrenzen für Blech zu bestimmen. Die Methode beinhaltet eine neue Probengeometrie, die die Verformung auf einem konstanten Dehnpfad und einen mittigen Riss gewährleistet. Die Methode wird verwendet, um Grenzformänderungskurven für Bleche aus AA1050A, AA5083 und Mg AZ31 zu bestimmen. Diese Werkstoffe weisen in der elektromagnetischen Umformung höhere Formänderungsgrenzen als in der quasistatischen Umformung auf. Außerdem erhöhen sich diese Grenzen mit steigender Geschwindigkeit.

Um die höheren Formänderungsgrenzen bei der elektromagnetischen Umformung zu erklären, werden die Versagensmechanismen anhand von Bruchbildern untersucht. Die Bruchbilder zeigen in der elektromagnetischen Umformung Schubspannungen außerhalb der Blechebene. Schubspannungen außerhalb der Blechebene erhöhen nach Allwood und Shouler (2009) die Formänderungsgrenzen beim quasistatischen Zugversuch. Diese Dissertation setzt diese Schubspannungen als einen Grund für höhere Grenzen in der elektromagnetischen Umformung voraus.



Elektromagnetische Grenzformänderungsversuche auf drei unterschiedlichen Dehnpfaden (Werkstoff: AA1050A-H24, 1 mm stark)

01

Lehre

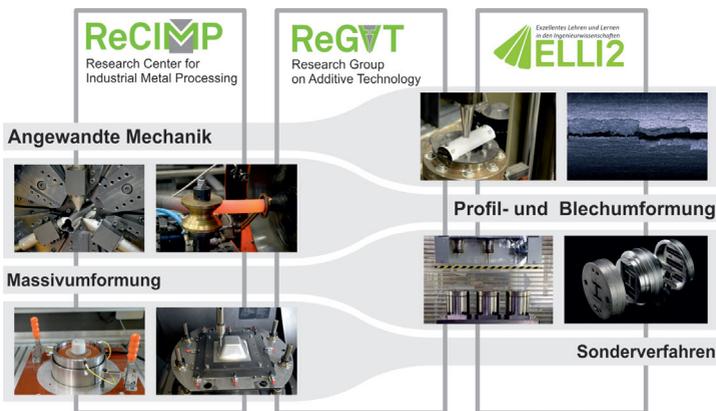
Forschung

02

2 Forschung

Die Forschungsaktivitäten des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau umfassen die Entwicklung neuartiger Umformprozesse und Prozessketten sowie die Erweiterung bestehender umformtechnischer Fertigungsverfahren. Die wesentlichen Ziele bestehen dabei in der Erarbeitung einer physikalischen Prozessbeschreibung, der Einstellung und Verbesserung der Bauteileigenschaften und der ganzheitlichen Betrachtung der Prozesseffizienz. Die vornehmlich grundlagenorientierten Fragestellungen werden dabei durch Aspekte der angewandten Forschung ergänzt, um einen möglichst schnellen Transfer der Ergebnisse in die industrielle Praxis sicherzustellen.

Die Bearbeitung der Forschungsvorhaben erfolgt durch 35 Wissenschaftler/-innen, die durch 12 technische und administrative Mitarbeiter/-innen sowie mehr als 50 studentische Hilfskräfte unterstützt werden. Insbesondere bei interdisziplinären Fragestellungen erfolgt die Projektbearbeitung vielfach in Form gemeinschaftlicher Forschungsvorhaben mit nationalen und internationalen Partner/-innen. Die Beteiligung an den zwei Sonderforschungsbereichen TRR 188 (Sprecherschaft) und TRR 73 (Standortsprecherschaft) sowie an den zwei Schwerpunktprogrammen SPP 1640 und SPP 2013 sind Ausdruck dieser intensiven Vernetzung. Neben den vier Abteilungen „Angewandte Mechanik in der Umformtechnik“, „Massivumformung“, „Profil- und Blechumformung“ und „Sonderverfahren“ besteht die in der Grafik dargestellte Institutstruktur aus den drei abteilungsübergreifenden Einheiten „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP), „Research Group on Additive Technology“ (ReGVT) und „Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften“ (ELLI 2). Die abteilungsspezifischen Forschungsschwerpunkte und Forschungsprojekte sind nachfolgend detailliert beschrieben.



Institutsstruktur

2.1 Forschungsgruppen und -center

2.1.1 SFB/Transregio 188 – Schädigungskontrollierte Umformprozesse

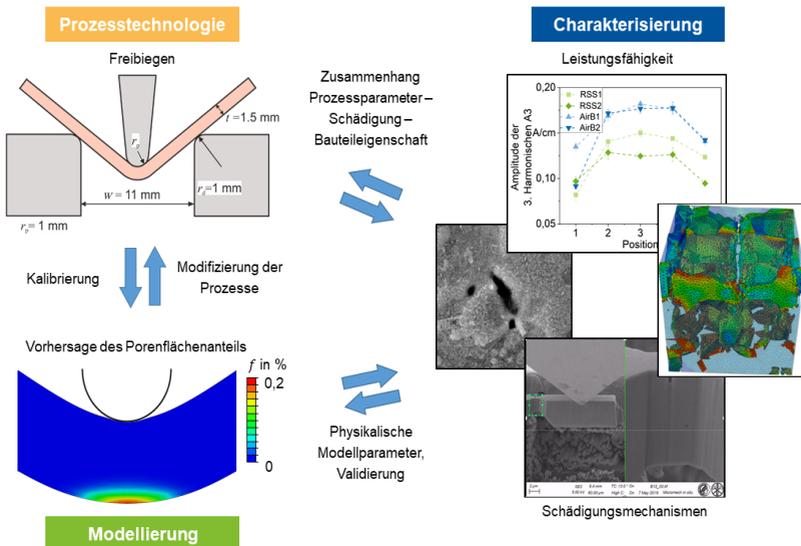
Projekträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TRR 188/1-2019
Sprecher	Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya
Geschäftsführerin	Dr.-Ing. Frauke Maevus

Der Sonderforschungsbereich TRR 188 möchte die Mechanismen der Werkstoffschädigung bei der Umformung und ihre Auswirkung auf die Produkteigenschaften grundlegend verstehen, um die Schädigung quantitativ vorherzusagen und im Hinblick auf die Bauteilleistungsfähigkeit gezielt einstellen zu können. Ausgangspunkt bildet die Beobachtung, dass unterschiedliche Prozessrouten zur umformtechnischen Herstellung eines Bauteils aus einem gegebenen Halbzeug zu gleichen Endgeometrien, aber unterschiedlichen Eigenschaften und Schädigungen führen. Damit ist es grundsätzlich möglich, die Schädigungsentwicklung entlang der umformtechnischen Prozesskette vom Halbzeug bis zum fertigen Bauteil durch die Wahl und Auslegung der Umformprozesse gezielt zu beeinflussen. Werden bei der Auslegung nicht nur die nominellen Materialeigenschaften genutzt, sondern die durch die Umformung verursachte Schädigung genauso wie andere umforminduzierte Produkteigenschaften berücksichtigt, führt dies zu einem Paradigmenwechsel sowohl bei der Prozess- als auch bei der BauteilAuslegung. An die Stelle einer Prozessauslegung, die sich an der Herstellbarkeit bzw. der maximalen, versagensfreien Umformbarkeit des Werkstoffs orientiert („formability“), tritt eine „schädigungsbasierte“ Prozessauslegung, die eine Versagensbetrachtung hinsichtlich des Bauteileinsatzes und der Erzielung einer maximalen Leistungsfähigkeit („usability“) verfolgt. Bei der Bemessung der Bauteile eröffnet die gezielte Einstellung und präzise Quantifizierung des Schädigungsniveaus eine nennenswerte Herabsetzung der Sicherheitsfaktoren. In der Konsequenz können neuartige Leichtbauprodukte realisiert werden, die sich durch eine gegenüber dem Stand der Technik reduzierte Masse bei einer zugleich garantierten Funktionssicherheit der Bauteile während der Nutzungsphase auszeichnen.

Zur Erreichung dieser Zielsetzung entwickelt ein interdisziplinäres Konsortium aus Umformtechnik, Mechanik, Materialwissenschaften und Werkstoffprüftechnik neue Methoden und Technologien zur quantitativen Vorhersage (Projektbereich Modellierung), Erfassung (Projektbereich Charakterisierung)

und Kontrolle (Projektbereich Prozesstechnologie) der Schädigung unter Berücksichtigung der materialphysikalischen Zusammenhänge.

Die unabdingbare Voraussetzung für eine schädigungs-basierte Auslegung von Umformprozessen sind leistungsfähige Modellierungsansätze, die die zugrunde liegenden mikroskopischen Schädigungsmechanismen abbilden und die Eigenschaften umformtechnisch hergestellter Bauteile einschließlich der Schädigung vorhersagen können. Da es bisher keine allgemein anwendbaren Ansätze für beliebige Umformprozesse und Prozessfolgen gibt, werden im TRR 188 neue theoretische Modellansätze auf Meso/Mikro- und Makroebene erarbeitet.



Projektbereiche des TRR 188

Für die Entwicklung und Validierung dieser Modelle müssen die auf unterschiedlichen Längenskalen angesiedelten physikalischen Schädigungsmechanismen präzise aufgelöst werden. Zur Charakterisierung dieser Mechanismen kommen innovative und hochauflösende Messmethoden, wie die In-situ-Prüftechnik in der Elektronenmikroskopie, zum Einsatz. Da die duktile Schädigung in der Regel im Werkstoffvolumen dispers verteilt vorliegt, werden zusätzlich alternative Methoden erprobt, die die Schädigungszustände zerstörungsfrei im Werkstoffvolumen charakterisieren können. Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit des Bauteils auf Makroebene werden modifizierte Laststeigerungsversuche eingesetzt, mit denen die Interaktion von duktilen

und zyklischen Schädigungsmechanismen charakterisiert und quantifiziert werden kann.

Voraussetzung für die Kontrolle und gezielte Einstellung der Schädigung ist die Kenntnis darüber, wie sich die Lastpfade bei den einzelnen Blech- und Massivumformprozessen beeinflussen lassen und wie sich diese Lastpfade auf die Schädigung auswirken. Zusätzlich ist der Einfluss der Umformhistorie auf die Schädigungsentwicklung entlang der Prozesskette zu ermitteln, um Aussagen über die akkumulierte Schädigung im fertigen Bauteil und die daraus resultierenden Bauteileigenschaften machen zu können. Zur Untersuchung der Schädigungsentstehung und -entwicklung sowie der Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und resultierendem Schädigungszustand werden die oben erwähnten Charakterisierungsmethoden eingesetzt. Die Modellierungsmethoden zur quantitativen Vorhersage der Schädigung liefern wichtige Anhaltspunkte für die Entwicklung schädigungskontrollierter Prozesse.

Grundlage für die gemeinsame, interdisziplinäre Entwicklung der Methoden und Technologien ist eine präzise Definition der Werkstoffschädigung sowie ihrer Mechanismen. Wie die Literatur zeigt, verwenden die verschiedenen Fachdisziplinen unterschiedliche Definitionen und Begrifflichkeiten. Deshalb hat es sich der TRR 188 zur Aufgabe gemacht, ein umfassendes, einheitliches Schädigungsverständnis zu erarbeiten und in Form einer Grundlagenvorlesung öffentlich zugänglich zu machen. Neben dieser Vorlesung wurden die vielfältigen weiteren Forschungsergebnisse des TRR 188 auf wissenschaftlichen und industrienahen Fachtagungen im nationalen und internationalen Umfeld vorgestellt und diskutiert. Zu nennen sind hier u. a. CIRP, ICTP, ECCM, IDDRG, ESAFORM, GAMM, MSE, diverse DVM-Arbeitskreise und das vom TRR 188 in Dortmund veranstaltete erste Industriekolloquium.

Die Forschungen werden von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TU Dortmund (Sprecherhochschule) und der RWTH Aachen durchgeführt. Am Standort Dortmund sind aus der Fakultät Maschinenbau das Institut für Umformtechnik und Leichtbau (IUL), das Institut für Mechanik (IM) und das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) sowie aus der Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen der Lehrstuhl Baumechanik (BM) beteiligt. An der RWTH Aachen sind dies das Institut für Bildsamer Formgebung (IBF), das Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK) und das Institut für Metallkunde und Metallphysik (IMM) aus der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik sowie das Werkzeugmaschinenlabor (WZL) aus der Fakultät für Maschinenwesen und das Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE). Hinzu kommt der Lehrstuhl für Konstruktion und Fertigung der BTU Cottbus-Senftenberg und das außeruniversitäre Max-Planck-Institut für Eisenfor-

02

Forschung

schung GmbH (MPIE) in Düsseldorf. Unterstützt wird das interdisziplinäre Forschungsteam durch einen Industriekreis, der dem TRR 188 beratend zur Seite steht. Durch die Erfahrungen und Anregungen aus der industriellen Praxis erhält der Forschungsverbund wichtige Impulse für die weitere Forschungstätigkeit.

2.1.2 ReCIMP – Research Center for Industrial Metal Processing

Leitung Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. J. Lueg-Althoff

Die seit nunmehr sechs Jahren etablierte Kooperation mit dem internationalen Automobilzulieferer Faurecia wurde auch im Jahr 2019 erfolgreich fortgesetzt. In dem „Research Center for Industrial Metal Processing“ (ReCIMP) kooperiert das IUL mit den Faurecia-Sparten „Automotive Seating“ und „Clean Mobility“ in vielfältigen Projekten im Bereich innovativer Metallumformverfahren. 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 Forschungsrichtungen im Bereich Fertigungstechnik. Die Kooperation mit anderen Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen zum Aufbau eines Kompetenznetzwerks ist dabei ein willkommener Nebeneffekt. Außerdem fördert die Kooperation des IUL mit 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 Rohrrhalbzeugen

Die Projektbearbeitung erfolgt dabei themenspezifisch durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der verschiedenen IUL-Abteilungen. 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 2019 bearbeiteten Projekte.

Unterstützung erfahren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch zahlreiche studentische Hilfskräfte und Studierende, die Projekt- oder Abschlussarbeiten in den Projekten anfertigen. Seit Gründung des Forschungszentrums waren bereits weit mehr als 50 Studierende in ReCIMP-Projekten involviert; für mehrere aktuelle wissenschaftliche Angestellte des IUL war eine Abschlussarbeit in ReCIMP der Einstieg in die wissenschaftliche Karriere. Allein

im Jahr 2019 wurden acht Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten im Forschungszentrum verfasst.

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

Im Bereich der Charakterisierung moderner Stahlwerkstoffe wurde im Jahr 2019 der Fokus auf die Bewertung der globalen und lokalen Umformbarkeit gelegt. 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. Die messtechnische Bestimmung der Kenngrößen erfordert neue Ansätze und wurde in dem Projekt „Bewertung der globalen und lokalen Umformbarkeit von AHSS und Edeltählen“ anhand diverser Stahlgüten für

Erweiterung der Formänderungsgrenzen	Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion
Charakterisierung hochfester Stahlgüten	Bewertung der globalen und lokalen Umformbarkeit von AHSS und Edeltählen
	Einfluss der Schnittkante auf die Umformbarkeit von Stahl
	Adiabatisches Scherschneiden
Alternative Produktionsmethoden	Additive Fertigung von Schmiedewerkzeugen
	Temperaturunterstütztes Scherschneiden und Presshärten von Verzahnungen im Folgeverbundwerkzeug
	Umformtechnisches Fügen mittels Außenhochdruck
Flexible Produktion	Inkrementelle Blechmassivumformung
	Analyse der Gestaltabweichung bei nicht-runden Katalysatoren Gestaltvorhersage und Verbesserung beim Weiten von nicht-runden Rohren
Leichtbaustrukturen	Verarbeitung von Bauteilen mit einer Wandstärke kleiner 0,8 mm
Verarbeitung von Rohrrhalbzeugen	Betrachtung der Reibverhältnisse beim Hydroforming
	Charakterisierung von Rohrmaterial entlang der Prozesskette

Laufende Projekte

Abgeschlossene Projekte

Im Jahr 2019 bearbeitete Forschungsprojekte

Anwendungen aus den Bereichen „Sitztechnologie“ und „Abgasstrang“ untersucht. Ein kurzer Überblick über die Projektergebnisse wird im Kap. 2.4.7 gegeben.

Auf dem Gebiet der additiven Fertigung wurde untersucht, inwieweit sich diese Fertigungsverfahren für das Design von Schmiedewerkzeugen eignen. Mit einer konturnahen Werkzeugkühlung können kritische Temperaturspitzen im Schmiedeprozess abgemildert werden. Die flexiblen Verfahren der additiven Fertigung bieten einen großen Gestaltungsspielraum für solche Kühlkonzepte. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde der Effekt verschiedener Kühlkonzepte auf die Bauteil- und Werkzeugtemperatur numerisch untersucht.

Eine neuartige Prozesskette zur Herstellung von verzahnten Bauteilen wird im Projekt „Temperaturunterstütztes Scherschneiden und Presshärten von Verzahnungen im Folgeverbundwerkzeug“ untersucht, s. Kap. 2.4.8. Es wird erforscht, wie mittels einer geeigneten Temperaturführung die Härte des herzustellenden Werkstücks gezielt beeinflusst werden kann.

Neben Blechhalbzeugen werden insbesondere im Abgasbereich Rohrhalfzeuge eingesetzt. Aus Gründen der optimalen Bauraumausnutzung kommen dabei vermehrt nicht-runde Rohre zum Einsatz. Die numerische Simulation von Umformprozessen zur Verarbeitung solcher Rohrhalfzeuge ist Schwerpunkt des Projekts „Gestaltvorhersage und Verbesserung beim Weiten von nicht-runden Rohren“ (vgl. Kap. 2.2.2). Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf der Untersuchung des Einflusses verschiedener Prozessgrößen auf die Endgeometrie.

2.1.3 ReGAT – Research Group on Additive Technology

Ansprechpartner **Stephan Rosenthal, M. Sc.**
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ramona Hölker-Jäger
(in Elternzeit)

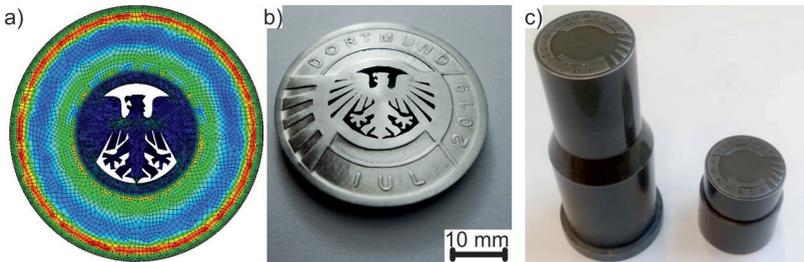
Die Arbeitsgruppe „Research Group on Additive Technology“ (ReGAT) beschäftigt sich mit der Kombination aus Umformtechnik und additiver Fertigung. Dabei verfolgt die Arbeitsgruppe das Ziel, die Flexibilität und Gestaltungsfreiheit additiver Fertigungsverfahren im Kontext und vorteilhaft für die Umformtechnik zu nutzen. Aktuelle Forschungen beschäftigen sich mit der Entwicklung von additiv hergestellten Halbzeugen für die umformtechnische Weiterverarbeitung sowie der Nutzung additiver Fertigungsverfahren zur Werkzeugherstellung oder als Bestandteil der umformtechnischen Fertigungskette.

Die ReGAT arbeitet mit zwei additiven Fertigungsmaschinen zur Herstellung metallischer Bauteile. Auf der einen Seite ein 5-Achs-Fräszentrum mit integrierter Einheit zum Laserpulverauftragsschweißen, welches die additive Fertigung und frästechnische Nachbearbeitung vereint. Damit lassen sich in einer Aufspannung Werkzeuge für die Umformtechnik zeit-, kosten- und materialeffizient und mit der Möglichkeit der Funktionsintegration herstellen. Dabei lassen sich Edelstahl und Werkzeugstahl additiv verarbeiten oder auch hybride Werkstoffkonzepte durch Materialmischungen umsetzen. In diesem Jahr wurde die Fertigungsmaschine im Rahmen eines Forschungsprojektes um die Möglichkeit der inkrementellen Blechumformung erweitert. Somit ist es möglich, drei Fertigungsverfahren (umformtechnisch, additiv, subtraktiv) in einer Aufspannung zu vereinen und anwendungsspezifisch Bauteile herzustellen.



Maschinen zur additiven Fertigung auf Basis von Metallpulver am IUL

Die zweite additive Fertigungsmaschine verwendet das Selektive Laserstrahlschmelzen (SLM) als Fertigungsprozess. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung hochfunktioneller metallischer Bauteile im Pulverbett mit filigranen Geometriedetails. Aktuelle Forschungen in diesem Bereich beschäftigen sich mit der Auslegung von im Pulverbettverfahren hergestellten Sandwichhalbzeugen mit für die Umformtechnik optimierten Kernstrukturen. Durch die nachgelagerte Umformung der Halbzeuge lässt sich die Produktivität der Prozesskette steigern.



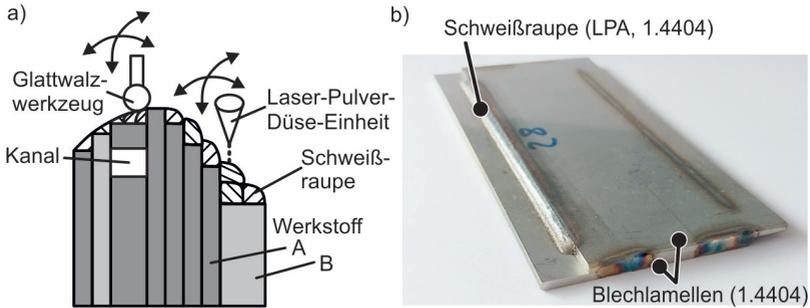
Additiv gefertigte Münze aus Edelstahl: a) numerische Simulation, b) Prägevorgang, c) Prägewerkzeug

Von März bis Juni 2019 führte Prof. Carlos Manuel Alves da Silva, Assistance Professor am „Instituto Superior Técnico“ der Technischen Universität Lissabon, seinen in 2018 begonnenen Gastaufenthalt am IUL fort. Seine Forschungsaktivitäten beschäftigen sich mit dem Prägen von additiv hergestellten Münzrohlingen für Sammlermünzen. Zur Auslegung der Vorform bestimmte er den Materialfluss im Prägevorgang mithilfe numerischer Simulationen und charakterisierte das additiv gefertigte Material im Stauchversuch. Zur Charakterisierung verschiedener Dehnungszustände untersuchte er ebenso neuartige, 3D-gedruckte Probengeometrien für den Stauchversuch.

Im Rahmen einer weiteren Kooperation mit Prof. Christopher Saldana von der Georgia Tech University werden additiv gefertigte Sandwichhalbzeuge mittels Computertomografie untersucht, um mit den so gewonnenen Geometriedaten die Formänderung numerisch vorherzusagen zu können. Die gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse werden auf der Konferenz ICTP 2020 vorgestellt.

Ein bei der DFG beantragtes Forschungsvorhaben zur Reduzierung des Treppenstufeneffekts bei Lamellenwerkzeugen mittels additiver und umformtechnischer Nachbearbeitung wurde zur Förderung bewilligt (TE 508/82-1). Bei dem in 2018 zum Patent angemeldeten Verfahren soll ein großvolumiger Grundkörper eines Werkzeugs oder eines Bauteils aus geschichteten Blechlammellen mit verschiedenen Dicken und unterschiedlichen Werkstoffen schnell und kostengünstig aufgebaut werden. Der hierbei auftretende Treppenstu-

feneffekt wird anschließend mittels Laserpulverauftragschweißen aufgefüllt und durch inkrementelles Glattwalzen und/oder Fräsen eingeebnet.



Reduzierung des „Treppenstufeneffekts“ beim Schicht-Laminat-Verfahren mittels Laserpulverauftragschweißen und Glattwalzen, a) Prinzip, b) Vorversuch

In einem weiteren durch die DFG bewilligten Forschungsvorhaben wird die Funktionalisierung additiv gefertigter Presshärtewerkzeuge mittels Glattwalzen erforscht (TE 508/75-1). Der Ansatz sieht vor, ein neues Werkzeugkonzept für das Presshärten zu entwickeln, wobei die Werkzeuge additiv mittels Laserpulverauftragschweißen gefertigt werden. Durch eine umformtechnische Nachbearbeitung mittels Walzen können lokal die Materialeigenschaften (Festigkeiten, Wärmeübergangskoeffizienten) angepasst werden. Die Idee hierbei ist, die aus dem Bauprozess resultierende typische raue Werkzeugoberfläche gezielt einzuebnet und darüber angepasste Kontaktbedingungen zur Beeinflussung des Werkstoffflusses bei der Warmblechumformung sowie des Wärmeübergangs zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück einzustellen.

Im Mai 2019 wurde das europäische Patent „Verfahren und Vorrichtung zur kombinierten Herstellung von Bauteilen mittels inkrementeller Blechumformung und additiver Verfahren in einer Aufspannung“ (EP3197633B1) erteilt. Die Technologie wird in einem durch die DFG geförderten Projekt zur Untersuchung einer neuartigen Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und Laserpulverauftragsschweißen zur Fertigung von Leichtbauteilen mit hoher Funktionsintegration (TE 508/68-1) erforscht.

In diesem Jahr wurden, gefördert durch die KARL-KOLLE-Stiftung, mehrere 3D-Druck-Workshops ausgerichtet. Dabei wurde den Lehrer/-innen von weiterführenden Schulen eine Einführung in die Technologie des kunststoffbasierten 3D-Druckens gegeben, um die Einbindung der additiven Fertigung im Schulunterricht vorzubereiten und zu fördern. Hierdurch soll bereits in der frühen schulischen Ausbildung das Interesse an den MINT-Fächern gestärkt werden.

2.1.4 Forschung für die Ingenieurausbildung – ELLI 2

ELLI 2 – Exzellentes Lehren und Lernen in den Ingenieurwissenschaften

Projektträger	BMBF/DLR
Projektnummer	01 PL 16082 C
Projektleiter	Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya
Ansprechpartner	Joshua V. Grodotzki M. Sc. (Leiter Arbeitsgruppe) Dipl.-Inf. Alessandro Selvaggio • Siddharth Upadhyya M. Sc. Oleksandr Mogylenko M. Sc.

Die Lehre in den Ingenieurwissenschaften wandelt sich zurzeit ebenso rasant wie die Technologie im Zuge von Industrie 4.0 selbst. Es wird eine Digitalisierung und Flexibilisierung der Lehre gefordert, um die Studierenden von heute auf das Arbeiten von morgen vorzubereiten. Ein solcher Wandel erfordert daher nicht nur auf technologischer Ebene Forschung für die Lehre, sondern auch im Bereich moderner, didaktischer Konzepte.

Das Verbundprojekt ELLI 2 der RWTH Aachen, der Ruhr-Universität Bochum sowie der Technischen Universität Dortmund, seit 2011 (ELLI) gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb des Qualitätspakts Lehre, vereint daher technologische mit didaktischer Forschung, um moderne Konzepte für die Lehre in den Ingenieurwissenschaften zu entwickeln, zu erproben und zu verbreiten.

Das Projekt ist dabei in vier übergeordnete Kernbereiche gegliedert:

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

An der TU Dortmund forschen Ingenieure des IUL gemeinsam mit den Hochschuldidakter/-innen des Zentrums für Hochschulbildung (zfb) an den Fragestellungen, wie zukünftig Ingenieure/-innen ausgebildet werden sollen. Innerhalb des Kernbereichs „Remote-Labore und virtuelle Lernwelten“ werden dabei am IUL zwei Maßnahmen beforscht: (1) der Ausbau der teleoperativen Prüfzelle und Integration neuer Experimente sowie (2) das virtuelle Umformtechnik-Labor.

Dank eines starken Teams konnte in diesem Jahr sowohl die Software- als auch Hardware-Entwicklung für die virtuellen und Remote-Labore vorange-



Das ELLI-Team vor dem Remote-Labor zur Materialcharakterisierung.

trieben werden. Die Remote-Zelle zur Materialcharakterisierung wurde dabei um den Stauchversuch erweitert, welcher nun zusätzlich zum Zugversuch an der Zwick Z250 per Remote-Zugriff verfügbar ist. Dozierende sowie Studierende können den Versuch nutzen, um sowohl Fließkurven bei höheren Umformgraden zu ermitteln als auch Effekte wie die Zug-Druck-Asymmetrie zu erfassen. Zudem wurde sowohl der Zugriff auf die Remote-Labore als auch die Ansteuerung der Maschinen selbst überarbeitet und auf den technisch neuesten Stand gebracht. Dies dient der Stabilität beim Zugriff auf die Labore und ermöglicht zugleich die Nutzung von verschiedensten mobilen und nicht-mobilen Endgeräten. Das neue System wurde erstmals im Zuge des Vorkurses für den internationalen Masterstudiengang MMT von Studierenden aus den verschiedensten Teilen der Erde genutzt.

Diese sowie weitere Entwicklungen wurden auf der diesjährigen International Conference on Remote Engineering und Virtual Instrumentation (REV) in Bangaluru, Indien, vorgestellt. Neben den Vorträgen konnten die Konferenzteilnehmer die Entwicklungen vor Ort in einer Demo-Session live testen. Alessandro Selvaggio erhielt für seinen Beitrag zum Remote-Stauchversuch den Best-Paper-Award. Die Teilnehmenden der Fachkonferenz für digitale Hochschullehre in NRW (e.Learn NRW) konnten ebenfalls die Remote-Labore in einem interaktiven Format selbstständig ausprobieren. Hierbei stand zudem die Vorstellung der neugegründeten HFD Community Working Group zum Thema Remote-Labore im Vordergrund. Anhand der Demonstration der bereits entwickelten Labore wurde das Interesse für diese Thematik bei den Hochschuldozierenden geweckt.

Neben diesen Konferenzbeiträgen wurde in diesem Jahr ein Beitrag im Herausgeberband Hochschullehre & Industrie 4.0, erschienen beim wbv-Verlag, gestellt. Dieser beschreibt neben den aktuellen ELLI-Forschungsergebnissen einen visionären Ausblick in die Zukunft der Ingenieurslehre von (über-)morgen. Somit wird die Brücke zwischen aktuellen Entwicklungen und dem, was zukünftig noch zu erforschen ist, geschlagen.

Neben der Verbesserung und Digitalisierung der eigenen Lehre am Institut, hierzu zählt auch die Unterstützung anderer Forschungsprojekte bei der Erstellung von Lehrinhalten wie bspw. der Damage-Vorlesung im TRR188, nutzt das Projekt seine Ressourcen, um sowohl fakultätsintern sowie -übergreifend für diese Thematiken zu sensibilisieren. In einer neu initiierten Workshopreihe können die wissenschaftlichen Mitarbeiter anderer Lehrstühle und Institute aus den Erfahrungen des Projektes zum Thema „Gute, digitale Lehre“ profitieren und das Erlernte in ihrer Lehre integrieren. Dabei werden durch das IUL u. a. die Themen interaktive Lehr-/Lernformate, „Flipped Classroom“-Konzepte, der Einsatz von Apps in der Lehre sowie Remote-Labore vorgestellt, da in diesen Bereichen entsprechende Erfahrungswerte durch die Tätigkeiten im ELLI-Projekt vorhanden sind.

Ein wesentlicher Bestandteil des ELLI 2-Projektes ist es, neben der universitären Lehre, moderne Technologien auch an Schulen zugänglich zu machen und für Technik im Allgemeinen zu begeistern. Zu diesem Zwecke wurde zum zweiten Mal ein Workshop für Lehrkräfte aller Schul- und Unterrichtsformen angeboten, in welchem das Thema 3D-Druck im Schulunterricht vermittelt wurde. Die Lehrkräfte können somit im Anschluss mit den von der KARL-KOLLE-Stiftung gespendeten 3D-Druckern in ihren Schulen als Vermittler/-innen dieser Technologien tätig werden. Mithilfe der Drucker können die Schüler/-innen sowohl das Arbeiten mit Produktionsmaschinen als auch das Konstruieren sowie Programmieren niederschwellig erlernen. Neben diesem Workshop engagieren sich die Mitarbeiter des ELLI-Teams auch an den universitären Angeboten MinTU, Girls'Day, der Schnupper-Uni sowie dem do-camp-ing. Bei allen Veranstaltungen stehen Schüler/-innen im Fokus und können in interaktiven Formaten das Studieren sowie moderne Technologien kennenlernen.

02

Forschung

2.2 Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik

Leitung Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Die Mitglieder der Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik entwickeln neue Versuche zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen für die Umformtechnik. Diese Daten werden für neue Materialmodelle und die Identifikation ihrer Materialparameter genutzt. Dabei spielt die Betrachtung der Mikrostruktur und ihr Einfluss auf die Bauteileigenschaften eine wichtige Rolle. Die Mitglieder der Abteilung entwickeln mit diesen Kenntnissen Prozesse wie das Hochgeschwindigkeitsscherschneiden weiter. Dabei werden höchstfeste Bleche in einem Schritt schergeschnitten. Aufgrund weiterer Vorteile, wie der hohen Fertigungsgenauigkeit der Schnittkanten, hat das Institut eine neue Maschine (ADIA CLIP 1000) für dieses Verfahren angeschafft. Im Jahr 2019 empfingen die Kollegen viele internationale Partner im Rahmen von Gastaufenthalten der Wissenschaftler Prof. Frederic Barlat aus Korea, Dr. Christopher Saldana aus den USA, Prof. Kaan Inal aus Kanada und Prof. Yanshan Lou aus China. Herr Dr. Clausmeyer organisierte den ersten Besuch einer Delegation der Firma Baosteel als Beginn einer Forschungskooperation.

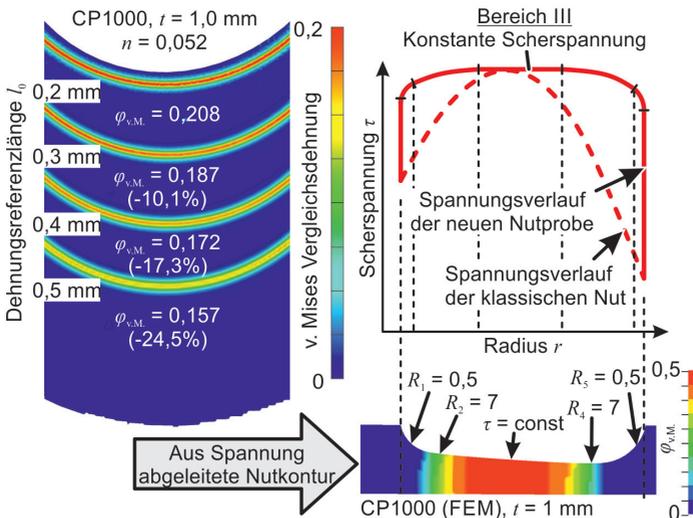


Mitglieder der Abteilung vor der neu angeschafften Hochgeschwindigkeitsscherschneidmaschine ADIA CLIP 1000

2.2.1 Neuartige ebene Torsionsprobe zur Charakterisierung von Schädigung und Verfestigung

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

Scherversuche, wie auch der ebene Torsionsversuch, zeigen eine Konzentration der Dehnung in einem schmalen Bereich der Probe. Durch den Einsatz der optischen Messtechnik (DIC) wird die Dehnung in einem diskreten Bereich der Probe gemessen. Lokale Dehnungsunterschiede innerhalb der diskreten Bereiche können nicht erfasst werden, wodurch je nach Messeinstellung und Werkstoff bis zu 25 % Abweichung der gemessenen Dehnungen resultieren kann. Der ebene Torsionsversuch eignet sich aufgrund der vollständigen analytischen Beschreibung des Versuches dazu, den zu erwartenden Fehler durch die Lokalisierung analytisch abzuschätzen. Dabei zeigt sich insbesondere der große Einfluss der Verfestigung auf den Messfehler. Durch eine neue, spannungsangepasste Nutform ist es möglich, entlang eines definierten radialen Bereichs eine konstante Dehnung zu erzeugen, wodurch die Lokalisierung keinen Einfluss auf die gemessenen Ergebnisse nimmt. In ersten experimentellen Tests mit der neuen Nut konnte der Messfehler unabhängig vom Werkstoff auf unter 2 % Abweichung reduziert werden.



Einfluss der Dehnungsreferenzlänge auf die gemessene Dehnung für CP1000 und neue, spannungsangepasste Nutkontur zur Vermeidung der Dehnungslokalisierung

2.2.2 Gestaltvorhersage und Verbesserung beim Weiten von nicht-runden Rohren

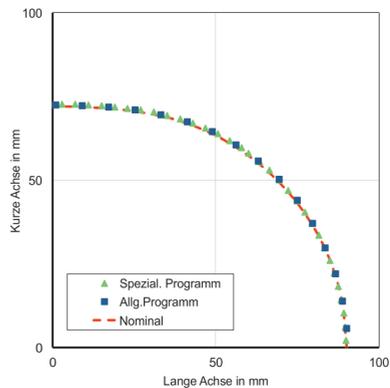
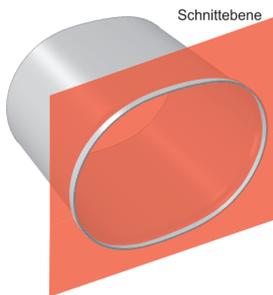
Projektträger

ReCIMP

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Till Clausmeyer

Die steigende Vielfalt der Modellvarianten der Automobilhersteller führt zu einer Großzahl unterschiedlicher Abgassysteme. Damit verbunden ist eine Anpassung von Bauteilgeometrien, wodurch sich komplexere Querschnitte ergeben. Zur Einhaltung der engen Formtoleranzen ist eine effiziente Prozessauslegung nötig, sodass neue Geometrien ohne zeitintensive Abstimmungsschleifen gefertigt werden können. Finite-Elemente-Modelle werden verwendet, um ovale, nicht-runde Rohrquerschnitte numerisch abzubilden. Für eine effiziente Prozessauslegung ergibt der Vergleich eines spezialisiert Umform-simulations-Programms (SP) und eines allgemeinen Simulations-Programms (GP) deutliche Unterschiede. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der berechneten Geometrien mit der Nominalkontur, allerdings unterscheiden sich die Berechnungszeiten deutlich (vgl. Bild). Darüber hinaus wird der Einfluss unterschiedlicher Fließkurven, die durch Zugversuche an den Bauteilen zu unterschiedlichen Prozessstadien ermittelt werden, sowie verschiedener Blechstärken auf die Endgeometrie untersucht.



	Lange Achse in mm	Kurze Achse in mm	Abweichung in %	Rechenzeit in h
Allg. Programm	90,31	72,59	0,22	13,9
Spez. Programm	89,91	72,82	0,84	0,05
Nominal	90,1	72,1	-	-

Vorhersage der aufgeweiteten Randgeometrie: Vergleich Nominalgeometrie und Simulationen mit SP und GP

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

Projektträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Projektnummer

SFB/TR 73 • Teilprojekt C4

Ansprechpartner

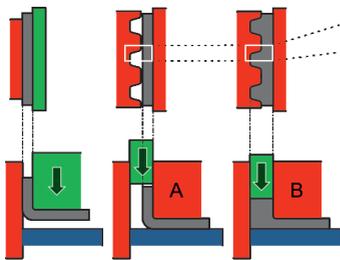
Florian Gutknecht M. Sc.

Die Blechmassivumformung umfasst die Anwendung von Massivumformverfahren auf Bleche und Blechbauteile. Diese Technologie ermöglicht die Integration verschiedenster Funktionselemente bei gleichzeitig effizienter Fertigung. Diese neuartige Verfahrensgruppe kombiniert üblicherweise stark nichtlineare Dehnpfade mit hohen lokalen Umformgraden. Metallische Werkstoffe weisen nach einer Änderung des Dehnpfades häufig abweichende plastische Eigenschaften (Fließspannung, Umformbarkeit) auf. Insbesondere das Phänomen der Querverfestigung – ein plötzlicher Anstieg der Fließspannung nach orthogonalem Dehnpfadwechsel – wird untersucht.

Numerische Untersuchungen haben gezeigt, dass u. a. beim seitlichen Ausformen von Verzahnungen nach einem Tiefziehprozess ein orthogonaler Dehnpfadwechsel im Bereich des Zahnfußes auftritt. Zusammen mit dem Institut für Werkstoffkunde an der Leibniz Universität Hannover wird der Einfluss des Lastwechsels auf die mikrostrukturelle Schädigung untersucht.

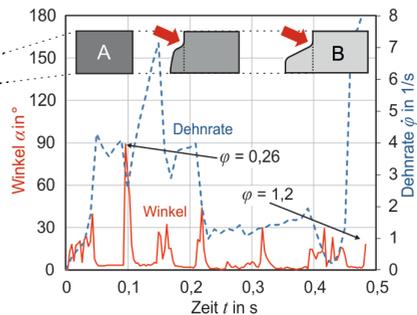
Zahnausformen

Kombiniertes Tiefziehen und Stauchen



- Tiefziehen erzeugt die Vorform
- Stauchen formt die Zähne aus

Dehnpfadanalyse am Zahnfuß



- Orthogonaler Dehnpfadwechsel beim ersten Werkzeugkontakt ($t = 0,1$ s)
- Große Umformgrade = Hohe Relevanz der Querverfestigung erwartet

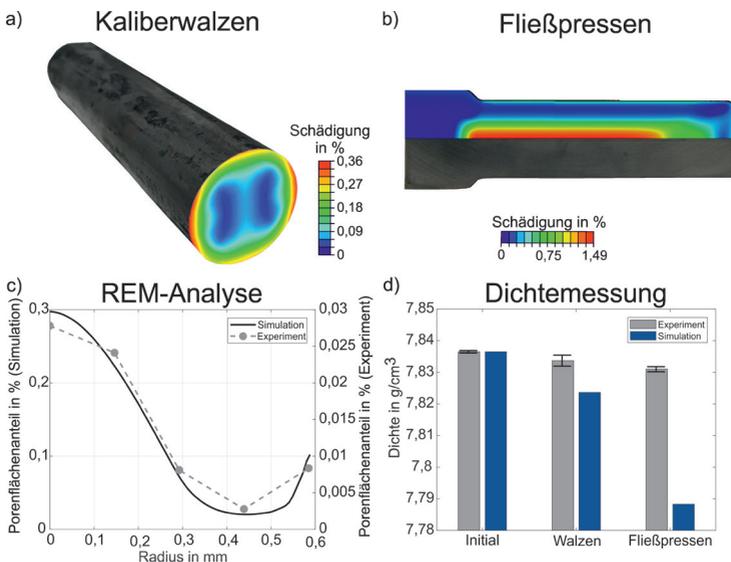
Zahnformen: Schematischer Prozess (links), Dehnpfadanalyse am Zahnfuß (rechts), φ zeigt die aktuelle Dehnung

2.2.4 Modellintegration für die Prozesssimulation

Projektträger
Projektnummer
Ansprechpartner

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

Im SFB/TRR 188 werden numerische Simulationen eingesetzt, um Umformprozesse optimal ausulegen. Bisher werden Prozesse hinsichtlich der Schädigung üblicherweise nur für einzelne Umformschritte untersucht. Die Schädigungsentwicklung bei der Halbzeugfertigung oder mehrstufigen Prozessen wird normalerweise nicht betrachtet, obwohl diese einen großen Einfluss auf die Bauteileigenschaften hat. In diesem Gemeinschaftsprojekt mit dem Institut für Mechanik wurde ein vierstufiger Kaliberwalzprozess mit anschließendem Fließpressen untersucht. Für die Vorhersage der Schädigung mittels FE-Simulationen wurde ein Lemaitre-Modell verwendet. Feldgrößen wie Spannungen und die Schädigung wurden entlang der Prozesskette analysiert. Die Schädigung beim Kaliberwalzen entsteht hauptsächlich am äußeren Rand, während die größte Schädigungsentwicklung beim Fließpressen in der Mitte zu beobachten ist. Daher beeinflusst das Kaliberwalzen die Schädigung fließgepresster Bauteile nur unwesentlich. Die Simulationsdaten wurden experimentell anhand von REM-Analysen und Dichtemessungen validiert.

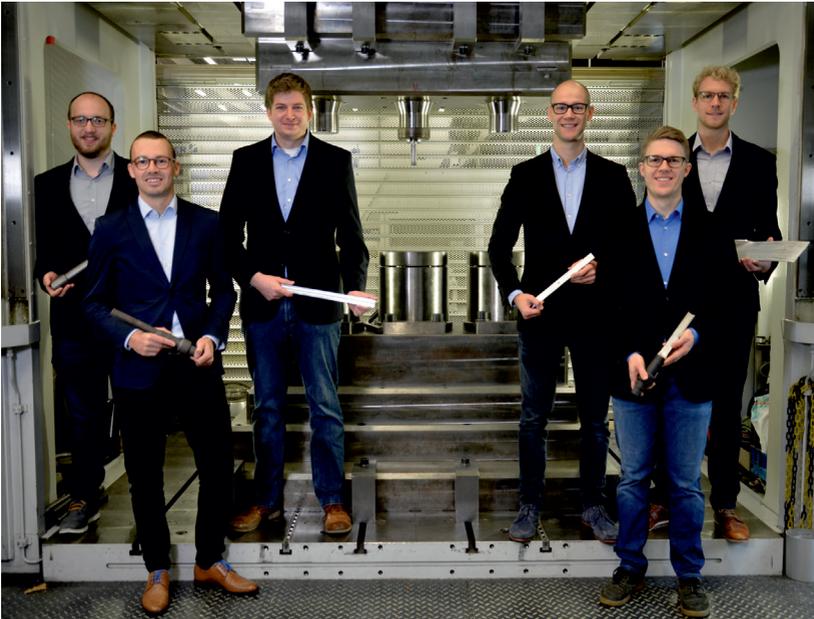


Schädigungsentwicklung beim Kaliberwalzen (a) und Fließpressen (b), Validierung anhand von REM-Untersuchungen (c) und Dichtemessungen (d)

2.3 Abteilung Massivumformung

Leitung Oliver Hering M. Sc.

Der Schwerpunkt der Abteilung Massivumformung liegt in der Untersuchung der Verfahren Fließpressen und Strangpressen. Es werden sowohl grundlagentechnische Fragestellungen als auch innovative Prozess- und Verfahrensvarianten untersucht. Im Bereich der Grundlagenforschung wird der Einfluss des bei Lastumkehr auftretenden Bauschingereffekts sowie der Einfluss der umforminduzierten Schädigung auf das Einsatzverhalten von fließgepressten Bauteilen untersucht. Das Auftreten von unerwünschten Längspressnahtabzeichnungen bildet einen Untersuchungsschwerpunkt im Bereich des Strangpressens. Die Prozessentwicklung zielt auf die Umsetzung von Leichtbau ab. Daher steht vor allem die Untersuchung von Prozessen zur Herstellung von Hybridbauteilen im Vordergrund. Durch die Verfahren Verbundfließpressen und Tiefzieh-Verbundfließpressen lassen sich leichte und belastungsangepasste Bauteile realisieren. Das Verbundstrangpressen ermöglicht die Kombination von verschiedenen Werkstoffen und die Einbettung funktionaler Strukturen wie Formgedächtniselemente.

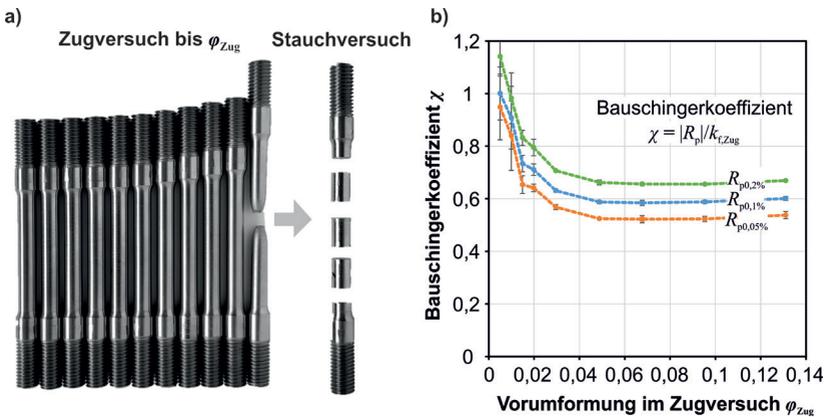


Die Mitarbeiter der Abteilung Massivumformung

2.3.1 Einfluss des mehrachsigen Bauschingereffektes in der Kaltmassumformung

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 Projektnummer TE 508/77-1
 Ansprechpartner Felix Kolpak M. Sc.

Das Ziel des Projektes ist die Untersuchung des Einflusses von Lastumkehr-
 effekten auf die Eigenschaften kaltumgeformter Bauteile. Es konnte zuvor
 gezeigt werden, dass Fließpressen zu einer starken Richtungsabhängigkeit
 der Verfestigung im fertigen Bauteil führt. Diese wird bei der bisherigen Bau-
 teilauslegung nicht berücksichtigt, wodurch sich fehlerhafte Vorhersagen der
 Bauteileigenschaften und bei der Berechnung der Prozesskräfte ergeben. Zur
 Erreichung der Ziele werden aktuell Methoden zur experimentellen Charak-
 terisierung des Bauschingereffektes und weiterer Lastumkehrerfekte wie der
 bleibenden Entfestigung und der Verfestigungsstagnation entwickelt und
 verglichen. Von Bedeutung ist hierbei insbesondere die Entwicklung der Phä-
 nomene mit der Vordehnung (vgl. Bild a). Erste Ergebnisse zeigen, dass sich
 der Bauschingereffekt bereits bei geringen Vordehnungen sättigt (vgl. Bild b),
 alle weiteren Lastumkehrerfekte jedoch kontinuierlich zunehmen. Weitere
 Untersuchungen umfassen den Einfluss des hydrostatischen Druckes sowie
 die Einflüsse der Werkstofftemperatur und Dehnrates.



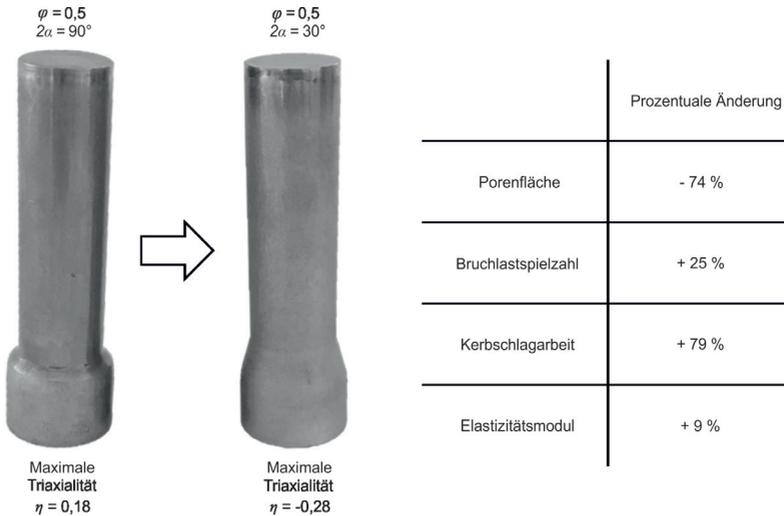
a) Charakterisierung von Lastumkehrerfekten, b) Sättigung des Bauschingereffektes

2.3.2 Beeinflussung der Schädigungsentwicklung beim Kaltfließpressen

Projektträger
Projektnummer
Ansprechpartner

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

Neben dem Einfluss von Eigenspannungen und der Kaltverfestigung hat auch die Schädigung in Form von Poren einen Einfluss auf das Einsatzverhalten von fließgepressten Bauteilen. Die Beeinflussung des Lastpfads durch geometrische und prozesstechnische Parameter, wie den Umformgrad, den Schulteröffnungswinkel und die Reibung, wurde numerisch untersucht. An gefertigten Bauteilen wurde die lastpfadabhängige Schädigung mikroskopisch bestimmt. Anschließend konnte der separierte Einfluss der Schädigung auf die Leistungsfähigkeit der Bauteile mithilfe von Messungen des E-Moduls, der Kerbschlagbiegearbeit und der Bruchlastspielzahl in Ermüdungsversuchen bestimmt werden. Eine Änderung des Schulteröffnungswinkels von $2\alpha = 90^\circ$ auf $2\alpha = 30^\circ$ führt zum Beispiel zu einer deutlich veränderten Leistungsfähigkeit des Bauteils (vgl. Bild). Im weiteren Verlauf des Projekts sollen mögliche Lastpfadänderungen bei der Herstellung mehrfach abgesetzter Wellen sowie bei der Nutzung von Gegendruck untersucht werden und die Folgen für die Leistungsfähigkeit der Bauteile aufgezeigt werden.



Einfluss einer Änderung des Schulteröffnungswinkels auf die Schädigung und Leistungsfähigkeit

2.3.3 Verbundfließpressen von fließgepressten Halbzeugen

Projektträger

Projektnummer

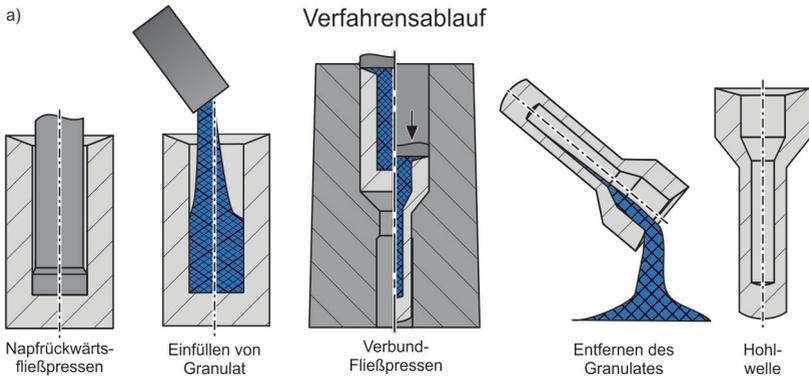
Ansprechpartner

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

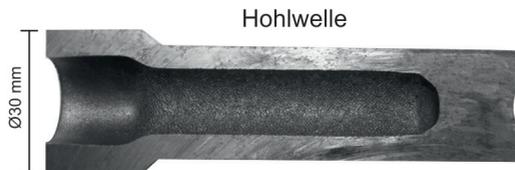
TE 508/54-2

Robin Gitschel M. Sc.

Bisher wurden erfolgreich Wellen aus einem Aluminium-Stahl-Verbund hergestellt. Dazu wurde in rückwärts-fließgepresste Stahlnäpfe ein zylindrischer Aluminiumkern eingelegt. Dieses hybride Halbzeug wurde anschließend durch Voll-Vorwärts-Fließpressen zu einer Verbundwelle verarbeitet. Zur weiteren Gewichtsreduzierung sollen Verbundwellen mit Magnesium oder Kunststoffkernen untersucht werden. Um gewünschte mikrostrukturelle und mechanische Eigenschaften einzustellen, müssen die gefertigten Bauteile wärmebehandelt werden. Dazu werden Strategien entwickelt, welche eine Behandlung des Stahlmantels ermöglichen, ohne den weicheren Kern negativ zu beeinflussen. Das Leichtbaupotenzial kann durch verlorene Kerne noch weiter gesteigert werden. Das Kernmaterial wird nach dem Voll-Vorwärts-Fließpressen entfernt, sodass eine Hohlwelle zurückbleibt (vgl. Bild). Insbesondere granulare Medien wie Zirkoniumoxid oder Quarzsand haben sich hierfür in Experimenten und numerischen Untersuchungen als geeignete Kernmaterialien herausgestellt.



b)

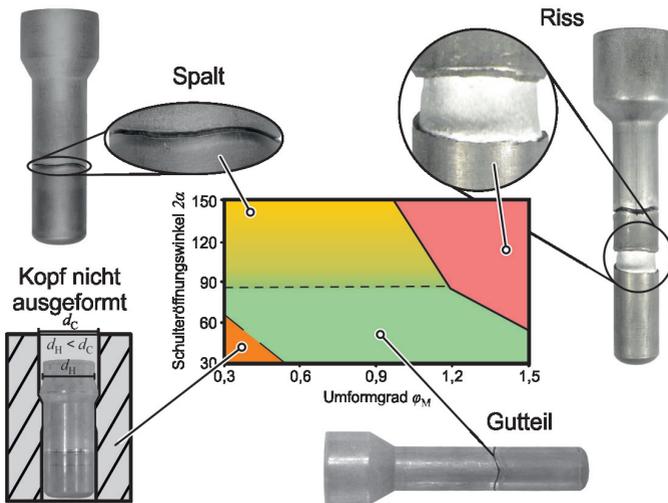


a) Herstellung von Hohlwellen durch Verbund-Fließpressen mit verlorenem Kern, b) Hohlwelle

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

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/61-1
Ansprechpartner	Johannes Gebhard M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Um die lokalen mechanischen Eigenschaften eines Bauteils einzustellen, ist die Kombination verschiedener Werkstoffe ein gängiger Ansatz. Das Tiefzieh-Verbundfließpressen (TVFP) kombiniert eine Blechrolle (z. B. Stahl) mit einem zylindrischen Kern (z. B. Aluminium), wobei der Blechwerkstoff die Flächeneigenschaften des Bauteils definiert. Im Rahmen der Bearbeitung wurde zunächst eine analytische Beschreibung der zugrunde liegenden Prozessmechanik entwickelt, die durch numerische und experimentelle Untersuchungen validiert worden ist. Es konnten die drei Prozessfehler Riss der Ronde, unzureichende Ausformung des Bauteilkopfes und Spaltenstehung am Bauteilkopf ermittelt und analysiert werden. Aufbauend auf den Ergebnissen wurde ein Prozessfenster bestimmt (vgl. Bild) und Strategien zur Erweiterung der Prozessgrenzen abgeleitet. Hierzu zählt unter anderem die Anwendung eines Gegendrucks und die zum Patent angemeldete Verfahrensvariante des „Aufweittiefzieh-Verbundfließpressens“, die es ermöglicht, jeden Wellenabsatz mit einem unterschiedlichen Werkstoff zu umhüllen.

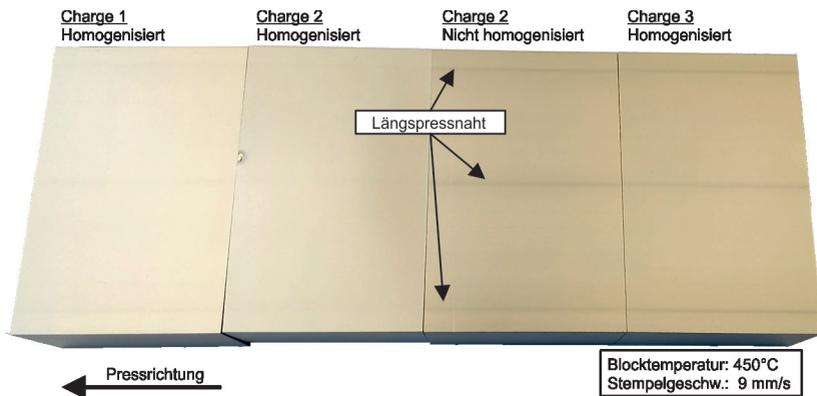


Prozessfenster TFVP: Kern = 3.3206, Ronde = 1.4301, Blechdicke = 1,5 mm, Ziehverhältnis = 1,8

2.3.5 Methoden zur Vermeidung der Längspressnahtabzeichnung bei eloxierten Aluminiumstrangpressprofilen

Projektträger	AiF/Stifterverband Metalle
Projektnummer	18756 N
Ansprechpartner	Johannes Gebhard M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Ein häufig auftretender Prozessfehler sind Längspressnahtabzeichnungen, welche sich erst nach dem Eloxieren des stranggepressten Bauteils zeigen und bei Sichtbauteilen zum Ausschuss führen. In Zusammenarbeit mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses Hueck, Gerhardi Alutechnik, HMT Höfer Metall Technik und Wilke Werkzeugbau wurden die Einflussfaktoren auf die Entstehung der Schweißnahtabzeichnungen der Prozesskette Blockgießen, Homogenisieren, Strangpressen und Eloxieren untersucht. Mittels Licht- und Elektronenmikroskopie wurde die Mikrostruktur durch das IAM-WK des KIT untersucht. Die experimentellen Untersuchungen zeigen, dass die Qualität der Gussblöcke, insbesondere die Homogenisierung und die genaue Legierungszusammensetzung, einen großen Einfluss auf die Nahtabzeichnung haben. Die Pressparameter Blockeinsatztemperatur und Stempelgeschwindigkeit haben hingegen nur einen geringen Einfluss. Das Bild zeigt die eloxierte Profilerfläche für unterschiedliche Gusschargen und Homogenisierungszustände.

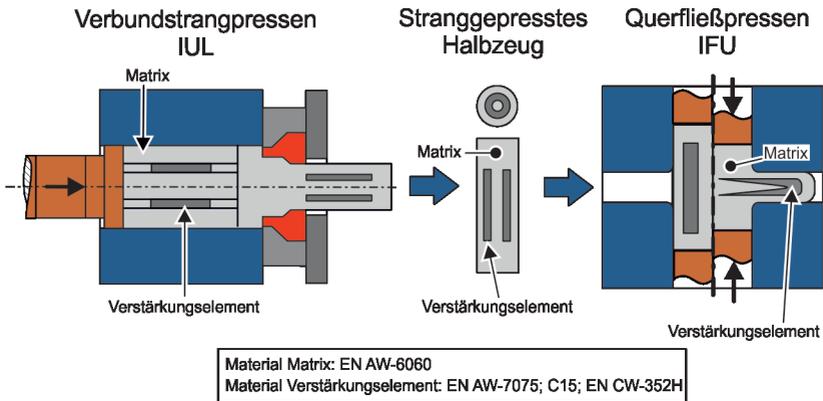


Vergleich der Einflüsse von Gusscharge und Homogenisierung des Pressblocks auf die Nahtabzeichnung

2.3.6 Herstellung flanschförmiger Bauteile durch Fließpressen verbundstranggepresster Halbzeuge

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 Projektnummer TE 508/72-1
 Ansprechpartner Patrick Kotzyba M. Sc.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Umformtechnik der Universität Stuttgart (IFU) wird die Herstellung flanschförmiger Bauteile durch Fließpressen verbundstranggepresster Halbzeuge erforscht. Dabei wird am IUL untersucht, wie zusammengesetzte Halbzeuge aus Aluminium mit innenliegenden rohrförmigen Verstärkungselementen durch Verbundstrangpressen hergestellt werden können. Am IFU findet im Anschluss eine Weiterverarbeitung durch Bundanstauchen oder Querfließpressen statt (vgl. Bild). Im Vergleich zu Bauteilen aus homogenem Material weisen diese Hybridbauteile eine gesteigerte Festigkeit, Steifigkeit und Funktionalität auf. Am IUL werden die Möglichkeiten zur stoffschlüssigen Verbindung des zusammengesetzten Blockes durch Anpassung der zugrunde liegenden Prozessparameter, wie zum Beispiel Pressverhältnis und Durchmesser sowie Wandstärke des rohrförmigen Verstärkungselements, beim Strangpressen untersucht. Für das Verstärkungselement werden die Werkstoffe Aluminium, niedriglegierter Stahl und Kupfer genutzt.



Prozessablauf zur Herstellung flanschförmiger Hybridbauteile

2.3.7 Umformtechnische Herstellung und Charakterisierung von Aktuatorprofilen, basierend auf Shape Memory Alloys

Projekträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Projektnummer

TE 508/45-2

Ansprechpartner

Oliver Hering M. Sc.

Projektstatus

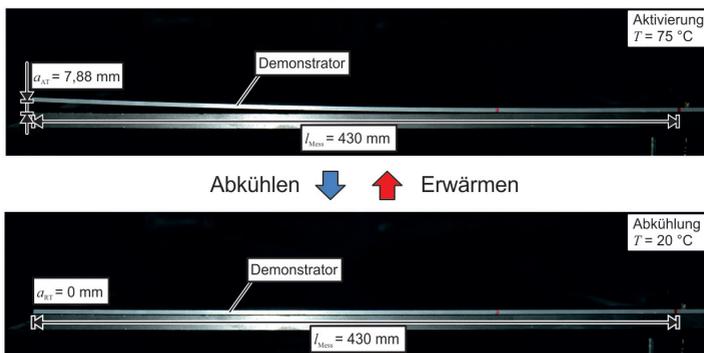
abgeschlossen

In Zusammenarbeit mit dem IAM-WK des KIT wurde im Rahmen des Projektes die Herstellung von Formgedächtnis-Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen mittels Verbundstrangpressen untersucht. Zur gezielten Auslegung der Profile wurden dabei experimentelle, analytische und numerische Methoden entwickelt und erprobt. Durch die Einbettung von Formgedächtnisdrähten (SM495) in Aluminiumprofile können die mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, Duktilität, Kerbschlagbiegearbeit) in Abhängigkeit der Temperatur signifikant gesteigert werden. Darüber hinaus kann durch eine gezielte exzentrische Positionierung sowie ein anschließendes Recken eine wiederholt nutzbare Biegefunktion im Profil erzeugt werden, wenn dieses thermisch aktiviert wird (vgl. Bild). Beide Effekte basieren auf der gezielten Einbringung von Druckspannungen in die Aluminium-Matrix, welche durch den eingebetteten Formgedächtnisdraht erzeugt und aufgrund der festen Verbindung beider Verbundpartner übertragen werden können.

Demonstrator (Querschnitt):



Thermische Aktivierung (Umluftofen):

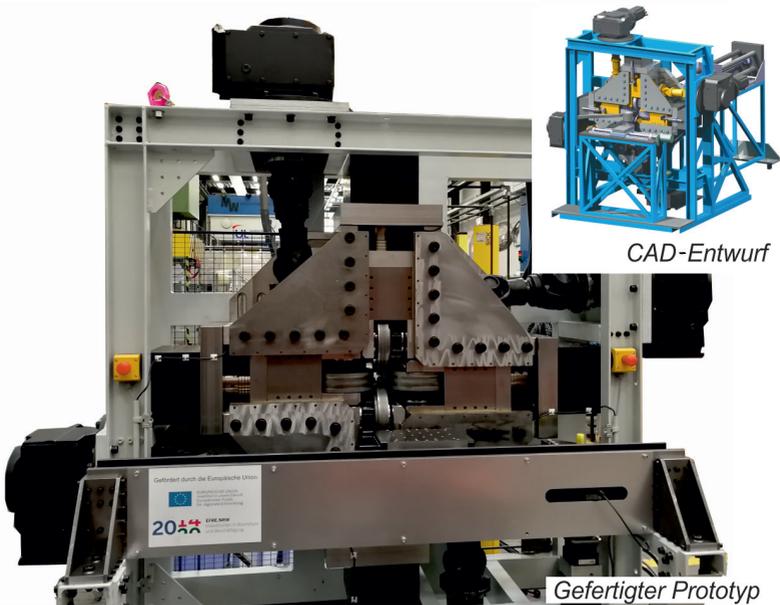


Wiederholt nutzbare Biegefunktion eines Verbundprofils

2.4 Abteilung Profil- und Blechumformung

Leitung Dr.-Ing. Christian Löbbe

Der Fokus der Abteilung ist gerichtet auf neue Verfahren für das Umformen von Profilen, Rohren und Blechen sowie auf die Grundlagen für bekannte Umformprozesse. Darüber hinaus werden Prozessoptimierungen realisiert und industrielle Forschungsdienste geleistet. In 2019 wurde so das inkrementelle Rohrumformen für luftfahrtrelevante Rohrbauteile qualifiziert, das durch das integrierte Drückverfahren eine besondere gestalterische Freiheit zulässt. Weiterhin wurden Grundlagen zum Rohraufweiten und Presshärten mit granularen Medien gewonnen, die nun anhand von Prozessgrenzen für die Prozessvarianten vorliegen. Für das Profilbiegen wurde ein Gesenkbiegeprozess optimiert, der die Faltenbildung ausschließt. Derzeit laufende Arbeiten sind ausgerichtet auf die Kontrolle der Schädigung für eine bessere Leistungsfähigkeit gebogener Bauteile, das Profilbiegen unter Druckspannungen und bei erhöhten Temperaturen für eine höhere Formgenauigkeit, die Untersuchung der Duktilität hochfester Stähle und das thermomechanische Umformen für verbesserte Umform- und Produkteigenschaften.



Das Bild zeigt den neuen Eigenbau zum Profilbiegen mit Druckspannungsüberlagerung

2.4.1 Presshärten von Rohren durch granulare Medien

Projektträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Projektnummer

TE 508/52-1 • SP 714/12-1 • BO 4174/2-1

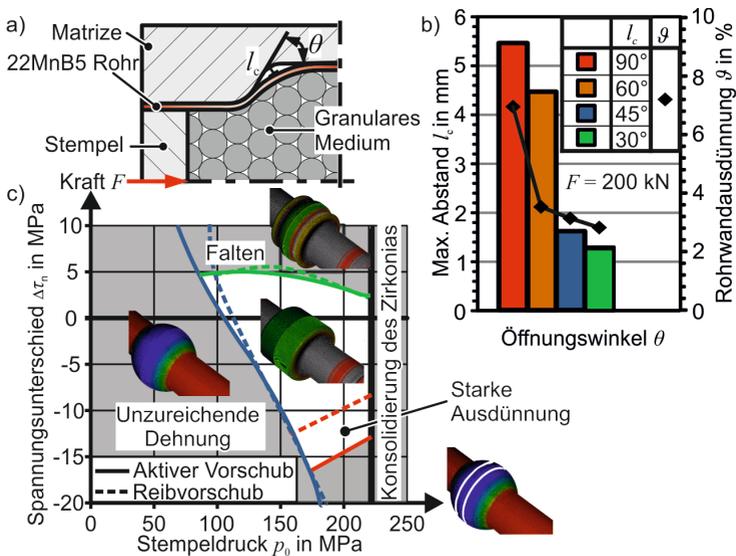
Ansprechpartner

Eike Hoffmann M. Sc. • Sigrid Hess M. Sc.

Projektstatus

abgeschlossen

Die Prozesskombination aus Presshärten und Innenhochdruckumformung ermöglicht die Herstellung hochfester und steifer rohrförmiger Bauteile. Als alternatives Umformmedium kamen granulare Partikel zum Einsatz. Diese besitzen aufgrund ihres inneren Reibungszustandes eine inhomogene Kraft- und Druckverteilung, sodass sie sich von konventionellen Umformmedien unterscheiden. Es zeigte sich, dass der axiale Vorschub des Rohrs über die Reibungskoeffizienten zwischen Matrize/Granulat und Rohr/Matrize unterstützt wird, sodass eine höhere Reibung des Granulats das Fließverhalten des Rohrs positiv beeinflusst. Leider verringert die Reibung im Medium gleichzeitig den übertragenen Axialdruck. Durch aktiven Axialvorschub und Anpassung der Matrizeometrie (vgl. Bild b) konnte das Prozessfenster im Bereich der Rohrwandausdünnung nennenswert erweitert werden (vgl. Bild c). Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Materialphysik im Weltraum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln bearbeitet



a) Matrizegeometrie, b) Einfluss der Matrizegeometrie auf Rohrwandausdünnung, c) Prozessfenster

2.4.2 Schädigungsbeeinflussung bei der Biegeumformung

Projektträger

Projektnummer

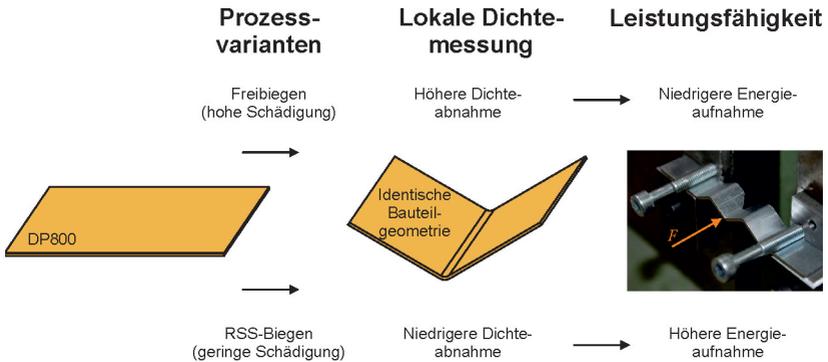
Ansprechpartner

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

SFB/TRR 188 • Teilprojekt A05

Rickmer Meya M. Sc.

Biegeteile aus hochfesten Stahlwerkstoffen werden vielfach durch klassische Biegeprozesse wie Frei- und Gesenkbiegen hergestellt. Eine Einstellung des Spannungszustandes am Außenbogen ist bei diesen Verfahren über konventionelle Prozessparameter ohne Geometrieänderung nicht möglich. Der Spannungszustand während des Biegens kann daher nur durch extern aufgebraute Druckspannungen beeinflusst werden. Dazu ist das Biegen mit radialer Spannungsüberlagerung (RSS-Biegen) entwickelt worden. Das Verfahren ist in der Lage, Druckspannungen in der Umformzone zu überlagern. Diese führen zu einer geringeren Schädigungsevolution im Bauteil. Die Schädigungsreduktion kann mittels lokaler Dichtemessungen und der Rasterelektronenmikroskopie nachgewiesen werden. Die verringerte Schädigung führt beispielsweise zu erhöhten aufnehmbaren Schlagenergien. Zur Prüfung der Kerbschlagarbeit gebogener Bauteile ist eine modifizierte Probengeometrie mit mehrfacher Biegung genutzt worden (vgl. Bild). Der Einfluss der Verfestigung auf die Kerbschlagarbeit kann über identische Bauteilgeometrien separiert werden.



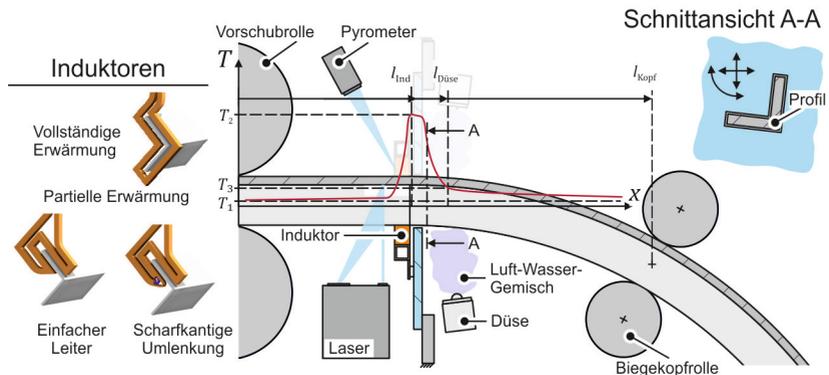
Einfluss unterschiedlicher Prozesse auf die Schädigung und die Leistungsfähigkeit gebogener Bauteile

2.4.3 Kinematisches Profilbiegen mit partieller Erwärmung des Querschnitts

Projekträger
 Projektnummer
 Ansprechpartner

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 TE 508/74-1
 Eike Hoffmann M. Sc.

In diesem Projekt wird die Eignung von partiell erwärmten Profilen auf die Gradierung von mechanischen Eigenschaften und die Reduktion von Geometrieabweichungen beim Biegen untersucht. Hierzu werden vorzugsweise unsymmetrische Profile induktiv erwärmt und nach dem Umformprozess durch ein Luft-Wasser-Gemisch abgeschreckt, wodurch eine partielle Durchhärtung im behandelten Schenkel erreicht wird. Speziell beim Biegen von unsymmetrischen Profilen treten vermehrt Abweichungen von der Sollgeometrie auf. Durch die thermische Entfestigung in einem der Schenkel wird die Position des Schubmittelpunktes verlagert. Hieraus resultiert eine Reduktion der Profilverdrehung. Durch die Entfestigung soll zusätzlich das Ausknicken und die Faltenbildung verhindert werden. Momentan wird in diesem Prozess das Verhalten von L-Profilen untersucht. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass im Vergleich zu einer Belastung des nicht erwärmten Schenkels bei der Belastung des erwärmten Schenkels verstärkt Faltenbildung im Profil auftritt.



Geringe Geometrieabweichung beim Biegen von unsymmetrischen Profilen, wenn ein Schenkel erwärmt wird

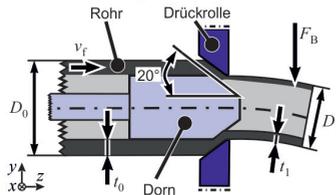
2.4.4 Freiformbiegen luftfahrtrelevanter Rohrbauteile

Projektträger	BMW/DLR
Projektnummer	20W1514B
Ansprechpartner	Rickmer Meya M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

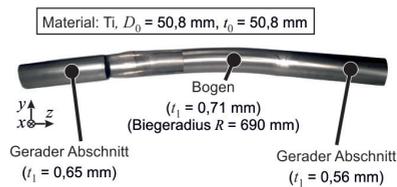
Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens lag in der Entwicklung und Qualifizierung von rüstarmen Fertigungstechnologien zur Herstellung luftfahrtgerechter gebogener Rohrbauteile. Es bestand eine Kooperation mit PFW Aerospace GmbH. Neben der grundlegenden Analyse freiformgebogener Rohre aus Titan und Titanlegierungen mit dem Verfahren der inkrementellen Rohrformung wurden in dem Projekt spezielle Rohrbauteile mit rüstarmen Freiformbiegeverfahren hergestellt.

Zum einen wurden maßgeschneiderte gebogene Rohre, sog. Tailored Tubes, gefertigt (vgl. Bild a). Dazu wird beim IRU-Verfahren ein Dorn verwendet und beim Drückprozess gezielt die Wanddicke und ggf. der Außendurchmesser angepasst. Mit diesem Fertigungsverfahren kann aufwendiges Verschweißen einzelner Rohrsegmente mit unterschiedlichen Wanddicken und der dazugehörige Prüfaufwand vermieden werden. Zum anderen wurden gebogene doppelwandige Rohre mithilfe einer neuen Verfahrenskombination aus rollenbasiertem Freiformbiegen mit integriertem Umformen des Außenrohrs erstellt (vgl. Bild b). Hierbei sind die Umformrollen profiliert.

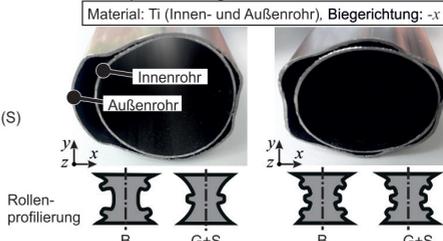
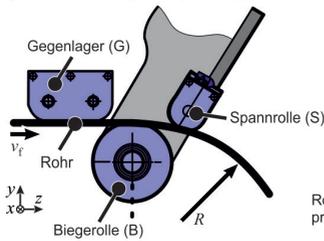
a) Verfahrensprinzip Tailored Tubes



Demonstrator



b) Verfahrensprinzip Doppelwandrohre Beispiele hergestellter Querschnitte

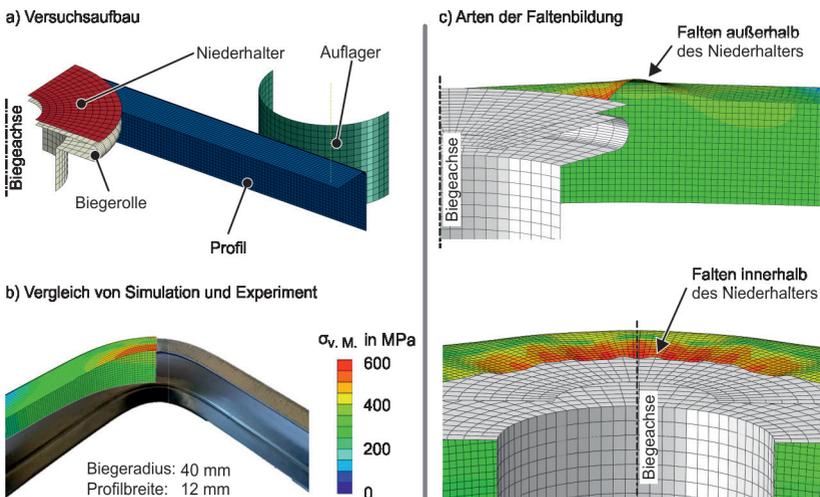


a) Tailored Tubes: Prinzip und Demonstrator, b) Doppelwandrohre: Verfahren und Querschnitte

2.4.5 Verfahren zur Fertigung gebogener Profile mit kleinen Biegeradien und geschlossenen Konturen

Projektträger	BMWi/ZIM-ZF
Projektnummer	ZF4101104US6
Ansprechpartner	Johannes Gebhard M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Das Biegen von CNC-gestanzten Blechen zu Profilen ist eine flexible und wirtschaftliche Möglichkeit für die Fertigung von Rahmenstrukturen. Bislang war die durch Umformtechnik herstellbare Geometrie auf große Radien beschränkt. In Zusammenarbeit mit der FLORA GmbH & Co. KG wurden unterschiedliche Verfahren zum Fertigen von kleinen Radien numerisch, analytisch und experimentell untersucht. Zur wirtschaftlichen Fertigung kleiner Stückzahlen muss ein Prozessverständnis aufgebaut werden, um Fehlversuche und Ausschuss zu vermeiden. Das erzielbare Biegeverhältnis ist besonders durch Faltenbildung eingeschränkt und konnte durch Einfall des Profilgrundes, Abstützung der Profilwände und Anpassung der Hebelarmlänge deutlich reduziert werden. Das Bild zeigt a) den Versuchsaufbau, b) den Vergleich von Simulation und Experiment und c) die hier auftretenden Falten. Um eine individuelle Fertigung zu ermöglichen, wurde ein modulares Werkzeugkonzept entwickelt, welches das Biegen von verschiedenen Profilgeometrien, Blechdicken und Biegeradien ermöglicht.

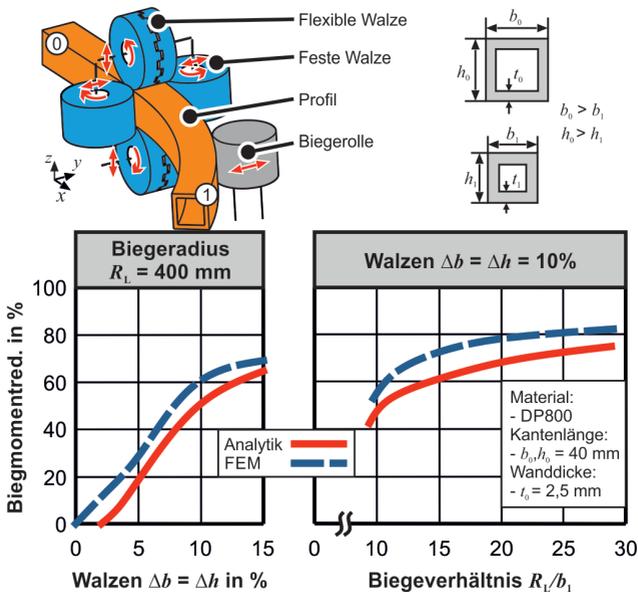


a) Versuchsaufbau, b) Vergleich von Simulation und Experiment, c) auftretende Falten

2.4.6 Entwicklung eines Verfahrens zum Profilbiegen mit Druckspannungsüberlagerung durch Walzen

Projektträger	LeitmarktAgentur.NRW
Projektnummer	EFRE-0400139
Ansprechpartner	Juri Martschin M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Beim Biegen von Profilen aus hochfestem Stahl können sich Biegespannungen von über 1000 MPa einstellen. Hohe Biegespannungen bedingen Prozesslimitierungen wie die Faltenbildung am Profillinienbogen oder die Deformation des Profilquerschnitts. Im Rahmen der NRW-Patent-Validierung wird deshalb ein kombinierter Walz- und Biegeprozess für hochfeste Stähle entwickelt, welcher die Biegespannungen durch eine Druckspannungsüberlagerung reduziert. Zur Quantifizierung der Spannungsreduktion wurde mit numerischen Simulationen das resultierende Biegemoment bestimmt (vgl. Bild). Zusätzlich wurde zur einfachen Prozessauslegung ein analytisches Modell entwickelt. Ein Vergleich der aufzubringenden Biegemomente unter Einbeziehung der Querschnittsänderung zeigt, dass eine Biegemomentreduktion bis 80 % erzielt wird. Derzeit befindet sich die Anlage zur Erprobung des Prozessprinzips im Aufbau.



Biegemomentreduktion beim Biegen mit Druckspannungsüberlagerung durch Walzen bei konst. Biegeradius R_L und konst. Walzen um $\Delta b = \Delta h$

2.4.7 Bewertung der globalen und lokalen Umformbarkeit von AHSS und Edelstählen

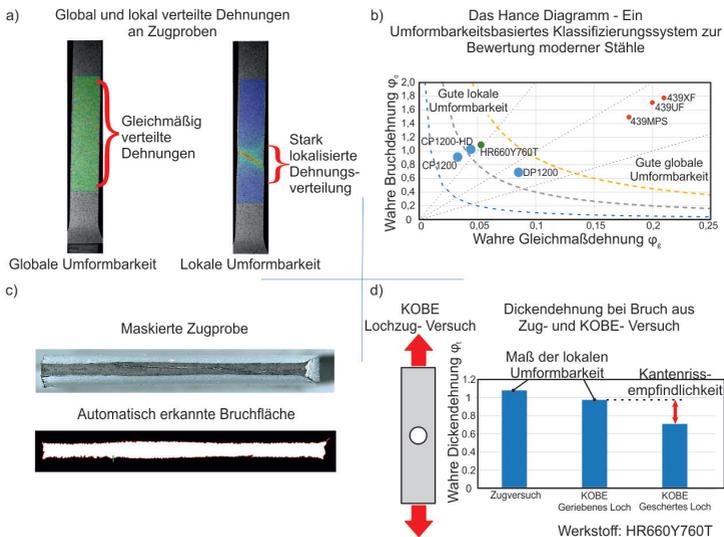
Projektträger

ReCIMP

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Christian Löbbe

Die Werkstoffeigenschaft, gleichmäßig verteilten Dehnungen versagensfrei standzuhalten, wird als globale Umformbarkeit bezeichnet. Umgekehrt hilft eine hohe lokale Umformbarkeit, Bruch unter stark lokalisierten Dehnungen zu vermeiden (vgl. Bild a). Je nach Umformprozess ist eine bessere Leistung unter einer dieser Bedingungen erwünscht. Die Darstellung der lokalen Umformbarkeit (wahre Bruchdehnung φ_0) über der globalen Umformbarkeit (wahre Gleichmaßdehnung φ_g) ermöglicht die systematische Bewertung verschiedener Stahlgüten (vgl. Bild b). Üblicherweise wird die für die φ_0 -Berechnung benötigte Bruchfläche manuell gemessen. Um Ungenauigkeiten durch unregelmäßige Bruchgrenzen und übermäßiges Einschnüren zu vermeiden, wird ein automatischer Ansatz zur Flächenerkennung entwickelt (vgl. Bild c). Neben der lokalen Umformbarkeit muss auch die scherinduzierte Kantenrissempfindlichkeit charakterisiert werden. Der KOBE-Lochzugversuch zur Charakterisierung der lokalen Umformbarkeit und der Rissempfindlichkeit ist eine praktikable Alternative zum fehleranfälligen Lochaufweitungsversuch (vgl. Bild d).



a) Globale/Lokale Umformbarkeit, b) Hance-Diagramm, c) automatische Bruchflächenerkennung, d) KOBE-Versuch

2.4.8 Temperaturunterstütztes Scherschneiden und Presshärten von Verzahnungen im Folgeverbundwerkzeug

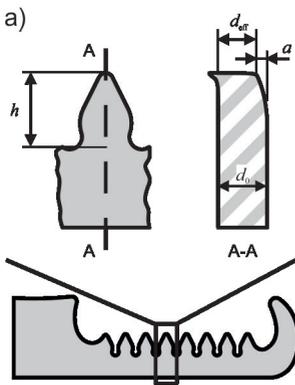
Projektträger

ReCIMP

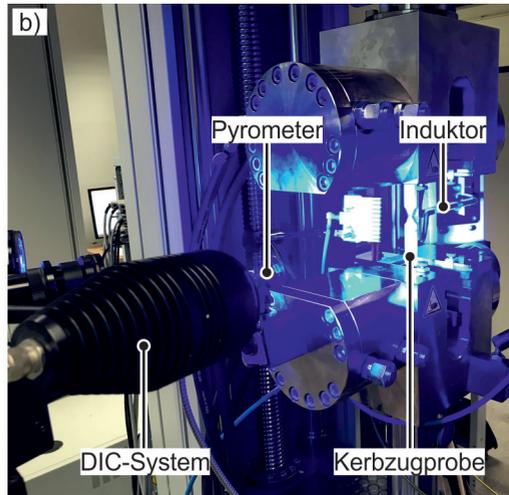
Ansprechpartner

Dr.-Ing. Christian Löbbe

Im Automobilbau existiert ein Zielkonflikt zwischen dem Bestreben nach leichten Komponenten und einer Aufrechterhaltung der Crashesicherheit. Eine Lösung ist der Einsatz von pressgehärteten Stählen. Im Rahmen des ReCIMP-Projekts wird exemplarisch die Herstellung einer pressgehärteten Verzahnung im Folgeverbundwerkzeug für PKW-Sitzgetriebe untersucht. Dabei sollen hohe Anforderungen an das Produkt (vgl. Bild a) bei gegebener Bauteilkomplexität und zu geringen Kosten für große Stückzahlen realisiert werden. Durch eine Variation der Aktivelemente im Folgeverbund wird der Einfluss verschiedener Vorschnitte berücksichtigt. Eine Anpassung der im Werkzeug integrierten induktiven Erwärmung sowie der Taktrate und der Servokurve erlaubt eine Einflussnahme auf die Bauteilhärtung. Zusätzlich wird das Zusammenspiel der thermomechanischen Prozessparameter durch Zugversuche untersucht (vgl. Bild b) und mittels numerischer Simulation modelliert.



- Minimaler Kanteneinzug
- Härte über 500 Hv10
- Geringe Rauheit
- Vermeidung von Zunder

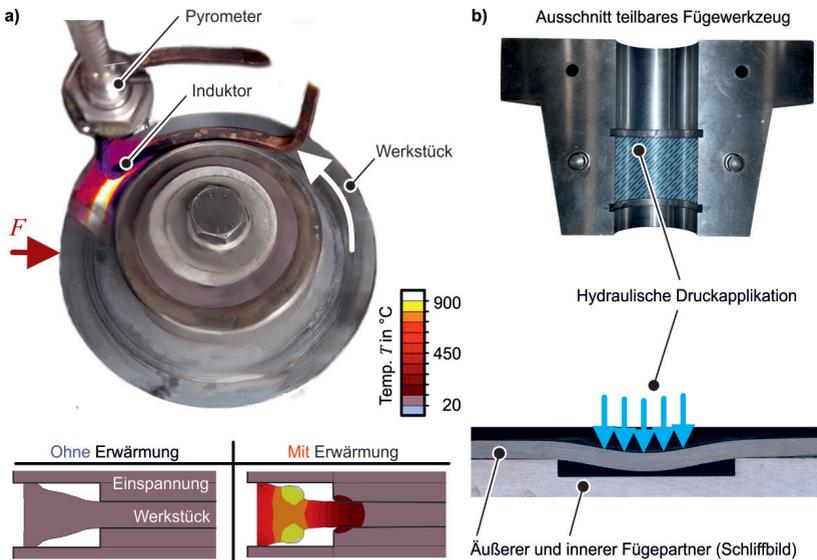


a) Anforderungen an das geschnittene Produkt, b) Zugversuche zur Werkstoffcharakterisierung

2.5 Abteilung Sonderverfahren

Leitung Marlon Hahn M. Sc.

Die Abteilung Sonderverfahren erforscht Technologien, welche eindeutige Vorteile gegenüber konventionellen Umformverfahren bieten, etwa die Realisierung höherer Formänderungsgrenzen. Die betrachteten Prozesse zeichnen sich entweder durch ihre Neuheit aus oder sind derart komplex, dass eine breite industrielle Anwendung bisher nicht erfolgt ist. Aktuelle Themenfelder sind die Hochgeschwindigkeitsumformung, Fügen durch Umformen, das Umformen hybrider oder neuartiger Halbzeuge sowie die inkrementelle Umformung. Letzteres beinhaltet etwa die Untersuchung der Nutzbarmachung thermischer Energie zur Umformung höherfester Werkstoffe mittels Blechmassivumformung (vgl. Bild a). So können auch Prozesskräfte und damit ebenso die Werkzeugbelastung gesenkt werden. Ein aktuelles Fügethema stellt beispielsweise die hydraulische Außenhochdruckumformung profilartiger Werkstücke dar (vgl. Bild b). Im Rahmen aller Aktivitäten werden numerische und analytische Ansätze verfolgt sowie aktuelle Messtechnik verwendet, um ein tiefes Prozessverständnis zu gewährleisten. Aktuell besteht das Team aus neun Wissenschaftlern.

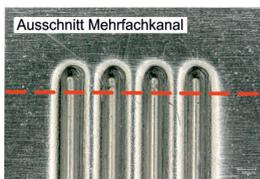
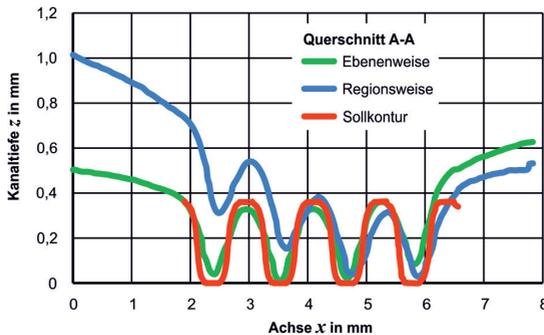


Beispiele Sonderverfahren: a) Erwärmung für die Randaufdickung, b) Rohr-Außenhochdruckfügen

2.5.1 Entwicklung der inkrementellen Mikroumformung zur Funktionsmusterherstellung metallischer Bipolarplatten

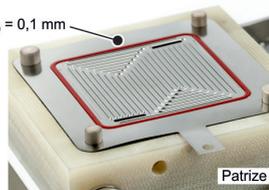
Projektträger	AiF/FOSTA
Projektnummer	14 EWN/P1247
Ansprechpartner	Lennart Tebaay M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

In der Entwicklung erfolgte die Herstellung der Funktionsmuster von metallischen Bipolarplatten für Brennstoffzellen bislang kostenintensiv mittels Tiefziehen oder Hydroforming. Als flexible Alternative für die Herstellung der Flowfields wurde die inkrementelle Mikroumformung eingeführt. Als Ausgangshalbzeuge wurden Edelstahlfolien (Dicke $s_0 = 0,1$ mm) betrachtet. Im Hinblick auf eine erforderliche Minimierung der Reibung zwischen dem filigranen Werkzeug und der Folie wurden drei unterschiedliche Werkzeugkonzepte entwickelt und erprobt: ein starres, ein rotierendes sowie ein oszillierendes Stichelwerkzeug. Zur Erhöhung der Konturgenauigkeit der Flowfields wurden verschiedene Prozessführungs- beziehungsweise Bahnstrategien untersucht (vgl. Bild). Der nach der Umformung verbleibende rückfederungsbedingte Verzug konnte durch eine Wärmebehandlung minimiert werden. Die erfolgreiche Erprobung des Einsatzverhaltens der Bauteile in einem Einzeller wurde in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Brennstoffzellen Technik ZBT GmbH durchgeführt.



Bipolarplatte, $s_0 = 0,1$ mm
(mit Dichtung)

Querschnitt A-A

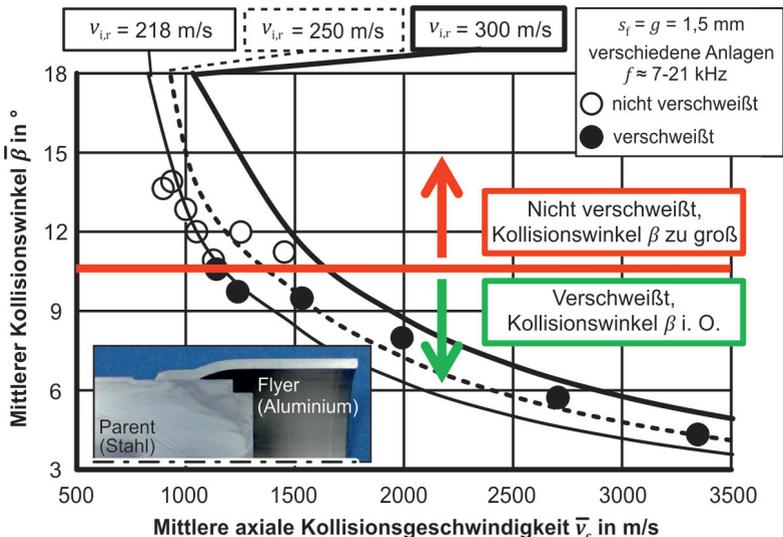


Geometrievergleich in Abhängigkeit der Bahnstrategie in der Mikroumformung

2.5.2 Gezielte Einstellung der Nahtausbildung beim Fügen durch Magnetpulsschweißen

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/39-3 (SPP 1640 • Teilprojekt A1)
Ansprechpartner	Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jörn Lueg-Althoff
Projektstatus	abgeschlossen

Mit der dritten Projektphase des DFG-Schwerpunktprogramms 1640 („Fügen durch plastische Deformation“) wurden die grundlegenden Untersuchungen zum Magnetpulsschweißen von rohrförmigen Fügepartnern abgeschlossen. In Kooperation mit dem Institut für Fertigungstechnik der TU Dresden wurden unter anderem neuartige Messsysteme entwickelt, die es ermöglichen, den Einfluss der Aufprallenergie, der Fügepartnerpositionierung und -konturierung sowie der Entladefrequenz auf die Kollisionsbedingungen und den Verschweißmechanismus zu untersuchen (vgl. Bild). Der Einfluss der Wandstärke s_f des beschleunigten äußeren Fügepartners („Flyer“) wurde ebenfalls erforscht. Es zeigte sich, dass bei gleichen Aufprallgeschwindigkeiten $v_{i,r}$ größere Wandstärken zwar eine höhere kinetische Energie mit sich bringen, jedoch das axiale Umformverhalten entscheidender für die Verbindungsaus- bildung ist. Bei größeren Flyerwandstärken entstehen im Mittel kleinere Kollisionswinkel β . Dies führt zu höheren Temperaturen im Fügespalt, was die Schweißnahtausbildung begünstigt.

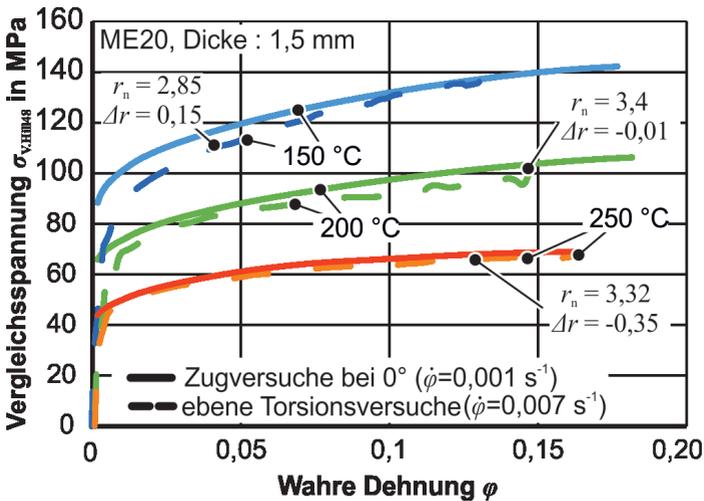


Schweißparameterfenster in den Dimensionen \bar{v}_c und $\bar{\beta}$

2.5.3 KuMag – Entwicklung hybrider Kunststoff/Magnesium-Werkstoffverbunde für Ultraleichtbauanwendungen (KuMag)

Projektträger	LeitmarktAgentur.NRW
Projektnummer	EFRE-0800113
Ansprechpartner	Hamed Dardaei Joghnan M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

In Zusammenarbeit mit dem IKV Aachen, JUBO, KODA und TWI wurde das kombinierte Verfahren zur Herstellung hybrider Kunststoff/Magnesium-Verbundwerkstoffe entwickelt, um eine effiziente Leichtbaulösung bereitzustellen. Hierzu war das Projekt in mehrere Schritte eingeteilt: Herstellung von Magnesiumblechen mittels Strangpressen, Entwicklung einer Beschichtung und der Haftvermittler, Charakterisierung des Werkstoffverhaltens beim Umformen und Hinterspritzen, Modellierung des kombinierten Verfahrens, Trennung des Werkstoffes sowie schließlich die Fertigung eines kombinierten Werkzeugs und eines hybriden Bauteils. Es erfolgte die Charakterisierung des Magnesiumwerkstoffes für ein „Tailored Sheet“ und für Bleche mit konstanter Dicke. Zudem wurden zwei neuartige Werkzeuge für den ebenen Warmtorsionsversuch entwickelt. Das Materialverhalten bei zyklischer Belastung wurde damit für unterschiedliche Temperaturen untersucht. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurde ein kombiniertes Werkzeug zur Herstellung des Kunststoff/Magnesium-Hybridwerkstoffes realisiert.

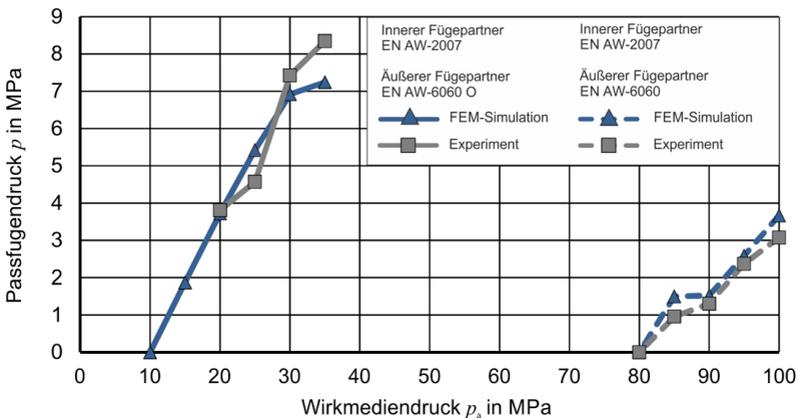


Vergleich zwischen Warm-Torsionsversuchen und Warmzugversuchen bei unterschiedlichen Temperaturen

2.5.4 Umformtechnisches Fügen mittels Außenhochdruck

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/66-1
Ansprechpartner	Florian Weber M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

Ziel dieses Vorhabens war die Ermittlung der Prozessgrenzen kraft- und formschlüssig gefügter Rohrverbindungen durch Druckapplikation eines Fluids von außen. Die numerische Untersuchung geometrischer Parameter, wie etwa der Fügespalt zwischen innerem und äußerem Fügepartner, bildeten einen Kernpunkt des Vorhabens. Des Weiteren waren experimentelle und numerische Analysen zum Einfluss der Werkstoffeigenschaften auf den Kraftschluss Bestandteil der Untersuchungen. Die im Bild dargestellten Ergebnisse zeigen, dass ein geringes Verhältnis aus Anfangsfließspannung und E-Modul des äußeren Fügepartners, in Relation zu dem des inneren Fügepartners, zu erheblich höheren Passfugendrücken p führt. Bei den Untersuchungen zum formschlüssigen Fügen lag der Fokus auf der Auslegung der druckunbelasteten Bereiche des äußeren Fügepartners, welche aus dem entwickelten Dichtungskonzept des Fügewerkzeuges resultieren. Es zeigte sich, dass für die gefügten Rohrgeometrien kein signifikanter Einfluss dieses Parameters auf die Ausfüllung der Formschlusselemente vorliegt.

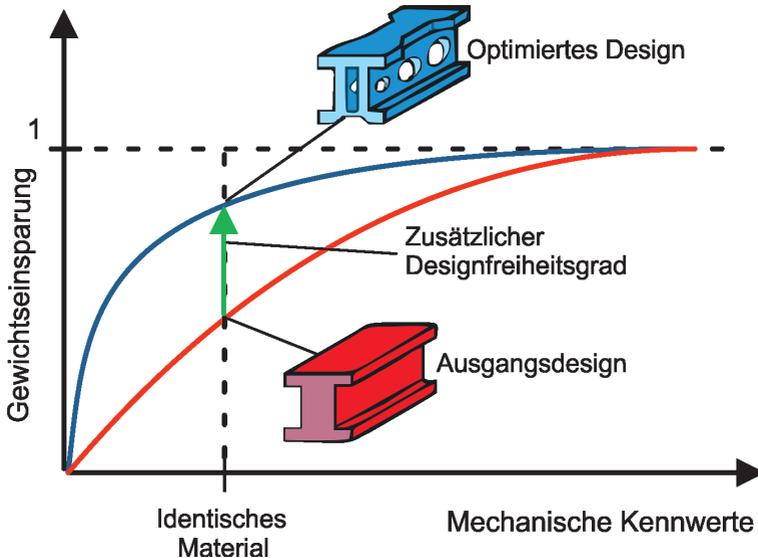


Einfluss der Fügepartnerwerkstoffe auf den Passfugendruck beim Außenhochdruckfügen

2.5.5 Umformtechnologien für metallische und hybride Leichtbaustrukturen der Elektromobilität

Projektträger BMBF/PTKA • Förderplattform FOREL 2
 Projektnummer 02P16Z011
 Ansprechpartner Fabian Schmitz M. Sc.

Im Rahmen des Koordinationsprojektes, welches in Zusammenarbeit mit der TU Dresden, der TU Bergakademie Freiberg, der Universität Paderborn und der TU München bearbeitet wird, werden Themen für die Mobilität der Zukunft behandelt, insbesondere mit dem Fokus auf der numerischen Prognosefähigkeit und dem Leichtbau. Das Projekt verfolgt das Ziel, aktuelle Forschungsfelder für die Elektromobilität zu identifizieren und für Problemstellungen mögliche Lösungsansätze mit geeigneten Meilensteinen bereitzustellen. Hierbei umfasst der bewertete Zeithorizont 10 Jahre, in denen die Teilziele erreicht werden können. Zur Bestärkung wurden Befragungen im Plenum auf Konferenzen sowie Experteninterviews aus verschiedenen Funktionsbereichen durchgeführt, aus welchen fachübergreifende Wegweiser entstehen. Als ein erreichter Meilenstein wurde ein neues Kennwertkonzept (vgl. Bild) entwickelt, das eine objektive Bewertung des Leichtbaus ermöglicht und somit das vorherrschende Paradigma „Leichtbau bedeutet lediglich leichter zu sein als die Vorgängerversion“ infrage stellt.

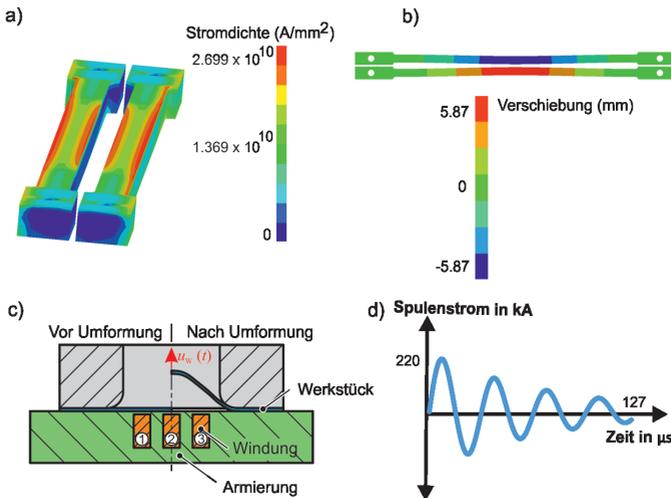


Neues Designkonzept zur objektiven Bewertung des Leichtbaus

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

Projektträger	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektnummer	TE 508/51-2
Ansprechpartner	Siddhant Prakash Goyal M. Sc.
Projektstatus	abgeschlossen

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der TU Berlin wird die zweite Förderperiode des Projekts mit dem Ziel durchgeführt, Scan-Strategien für die additive Fertigung von Mehrwindungsspulen sowie das zugehörige Prozessdesign für die elektromagnetische Umformung weiterzuentwickeln. Der aktuelle Forschungsschwerpunkt am IUL ist die Untersuchung des Proximity-Effekts in den Spulen für die Kupferlegierung CuCr1Zr (vgl. Bild a, b). Zunächst wird in LS-DYNA ein numerisches Modell unter Berücksichtigung des temperatur- und dehnratenabhängigen Verhaltens erstellt. Anschließend werden die Versuche mit unterschiedlichen Spulengeometrien, Spulenabständen, Randbedingungen und Entladungsenergien durchgeführt (vgl. Bild c). Bei gleichem Eingangsstrom (vgl. Bild d) werden thermomechanisch-elektromagnetische Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse der Spulen- und Werkstückverschiebung mit den Experimenten verglichen. Dies ermöglicht es, eine Korrelation zwischen entladener Energie, Spulenabständen und Spulendeformation herzuleiten.

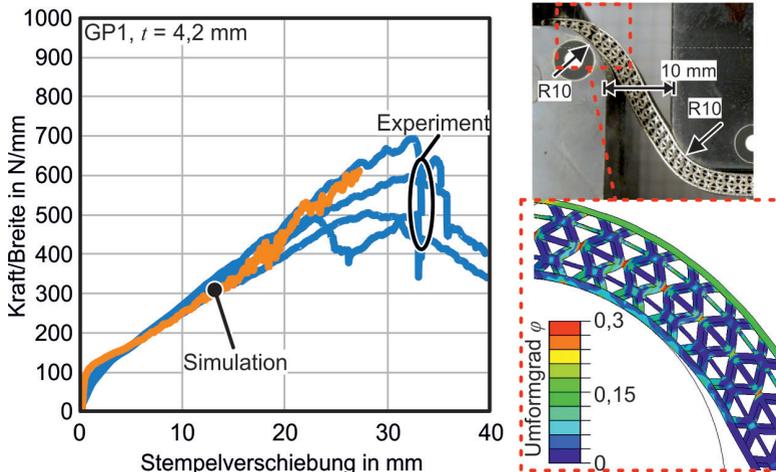


a) Proximity-Effekt, b) Spulenverschiebung, c) Versuchsschema

2.5.7 Umformung additiv gefertigter Sandwichblechverbunde mit optimierten Kernstrukturen

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

In Kooperation mit dem Institut für Produkt Engineering der Universität Duisburg-Essen werden additiv gefertigte Sandwichblechverbunde mit für eine Umformung optimierten Kernstrukturen entwickelt. Die Sandwichbleche werden in monolithischer oder hybrider Bauweise hergestellt. Dadurch lassen sich zwei metallische Materialien miteinander kombinieren. Die Sandwichhalbzeuge werden in einem nachgelagerten Umformprozess in die finale Geometrie umgeformt. Durch die additive Fertigung lassen sich Funktionen wie Kühlkanäle oder Sensorik integrieren. Aktuelle Untersuchungen beschäftigen sich mit dem Umformverhalten der Kernstrukturen im U-Biegeversuch mit Niederhalter. Im Fokus steht insbesondere die Möglichkeit, die komplexen und filigranen Kernstrukturen numerisch abbilden zu können. Durch die additive Fertigung von derart kleinen Strukturen kann es zu einer Geometrieabweichung von der Sollkontur kommen, die sich auf die Ergebnisse der numerischen Simulationen auswirkt und einer Korrektur bedarf.



Vergleich von Experiment und numerischer Simulation im U-Biegeversuch mit Niederhalter

2.5.8 Verbesserung des Einsatzverhaltens inkrementell umgeformter Bauteile durch gezielte Eigenspannungsinduktion

Projekträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

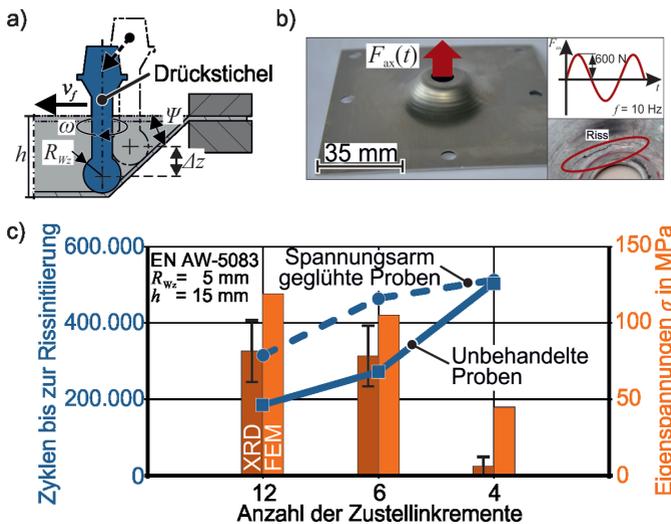
Projektnummer

TE 508/67-2 (SPP 2013)

Ansprechpartner

Fabian Maaß M. Sc.

Das Ziel des SPP 2013 ist die gezielte Nutzung umformtechnisch induzierter Eigenspannungen in metallischen Bauteilen. In einer Kooperation mit dem Fachgebiet Metallische Werkstoffe (TU Berlin) wird das Single Point Incremental Forming (SPIF, vgl. Bild a) hinsichtlich der wirkenden Umformmechanismen und des Eigenspannungszustandes untersucht. Im Rahmen der ersten Förderperiode wurde gezeigt, dass sich der Eigenspannungszustand eines Bauteils durch die Prozessführung gezielt einstellen lässt. Im Fokus der zweiten Förderperiode steht die Überprüfung der erzielbaren Eigenschaftverbesserung umformtechnisch hergestellter Bauteile durch die Eigenspannungseinbringung. Als Kennzahl wird unter anderem die Dauerschwingfestigkeit inkrementell hergestellter Bauteile analysiert (vgl. Bild b und c). Zudem werden Prozessweiterungen entwickelt, durch die gezielt Zug- und/oder Druckspannungen überlagert werden, die eine stärkere Ausprägung oder gar Umkehrung des Eigenspannungszustands ermöglichen. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen eine anforderungsgerechte Auslegung von Bauteilen.



a) SPIF-Prozess, b) Dauerschwingversuch, c) Einstellung der Bauteileigenschaften durch Prozessparameter

2.5.9 Umformen mittels örtlich variabel vaporisierender Aktuatoren

Projektträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

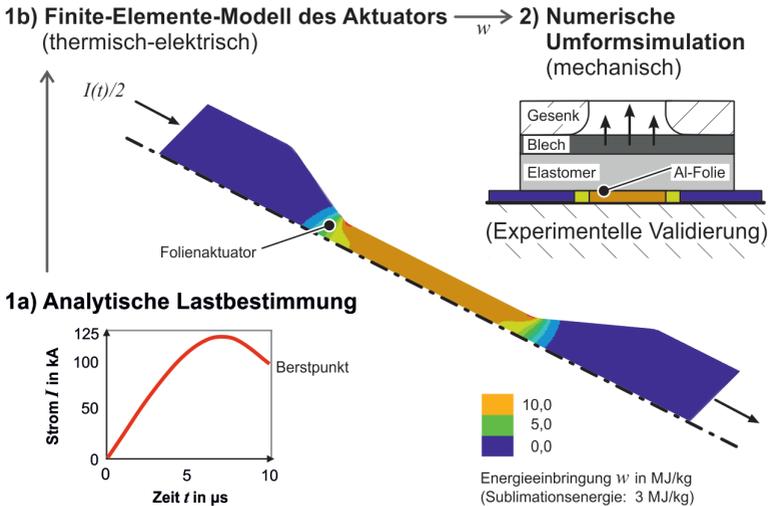
Projektnummer

TE 508/69-1

Ansprechpartner

Marlon Hahn M. Sc.

Durch eine impulsartige Kondensatorentladung über eine Aluminiumfolie kann diese schlagartig verdampfen (vaporisierender Aktuator). Der so entstehende Druck wird für eine flexible Blechumformung genutzt. Für die Entwicklung einer prädiktiven Prozessmodellierung wird ein einseitig gekoppelter, zweistufiger Ansatz gewählt, um die multiphysikalische Natur des Verfahrens abzubilden. Im ersten Schritt wird die elektrische Energieeinbringung bis zum sogenannten Berstpunkt simuliert (Beispiel im Bild). Die dafür nötige transiente Stromlast kann anhand eines validierten analytischen Modells in Abhängigkeit der Prozessparameter bereitgestellt werden. Auf Basis der Energieverteilung wird schließlich der anfängliche Umformdruck bestimmt. Damit kann künftig im zweiten Schritt die eigentliche Umformung, welche ab dem Berstpunkt beginnt, numerisch modelliert werden. Aufgrund der starken Volumenänderungen während der Aktuatorexpansion werden dafür auch netzfreie Methoden betrachtet. Für das Werkstück werden experimentell bestimmte Fließkurven mit Dehnraten bis $2 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$ berücksichtigt.

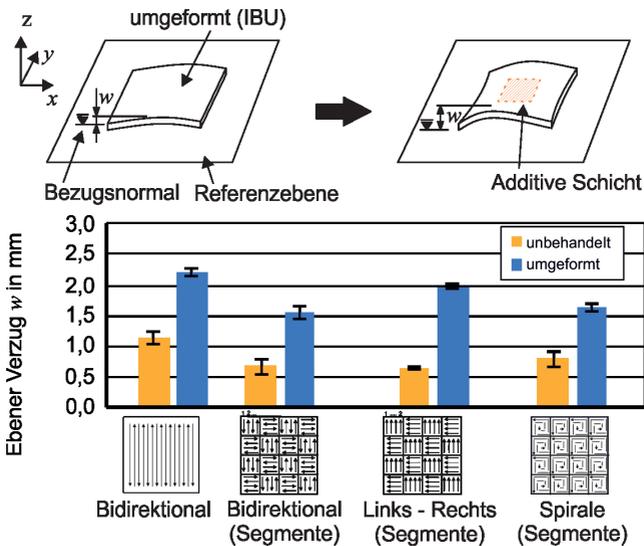


Modellierungsschritte der Blechumformung mittels Folienvaporisation

2.5.10 Verfahrenskombination aus inkrementeller Blechumformung und Laserpulverauftragsschweißen zur Fertigung von Leichtbauteilen

Projektträger Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 Projektnummer TE 508/68-1
 Ansprechpartner Lennart M. Tebaay M. Sc.

Ziel des Projektes ist, die Prozesskombination aus inkrementeller Blechumformung (IBU) und Laserpulverauftragsschweißen zur additiven Fertigung (LPA) hinsichtlich ihrer Grundlagen und Wechselwirkungen zu analysieren. Im Fokus stehen die Auswirkungen der IBU auf das Applizieren von funktionalen Nebenformelementen mittels LPA. Das inkrementell umgeformte Blech ist hierbei das Substrat für den nachgelagerten additiven Prozess. Aufgrund der resultierenden Oberflächenrauigkeit sowie der Blechverdünnung durch die IBU muss unter anderem eine Anpassung der Prozessparameter des LPA erfolgen. Demgegenüber kann durch eine entsprechende Vorkonditionierung mittels IBU, wie zum Beispiel Glattwalzen, eine verbesserte Oberflächentopologie für den Aufschweißprozess bereitgestellt werden. Dennoch tritt durch den Wärmeeintrag des Lasers ein thermischer Verzug des dünnen Blechs ($s = 0,3 - 1 \text{ mm}$) auf. Dieser kann durch eine Segmentierung der Auftragsfläche und Variation der Laserführung verringert werden (vgl. Bild).



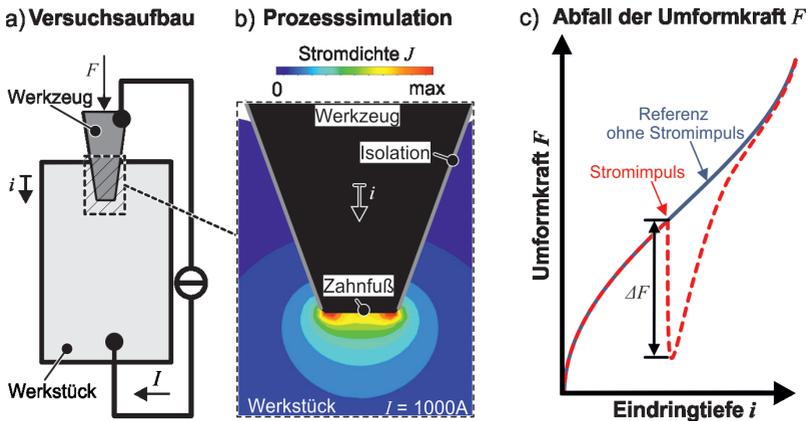
Segmentierung der Auftragsfläche additiver Schichten und Variation der Laserführung zur Verzugsminimierung

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

Projektträger
Projektnummer
Ansprechpartner

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

Im Teilprojekt A4 des TR 73 besteht das übergeordnete Ziel in der umformtechnischen Herstellung geometrisch komplexer Bauteile aus Blechen mit integrierten Funktionselementen. Bei der inkrementellen Vorgehensweise wird das Blech durch eine flexible Abfolge lokal begrenzter Umformoperationen bearbeitet. Der Fokus der Untersuchungen liegt auf der Erhöhung der Werkzeugstandmenge durch Reduktion der mechanischen Werkzeugbelastung. Hierfür wird das Werkzeug während der Umformung von einem elektrischen Stromimpuls $I(t)$ durchflutet (vgl. Bild a). Mittels elektrisch-isolierender Beschichtung der werkzeugseitigen Zahnflanken kann die Stromdichte J in der Umformzone konzentriert werden, welche primär im Zahnfuß liegt (vgl. Bild b). Abhängig von der induzierten elektrischen Ladung Q ermöglicht dies eine temporäre Reduzierung der Umformkraft F (vgl. Bild c) um bis zu 55 %. Diese gezielte Stromdurchflutung der Umformzone verringert die Joule'sche Erwärmung innerhalb des Funktionselementes, sodass die resultierende Kaltverfestigung im ausgeformten Zahn erhalten bleibt.



a) Schema Aufbau, b) resultierende Stromdichteverteilung, c) Kraftabfall beim umformtechnischen Verzahnen

2.5.12 Inkrementelle Blechmassivumformung unter Anwendung thermisch gesteuerter Gradierungsmechanismen

Projektträger

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Projektnummer

SFB/TR 73 • Teilprojekt T04

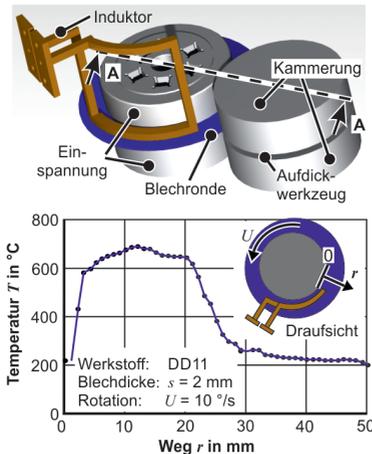
Ansprechpartner

Stefan Gallus M. Sc.

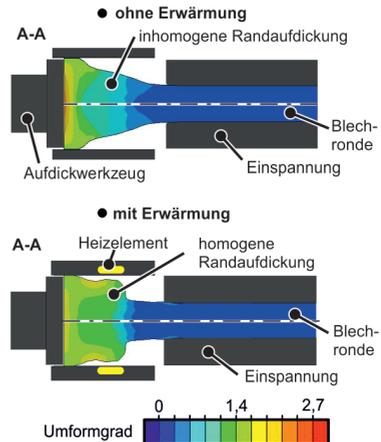
Ein Problem der inkrementellen Blechmassivumformung liegt darin, dass bei der Randaufdickung einer Blechrunde (vgl. Bild a) ausschließlich die äußere Blechkante stark verdickt wird und die Blechdicke radial zur Rondenmitte hin stark abfällt. Durch eine thermische Gradierung der Blechrunde soll die Fließspannung lokal herabgesetzt werden. Dies zielt auf die Steuerung des axialen Werkstoffflusses hin zur Homogenisierung der aufgedickten Blechhöhe ab. In Simulationen konnte dies bereits gezeigt werden (vgl. Bild b).

Die Bearbeitung des DFG-Transferprojekts erfolgt in Kooperation mit den Industriepartnern Winkelmann Powertrain Components GmbH + Co. KG, thyssenkrupp Hohenlimburg GmbH, Faurecia Autositze GmbH und voestalpine High Performance Metals Deutschland GmbH. In ersten Untersuchungen werden Erwärmungsstrategien zur Einstellung des Temperaturprofils bewertet. Die Ergebnisse zeigen für die induktive Erwärmung einen thermischen Gradienten von 20 K/mm (vgl. Bild a). Im weiteren Prüfverlauf sind Versuche zur Beeinflussung der Blechdickenänderung sowie die Ermittlung von Produkteigenschaften vorgesehen.

a) Experimentell



b) Simulation



a) Versuchsaufbau und Temperaturprofil, b) simuliertes Randaufdicken ohne und mit Erwärmung

2.6 Patente

2.6.1 Erteilte Patente

Titel Vorrichtung und Verfahren zum ebenen oder räumlichen Biegen von Profilen durch einen Walzvorgang

Aktenzeichen EP 3 320 994 B1
Patentinhaber TU Dortmund
Status erteilt am 01.05.2019
Erfinder R. Meya • A. E. Tekkaya

Titel Vorrichtung und Verfahren zum Biegen von Profilen oder Stabmaterial, insbesondere unsymmetrischer und offener Profile oder Stabmaterial

Aktenzeichen EP 3 320 993 B1
Patentinhaber TU Dortmund
Status erteilt am 03.07.2019
Erfinder C. Löbbe • G. Grzancic • A. E. Tekkaya

Titel Verfahren und Vorrichtung zur Verdickung des Randes eines Blechkörpers

Aktenzeichen EP 3 323 527 B1
Patentinhaber TU Dortmund
Status erteilt am 21.08.2019
Erfinder S. Wernicke • S. Gies • A. E. Tekkaya

Titel Verfahren und Vorrichtung zur kombinierten Herstellung von Bauteilen mittels inkrementeller Blechumformung und additiver Verfahren in einer Aufspannung

Aktenzeichen EP 3 197 633 B1
Patentinhaber TU Dortmund
Status erteilt am 01.05.2019
Erfinder R. Hölker-Jäger • N. Ben Khalifa • A. E. Tekkaya

2.6.2 Offengelegte Patente

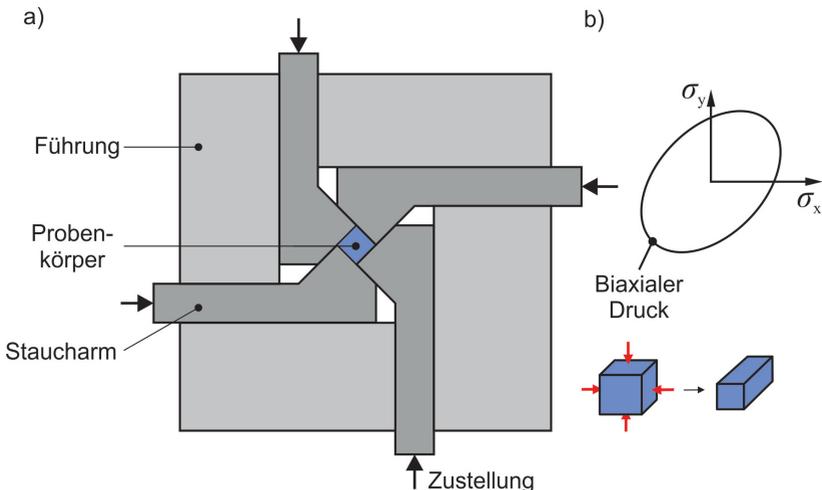
Titel	Vorrichtung und Verfahren zur Randaufdickung eines Werkstückes
Aktenzeichen	EP 3 498 394 A1
Patentinhaber	TU Dortmund
Status	offengelegt am 19.06.2019
Erfinder	S. Wernicke • P. Sieczkarek • S. Gies • A. E. Tekkaya

2.6.3 Angemeldete Patente

Vorrichtung und Verfahren zur Durchführung von Stauchversuchen an Probenkörpern zur Charakterisierung von Werkstoffen sowie entsprechender Probenkörper

Aktenzeichen	DE 10 2019 001 442
Patentanmelder	TU Dortmund
Status	angemeldet
Erfinder	F. Kolpak • O. Hering • A. E. Tekkaya

Die Erfindung betrifft eine neuartige Prüfmaschine zur Charakterisierung von Werkstoffen für die Massivumformung. Die Vorrichtung erlaubt eine zweiseitige Umformung würfel- oder quaderförmiger Proben durch Aufbringung eines zweiseitigen, also biaxialen Druckspannungszustandes. Der zu prüfende Probenkörper längt sich dadurch in die verbleibende dritte Richtung. Durch eine Messung der Umformkraft sowie der Probenlänge kann der Werkstoff bezüglich seiner Umformeigenschaften quantifiziert werden. Der günstige hydrostatische Druckspannungszustand erlaubt dabei hohe Umformgrade. Die Anordnung der Werkzeuge erlaubt dabei eine gegenseitige Synchronisierung, wodurch Reibungseinflüsse minimiert werden können.

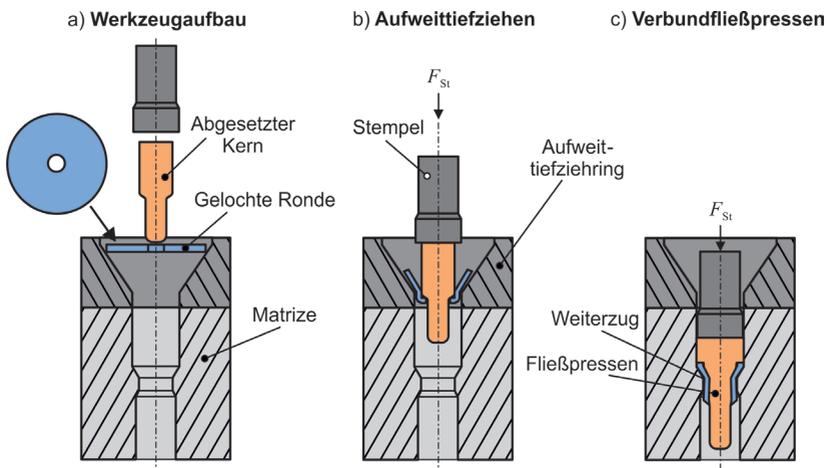


a) Prinzipskizze der biaxialen Druckprüfmaschine, b) Spannungs- und Verformungszustand beim biaxialen Stauchversuch

Verfahren zur Fertigung von Verbundteilen durch eine Kombination aus Aufweiten, Tiefziehen und anschließender Massivumformung

Aktenzeichen	DE 10 2019 002 851.1
Patentanmelder	TU Dortmund
Status	angemeldet
Erfinder	O. Napierala • M. Izydorczyk • O. Hering C. Dahnke • A. E. Tekkaya

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Werkzeug zur Herstellung von Verbundbauteilen (Welle aus einem Leichtmetallkern, z. B. Aluminium, versehen mit einem höherfesten Mantelwerkstoff). Dazu wird ein abgesetzter Kern mit einem Stempel durch eine gelochte Ronde zunächst durch einen Aufweitertiefziehring und dann durch eine Fließpressform gedrückt. Die Erfindung stellt damit eine Erweiterung des Tiefzieh-Verbundfließpressens dar. Durch den Einsatz gelochter Ronden mit entsprechenden Rondendurchmessern können beliebige Absätze der Verbundwelle mit einem Mantelwerkstoff versehen werden. Durch diese Flexibilität ist es demnach auch möglich, verschiedene Bereiche einer Verbundwelle je nach lokaler Anforderung mit unterschiedlichen Werkstoffen zu ummanteln.



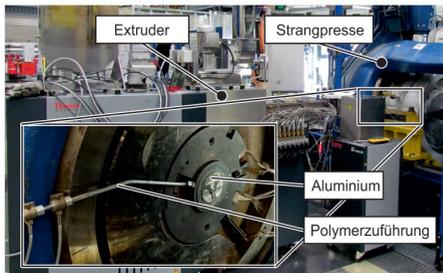
a) Werkzeugaufbau, b) Aufweitertiefziehen, c) Verbundfließpressen einer Welle mit variierenden Oberflächeneigenschaften

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Profilquerschnitten aus Metallen und Kunststoffen mittels Strangpressen und Extrusion

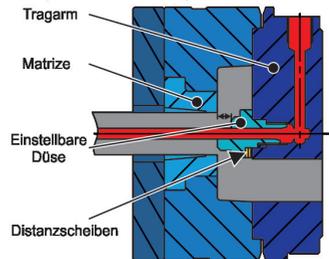
Aktenzeichen	PCT/DE 2019/000058
Patentanmelder	TU Dortmund
Status	angemeldet
Erfinder	J. Gebhard • C. Dahnke • A. Schulze N. Ben Khalifa • F. Günther • T. Kloppenborg M. Stommel • A. E. Tekkaya

Durch die Erfindung ist die intrinsische Fertigung hybrider Profile aus Aluminium und Kunststoffen möglich. Dazu wird der Umformprozess Aluminiumstrangpressen mit dem Urformprozess Kunststoffextrusion durch ein modifiziertes Kammerwerkzeug verknüpft. Die flüssige Kunststoffschmelze wird in das Presswerkzeug geleitet und in die Umformzone des Aluminiums eingespritzt (vgl. Bild a und b). Durch die Anpassung der Parameter Pressgeschwindigkeit, Schmelzdruck, Blocktemperatur und Profilkühlung kann die Geometrie des austretenden Profils (vgl. Bild c) beeinflusst werden. Damit ist auch ein Gradieren der Geometrie möglich (vgl. Bild d) und es kann sowohl die innere Geometrie, also die Form des Polymerkerns, als auch die äußere Geometrie beeinflusst werden. Im Rahmen von ersten Versuchen konnte das Verfahren erfolgreich erprobt und sowohl Profile mit gradiertem als auch mit kontinuierlichem Querschnitt hergestellt werden.

a) Experimenteller Aufbau



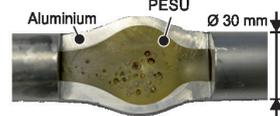
b) Presswerkzeug



c) Kontinuierliches Profil



d) Gradiertes Profil



a) Experimenteller Aufbau, b) modifiziertes Presswerkzeug, c) kontinuierliches und d) gradiertes Profil

03

Weitere Aktivitäten

Weitere Aktivitäten

03

3 Weitere Aktivitäten

3.1 Veranstaltungen

2019 wurden durch das Institut für Umformtechnik und Leichtbau diverse Kolloquien, Konferenzen und Workshops veranstaltet, um Forschungsergebnisse zu präsentieren und eine Plattform für den Austausch mit Wissenschaftler/-innen und Industrievertreter/-innen zu schaffen. Im Folgenden erhalten Sie nähere Informationen zu ausgewählten Veranstaltungen.

Treffen des IUL-Industriebeirats

Vertreter/innen diverser Industrieunternehmen und Verbände der Umformtechnik trafen sich am 10. Mai und am 29. November mit Institutsvertreter/-innen, um sich über aktuelle Entwicklungen auszutauschen. In diesem Jahr standen hybride Bauteile und die aktuellen Forschungsfelder der Kunststofftechnik im Fokus der Diskussion: Ein Vortrag von Herrn Felder vom „Kunststoffinstitut Lüdenscheid GmbH“ zu den vielfältigen Entwicklungsschwerpunkten von Polymerwerkstoffen wurde ergänzt durch Prof. Levy von der Firma „Technology Turn Around“, der in seinem Vortrag die Entwicklung der additiven Fertigung sowohl für Kunststoffe als auch für metallische Werkstoffe skizzierte. Für das IUL stellte Prof. Tekkaya aktuelle Forschungsschwerpunkte und die am Institut entwickelten zukünftigen, teils visionären Einsatzbereiche der additiven Fertigung vor.

Doch nicht nur die Entwicklung neuer, innovativer Fertigungsprozesse, sondern auch die genaue Vorhersage bereits bekannter Prozesse durch ein tiefgehendes Prozessverständnis und durch numerische Methoden ist gleichermaßen unabdingbar für Industrie und Fakultät. Ein Vortrag von Dr. Schafstall widmete sich genau dieser Thematik und lieferte einen Überblick über die Herausforderungen der Unternehmen bei der Simulationstechnik. Prof. Tekkaya rundete dieses Themenfeld mit einem Überblick über die Möglichkeiten numerischer Methoden ab. Durch den regelmäßigen Austausch im Gremium erhalten die Unternehmen Einblick in die aktuellen Forschungsprojekte des Instituts und liefern wertvollen Input für zukünftige Projekte. Dank des Industriebeirats konnten neue Forschungsvorhaben zu industrierelevanten Themen erarbeitet und in weiterer Zusammenarbeit industrienahe untersucht werden. Mittlerweile sind 22 Firmen und Verbände feste Mitglieder im Beirat.

Besuch einer Delegation der Firma Baosteel

Hochrangige Vertreter der Firma Baoshan Iron & Steel Co. Ltd. (Baosteel) besichtigten am 5. September 2019 Forschungseinrichtungen der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund. Auf Einladung von Prof. Tekkaya fand ein reger Austausch zu zukünftigen Zusammenarbeiten zwischen den Gästen aus der europäischen Forschungs- und Entwicklungsabteilung sowie den Vertreter/-innen des Fachgebiets Werkstoffprüfung (Prof. Frank Walther und Anke Schmiedt-Kalenborn) und des Lehrstuhls für Werkstofftechnologie (Dr. Ingor Baumann und Dr. Lukas Wojarski) statt. Anlass war die Unterzeichnung eines Kooperationsvertrags im Bereich der Werkstoffcharakterisierung und Umformsimulation für moderne höchstfeste Stähle zwischen Baosteel und dem IUL. Baosteel ist nach Produktionsvolumen der zweitgrößte Stahlhersteller der Welt. Neben den technischen Gesprächen fand auch ein Austausch zu weiteren Kooperationsmöglichkeiten im Bereich der Lehre statt. An der Veranstaltung nahmen auch Vertreterinnen des Rektorats, des Referats Internationales und des Dekanats Maschinenbau teil.



Weiliang Huang, „Director of Baosteel Strategy and Sci-Tech Management“, und Prof. A. Erman Tekkaya bei der Vertragsunterzeichnung am IUL

Mitarbeiterausflug

Ein stetiger Wissensaustausch ist eine wesentliche Grundlage für Innovationen am IUL. Zu diesem Zweck hat das Institut für Umformtechnik und Leichtbau im September einen Ausflug mit 32 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern nach Davensberg unternommen. In kleinen Gruppen wurde zum Stärken des Teamgeistes als Sozialaktivität „Swingolf“ gespielt, eine Variante des Golfes, die mit nur einem Schläger und größeren, weicheren Bällen gespielt wird. Auch wenn das Spiel für die meisten Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit einer Schlagzahl weit über par geendet hat, so hat das Spiel doch große Freude bereitet, was nicht zuletzt dem guten Wetter geschuldet war. Im Anschluss fand ein gemeinsames Mittagessen statt, bei dem ein Grillbuffet verköstigt wurde. Dabei entwickelte sich ein reger Austausch der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu aktuellen Forschungsthemen und industriellen Herausforderungen im Bereich der Umformtechnik. Der Ausflug endete am späten Nachmittag mit der entspannten Rückreise nach Dortmund.



Gruppenfoto der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IULs beim Swingolf

ICFG International Paper Prize 2019

Felix Kolpak, Mitarbeiter des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau, hat auf dem „52. Plenary Meeting der International Cold Forging Group“ (ICFG), das vom 15.-18. September 2019 in San Sebastián stattfand, den „ICFG International Prize 2019“ verliehen bekommen. Seit 1998 wird der Preis jährlich an Nachwuchswissenschaftler für herausragende Forschungsergebnisse im Bereich der Kaltmassivumformung vergeben.

Herr Kolpak erhielt den Preis für seine Forschungsarbeiten zur wirtschaftlichen Herstellung leichter Wellen mittels Kaltumformung. Dabei wird das Verfahren des Verbundfließpressens angewendet, bei dem ein Stahlnapf mit einem Granulat (z. B. Quarzsand oder Zirkoniumoxid) gefüllt wird und der Verbund gemeinsam fließgepresst wird. Nach dem Fließpressen kann das Granulat einfach entfernt und wiederverwendet werden. Im Gegensatz zur zeit- und kostenintensiven zerspanenden Fertigung hohler Wellen werden bei der neuen Verfahrenskombination die Vorteile der Kaltmassivumformung ausgenutzt und es können komplexe hohle Wellen mit Hinterschnitten erzeugt werden.



Felix Kolpak, IUL, und Masahito Yamanaka, ICFG Chairman
Foto: Yoshinori Yoshida

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

- Ingenieure ohne Grenzen • 5. Februar
- Girls'Day 2019 • 28. März
- MinTU • 4. Juni
- Stahl fliegt • 25.-26. Juni
- do-camp-ing • 14.-19. Juli
- SchnupperUni • 21.-22. August
- Tag der Offenen Tür der TU Dortmund • 23. November

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

Ehrungen

- „Honorary Professor“ der Xi'an Jiaotong University

Mitarbeit in Forschungsgremien

- acatech – Mitglied der „Deutschen Akademie der Technikwissenschaften“
- AGU – Vorsitzender der „Wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik“
- CIRP – Fellow der „International Academy for Production Engineering“
- DGM – Mitglied der „Deutschen Gesellschaft für Materialkunde“
- EuraSEM – Ratsmitglied der „European Society of Experimental Mechanics“
- FOSTA – Mitglied des Kuratoriums der „Forschungsvereinigung Stahlanwendungen e. V.“
- •GCFG – Mitglied der „German Cold Forging Group“
- I²FG – Mitglied der „International Impulse Forging Group“
- ICFG – Mitglied der „International Cold Forging Group“
- ICTP – Beratendes Mitglied des Standing Advisory Boards der „International Conference on Technology of Plasticity“
- JSTP – Mitglied der „Japan Society for Technology of Plasticity“
- Kuratoriumsmitglied der „KARL-KOLLE-Stiftung“
- Mitglied im „DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr“
- MPIE – Mitglied im Scientific Advisory Board des „Max-Planck-Instituts für Eisenforschung“
- Vize-Präsident des deutschen Konsortiums der Türkisch-Deutschen Universität
- WGP – Mitglied der „Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik“

Zeitschriften/Schriftleitung

- Mitglied Editorial Board, „Journal of Production Processes and Systems“
- Mitglied Editorial Board, „Materials“
- Mitglied Scientific Editorial Board, „Romanian Journal of Technical Sciences – Applied Mechanics“
- Mitglied Editorial Board, „CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology“ (Elsevier)
- Mitglied International Advisory Committee, „International Journal of Material Forming“ (Springer)
- Mitglied Scientific Editorial Board, „International Journal of Precision Engineering and Manufacturing“
- Mitglied Scientific Editorial Board, „Computer Methods in Materials Science“
- Vorsitzender Editorial Committee, „CIRP Annals“

Weitere Mitgliedschaften

- Mitglied Advisory Committee „The 13th International Conference on the Technology of Plasticity“ (ICTP 2020), Columbus, USA
- Mitglied CIRP Communication Committee
- Mitglied Scientific Committee, „International Deep Drawing Research Group 2019“ (IDDRG), Enschede, Niederlande
- Mitglied Scientific Committee, „International Deep Drawing Research Group 2020“ (IDDRG), Busan, Südkorea
- Mitglied Scientific Committee „The 12th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Metal Forming Processes“ (NUMISHEET 2020), Toronto, Kanada
- Mitglied Scientific Committee, „The 13th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes“ (NUMIFORM 2019), Portsmouth, USA
- Mitglied Scientific Committee, „1st International Conference on Advanced Joining Processes 2019“ (AJP), Ponta Delgada, Portugal
- Mitglied Standing Advisory Board, „The 13th International Conference on the Technology of Plasticity“ (ICTP 2020), Columbus, USA

Gutachtertätigkeiten in wissenschaftlichen Gremien

- AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
- CIRP – Internationale Akademie für Produktionstechnik
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft, Mitglied im Fachkolloquium 401 (Produktionstechnik)
- ESF College of Expert Reviewers
- Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
- Middle Eastern Technical University, Ankara
- National Research Council Canada
- Oakland University, USA
- Stahlinstitut VDEh
- The Ohio State University, USA
- University of Cambridge, UK
- University of Cyprus
- WGP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik
- Xi'an Jiaotong University

Für Zeitschriften

- Acta Materialia
- Advanced Manufacturing Technology
- Applied Mathematical Modelling
- ASME – Journal of Manufacturing Science and Engineering
- Archive of Applied Mechanics
- CIRP Annals – Manufacturing Technology
- Computational Materials Science
- Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering
- Engineering Applications of Artificial Intelligence
- Engineering Computations
- 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 Materials and Product Technology
- International Journal of Material Forming
- International Journal of Mechanical Sciences
- International Journal of Mechanics and Materials
- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing
- International Journal of Solids and Structures
- Journal 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

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

Wissenschaftliche Akademien

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

Wissenschaftliche Beiräte und Kuratorien

- Global Learning Council, Vorsitz
- 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
- Internationaler Beirat zur Begleitung der Weiterentwicklung und Vernetzung der Kompetenzzentren für KI-Forschung in Deutschland, Vorsitz

Beiräte Hochschulen

- Hochschulrat der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Vorsitz
- Kuratorium der Technischen Universität Berlin
- Kuratorium der Julius Maximilian-Universität Würzburg
- International Advisory Board Faculty of Engineering, Twente University

Beiräte Stiftungen

- Kuratorium der Telekom-Stiftung
- Wissenschaftlicher Beirat der Fritz Thyssen Stiftung
- Wissenschaftlicher Beirat der Exzellenzinitiative Johanna Quandt – Stiftung Charité, Vorsitz
- Beirat der Werner Siemens-Stiftung, Schweiz

Fachliche Vereinigungen

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

Gutachter- und Gremientätigkeiten

- Tang Prize International Advisory Board, Taipei
- Jurymitglied für den Deutschen Innovationspreis
- Jurymitglied Georg von Holtzbrinck Preis für Wissenschaftsjournalismus
- Kuratorium Deutscher Zukunftspreis des Bundespräsidenten

Beiräte Unternehmen

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

Internationaler Austausch

04

4 Internationaler Austausch

Prof. Carlos Manuel Alves da Silva

Prof. Carlos Manuel Alves da Silva, Assistant Professor in der Arbeitsgruppe von Prof. Paulo Martins, Instituto Superior Técnico, Technische Universität von Lissabon, besuchte von Mai bis Juni 2019 das IUL. Prof. Silva hat sich während seines Forschungsaufenthalts mit der Verknüpfung aus Umformtechnik und additiver Fertigung beschäftigt. Die Idee besteht in der additiven Herstellung von Münzrohlingen mit komplexen Geometrien, die auch aus der Münzebene herausragen können, und einer nachgelagerten Prägeoperation. Zur Erprobung der Fertigungsstrategie wurden, unter Einsatz einer Maschine zum Selektiven Laserschmelzen im Pulverbett, Rohlinge aus einer Edelstahllegierung generativ gefertigt. Des Weiteren wurde der Materialfluss im Prägevorgang mit dem Fokus auf der Auslegung der Vorform numerisch untersucht und ein analytisches Modell zur Vorhersage des Deformationsverhaltens entwickelt. Zur korrekten Vorhersage der Prägeoperation hat Prof. Silva den additiv gefertigten Werkstoff hinsichtlich seiner Umformbarkeit charakterisiert.



Additiv gefertigte Rohlinge

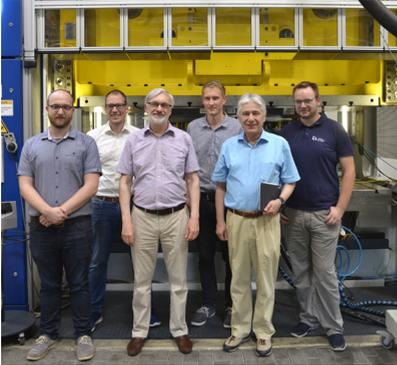


Prägevorgang

Prof. C. Silva, additiv gefertigte Münzrohlinge, Prägewerkzeug mit geprägter Münze

Bedeutender Experte für Plastizität aus Korea am IUL

Prof. Frédéric Barlat vom „Graduate Institute of Ferrous Technology“ der Pohang University of Science and Technology in Südkorea besuchte vom 23. bis zum 27. Juli das IUL. Der international anerkannte Experte für anisotrope Plastizität besichtigte das Versuchsfeld und diskutierte mit Prof. Tekkaya, Dr. Clausmeyer, Dr. Löbbe, F. Gutknecht und F. Kolpak über die aktuellen Arbeiten am Institut zu den Themen Materialcharakterisierung für Plastizität und Schädigung. Prof. Barlat beriet das IUL zur Modellierung der Anisotropie und des Bauschingereffekts und zeigte sich begeistert von den innovativen Ideen zu neuen Umformprozessen am Institut. Mit einem Doktoranden arbeitet er



F. Kolpak, Dr. T. Clausmeyer, Prof. F. Barlat, Dr. C. Lötze, Prof. A. E. Tekkaya, F. Gutknecht (v. l. n. r.) im IUL-Versuchsfeld

zurzeit am Einsatz von Servopressen für innovative Umformprozesse. Daher war er sehr interessiert an den Arbeiten zum Einsatz von Folgeverbundwerkzeugen auf Servopressen. Die Mitglieder des Instituts freuen sich auf einen längeren Besuch von Prof. Barlat im Sommer 2020.

Im Oktober 2019 besuchte Prof. Christopher Saldana vom „Georgia Institute of Technology“ („GA. Tech“) das IUL, gefördert durch das Gambrinus-Fellowship der TU Dortmund. Das Gambrinus-Fellowship fördert die Erschließung neuer Kontakte mit der TU Dortmund. In diesem Rahmen hat Herr Prof. Saldana einen öffentlichen Vortrag mit dem Titel „Understanding deformation and failure of heterogeneous materials using in situ computed tomography“ gehalten. Während seines Aufenthaltes wurde auch über mögliche Kollaborationen diskutiert und Schnittmengen mit den aktuellen und geplanten Forschungsvorhaben des IUL und der Arbeitsgruppe von Prof. Saldana evaluiert. Eine erste Zusammenarbeit besteht in der Untersuchung von additiv gefertigten Sandwichblechverbunden, deren Deformationsverhalten innerhalb des Kerns mithilfe von Computertomografie untersucht wird. Die Ergebnisse der Zusammenarbeit werden im Rahmen einer Veröffentlichung und eines Vortrags auf der Konferenz „ICTP 2020“ vorgestellt werden.

Prof. Christopher Saldana

Prof. C. Saldana, E. Jost, Dr. T. Clausmeyer, Prof. A. E. Tekkaya, S. Rosenthal (v. l. n. r.)



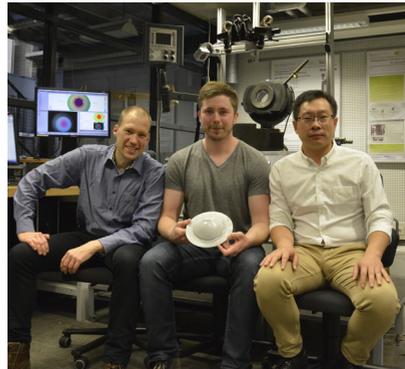
Prof. C. Saldana, E. Jost, Dr. T. Clausmeyer, Prof. A. E. Tekkaya, S. Rosenthal (v. l. n. r.)

Prof. Kaan Inal hält Vorträge zur künstlichen Intelligenz in der Umformtechnik

Prof. Kaan Inal von der „University of Waterloo“ in Kanada vermittelte wichtige aktuelle Methoden der künstlichen Intelligenz und der Materialmodellierung während seines Aufenthalts vom 16. bis zum 19. September. In zwei Vorträgen präsentierte er seine Forschungsergebnisse der letzten zehn Jahre zur Anwendung von künstlicher Intelligenz in der Auslegung von Umformprozessen für die Automobilindustrie und die Verbesserung der Modellierung von Leichtmetallen. Dabei brachte er seine langjährige Erfahrung aus der Zusammenarbeit von Industrie und Forschung als Direktor des „Waterloo Center for Automotive Research“ (WatCAR) ein. Auf Grundlage des Austausches nach seinen Vorträgen sind gemeinsame Forschungsaktivitäten zur Materialcharakterisierung und numerischen Modellierung geplant.

Kurzbesuch des Humboldt-Stipendiaten Prof. Yanshan Lou

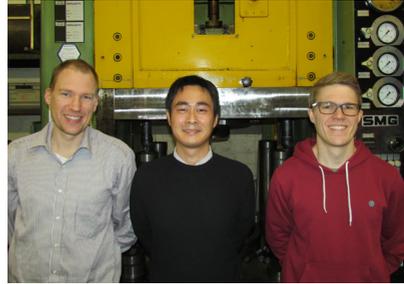
Prof. Yanshan Lou von der „School of Mechanical Engineering“ der Xi'an Jiatong University in China führte vom 14. bis zum 16. Oktober Versuche zur Materialcharakterisierung auf den Versuchseinrichtungen des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau durch. Prof. Yanshan Lou hatte bereits von 2014 bis 2015 als Alexander von Humboldt-Stipendiat eng mit den Mitgliedern der Abteilung „Angewandte Mechanik in der Umformtechnik“ auf dem Gebiet der Versagensmodellierung geforscht. Er hat bereits in einem frühen Stadium seiner wissenschaftlichen Karriere viel zitierte Arbeiten zum duktilen Bruch von Metallen veröffentlicht. Für weitere Forschungsarbeiten führte er während seines Aufenthalts hydraulische Tiefungsversuche an Aluminiumlegierungen und höchstfesten Stählen durch. Dr. Till Clausmeyer und Fabian Stiebert unterstützten ihn bei seinen Arbeiten.



Dr. T. Clausmeyer, F. Stiebert, Prof. Y. Lou (v. l. n. r.) im Prüfraum des IULs vor der Maschine für die Blechprüfung und der teleoperativen Prü fzelle

Gemeinsame Forschung zum Kaltfließpressen mit Yasuhisa Taki

Der japanische Gastwissenschaftler Yasuhisa („Yasu“) Taki untersucht seit September das Verhalten von Stahl und Aluminium beim Kaltvorwärtsfließpressen. Er hat damit einen Plan umgesetzt, den er nach einem Besuch mit seinen Kollegen von Kobe Steel am IUL gefasst hatte. Er hatte von den Forschungsarbeiten des DFG-geförderten Sonderforschungsbereiches TRR 188 zur Schädigungsentwicklung beim Vollvorwärtsfließpressen erfahren. Sein Aufenthalt fällt in eine größere Zusammenarbeit mit Kobe Steel. Die Zusammenarbeit generiert für die Abteilung Massivumformung Kenntnisse aus der Industrie zum Kaltfließpressen aus erster Hand.

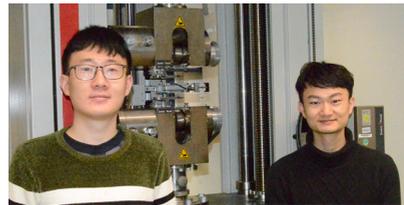


Dr. T. Clausmeyer, Y. Taki und R. Gitschel (v. l. n. r.) vor der SMG-Press

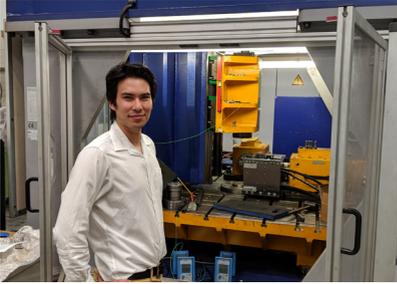
Der Porschelielhaber und passionierte Jazztrompeter hat bereits an einigen Aktivitäten wie einem interkulturellen Seminar und gemeinsamen Besuchen von Fußballspielen im Westfalenstadion teilgenommen. Herr Taki wird bis August 2020 Forschungsarbeiten an der TU Dortmund ausführen. Er freut sich, gemeinsam mit seiner Frau Dortmund und Deutschland kennenzulernen.

Yifan Du und Liang Zhong

Zwei Austauschstudierende von Prof. Yanshan Lou von der Xi'an Jiaotong Universität in China forschten für drei Monate am IUL. In der Zeit von Januar bis April befassten sie sich mit dem Schädigungsverhalten von hochfesten Blechwerkstoffen und arbeiteten intensiv an der Schädigungscharakterisierung. Die Untersuchungen gaben Aufschluss über die belastungszustandsabhängige Schädigungsevolution. Die beiden Studierenden, Yifan Du und Liang Zhong, wurden während des Aufenthalts von den Kollegen der Angewandten Mechanik und Materialcharakterisierung betreut. Insbesondere konnten die beiden mit dem ebenen Torsionsversuch Fließkurven unter reiner Scherung aufnehmen. An ihrer Heimuniversität sollen diese Daten für die Bestimmung von Bruchortskurven genutzt werden.



L. Zhong (links) und Y. Du vor der Universalprüfmaschine



RISE-Austauschstudierender K. Kamiya

RISE (Research Internships in Science and Engineering) – Kenzo Kamiya

Auch im Jahr 2019 nahm das IUL an dem Programm „RISE“ des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) teil. Von Mai bis August war Kenzo Kamiya von der Purdue University (West Lafayette, USA) zu Gast in Dortmund. Durch das RISE-Programm erhalten britische und nordamerikanische Studierende die Möglichkeit, Praktika in deutschen Forschungseinrichtungen zu absolvieren. Die Finanzierung des Besuchs von Herrn Kamiya erfolgte über ein gemeinsam vom DAAD und dem DFG-Sonderforschungsbereich Transregio 73 getragenes Stipendium. Betreut durch Herrn Wernicke befasste sich Herr Kamiya mit der Technologie der inkrementellen Blechmassivumformung. Diese ermöglicht eine effiziente Herstellung belastungsangepasster Funktionsbauteile. Die Tätigkeit von Herrn Kamiya umfasste experimentelle und numerische Untersuchungen zum umformtechnischen Verzahnen mit simultaner Stromdurchflutung der Umformzone. Hierbei konnte Herr Kamiya die Auswertung von experimentellen Messergebnissen durch ein selbst programmiertes MATLAB-Skript signifikant beschleunigen.

Erasmus-Stipendiat – Furkan Mahmut Boztepe

Von Juli bis September 2019 besuchte Herr Mahmut Boztepe von der TED-University in Ankara das IUL. Dabei wurde er durch das Programm „Erasmus+“ unterstützt. Im Rahmen seines wissenschaftlichen Praktikums in der Abteilung für Massivumformung hat Herr Boztepe die Eignung unterschiedlicher plastischer Modellwerkstoffe zur physikalischen Prozessmodellierung untersucht. Ziel war die Charakterisierung der Modellwerkstoffe für unterschiedliche Dehnraten, um die Ähnlichkeit mit Aluminium unter den Bedingungen beim Strangpressen zu bewerten. Durch die Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Präparation der Proben, insbesondere die Verarbeitungstemperatur, großen Einfluss auf die Werkstoffkennwerte hat.



Erasmus-Austauschstudierender M. Boztepe an einer Universalprüfmaschine zur Materialcharakterisierung

Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass der Modellwerkstoff mit zunehmender Dehnrates eine steigende Fließspannung hat. Mit den gewonnenen Erkenntnissen können die Ergebnisse der Modellversuche auf den Werkstoff Aluminium übertragen werden und mithilfe der physikalischen Prozesssimulation können somit Werkstofffluss oder Prozesskräfte für neue Verfahren untersucht werden.



L. Meise vor dem Maschinengestell, welches zukünftig die Biege- sowie Walzeinheit beherbergen wird

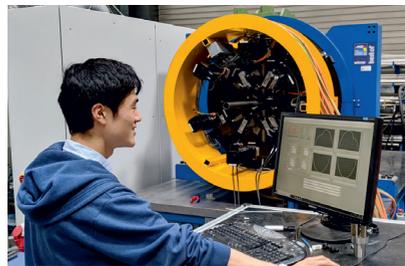
Austausch mit der Lehigh University

Erstmalig durfte das IUL eine Austauschstudierende der Lehigh University in Bethlehem, Pennsylvania, begrüßen. Frau Lexi Meise verbrachte innerhalb des „Lehigh Iacocca International Internship Program“ rund 10 Wochen am Institut. Während ihres Forschungspraktikums unterstützte sie ihren Betreuer Juri Martschin bei der Entwicklung eines Algorithmus zur

Überführung von CAD-Geometriedaten hin zu Bahndaten. Die Bahndaten dienen der Steuerung einer noch in der Entwicklung befindlichen Rohrbiegemaschine. Diese kann Profile mit rechteckigem Querschnitt mit einer Drucküberlagerung durch Walzen flexibel formen. Frau Meise leistete dank ihres informatisch-technischen Hintergrunds einen wichtigen Beitrag für den Fortschritt innerhalb dieses Projektes.

Austausch mit der Ohio State University

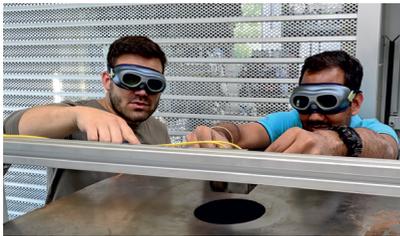
Innerhalb des NSF-geförderten Austauschprogramms „Forming and manufacture of lightweight high-performance components – International Research Experiences for Students at the TU Dortmund University“ haben bis zu fünf Studierende der Ohio State University (OSU) während der Sommerpause in den USA die Möglichkeit, ein Forschungspraktikum am IUL zu



R. Nakahata bei Untersuchungen an der umgerüsteten IPU-Maschine

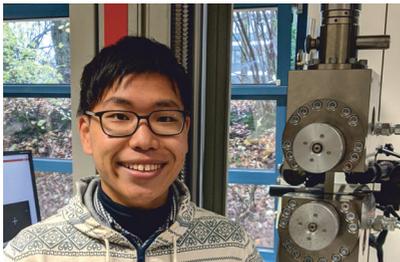
absolvieren. Das Programm ist dabei sowohl Undergraduate-, Graduate- als auch Promotionsstudierenden zu-

gänglich. Dank der direkten Betreuung durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter des IUL können die Gaststudierenden einen offenen Einblick in die Forschungsarbeit an einem großen deutschen Forschungsinstitut erlangen. Daneben wird das Programm auf sozio-kultureller Ebene unterstützt und soll somit die zukünftige internationale Kollaboration mit den USA und insbesondere mit der OSU stärken. In diesem Jahr durfte das IUL zwei Gäste begrüßen. Herr Ryo Nakahata war nach 2018 zum zweiten Mal Gast am IUL. In seiner zweiten Forschungsphase führte er die im letzten Jahr begonnenen Arbeiten fort. Herr Nakahata entwickelte eine echtzeitfähige, rückgekoppelte Maschinensteuerung für die inkrementelle Profillumformung. Hierzu werden präzise Geometriedaten des aktuellen Profilquerschnitts benötigt, um die Prozessparameter entsprechend anpassen zu können. Basierend auf den Vorarbeiten wurden dieses Jahr zwei Laserabstandssensoren in der IPU-Maschine installiert, welche die entsprechenden Daten aufzeichnen. Die Einbindung dieser Geometriedaten in die Maschinensteuerung erfolgt nun im nächsten Schritt.



A. Kapil (rechts) zusammen mit seinem Betreuer M. Hahn bei den Einbauarbeiten für den neuen Lasersensor

Ebenfalls beschäftigt mit der Installation von Lasersensoren war der zweite OSU-Austauschstudent, Herr Angshuman Kapil. Er nutze diese jedoch zur Geschwindigkeitsmessung bei dem Hochgeschwindigkeitsumformprozess mit vaporisierenden Aluminiumfolien. Die Sensoren wurden hierzu oberhalb des Werkstücks platziert, welches durch die Explosion in Richtung der Sensoren beschleunigt wird. Die so gewonnenen Daten dienen dem Vergleich und letztlich der Validierung numerischer sowie analytischer Modelle, welche zurzeit für diesen Prozess entwickelt werden.



Y. Takaya vor der Zug-/Druckprüfmaschine, in welcher seine Experimente realisiert werden

Austausch mit der Gifu University

Wie in den vorangegangenen Jahren konnte das IUL auch in diesem Wintersemester im Zuge des G-CADET-Exchange-Programms einen japanischen Austauschstudierenden der Gifu University empfangen. Herr Yusuke Takaya ist Masterand bei Prof. Y. Yoshida, welcher das Programm auf

Seitens der Gifu University leitet. Herr Takaya nutzt seinen Aufenthalt, um für seine Masterarbeit Experimente durchzuführen. Hierzu wird die dreidimensionale Kontur von Zylinderstauchproben mit Aramis (DIC) vermessen und zur Kalibrierung von Materialmodellen genutzt. Im Zuge des bilateralen Austausches ist zur gleichen Zeit Herr Fabian Stiebert, aktuell Masterand am IUL, zu Gast an der Gifu University. Dort nimmt er an den Vorlesungen und Übungen des G-CADET-Programms teil. Zudem ist er in Forschungsarbeiten im Bereich der Verfahrenskombination von SLM und der Umformtechnik involviert.

Technische Ausstattung

05

5 Technische Ausstattung

Pressen

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

Weitere Umformmaschinen

- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 1,5 kJ (rekuperationsfähig), Eigenbau IUL
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 32 kJ, Maxwell Magneform 7000
- Anlage zur elektromagnetischen Umformung, 6 kJ, Poynting SMU 0612 FS
- CNC-Rotationszugbiegemaschine, DB 2060-CNC-SE-F, Transfluid Maschinenbau GmbH
- DMU 50 – 5-Achs-Fräsmaschine, DMG MORI
- Drückmaschine, Leifeld APED 350NC, CNC Siemens 840 D
- Gesenkbiegemaschine, 1300 kN, TrumaBend V 1300X
- Hydraulische Stanzmaschine TruPunch 5000, 220 kN, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG
- Maschine zum inkrementellen Profillumformen, Eigenbau IUL
- Maschine zum inkrementellen Rohrumformen, IRU2590, transfluid Maschinenbau GmbH
- Mehrachspressen TR 73, Fa. Schnupp, Prototyp mit fünf Bewegungsachsen mit bis zu 100 kN

- Rollformmaschine RAS 24.10, Reinhardt Maschinenbau GmbH, Sindelfingen
- Schwenkbiegemaschine, FASTI 2095
- 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-Auftragschweißen, Lasertec 65 3D, Sauer GmbH/DMG MORI
- Pulverbettmaschine zur additiven Fertigung DMG MORI „Lasertec 30 SLM“

Prüfmaschinen

- Blechprüfmaschine, 200 kN, Erichsen 142/20
- Blechumformprüfmaschine Zwick BUP1000
- fünf Universal-Prüfmaschinen, Zwick 1475 100 kN, Zwick SMZ250/SN5A, Zwick FR250SN.A4K Allround Line, Zwick Z250 (2 Stück)
- Plastometer, 1 MN, Eigenbau IUL
- Rauheitsmessgerät MarSurf XR1 mit Vorschubeinheit MarSurf GD26, Firma Mahr

Messtechnik und Elektronik

- 3D-Koordinatenmessgerät, Zeiss PRISMO VAST 5 HTG (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung, TU Dortmund)
- 3D-Video-Messsystem, Optomess A250
- 3MA-II Prüftechnik
- Milling Guide RS-200 zur Bestimmung von Eigenspannungen mittels Bohrlochmethode und DMS-Messungen
- Dichtemessgerät, IMETER V6 der Fa. MSB Breitwieser MessSysteme
- Dickenmessgerät, Krautkrämer CL 304
- Digitales Speicheroszilloskop, 4 Messkanäle, LeCroy HDO6104A
- Digitales Speicheroszilloskop, 4 Messkanäle, LeCroy Waverunner 104 MX
- Digitales Speicheroszilloskop, 4 Messkanäle, Tektronix TDS 420A

- Frequenzbereichsreflektometer ODiSI-B10 von Polytec: Gerät zur orts- und zeitaufgelösten Temperatur- oder Dehnungsmessung
- Großkammer-REM, Mira XI der Fa. Visitec (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung und dem Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, TU Dortmund)
- Härteprüfer, Wolpert Diatestor 2 RC/S
- Infrarot-Messaufnehmer, PYROSKOP 273 C
- Keyence Laser: Berührungslose Distanzmessung
- Laserbasiertes Photon-Doppler-Velocimeter zur Messung hoher Bauteilgeschwindigkeiten
- Laser-Surface-Velocimeter (LSV): Berührungslose Geschwindigkeitsmessung
- Multiwellenlängen-Pyrometer, Williamson pro 100 series
- Nahinfrarot-Pyrometer, Sensortherm Metis M316
- Nahinfrarot-Pyrometer, Sensortherm Metis M318
- Optische 3D-Bewegungsanalyse: GOM PONTOS 4M
- Optische 3D-Digitalisierer: 2x GOM ATOS Triple Scan, GOM TRITOP
- Optische 3D-Verformungsanalyse: 3x GOM ARAMIS (2x 5M + 1x 4M), GOM ARGUS
- Polarisationsfähiges Auflichtmikroskop, Zeiss AxioImager.M1m
- StressTech Prism – Eigenspannungsmessung mittels Bohrlochmethode und elektronischer Specklemuster-Interferometrie (ESPI)
- StressTech Xstress 3000 – Röntgendiffraktometer zur Eigenspannungsmessung
- Wärmebildkamera, Infratec VarioCam HD head 680 S, Auflösung 1280 x 960

Sonstiges

- 6-Achsen-Roboter, KUKA-Industrieroboter KR 5 sixx R650
- 6-Achsen-Roboter, KUKA-Industrieroboter KR 90 R3700 prime K
- Ätz- und Polierstation – LectroPol-5, Firma Struers GmbH
- DC-Stromquelle LAB4020
- Drehmaschine, Weiler Condor VS2
- Einmessgestell, Boxdorf HP-4-2082
- Hochfrequenz-Generator, 10 kW, Hüttinger Axio 10/450

- Hochleistungs-Metallkreissägemaschine, Häberle AL 380
- Horizontal-Gehrungsbandsäge, Klaeger HBS 265 DG
- Hydraulikaggregate und Druckübersetzer bis 4000 bar (drei Stück)
- Hydrostatisches Glattwalzwerkzeug, Ecoroll, HG13 und HG6
- Industrieroboter KUKA KR 30-3
- Laser-Bearbeitungszentrum, Trumpf LASERCELL TLC 1005
- Mittelfrequenz-Generator, 40 kW, Trumpf TruHeat 3040 und 7040, mit Koax-Trafo
- Nasstrennschleifmaschine Discotom-100, Struers (in Kooperation mit dem Institut für Spanende Fertigung)
- Planband-Schleifmaschine, Baier PB-1200-100S
- Rollnahtschweißmaschine, Elektro-Schweißtechnik Dresden UN 63 pn
- verschiedene Maschinen zur spanenden Bearbeitung
- Zugprobenschleifmaschine, Schütz + Licht GmbH, PSM 2000
- Zugprobenstanze, 1200 kN, Schütz + Licht GmbH ZS1200CN

05

Technische Ausstattung

Kooperationen | Cooperations

06

Kooperationen | Cooperations

Auf diesem Wege möchten wir uns für die vielfältige Zusammenarbeit im Jahr 2019 bedanken, ohne die unser gemeinsamer Erfolg nicht möglich wäre.

At this point we would like to express our gratitude to the large number of various cooperation partners in 2019 which have added to our joint success.

Industriebeirat des IUL | IUL Industrial Advisory Board

Das Gremium des Industriebeirates vermittelte auch im Jahr 2019 wichtige Impulse hinsichtlich des industriellen Forschungsbedarfes. An dieser Stelle möchten wir uns für diese wertvolle Zusammenarbeit bedanken.

In 2019, the Industrial Advisory Council provided yet again significant input regarding the need for research from an industrial point of view. We would like to take this opportunity to express our gratitude for this valuable cooperation.

- Gerhard Bürstner, Ing.-Büro Gerhard Bürstner
- Marius Fedler, Kunststoff-Institut für die mittelständische Wirtschaft NRW GmbH
- Dr. Frank O. R. Fischer, Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
- Dr. Georgios Georgiadis, Volkswagen AG

- Rainer Hank, TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG
- Dr. Jens Heidenreich, PHOENIX FEINBAU GmbH & Co. KG
- Wolfgang Heidrich, GDA – Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V.
- Jörg Höppner, Verband Metallverpackungen e. V.
- Franz Jurt, Feintool Technologie AG
- Dr. Stefan Keller, Hydro Aluminium Rolled Products GmbH
- Dr. Lutz Keßler, ThyssenKrupp Steel Europe AG
- Dr. Lukas Kwiatkowski, Otto Fuchs KG
- Prof. Gideon Levy, TTA – Technology Turn Around
- Dr. Hans Mulder, Tata Steel Research & Development Product Application Centre
- Franz-Bernd Pauli, Franz Pauli GmbH & Co. KG
- Rainer Salomon, Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA)
- Dr. Hendrik Schafstall, simufact engineering GmbH
- Dr. Eduard Schenuit, Zwick GmbH & Co. KG
- 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.

Universitäre Kooperationen auf nationaler Ebene I University cooperations at national level

- Chair of Micromechanical and Macroscopic Modelling, ICAMS, Ruhr-Universität Bochum
- Cybernetics Lab IMA & IfU, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Fachgebiet Maschinenelemente, Technische Universität Dortmund
- Fachgebiet Metallische Werkstoffe, Institut für Werkstoffwissenschaften und -technologien, TU Berlin
- Fachgebiet Werkstoffprüfung, Technische Universität Dortmund
- Fachhochschule Südwestfalen
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Technische Universität Chemnitz
- Fraunhofer-Projektgruppe am Dortmunder Oberflächen-Centrum DOC, Dortmund
- Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- IngenieurDidaktik, Technische Universität Dortmund
- Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Institut für Bildsame Formgebung, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Eisenhüttenkunde, Lehr- und Forschungsgebiet für Werkstoff- und Bauteilintegrität, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Leibniz Universität Hannover
- 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 Metallformung, Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Institut für Metallurgie, Abteilung Werkstoffumformung, Technische Universität Clausthal-Zellerfeld
- Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen, Technische Universität Darmstadt
- Institut für Spanende Fertigung, Technische Universität Dortmund
- Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen, Leibniz Universität Hannover
- Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart
- Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover
- Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Technische Universität München

- Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, Technische Universität Berlin
- Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik, Universität Paderborn
- Lehrstuhl Baumechanik, Technische Universität Dortmund
- Lehrstuhl Fertigungstechnik, Universität Duisburg-Essen
- Lehrstuhl für Fertigungstechnologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Lehrstuhl für Feststoffverfahrenstechnik, Ruhr-Universität Bochum
- Lehrstuhl für Konstruktion und Fertigung, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen, Technische Universität München
- Lehrstuhl für Umformtechnik, Universität Siegen
- Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Technische Universität Dortmund
- Lehrstuhl Hybrid Additive Manufacturing, Ruhr-Universität Bochum
- Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf
- Professor für Baumechanik, Universität der Bundeswehr München
- Professor für Theoretische Elektrotechnik und Numerische Feldberechnung, Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg
- Professor Virtuelle Fertigungstechnik, Technische Universität Chemnitz
- Professor Werkstoffwissenschaft, Technische Universität Chemnitz
- wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie
- Werkzeugmaschinenlabor, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Zentrum für Hochschulbildung (zhb), Technische Universität Dortmund

Universitäre Kooperationen auf internationaler Ebene | University cooperations at international level

- Department of Materials Science and Engineering, The Ohio State University, Ohio, USA
- Department of Mechanical Engineering, Gifu University, Yanagido, Japan
- Department of Mechanical Engineering, Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, Portugal
- Department of Mechanical Engineering, Section of Manufacturing Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark
- Department of Mechanical Science and Engineering, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, Japan
- École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), ParisTech, Paris, France
- Institut Carnot ARTS, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, France
- Institute for Manufacturing, Department of Engineering, University of Cambridge, UK
- KAIST – Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea
- KIMS – Korea Institute of Materials Science, Gyeongnam, Republic of Korea
- Laboratory of Microstructure Studies and Mechanics of Materials, Arts et Métiers ParisTech (Metz campus), France
- 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
- AUDI AG
- AutoForm Engineering Deutschland GmbH
- Baoshan Iron & Steel Co. Ltd.
- Benteler International AG
- Bilstein GmbH & Co. KG
- BMW AG
- BÖHLER-UDDEHOLM Deutschland GmbH
- borit Leichtbau-Technik GmbH
- CARL BECHEM GMBH
- 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
- ErlingKlinger AG
- F. W. Brökelmann Aluminiumwerk GmbH & Co. KG
- Faurecia Group
- FLORA Wilh. Förster GmbH & Co. KG
- Franz Pauli GmbH & Co. KG
- Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG
- FRIMO Group GmbH Composites & Tooling Technologies
- Gebr. Wielpütz GmbH & Co. KG
- Gerhardt AluTechnik GmbH
- Goeckeler Messtechnik GmbH
- Grundfos GmbH
- GSU Schulungsgesellschaft für Stanz- und Umformtechnik mbH
- Heggemann AG
- HELLA GmbH & Co. KGaA
- Hirschvogel Umformtechnik GmbH
- HMT Höfer Metall Technik GmbH & Co. KG
- HoDforming GmbH
- HUECK Extrusion GmbH & Co. KG
- Hydro Aluminium Deutschland GmbH
- inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH
- JFE Steel Corporation
- Johnson Controls Hiltchenbach GmbH
- Kirchoff Automotive GmbH
- Kistler Instrumente AG
- KOBE STEEL, LTD.

- KODA Stanz- und Biegetechnik GmbH
- Kunststoff-Institut Lüdenscheid (KIMW GmbH)
- MATFEM Partnerschaft Dr. Gese & Oberhofer
- MK Metallfolien GmbH
- Mubea Unternehmensgruppe
- 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
- STURM GmbH
- Tata Steel
- thyssenkrupp Steel Europe AG
- TM Lasertechnik GmbH
- transfluid Maschinenbau GmbH
- TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG

- TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG
- Viessmann Werke GmbH & Co. KG
- voestalpine AG
- VOLKSWAGEN AG
- Vossloh AG
- wefa Westdeutsche Farben GmbH
- Welser Profile Deutschland GmbH
- Wilke Werkzeugbau GmbH & Co. KG
- WILO SE
- Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH

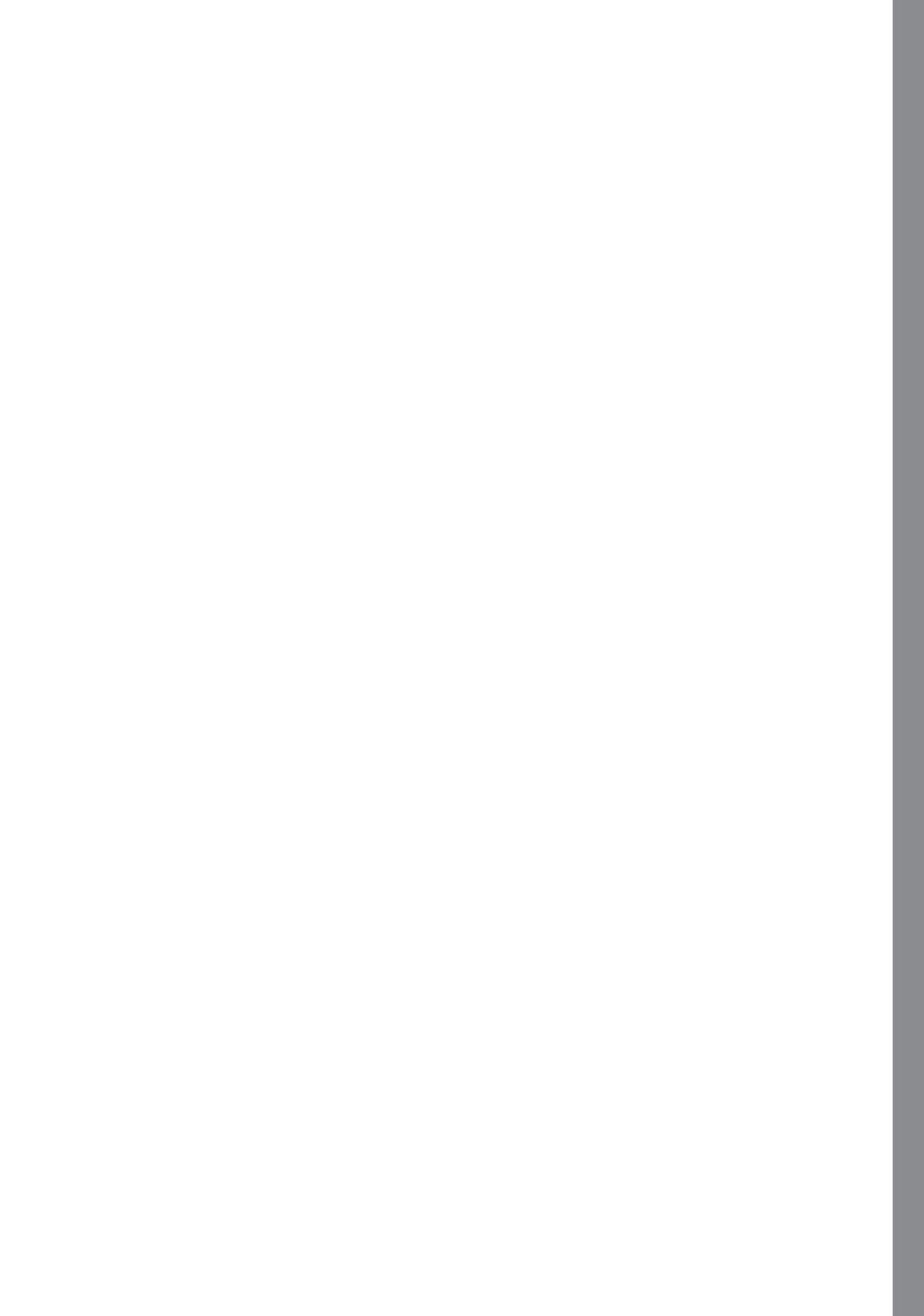
In addition, several companies with disclosure agreements.

Verbände | Associations

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- AGU – Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik
- AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.
- Aluminium-Leichtbaunetzwerk
- ASM International
- CAE – Chinese Academy of Engineering
- CIRP – The International Academy for Production Engineering
- DAAD – Deutscher Akademischer Austauschdienst e. V.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft
- DGM – Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
- EFB – Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e. V.
- FGM – Fördergesellschaft Metallverpackungen mbH
- FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.
- GCFG – German Cold Forging Group e. V.
- GDA – Gesamtverband der Aluminiumindustrie 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

Stiftungen | Foundations

- KARL-KOLLE-Stiftung
- Stifterverband Metalle e. V.
- VolkswagenStiftung
- Werner Richard – Dr. Carl Dörken Stiftung
- Wilo-Foundation





Abgeschlossene Arbeiten | Completed Theses

07

Abgeschlossene Masterarbeiten¹ | Completed Master of Science Theses²

Bandura, Philip

Tekkaya, A. E.; Weber, F.

Untersuchung des Spannungszustands und des Stoffflusses beim spannungsüberlagerten Rohrziehen mit fliegendem Dorn

Analysis of the stress state and material flow for stress-superposed tube drawing with flying mandrel

Bhattacharai, Yogesh

Tekkaya, A. E.; Gutknecht, F.

Numerische Kantenrissovorhersage von Stanzteilen: Analyse des Einflusses des Mapping-Ansatzes auf die Vorhersagegüte

Numerical edge failure prediction of stamped parts:

Analysis of the influence of the mapping approach on the prediction quality

Bode, Lorenz

Tekkaya, A. E.; Schowtjak, A.

Analyse und Entwicklung verschiedener Strategien für die Bestimmung von Bruchortskurven

Analysis and development of various strategies for the determination of fracture loci

Dayasagar, Jaswanth

Tekkaya, A. E.; Löbbe, C.

Simulationsgestützte Analyse der Kompensation von Einfallstellen in Blechformteilen der Karosserie-Außenhaut
Simulation based analysis of compensation of surface lows in sheet metal parts

Detzel, Andreas

Tekkaya, A. E.; Wernicke, S.

Untersuchung elektro-plastischer Effekte bei der Herstellung von Funktionsbauteilen durch inkrementelle Blechmassivumformung

Investigation on electro-plastic effects in incremental sheet-bulk metal forming of functional elements

Dybala, Jan

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

Topologieoptimierung metallischer Sandwichbauteile für die Biegeumformung

Optimization of the topology of metallic sandwich sheets for bending processes

Gitschel, Robin

Tekkaya, A. E.; Schowtjak, A.

Analyse unterschiedlicher Ansätze für die Identifikation von Schädigungs- und Plastizitätsparametern
Analysis of different approaches for the identification of damage and plasticity related parameters

1 Originaltitel ist fett gedruckt.

2 Original title written in bold.

Jaiswal, Sumant Kumar

Tekkaya, A. E.; Traphöner, H.
Bewertung von Methoden zur Materialcharakterisierung und Materialmodellierung für die numerische Simulation des Stanziertens

Evaluation of material characterization methods and material models for the numerical simulation of self-piercing riveting

Kotzyba, Patrick

Tekkaya, A. E.; Gebhard, J.
Untersuchung des kontinuierlichen Strangpressens unter Anwendung der Ähnlichkeitstheorie
Investigation of continuous extrusion using the principle of similitude

Krieger, Julia

Tekkaya, A. E.; Tebaay, L.
Einfluss der Oberflächenmorphologie bei einer Prozesskombination aus inkrementeller Bleuchumformung und Laserpulverauftragsschweißen
Influence of the surface topology of a process combination of incremental sheet forming and laser powder deposition

Kuruva, Srinath

Tekkaya, A. E.; Schmitz, F.
Numerische Analyse und Kompensation des Einflusses des elastischen Verhaltens von Stanzmaschinen auf Blechbauteile

Numerical analysis and compensation of the influence of elastic behavior of stamping machines on sheet metal components

Omer, Mohammed

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.
Auslegung und Analyse von Kühlkanälen für ein rapides Warmumformwerkzeug
Design and analysis of cooling channels for a rapid hot forging die

Sarafraz, Yashar

Tekkaya, A. E.; Kolpak, F.
Einfluss der Prozessparameter auf die Längspressnahtqualität beim Strangpressen
Influence of process parameters on longitudinal weld seam quality in hot extrusion

Sarııldız, Ömer

Tekkaya, A. E.; Weber, F.
Numerische und analytische Untersuchung der Fügestellenauslegung beim Außenhochdruckfügen
Numerical and analytical investigation of the joining zone design for joining with outer pressurization

Sarker, Manabendra

Tekkaya, A. E.; Komodromos, A.

Analyse des Einflusses der Düsengeometrie und wechselwirkender Prozessparameter auf das Linearwickeln

Analysis of the influence of the nozzle geometry and interacting parameters on the coil winding method

Wapande, Sadam Hamis

Tekkaya, A. E.; Dardaiei, H.

Umformbarkeitsanalyse von 3105-Aluminium-Verbundplatten mittels Multi-Point-Forming-Prozesses

Formability analysis of 3105 aluminium composite panels by means of the multi-point forming process

Schwendemann, Nico (2018)

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.

Untersuchung der diffusiblen Wasserstoffgrenzen von neuen höchstfesten Stählen im Presshärteprozess

Investigation of the diffusible hydrogen limits of new high-strength steels in the press hardening process

Yasar, Yavuz

Tekkaya, A. E.; Martschin, J.

Bruchaufspaltung von mikrolegierten Feinkornstählen beim Lochstanzversuch

Separations in micro alloyed steel during the hole punching test

Triebert, Nicolas

Tekkaya, A. E.; Meya, R.

Analyse der Leistungsfähigkeit gebogener Bauteile

Analysis of the performance of bent products

Zahner-Gothen, Marcel

Tekkaya, A. E.; Tebaay, L.

Charakterisierung der mechanischen Verbundeigenschaften von Hybridbauteilen, welche mittels inkrementeller Blechumformung und additiver Fertigung hergestellt werden

Characterization of mechanical compound properties of hybrid parts made by incremental sheet forming and additive manufacturing

Wahab, Abdul

Tekkaya, A. E.; Schowtjak, A.

Experimentelle und numerische Versagensanalyse von AHSS-Blechen mit verschiedenen Plastizitäts- und Schädigungsmodellen

Experimental and simulative failure evaluation of advanced high-strength steels with different plasticity and failure models

Abgeschlossene Bachelorarbeiten | Completed Bachelor of Science Theses

Adams, Tom

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

Analyse des Laserpulverauftragsschweißens als Fertigungsprozess zum Aufbau hybrider Blechumformwerkzeuge

Investigation of laser powder deposition for the manufacturing of hybrid sheet metal forming tools

Bürstner, Fabio Maximilian

Tekkaya, A. E.; Traphöner, H.

Analyse der Einflussfaktoren bei der Ermittlung von Werkstoffeigenschaften unter Wechselbiegebelastung

Analysis of influencing factors during the determination of material properties under cyclic bending load

Banimb Matoun, Christian

Tekkaya, A. E.; Lueg-Althoff, J.

Analyse und Optimierung des Produktionsprozesses von Diesel-Hochdruckleistungen

Analysis and optimization of the production process of diesel high-pressure lines

Dick, Christian

Tekkaya, A. E.; Lueg-Althoff, J.

Untersuchung des Aufprall-Lichtblitzes bei der Verschweißung zweier metallischer Bauteile mittels elektromagnetischer Umformung

Investigation of the impact flash during magnetic pulse welding of two metal parts

Bechler, Jan

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

Inverse Parameteridentifikation additiv hergestellter Tragwerksstrukturen

Inverse parameter identification of additively manufactured cellular structures

Dzikus, Pascal

Weichert, F. (Fak. Informatik); Tekkaya, A. E.

Optische Identifikation von Bewegungsfeldern für Formveränderungen

Optical identification of motion fields for shape changes

Bosse, Gerrit

Tekkaya, A. E.; Löbbecke, C.

Entwicklung eines Dorn-Systems für das Profilbiegen mit Druckspannungsüberlagerung

Development of a mandrel system for profile bending with stress superposition

Efendioglu, Emin

Tekkaya, A. E.; Napierala, O.

Experimentelle Untersuchung des Tiefzieh-Verbundfließpressens mit Späneknern

Experimental investigation of draw-forging with chip-based cores

Guo, Yu

Tekkaya, A. E.; Traphöner, H.

Analyse des ebenen Torsionsversuchs mit überlagertem axialem Zug

Analysis of the in-plane torsion test with superposed axial tension

Hmeidan, Mohamed

Tekkaya, A. E.; Martschin, J.

Numerische Untersuchung des Profilbiegens mit Druckspannungsüberlagerung durch Walzen

Numerical investigation of profile bending with stress superposition by rolling

Kramer, Christian

Tekkaya, A. E.; Weber, F.

Analyse eines teilbaren Dichtungskonzepts beim Außenhochdruckfügen

Analysis of a separable sealing concept for joining by outer pressurization

Möseler, Maximilian

Tekkaya, A. E.; Gallus, S.

Zusammenhang zwischen Schweißnahtorientierung und Bauteilverzug durch Wärmeeintrag bei längsgeschweißten Rohren

Correlation between weld seam orientation and component distortion due to heat input in longitudinally welded tubes

Reihani Masouleh, Alborz

Tekkaya, A. E.; Tebaay, L.

Optimierung des Laserpulverauftragsschweißens durch Variation der Bahnstrategie

Optimization of laser powder deposition welding by varying the tool path strategy

Rethmann, Philipp

Tekkaya, A. E.; Löbbe, C.

Erweiterte Verfahrensgrenzen beim kinematischen Profilbiegen mittels gradierter Querschnittstemperierung

Extended process limits for kinematic profile bending by graded cross-section temperature control

Schreiner, Christian

Tekkaya, A. E.; Maaß, F.

Analyse des Einflusses nachgelagerter Schneidprozesse auf den Eigenspannungszustand inkrementell umgeformter Blechbauteile

Analysis of the influence of subsequent cutting operations on the residual stress state of incrementally formed parts

Schulz, Oliver

Tekkaya, A. E.; Traphöner, H.

Entwicklung und Analyse neuer Nutformen im ebenen Torsionsversuch

Development and analysis of new groove shapes for the in-plane torsion test

Trautwein, Georg

Tekkaya, A. E.; Gallus, S.

**Entwicklung und Validierung eines Biegewerkzeugs zum
Biegen doppelwandiger Rohrleitungen**

Development and validation of a bending tool for bending
double-walled tubes

Abgeschlossene Projektarbeiten | Completed Project Theses

Altinsoy, Emre; Karaca, Fatih

Tekkaya, A. E.; Schmitz, F.

Vergleichen von konventionellem und adiabatischem Scherschneiden durch analytische und numerische Ansätze
Comparison of conventional and adiabatic blanking by analytical and numerical approaches

Blickling, Philipp; Schulz, Oliver

Tekkaya, A. E.; Traphöner, H.; Gutknecht, F.

Analyse und Bewertung unterschiedlicher Verfahren zur Fertigung von Nutproben für den ebenen Torsionsversuch
Analysis and evaluation of different methods for the manufacturing of grooved specimens for the in-plane torsion test

Araghchi, Pouria

Tekkaya, A. E.; Groditzki, J.; Weber, F.

Experimentelle Untersuchung der Plastizität in Aluminium-Einkristallen

Experimental investigation of plasticity in aluminum single crystals

Bürstner, Fabio Maximilian

Tekkaya, A. E.; Traphöner, H.; Dardaiei, H.

Entwicklung einer Erweiterung des ebenen Torsionsversuches für Temperaturen bis 1100 °C
Development of an extension of the in-plane torsion test for temperatures up to 1100 °C

Banim Matoun, Christian

Tekkaya, A. E.; Lueg-Althoff, J.

Konstruktive Gestaltung einer Prüfvorrichtung für form-schlüssig gefügte Bleche

Design of a testing device for sheets joined by form-fit

Deiters, Alexander; Windmann, Dominik

Tekkaya, A. E.; Sieczkarek, P.; Gies, S.

Werkstoffcharakterisierung von Edelstahlfolien für den Einsatz bei der inkrementellen Blechumformung

Material characterization of stainless steel foils for the application in incremental sheet metal forming processes

Bhattarai, Yogesh

Tekkaya, A. E.; Upadhyaya, S.

Machbarkeit der Vorhersage beim Streckbiegen mithilfe der konkaven Seitenregel

Stretch-bending forming limit prediction with the concave side rule

Donack Mezatio, Bertrand

Tekkaya, A. E.; Lueg-Althoff, J.

Methoden zur Prüfung der Kantenrissempfindlichkeit
Testing methods for edge cracking evaluation

Dukat, Paul

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.; Komodromos, A.

Entwicklung und Erprobung eines Versuchsstandes zur experimentellen Ermittlung des Werkstoffverhaltens von plattiertem Stahl beim Warmbiegen

Development and testing of an experimental set-up for the investigation of the material behavior of clad steel during hot bending

Esken, Lukas

Tekkaya, A. E.; Groditzki, J.; Weber, F.

Eine iterative Identifikation rheologischer Parameter sowie des Wärmeübergangskoeffizienten beim Hochtemperatur-Schmieden

An iterative identification of rheological parameters and heat transfer coefficients in hot forging

Gerlach, Jan

Tekkaya, A. E.; Schowtjak, A.; Gitschel, R.

Einfluss der Probengeometrie auf die Parameteridentifikation von Schädigungsmodellen

Effect of the specimen geometry on the parameter identification of ductile damage models

Gitschel, Robin

Tekkaya, A. E.; Schowtjak, A.; Clausmeyer, T.

Parameteridentifikation auf Basis von Daten der digitalen Bildkorrelation

Digital image correlation-aided parameter identification

Hartwich, Patrick

Tekkaya, A. E.; Meya, R.; Ortelt, T.

Entwicklung eines Programmes zur Analyse des Spannungszustandes beim Biegen mit radiater Spannungsüberlagerung

Development of a program for the analysis of the stress state for bending with radial stress superposition

Hater, Sebastian

Tekkaya, A. E.; Komodromos, A.; Rosenthal, S.

Experimentelle Untersuchung des Drahtbiegens mit überlagerter Zugkraft auf Basis des Linearwickelns rechteckiger Spulenkörper

Experimental analysis of wire bending with a superposed tensile force on the basis of the linear winding of rectangular coil bobbins

Kaya, Deniz

Tekkaya, A. E.; Clausmeyer, T.; Gutknecht, F.

Gestaltvorhersage nicht-runder Rohre nach dem Aufweiten

Shape prediction of non-round tubes after expansion

Kocher, Isabelle

Tekkaya, A. E.; Groditzki, J.; Rosenthal, S.

Reduktion von Versuchsumfängen und Verbesserung der Ergebnisse mittels Versuchsplanung

On the reduction of the number of experiments and the improvement of results using DOE

Kortum, Nico

Tekkaya, A. E.; Wernicke, S.; Traphöner, H.

Verfestigungsverhalten des Tiefziehstahls DC04 im ebenen Torsionsversuch unter alternierender Belastung

Strain hardening behavior of DC04 in the in-plane torsion test using alternating loads

Rethmann, Philipp; Bosse, Gerrit

Tekkaya, A. E.; Meya, R.; Martschin, J.

Entwicklung einer Vorrichtung zum Trennen von Biegeproben durch Sprödbruch

Development of a device for separating bending samples by brittle fracture

Kumar, Haresh

Tekkaya, A. E.; Löbbe, C.; Meya, R.

Numerische Untersuchung der überlagerten Oszillationen beim inkrementellen Profilmformen

Numerical investigation of superposed oscillations in incremental profile forming

Ruzwan, Yacob

Tekkaya, A. E.; Lueg-Althoff, J.; Rosenthal, S.

Einfluss der Aufbaurichtung auf die mechanischen Eigenschaften mittels SLM gefertigter Proben des austenitischen Edelstahl 316L

Influence of the building direction during SLM on the mechanical properties of specimens made of austenitic stainless steel 316L

Kuruva, Srinath

Tekkaya, A. E.; Löbbe, C.; Meya, R.

Strategie zur Rohrverjüngung durch Crimpen und Formen von ovalen Rohren mittels inkrementeller Profilmformung
Strategy for tube reduction using rotary swaging and preparation of oval tubes using incremental profile forming

Schreiber, Frank

Tekkaya, A. E.; Rosenthal, S.

Erstellung und Validierung einer Simulation für die Umformung additiv gefertigter Bleche

Development and validation of a simulation for forming of additively manufactured sheets

Noe, Daniel

Tekkaya, A. E.; Kamaliev, M.; Martschin, J.

Implementierung und Durchführung von Warm-Reibversuchen durch konstruktive Änderungen der Streifenziehmaschine

Implementation and conduction of hot friction drawing tests by design adaption of the strip drawing machine

Stennei, Markus

Tekkaya, A. E.; Dardaei, H.

Analytische Betrachtungsweise des Spritzdrucks beim Hinterspritzen von Stahl-Kunststoffhybriden

Analytical approach of the injection pressure in the back injection molding of steel plastic hybrids

Szajna, Jan Philip

Tekkaya, A. E.; Wernicke, S.; Tebaay, L.

Weiterentwicklung eines variablen Kammerungskonzeptes für die inkrementelle Blechmassivumformung

Further development of a variable chambering concept for incremental sheet-bulk metal forming

Tariq, Faizan

Tekkaya, A. E.; Gutknecht, F.; Clausmeyer, T.

Erstellung und Validierung eines Simulationsmodells für Bauteil-Crash-Versuche

Creation and validation of a simulation model of a crash test rig for component testing

Tufanyan, Tigran

Tekkaya, A. E.; Rickmer, M.; Ortelt, T.

Entwicklung eines Programmes zur Analyse des Spannungszustandes beim Biegen mit radialer Spannungsüberlagerung

Development of a program for the analysis of the stress state for bending with radial stress superposition

Wahab, Abdul

Tekkaya, A. E.; Napierala, O.; Gebhard, J.

Numerische Abbildung des Tiefzieh-Verbundfließpressens mit Spänen

Combined deep drawing and cold forging process for recycling of aluminum chips

Yasar, Yavuz

Tekkaya, A. E.; Napierala, O.; Gebhard, J.

Zweistufiges Tiefzieh-Verbundfließpressen – Auslegung, Konstruktion und Durchführung

Extended draw-forming by redrawing – process- and tool design and experiments



Ausgewählte Veröffentlichungen und Vorträge |
Selected Publications and Lectures

08

- Bellmann, J., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Hahn, M., Gies, S., Beyer, E., Tekkaya, A. E., 2019. Effect of the wall thickness on the forming behavior and welding result during magnetic pulse welding. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 50, pp. 883–892.
- Bellmann, J., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Hahn, M., Gies, S., Beyer, E., Tekkaya, A. E., 2019. Thermal Effects in Dissimilar Magnetic Pulse Welding. *Metals* 9 (3), DOI: 10.3390/met9030348.
- Dahnke, C., Pottmeyer, F., Pinter, P., Weidenmann, K. A., Tekkaya, A. E., 2019. Influence of SMA-induced stress on shape memory alloy metal matrix composites manufactured by continuous composite extrusion. *Smart Materials and Structures* 28 (8), DOI: 10.1088/1361-665X/ab2d6a.
- Dahnke, C., Reeb, A., Pottmeyer, F., Weidenmann, K. A., Tekkaya, A. E., 2019. Thermomechanical behavior of shape memory alloy metal matrix composite actuator manufactured by composite extrusion. *Smart Materials and Structures* 28 (5), DOI: 10.1088/1361-665X/ab0ef5.
- Grzanic, G., Löbbe, C., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2019. Analytical prediction of wall thickness reduction and forming forces during the radial indentation process in Incremental Profile Forming. *Journal of Material Processing Technology* 267, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2018.12.003.
- Hering, O., Dunlap, A., Aretz, A., Schwedt, A., Tekkaya, A. E., 2019. Characterization of damage in forward rod extruded parts. *International Journal of Material Forming*. DOI: 10.1007/s12289-019-01525-z.
- Hering, O., Kolpak, F., Tekkaya, A. E., 2019. Flow curves up to high strains considering load reversal and damage. *International Journal of Material Forming*, DOI: 10.1007/s12289-018-01466-z.
- Hou, Y., Min, J., Guo, N., Lin, J., Carsleyb, J. E., Stoughton, T. B., Traphöner, H., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2019. Investigation of evolving yield surfaces of dual-phase steels. *Journal of Materials Processing Technology*, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2019.116314.

- Kolpak, F., Schulze, A., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Predicting weld-quality in direct hot extrusion of aluminium chips. *Journal of Materials Processing Technology* 274, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2019.116294.
- Meya, R., Kusche, C. F., Löbbe, C., Al-Samman, T., Korte-Kerzel, S., Tekkaya, A. E., 2019.** Global and High-Resolution Damage Quantification in Dual-Phase Steel Bending Samples with Varying Stress States. *Metals* 9 (3), DOI: 10.3390/met9030319.
- Meya, R., Löbbe, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Stress State Analysis of Radial Stress Superposed Bending. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 20 (1), DOI: 10.1007/s12541-019-00040-0.
- Meya, R., Löbbe, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Stress State Control by a Novel Bending Process and its Effect on Damage and Product Performance. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 141 (10), DOI: 10.1115/1.4044394.
- Napierala, O., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Simultaneous deep drawing and cold forging of multi-material components: Draw-forging. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, DOI: 10.1016/j.cirp.2019.03.001.
- Nazari, E., Staupendahl, D., Löbbe, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Bending moment in incremental tube forming. *International Journal of Material Forming* 12 (1), pp. 113–122.
- Ossenkemper, S., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Analytical and experimental bond strength investigation of cold forged composite shafts. *Journal of Materials Processing Technology* 264, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2018.09.008.
- Rosenthal, S., Platt, S., Hölker-Jäger, R., Gies, S., Kleszczynski, S., Tekkaya, A. E., Witt, G., 2019.** Forming properties of additively manufactured monolithic Hastelloy X sheets. *Materials Science and Engineering: A* 753, DOI: 10.1016/j.msea.2019.03.035.
- Weber, F., Müller, M., Haupt, P., Gies, S., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2019.** Analytical process design for interference-fit joining of rectangular profiles. *Journal of Materials Processing Technology* 276, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2019.116391.
- Wernicke, S., Sieczkarek, P., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2019.** Properties of Components with Incrementally Formed Gears. *Metals* 9 (5), DOI: 10.3390/met9050515.

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

- Bellmann, J., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Hahn, M., Gies, S., Beyer, E., Tekkaya, A. E., 2019.** Magnetic pulse welding of tubular parts. In: AIP Conference Proceedings 2113, Proceedings of the 22nd International ESAFORM Conference on Material Forming, Vitoria-Gasteiz, Spain, DOI: 10.1063/1.5112579.
- Bellmann, J., Schettler, S., Dittrich, S., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Hahn, M., Beyer, E., Tekkaya, A. E., 2019.** Experimental study on the magnetic pulse welding process of large aluminum tubes on steel rods. Materials Science and Engineering 480, DOI: 10.1088/1757-899X/480/1/012033.
- Bellmann, J., Ueberschaer, F., Lueg-Althoff, J., Schulze, S., Hahn, M., Beyer, E., Tekkaya, A. E., 2019.** Effect of the Forming Behavior on the Impact Flash during Magnetic Pulse Welding of Tubes. In: Proceedings of NUMIFORM 2019: The 13th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, New Hampshire, USA, pp. 651-654.
- Clausmeyer, T., Nürnberg, F., Gutknecht, F., Isik, K., Besserer, H., Gerstein, G., Wernicke, S., Schulte, R., Tekkaya, A. E., Merklein, M., Maier, H., 2019.** Analyse und Modellierung von Schädigung und Versagen in der Blechmassivumformung. 4. Workshop Blechmassivumformung, Erlangen, Germany, pp. 33-60.
- Coppieters, S., Jäckel, M., Miyake, N., Kraus, C., Traphöner, H., Kuwabara, T., Tekkaya, A. E., 2019.** Large Strain Flow Curve Identification for sheet metal: Process-Informed Method Selection. In: Proceedings of 12th Forming Technology Forum, Herrsching am Ammersee, Germany, (Digital).
- Dardaei Joghhan, H., Hahn, M., Traphöner, H., Tekkaya, A. E., 2019.** Influence of the preheating strategy on the deep drawing of extruded magnesium alloy ME20 sheets. In: Proceedings of the 38th International Deep Drawing Research Group (IDDRG) Annual Conference, Enschede, The Netherlands, (Digital).
- Dardaei Joghhan, H., Izadyar, S. A., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2019.** Effect of the unbending process on mechanical properties before and after flattening of extruded open tubes of magnesium alloy ME20. In: AIP Conference Proceedings 2113, Proceedings of the 22nd International ESAFORM Conference on Material Forming Vitoria-Gasteiz, Spain, DOI: 10.1063/1.5112707.

- Gutknecht, F., Clausmeyer, T., 2019.** Analysis of strain-path change indicator for application in sheet-bulk metal forming. In: Proceedings of 12th Forming Technology Forum, 19.-20.09.2019, Herrsching am Ammersee, Germany. (Digital).
- Gutknecht, F., Vogel, M., Schulte, R., Merklein, M., Rosenbusch, D., Koch, S., Hübner, S., Behrens, B., Tekkaya, A. E., Clausmeyer, T., 2019.** Comparison of strain-path indicators for analysis of processes in sheet-bulk metal forming. In: Proceedings of NUMIFORM 2019: The 13th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, New Hampshire, USA, pp. 123-126.
- Hahn, M., Goyal, S., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2019.** Numerical Modeling of Energy Deposition for Vaporizing foil actuator Forming. In: Proceedings of NUMIFORM 2019: The 13th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, New Hampshire, USA, pp. 667-670.
- Hering, O., Kolpak, F., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019.** High Strain Flow Curves by Mechanical Tests on Specimens Pre-strained by Forward Rod Extrusion. In: Proceedings of 52nd ICFG Plenary Meeting 2019, Donostia-San Sebastián, Spain, pp. 149-156.
- Hoffmann, E., Kamaliev, M., Löbbe, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Enhanced process limits in the granular media-based tube forming through axial feeding. In: 7th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel CHS, Luleå, Sweden, pp. 95-102.
- Kolpak, F., Hering, O., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Producing Hollow Shafts by Composite Extrusion Utilizing Granular Cores. In: Proceedings of 52nd ICFG Plenary Meeting 2019, Donostia-San Sebastián, Spain, pp. 225-232.
- Kolpak, F., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Forming-induced anisotropy of product properties in cold extrusion. In: Proceedings of the METEC and 4th European Steel Technology and Application Days, Düsseldorf, Germany. (Digital).
- Lueg-Althoff, J., Bellmann, J., Hahn, M., Schulze, S., Tekkaya, A. E., Beyer, E., 2019.** Joining Dissimilar Thin-Walled Tubes by Magnetic Pulse Welding. In: Book of abstracts of 1st International Conference on Advanced Joining Processes, Ponta Delgada, Azores, p. 54.

- Lueg-Althoff, J., Beu, M.-A., Güzel, A., Rohr, T., Hahn, M., 2019.** Experimental and numerical investigations of joining by electromagnetic forming for aeronautical applications. In: AIP Conference Proceedings 2113, Proceedings of the 22nd International ESAFORM Conference on Material Forming, Vitoria-Gasteiz, Spain, DOI: 10.1063/1.5112576.
- Maaß, F., Dobecki, M., Hahn, M., Reimers, W., Tekkaya, A. E., 2019.** Setting Component Properties in Incremental Forming. In: Proceedings of MS&T 2019, Portland, USA, pp. 1176-1182.
- Maaß, F., Hahn, M., Dobecki, M., Thannhäuser, E., Tekkaya, A. E., Reimers, W., 2019.** Influence of tool path strategies on the residual stress development in single point incremental forming. Procedia Manufacturing 29, pp. 53-59.
- Maaß, F., Hahn, M., Tekkaya, A. E., Dobecki, M., Poeche, A., Brommelhoff, K., Reimers, W., 2019.** Forming mechanisms-related residual stress development in single point incremental forming. Production Engineering – Research and Development 13 (2), DOI: 10.1007/s11740-018-0867-3.
- Martschin, J., Meya, R., Löbbe, C., Tekkaya, A. E., 2019.** Novel roll stand for flexible profile bending. In: Proceedings of the 38th International Deep Drawing Research Group (IDDRG) Annual Conference, Enschede, The Netherlands, (Digital).
- Mennecart, T., Gies, S., Ben Khalifa, N., Tekkaya, A. E., 2019.** Analysis of the Influence of Fibers on the Formability of Metal Blanks in Manufacturing Processes for Fiber Metal Laminates. Journal of Manufacturing and Materials Processing 3 (1), DOI: 10.3390/jmmp3010002.
- Münstermann, S., Sparrer, Y., Yao, Y., Lian, J., Meya, R., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2019.** Effect of plastic strain and ductile damage on elastic modulus of multiphase steel and its impact on springback prediction. In: AIP Conference Proceedings 2113, Proceedings of the 22nd International ESAFORM Conference on Material Forming, Vitoria-Gasteiz, Spain, DOI: 10.1063/1.5112739.
- Rosenthal, S., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2019.** Simulation approach for three-point plastic bending of additively manufactured Hastelloy X sheets. Procedia Manufacturing 34, pp. 475-481, DOI: 10.1016/j.promfg.2019.06.201.

- Schowitzjak, A., Kusche, C., Meya, R., Al-Samman, T., Korte-Kerzel, S., Tekkaya, A. E., Clausmeyer, T., 2019.** Prediction of void evolution in sheet bending based on statistically representative microstructural data for the Gurson-Tvergaard-Needleman model. In: Proceedings of NUMIFORM 2019: The 13th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes, New Hampshire, USA, pp. 311-314.
- Selvaggio, A., Upadhy, S., Grodotzki, J., Tekkaya, A. E., 2019.** Development of a Remote Compression Test Lab for Engineering Education. In: Proceedings of the 16th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), Bengaluru, India, pp. 496-505.
- Tebaay, L. M., Sieczkarek, P., Hahn, M., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2019.** Development of the Incremental Micro-Forming Process for small batch production of metallic bipolar plates. In: Ideen Form geben. 33. ASK Umformtechnik, Aachen, Germany, pp. 347-357.
- Tekkaya, A. E., Traphöner, H., Hering, O., Kolpak, F., Gutknecht, F., Schowitzjak, A., 2019.** Über die klassische Werkstoffprüfung hinaus – Werkstoffeigenschaften für die moderne Umformtechnik. In: DGM dIALOG – Materialwissenschaften und Werkstofftechnik – Werkstoffprüfung 2, pp.26-31.
- Ünsal, I., Hirtler, M., Svirodov, A., Bambach, M., Hama-Saleh, R., Weisheit, A., Schleifenbaum, J. H., Kamaliev, M., Tekkaya, A. E., 2019.** Investigation of martensite-transformation and forming properties of additively reinforced 22MnB5 sheet metals. In: AIP Conference Proceedings 2113, Proceedings of the 22nd International ESAFORM Conference on Material Forming, Vitoria-Gasteiz, Spain, DOI: 10.1063/1.5112735.
- Upadhy, S., Selvaggio, A., Ortelt, T. R., Grodotzki, J., Tekkaya, A. E., 2019.** Development of a Remote Tube Bending Lab to Illustrate Springback and Determine Process Limits. In: Proceedings of the 16th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), Bengaluru, India, pp. 95-106.
- Weber, F., Hahn, M., Tekkaya, A. E., 2019.** Joining by die-less hydroforming with outer pressurization. In: Book of abstracts of 1st International Conference on Advanced Joining Processes, Ponta Delgada, Azores, pp. 56.
- Wernicke, S., Gies, S., Tekkaya, A. E., 2019.** Manufacturing of hybrid gears by incremental sheet-bulk metal forming. Procedia Manufacturing 27, pp. 152–157, DOI: 10.1016/j.promfg.2018.12.058.

Wernicke, S., Sieczkarek, P., Tekkaya, A. E., 2019. Auch inkrementell rechnet sich die Blechmassivumformung. Maschinenmarkt 1, pp. 22-23.

Keynote-Vorträge | Keynote Presentations

Tekkaya, A. E., Kamaliev, M., 2019. Umformen von Leichtbaukomponenten. Härterekongress 2019, 22.-24.10.2019, Köln, Germany.

Tekkaya, A. E., Schmitz, F., Hering, O., Kolpak, F., 2019. Component Performance after Forming. Transvalor International Simulation Days 2019, 15.-17.10.2019, Sophia-Antipolis, France.

Traphöner, H., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2019. Challenges in material characterization with the in-plane torsion test. 12th Forming Technology Forum, 19.-20.09.2019, Herrsching am Ammersee, Germany.

Vorträge | Presentations

Dahnke, C., Ossenkemper, S., Napierala, O., Hering, O., Tekkaya, A. E., 2019. Innovative Umformprozesse zur Fertigung von Leichtbauteilen. 6. Technologietag Hybrider Leichtbau, 20.-21.05.2019, Stuttgart, Germany.

Förster, T., Gebhard, J., Löbbe, C., 2019. Biegen von CNC-gestanzten Profilen mit engen Radien – Ergebnisse industrienahe Forschung. Biegen in Siegen, 06.-07.03.2019, Siegen, Germany.

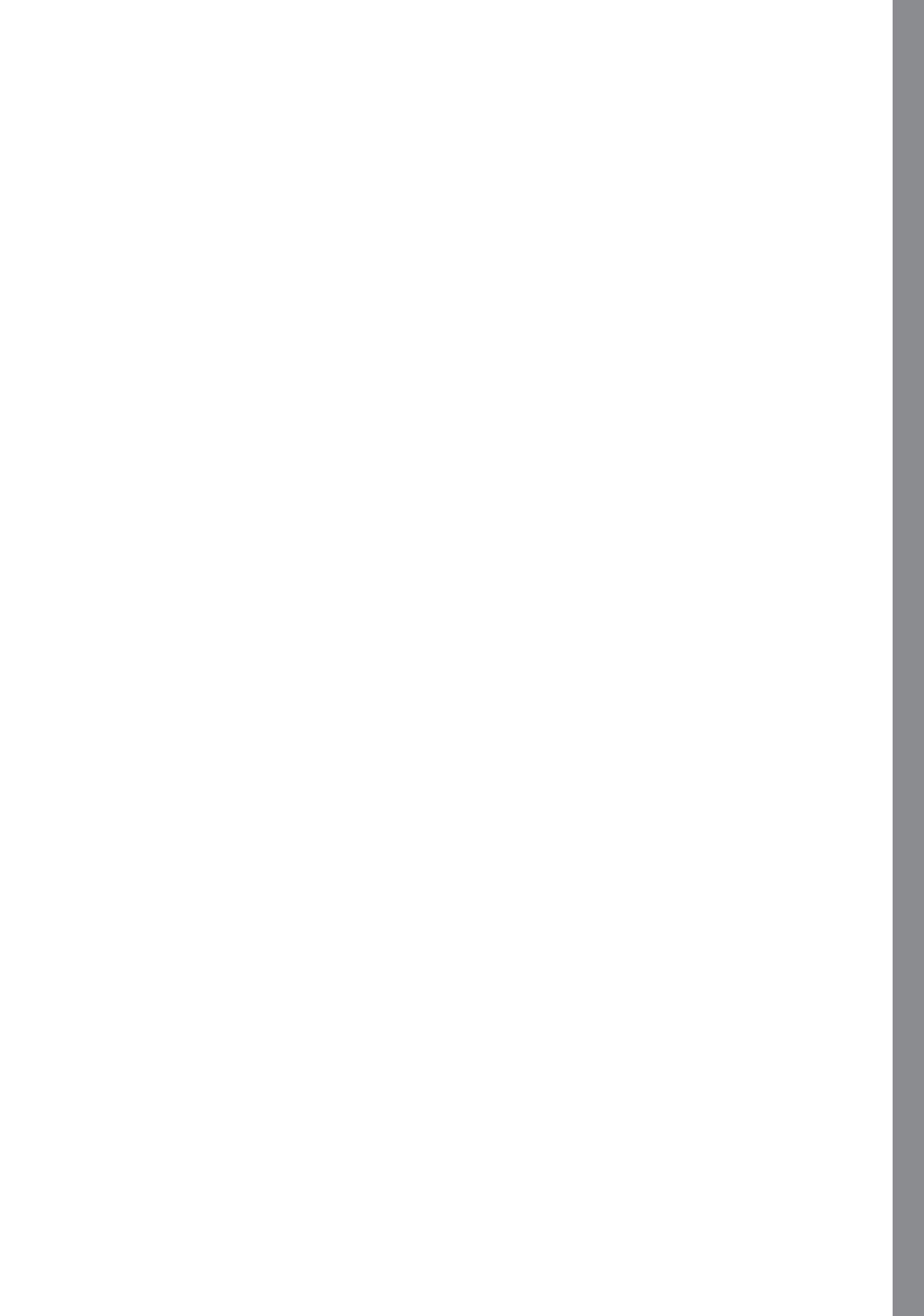
Kolpak, F., Dahnke, C., Tekkaya, A. E., 2019. Forming-induced anisotropy of product properties in cold extrusion. METEC & 4th ESTAD, 24.-28.06.2019, Düsseldorf, Germany.

Lueg-Althoff, J., Clausmeyer, T., Schmitz, F., Tekkaya, A. E., 2019. Processing of components from high strength steels within the ReCIMP project. Materials Chain Early Career Researchers' Forum, 16.09.2019, Dortmund, Germany.

Maaß, F., Hahn, M., Dobecki, M., Reimers, W., Tekkaya, A. E., 2019. Single Point Incremental Forming: Relation between Forming Mechanisms and Residual Stresses for Different Path Strategies and Geometries. 15th International Conference on Computational Plasticity, 03.-05.09.2019, Barcelona, Spain.

Tekkaya, A. E., 2019. Prof. Lange's Impact in Metal Forming. Ehrenkolloquium anlässlich des 100. Geburtstags von Prof. Kurt Lange, 13.12.2019, Stuttgart, Germany.

- Tekkaya, A. E., Traphöner, H., Clausmeyer, T., 2019.** Sheet metal characterization with the in-plane torsion test. ZwickRoell Academia Day, 14.06.2019, Shanghai, China.
- Traphöner, H., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2019.** Charakterisierung von Blechwerkstoffen im ebenen Torsionsversuch. 28th testXpo, 14.-17.10.2019, Ulm, Germany.
- Traphöner, H., Clausmeyer, T., Tekkaya, A. E., 2019.** Materialcharakterisierung für umformtechnische Anwendungen. ZwickRoell Forum, 28.03.2019, Dortmund, Germany.
- Traphöner, H., Tekkaya, A. E., Rosenschon, M., Merklein, M., 2019.** Charakterisierung und Modellierung des zyklischen Verfestigungsverhaltens zur Verbesserung der numerischen Vorhersage von Blechumformprozessen. EFB Kolloquium, 02.-03.04.2019, Bad Boll, Germany.





Mitarbeiter | Staff

09

Professoren | Professors



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



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

Sekretariat | Office



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



Nina Hänisch M. A.
0231 755 5846
nina.haenisch@iul.tu-dortmund.de

Oberingenieur | Chief Engineer



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

Abteilungsleiter | Heads of Department

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



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



Dr.-Ing. Christian Löbbe
Abteilungsleiter Profil- und Blechumformung
0231 755 8431
christian.loebbe@iul.tu-dortmund.de



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



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

Abteilung Massivumformung | Bulk Metal Forming

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



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

Robin Gitschel M. Sc.
0231 755 8453
robin.gitschel@iul.tu-dortmund.de



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

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



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

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



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



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



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



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



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



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

Abteilung Profil- und Blechumformung | Profile- and Sheet Metal Forming



Dr.-Ing. Christian Löbbe
Abteilungsleiter Profil- und Blechumformung
0231 755 8431
christian.loebbe@iul.tu-dortmund.de



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



Sigrid Hess M. Sc.
0231 755 8451
sigrid.hess@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



Juri Martschin M. Sc.
0231 755 8437
juri.martschin@iul.tu-dortmund.de



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



Siddharth Upadhya M. Sc.
0231 755 7430
siddharth.upadhya@iul.tu-dortmund.de

Abteilung Sonderverfahren | Non-Conventional Processes



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



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



Siddhant Goyal M. Sc.
0231 755 7431
siddhant.goyal@iul.tu-dortmund.de



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



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



Stephan Rosenthal M. Sc.
0231 755 6441
stephan.rosenthal@iul.tu-dortmund.de



Lennart Tebaay M. Sc.
0231 755 8434
lennart.tebaay@iul.tu-dortmund.de



Florian Weber M. Sc.
0231 755 2608
florian.weber@iul.tu-dortmund.de



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

Projektierung | Project planning

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



Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ramona Hölker-Jäger
Leiterin der Arbeitsgruppe ReGAT (in Elternzeit)
0231 755 6915
ramona.hoelker@iul.tu-dortmund.de



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



Dr.-Ing. Frauke Maevus
Geschäftsführerin SFB/TRR 188
0231 755 8193
frauke.maevus@iul.tu-dortmund.de



Oleksandr Mogylenko M. Sc.
0231 755 7174
oleksandr.mogylenko@iul.tu-dortmund.de



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



Technische Mitarbeiter | Technical Staff



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



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



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



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



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



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



2019 ausgeschieden | Staff who left in 2019

Dr.-Ing. Christoph Dahnke



Dipl.-Ing. Thomas Mennecart



Oliver Napierala M. Sc.



Dipl.-Ing. Tobias Ortelt



Dr.-Ing. Peter Sieczkarek



Dipl.-Ing. Daniel Staupendahl



