

# Jahresbericht 2018

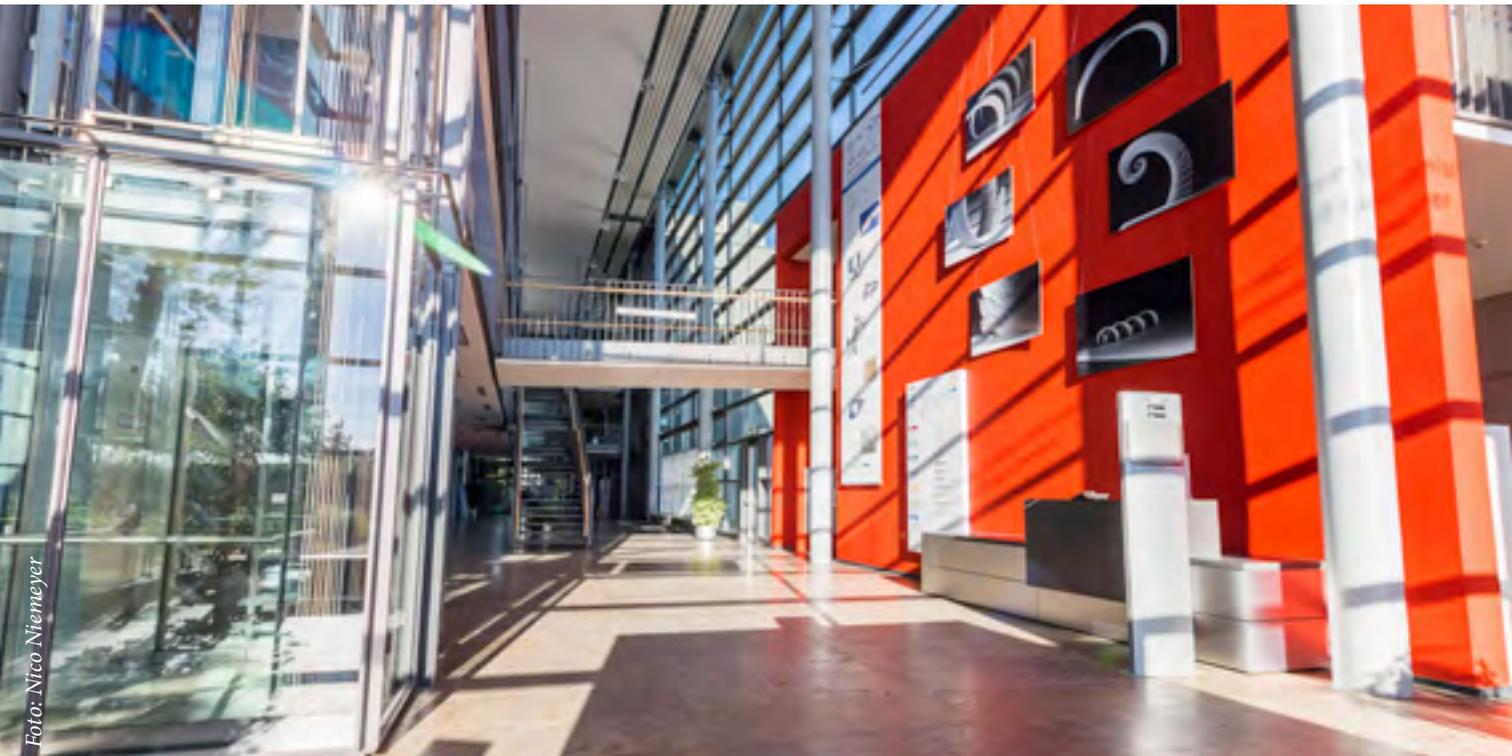


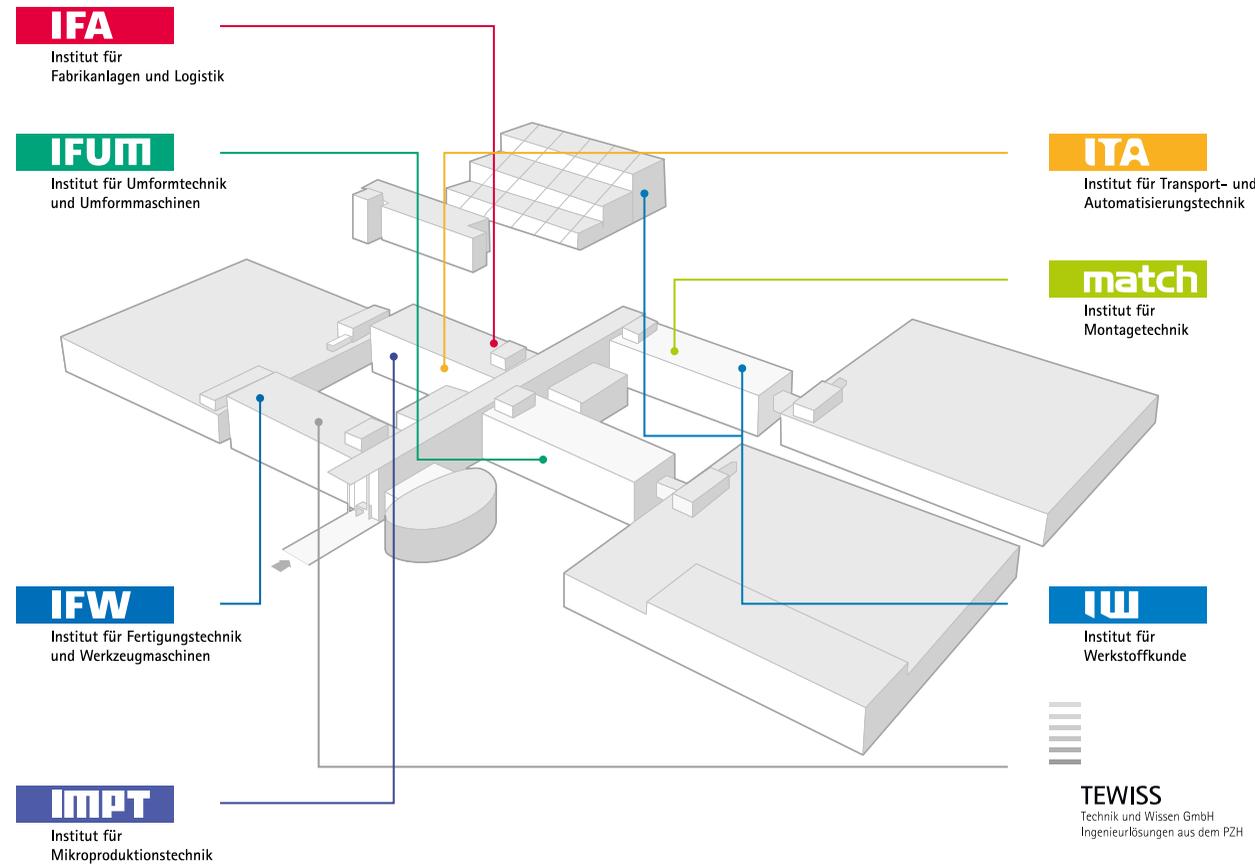
Foto: Nico Niermeyer

- 56 PZH - Fakten und Zahlen**
- 58 PZH - Berufung, Habilitation, Promotion**
- 59 PZH - Auszeichnungen, Gäste**
- 59 PZH - Seminare, Workshops, Konferenzen**
- 60 PZH - Patente**
- 62 PZH - Schwerpunkte für Industriekooperationen**
- 64 PZH - Vorlesungen**

## **Geschichte, Aus der Forschung, Lehre, Forschungsprojekte, Veröffentlichungen, Anschaffungen:**

- 66 IFA** - Institut für Fabrikanlagen und Logistik
- 70 IFUM** - Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen
- 78 IFW** - Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen
- 88 IMPT** - Institut für Mikroproduktionstechnik
- 94 ITA** - Institut für Transport- und Automatisierungstechnik
- 100 match** - Institut für Montagetechnik
- 104 IW** - Institut für Werkstoffkunde
  
- 112 TEWISS** Technik und Wissen GmbH
- 114 Unternehmen am PZH**
- 117 Anreise**
- 118 Impressum**

# Fakten und Zahlen



## Menschen

An den sieben Universitätsinstituten arbeiten rund 260 wissenschaftliche und mehr als 100 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter. Letztere sind vorwiegend als Angestellte in Technik und Verwaltung tätig. Dazu kommen rund 520 studentische Mitarbeiter, die „HiWis“, außerdem 15 Auszubildende und sieben junge Mitarbeiter im FWJ, dem Freiwilligen Wissenschaftlichen Jahr.

Bei der TEWISS GmbH und den angesiedelten Unternehmen sind rund 100 weitere Mitarbeiter beschäftigt. Insgesamt arbeiten damit etwa 1.000 Menschen im PZH.

Während des Semesters nutzen etwa 800 Studenten das Vorlesungsangebot am PZH.

## Ort

Das Gebäude des Architekten Günter Henn macht die Begegnung und die Zusammenarbeit der dort beschäftigten Menschen sehr einfach: Der zentrale Spine, eine transparente Halle, schafft Verbindungen zwischen allen Einrichtungen des PZH sowie zum Hörsaal, zur Bibliothek, zur Mensa und zu den Seminarräumen.

Vier Labor- und Bürotrakte gehen von dort ab, drei große Hallen für die Versuchsfelder schließen sich an. Nutzfläche gesamt: etwa 22.000 Quadratmeter. Das PZH liegt in Garbsen, nahe der A2-Ausfahrt Hannover-Herrenhausen.

## Geschichte

Hochschulforschung und Unternehmen der Produktionstechnik unter einem Dach zusammenbringen, Kompetenzen bündeln, Synergien schaffen: das war die Idee der PZH-Wegbereiter an der Leibniz Universität Hannover. Alle damals noch sechs Institute, die sich mit Produktionstechnik und Logistik beschäftigen und noch über die ganze Stadt verstreut forschten, teilten diese Idee, genau wie später zahlreiche Unternehmen.

Die Leibniz Universität gründete 2001 die PZH GmbH, heute TEWISS GmbH, die das Vorhaben vorantrieb, im Rahmen einer Public Private Partnership mit Land und Bund ein Drittel zur Finanzierung des PZH-Baus beitrug und seit 2004 das Gebäude gemeinsam mit der Universität betreibt.

## Drittmittel

Die Institute des PZH finanzieren ihre Arbeit zum weit überwiegenden Teil aus Drittmitteln. Diese Mittel werden über Forschungsanträge jeweils für einzelne Projekte eingeworben. Gelder kommen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die auch die Sonderforschungsbereiche finanziert, sie kommen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Sie stammen aus EU-Mitteln, aus der Industrie und von der VolkswagenStiftung.

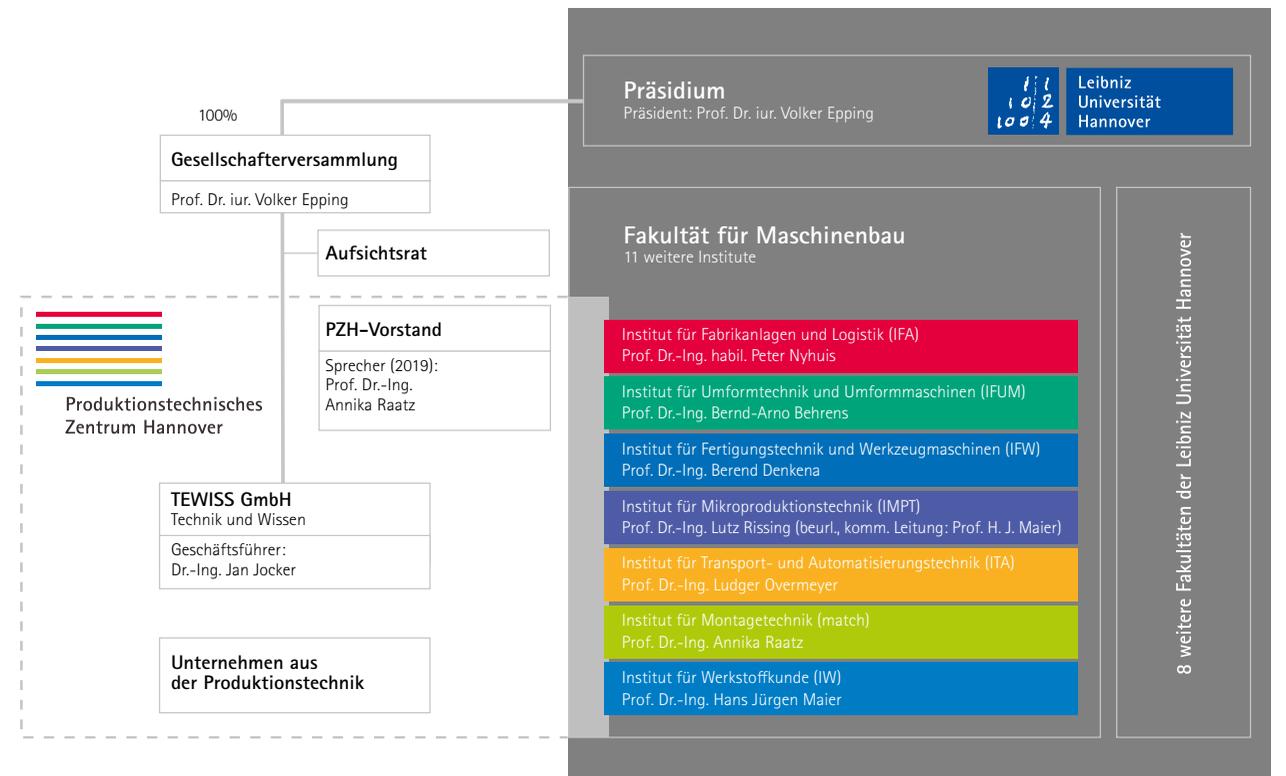
2018 hat das PZH mehr als 21,5 Millionen Euro (vorläufige Berechnung) Drittmittel eingeworben. Eingeworbene Landesmittel sind in dieser Summe nicht enthalten.

## Struktur

Das PZH gehört zur Leibniz Universität Hannover. Die sieben Maschinenbau-Institute, die sich hier zusammengeschlossen haben, sind Teil der Fakultät für Maschinenbau, der insgesamt 19 Institute angehören.

Die sieben Institutsleiter bilden den Vorstand des PZH; die Aufgabe des Vorstandssprechers wechselt jährlich. Im Jahr 2018 sprach Professor Hans Jürgen Maier für den Vorstand. Er wurde im Januar 2018 von Professor Annika Raatz abgelöst.

Die TEWISS GmbH ist eine hundertprozentige Tochter der Leibniz Universität.



Stand: April 2019

# Berufung, Habilitation, Promotion

## Habilitation

*Prof. Dr.-Ing. Matthias Schmidt*  
Beeinflussung logistischer Zielgrößen in der unternehmensinternen Lieferkette durch die Produktionsplanung und -steuerung und das Produktionscontrolling, IFA

## Promotionen

*Dr.-Ing. Amer Almohallami*  
Numerische Betrachtung der Hüftprothesenmigration und Entwicklung einer Herstellungsmethode einer teilindividuellen Hüftpfanne, IFUM

*Dr.-Ing. Gian Luigi Angrisani*  
Magnetische Datenspeicherung auf thermisch gespritzten Schichten, IW

*Dr.-Ing. Stefanie Betancur Escobar*  
Muskuloskelettale Analysen am caninen Hüftgelenk und Konzept zur Entwicklung einer individualisierten Hüftpfannenprothese, IFUM

*Dr.-Ing. Christian Bonk*  
Numerische und experimentelle Untersuchungen zur Simulation von Scherschneidprozessen, IFUM

*Dr.-Ing. Gunnar Borchert*  
Unteraktuierte Handhabungssysteme: Synthese, Modellierung und Regelung von passiven Orientierungseinheiten, match

*Dr.-Ing. Stefan Brehmeier*  
Komplettbearbeitung von Leisten für die individuelle Schuhfertigung, IFW

*Dr.-Ing. Jan Brüning*  
Erweiterte Planungsmethode zur Verbesserung der roboterbasierten zerspanenden Fertigung, IFW

*Dr.-Ing. Felix Bussemer*  
Methode zur systematischen Strukturierung von Fabrikplanungsprojekten, IFA

*Dr.-Ing. Stephan von Daacke*  
Berechnungsmodell zur Ermittlung des Eindrückrollwiderstandes von Schlauchgurtförderern, ITA

*Dr.-Ing. Karl Doreth*  
Einsatz maschineller Lernverfahren zur lebenszyklusbasierten Energieprognose für Werkzeugmaschinen, IFW

*Dr.-Ing. Steven Dreier*  
Simulation des eigenspannungsbedingten Bauteilverzugs, IFW

*Dr.-Ing. Ronny Hagemann*  
Additive Fertigung von Nickel-Titan-Mikroaktoren für Cochlea-Implantate, ITA

*Dr.-Ing. Patrick Helmecke*  
Ressourceneffiziente Zerspanung von Ti-6Al-4V-Strukturbauteilen für Luftfahrtanwendungen, IFW

*Dr.-Ing. Sebastian Herbst*  
Inverse Prozessauslegung der prozessintegrierten Wärmebehandlung von Großschmiedebauteilen, IW

*Dr.-Ing. Hannes Jakob*  
Evaluation thermischer Schneidverfahren zur Zerlegung von Bauteilen aus Zirkonium in unterschiedlichen Umgebungen, IW

*Dr.-Ing. Steffen Kleinert*  
Einsatz skalenübergreifender Time-of-Flight-Aufnahmen für Assistenzsysteme in Flurförderzeugen, ITA

*Dr.-Ing. Thorben Kuprat*  
Modellgestütztes Ersatzteilmanagement in der Regeneration komplexer Investitionsgüter, IFA

*Dr.-Ing. Michael Lücke*  
Werkzeugverschleiß in der Aluminiummassivumformung, IPH

*Dr.-Ing. Hans-Elias Marusch*  
Methodenentwicklung zur erweiterten umformtechnischen Kennwertermittlung im Bereich der Warmblechumformung, IFUM

*Dr.-Ing. Jonas Mayer*  
Quantitative Modellierung logistischer Auswirkungen von rüstopimalen Auftragsreihenfolgen an Arbeitssystemen, IFA

*Dr.-Ing. Jörn Moritz*  
Alternative Verfahren der Warmblechumformung zur Erzeugung lokal angepasster Bauteileigenschaften, IFUM

*Dr.-Ing. Ilya Peshkhodov*  
Experimentell-numerische Methode zur Charakterisierung des Versagensverhaltens hochfester Stahlbleche, IFUM

*Dr.-Ing. Jan Puppa*  
Entwicklung eines modifizierten Warmarbeitsstahls zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit von Schmiedewerkzeugen, IFUM

*Dr.-Ing. Mišel Radosavac*  
Untersuchungen zum Antrieb von Gurtförderern mittels Linearmotor, ITA

*Dr.-Ing. Rahel Ralves*  
Theoretische und experimentelle Analyse sowie Fertigung eines GMR-Sensors auf flexiblen Substraten, IMPT

*Dr.-Ing. Sarah Reichelt*  
Einfluss chemischer Oberflächennachbehandlungen auf additiv gefertigtes Ti-6Al-4V, IW

*Dr.-Ing. Matthias Schneider*  
Ermittlung des Formänderungsvermögens schergeschnittener Kanten von hochfesten Stahlblechen, IFUM

*Dr.-Ing. Sarah Uttendorf*  
Automated Generation of Roadmaps for Automated Guided Vehicle Systems, IPH

*Dr.-Ing. Klaas Völtzer*  
Online-Prozessüberwachung von Automated Fiber Placement Prozessen auf Basis der Thermografie, IFW

*Dr.-Ing. Sebastian Schirrmacher*  
Energetische Auslegung von drahtlosen, energieautarken Sensorknoten, IPH

*Dr.-Ing. Marcus Schönherr*  
Hybrider Antrieb für Zerspanroboter, IFW

*Dr.-Ing. Jan Hendrik Stiffel*  
Dynamische Werkzeugbelastungen durch instationäre Spannbildung intermetallischer Eisenaluminide, IFW

*Dr.-Ing. Lukas Tatzig*  
Trockenes Seilschleifen von Stahl, IFW

*Dr.-Ing. Milan Vucetic*  
Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Tief- und Streckziehen mit zusätzlicher Kraffeinleitung, IFUM

*Dr.-Ing. Stefan Willeke*  
Integration volatiler Energiepreise in die Fertigungssteuerung, IPH

*Dr.-Ing. Lars Wolf*  
Wärmebehandlungsstrategien zur gezielten Mikrostruktureinstellung in höchstfesten niedriglegierten Stählen, IW

*Dr.-Ing. Eric Wulf*  
Kornfeinung von siliziumhaltigen Aluminiumlegierungen mittels Bornitrid, IW

*Dr.-Ing. Daniel Wulff*  
Prozessatmosphären-Werkstoff-Wechselwirkungen bei dem flussmittelfreien Löten von austenitischen Chrom-Nickel-Stählen, IW

*Dr.-Ing. Lei Zheng*  
Optical fabrication and characterization of 2D and 3D plasmonic and photonic microdevices, ITA

# Auszeichnungen, Gäste

## Auszeichnungen

*Christian Hinte, IW*  
Auszeichnung der BETHGE Stiftung für die Masterarbeit

*Maurice Schmieding, IW*  
Best-Poster-Award 2. Preis, 20.Werkstofftechnisches Kolloquium, 14./15.03.2018, Chemnitz

*Oliver Maiß, IFW*  
Hans-Kurt Tönshoff Preis 2018, IFW-Seminar, 02.11.2018, Hannover, Deutschland

*Dr.-Ing. Benjamin Bergmann, IFW*  
Manfred-Hirschvogel-Preis 2018, Akademische Jahresfeier der Fakultät für Maschinenbau, 10. November 2018, Hannover, Deutschland

*Marc-André Dittrich, IFW*  
*Dr.-Ing. Oliver Bruchwald, IW*  
Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2018

*Sebastian Stobrawa, Berend Denkena, Marc-André Dittrich, Ilka Jenkner, IFW*  
Best Paper Award (8. WGP-Jahreskongress in Aachen, 19.-20. November 2018)

## Gastdozenten

*Prof. Dr. Wilhelm Bauer*  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart, Deutschland  
Vorlesung: Arbeitsgestaltung im Büro

*Dr.-Ing. Dirk Bormann*  
Trimet Aluminium SE, Harzgerode  
Vorlesung: Nichteisenmetallurgie

*Dr.-Ing. Tobias Heinen*  
Grean GmbH, Garbsen, Deutschland  
Vorlesung: Nachhaltigkeit in der Produktion

*Dr.-Ing. Jens Köhler*  
Vorlesung: Spanen II – Grundlagen der Prozessmodellierung und -optimierung

*Dr.-Ing. Benedikt Meier*  
Head of Products and Technology, Thyssenkrupp Industrial Solution, Essen, Deutschland  
Vorlesung: Angewandte Aggregatmontage

*Dr. Thomas P. Meichsner*  
mefro wheels GmbH, Solingen  
Vorlesung: Moderner Automobilkarosseriebau

*Dr.-Ing. Rouven Nickel*  
VW Nutzfahrzeuge, Hannover, Deutschland  
Vorlesung: Anlagenmanagement

*Dr.-Ing. Heiko Noske*  
Vorlesung: Planung und Entwicklung mechatronischer Systeme (Einheit Zielkostenmanagement)

*Dr.-Ing. Harald Seegers*  
Vorlesung: Technologie der Produktregeneration

*Prof. Dr.-Ing. Hubertus Semrau*  
Vorlesung: Technologisches Management zur Unternehmensstrukturierung

*Hon.-Prof. Dr.-Ing. Lars Vollmer*  
Intrinsify.me GmbH, Berlin, Deutschland  
Vorlesung: Denken und Handeln in Komplexität

*Dr. rer. nat. Peter Wilk*  
MAN Energy Solutions SE, Augsburg  
Vorlesung: Korrosion

*Hon.-Prof. Dr. Burkard Würdenweber*  
Phasix GmbH, Lippstadt, Deutschland  
Vorlesungen: Verhaltensorientiertes Innovationsmanagement I&II

# Seminare, Workshops, Konferenzen

Lean Grundlagen, IFA, 20.04., 11.06., 26.06., 12.10., 13.10.

Lean trifft Industrie 4.0, IFA, 14./15.05., 13./14.08., 05./06.11.

Produktionscontrolling, IFA, 20./21.09.  
Praxisseminar Fabrikplanung, 19./20.02., 10./11.10.

Industriekolloquium zum Sonderforschungsbe- reich 1153 – Einsatzpotentiale hybrider Hochleistungsbauteile, IFUM, PZH, 11.04.2018

Regionalkonferenz „Maschinelles Lernen für die intelligente Produktion“, IFW, Robotation Academy – Messe Hannover, 13.04.2018

SysInt- 4th International Conference on System-Integrated Intelligence Intelligent, IFW, 19./20.06.2018

MIC-18th Machining Innovations Conference for Aerospace Industry, IFW, 28./29.11.2018

Mädchen-und-Technik Kongress (MuT), IMPT, 19.11.2018

Ohne Sensoren geht nichts! Ein Überblick über die Einsatzmöglichkeiten der Mikrosensorik Schulung, IMPT, am 22.02., 19.04., 06.06., 14.11.2018

Workshop robotergestützte Montage, match, 08.10. – 12.10.2018

Robotic Meetup #3 – Integration von Cobots, match, 07.11.2018

Sitzung des Arbeitskreises Wasserstrahltechno- logie (AWT), IW, 20.03.2018; 15.05.2018, 18.09.2018 & 20.11.2018

Forum Industrial Supply Hannover Messe, IW, 23.04. bis 27.04.2018

Speakers' Corner auf der Integrated Lightweight Plaza, IW, Hannover Messe, 23.04.bis 27.04.2018

2nd Conference on High Temperature Shape Memory Alloys, IW, Irsee, 15.-18. Mai 2018

26. Werkstoffkolloquium, Moderne Verbin- dungs- und Montagetechnik, IW, Firma Böllhoff, Bielefeld, 21.08.20186

Abschlusskolloquium der DAAD-Praxispartner- schaft „Metallurgie“, IW, 12. November 2018

# Patente (Auswahl)

## IFUM - Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen

### DE102017104494 KONDUKTIVE ERWÄRMUNGSVORRICHTUNG FÜR FORMPLATINEN

Beim Presshärten oder Formhärten wird ein Blech auf eine Temperatur von ca. 950 °C erwärmt und während der Formgebung abgekühlt. Eine solche Platine kann dabei grundsätzlich jede geometrische Form annehmen, wie z.B. die B-Säule eines PKWs. Konventionell erfolgte eine solche Erwärmung in Gasdurchlauföfen in denen minutenlang der Erwärmungsprozess realisiert wurde. Eine konduktive Erwärmung entsprechender Formplatinen konnte nur durch eine Segmentierung der Platine in einzelne Rechtecke gewährleistet werden, da es die lokalen Stromdichten konstant zu halten gilt. Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass zwei drehbar gelagerte Elektroden gegenüberliegend angeordnet werden und das zu erwärmende Blech mit dem Querschnitt zwischen den Elektroden eingespannt wird. Nunmehr wird ein Strom an die elektrisch kontaktierbaren „Rollelektroden“ angelegt. Dadurch, dass nur der „erwärmungsrelevante“ Bereich der Platine im Rollelektrodenbereich kontaktiert wird werden über den Querschnitt der Platine infinitesimal kleine Rechtecke generiert, durch die die Stromdichte konstant gehalten werden kann.

### DE102016114450 BAUTEILBESCHICHTUNG FÜR KONDUKTIV ERWÄRMTE BLECHE

Der Bedarf an Warmumformteilen im Automotivesektor hat sich innerhalb der letzten fünf Jahre verdreifacht (2010: 124 Mio Teile 2015: 350 Mio Teile) – Tendenz steigend. Dies führt dazu, dass Ofenbauer, die die Wärmebehandlungsanlagen in Form von Durchlauföfen für den Automotivesektor zur Verfügung stellen, mittlerweile mit Lieferengpässen zu kämpfen haben. Durch den Einsatz des sehr viel energieeffizienteren konduktiven Aufheizens der Bleche für die anschließende Formhärtung, ist jedoch eine Diffusionsbehandlung von AlSi-Beschichtung Bleche nicht mehr möglich, da die extrem kurze Wärmebehandlungszeit von ca. 10 Sekunden nicht für die Eisenaluminid- und Silizidbildung ausreicht, sodass eine schmelzflüssige AlSi-Schicht verbleibt, die kein Formhärten zulässt. Folglich können für die konduktive Erwärmung bislang nur unbeschichtete Stahlbleche eingesetzt werden, bei denen zwar durch die kurze Aufheizzeit eine Zunderbildung weitestgehend unterbleibt, jedoch kein grundsätzlicher Korrosionsschutz mehr zur Verfügung steht. Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das zu erwärmende Blech unter einer Schutzgasatmosphäre aus Stickstoff oder Argon zunächst konduktiv erwärmt wird

der zusätzlich Monosilan zum quantitativen Sauerstoffentzug zugemischt ist. Anschließend wird innerhalb der silanhaltigen Schutzgasatmosphäre ein Pulverauftrag auf das zu beschichtende Blech vorgenommen, wodurch eine Antikorrosionsbeschichtung auf dem Blech generiert wird.

## IMPT - Institut für Mikroproduktionstechnik

### DE102017108437 ELEKTRISCHE SCHALTUNGSSTRUKTUR UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

Als Meilenstein der Entwicklung dreidimensionaler Bauteile aus Metallen, Keramiken und Polymeren innerhalb der Mikroproduktionstechnik kann die Entwicklung der LIGA-Technik benannt werden. Hierbei werden Formeinsätze durch Röntgentiefenlithographie und Galvanoformung gefertigt. So konnten in der Vergangenheit zahlreiche Mikrosysteme durch Kombination von Mikrofertigungsverfahren hergestellt werden (Beschleunigungssensoren, Mikrospulen als Bestandteil von Messsystemen, Motoren oder Transformatoren, Mikropumpen, Spektrometer oder Ventilen). Dies war jedoch lediglich „in der Ebene“ realisierbar, da bei entsprechenden Hinterschnitten der Einsatz eines Lasers an seine Grenzen stößt. Deshalb wurden erfindungsgemäß optische Leitsysteme vorgesehen, sodass der Einsatz des Lasers auch in unzugänglichen Geometrien realisiert werden kann.

### DE102016123795 VERFAHREN ZUR ANBRINGUNG EINER ELEKTRISCHEN MIKROSTRUKTUR SOWIE ELASTOMERSTRUKTUR, FASERVERBUNDBAUTEIL UND REIFEN

Der Anteil des Rollwiderstands am Gesamt-Fahrwiderstand eines Kraftfahrzeugs liegt zwischen 25 und 30%. Um eine Optimierung des Rollwiderstandes zu gewährleisten, wurden Normen sowie Standards entwickelt, um ein Optimum zwischen Rollwiderstand und Haftungsniveau zu gewährleisten. Allerdings beziehen sich solche Normen grundsätzlich auf den Ist-Zustand beim Verkauf abhängig vom Reifendruck, sodass, abhängig von der jeweiligen Fahrweise des Benutzers, Rollwiderstand, Nasshaftung und Geräuschemission nach ca. 10.000 km Laufleistung nicht mehr den Vorgaben der Hersteller entsprechen. Von Seiten der Industrie wurden Sensoren an der Außenseite der Reifen sowie im Inneren des Reifens vorgesehen. Allerdings sind diese Sensoren nicht vor dem Vulkanisierungsprozess einbringbar und führen zu Unwuchten. Dieses Problem wurde dadurch gelöst, dass die einzubringenden Mikrostrukturen (<10µm) auf einem Polyvinylalkohol-Film aufgebracht werden und dieser mit den der Reifeninnenseite zugewandten Mikrostrukturen mit Cyanacrylat in den Reifen geklebt wurden.

## IW - Institut für Werkstoffkunde

### DE102016121656 VERMEIDUNG VON OBERFLÄCHENOXIDATION MITTELS SCHUTZGASBEAUFSCHLAGUNG

Die Fertigungsprozesse der metallverarbeitenden Industrie werden i. d. R. in natürlicher Luftatmosphäre durchgeführt. Dadurch findet eine permanente Oxidation der Metalloberflächen statt. Neben dem für die Bauteilanwendung positiven Effekt, dass dünne, dichte Oxidschichten, sogenannte Passivierungsschichten, eine Korrosionsschutzwirkung aufbauen können und diese bei Verletzung durch Nachoxidation aufrechterhalten, wie z. B. bei hochlegierten CrNi-Stählen oder Titanlegierungen, wirkt die Oxidation in der Fertigung überwiegend als Störfaktor. Dieser Problematik wird dadurch begegnet, dass vor Beginn des Fertigungsprozesses die zu bearbeitende Umgebung mit Schutzgas (Si4H10) beaufschlagt wird. Mit Einstellung der notwendigen Sauerstoffpartialdrücke wird der Bearbeitungsprozess begonnen und eine Oberflächenoxidation vermieden.

### DE102017100183 VORRICHTUNG ZUR AUTOMATISIERUNG DES WASSERSTRAHLSCHNEIDENS

Trotz der umfangreichen Vorteile des Wasserstrahlschneidverfahrens gegenüber Spanverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide kommt dieses nur gering zur Anwendung, da eine Vollautomatisierung bisher nicht realisierbar war. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass im Gegensatz zur CNC-Maschine zwischen Kollimationsrohr und Schneidkopf eine Verbindung hergestellt werden muss, die Drücke von bis zu 10.000 bar leckagefrei übertragen muss, was in der Praxis durch eine Überwurfmutter realisiert wird. D. h., es gilt die Mutter

auf das hierfür vorgesehene Gewinde aufzuschrauben, mit der Konsequenz, dass für die korrekte Platzierung der Mutter zum Einlaufen in den ersten Gewindegang Fingerspitzengefühl benötigt wird. Diese Problematik wird dadurch gelöst, dass Kollimationsrohr und Schneidkopf durch eine Wechsellvorrichtung miteinander verbunden werden, bei der das ortsfeste Kollimationsrohr von einem Gewinde umgeben ist, auf dem sich ein Mutterelement vertikal den Gewindegängen folgend auf und ab bewegen kann.

### DE102018121101 AUGENIMPLANTAT ZUR GLAUKOMTHERAPIE

In Deutschland leiden etwa 3 Millionen Menschen an einem zu hohen Augeninnendruck, an dessen Folgen rund 800.000 Menschen in Form eines Glaukoms erkrankt sind. Grundsätzlich kann man diese Augenkrankheit als „Sehnervkrankheit“ bezeichnen, bei der dieser durch einen zu hohen Umgebungsdruck geschädigt wurde. Konventionell wird bei einer herkömmlichen Behandlung ein Drainageimplantat in der Lederhaut des Auges angelegt. Ventillose Implantate indizieren jedoch, aufgrund von Viskositätsschwankungen des Kammerwassers, Augeninnendruckdifferenzen. Implantate mit Ventilfunktionen wiederum werden im Drainagebereich von Augenhornzellen überwuchert, sodass im ungünstigsten Fall ein Komplettaustausch vorgenommen werden muss. Um diese bestehenden Probleme zu lösen, wurde ein Ventil konzipiert, das aus magnetischen Formgedächtnislegierungskomponenten und thermischen Formgedächtnislegierungskomponenten besteht. Dieser Ausführung entsprechend kann das Ventil unabhängig von der Viskosität des Kammerwassers geöffnet und geschlossen, sowie durch eine regelmäßige Betätigung eine Überwucherung mit Augenhornzellen verhindert werden.

# Schwerpunkte für Industriekooperationen

**IFA**

Institut für  
Fabrikanlagen und Logistik  
Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

✉ ifa@ifa.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 2440

- ▶ Fabrikstruktur- und -layoutplanung
- ▶ Layout Quick-Checks
- ▶ Lieferkettenanalyse und Supply Chain Design
- ▶ Produktionsplanung, -steuerung und -controlling
- ▶ Fertigungs- und Montageplanung
- ▶ Lean Production

**ITA**

Institut für Transport- und  
Automatisierungstechnik  
Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

✉ ita@ita.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 3524

- ▶ Ermittlung der dynamischen Zeitfestigkeit von Fördergurtverbindungen
- ▶ Ermittlung des Eindrückrollwiderstandes von Fördergurten
- ▶ Ermittlung des Laufwiderstandes von Tragrollen
- ▶ Bestimmung der Schnitffestigkeit von Fördergurten
- ▶ Dauerfestigkeits- und Stoßeinwirkungsuntersuchung mittels weg- und kraftgeregelten Belastungen
- ▶ Anwendungsbezogene Untersuchung der Leistungsfähigkeit von RFID-Komponenten
- ▶ Mikrochip-Montage von Prototypen (Flip-Chip- und Wirebond-Verfahren)
- ▶ Entwicklung und Prüfung industrieller Klebeverbindungen

**IFUM**

Institut für Umformtechnik  
und Umformmaschinen  
Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

✉ info@ifum.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 2264

- ▶ Auslegung umformtechnischer Werkzeuge und -prozesse
- ▶ Maschinenentwicklung (Antriebe, Aktoren, Regelung)
- ▶ Pressenvermessung
- ▶ Prototypenbau für Blech- und Massivumformwerkzeuge
- ▶ Strukturanalyse von Bauteilen und taktile Bauteilvermessung
- ▶ Verschleißuntersuchungen an Blech- und Massivumformwerkzeugen
- ▶ Thermo-mechanische Werkstoffcharakterisierung
- ▶ FE-Simulation von Blech- und Massivumformprozessen

**match**

Institut für  
Montagetechnik  
Prof. Dr.-Ing. Annika Raatz

✉ matchbox@match.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 18244

- ▶ Konzipierung von robotergestützten Handhabungsvorgängen (Robotertechnik, Kollaborierende Montage, Sensorunterstützung, Greiftechnik)
- ▶ Entwicklung und Optimierung von Montageprozessen (Präzisionsmontage, High-Speed Pick & Place, Handhabung formlabiler Bauteile, Klebprozesse)
- ▶ Maschinenkonzepte und Systems Engineering für Handhabungs- und Montageprozesse
- ▶ Intelligente Maschinenkomponenten auf Basis von Smart Materials (Soft Material Robotic Systems, Funktionsintegration)

**IFW**

Institut für Fertigungstechnik  
und Werkzeugmaschinen  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Denkena

✉ info@ifw.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 2533

- ▶ Werkzeug- und Prozessentwicklung/-optimierung für Zerspanung und Schleifen
- ▶ Geometrie-, Oberflächen- und Eigenspannungsanalyse
- ▶ Angepasste Fertigungsverfahren zur Funktionalisierung von Bauteiloberflächen (beispielsweise Reibungsminimierung)
- ▶ Analyse von Produktionsmaschinen und Komponenten (beispielsweise Zustandsdiagnose, Genauigkeit, Schwingungen, Thermik)
- ▶ Simulations- und Optimierungsberechnungen zur Prozess- und Maschinenauslegung
- ▶ Beratung im Bereich der Arbeitsplanung und -vorbereitung
- ▶ Beratung im Bereich der rechnergestützten Prozessplanung und -optimierung

**IW**

Institut für  
Werkstoffkunde  
Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier

✉ office@iw.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 4312

- ▶ Analysentechnik und Schadensforschung
- ▶ Gießtechnische Herstellung und Strangpressen von Mg- und Al-Legierungen & Prozessentwicklung im Kaltammer-Druckguss
- ▶ Korrosionsuntersuchungen
- ▶ Löten, thermisches Spritzen, PVD
- ▶ Schneid- und Schweißprozesse in Sonderumgebungen
- ▶ Technologieentwicklung zum drahtbasierten additiven Fertigen (NVEB-AM; WAAM)
- ▶ Wärmebehandlung und mechanische Prüfung
- ▶ Zerstörungsfreie Bauteilprüfung und Prozesssteuerung bzw. -regelung

**IMPT**

Institut für  
Mikroproduktionstechnik

✉ impt@impt.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 5104

- ▶ Mikrosensorik und Mikroaktorik
- ▶ Entwicklung von Produktionsprozessen für Mikrosysteme in der Klein- und Mittelserie
- ▶ Mechanische Mikrobearbeitung und Mikromontage
- ▶ Mikro- und Nanotribologie
- ▶ Aufbau- und Verbindungstechnik
- ▶ Konzepte im Bereich der Aus- und Weiterbildung



**TEWISS**

Technik und Wissen GmbH  
Ingenieurlösungen aus dem PZH

Geschäftsführer:  
Dr.-Ing. Jan Jocker

✉ info@tewiss.uni-hannover.de  
☎ 0511 762 19434

- ▶ Sondermaschinenbau – Konzeption, Entwicklung, Realisierung
- ▶ Mechatronische Systeme, Geräte, Anlagen
- ▶ Steuerungstechnik – Konzept, Entwurf, Realisierung
- ▶ TEWISS Verlag
- ▶ Veranstaltungsmanagement

# Vorlesungen der Institute

Wintersemester	Sommersemester
<b>Grundstudium / Bachelor</b>	
AML-Labor: Bionische Prinzipien in der Montagetechnik Bachelorprojekt – Autonomer LEGO Roboter Bachelorprojekt – Rennwagenfertigung Concurrent Engineering Einführung in die Fertigungstechnik Einführung in die Nanotechnologie Handhabungs- und Montagetechnik Informationstechnisches Praktikum Kleine Laborarbeit (AML) Matlab Tutorium Mikro- und Nanotechnologie Werkstoffkunde I	Allgemeines Messtechnisches Labor (AML) AML-Labor: Bionische Prinzipien in der Montagetechnik Betriebsführung Grundlagenlabor Werkstoffkunde Informationstechnik Kleine Laborarbeit (AML) Nanoproduktionstechnik Werkstoffkunde für Mechatroniker Werkstoffkunde II
<b>Hauptstudium / Master</b>	
Angewandte Aggregatmontage Anlagenmanagement Anwendung der FEM bevorzugt bei Implantaten Arbeitswissenschaft Automatisierung: Steuerungstechnik CAx-Anwendungen in der Produktion Concurrent Engineering Energiewandler für energieautarke Systeme Fabrikplanung Fertigungsmanagement Gießereitechnik Grundlagen und Aufbau von Laserstrahlquellen Industrieroboter für die Montagetechnik Kleine Laborarbeit (AML) Kognitive Logistik Korrosion Kunststofftechnik Materialprüfung I Matlab Tutorium Mechatronik-Labor Automatisierungstechnik Mechatronische Systeme Mikro- and Nanosystems Mikro- und Nanotechnik in der Biomedizin Mikro- und Nanotechnologie Moderner Automobilkarosseriebau Nichteisenmetallurgie Oberflächentechnik Optical properties of micro and nano structures Optische Analytik	Arbeitsgestaltung im Büro Aufbau- und Verbindungstechnik Automatisierung: Komponenten und Anlagen Betriebsführung Biokompatible Werkstoffe I Denken und Handeln in Komplexität Finite Elemente in der Umformtechnik Grundlagen der Werkstofftechnik Intralogistik Kleine Laborarbeit (AML) Konstruktionswerkstoffe Lasermaterialbearbeitung (Lasertechnik II) Lean Production Logistische Modelle der Lieferkette Materialermüdung Materialprüfung II: Zerstörungsfreie Prüfverfahren Mechatroniklabor: Simulation einer Roboterzelle Mikro- und Nanosysteme Mikrotechniklabor Nachhaltigkeit in der Produktion Nanoproduktionstechnik Präzisionsmontage Qualitätsmanagement Robotergestützte Montageprozesse Spanen – Modelle, Methoden und Innovationen Stahlwerkstoffe Tailored Forming – Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile Tutorium Plant Simulation

Wintersemester	Sommersemester
<b>Hauptstudium / Master</b>	
Planung und Entwicklung mechatronischer Systeme Pneumatik Production of Optoelectronic Systems Produktion optoelektronischer Systeme Produktionsmanagement und -logistik Prozesskette im Automobilbau – Vom Werkstoff zum Produkt Robotergestützte Montageprozesse Spanen II – Grundlagen der Prozessmodellierung und -optimierung Technologie der Produktregeneration (Block) Transporttechnik Tutorium Plant Simulation Tutorium: LiFE erleben – Labor für integrierte Fertigung und Entwicklung Verfahren der Schweiß- und Schneidtechnik Verhaltensorientiertes Innovationsmanagement I Werkzeugmaschinen I	Tutorium: Vortragen von wissenschaftlichen Arbeiten und Ergebnissen Umformtechnik – Grundlagen Umformtechnik – Maschinen Verhaltensorientiertes Innovationsmanagement II Werkzeugmaschinen II
Allgemeines messtechnisches Labor (AML) Masterlabor Optische Technologien	

Studienbegleitend	
Formula Student Kooperatives Produktengineering (KPE) Matlab Tutorium Tutorium: Einführung in die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit künstlicher Intelligenz Tutorium: Freiformschmieden Tutorium: Kritische Analyse der Energietechnik Tutorium: LabVIEW-Basic-II – Einstieg in die graphische Programmierung Tutorium: Praktische Einführung in die FE-Simulation von Blechumformprozessen Tutorium: Werkstoffcharakterisierung für die Umformtechnik Tutorium: Wissenschaftlicher Umgang mit Theorien der Unendlichkeit	Formula Student Technologisches Management zur Unternehmensrestrukturierung Tutorium: Anwendung von Statistik und Wahrscheinlichkeit Tutorium: Autodesk Inventor Professional 2016 Tutorium: Einführung in die Blechumformung Tutorium: Freiformschmieden Tutorium: Praktische Einführung in die FE-Simulation von Blechumformprozessen Tutorium: Werkstoffcharakterisierung für die Umformtechnik Tutorium: Wissenschaftlichen Arbeiten im Themengebiet Technische Logistik Tutorium: Zeitmanagement Tutorium: Autodesk Inventor Professional 2018
Tutorium: LabVIEW-Basic-I – Einstieg in die graphische Programmierung	

Details: [www.pzh-hannover.de/pzh-vorlesungsangebot](http://www.pzh-hannover.de/pzh-vorlesungsangebot)



Foto: Christian Wyrwa

Professor Peter Nyhuis, Institutsleiter

## Geschichte des Instituts

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik blickt auf eine interessante Historie zurück. Bereits 1877 fand in Hannover eine vierstündige Vorlesung statt, die die „Einrichtung und Konstruktion von Werkstätten und Fabrikanlagen“ zum Inhalt hatte. Durch die zunehmende Industrialisierung gewann diese Thematik immer mehr an Bedeutung. 1945 erging schließlich ein erster Lehrauftrag „Fabrikanlagen“, der zwei Jahre später um das Themengebiet „Arbeitsmaschinen“ erweitert wurde. Der Lehrstuhl für Arbeitsmaschinen und Fabrikanlagen wurde 1954 von der damaligen Technischen Hochschule Hannover eingerichtet. Im Jahr 1966 wurde schließlich das Institut für Fabrikanlagen gegründet. Die vier Arbeitsgebiete waren die Fabrikanlagenplanung, der Fabrikanlagenbetrieb, die Handhabungstechnik sowie die Anlagentechnik. Diese Bereiche bilden auch heute noch eine wichtige Grundlage für die Arbeit am Institut. Im Jahr 2001 vom Institut für Fabrikanlagen in das Institut für Fabrikanlagen und Logistik umbenannt, nahm das Institut im Jahr 2003 zusätzlich den Bereich der Arbeitswissenschaft auf und komplettierte somit sein derzeitiges Forschungsportfolio.

## Aus der Forschung

**FABRIKPLANUNG** / Die Fachgruppe Fabrikplanung unterstützt Industrieunternehmen bei der Neu- und Umplanung ihrer Produktionsstätten. Ob im Rahmen eines Neubaus auf der „grünen Wiese“ oder einer Reorganisation einzelner Produktionsbereiche: gemeinsam mit den Kunden werden unternehmensindividuelle und zukunftsrobuste Lösungen erarbeitet. Von der Analyse und Auswahl potentieller Produktionsstandorte über die detaillierte Analyse der bestehenden Fabriksituation bis hin zur Feinplanung von Produktionslayouts werden dabei sämtliche Aufgaben von der Gruppe Fabrikplanung adressiert. Dabei greifen die Mitarbeiter auf die Erfahrung aus über 50 Jahren Fabrikplanung am IFA zurück.

**PRODUKTIONS- UND ARBEITSGESTALTUNG** / Die Fachgruppe Produktions- und Arbeitsgestaltung entstand Anfang des Jahres im Rahmen eines Zusammenschlusses der ehemaligen Arbeitsgruppen Arbeitswissenschaft und Produktionsgestaltung. Der Fokus der Fachgruppe liegt somit zum einen auf der Ausgestaltung nachhaltiger und effizienter Prozesse in wertschöpfenden Bereichen und zum anderen



Der neu gestaltete IFA Kreativraum

Foto: IFA

auf den Menschen in der Fabrik. Wir untersuchen Wirkzusammenhänge auf dem Shopfloor und entwickeln und nutzen Werkzeuge zur Prozessverbesserung, wie zum Beispiel Methoden der Lean Production, innovative Ansätze der Instandhaltungsplanung sowie Ansätze der Industrie 4.0. In Bezug auf den Menschen bildet die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter in der Produktion von heute und für die kommende Generation das zentrale Thema. Vor diesem Hintergrund konzentriert sich die Fachgruppe u.a. auf Themen wie Kommunikation, Qualifizierung, Führung und Ergonomie. Das aus den Projekten heraus gewonnene Wissen wird im Rahmen verschiedener Schulungsangebote an die Industrie weitergegeben. Die Schulungen werden häufig im Rahmen der IFA Lernfabrik durchgeführt, um das Erlernte nachhaltig als Wissen der Seminarteilnehmer zu verankern.

**PRODUKTIONSMANAGEMENT** / Im Rahmen von Forschungsprojekten und Beratungsaufträgen entwickelt die Gruppe Produktionsmanagement Lösungen für produzierende Unternehmen. Hierbei werden unter anderem Projekte hinsichtlich Durchlaufzeit-, Bestands- und Terminanalysen in

Produktionsbereichen, Analysen von Lagerbereichen sowie Dimensionierungen von Fertigungslosgrößen durchgeführt. Auf konzeptioneller Ebene unterstützt die Gruppe Produktionsmanagement Unternehmen bei der Entwicklung von Produktionscontrollingansätzen und der Konfiguration von Fertigungssteuerungen. Zum Einsatz kommen dabei Beschreibungs-, Wirk- und Entscheidungsmodelle, die Unternehmen bei ihren Planungs-, Steuerungs- und Controllingaufgaben auf verschiedenen Aggregationsebenen nachhaltig unterstützen.

18 wissenschaftliche Mitarbeiter  
7 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter  
37 studentische Mitarbeiter

## IFA 2018

Institut für Fabrikanlagen und Logistik

### Leitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

### Lehre

2 Diplomarbeiten, 30 Masterarbeiten, 6 Studienarbeiten und 13 Bachelorarbeiten

### Aktuelle Forschung

**MetroPlant:**  
Entwicklung eines integrierten Planungsansatzes zur betrieblichen Standortplanung und der unternehmensseitigen Beeinflussung der Standortqualität unter Berücksichtigung dynamischer Standortentwicklungen in Metropolregionen (DFG)

**InterKom:**  
Kommunikationsgestaltung in interorganisationalen Produktionsnetzwerken (DFG)

**SafeMate:**  
Einführung sicherer und akzeptierter Kollaboration von Mensch und Maschine in der Montage (DFG)

**WorkCam:**  
Echtzeitfähige und kamerabasierte Ergonomiebewertung und Maßnahmenableitung in der Montage (AiF)

**WiMo:**  
Entwicklung eines Modells zur quantitativen Beschreibung logistischer Ursache-Wirkungs-Beziehungen für unterschiedliche Montageorganisationsformen (DFG)

**SFB 871:**  
Modellierung von Regenerationslieferketten (DFG)

## Veröffentlichungen (Auszug)

### Beiträge in Büchern (reviewed)

Lanza, G.; Nyhuis, P.; Fisel, J.; Jacob, A.; Nielsen, L.; Schmidt, M.; Stricker, N. (2018): Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0, acatech Studie, München: Herbert Utz Verlage

### Beiträge in Zeitschriften / Aufsätze

Lucht, T.; Schäfers, P.; Nyhuis, P. (2018): Durchgängige modellbasierte Bewertung von Regenerationslieferketten, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (4), S. 220-224

Oleff, A.; Malessa, N. (2018): Strategischer Ansatz zur Industrie 4.0-Transformation, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (3), S. 173-177

Winter, F.; Pischke, D.; Stobrawa, S. (2018): Kompetenzaufbau mit BDE und MES erleichtern – Mitarbeiter zielgerecht einsetzen, IT&Production, 7+8 / 2018, S. 108-109

### Aufsätze (reviewed)

Bussemer, Felix; Herberger, David; Nyhuis, Peter (2018): Configuration Elements for Restructuring Manufacturing and Assembly Areas, The Institute for Business and Finance Research, LLC (Hg.): Review of Business & Finance Studies. Unter Mitarbeit von Terrance Jalber und Mercedes Jalbert. 9. Aufl. (1), S. 95-101.

David Herberger, Peter Nyhuis (2018): Gestaltung von Kommunikationsprozessen in Produktionsnetzwerken, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (5), S. 272-276.

Felix, C. (2018): Logistische Modellierung von Montagesystemen, wt Werkstattstechnik online Jahrgang 108, Heft 4, Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag, S. 263-266

Oubari, A.; Pischke, D.; Jenny, M.; Meißner, A.; Trübswetter, A. (2018): Mensch-Roboter-Kollaboration in der Produktion, Zeitschrift für

wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (9), S. 560-564

Pischke, D.; Recker, T.; Blankemeyer, S.; Oubari, A.; Raatz, A. (2018): Prozessspezifische Aufgabenzuordnung im MRK-System, wt-online 9-2018, S. 592-596

### Konferenz (reviewed)

Blankemeyer, S.; Recker, T.; Stuke, T.; Brokmann, J.; Geese, M.; Reiniger, M.; Pischke, D.; Oubari, A.; Raatz, A. (2018): A Method to Distinguish Potential Workplaces for Human-Robot Collaboration, 7th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS), Tianjin, China

Härtel, L.; Nyhuis, P. (2018): Systematic Data Analysis in Production Controlling Systems to Increase Logistics Performance, Schmitt R., Schuh G. (eds) Advances in Production Research. Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, November 19-20, 2018

### Konferenz

Bellmann, V. K.; Nyhuis, P. (2018): Influential factors when designing and evaluating assembly systems, Global Conference on Business and Finance Proceedings Vol. 13, No. 1. Kailua Kona: The Institute for Business and Finance Research, pp. 189-193

Felix, C. (2018): Logistic Evaluation of Different Assembly Organizational Forms, Global Conference on Business and Finance Proceedings Vol. 13, No. 1. Kailua Kona: The Institute for Business and Finance Research, pp. 57-63

Herberger, D.; Bussemer, F.; Nyhuis, P.; Noennig, J.; Schmiedgen, P. (2018): Communication Interfaces In Interorganizational Production Networks, Global Conference on Business and Finance Proceedings, Volume 13 (Number 1), pp. 45-52.

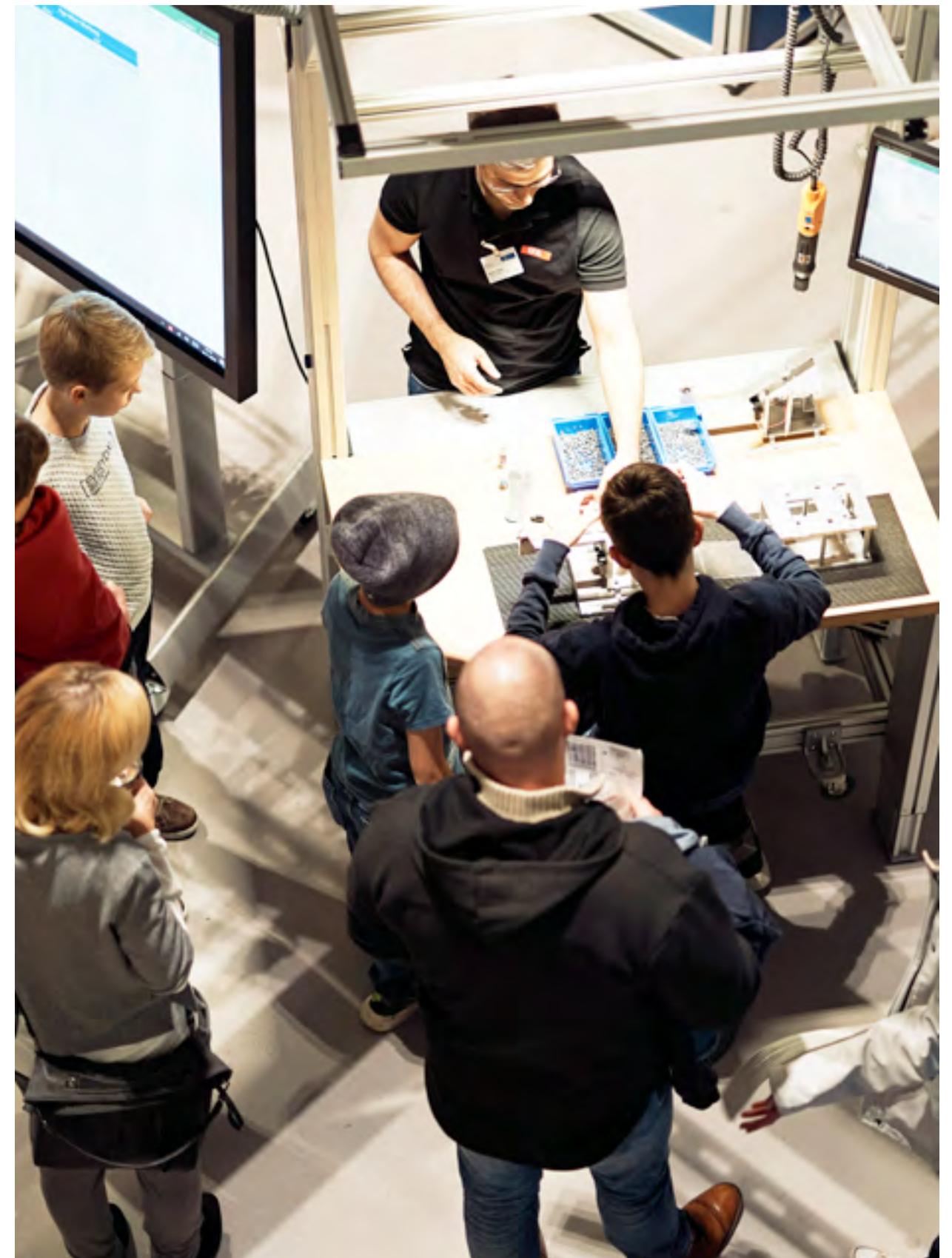
## Wesentliche Neuanschaffungen

Einrichtung des IFA Kreativraum



Erweiterung der IFA Lernfabrik um Aspekte der Mensch-Roboter-Kollaboration

Foto: IFA



Wer baut am besten? Hubschrauber-Challenge des IFA bei der Nacht, die Wissen schafft.

Foto: Nico Niemeyer



Foto: Helge Bauer

Professor Bernd-Arno Behrens, Institutleiter

## Geschichte des Instituts

Das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen ist eines der ältesten umformtechnischen Institute an deutschen Universitäten. Gemeinsam mit dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen kann es seine Geschichte zurückverfolgen bis zu Karl Karmarsch, der im Jahr 1831 die Höhere Gewerbeschule – den Vorläufer der heutigen Leibniz Universität Hannover – gründete und dort mechanische Technologie lehrte. Er begründete damit eine lange Tradition erstklassiger Forschung in der Fertigungs- und insbesondere der Umformtechnik. Im Jahr 1954 wurde das Lehrgebiet in den Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen und den Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, der von Otto Kienzle geführt wurde, aufgeteilt. So konnte das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen im Jahr 2014 sein 60-jähriges Jubiläum feiern.

## Aus der Forschung

### Beispiele aus dem Forschungsspektrum des IFUM

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches (SFB) 1153 „Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming“ werden unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. B.-A. Behrens die Potentiale massiver Hybridbauteile untersucht. Im Gegensatz zur konventionellen Vorgehensweise bei der Herstellung hybrider Massivbauteile, bei der der Fügeprozess erst während der Umformung oder am Ende der Fertigungskette erfolgt, werden hier vorab stoffschlüssig gefügte Halbzeuge aus verschiedenen Werkstoffkombinationen eingesetzt und im nächsten Schritt gemeinsam umgeformt. Durch die Umformung erfolgt eine geometrische und thermomechanische Beeinflussung der Fügezone, die eine Verbesserung der Verbindungsqualität bewirken soll. Durch die Kombination mehrerer Werkstoffe in einem



Industriekolloquium „Einsatzpotentiale hybrider Hochleistungsbauteile“ des SFB 1153 „Tailored Forming“. Foto: IFUM

Bauteil wird so die Herstellung von anforderungsoptimierten und leichtbauorientierten Hochleistungsbauteilen ermöglicht, die speziell für ihren Anwendungsfall ausgelegt sind und eine hohe Leistungsdichte aufweisen. Die stark beanspruchten Bauteilbereiche können z. B. aus hochfesten Materialien wie Stahl gefertigt werden, wohingegen weniger stark belastete Bereiche aus Aluminium gefertigt werden können um Gewicht zu sparen. Am Beispiel von verschiedenen Demonstratorbauteilen (Welle, Lagerbuchse und Kegelrad) erforschen mehr als 40 Wissenschaftler aus zehn unterschiedlichen Forschungseinrichtungen verschiedene wissenschaftliche Fragestellungen entlang der neuartigen Prozesskette.

In der ersten Förderperiode, die bis Juli 2019 geht, konnten bereits vielversprechende Ergebnisse erzielt werden. So konnte

anhand von experimentellen Untersuchungen für verschiedene Verfahrenskombinationen ein positiver Einfluss der Umformung auf das resultierende Gefüge und die mechanischen Eigenschaften der Fügezone nachgewiesen werden. Für die zweite Förderperiode ist die Betrachtung weiterer Teilaspekte, wie zum Beispiel die Steigerung der Bauteilkomplexität und die Erweiterung der Materialkombinationen vorgesehen.

In einem AiF/EFB-Projekt werden Prozessrouten zum Tiefziehen von Blechen aus hochfesten 7xxx-Aluminiumlegierungen erforscht. Diese Legierungen haben, aufgrund ihrer im Vergleich zu formgehärteten Stählen ähnlichen spezifischen Festigkeit, ein hohes Leichtbaupotenzial. Durch die Kombination der spezifischen Festigkeit mit einer zugleich höheren Duktilität ist es möglich, Strukturbauteile für Kraftfahrzeuge herzu-

stellen, die bei gleichbleibender oder steigender Crashperformance ein geringeres Gewicht aufweisen. Allerdings werden diese Legierungen bisher kaum im Karosseriebau eingesetzt. Der Grund hierfür ist die geringe Umformbarkeit der Werkstoffe im höchstfesten Zustand bei Raumtemperatur. Daher ist es nicht möglich Bauteile mittels konventioneller Kaltumformverfahren herzustellen. Ein Ansatz zur Steigerung der Umformbarkeit bietet die Halbwarm- und Warmumformung. Dabei wird die mit der Temperatur steigende Formbarkeit der Legierungen ausgenutzt. In der Halbwarmumformung werden dabei bereits höchstfeste Bleche bei Temperaturen unterhalb der Rekristallisationstemperatur umgeformt.

In der Warmumformung hingegen werden die Platinen oberhalb der Rekristallisationstemperatur lösungsgeglüht und anschließend, vergleichbar mit dem Formhärten, in einem gekühlten Werkzeug zeitgleich umgeformt und auf Raumtemperatur abgeschreckt. Das Ziel des Projektes ist, die beiden Prozessrouten der Halbwarm- und Warmumformung hinsichtlich geeigneter Umformparameter, Einflüssen der Wärmebehandlung im Hinblick auf mechanische Eigenschaften sowie die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe zu qualifizieren. Hierfür wird der Einfluss der Erwärmungsparameter auf die Umformbarkeit der ausgewählten Aluminiumlegierungen untersucht. Des Weiteren wird ermittelt, welchen Einfluss die Umformtemperatur, die Abschreckbedingungen im Werkzeug sowie eine kathodische Tauchlackierung auf die mechanischen Eigenschaften der Legierungen haben. Anschließend werden geeignete Wärmebehandlungsparameter ermittelt, mit denen eine Prozesszeitverkürzung bei Erhalt des erforderlichen Leichtbaupotenzials möglich ist. Darauf folgend werden Demonstratorbauteile mittels des Tiefziehens hergestellt. An diesen werden die Umformbarkeit der Legierungen, der Einfluss der Umformtemperatur auf die Formänderung sowie die Maßhaltigkeit und Rückfederung untersucht.

Zudem werden die Bauteile im Prozess einer kathodischen Tauchlackierung wärmebehandelt. Die erreichten mechanischen Eigenschaften werden anschließend im Zugversuch ermittelt. Auch die Spannungsrissskorrosionsbeständigkeit der verwendeten Aluminiumlegierungen wird in entsprechenden Versuchsreihen ermittelt. Dazu werden zunächst Untersuchungen hinsichtlich der elektrischen Leitfähigkeit und anschließend Versuche unter statischer Zugbelastung durchgeführt. Abschließend wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der untersuchten Prozessrouten durchgeführt.

Im SFB/Transregio 73 „Umformtechnische Herstellung von komplexen Funktionsbauteilen mit Nebenformelementen aus Feinblechen – Blechmassivumformung“, Teilprojekt A7 „Verbesserung von kombinierten Scherschneid- und Ziehprozessen durch Aufbringen dynamischer Prozesskräfte im Kraftfluss der Maschine“ werden hochpräzise verzahnte Bauteile aus Blechhalbzeugen hergestellt. Durch eine Schwingungsüberlagerung wird die Bauteilqualität signifikant verbessert. In der dritten Phase wird im Rahmen der Betrachtung der gesamten Prozesskette, aufbauend auf den Ergebnissen der zweiten Förderperiode, der Einfluss der Schwingungsparameter (Anregungs-frequenz und -amplitude), der Schmierstoffart und -menge sowie der Umformgrade und geschwindigkeiten auf die Reibung und Bauteiloberflächenqualität untersucht. Hierfür werden zuerst schwingungsfreie und -überlagerte Ringstauchversuche durchgeführt, um die gewonnenen Erkenntnisse auf den neuen BMU-Prozess (Blech-Massiv-Umformprozess) zu übertragen. Um Aussagen über die Nutzung von schwingungsüberlagert hergestellten Bauteilen treffen zu können, werden an schwingungsfrei und -überlagert vorgedehnten Proben das Restformänderungsvermögen, mit Hilfe der am IFUM entwickelten Methode zur Bestimmung von Versagenskurven, ermittelt. Des Weiteren wird das Restformänderungsvermögen des durch Schwingungsüberlagerung beanspruchten Werkstoffs mittels vorgedehnten Flachzugproben untersucht. In der dritten Förderphase soll weiterhin der Werkzeugverschleiß realitätsnah am schwingungsüberlagerten BMU-Prozess numerisch abgebildet werden.

MMC-Werkzeugkomponenten für die Umformtechnik/ Metal-Matrix-Composites (MMC) bieten als Verbundwerkstoff Optionen, die Leistungsfähigkeit von Metallen durch das Einbringen von Verstärkungsphasen zu steigern. Diese Potenziale für die Umformtechnik zu nutzen, ist Ziel eines aktuellen Forschungsprojektes am IFUM. Mithilfe eines Sinterschmiedeprozesses werden Stempelkomponenten aus Warmarbeitsstahlpulver mit einer Partikelverstärkung aus Wolframschmelzkarbid hergestellt. Dabei kann der Hartphasengehalt und somit auch die Materialeigenschaften gradiert eingestellt werden, sodass an der Stirnfläche ein hoher Hartphasengehalt maximalen Schutz vor Abrasion bietet und ein stetiger Übergang zum tribologisch unbelasteten Grundmaterial geschaffen wird. Darüber hinaus werden verschiedene Verfahren zum Fügen von harten MMC-Komponenten und duktilem Vollmaterial untersucht. Hier zeigt ein Diffusionsfügeprozess mit konduktiver Erwärmung gute Ergebnisse. Die so erzeugten Werkzeugkomponenten bie-

ten neue Möglichkeiten zum Verschleißschutz an Fließpresswerkzeugen. Insbesondere für die Umformung von karbidhaltigen Werkstoffen ist eine lokale oberflächennahe Verbesserung des Abrasionswiderstandes sehr interessant.

Der effiziente Einsatz von Energie wird aus ökologischen und ökonomischen Gründen angestrebt. Dies betrifft auch die metallverarbeitende Industrie. Das übergeordnete Ziel eines Forschungsvorhabens zur Analyse des Wirkungsgrades von Umformmaschinen am IFUM ist die Reduktion des Energieeinsatzes bei der Herstellung von Umformteilen. Während die theoretische Umformarbeit für die Herstellung eines Teils aufgrund der Geometrie, des Werkstoffes und der Prozessmethode festgelegt ist, wird die tatsächlich aufzuwendende Energie vom Wirkungsgrad der Presse mitbestimmt. Dieser ist abhängig von den Presseigenschaften wie der Bau- und Antriebsart sowie den Betriebsparametern, wie z. B. die Hubzahl, der Hub, die Einstellung des Stoßelgewichts ausgleichs und die Werkzeugschließkraft. Des Weiteren sind der Kraftauslastungsgrad (Verhältnis von Prozesskraft zur Pressennennkraft), der Arbeitsauslastungsgrad (Verhältnis der verrichteten Arbeit pro Hub zur Energiespeichergröße der Presse) sowie der Prozesskraft-Zeit bzw. Prozesskraft-Stoßelweg-Verlauf relevant. Aufgrund der Vielzahl von Parametern ist der Wirkungsgrad von Pressen nur als mehrdimensionales Kennfeld darstellbar. Es existiert keine Methode, mittels welcher das Kennfeld unter Berücksichtigung des Einflusses von Umformprozessen systematisch ermittelt werden kann. Die Gestalt der Kennfelder ist unbekannt. Das Ziel des ersten von zwei Zeiträumen ist daher die Bereitstellung eines Verfahrens zur systematischen Ermittlung der Wirkungsgradkennfelder von Pressen. Es werden Möglichkeiten ergründet, Betriebslasten für Pressen mit Hilfe eines hydraulischen Systems nachzubilden. Die Wirkungsgradkennfelder von drei unterschiedlichen Pressen werden nach der neuen Vorgehensweise ermittelt, um Erkenntnisse über deren Gestalt und Diversität zu erhalten. Mit Hilfe der Forschungsergebnisse aus dem ersten Zeitraum wird es im zweiten Zeitraum möglich, weitere Pressen unterschiedlicher Bau- und Antriebsart zu untersuchen und Aussagen zur Übertragbarkeit von an einzelnen Maschinen festgestellten Zusammenhängen hinsichtlich des Wirkungsgrades zu treffen. Potentiale zur Optimierung werden aufgespürt und Ansätze zu deren Erschließung erarbeitet. Möglichkeiten bestehen in der Zuordnung von Umformprozessen auf die Pressen eines Unternehmens, welche für geplante Prozesse jeweils einen besonders hohen Wirkungsgrad aufweisen, sowie in der Wahl energetisch günstiger Betriebsparameter. Die

angestrebten Ergebnisse tragen dazu bei, den Wirkungsgrad künftig als Bewertungskriterium bei der Beschaffung und der Entwicklung von neuen Pressen stärker als bisher einzubeziehen. Dies steht im Einklang mit der aktuell zunehmenden Bedeutung der Energieeffizienz von Produktionsanlagen.

Präzise Modellierung der Wärmefreisetzungsrate/ Moderne höher- und höchstfeste Stähle, wie beispielsweise DP- oder DX-Stähle mit vergleichsweise hohen Duktilitäts- und Festigkeitswerten, finden aufgrund des Leichtbaupotentials zunehmend Anwendung im Automobilkarosseriebau. Bei der Kaltumformung dieser Stähle dissipiert ein erheblicher Anteil der plastischen Arbeit in Form von Wärmeenergie. Eine Vielzahl von Materialeigenschaften (wie z.B. Fließspannung, Anisotropie, E-Modul, etc.) sind stark von der Temperatur abhängig. Noch stärker ist dieser Einfluss bei großen lokalen plastischen Deformationen, welche in Hochgeschwindigkeitsverformungs- und Schneidprozessen oder in Crash-Situationen auftreten. Im Hinblick auf die Optimierung von Prozessen und einer Bauteilauslegung ist eine genaue Kenntnis über die lokalen Temperaturen im Bauteil enorm wichtig. Momentan gibt es jedoch kein geeignetes Materialmodell, welches die Wärmefreisetzung in der FE-Simulation ausreichend genau beschreibt sowie vorhersagt. Im Rahmen eines laufenden AiF-Projektes werden am IFUM die Stähle DP1000 und DX56 untersucht. Der in bestehenden Simulationen verwendete Ansatz eines konstanten Wärmefreisetzungs-faktors von  $\beta=0,9$  wird durch eine variable Wärmefreisetzungs-funktion in Abhängigkeit von Umformgrad, Umformrate und Spannungszustand ersetzt. Die Funktion wird auf Basis von Messwerten mathematisch beschrieben und ermittelt, um sie im Anschluss daran in eine kommerzielle FE-Software zu implementieren. Am Beispiel eines industrierelevanten Tiefziehprozesses wird abschließend die Validierung zwischen Simulation und Experiment erfolgen.

51 wissenschaftliche Mitarbeiter  
19 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter  
105 studentische Mitarbeiter  
2 Auszubildende

## IFUM 2018

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen

### Leitung

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

### Lehre

24 Diplom- und Masterarbeiten,  
24 Bachelorarbeiten und 27 Studienarbeiten

### Aktuelle Forschung

#### Blechumformung

SFB/TR73, Teilprojekt A7:  
Verbesserung von kombinierten Scherschneid- und Ziehprozessen durch Aufbringen dynamischer Prozesskräfte im Krafthauptfluss der Maschine (DFG)

Akustische Emissionsanalyse zur Online-Prozessüberwachung in der Blechumformung (TFP)

TFP – Erzeugung von Bereichen mit reduzierter Festigkeit an formgehärteten Bauteilen mittels einer Temperierungsstation (DFG)

SPP 1676 – Erzeugung und Bewertung von thermisch oxidierten Werkzeugoberflächen als reibungsarme Trennschichten für die Trockenumformung (DFG)

SPP 1676 – Lokale Wärmebehandlung beim Gleitziehbiegen zur anforderungsgerechten Herstellung von Profilbauteilen (DFG)

SPP 1676 – Methode zur modellgetriebenen Konstruktion von Tiefziehwerkzeugen (DFG)

Tribosystemoptimierung bei der Umformung komplexer Bauteile aus Eisen-Mangan-Stählen mit TWIP-Effekt (AiF/FOSTA)

Fertigung von Baugruppen in der Ziehstufe (AiF/EFB)

Standmengenvorhersage von Gleitschichten auf Umformwerkzeugen (AiF/EFB)

Werkzeugintegrierte Temperaturmessung für das Presshärten (AiF/FOSTA)

Detektion von Rissen in der Warmblechumformung (AiF/EFB)

Standmengenvorhersage von Gleitschichten auf Umformwerkzeugen (AiF/EFB)

Erweiterung der Einsatzgrenzen der Patchworktechnik (AiF/EFB)

Clinchen für Anwendungen mit zyklisch thermischer und mechanischer Belastung (AiF/EFB)

Warmumformung von 7xxx-Aluminiumlegierungen (AiF/EFB)

Einbringen von Funktionselementen bei der Warmumformung von 22MnB5 (AiF/EFB)

Umformthermofügen von Metall & FKV mit isothermen Werkzeugen (AiF/EFB)

Einsatz lufthärtender Chromstähle zur Herstellung höchstfester dünnwandiger Blechformteile (AiF/EFB)

#### Massivumformung

SFB 1153, Teilprojekt B02  
Gesensschmieden koaxial angeordneter Hybridhalbzeuge (DFG)

SFB 1153, Teilprojekt B03  
Ermittlung des Formänderungsvermögens und der resultierenden Bauteileigenschaften beim Fließpressen von seriell angeordneten Hybridhalbzeugen (DFG)

Untersuchungen der Wirkzusammenhänge zwischen Topographie, Reibung und Verschleiß beim Tribosystem Werkzeug-Werkstück in der Warmmassivumformung (DFG)

Untersuchung des Scherverhaltens von Aluminiumlegierungen (DFG)

Verbundschmieden hybrider Pulver-Massiv-Bauteile aus Stahl und Aluminium (DFG)

Warmmassivumformung von partiell partikelverstärkten Sinterbauteilen (DFG)

Herstellung komplexer Geometrien aus partikelverstärkten Stahlwerkstoffen durch Pulverpressen mit anschließendem Thixoschmieden (DFG)

Untersuchungen zum Einsatz von metallhaltigen DLC-Schichtsystemen als Verschleißschutzmaßnahme für Schmiedegesenke (DFG)

Entwicklung und Untersuchung mechanischer Eigenschaften umformtechnisch hergestellter und thermomechanisch behandelter Schmiedewerkzeuge (DFG)

Entwicklung verschleißfester belastungsangepasster Modularwerkzeuge auf Basis keramikverstärkter Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe (MMC) für Anwendungen in der Warmmassivumformung (DFG)

Entwicklung einer geometriebasierten Methode zur Kompensation von prozessbedingten Maßabweichungen bei Massivumformteilen (DFG)

Ermittlung der Verfahrensgrenzen zur Wiederaufbereitung abgenutzter Zahnräder mittels Präzisionsnachformung bei erhöhten Temperaturen (DFG)

Einfluss der Werkzeugkühlung beim Gesensschmieden auf die prozessbedingte Gefügeveränderung in der Randzone und deren Auswirkung auf den Werkzeugverschleiß (DFG)

Präzisionsschmieden gegossener Vorformen (DFG)

Eigenschaftsoptimierung und -identifikation geschmiedeter Strukturen durch direktes Nachformen aus der Schmiedewärme in unterschiedlichen Temperaturbereichen durch Beeinflussung der Mikrostruktur bei Vergütungsstählen (DFG)

Umformtechnische Wiederaufbereitung metallischer Späne durch Sintern und Schmieden (DFG)

Untersuchung zum Einsatzverhalten von selbstschmierenden Pulverpresswerkzeugen (DFG)

Erhöhung der Verschleißbeständigkeit von Schmiedewerkzeugen durch Einsatz eines intelligenten Warmarbeitsstahls in Kombination mit einer werkstoffspezifischen angepassten Nitrierschicht (AiF/FOSTA)

Anwendung von Plasmaborierverfahren zur Steigerung der Belastbarkeit von Schmiedegesenken (AiF/FGW)

Steigerung der Lebensdauer nitrierter Schmiedegesenke durch Realisierung duktiler Oberflächenbereiche zur Verbesserung der Rissbeständigkeit (AiF/FGW)

Angepasste Randschichtmodifikation zur Reduzierung des thermoschockbedingten Verschleißes bei Schmiedegesenken (AiF/FGW)

Verbesserung des Einsatzverhaltens von Werkzeugen der Warmformgebung durch nitriergerechte Auswahl von Warmarbeitsstählen (AiF/FOSTA)

Quantifizierung der Betriebsfestigkeit des Gefüges von Schmiedestahl in der Gesenkteilungssebene (AVIF)

#### Umformmaschinen

TR 73, Teilprojekt B7:  
Charakterisierung von Horizontalbelastungen bei der Blechmassivumformung und Berücksichtigung in der FEM-Simulation (DFG)

Verfahren zur Ermittlung der Wirkungsgradkennfelder von Umformmaschinen als Basis für einen effizienten Energieeinsatz in der Umformtechnik (DFG)

Berührungsloser Vorschub von metallischen Folien in der Mikrostanztchnik (DFG)

Auslegung energieeffizienter Servopressenantriebe (AiF/VDW)

Prozessbegleitende Bauteilvermessung in Stufenpressen (AiF/EFB)

Qualität schergeschnittener Metall-Kunststoff-Verbundbleche (AIF)

Vorhersage der Lebensdauer von Rollengewindetrieben als Pressenantrieb (AiF/EFB)

Minimierung von Schwingungen in der Transferbewegung mittels autoadaptiver Sollkinematikvorgabe (AiF/VDW)

Konzeptabhängige Maschinenschwingungen nach der Materialtrennung beim Scherschneiden (AiF/EFB)

Berührungslose Messung des Vorschubweges von Bandmaterial (AiF/VDW)

Warmbeschnitt von kohlenstoffmartensitischen Chromstählen in mehrstufigen Prozessen (AiF/Fosta)

Reduzierung der Schallemissionen beim Schneiden höher und höchstfester Blechwerkstoffe (AiF/EFB)

#### Materialcharakterisierung und Simulation

SFB 1153, Teilprojekt A1:  
Einfluss der lokalen Mikrostruktur auf die Umformbarkeit stranggepresster Werkstoffverbunde (DFG)

SFB 1153, Teilprojekt C1:  
Experimentell-numerische Methode zur Vorhersage der Schädigung und des Versagens von Fügezonen in Hybridhalbzeugen während der Umformung (DFG)

IRTG 1627, A3:  
Experimental and Numerical Analysis of Forming Processes with Sandwich Plates Composed of a Sheet Metal Outer Skin and a Continuous Unidirectional Fibre Reinforced Thermoplastic Core (DFG)

SPP 1640: Fügen durch plastische Deformation:  
Numerische und experimentelle Untersuchungen zum Versagen beim Clinchen von kurzfaserverstärkten Thermoplasten mit Aluminium-Blechwerkstoffen (DFG)

SPP 2013: Experimentelle sowie numerische Modellierung und Analyse mikrostruktureller Eigenspannungen von warmmassivumgeformten Bauteilen mit gezielter Abkühlung (DFG)

Simulation der Umformung verzuganfälliger Massivbauteile unter Berücksichtigung des Einflusses veränderlicher Spannungszustände auf das umwandlungsplastische Dehnverhalten (DFG)

Partielles Formhärten durch Einsatz einer Maskierung im Ofenprozess (DFG)

Herstellung von Hybridverbunden mit metallischen Verstärkungsstrukturen durch freikinematisches Umformen (DFG)

Numerische Berechnung der thermischen Belastung und der Lebensdauer in Werkzeugen beim Thixoschmieden von Stahl (DFG)

Verbesserte FE-Simulation des temperierten Tiefziehens von Magnesiumblechwerkstoffen durch eine realitätsnahe Modellierung ihres Formänderungsvermögens unter prozessrelevanten Bedingungen (DFG)

Verbesserung der Versagenscharakterisierung von hochfesten Stahlblechwerkstoffen durch Kopplung von Messsystemen zur optischen Formänderungsanalyse mit der Schallemissions-technik (DFG)

Verbesserte Versagenscharakterisierung von hochfesten Stahlblechwerkstoffen anhand einer neuen Versuchsmethodik für Scherzugversuche in einachsiger arbeitenden Zugprüfmaschinen (DFG)

Ermittlung der Umformgrenzen von martensitischen Chromstählen in der Warmblechumformung (DFG)

Grundlegende Untersuchungen von gradientenabhängigen nitrierten Schmiedewerkzeugen in der Warmmassivumformung unter zyklischen thermo-mechanischen Beanspruchungen (DFG)

„Forschungscampus Open Hybrid LabFactory: ProVorPlus – Funktionsintegrierte Prozesstechnologie zur Vorkonfektionierung und Bauteilherstellung von FVK-Metall-Hybriden“ (BMBF)

MOBILISE – Mobility in Engineering and Science (BMBF)

Entwicklung einer Testmethodik zur Ermittlung der Neuhärte- und Anlaseffekte von Schmiedewerkzeugen unter zyklischer thermo-mechanischer Beanspruchung zur Verbesserung der numerischen Verschleißvorhersage (AiF)

Fügen durch Form-Knickbauchen – Verfahrenserweiterung zur Erhöhung der Verbindungsfestigkeit und Erweiterung des Anwendungsspektrums (AiF)

Erweiterung der Modellierung der Wärmefreisetzungsrates für Stähle (AiF)

Ansatz zur numerischen Bestimmung der Härteevolution in der Werkzeugrandschicht aufgrund von thermischen Belastungen beim Formhärten (AiF)

#### Veröffentlichungen (Auszug)

##### Beiträge in Büchern

*Behrens, B.-A.; Yarcu, D.; Kazhai, M.; Relge, R. (2018):* IPROM – Innovative Prozesskette zur Massivteilfertigung, Denkena, B. (Hrsg.): Berichte aus dem IFW, TEWISS Verlag, S. 28-33, S. 41-52, S. 54-62, S. 114-117

##### Konferenz (reviewed)

*Behrens B.-A., Bonhage M., Chugreev A., Ross I., Malik I. Y (2018):* Numerical Investigation of A Hot Forging Process For Partially Particle-Reinforced Sintered Components, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Metallurgy and Materials (METAL2018), 23-25 May, 2018, Brno, Czech Republic

*Behrens, B.-A.; Bohr, D.; Brunotte, K. (2018):* Powder Metallurgical Components with Radially

Graded Material System by Segregation, Hybrid Material and Structures, 18.-19. April 2018, Bremen, Deutschland.

*Behrens, B.-A.; Brunotte, K.; Bohr, D. (2018):* Optimised impregnation parameters of self-lubricating powder metallurgical components for cold bulk forming, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Metallurgy and Materials (METAL2018), 23-25 May, 2018, Brno, Czech Republic.

*Behrens, B.-A.; Brunotte, K.; Lippold, L.; Petersen, T.; Siegmund, M.; Braeuer, G.; Landgraf, P.; Lampke, T.; Mejauschek, M.; Nienhaus, A.; Paschke, H.; Weber, M. (2018):* Adapted diffusion processes for effective forging dies, 21st International ESAFORM Conference on Material Forming – ESAFORM 2018, Palermo, Italy, 23-25.04.2018, AIP Conference Proceedings

*Behrens, B.-A.; Chugreeva, A.; Chugreev, A. (2018):* FE-simulation of hot forging with an integrated heat treatment with the objective of residual stress prediction, 21st International ESAFORM Conference on Material Forming – ESAFORM 2018, Palermo, Italy, 23-25.04.2018, AIP Conference Proceedings, Vol. 1960-1, 040003  
DOI: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5034857>

*Behrens, B.-A.; Goldstein, R.; Chugreeva, A. (2018):* Thermomechanical Processing for Creating Bi-Metal Bearing Bushings, Thermal Processing in Motion 2018—Conference Proceedings of the Thermal Processing in Motion, June 5-7, 2018, Spartanburg, South Carolina, USA, pp. 15-21

*Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Chugreev, A.; Bohne, F.; Seel, A.; Jalanes, M.; Wölki, K. (2018):* Investigation of masking concepts for influencing the austenitization process during press hardening, 17th International Conference on Metal Forming, 16-19 September 2018, Toyohashi, Japan

*Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Sunderkötter, C.; Gebel, L.; Gnaß, S.; Berndt, G.; Trimborn, C.; Pfeffer, C. (2018):* Influence of process parameters on the hot stamping of carbon-martensitic chromium steel sheets, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 418 (2018) 012007

*Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Vogt, H. (2018):* Formability of 7000 aluminum alloys in warm and hot forming condition, 37th Conference of the International Deep Drawing Research Group, 03.-07. Juni 2018.

*Behrens, B.-A.; Yilkiran, D.; Schöler, S.; Özkaya, F.; Hübner, S.; Möhlwald, K. (2018):* Wear investigation of selective  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxide layers generated on surfaces for dry sheet metal forming, 17th International Conference on Metal Forming, 16-19 September 2018, Toyohashi, Japan

Bohne, F.; Micke-Camuz, M.; Weinmann, M.; Bonk, C.; Bouguecha, A.; Behrens, B.-A. (2018): Simulation of a Stamp Forming Process of an Organic Sheet and its Experimental Validation, 7.WGP-Jahreskongress, Aachen

Commichau, O.; Krimm, R.; Behrens, B.-A. (2018): Electromagnetic Feeding Device for Conductive Material, Advances in Production Research, Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, November 19–20, 2018

Dean, A.; Rolfes, R.; Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Chugreev, A.; Grbic, N. (2018): Parametric Study of Hybrid Metal-Composites Clinching Joints, ICTMP 2018 – 8th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes & Joining by Plastic Deformation, 24.-26. June 2018, Elsinore, Dänmark

Koß, J.; Altan, L.; Krimm, R.; Behrens, B.-A. (2018): Energy Efficiency of Forming Machines, Advances in Production Research, Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, November 19–20, 2018, S. 532- 540

Meyer, S.; Meschut, G.; Vogt, H.; Neumann, A.; Hübner, S.; Behrens, B.-A. (2018): Application of self-piercing nuts during hot forming, 71st IAW Annual Assembly & International Conference, 15.-20. Juli 2018.

Schöler, S.; Yilkinson, D.; Wulff, D.; Özkaya, F.; Möhwald, K.; Behrens, B.-A.; Maier, H.J. (2018): Selective oxidation of tool steel surfaces under a protective gas atmosphere using inductive heat treatment, ICNFT 2018, 5th International Conference on New Forming Technology, Bremen 19.-21.09.2018

### Konferenz

Behrens, B.-A.; Buse, C.; Kuwert, P. (2018): Einsatz onlinefähiger Methoden zur Überwachung umformtechnischer Fertigungsverfahren, XXXVII Verformungskundliches Kolloquium Zauchensee, Altenmarkt, Österreich

Behrens, B.-A.; Diefenbach, J.; Matthias, T. (2018): Massivumformung von thermomechanisch behandelten Halbzeugen bei erhöhten Temperaturen, VDI Fachtagung Warmmassivumformung

Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Chugreev, A.; Neumann, A.; Grbic, N.; Schulze, H.; Lorenz, R.; Micke, M.; Bohne, F. (2018): Development and Numerical Validation of Combined Forming Processes for Production of Hybrid Parts, Tagung Faszination Hybrider Leichtbau, Braunschweig, Germany, 29-30th May 2018

Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Krimm, R.; Chugreev, A.; Hasselbusch, T.; Stockburger, E.; Pfeffer, C. (2018): Kohlenstoffmartensitische Chromstähle in der Warmblechumformung – Forschungstätigkeiten am IFUM, Tagungsband zum 13. Erlanger Workshop Warmblechumformung 2018 Hrsg.: Merklein, M.

Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Vogt, H. (2018): Forming of high strength aluminum alloys – Processes for forming aluminum alloys of the 7000 series, Conference Strategies in Car Body Engineering, 14.-15. März 2018.

Behrens, B.-A.; Moritz, J.; Chugreev, A.; Bohne, F.; Schulze, H. (2018): Finite Element Analysis for sheet metal reinforced hybrid structures produced via non-kinematical constraint manufacturing processes, 18th European Conference on Composite Materials, 24th-28th June 2018, Athens, Greece

Hilscher, S.; Koß, J.; Altan, L.; Behrens, B.-A. (2018): Weiterführende Funktionsintegration in der Prozesskette, EFB-Kolloquium 2018 „Verfahren zum Hochgeschwindigkeitsschneiden“, 17.-18.04.2018 Bad Boll

Krimm, R.; Behrens, B.-A.; Commichau, O. (2018): Material Feeding with Linear Induction, Symposium on Automated Systems and Technologies, pp. 21-25

Meschut, G.; Meyer, S.; Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Vogt, H. (2018): Integration mechanischer Funktionselemente in den Warmumformprozess, 38. EFB-Kolloquium Blechverarbeitung, Weiterführende Funktionsintegration in der Prozesskette, 17.-18. April 2018.

Micke, M.; Almohallami, A.; Lummer, C.; Hübner, S.; Maier, H. J.; Behrens, B.-A. (2018): Standmengenvorhersage von Gleitschichten auf Umformwerkzeugen, 38. EFB-Kolloquium Blechverarbeitung, Weiterführende Funktionsintegration in der Prozesskette, Bad Boll, 2018

Paschke, H.; Mejauschek, M.; Weber, M.; Braeuer, G.; Brunotte, K.; Siegmund, M.; Lippold, L.; Behrens, B.-A.; Lenz, D.; Dueltgen, P. (2018): Adaptations in diffusion treatments enable tool life time enhancement of forging dies, 16th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen

Wolter, B.; Straß, B.; Müller T.; Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Wölki, K. (2018): Einsatzmöglichkeiten von zerstörungsfreien Sensortechniken innerhalb der Wertschöpfungskette Blechverarbeitung, EFB-Kolloquium 2018 – Weiterführende Funktionsintegration in der Prozesskette, 17./18.04.2018, Bad Boll

### Berichte

Behrens, B.-A.; Altan, L.; Hilscher, S. (2018): Verfahren zum Hochgeschwindigkeitsschneiden auf Pressen, EFB-Forschungsbericht Nr. 489, Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V., Hannover, 2018

Behrens, B.-A.; Krimm, R.; Altan, L.; Hasselbusch, T.; Hilscher, S.; Reich, D.; Nguyen, T. (2018): Reduktion von Schwingungen infolge des Niederhalterauftreffstoßes, EFB-Forschungsbericht Nr. 491, Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V., Hannover, 2018

### Zeitschriften/Aufsätze

Behrens, B.-A.; Brunotte, K.; Bohr, D. (2018): Ecological lubrication in cold forming of sintered powder metallurgical components, Dry Metal Forming Open Access Journal OAJFMT 4 (2018), pp 68-73.

Behrens, B.-A.; Klose, C.; Chugreev, A.; Thürer, S. E.; Uhe, J. (2018): Numerical investigations on the lateral angular co-extrusion of aluminium and steel, AIP Conference Proceedings DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5034844>

Koß, J.; Ross, I. (2018): Hybride Massivbauteile: Forscher stellen aktuelle Ergebnisse vor, PHI – Produktionstechnik Hannover informiert, 01/2018

Pfeffer, C. (2018): Temperatur beim Formhärten exakt messen, phi – Produktionstechnik Hannover informiert, 16.04.2018.

Schöler, S.; Wulff, D.; Yilkinson, D.; Behrens, B.-A. (2018): heat treatment as an alternative tempering method for the selective oxidation of 1.2379 tool steel surfaces, Dry Met. Forming OAJ, FMT 4 (2018), pages 13-17

### Zeitschriften/Aufsätze (reviewed)

Behrens, B.-A.; Chugreev, A.; Matthias, T. (2018): Hybride Lagerbuchsen aus Aluminium und Stahl, wt Werkstatttechnik online Jahrgang 108 (2018) H. 10

Behrens, B. A.; Chugreev, A.; Hootak, M. (2018): A sectionwise defined model for the material description of 100Cr6 in the thixotropic state, AIP Conference Proceedings 1960 DOI: [10.1063/1.5034860](https://doi.org/10.1063/1.5034860)

Behrens, B.-A.; Chugreev, A.; Awiszus, B.; Graf, M.; Kawalla, R.; Ullmann, M.; Korpala, G.; Wester, H. (2018): Sensitivity Analysis of Oxide Scale Influence on General Carbon Steels during Hot Forging, Metals 2018 Vol. 8(2)

Behrens, B.-A.; Bohr, D. (2018): Manufacturing of functionally graded metal matrix composite materials by segregation, International Journal of Materials Research (formerly Zeitschrift für Metallkunde) 109(5), pp 373–380. DOI: [10.3139/146.111619](https://doi.org/10.3139/146.111619)

Behrens, B.-A.; Brunotte, K.; Bohr, D. (2018): Experimental Investigation of Endogenous Lubrication during Cold Upsetting of Sintered Powder Metallurgical Components, Key Engineering Materials, Vol. 767, pp 163-170. DOI: [10.4028/www.scientific.net/KEM.767.163](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.767.163)

Behrens, B.-A.; Chugreev, A.; Matthias, T. (2018): Characterisation of the joining zone of serially arranged hybrid semi-finished components, AIP Conference Proceedings 1960, 040002 (2018); DOI: [10.1063/1.5034856](https://doi.org/10.1063/1.5034856)

Behrens, B.-A.; Diaz-Infante, D.; Altan, T.; Yilkinson, D.; Wölki, K.; Hübner, S. (2018): Improving Hole Expansion Ratio by Parameter Adjustment in Abrasive Water Jet Operations for

DP800, SAE International Journal of Materials and Manufacturing, 11(3)

Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Neumann, A.; Vogt, H.; Meschut, G.; Meyer, S. (2018): Funktionsintegration in der Warmblechumformung, wt Werkstatttechnik online Jahrgang 108 (2018), Ausgabe 10, S. 674-678

Behrens, B.-A.; Lippold, L. (2018): Influence of shot peened surfaces on friction in hot forging, Surface Topography: Metrology and Properties, Vol. 6, No. 4 DOI: [10.1088/2051-672X/aae91c](https://doi.org/10.1088/2051-672X/aae91c)

Bruns, C.; Micke-Camuz, M.; Bohne, F.; Raatz, A. (2018): Process design and modelling methods for automated handling and draping strategies for composite components, CIRP Annals, Volume 67, Issue 1, 2018, Pages 1-4

Dean, A.; Rolfes, R.; Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Chugreev, A.; Grbic, N. (2018): Parametric Study of Hybrid Metal-Composites Clinching Joints, Key Engineering Materials, ISSN: 1662-9795, Vol. 767, pp 413-420 DOI: [10.4028/www.scientific.net/KEM.767.413](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.767.413)

Koch, S.; Behrens, B.-A.; Hübner, S.; Scheffler, R.; Wrobel, G.; Pleßow, M.; Bauer, D. (2018): 3D CAD modeling of deep drawing tools based on a new graphical language, Computer-Aided Design and Applications, 15(2018)5, S. 619 – 630 DOI: <https://doi.org/10.1080/16864360.2018.1441228>

Krimm, R.; Behrens, B.-A.; Koß, J. (2018): Energieeffizienz von Umformmaschinen, wt Werkstatttechnik online, 10-2018, S. 646-651

### Wesentliche Neuanschaffungen

#### Akustische Kamera von CAE Software & Systems

Die Verarbeitung besonders fester Stahlbleche ist mit einer erhöhten Geräuschentwicklung verbunden. Zum Schutz vor dem gesundheitsschädlichen Lärm müssen die verwendeten Maschinen häufig in sehr teuren Kabinen stehen. Eine Mög-

lichkeit, dies zu umgehen, ist eine geräuscharme Maschinengestaltung bereits im Rahmen der Konstruktion. Hierzu ist jedoch ein tiefes Verständnis der Entstehung und Ausbreitung von Schallemissionen unabdingbar. Die von uns zu diesem Zweck eingesetzte akustische Kamera von CAE Software & Systems ermöglicht eine messtechnische Analyse der Lärm-entwicklung. Die Kamera besteht aus einem 100 cm großen Array mit 112 Mikrofonen und eignet sich für Messungen ab 40 Hz und bis 24 kHz sowie bis zu einem Pegel von 120 dB. Die optimierte Verteilung der Mikrofone dient der präzisen Lokalisierung der Geräuschquellen. Mit einer Auswertesoftware sind ferner umfangreiche Analysemöglichkeiten gegeben.

#### Drahterodieranlage Sodick ALC 600G Premium

Die angeschaffte leistungsstarke Drahterodieranlage ermöglicht durch NC-Steuerung, absolute Maßstäbe sowie direktangetriebene wartungsfreie Linearmotoren das hochgenaue Trennen (Genauigkeit ± 5 µm, Oberflächengüte bis Ra = 0,5 µm) unterschiedlichster Proben- und Bauteilgeometrien für spätere Charakterisierungsversuche. Der große Bearbeitungsraum von 1050 x 710 mm ermöglicht gleichzeitig auch die Bearbeitung größerer Werkzeuge bis zu einem maximalen Gewicht von 1.000 kg. Durch die große Spuleneinheit und die automatische Drahtfädeleinheit können nun deutlich effizienter die Werkzeuge und Probenkörper bearbeitet werden.

#### Drucksinterpresse Dr. Fritsch DSP 507

Anlage zum Sintern von Pulverwerkstoffen unter axialem Druck mittels direkter / konduktiver Erwärmung

Die Drucksinterpresse DSP 507 eignet sich zum Sintern von metall-, keramik- oder kunstharzgebundenen Werkstücken und arbeitet nach dem Prinzip der Widerstandserwärmung. Die Sinterform wird hierbei im Maschinenraum, zwischen den Elektroden, platziert. Durch das Absenken der oberen Elektrode wird die Sinterform mit Druck beaufschlagt und der Stromkreis geschlossen. Der Prozess beinhaltet frei programmierbare Aufheiz-/Abkühlraten sowie Haltezeiten und Drücke. Durch das integrierte Hochtemperatur-

modul lassen sich pyrometherüberwachte Temperaturen von bis zu 2400°C erreichen, so dass sich auch Werkstoffe mit sehr hohen Schmelztemperaturen sintern lassen.

Ausstattung:  
Integrierte Temperaturüberwachung  
Hochtemperaturisolierung  
Interner Kühlwasserkreis

#### Thermoschockprüfstand

Schmiedegesenke sind einem komplexen Belastungskollektiv ausgesetzt, bestehend aus thermischer, mechanischer, tribologischer und chemischer Beanspruchung. Zur Charakterisierung und Prüfung der Materialeigenschaften von Werkzeugwerkstoffen sowie zur Entwicklung und Validierung von materialspezifischen Verschleißschutzmaßnahmen ist eine isolierte Betrachtung der einzelnen Belastungsarten erforderlich. Zur isolierten Betrachtung der thermischen Belastung sowie den daraus entstehenden Verschleißbildern kommt der eigenentwickelte hydraulische Thermoschockprüfstand zum Einsatz. Ein beheizter Stempel übt zyklisch eine Kraft auf die Werkstoffprobe aus, wodurch diese elastisch verformt wird. Anschließend erfolgt die automatische Kühlschmierung zum definierten Abschrecken der Probe.

Isolierte Simulation des Thermoschocks (keine Überlagerung mit tribologischen Beanspruchungen), Beheizbarer Stempel (bis zu 1200 °C), Abbildung verschiedener Kraft-Zeit-Verläufe mit bis zu 150 kN durch Hydraulikzylinder im kraftgeregelten Betrieb, Automatisierte pneumatische Sprühkühlleinheit, Vollautomatisierter Serienbetrieb mit Taktzeiten von 8 s, Werkzeugsystem mit integrierter Temperatur- und Kraftsensorik

V.l.n.r.: Drahterodieranlage Sodick, Drucksinterpresse Dr. Fritsch DSP 507, Thermoschockprüfstand. Fotos: IFUM/Hersteller





Professor Berend Denkena, Institutsleiter

Foto: IFW

## Geschichte des Instituts

1831 gründete Karl Karmarsch die Höhere Gewerbeschule in Hannover, den Vorläufer der TU und heutigen Leibniz Universität. Als Direktor vertrat er auch das Fach „Mechanische Technologie“, aus dem sich die Fachrichtung „Fertigungstechnik“ entwickelte. So kann sich das IFW auf mehr als 180 Jahre alte Wurzeln berufen.

## Aus der Forschung

### Arbeitsgruppe Fertigungsverfahren

**TECHNOLOGIEN ZUR FUNKTIONALISIERUNG** / Die Oberflächen- und Randzoneigenschaften eines Bauteils bestimmen in großem Maße die Lebensdauer im Einsatz, die Tribologie im Kontakt mit Reibpartnern und das Strömungsverhalten von Medien an der Oberfläche. Häufig ist heute noch nicht bekannt, welche Oberflächen- und Randzoneigenschaften zu einer verbesserten Funktion – zum Beispiel hinsichtlich der Lebensdauer – führen und wie diese Eigenschaften durch den Zerspanprozess gezielt eingestellt werden können. Das Ziel der Arbeiten in diesem Themenfeld ist daher die Entwicklung von geometrisch bestimmten und unbestimmten Zerspanpro-

zessen, die eine gezielte und reproduzierbare Herstellung von Oberflächenstrukturen und Randzoneigenschaften erlauben. In Zusammenarbeit mit Tribologen und Konstrukteuren wird erarbeitet, welche der möglichen Eigenschaften positiv für die spätere Anwendung des Bauteils sind. Neben der Erarbeitung von Grundlagen für dieses neue Themenfeld wird auch anwendungsnah in Kooperation mit Werkzeugherstellern und Anwendern aus den Bereichen Automotive und Medizintechnik geforscht. So werden im Rahmen des Industrieforums Smart Surfaces anwendungsorientierte Fragestellungen gemeinsam mit Industrieunternehmen erforscht.

**ZERSPANUNG** / Aufgrund der hohen Temperaturen, Spannungen, Umform- und Trenngeschwindigkeiten resultiert in der Zerspanung ein Belastungskollektiv am Werkzeug, das heute noch nicht vollständig verstanden ist. In der Abteilung Zerspanung werden Methoden zur Erforschung des Belastungskollektivs in Abhängigkeit beispielsweise der Mikrogeometrie der Schneidkante oder der Eigenschaften von Werkzeugbeschichtungen entwickelt. Weiterhin steht die Effizienz von Zerspanprozessen sowie die Bearbeitung von schwer zerspanbaren Werkstoffen im Fokus. Weitere Forschungstätigkeiten bewegen sich im Bereich der Entwicklung von Hochleistungsprozessketten in der Automobilindustrie.

**SCHLEIFTECHNOLOGIE** / Gehärtete Stähle und sprödharte Materialien wie Keramik können mittels Schleifen hochproduktiv bearbeitet werden. Die zu Grunde liegenden Spanbildungsmechanismen werden aktuell in Forschungsvorhaben untersucht. Weitere Themenfelder sind die Werkzeugherstellung und die Trennschleifbearbeitung sowie die hochproduktive Fertigung reibungsoptimierter Oberflächen. Ein Schwerpunkt der Abteilung Schleiftechnologie liegt in der Erforschung des Herstellprozesses von Schleifscheiben. Die Eigenschaften der Schleifwerkzeuge können durch den Sinterprozess und vor- und nachgelagerte Prozesse gezielt eingestellt werden. Aktuell wird für metallisch gebundene Diamantschleifwerkzeuge erforscht, welche Kenngrößen für die Beschreibung des Einsatzverhaltens maßgeblich sind und wie sie im Herstellprozess eingestellt werden können.

### Arbeitsgruppe Maschinen und Steuerungen

**KOMPONENTEN UND ÜBERWACHUNGSSYSTEME** / Eine neuartige, gedämpfte Spindel reduziert Werkzeugschwingungen so weit, dass eine Erhöhung der Schnitttiefe um bis zu 50 % erreicht wird. Durch die Integration von Reibelementen in eine Werkzeugaufnahme soll in einem anderen Projekt Schwingungsenergie in Reibarbeit umgewandelt und so dissipiert werden. In einem weiteren Projekt, wird eine Motorspindelwelle durch ein neuartiges Kühlsystem ohne Flüssigkeiten gekühlt. Dadurch wird eine Reduzierung der thermoelastischen Ausdehnung der Welle um 60 % erreicht. Im Bereich der Vorschubachsen zielt die Erforschung eines Flächenmotors auf die Einsparung eines Antriebes. Bewegungen eines Kreuztisches können durch einen einzigen Motor mit geringerem Bauraum und geringerer Gesamtmasse realisiert werden. Zur Erhöhung der Dynamik von Vorschubachsen wird derzeit ein aktives System zur Entkopplung von Ruckbewegungen vom Maschinengetriebe erforscht. Darüber hinaus laufen Forschungsarbeiten um Komponenten mit weiteren sensorischen Eigenschaften zu versehen. Ein sensorisches Spannsystem ermöglicht die Überwachung des eigenen Zustandes und der Prozesskräfte. Mit Hilfe der zusätzlichen Signale, aber auch steuerungsinternen Daten werden Einzelprozesse überwacht und übergeordnete Prozessketten geregelt. Durch die Integration von Sensorik in ein Tiefloch-Bohrrohr, wird in einem weiteren Projekt die Biegelinie des Rohres berechnet. Dadurch sollen Abweichungen des Mittenverlaufes prozessparallel bestimmt und anschließend kompensiert werden.

**MASCHINEN UND ROBOTER** / Das Zusammenwirken von Einzelsystemen wird durch die Entwicklung eigener Werkzeugmaschinen und der Modifikation am Markt verfügbarer Maschinen erforscht. Vergleichbar zur Komponentenentwicklung werden beispielsweise Mikro-Dehnungsmessstreifen in die Maschinenstrukturen eingebracht, die eine Kraftmessung bei nahezu unveränderter Steifigkeit der Maschine ermöglichen. In Kombination mit einer automatisierten, werkzeugspezifi-

schen Steifigkeitsmessung kann die Abdrängung eines Fräasers im Prozess ermittelt und kompensiert werden. Somit soll die Genauigkeit weiter gesteigert werden. Das Thema Genauigkeit steht auch bei der Forschergruppe Ultra-Precision High Performance Cutting (UP HPC) im Vordergrund. Zusammen mit Instituten der Universität Bremen sollen die Leistungsgrenzen der UP-Bearbeitung mittels einer Magnetführung und Kompensationsansätzen deutlich erweitert werden.

### Arbeitsgruppe Produktionssysteme

Wieso weicht das Bauteil vom Sollwert ab? Diese Frage – aktuell aus der Industrie ans IFW herangetragen – beantworten die Wissenschaftler mit dem selbst entwickelten Simulationssystem IFW CutS: Es simuliert die Wechselwirkungen von Bearbeitungsprozess und Werkzeugmaschinen-/Werkstückstruktur, spielt mögliche Fehlerursachen durch und identifiziert so diejenigen, die ursächlich für das tatsächlich auftretende Problem sind. Mittels moderner CAD/CAM-Technologien werden dann die NC-Maschinenprogramme optimiert, Prozesseffekte vorhergesagt und fehlerfreie Bauteile gefertigt.

Die Simulation ganzer Produktionsabläufe und die Arbeitsplanung sind weitere Aufgaben dieser Arbeitsgruppe. Im SFB 653 „Gentelligente Bauteile im Lebenszyklus“ haben Wissenschaftler an einer Methode zur adaptiven Fertigungsplanung und -steuerung gearbeitet, die Bauteile ihren Weg selbstständig durch die Fertigung finden lässt. Im Rahmen einer Kooperation mit Volkswagen erstellte das IFW ein System zur Simulation, das betriebsbegleitend durch reale Produktionsdaten angepasst und parametrisiert wird. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung wird der Einfluss des Mitarbeiters auf das Produktionssystem untersucht sowie eine Steigerung der Produktivität durch gezielte Weiterbildung bewertet. Und mit der Fauser AG, einem MES Anbieter, sowie zwei Anwendern aus der Industrie wird daran geforscht, eine Methode zur kapazitätsorientierten Preisbildung in der Angebotserstellung zu entwickeln.

### Arbeitsgruppe Hochleistungsproduktion von CFK-Strukturen

Durchgängige Lösungen für die wirtschaftliche und robuste Fertigung von kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) für den Flugzeugbau stellen den Forschungsschwerpunkt am CFK Nord in Stade dar und sind gleichzeitig Motivation für die Entwicklung neuer Maschinen- und Überwachungsansätze durch das junge Forscherteam des IFW in der Institutsaußenstelle seit nunmehr vier Jahren. Hierbei kooperiert das IFW mit Flugzeugentwicklern aus Braunschweig und Werkstoffwissenschaftlern aus Clausthal. Ein zentraler Forschungsschwerpunkt sind Automated Fiber Placement-Systeme, die gegenwärtig zu den bevorzugt eingesetzten Fertigungssystemen zur Herstellung von Hochleistungs-Leichtbaustrukturen zählen. Bereits

ein neuartiges Legesystem wurde von Mitarbeitern des IFW entwickelt und realisiert. Es ist durch seinen roboterbasierten Ansatz deutlich leichter und agiler im Vergleich zu heutigen Systemen. Aktuell geht man im Rahmen des SPP 1712 der Frage nach, ob neben CFK-Streifen auch gleichzeitig wenige Mikrometer starke Metallstreifen abgelegt werden können. Die hierdurch entstehenden Hybridlaminare werden als intrinsischer Multilayer-Insert bezeichnet und dienen der verbesserten Krafteinleitung in dünnwandige CFK-Strukturen. Durch die Volkswagenstiftung finanziert betrachten die jungen Wissenschaftler zudem die Möglichkeit, die Imprägnierung der Kohlenstoffaser direkt im Legeprozess vorzunehmen. Dies erlaubt deutlich geringere Materialkosten und trägt somit dazu bei, dass CFK auch für Anwendungen einsetzbar ist, die einem höheren Kostendruck unterliegen als der Flugzeugbau. Eine Verbesserung der Fertigungsqualität erreichen die Wissenschaftler durch eine integrierte Online-Prozessüberwachung, die sowohl das Legeergebnis fortwährend überwacht als auch – und hierbei ist ein wesentlicher Unterschied zu verfügbaren Systemen gegeben – die Qualität des zugeführten und zu verarbeitenden Materials überwacht und so präventive Handlungsstrategien zur Qualitätssicherung ermöglicht. Im Kontext Industrie 4.0 und einer zunehmend individualisierten Produktion von Leichtbaustrukturen beschäftigen sich die Wissenschaftler auch mit Methoden des Rapid Manufacturing. Hierbei liegt die besondere Herausforderung darin, ein Fertigungssystem für den dreidimensionalen Materialauftrag zu konzipieren, dass zusätzlich die Integration von Verstärkungsfasern aus Kohlenstoff erlaubt. Ein besonderer Mehrwert dieser Technologie wird darin gesehen, dass die Gestaltungsfreiheit der Produkte deutlich zunimmt und dass die Bauteile ohne zusätzliche Werkzeuge hergestellt werden können. Auf Ebene der Produktionssysteme werden Wirtschaftlichkeitsanalyse u. a. der neu entwickelten Fertigungstechnologien vorgenommen und neue Prozessketten entwickelt und unter Berücksichtigung von zu erzielenden Bauteileigenschaften im Hinblick auf strukturelle, prozesstechnische und ökonomische Aspekte optimiert.

**Arbeitsgruppe Mittelstand 4.0**

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover „Mit uns digital!“ hilft Unternehmen des Mittelstandes, ihre Wettbe-

werbsfähigkeit im Kontext von Digitalisierung und Industrie 4.0 zu stärken. Informationsveranstaltungen, Firmengespräche, Schulungen und Umsetzungsprojekte – mit diesen Angeboten macht das Zentrum Unternehmen des Mittelstandes fit für die digitale Zukunft. Das Themenspektrum reicht von der Digitalisierung einzelner Produktions- und Logistikprozesse über Recht und Ökonomie bis hin zu Arbeit 4.0. Neun sogenannte Expertenfabriken bieten gebündeltes Industrie 4.0-Wissen zu unterschiedlichen Themen und demonstrieren Einsatzmöglichkeiten. Sie bieten Workshops, Schulungen und Firmengespräche an und behandeln unterschiedliche Schwerpunktthemen der Digitalisierung. Die Angebote des vom Bundeswirtschaftsministeriums geförderten Zentrums sind kostenlos. Die Generalfabrik des Zentrums auf dem Messegelände in Hannover präsentiert praxisnah auch für kleine und mittlere Unternehmen bezahlbare Lösungen zur Digitalisierung. Der Zentrumsbus, eine mobile Fabrik, bringt Industrie 4.0-Demonstratoren und -lösungen direkt zu den Unternehmen. Die Generalfabrik ist darüber hinaus ein wesentlicher Bestandteil der Generalschulung „Technologien und Potenziale der Digitalisierung“. Sowohl in der Generalfabrik als auch im Bus werden den Unternehmen anhand der Herstellung eines individuell konfigurierbaren Stifes in Losgröße 1 Digitalisierungslösungen vorgestellt von der Kommission über die Fertigung bis zur Auslieferung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. „Mit uns digital!“ ist Teil der Förderinitiative „Mittelstand 4.0 – Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse“ im Rahmen des Förderschwerpunkts „Mittelstand-Digital – Strategien zur digitalen Transformation der Unternehmensprozesse“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

89	wissenschaftliche Mitarbeiter
20	nichtwissenschaftliche Mitarbeiter
197	studentische Mitarbeiter
3	Auszubildende
3	FWJ

**IFW 2018**  
Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen

**Leitung**

Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena

**Lehre**

11 Diplomarbeiten, 56 Masterarbeiten, 54 Studienarbeiten, 8 Projektarbeiten und 89 Bachelorarbeiten

**Aktuelle Forschung**

**Fertigungsverfahren**

Untersuchung der Haftverbundmechanismen zwischen Gerüst- und Verblendmaterial vollkeramischer Zahnrestorationen (DFG)

Flexible Mono- und Multilayermikroschleifwerkzeuge für die Ultrapräzisions- und Mikrobearbeitung von duktilen Werkstoffen (DFG)

Steigern der Bauteillebensdauer mittels Randzonenbeeinflussung durch die hybride Verfahrenskombination Drehwalzen (DFG)

SFB/TR73: Umformtechnische Herstellung von komplexen Funktionsbauteilen mit Nebenformelementen aus Feinblechen – Blechmassivumformung (DFG)

Teilprojekt B8: Schleifstrategien zur lokalen, belastungsorientierten Randzonenmodifikation von Blechmassivumformwerkzeugen Einfluss des bearbeitungsbedingten Werkstoffzustands auf das belastungsinduzierte Abbauverhalten von Eigenspannungen (DFG)

SFB 1153: Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming (DFG) Teilprojekt B4: Funktionsangepasste Prozessplanung der spanenden Bearbeitung hybrider Bauteile

Tribologisch maßgeschneiderte Zylinderlaufbuchsen durch spanend gefertigte Mikrostrukturen (DFG)

Indirekte Eigenspannungsmessung mittels ESPI-Bohrlochmethode (Landesfinanzierung im Rahmenprogramm „Wege in die Forschung“)

SFB 653: (DFG) T12: Kennwertgestützte Topografiebewertung und gezielte Anpassung von Schleifprozessen durch selbstlernende Modelle

Kontaktersives Abrichten mehrschichtiger Seilschleifwerkzeuge für die Stahlbeton- und Stahlbearbeitung (BMBF)

Strategien beim Schleifen von PCBN-Wendeschneidplatten (DFG)

Innovatives 5-Achs-Schleifen von Freiformflächen (ZIM)

Leistungssteigerung keramisch gebundener Korundscheifscheiben beim Profil-Tiefschliff (AiF)

Reduktion des Energiebedarfs beim Profilschleifen durch Einsatz von hochporösen metallisch gebundenen Diamantschleifscheiben mit angepasster Schleifscheibenspezifikation (AiF)

SFB 871: TP B2: Geschickte Reparaturzelle (DFG) TP C1: Simulationsbasierte Prozessauslegung spanender Rekonturierungstechnologien (DFG)

Grundlagen zur substratspezifischen Gestaltung der Schneidkante (DFG)

Leistungssteigerung bei der Zerspanung durch gezielte Nutzung der Fugendämpfung geklebter Werkzeuge (AiF) Untersuchung der Wirkweise eines neuartigen für Schrupp- und Schlichtoperationen ausgelegten Fräswerkzeugs (DFG)

Simulationsoptimierte PVD-Beschichtungen für die spanende Trockenbearbeitung (DFG)

Methode für die Auslegung von Prozesseinstellgrößenmodulation zur Steigerung der Produktivität und Werkzeugstandzeit beim Drehen (DFG)

Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (BMBF)

Individuelle Schneidkantenpräparation mit nachgiebigen Polierwerkzeugen (IndiEdge); Entwicklung eines neuen Prozesses zur Verrundung von Schneidkanten (ZIM)

Untersuchung der Wirkweise eines neuartigen für Schrupp- & Schlichtoperationen ausgelegten Fräswerkzeugs (DFG)

Einfluss des bearbeitungsbedingten Werkstoffzustands auf das belastungsinduzierte Abbauverhalten von Eigenspannungen (DFG)

Innovatives Seilschleifkonzept für die Bearbeitung von Stahl (BMBF)

CBN-Fase Neue Fasergeometrie für cBN-We (AiF)

Walzenstirnfräser (AiF)

Kontinuierliches Wälzschleifen schneidender Verzahnungen (DFG)

Leistungssteigerung metallisch gebundener CBN-Werkzeuge durch kryogene Kühlung (DFG)

Walzenstirnfräser mit neuartiger Flankengestalt (AiF)

Innovatives 5-Achs-Schleifen von Freiformflächen; Technologische Untersuchung des 5-Achs-Schleifprozesses (ZIM)

Energieeffiziente Prozessketten zur Herstellung eines reibungs-, gewichts- und lebensdaueroptimierten Antriebsstrangs; Teilvorhaben:

Wissenschaftliche Entwicklung von Prozessen und Methoden zur energieeffizienten Fertigung von Antriebsstrangkomponenten; Teilprojekt 1-4 (BMWi)

**Maschinen- und Steuerungen:**

SFB 871: Regeneration komplexer Investitionsgüter (DFG) Teilprojekt B2: Geschickte Reparaturzelle Transferprojekt T1: Magnetisch gelagerte Rundachse zum Einsatz in der Produktregeneration

SFB 1153: Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming (DFG) Teilprojekt B5: Maschinentechologien für die produktive, spanende Bearbeitung von hybriden Bauteilen (DFG)

Proceed-Selbstparametrierende Prozessüberwachungssysteme in der industriellen Anwendung (DFG) Energieeffiziente, flexible und wirtschaftliche Fertigungssysteme für Faserverbundwerkstoffe (BMBF)

FOR 1845: Ultra-Precision High Performance Cutting (DFG) Teilprojekt 3: Elektromagnetische Ultrapräzisions-Linearführung Teilprojekt 5: Modellbasierte Korrektur von Werkzeugbahnen bei der Ultrapräzisionsbearbeitung

Hybride Spindel – Prozessabhängige Einstellung der Spindeldynamik zur Produktionssteigerung in der spanenden Bearbeitung (AiF)

Integr. Methode für Prozessplanung und Strukturverlauf im Faserverbundleichtbau (DFG)

EFFECTIVE – Energieeffiziente, flexible und wirtschaftliche Fertigungssysteme für Faserverbundwerkstoffe (BMBF)

FlexProCFK – Flexible Technologien für die Produktion individualisierter CFK-Strukturen (EFRE)

Multilayer-Inserts – Intrinsische Hybridverbunde zur Krafteinteilung in dünnwandige Hochleistungs-CFK-Strukturen (DFG)

ZIM ProRad – Prozessregelung bei der Radsatzbearbeitung; Erforschung einer Prozessregelung und Prozessüberwachung (ZIM)

ZIM SensSpann – Kraftbasierte Zustands- und Prozessüberwachung an Spannköpfen (ZIM)

Intelligente Werkzeugmaschine zur autonomen Prozessoptimierung (DFG)

Energieeffiziente Prozessketten zur Herstellung eines reibungs-, gewichts- und lebensdaueroptimierten Antriebsstrangs; Teilvorhaben: Wissenschaftliche Entwicklung von Prozessen und Methoden zur energieeffizienten Fertigung von Antriebsstrangkomponenten; Teilprojekt 1, 3 (BMWi)

Aktive Ruckentkopplung für Werkzeugmaschinen (DFG)

Wirtschaftliche Zustandsüberwachung (AiF)

SensDrill – Sensorisches BTA-Tieflochbohrwerkzeug zur Überwachung des Mittenverlaufs (ZIM)

Modellgestützte Koordination der operativen Produktions- und Instandhaltungsplanung und -steuerung (DFG)

**Produktionssysteme**

SPP1180: Effektive Prozessauslegung beim Werkzeugschleifen unter Berücksichtigung der Prozess-Strukturwechselwirkungen (DFG)

Finish – Exakte und schnelle Geometriedatenerfassung sowie Datenauswertung von Schiffsoberflächen für effiziente Beschichtungsprozesse (BMW i)

Technologische CAD/CAM-Kette zur automatisierten Politur geometrisch komplexer Werkstücke (BMW i)

PROFIT – Integration additiver Herstellverfahren in die industrielle Prozess-, Fertigungs- und IT-Kette (BMBF)

Mobilise – Regeneration von Formwerkzeugen für den massentauglichen Leichtbau (Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur)

Verfahren für die virtuelle Spannplanung in der Arbeitsvorbereitung (AiF)

SAPA – Entwicklung einer Methode für die simulationsbasierte Kosten-Nutzen-Analyse von Weiterbildungsmaßnahmen (DFG)

AMA – Applied Machine Learning Academy (BMBF)

DigiTwin – Effiziente Erstellung eines digitalen Zwillings der Fertigung (BMBF)

KomPEP – Kompetenzorientierte Personalplanung in der Fertigung produzierender KMU mittels MES (DFG)

KaPro – Dynamische Kapazitätsplanung und -steuerung in produzierenden KMU (BMBF)

OpenDigiMedia – Digitale Bildungsmedien als Beitrag zur Öffnung von Hochschulen (NBank)

Ganzheitliche Auslegung und Optimierung von Fertigungsprozessketten unter Berücksichtigung unternehmensexterner Herstellungsprozesse (DFG)

SFB653: (DFG) T09: Betriebsbegleitende, adaptive Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung

T10: Simulationsgestützte Abdrängungskompensation

T13: Wissensbasierte Prozessfeinplanung auf Grundlage von Vergangenheitsdaten

Industrieforum Kompetenzen in der Fertigungstechnik (Region Hannover)

Energieeffiziente Prozessketten zur Herstellung eines reibungs-, gewichts- und lebensdaueroptimierten Antriebsstrangs; Teilvorhaben: Wissenschaftliche Entwicklung von Prozessen und Methoden zur energieeffizienten Fertigung von Antriebsstrangkomponenten; Teilprojekt 5 (BMW i)

**Veröffentlichungen (Auszug)**

**Beiträge in Büchern (reviewed),**

Denkena, B., Grove, T., Bouabid, A., Kempf, F., Dzierzawa, P.: Charakterisierungsmethoden für Schleifscheiben und ihre Anwendung an sintermetallischen Diamantwerkzeugen, Jahrbuch Schleifen, Honen, Läppen und Polieren – Verfahren und Maschinen, 68. Ausgabe, Vulkan Verlag, ISBN: 978-3-8027-3091-7, S. 117-129.

Denkena, B., Grove, T., Tatzig, L.: Verschleißmechanismen beim trockenen Seilschleifen von Stahl, Jahrbuch Schleifen, Honen, Läppen und Polieren – Verfahren und Maschinen, 68. Ausgabe, Vulkan Verlag, ISBN: 978-3-8027-3091-7, S. 168-180.

**Bücher**

Denkena, B., Krödel, A., Shanib, M., Kuhlemann, P.: HLProKet – Hochleistungsprozesskette in der Großserienfertigung, Berichte aus dem IFW, Band 11/2018, ISBN: 978-3-95900-226-4, Hrsg. B. Denkena, Tagungsband, Sachgebiet: Fertigungsverfahren, 122 S.

**Aufsätze (reviewed)**

Bergmann, B., Grove, T.: Basic principles for the design of cutting edge roundings, CIRP Annals-Manufacturing Technology, 67, S. 73-78.

Denkena, B., Bergmann, B., Breidenstein, B., Prasanthan, V., Witt, M.: Analysis of potentials to improve the machining of hybrid workpieces, Production Engineering Research and Development, published online: 19th December 2018, 9 Seiten

Denkena, B., Bergmann, B., Reiners, J., Königsberg, J., Ponick, B.: Highly Dynamic Spindle Integrated Magnet Actuators for Chatter Reduction, Int. J. of Automation Technology, Vol. 12 No. 5, S. 669-677

Denkena, B., Bergmann, B., Teige, C.: Frictionally damped tool holder for long projection cutting tools, Production Engineering Research and Development (WGP), Volume 12 Number 6, S. 715-722

Denkena, B., Bergmann, B., Witt, M.: Investigations on a predictive process parameter adaptation for machining of hybrid workpieces, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, published online: 31. Oktober 2018, 5 Seiten

Denkena, B., Bergmann, B., Witt, M.: Impact of hybrid workpieces on statistical process monitoring of machining operations, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Published online 10 August 2018, 7 Seiten

Denkena, B., Bergmann, B., Witt, M.: Material identification based on machine learning algorithms for hybrid workpieces during cylindrical operations, Journal of Intelligent Manufacturing, published online: 22 February 2018, 8 Seiten

Denkena, B., Boujnah, H.: Feeling machines for online detection and compensation of tool deflection in milling, CIRP Annals – Manufacturing Technology 67 , S. 423–426.

Denkena, B., Breidenstein, B., Brenne, F., Wu, L., Niendorf, T.: Effect of Post-Process Machining on Surface Properties of Additively Manufactured H13 Tool Steel. Einfluss der Nachbearbeitung auf Oberflächeneigenschaften von additiv gefertigtem H13-Werkzeugstahl, HTM, J. Heat Treatm. Mat., 73 4, S. 173-185

Denkena, B., Breidenstein, B., Grove, T., Prasanthan, V., Overmeyer, L., Nothdurft, S., Kaieler, S., Wallaschek, J., Twiefel, J., Ohrdes, H., Maier, H.J., Hassel, T., Mildebrath, M.: Surface integrity of turned laser-welded hybrid shafts, Production Engineering Research and Development, published online: 04th December 2018, 9 Seiten

Denkena, B., Breidenstein, B., Prasanthan, V.: Influence of Tool Properties on the Thermomechanical Load during Turning of Hybrid Components and the Resulting Surface Properties. Einfluss von Werkzeugeigenschaften auf die thermomechanische Belastung beim Außenlängsdrehen hybrider Bauteile und die resultierenden Oberflächeneigenschaften, HTM, J. Heat Treatm. Mat. 73 4, S. 223-231

Denkena, B., Breidenstein, B., Ventura, C.: Influence of customized cutting edge geometries on the workpiece residual stress in hard turning, Journal of Engineering Manufacture, 2018, Vol. 232 (12), S. 2132-2139

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Jacob, S., Uhlich, F.: Fertigungsplanung und -steuerung für die vernetzte Produktion von morgen, wt Werkstatttechnik online, Jahrgang 108 H. 4, Seite 235-239

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Liu, Y.: A new process chain for recycling of cemented carbide milling tools, Production Engineering, Published Online: 05 March 2018, 7 Seiten.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Uhlich, F., Wichmann, M., Mücke, M.: Process parallel

simulation of workpiece temperatures using sensory workpieces, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 21, S. 140-149.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Uhlich, F.: Self-optimizing tool path generation for 5-axis machining processes, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, published online: 07 December 2018, 6 Seiten

Denkena, B., Grove, T., Krödel, A.: Influence of pulsed laser ablation on the surface integrity of PCBN cutting tool materials, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, published online: 23 November 2018, 12 Seiten

Denkena, B., Grove, T., Maiß, O., Krödel, A., Schwab, H., Kühn, U.: Cutting mechanism and surface integrity in milling of Ti-5553 processed by selective laser melting†, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 32 10, S. 4883-4892.

Denkena, B., Grove, T., Theuer, M.: Micro crack formation in hardmetall milling tools,

International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, 70 , S. 210-214

Denkena, B., Mücke, A., Schumacher, T., Langen, D., Hassel, T.: Technology-Based Recontouring of Blade Integrated Disks After Weld Repair, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 140 , S. 121015/1-121015/8

Groß, L., Herwig, A., Berg, D.C., Schmidt, C., Denkena, B., Horst, P., Meiners, D.: Production-based design of a hybrid load introduction element for thin-walled CFRP Structures, Production Engineering Research and Development (WGP), Volume 12 Number 2, April 2018, S. 113-120

Hartmann, J., Kenneweg, R., Gierschner, F., Geist, M., Dittrich, M.-A., Böß, V., Neumann, I.: Optimierung des Materialauftrags an Megayachten, zfv, 143 6, S. 384-389

Herwig, A., Horst, P., Schmidt, C., Pottmeyer, F., Weidenmann, K.A.: Design and mechanical characterisation of a layer wise build AFP insert in comparison to a conventional solution,

Production Engineering Research and Development (WGP), Volume 12 Number 2, April 2018, S. 121-130

Zhao, K., Hockauf, R., Liu, Z., Zhao, W., Wang, X., Wang, D.: Kinematic and stochastic surface topography of workpiece made of Al7075 in flank milling, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, published online: 24 February 2018, 11 Seiten

**Aufsätze**

Denkena, B., Bergmann, B., Fuchs, J.: Präziser und dynamischer bei reduziertem Bauraum, mav, Juli/August 2018, S. 38-41.

Denkena, B., Bergmann, B., Fuchs, J.: Magnetisch gelagerter Kreuztisch, VDI-Z, 160 , Nr. 3, S. 62-65

Denkena, B., Bergmann, B., Krüger, R.: Elektromagnetische Linearführung für die hochpräzise Zerspanung, ZWF, 113 7-8, S. 2-6

Denkena, B., Bergmann, B., Krüger, R.: Levitating High-Performance Machining, Mikroniek, 2/2018, S. 29-33



Professor Berend Denkena eröffnet die Machining Innovations Conference 2018. Foto: Nico Niemeyer

Denkena, B., Bergmann, B., Rahner, B.-H.: Bedarfsgerechte Regelung von Entstaubungsanlagen reduziert Kosten und Betriebszeit, VDI-Z, 160, Nr. 12, S. 68-70.

Denkena, B., Bergmann, B., Schmidt, A., Pape, O.: Virtuelle Prozesssimulation für Fräsprozesse. Effiziente Vorhersage von Prozesskräften unterstützt die Maschinenauslegung, ZWF, 113 12, S. 804-808

Denkena, B., Breidenstein, B., Hockauf, R., Strug, M.: Die sehende Schleifmaschine, Diamond Business, Ausgabe 3/2018, S. 28-35

Denkena, B., Grove, T., Kempf, F., Dzierzawa, P.: Temperaturmessung beim Verzahnungsschleifen, Schleiftechnik 2018, S. 12-16.

Denkena, B., Grove, T., Bouabid, A.: Wie die richtige Schleifscheibenbindung aussieht, Produktion, Technik und Wirtschaft für die deutsche Industrie, Oktober 2018, 2 Seiten

Denkena, B., Grove, T., Dzierzawa, P., Kempf, F.: Entwicklung von sintermetallischen Bindungssystemen für Diamantschleifscheiben, Diamond Business, Ausgabe 3/2018, S. 42-49

Denkena, B., Grove, T., Ellersiek, L.: Grob und fein im Einklang, WB – Werkstatt und Betrieb, 151 11, S. 72-76

Denkena, B., Grove, T., Gartzke, T.: Produktiver Schleifen durch Mikrostrukturierung, Diamond Business, Ausgabe 4/2018, S. 10-15

Denkena, B., Grove, T., Harmes, J., Heller, C.: Seilschleifen mit vakuumgelöteten Schleifsegmenten, Diamond Business, Ausgabe 2/2018, Heft 65, S. 10-17

Denkena, B., Grove, T., Harmes, J., Heller, C.: Kontaktrosives Schärfe von mehrschichtig gelöteten Schleifperlen, Der Betonbohrer, Ausgabe 43/2018, S. 60-63

Denkena, B., Grove, T., Harmes, J.: Kontaktrosives Schärfe von Seilschleifwerkzeugen, dihw – Diamant Hochleistungswerkzeuge, 10, Ausgabe 2, S. 34-38

Denkena, B., Grove, T., Krödel, A.: Laserpräparation von Schneidkantenmikrogeometrien an pCBN-Werkzeugen, Diamond Business, Ausgabe 4/2018, S. 58-64.

Denkena, B., Grove, T., Pape, O., Mücke, A.: Prozessauslegung für die Regeneration komplexer Investitionsgüter, Unter Span, Ausgabe 2018, S. 22-23.

Denkena, B., Grove, T., Stamm, S., Vogel, N.: Additive Fertigung mittels Lichtbogenauftragsschweißen, World of Metallurgy – Erzmetall 71 No. 3, S. 161-164

Denkena, B., Grove, T., Suntharakumaran, V.: Produktivitäts- und Effizienzsteigerung beim Schleifen. Die geeignete Auswahl poröser metallischer Schleifscheiben macht es möglich,

dihw – Diamant Hochleistungswerkzeuge, 10, Ausgabe 3, S. 36-41.

Denkena, B., Grove, T., Theuer, M., Liu, Y.: Ressourceneffizientes Nachschleifen von Vollhartmetall-Fräswerkzeugen, dihw – Diamant Hochleistungswerkzeuge, 10, Ausgabe 4, S. 20-24

Denkena, B., Grove, T., Vogel, N., Stamm, S.: Additives Potenzial für die subtraktive Prozesskette, MM – Maschinenmarkt, Das Industriemagazin, Ausgabe 15, S. 32-36

Denkena, B., Richter, B., Erkens, G.: HSS – produktiv mit Verrundungs-Beschichtungs-Kombination, VDI-Z, Special Werkzeuge, August 2018, S. 19-21

Denkena, B., Uhlich, F., Kiesner, J., Keunecke, L.: Visualisierung von Prozessinformationen durch Augmented Reality, VDI-Z, Special Werkzeuge, August 2018, S. 46-48

Erkens, G., Richter, B., Grove, T., Denkena, B.: Steigerung der Ressourceneffizienz bei HSS-Fräsern, Angepasste Mikrogeometrien und Beschichtungen erhöhen Produktivität bei HSS-Werkzeugen, wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 108, Heft 1/2, S. 56-62

Fricke, L., Zaremba, D., Nguyen, H. N., Dittrich, M.-A.: Randzoneneigenschaften prozesssicher definieren, phi, Produktionstechnik Hannover informiert, 24.10.2018, 3 Seiten

Gartzke, T.: Strukturierte Schleifscheiben für das Profilschleifen, VDW Branchenreport, Juli 2018, S. 11-13

Jacob, S.: Recycling von Titanspänen. Neue Verfahren sparen Material und Energie, ti – Technologie-Informationen, 1+2, 2018, S. 11

Kuhlemann, P.: Effizientere Prozesse für die Massenfertigung, ti – Technologie-Informationen, 1+2, 2018, S. 22

Kuhlemann, P.: Metall-Laserschmelzen erobert Operationssaal, MEDengineering, 2018, Ausgabe 4, S. 75-76

Lepper, T.: Fräsen und Bohren: Ein Roboter lässt die Späne fliegen, phi, Produktionstechnik Hannover informiert, 27.08.2018, 4 Seiten

Nguyen, H. N.: Lernende Maschine soll Zähne automatisch polieren, Produktionstechnik Hannover informiert, 2 Seiten

Schmidt, C., Behr, M., Herwig, A., Serna, J., Denkena, B., Horst, P., Meiners, D.: Dreidimensionale Faserverstärkung in additiv gefertigten Kunststoffbauteilen, VDI-Z, 160, Nr. 6, S. 67-70

Stamm, S., Winter, F., Keunecke, L.: Dynamische Kapazitätsplanung und -steuerung mittels ERP und MES, VDI-Z, 160, Nr. 6, S. 24-26

Theuer, M.: Schäden zuverlässiger aufdecken – Fräswerkzeuge ressourceneffizient nachschlei-

fen, ti – Technologie-Informationen, 1+2, 2018, S. 12

Winter, F., Pischke, D., Stobrawa, S.: Mitarbeiter zielgerecht einsetzen – Kompetenzaufbau mit BDE und MES erleichtern, IT & Production, Ausgabe 7+8/2018, S. 108-109.

### Vorträge

Bergmeier, M.: Fine positioning system for large components, 7. WGP-Jahreskongress, 06. Oktober 2017, Aachen, 22 Seiten.

Breidenstein, B., Prasanthan, V.: Analyse der Oberflächen- und Randzoneneigenschaften von US-laserstrahlgeschweißten Verbundwellen, Arbeitstreffen „Energiedispersive Röntgenbeugung“, 22. November 2018, Kassel, 23 Seiten.

Breidenstein, B.: Einsatzpotentiale hybrider Hochleistungsbauteile. Funktionsgerechte Zerspanung von Tailored Forming Bauteilen, Industriekolloquium zum Sonderforschungsbe- reich 1153, 11.04.2018, 18 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Böhse, F., Reiners, J., Königsberg, J., Ponick, B.: Stator-Integrated Damping of Chatter Vibrations for Induction Motor Spindles, International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2018), 07.- 10. Oktober 2018, Jeju, Korea, 13 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Boujnah, H.: Online Compensation of Tool Deflection in Milling Operations by Feeling Machine Tools, 14th International Conference on High Speed Machining – HSM 2018, 17-18 April 2018, San Sebastian, 27 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Klemme, H., Dahlmann, D.: Cooling Potential of Heat Pipes and Heat Exchangers Within a Machine Tool Spindle, Euspen Special Interest Group Meeting: Thermal Issues, Dresden, March 22nd 2018, 16 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Rahner, B.-H.: Energy-efficient control of dust extraction for the machining of fibre-reinforced plastics, 6th CIRP Global Web Conference on Production Engineering, 23-25 October 2018, Shantou, China, 7 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Schreiber, P., Schmidt A.: Sensing guide carriages for force measurement and condition monitoring, IWMT 2018, Seogwipo-si (☒☒☒☒), 19th July 2018, 20 Seiten.

Denkena, B., Dinkelacker, F., Rienäcker, A., Schmidt, C., Pasligh, H., Özdemir, Ö.: Machining of micro dimples for friction reduction in cylinder liners, 59. Tribologie-Fachtagung, Göttingen, 25th September 2018, 16 Seiten.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Nguyen, H. N.: Technological CAD/CAM chain for automated polishing of geometrically complex workpieces, 6th CIRP Global Web Conference on

Production Engineering, 23-25 October 2018, Shantou, China, 6 Seiten.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Stobrawa, S., Jenkner, I.: Simulation-based personnel planning considering individual competences of employee, WGP-Kongress, 19th-20th November 2018, Aachen, 19 Seiten.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Wilmsmeier, S.: Automated production data feedback for adaptive work planning and production control, CARV 2018, Nantes, 10.10.2018, 21 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Ellersiek, L.: A novel tool concept for roughing and finishing operations, 18th Machining Innovations Conference for Aerospace Industry (MIC 2018), November 28th-29th, 2018, Garbsen, 14 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Krödel, A., Ellersiek, L.: Increased performance in high speed turning of Inconel 718 by laser structuring of PcBN tools, 8th HPC 2018 – CIRP Conference on High Performance Cutting, 25.06.-27.06.2018, Budapest, 15 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Müller-Cramm, D.: Strategien zur Minderung des Werkzeugverschleißes beim Schleifen von PCBN, Schleifseminar 2018, 22.02.2018, Dortmund, 18 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Prasanthan, V., Eigenmann, B., Heni, Z., Feldmann, G., Brinkhaus, J., Haase, A.: Gezielte Bauteilrandzonenbeeinflussung durch innovatives, druckgeregeltes Walzen unter Verwendung eines Aerosols als Druckmedium, AWT – 13. Fachausschuss Eigenspannungen, 11.10.2017, Braunschweig, 27 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Schmidt, C.: Friction reduction in heavy duty cylinder liners by machined micro dimples, EUSPEN Special Interest Group Structured and Freeform Surface, 29th November 2018, Paris, 16 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Schmidt, C.: Machining of Micro Dimples for Friction Reduction in Cylinder Liners, 6th CIRP Global Web Conference, 23.-24. Oktober 2018, Shantou, China, 6 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Suntharakumaran, V.: Chip formation in machining metal bonded grinding layers, 6th CIRP Global Web Conference, 23.-24. Oktober 2018, Shantou, China, 12 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Theuer, M., Liu, Y.: Resource Efficient Regrinding of Cemented Carbide Milling Tools, CIRP LCE 2018, 30.04.2018-02.05.2018, 12 Seiten.

Denkena, B., Rehe, M., Arnold, D.: Digitale Aufrüstung alter Maschinen, VDMA-Informationstag „Bestandsmaschinen in Industrie 4.0 integrieren“, 18. September 2018, Frankfurt am Main, 17 Seiten.

Denkena, B., Rehe, M., Wagoner, C.: Automatische OEE-Erfassung, Production Systems 2018, 19. Juni 2018, Stuttgart, 19 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Suntharakumaran, V.: Porous metal bonds increase the resource efficiency for Profile grinding, 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30.04.-02.05.2018, Copenhagen, 14 Seiten.

Dittrich, M.-A.: Maschinelles Lernen in der Prozessplanung und -steuerung. Anwendungsbeispiele im Kontext der autonomen Produktion, 2. Regionalkonferenz, Applied Machine Learning Academy, 06.09.2018, 26 Seiten.

Dittrich, M.A.: Datenbasierte Arbeits- und Prozessplanung, Regionalkonferenz „Maschinelles Lernen für die Intelligente Produktion“, Hannover, 13. April 2018, 32 Seiten.

Gartzke, T.: Strukturierte Schleifscheibe. Bestimmung des Kühlschmierstoffvolumenstroms in der Kontaktzone beim Schleifen mit mikrostrukturierten Schleifscheiben, KSS Forum des Hanserverlags, 22. November 2018, Fellbach, 7 Seiten.

Herwig, A., Schmidt, C., Horst, P.: Numerical Investigation of a Layered Hybrid Load Introduction Element for Thin-Walled CFRP Structures, Eccm 18, 23. Juni 2018, Athen, 18 Seiten.

Serna, J., Schmidt, C.: Multilayer-Inserts – MLI. Krafteinleitung in dünnwandige CFK-Strukturen durch lokale Hybridisierung, 5. Technologietag Hybrider Leichtbau, 25. Juni 2018, Stuttgart, 41 Seiten.

Tasche, F., Pasligh, H., Schmidt, C., Denkena, B., Dinkelacker, F.: Tribological Influence of Machined Micro Dimples in Cylinder Liners on Heavy Duty Diesel Engines, 21st International Colloquium Tribology, 9-11 January, 18 Seiten.

Uhlich, F.: Methoden des maschinellen Lernens in der Prozessplanung, Regionalkonferenz ML, 13.04.2018, 19 Seiten.

### Konferenz (reviewed)

Denkena, B., Bergmann, B., Böhse, F., Reiners, J., Königsberg, J., Ponick, B.: Stator-Integrated Damping of Chatter Vibrations for Induction Motor Spindles, International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2018), 07.-10. Oktober 2018, Jeju, Korea, S. 99-103.

Denkena, B., Bergmann, B., Boujnah, H.: Online Compensation of Tool Deflection in Milling Operations by Feeling Machine Tools, 14th International Conference on High Speed Machining, HSM 2018, 17-18th April 2018, San Sebastian, Spain, 4 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Kaiser, S., Mücke, M., Bolle, D.: Process-parallel center deviation measurement of a BTA deep-hole drilling tool, 4th International Conference on System-Integ-

rated Intelligence, Procedia Manufacturing 24, S. 229-234.

Denkena, B., Bergmann, B., Krüger, R.: Enabling electromagnetic levitation technology for ultra-precision high performance machining, euspen's 18th International Conference & Exhibition, Venice, Italy, June 2018, 2 Seiten.

Denkena, B., Bergmann, B., Mücke, M., Königsberg, J., Ponick, B.: Hybrid Spindle – An approach for a milling machine tool spindle with Extended working range for HSC and HPC, 4th International Conference on System-Integrated Intelligence, Procedia Manufacturing 24, S. 159-165.

Denkena, B., Bergmann, B., Rahner, B.-H.: Energy-efficient control of dust extraction for the machining of fibre-reinforced plastics, 6th CIRP Global Web Conference “Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era”, Procedia CIRP 78, S. 49-54.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Stamm, S.: Dynamic bid pricing for an optimized resource utilization in small and medium sized enterprises, 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Procedia CIRP 67, Seiten 516-521.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Henning, S., Lindecke, P.: Investigations on a standardized process chain and support structure related rework procedures of SLM manufactured components, 18th Machining Innovations Conference for Aerospace Industry (MIC 2018), Procedia Manufacturing 18, S. 50-57.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Nguyen, H.N.: Technological CAD/CAM chain for automated polishing of geometrically complex workpieces, 6th CIRP Global Web Conference „Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era“, Procedia CIRP 78, S. 313-317.

Denkena, B., Dittrich, M.-A., Stobrawa, S., Jenkner, I.: Simulation-based personnel planning considering individual competences of employee, Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), „Advances in Production Research“, November 19-20, 2018, Aachen, Hrsg. Schmitt, R., Schuh, G., S. 613-623.

Denkena, B., Dittrich, M.A., Liu, Y., Theuer, M.: Automatic Regeneration of Cemented Carbide Tools for a Ressource Efficient Tool Production, 15th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Procedia Manufacturing 21, S. 259-265.

Denkena, B., Grove, T., Breidenstein, B., Abrao, A., Meyer, K.: Correlation between process load and deep rolling induced residual stress profiles, 6th CIRP Global Web Conference, Procedia CIRP 78, 23-25 October 2018, S. 161-165.

Denkena, B., Grove, T., Ellersiek, L.: A novel tool concept for roughing and finishing operations, 18th Machining Innovations Conference for Aerospace Industry (MIC 2018), Procedia Manufacturing, published online: 28th November 2018, 8 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Harmes, J.: Electro contact discharge dressing of wire sawing tools, Proceedings of the 21st International Symposium on Advances in Abrasive Technology, ISAAT 2018, October 14-17, 2018, Ryerson University, Toronto, Canada, 7 Seiten.

Denkena, B., Grove, T., Krödel, A., Ellersiek, L.: Increased performance in high speed turning of Inconel 718 by laser structuring of PcBN tools, 8th CIRP Conference on High Performance Cutting (HPC 2018), Procedia CIRP 77, S. 602-605.

Denkena, B., Grove, T., Schmidt, C.: Machining of Micro Dimples for Friction Reduction in Cylinder Liners, 6th CIRP Global Web Conference „Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era“, Procedia CIRP 78, S. 318-322

Denkena, B., Grove, T., Suntharakumaran, V.: Porous metal bonds increase the resource efficiency for profile grinding, 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April-2 May 2018, Copenhagen, Denmark, Procedia CIRP, 69, S. 265-270.

Denkena, B., Grove, T., Suntharakumaran, V.: Chip formation in machining metal bonded grinding layers, 6th CIRP Global Web Conference „Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era“, Procedia CIRP 78, S. 55-60.

Denkena, B., Grove, T., Theuer, M., Liu, Y.: Resource Efficient Regrinding of Cemented Carbide Milling Tools, 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April-2 May 2018, Copenhagen, Denmark, Procedia CIRP 69, S. 882-887.

Denkena, B., Mücke, A., Schumacher, T., Langen, D., Grove, T., Bergmann, B., Hassel, T.: Ball end milling of titanium TiG weld material and the effect of SiC Addition – process Forces and shape deviations, 6th International Conference on Through-life Engineering Services, TESConf 2017, 7-8 November 2017, Bremen, Germany, Seite 74-81.

Denkena, B., Mücke, A., Schumacher, T., Langen, D., Hassel, T.: Draft: Technology-Based Re-Contouring of Blade Integrated Disks after Weld Repair, Proceedings of the ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2018, June 11-15, 2018, Oslo, Norway, 10 Seiten.

Denkena, B., Park, J.-K., Bergmann, B., Schreiber, P.: Force sensing linear rolling guides, euspen's 18th International Conference & Exhibition, Venice, Italy, June 2018, S. 123-124.

Denkena, B., Rehe, M., Wagener, C.: Energy consumption analysis of modules for CPS retrofitting, 4th International Conference on System-Integrated Intelligence, Procedia Manufacturing 24, S. 48-53.

Denkena, B., Schmidt, C., Weber, P., Hocke, T.: Influence of prepreg material quality on carbon fiber reinforced plastic laminates processed by automated fiber placement, 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, CIRP ICME '17, Procedia CIRP 67, S. 422-427.

Denkena, B., Schmidt, C., Werner, S.: Continuous Draping of Double Curved Geometries – A Geometrical Approach to Describe an Automated Layup Process of Fabrics on Complex Surface, SAMPE Europe Conference 2018 Southampton, 12.09.2018, Southampton, Vereinigtes Königreich, 8 Seiten.

Taubert, J., Rehe, M., Müller-Polyzou, R.: Application of camera controlled laser projection systems for manual mounting tasks, Dritte Transdisziplinäre Konferenz „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“, Hrsg. R. Weidner und A. Karafillidis, Konferenzband, Hamburg 2018, S. 67-76.

#### Konferenz

Denkena, B., Bergmann, B., Klemme, H., Dahlmann, D.: Cooling Potential of Heat Pipes and Heat Exchangers within a Machine Tool Spindle, Conference on Thermal Issues in Machine Tools, Dresden, March 22nd 2018, 10 Seiten



Denkena, B., Dinkelacker, F., Rienäcker, A., Schmidt, C., Pasligh, H., Özdemir, Ö.: Spanende Mikrostrukturierung von Dieselmotor-Zylinderlaufbuchsen zur Reibungsminderung, 59. Tribologie-Fachtagung, Göttingen, 24.-26.9.2018, S. 1-11.

Herwig, A., Schmidt, C., Horst, P.: Numerical Investigation of a Layered Hybrid Load Introduction Element for Thin-Walled CFRP Structures, Eccm18 – 18th European Conference on Composite Materials, Athens, Greece, 24-28th June 2018, 8 Seiten.

Reichert, L., Kriegelsteiner, J., Schmidt, C., Horst, P.: Simplified Representation of Complex Structural Components for Finite-Element-Analysis, ECCM18 – 18th European Conference on Composite Materials, Athens, Greece, 24-28th June 2018, 8 Seiten.

#### Wesentliche Neuanschaffungen

Röntgendiffraktometer XRD Space Universal

Dreh-Fräskomplettbearbeitungszentrum NTX 1000

CNC-Universal-Drehmaschinen NEF 400

Koordinatenmessgerät Leitz Reference XI

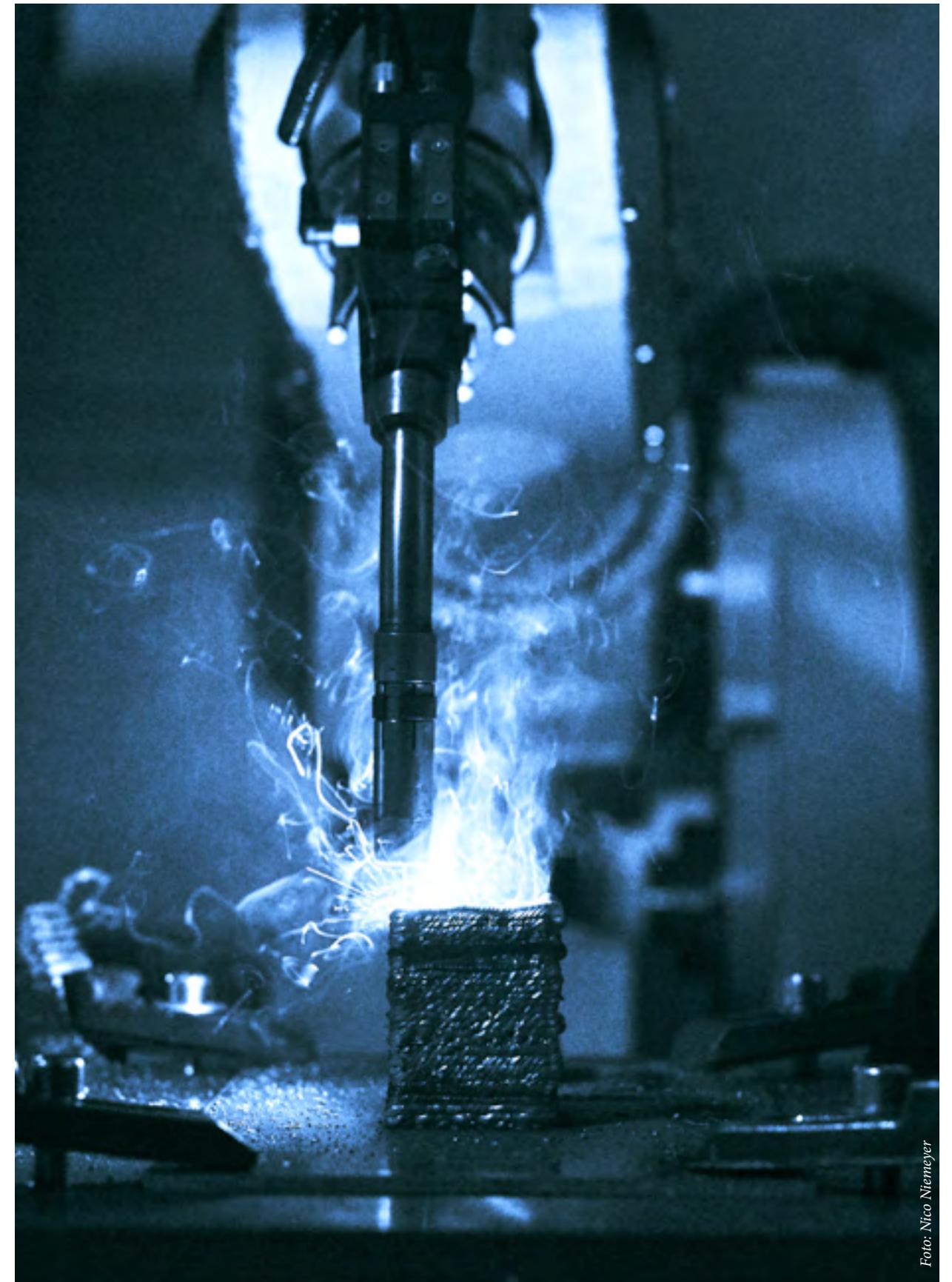


Foto: Nico Niermeyer



Foto: slwotnik.com

Professor Hans Jürgen Maier,  
kommissarischer Institutsleiter

Foto: Helge Bauer

Dr.-Ing. Marc-Christopher Wurz,  
Oberingenieur

## Geschichte des Instituts

Seit nunmehr 15 Jahren erforscht das IMPT am Standort des PZH Prozesse für die Herstellung von Mikrosystemen. Ein besonderer Fokus ergibt sich durch die Verknüpfung mit den anderen Instituten des PZH, die spezielle Anforderungen an integrierbare Mikrosysteme in produktionstechnischen Anlagen stellen. Insbesondere im Umfeld der zunehmenden Digitalisierung und dem Themenschwerpunkt Industrie 4.0 ergeben sich hier Herausforderungen, spezifische Messaufgaben erfüllen zu können. Neben der Systemintegration werden auch Fragestellungen adressiert, die sich mit der kostengünstigen Fertigung von Mikrosystemen außerhalb von kostenintensiven Reinräumen befassen. Damit sollen Wege aufgezeigt werden, wie klein- und mittelständische Unternehmen in die Lage versetzt werden können, Mikrosystemtechnik zu betreiben.

## Aus der Forschung

Die Integration von Mikrosystemen als Befähiger für die zunehmende Digitalisierung unserer Produktion am Standort Deutschland ist ein wesentliches Forschungsgebiet des IMPT. Zur Erfüllung dieser Anforderungen müssen die Einsatzszenarien der Systeme bereits in der Entwicklungsphase mit berücksichtigt werden. Dies bedeutet für den praktischen Anwendungsfall ein tiefgreifendes Verständnis sowohl der Fertigung unter Reinraumbedingungen als auch der Prozesse für die spätere System-

integration. Für die umfassende Betrachtung der sich daraus ergebenden Fragestellungen ist die Expertise des IMPT in vier technische Bereiche gegliedert. Den Kern bildet die Dünnschichttechnik. Dieser wird durch Verfahren der Präzisions- und Oberflächenbearbeitung, Aufbau- und Verbindungstechnik und Untersuchung der mechanischen Eigenschaften auf der Mikro- und Nanoskala ergänzt.

Für die Durchführung der gestellten Aufgaben verfügt das IMPT über die fertigungs- und messtechnische Ausstattung, um sowohl Mikrosystemtechnik für die Produktionstechnik als auch Prozessentwicklung zur Fertigung von Mikrosystemen durchzuführen. Der Kernbereich ist ein Reinraum mit einer vollständigen Fertigungslinie für die Entwicklung von Mikrosystemen. Hierbei können Schichtsysteme von einigen Atomlagen mittels Atomic-Layer-Deposition bis hin zu einigen 10 Mikrometern mittels galvanischer Abscheidung realisiert werden. Zur Strukturierung können verschiedene Lithografie- und Ätzverfahren eingesetzt werden, welche die Möglichkeit eröffnen, eine Vielzahl von Metallen, Gläsern, Halbleitern und Keramiken für die Mikrosysteme zu verwenden.

Zur Darstellung der Mikrostrukturen nutzt das IMPT die klassischen Verfahren wie Rasterelektronen- und Rasterkraftmikroskopie, konfokaler sowie optischer Mikroskopie und Weißlichtinterferometrie. Zur Materialanalyse stehen sowohl EDX als auch im Umfeld des PZH weitere Analyseverfahren zur Verfügung,

die einen Einblick in die Wechselwirkungen zwischen Herstellung und Nutzungsphase erlauben. Insbesondere für die Ermittlung mechanischer Größen auf Mikro- und Nanoskala stehen ein Nanoindenter und ein Tribometer zur Verfügung, die es ermöglichen, bei Temperaturen bis zu 1.000 °C in Inert- bzw. Reaktivatmosphären mechanische Kontaktpaarungen zu untersuchen. Damit ist es möglich, hochspezialisierte Beschichtungen für die Einsatzszenarien in der Produktionstechnik zu entwickeln.

Das Spektrum der meisten am IMPT entwickelten Systeme beruht überwiegend auf magnetischen Effekten. Für deren Entwicklung ist sowohl die Expertise auf der Materialseite hinsichtlich elektrochemischer sowie physikalischer Abscheidungsverfahren als auch die Ausstattung für die magnetische Charakterisierung auf Materialebene mittels VSM und auf Systemebene mittels BH-Looper vorhanden. Darüber hinaus rücken verstärkt Themen von direktstrukturierter Sensorik in den Mittelpunkt und hierbei vor allem Dehn-Mess-Sensoren sowie Temperaturfühler. Damit verbunden ist immer die Entwicklung spezifischer Isolatoren und einer geeigneten Integrations- als auch Aufbau- und Verbindungstechnik.

## INNOVATIVE SENSORFERTIGUNGSTECHNOLOGIE MEETS INDUSTRIE

Im Rahmen des SFB-653-Teilprojekt S1 wurden die Grundlagen für eine neuartige, patentierte Sensorfertigungstechnologie geschaffen. Diese erlaubt eine Direktabscheidung und Strukturie-

rung von Sensorik auf technischen Oberflächen beliebiger Größenordnungen mittels Kathodenzerstäubung. Ausgangspunkt ist eine am IMPT konzipierte und in Kooperation mit einem Anlagenhersteller gefertigte Beschichtungsanlage. Im Gegensatz zu konventioneller Sensorik entfallen hierbei dicke Klebstoffschichten und Trägersubstrate; die Sensorik wird deutlich dünner und somit an bisher ungeeigneten, bauraumlimitierten Stellen einsetzbar. Zusätzlich kann das Sensorlayout inklusive der Zuleitungen individuell an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden. Ein weiterer Vorteil ist die von einem Reinraum losgelöste Fertigung direkt in einem industriellen Umfeld. Die gewonnenen Erkenntnisse der Grundlagenforschung treffen auf hohes industrielles Interesse und werden im Rahmen eines Transferprojektes in die industrielle Anwendung überführt.

## OPTISCHE SENSORIK

Ziel des Forschungsprojektes „Lichtbasierte Analytik zur Bestimmung der Konzentration von Chlordioxid“ ist die Realisierung eines innovativen Sensors, der mit der Methode der direkten photometrischen Analyse die Konzentration von Chlordioxid bestimmen kann. Die Hauptaufgabestellung ist eine Überführung der bekannten photometrischen Prinzipien in einen kleinen leistungsstarken Sensor. Dieser soll durch seine baulichen Eigenschaften einen weiten Einsatzbereich abdecken. Die kommerzielle Anwendung zielt auf den Einsatz zum Beispiel in Trinkwasseranlagen mit Option auf die Markteinführung zur Überwachung der Brauch-, Prozess- und Trinkwasser-Aufberei-

tung. Die Sensorik kann als Ersatz für die derzeitigen Methoden verwendet werden. Die Miniaturisierung eines optischen Sensorsystems verbindet die Vorzüge der Photometrie mit den anlagenseitig vorgegebenen Möglichkeiten der Integration von Online-Kontrollsystemen. Dieses Messprinzip eliminiert den Bedarf an chemischen Stoffen und verlängert die wartungsfreie Betriebsdauer des Sensors. Besonderes Augenmerk wurde auf die Entwicklung und Optimierung des Fertigungsprozesses gelegt. Diese Optimierung führte dazu, dass der Bedarf an der Herstellung spezieller optischer Oberflächen entfiel und die Anzahl der Baugruppen von 3 auf 2 reduziert wurde, was die Grundlage für die Optimierung des Designs für die Serienproduktion bildet. Eine kleine Serie von Sensoren wird derzeit hergestellt und ist für die umfangreichen Tests vorgesehen. Gegenstand der Studie sind die Mess- und Reproduzierbarkeit sowie die Verbesserung der Robustheit des Sensors.

Das von der DFG geförderte Forschungsprojekt „Taktile Displays für Virtual-Reality-Anwendungen“, das das IMPT in Zusammenarbeit mit dem Institut für Dynamik und Schwingungen (IDS) und dem Welfenlab bearbeitet hat, ist nach insgesamt dreijähriger Bearbeitungszeit abgeschlossen worden. Ziel des Projektes war die Konstruktion und die Ansteuerung eines bimodalen, d. h. in zwei Raumrichtungen erregbaren, Displays, basierend auf einem zugrundeliegenden FEM-Modells des menschlichen Fingers. Der Fokus des IMPT lag dabei auf der Herstellung der induktiv angetriebenen Normalkraftaktorik. Insgesamt sind in dem Projekt vier verschiedene Displays unterschiedlicher Bauform entstanden, deren Leistungsfähigkeit nicht nur messtechnisch, sondern auch subjektiv mit Hilfe von Benutzerstudien untersucht wurde. Aufgrund der Vielzahl der hergestellten Displays konnte das Thema der Taktile Displays viel besser verstanden werden. Auch der a priori trotz umfangreicher Literaturrecherche kaum einschätzbare Einfluss der wichtigsten Kenngrößen wie dem Abstand der einzelnen Aktoren, ihrer Kraft sowie dem abbildbaren Frequenzbereich auf die Qualität der Oberflächenimitation kann nun besser bewertet werden. Insgesamt wurde die Erkenntnis gewonnen, dass die bisher übliche Herangehensweise an die Auslegung und Untersuchung Taktile Displays, die sich vor allem auf objektive Messwerte stützt, nicht zielführend ist. Da aufgrund der geforderten geringen Größe dieser Apparaturen stets ein Kompromiss aus Pinanzahl, Pinabstand, Kraft und Frequenzbereich gefunden werden muss, sind aussagefähige Benutzertests unabdingbar, um das optimale Ergebnis zu erreichen. Da der Einfluss der anderen menschlichen Sinne eine entscheidende Rolle spielt, sind wir der Überzeugung, dass nur das Hinzuziehen von Wahrnehmungsforschern einen Fortschritt auf dem Gebiet ermöglichen wird. Daher ist das IMPT aktuell auf der Suche nach Projektpartnern für eine solche Forschergruppe.

#### „MECHANISCHE MIKROBEARBEITUNG UND -MONTAGE“

Zur Herstellung mikroelektronischer mechanischer Systeme (MEMS) ist es erforderlich, typische Materialien wie Silizium, Aluminiumoxid oder Siliziumoxid zu strukturieren. Hohe geo-

metrische Anforderungen an die mikroskaligen Strukturen werden seit Jahrzehnten durch spanende, z. B. Trennschleifen, oder chemisch-mechanische Bearbeitung erfüllt.

Aktuelle Forschungen am IMPT beinhalten die Herstellung eines Sensorarrays durch die mechanische Mikrostrukturierung ferroelektrischer Keramiken. Dadurch können Kraftmessungen mit geringer lokaler Auflösung durchgeführt werden. Da die Auflösungsfähigkeit entscheidend von der Größe der Einzelemente des Sensorarrays abhängt, besteht eine hohe Anforderung an die Genauigkeit des Bearbeitungsverfahrens. Aufgrund der Präzision sowie der Achs- und Wiederholgenauigkeit der Bearbeitungsmaschine am IMPT bietet das Trennschleifen in diesem Zusammenhang eine vielversprechende Variante. Das fertige Sensorarray soll im Rahmen grundlegender Forschungen zum Draht-Bonden Anwendung finden. Die Messung der hierbei auftretenden normalen und tangentialen Kräfte, welche über die entstehende Kontaktzone der Bondverbindung variieren und sich nur mit Hilfe einer ausreichend hohen Auflösungsfähigkeit des Arrays lokal erfassen lassen, wird zum weiteren Verständnis des Bondprozesses beitragen.

Alternative vielversprechende Ansätze evaluieren speziell entwickelte Trockenätzverfahren zur simultanen Herstellung beziehungsweise Batchfertigung von Mikrostrukturen. In kontrollierten Plasmen werden durch Zugabe spezieller Ätzgase selektiv und gerichtet Materialien entfernt. Dadurch gelingt am IMPT beispielsweise die Herstellung von Mikrofräswerkzeugen aus Siliziumcarbid mit anspruchsvollen Geometrien zur Fertigung feinsten Kavitäten in schwer zerspanbaren Materialien. Weiterhin konnten erstmals makroskopische Diamantsubstrate für die Anwendung in Mikroemittern und Rasterkraftmikroskopen zu nanoskaligen Spitzen geätzt werden. Dünnschichttechnisch hergestellte Schleifwerkzeuge weisen großes Potenzial für die Fertigung hoher Oberflächengüten und für die Fertigung von Mikrostrukturen auf. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden grundlegende Untersuchungen und Modellierungen durchgeführt, um die Zusammenhänge zwischen dem Herstellungsprozess und dem Einsatzverhalten der neuartigen Mikroschleifwerkzeuge zu verstehen.

Das technologische und wirtschaftliche Potenzial der lithografisch hergestellten Werkzeuge spielt dabei eine entscheidende Rolle. Für die Ultrapräzisions- und Mikrobearbeitung fanden die Herstellung und Charakterisierung von Planschleif- und Umfangsschleifwerkzeugen statt. Um die Werkstückbearbeitung zu gewährleisten und das Werkzeugpotenzial aufzuzeigen, wurden grundlegende Werkzeuge hergestellt und eingesetzt. Momentan wird die Charakterisierung des Einsatzverhaltens der Mikroschleifwerkzeuge forciert. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf der Analyse der Zusammenhänge zwischen den Abrasiv- und Stützlayern sowie dem Einsatzverhalten und dem Fertigungsergebnis. Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen werden Erkenntnisse über das Einsatzverhalten der neuartigen

Schleifwerkzeuge durch empirische Verschleißmodelle gewonnen. Dieser Schritt ist hinsichtlich der Werkzeug- und Prozessoptimierung notwendig, denn damit kann das Verschleißverhalten sowohl des Stütz- als auch des Abrasivlayers beschrieben und gezielt gesteuert werden. Der Ausbau und die Erforschung von Strategien zur Prozessführung der Mikroschleifwerkzeuge sind wichtige Ziele dieses Forschungsvorhabens und werden aktuell validiert. Des Weiteren erfolgt eine angepasste Werkzeugherstellung zum Transfer auf Anwendungsszenarien wie die Riblitherstellung. Im Fokus liegt die Werkzeugauslegung von Mehrschichtwerkzeugen, abgeleitet von den Anforderungen aus der konventionellen Riblitherstellung.

#### „MIKROTRIBOLOGIE“

Im Bereich der Reibung (Tribologie), die am IMPT für Reibpaarungen von Mikrokomponenten untersucht wird, liegt ein Schwerpunkt darauf, Materialpaarungen zu wählen, welche den Verschleiß und die Reibung minimieren. Neue Forschungsansätze ergeben sich im Zusammenhang mit Anforderungen, die sich aus erhöhten Einsatztemperaturen, verlängerten Standzeiten, geforderter biologischer Verträglichkeit und gewünschten Kostenreduzierungen ergeben. Das IMPT untersucht neben dem mechanischen Verhalten von Werkstoffen im Sub- $\mu\text{m}$ -Bereich auch Verschleißschutzschichten mit Dicken von einigen Mikrometern. Das Materialspektrum der Verschleißschutzschichten umfasst dabei Schichten aus Kohlenstoff DLC (=„diamond-like carbon“), Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) oder Aluminiumtitannitrid ( $\text{AlTiN}$ ). Die Charakterisierung der Oberflächeneigenschaften erfolgt punktwise oder ganzflächig. Dabei wird zumeist das Verfahren der Nanoindentation verwendet, bei dem feine Diamantspitzen in die Schicht eindringen. Die Eindringtiefe beträgt dabei nur 20 bis 5.000 nm. Mit diesem Verfahren werden Materialeigenschaften wie Härte und E-Modul nahezu zerstörungsfrei ermittelt. Durch neue und feine Diamantspitzen können Schichten ab 50 nm in Härte und E-Modul zuverlässig mechanisch charakterisiert werden. Hierbei konzentrieren sich die Forschungsarbeiten auf hochfeste Verschleißschutzschichten und dünnste mikrotechnologische Isolationsschichten.

Zusätzlich werden Verschleißuntersuchungen an einem rotatorischen Verschleißmessstand z.B. nach dem Ball- oder Pinon-Disk-Verfahren mit Versuchstemperaturen bis zu  $1.000^\circ\text{C}$  durchgeführt. Darüber hinaus sind Ritztests mit steigender Last und oszillierende Tests mit konstanter Last möglich.

Der Einsatz von mikrotechnologisch realisierten Atomfallen im Bereich der Gravimetrie ermöglicht neben hochpräzisen Messungen auch Quanten-Tests der Universalität des freien Falles. Die LUH nimmt bei der Entwicklung dieser höchst relevanten Technologie eine führende Stellung ein. In enger Kooperation mit den Projektpartnern ist das IMPT im Rahmen des Exzellenzclusters „Quantum Frontiers“ und des Projekts „Kompakte Atomchiptechnologie für den Einsatz unter Schwerelosigkeit (KACTUS)“ maßgeblich an der Entwicklung und Fertigung von

neuartigen Atom-Chips beteiligt. Diese zeichnen sich unter anderem durch eine besonders hohe Oberflächengüte aufgrund der Einbettung der Strukturen in das Substrat aus. Weiterhin kommen schwerpunktmäßig nicht-adhäsive Fügeverfahren zum Einsatz, die aufgrund geringer Ausgasraten den Einsatz im Ultrahochvakuum ermöglichen. Die Expertise des IMPT ermöglicht die Weiterentwicklung dieser Atom-Chips, indem diese mit integrierten diffraktiven Optiken im Sub-Mikrometer-Bereich sowie mehrschichtigen Leiterbahnen versehen werden und somit die Komplexität des Gesamtaufbaus weiter reduziert wird. Dies ermöglicht die geplante Anwendung dieser Technologie im Bereich der Weltraumforschung durch den Einsatz in Forschungsraketen und Satelliten.

Um das Interesse an Technik schon früh bei Mädchen zu wecken, hat das IMPT die Veranstaltung „Mädchen und Technik“ – MuT – ins Leben gerufen. Am 18. November fand im Zuge des „knowember“ das zehnjährige Jubiläum der Veranstaltung im Produktionstechnischen Zentrum Hannover statt. Dieses Jahr nahmen erstmals über 180 Schülerinnen teil. Dank der Unterstützung durch die Region Hannover und die Stiftung IdeenExpo sowie der Zusammenarbeit mit Firmen aus der Region, anderen Instituten und Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover standen den Mädchen 12 interessante Projekte zur Auswahl. Dabei konnten Einblicke zur Herstellung von Mikrostrukturen über erste Programmierschritte bis hin zum Plasmaschneiden gewonnen werden. Zwischen den Projekten haben die Schülerinnen im Rahmen der MuT-Messe Kontakt mit Firmen aufgenommen und sich über mögliche Studiengänge informiert. Konkreten Fragen wurde auch im MINT-Interview mit Frauen aus technischen Berufen nachgegangen. Ihr technisches Können stellten die Mädchen zudem im Technikwettbewerb unter Beweis. Um technische Begeisterung nicht nur bei den Lernenden, sondern auch bei den Lehrenden zu wecken, ist erstmals die Lehrer-Lounge mit spannenden Schulmaterialien angeboten worden.

#### „KOMPETENZZENTRUM INDUSTRIE 4.0“

Auch in der zweiten Förderperiode des Förderschwerpunktes „Mittelstand-Digital – Strategien zur digitalen Transformation der Unternehmensprozesse“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie stand das IMPT im Kontext des Mittelstand-4.0- Kompetenzzentrums Hannover Unternehmen mit Laborführungen, Dialogen oder Umsetzungsprojekten im Kontext innovativer Sensorik informierend und beratend zur Seite. Ziel ist es, hierbei die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstandes und die Innovationskraft in Zeiten der Digitalisierung zu stärken und zu fördern.

16	wissenschaftliche Mitarbeiter
7	nichtwissenschaftliche Mitarbeiter
16	studentische Mitarbeiter
3	Auszubildende

## IMPT 2018

Institut für Mikroproduktionstechnik

### Leitung

Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier  
(kommissarisch)

### Lehre

1 Diplomarbeit, 7 Masterarbeit,  
3 Studien- und Projektarbeiten und  
13 Bachelorarbeiten

### Aktuelle Forschung

EU-Projekt: Wide band gap Innovative SiC for  
Advanced Power

Exzellenzcluster: Hearing for all (H4A)

BMBF-Verbundprojekt: KAKTUS – Kompakte  
Atomchiptechnologie für den Einsatz unter  
Schwerelosigkeit

DFG-Projekt: Mikrofräser

DFG-Projekt: Taktiles Display

DFG-Projekt: Mikro-Schleifwerkzeug

DFG-Projekt: Grundlegende Untersuchung des  
Wedge-Wedge-Bondens

FOSTA: Werkzeugintegrierte Temperaturmes-  
sung für das Presshärten

ZIM: Laserbasierte Analytik zur Bestimmung  
der Konzentration von Chlordioxid

### Veröffentlichungen (Auszug)

#### Konferenz

M. Christ, A. Kassner, R. Smol, A. Bawamia, A.  
Peters, M. Wurz, E. Rasel, A. Wicht and M.  
Krutzik: Integrated Atomic Quantum  
Technologies in Demanding Environments:  
Development and Qualification of Miniaturized  
Optical Setups and Integration Technologies for  
UHV and Space Operation. International  
Conference on Space Optics (ICSO), Chania,  
Greece, 2018

#### Konferenz (reviewed)

S. Bengsch, M. Aue, S. de Wall, M. C. Wurz:  
Structuring Methods of Polymers for Low Cost  
Sensor Manufacturing. Proc. IEEE 68th  
Electronic Components and Technology  
Conference (ECTC), San Diego, CA, USA, doi:  
10.1109/ECTC.2018.00213, 2018

S. Bengsch, S. Beringer, B. Rösener, M. C. Wurz:  
Concept for using MID Technology for  
Advanced Packaging. Proc. IEEE 68th  
Electronic Components and Technology  
Conference (ECTC), San Diego, CA, USA, doi:  
10.1109/ECTC.2018.00143, 2018

S. Schlangen, K. Bremer, A. Isaak, M. C. Wurz,  
G. P. Bonilla, J. Neumann, B. Roth, L. Overmeyer:  
Mode-selective polished fiber couplers based on  
fiber gratings. The Optical Fiber Communica-

tion Conference and Exhibition (OFC), San  
Diego, CA, USA, doi: 10.1364/OFC.2018.  
Th1K.6.pdf, 2018

S. Schlangen, K. Bremer, A. Isaak, M. C. Wurz,  
G. P. Bonilla, J. Neumann, B. Roth, L. Overmeyer:  
Manufacturing and characterization of  
asymmetric evanescent field polished fiber  
couplers for fiber grating assisted mode selective  
fiber coupling. Proc. of SPIE Photonics Europe,  
Vol. 10681, 1068116-1, doi: 10.1117/12.2306772,  
2018

E. Asadi, R. Hockauf, B. Denkena, T. Grove,  
M. C. Wurz: Flexible mono- and multilayer  
micro grinding tools for ultra-high precision  
processing and micro machining. Proc. euspen  
18th; Venice, Italy, pp. 151-152, 2018

A. Isaak, Y. Long, E. Asadi, M. C. Wurz,  
J. Twiefel, J. Wallaschek: Fabrication and  
characterization of high-speed PZT sensors for  
the investigation of ultrasonic wire bonding  
process. Proc. euspen 18th, Venice, Italy,  
pp.163-164, 2018  
4045 rev.

R. Hockauf, E. Asadi, B. Denkena, T. Grove,  
M. C. Wurz: Grinding of riblets with „beaver  
tooth“ multi-layer tools; 4th CIRP Conference on  
Surface Integrity (CIRP CSI 2018), Elsevier,  
TianJin, China, Jul 2018

A. S. Schmelt, E. C. Fischer, M. C. Wurz,  
J. Twiefel: Solid State Joint Actuator for a Vibro  
Tactile Line Display. ACTUATOR 2018, 16th  
International Conference on New Actuators,  
Bremen, Germany, pp. 284-287, ISBN  
978-3-8007-4675-0, 2018

Glukhovskoy A., Schnebeck T., Holz S., Fischer E.,  
Wurz M.C.: A laser-based, in-line chlorine  
dioxide concentration sensor; Symposium on  
Automated Systems and Technologies, Hanover,  
Germany, pp. 9-12, ISBN 978-3-95900-223-3,  
2018

Y. Long, F. Dencker, A. Isaak, F. Schneider,  
J. Hermsdorf, M. C. Wurz, J. Twiefel: Visualiza-  
tion of Oxide Removal during Ultrasonic Wire  
Bonding Process, IEEE Electronics Packaging  
Technology Conference (EPTC), Singapore, pp.  
1-4, 2018

#### Beiträge in Zeitschriften

E. Asadi: Innovatives Verfahren zur Herstellung  
von Schleifscheiben. Produktionstechnik  
Hannover informiert (phi), Aug. 2018

#### Beiträge in Zeitschriften (reviewed)

Y. Long, F. Dencker, A. Isaak, J. Hermsdorf,  
M. C. Wurz, J. Twiefel: Self-cleaning mechanisms  
in ultrasonic bonding of Al wire. Journal of  
Materials Processing Tech. 258, pp. 58-66, doi:  
10.1016/j.jmatprotec.2018.03.016, 2018

Y. Long, F. Dencker, A. Isaak, C. Li, F. Schneider,  
J. Hermsdorf, M. C. Wurz, J. Twiefel, J.  
Wallaschek: Revealing of ultrasonic wire  
bonding mechanisms via metal-glass bonding,

Materials Science and Engineering B: Solid-State  
Materials for Advanced Technology, Vol  
236-237, doi: 10.1016/j.mseb.2018.11.010, 2018

G. L. Angrisani, P. Taptimthong, S. E. Thüerer,  
C. Klose, H. J. Maier, M. C. Wurz, K. Möhwald:  
Magnetic Properties of Thermal Sprayed  
Tungsten Carbide-Cobalt Coatings. Advanced  
Engineering Materials 2018, 1800102,  
Weinheim, WILEY-VCH Verlag, doi: 10.1002/  
adem.201800102, 2018

H. C. Janßen, D. P. Warwas, D. Dahlhaus,  
J. Meißner, P. Taptimthong, M. Kietzmann,  
P. Behrens, J. Reifenrath, N. Angrisani: In vitro  
and in vivo accumulation of magnetic  
nanoporous silica nanoparticles on implant  
materials with different magnetic properties.  
Journal of Nanobiotechnology, https://doi.  
org/10.1186/s12951-018-0422-6, 2018

A. S. Schmelt, V. Hofmann, E. C. Fischer,  
M. C. Wurz J. Twiefel: Design and Characteriza-  
tion of the Lateral Actuator of a Bimodal Tactile  
Display With Two Excitation Directions. Journal  
Displays 54 (2018), Elsevier, pp. 34-46, https://  
doi.org/10.1016/j.displa.2018.09.002, 2018

M. Mishin, A. Vorobyev, A. Kondrateva,  
E. Koroleva, P. Karaseov, P. Bespalova,  
A. Shakhmin, A. Glukhovskoy, M. C. Wurz,  
A. Filimonov: The mechanism of charge carrier  
generation at the TiO<sub>2</sub> – n-Si heterojunction  
activated by gold nanoparticles. Semiconductor  
Science and Technology 33 (2018) 075014 (9pp),  
IOP Publishing, https://doi.org/10.1088/1361-  
6641/aac4f3, 2018



Seit zehn Jahren ein Highlight im PZH: „Mädchen und Technik“ – 2018 mit fast 200 Mädchen und jungen Frauen. Foto: Sophie Peschke



Professor Ludger Overmeyer, Institutsleiter

Foto: sliwonik.com

## Geschichte des Instituts

Mit der Neubesetzung der Professur im Jahr 2001 ist aus dem Institut für Fördertechnik das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik hervorgegangen. Das Institut für Fördertechnik hatte zuvor nahezu ein Jahrhundert lang das Bewegen, Fördern und Transportieren von Gütern erforscht.

## Aus der Forschung

**TRANSPORTTECHNIK** / Wer Gurtförderanlagen betreibt und sichergehen will, dass die Fördergurte auch über viele Kilometer und im ununterbrochenen Einsatz halten, wird nur geprüfte und zertifizierte Fördergurte verwenden. Und mit einiger Wahrscheinlichkeit sind deren Fördergurtverbindungen am ITA geprüft worden. Denn die entsprechende DIN-Norm 22110-3, die weltweit anerkannt ist, wurde am ITA mitentwickelt, und das ITA ist die einzige universitäre und damit unabhängige Einrichtung weltweit, die nach dieser Norm prüft. Fördergurtmuster aus aller Welt, beispielsweise für Erzminen in Südamerika oder für Bergbaugebiete in Asien, werden hier auf ihre Zeitfestigkeit geprüft. Mit großen Umlaufprüfständen haben die Mitarbeiter in den vergangenen 35 Jahren auch Fördergurte mit höchster Festigkeit geprüft. Gurtverbindungen stellen die Schwachstelle aller Fördergurte dar. Aus diesem Grund sind zwei Entwicklungsziele für Stahlseilgurtverbindun-

gen erkennbar: Zum einen soll die Verbindungsfestigkeit der Stahlseilfördergurte gesteigert werden. Zum anderen soll der Aufwand für die Herstellung der Verbindungen ohne Einbußen bei der Verbindungsfestigkeit gesenkt werden. In jedem Fall ist die genaue Auslegung der Gurtverbindungen Voraussetzung für den sicheren Betrieb der gesamten Förderanlage. Seit Dezember 2009 steht der weltweit größte Umlaufprüfstand nun hier an der Leibniz Universität Hannover. Die Gesamtkraft, die er für die Tests aufwenden kann, ist mehr als dreimal so groß wie bisher: 3.500.000 Newton. Neben dem Betrieb der Umlaufprüfstände arbeiten die Mitarbeiter dieses Bereichs unter anderem auch daran, Fördergurtverbindungen simulativ abbilden zu können oder diese im automatisierten Prozess mittels Wasserstrahlschneiden vorzubereiten. Darüber hinaus werden fördertechnische Anlagen in höherem Maße automatisiert und neue Kommunikationstechniken integriert. Weitere aktuelle Themen sind die Entwicklung neuer Berechnungsansätze für die Dimensionierung von Schlauchgurtanlagen, eine Machbarkeitsanalyse für das Recycling von Fördergurten im Pyrolyseprozess und das Integrieren von Zwischenantrieben in immer längeren Förderbandanlagen mittels antreibenden Tragrollen.

**AUTOMATISIERUNGSTECHNIK** / Die Mitarbeiter dieses Bereichs beschäftigen sich mit der anwendungsspezifischen Auslegung, prototypischen Umsetzung und Integration einer Vielzahl an Sensor- und Identifikationstechnologien, wie etwa drahtloser

Sensoren auf Basis der RFID-Technologie und (3D-)Bildverarbeitung für die Anwendung in produktions-, abbautechnischen sowie logistischen Abläufen. In Verbindung mit angepasster Software zur Messdatenauswertung und Visualisierung entwickeln sie neue Steuerungskonzepte und Komponenten für wandlungsfähige fördertechnische Systeme als wichtiger Bestandteil der Industrie 4.0. Das ITA erforscht, welche steuerungstechnischen Konzepte zum Betrieb und der gezielten Optimierung von neuartigen Gurtfördersystemen auf Basis von direkt angetriebenen Tragrollen geeignet sind. Hierbei stehen neben der antriebstechnischen Betrachtung auch die Auswirkungen auf eine Gesamtanlage im Fokus. Im Projekt netkoPs wird ein neuartiges, dezentral gesteuertes Materialflusssystem für die Produktion entwickelt. Dadurch soll es zukünftig möglich sein, dass Maschinen, Handhabungs- und Transportsysteme intelligent agieren und sich an den kognitiven Fähigkeiten des Menschen orientieren um sie zu befähigen sich an Ausfälle von Teilanlagen oder Änderungen im Produktionsablauf effektiv anzupassen. Im Rahmen des Programms „mit uns digital!“ werden interessierten Unternehmen aus dem norddeutschen Raum Methoden und Technologien für eine Logistik der Industrie 4.0 und die Einsatzmöglichkeiten von RFID in Materialflusketten vermittelt.

**OPTRONIK** / Im dritten Arbeitsfeld untersuchen die ITA-Wissenschaftler Verfahren zur Produktion und Integration optoelektronischer Technologien in Produkte und Bauteile. Im Fokus der Anwendungen stehen Sensorik sowie Kommunikations- und Sicherheitstechnik. Eine zentrale Idee ist das intelligente Bauteil, das Strukturen enthält, welche als Sensor oder Datenspeicher wirken.

Anfang 2019 startete der neu geschaffene Exzellenzcluster PhoenixD. Das ITA koordiniert als eines der drei Sprecherinstitute die Forschung zu der additiven Fertigung optischer Systeme. Am Institut werden hierzu optische Strukturen drucktechnisch erzeugt und in Zusammenarbeit mit den anderen Partnern zu komplexen optischen Systemen kombiniert. Ein gemeinsames Ziel ist beispielsweise ein System zur Untersuchung der menschlichen Gesundheit, welches zuhause eingesetzt werden kann und den behandelnden Medizinern automatisch Informationen übermittelt.

In der Forschergruppe Optaver wird eine optische Aufbau- und Verbindungstechnik für optische Bussysteme entwickelt.

Am ITA erfolgt hierzu die drucktechnische Konditionierung von Kunststofffolien, um im anschließenden Sprühauftrag von Lichtwellenleitern eine höhere Qualität und Auflösung zu erreichen.

Im Innovationsverbund LaPOF (Laseraktive Polymeroptische Fasern) erforscht das ITA neuartige, polymere Laserquellen auf der Basis von Kunststoffmaterialien. Am Institut werden hierzu individuell adaptierte Polymermaterialien mittels Extrusion zu laseraktiven polymeroptischen Fasern extrudiert.

Innerhalb des Niedersächsischen Promotionsprogramms Tailored Light „Räumlich, zeitlich und spektral maßgeschneidertes Licht für Anwendungen“ erforscht das ITA intelligente photoelektrische Oberflächen aus lichtemittierenden Modulen. Diese werden als Sensorknoten im großen Maßstab auf den Oberflächen von alltäglichen Gegenständen verteilt und erlauben einen drahtlosen Informationsaustausch im Sinne des „Internets der Dinge“.

In dem Projekt 3D-CopperPrint wird die laserbasierte Metallisierung von dreidimensionalen Objekten untersucht. Damit können zum Beispiel 3D-gedruckte Bauteile oder individuelle Prothesen mit elektrischen Schaltungen versehen werden. Dies ermöglicht die Integration von Sensoren in diese Schaltungsträger, welche beispielsweise im Falle der Prothesen Auskunft zum Gesundheitszustand der Patienten geben können.

18 wissenschaftliche Mitarbeiter  
7 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter  
58 studentische Mitarbeiter

## ITA 2018

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik

### Leitung

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

### Lehre

2 Diplomarbeiten, 10 Masterarbeiten, 8 Studienarbeiten, 3 Bachelorarbeiten und 5 Projektarbeiten

### Aktuelle Forschung

Tailored Light – Intelligente photoelektrische Oberfläche aus lichtemittierenden Modulen  
Der Fortschritt in den vergangenen Jahrzehnten in der Miniaturisierung von Chips, in den drahtlosen Datenübertragungstechnologien und in der Entwicklung von energiesparenden Bauelementen ermöglichte die Realisierung von integrierten autonomen Sensoren. Diese Netzwerke haben großes Potenzial für den weitverbreiteten Einsatz in der Instandhaltungsvorhersage von Fertigungsanlagen, in intelligenten Gebäudemanagementsystemen und in energiesparenden Smart Grids.  
Förderung durch: Land Niedersachsen

#### LinTrans-Transfer

Entwicklung eines Demonstrators für ein direkt angetriebenes Transportsystem mit Hilfe eines Linearmotors.  
Förderung durch: DFG

#### LaPOF – Laseraktive Polymeroptische Fasern

Das Ziel des LaPOF-Projektes ist die Erforschung technologischer Grundlagen für neuartige laseraktive polymeroptische Fasern sowie deren Herstellung.  
Förderung durch: EFRE – Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

#### SFB 1153 – A4 Lokale Anpassung von Werkstoffeigenschaften an Umformrohlingen durch Auftragschweißen zur Erzeugung gradiert hybrider Bauteile

Das Teilprojekt zielt auf die Herstellung neuartiger hybrider Bauteile aus Werkstoffkombinationen ab. Dabei werden den Bauteilen lokale, belastungsabhängige Eigenschaftsprofile aufgeprägt. Um dies zu erreichen, werden Werkstoffe auf Umformrohlingen mittels Auftragschweißen aufgebracht. Dabei ist die Werkstoffmenge und Position entscheidend, um die Werkstoffe durch Umformen gezielt verorten zu können.  
Förderung durch: DFG

#### Aufbau eines aktiven Fallturms

Im Rahmen des Aufbaus der Forschungseinrichtung Hannover Institute of Technology (HITec) wird vom Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) ein aktiver Fallturm, der Einstein-Elevator, aufgebaut. Die Auslegung, die Konstruktion und der Aufbau der Anlage werden in Zusammenarbeit mit dem Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research (QUEST) durchgeführt.

Ziel ist es, Experimente unter Schwerelosigkeit, aber auch unter Schwerbedingung durchzuführen zu können, wie sie beispielsweise auf Mond oder Mars vorherrschen.  
Förderung durch: DFG und Land Niedersachsen (Projekträger)

Automatisierbare Methode zur Verbindungsvorbereitung von Stahlseil-Fördergurten mittels Strahlverfahren

Die Automatisierbarkeit der Verbindungsvorbereitung von Stahlseil-Fördergurten wird derzeit am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) in Zusammenarbeit mit dem Unterwassertechnikum des Instituts für Werkstoffkunde (IW) erforscht. Hierdurch soll zum einen eine konstante Qualität der Verbindung ermöglicht und zum anderen auch eine Festigkeitssteigerung erzielt werden. Dies reduziert das Risiko für Anlagenbetreiber eines möglichen Anlagenstillstands und den damit verbundenen Kostenanfall. Eine Festigkeitssteigerung ermöglicht außerdem höhere Massenströme und steigert somit die Produktivität der Anlage.  
Förderung durch: AiF, IFL

#### Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover

Das „Mit uns digital! Das Zentrum für Niedersachsen und Bremen“ ist das erste von elf Zentren, die derzeit in ganz Deutschland entstehen, um mittelständische Unternehmen und Handwerksbetriebe durch gut aufbereitete Informationen, Anschauungsbeispiele und Qualifizierung bei der digitalen Transformation zu unterstützen.  
Förderung durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

#### 3D-CopperPrint

In 3D-CopperPrint wird der Einsatz der Additiven Fertigung (3D-Druck) zur generativen Erzeugung von Kupferleiterbahnen auf adaptiven räumlichen Schaltungsträgern untersucht. Dieser Prozess kann für die Herstellung von elektrisch-mechanischen Hybridbauteilen als Alternative zu bestehenden Verfahren verwendet werden. Der Ansatz basiert auf dem Auftrag von kupfergefüllten Lacken auf die Oberfläche von dreidimensionalen Objekten und das anschließende photothermische Lasersintern der Pfade.  
Förderung durch: BMWi, AiF (IGF)

#### HYMNOS – Hybrid Numerical Optical Simulation

Numerische Verfahren zur Berechnung von Lichtverteilungen in optischen Medien profitieren maßgeblich von aktuellen Trends in der Computertechnik. Ziel dieses Projektes ist daher die Kombination von unterschiedlichen Modellierungsansätzen auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen. Hierzu werden unterschiedliche Aspekte aus interdisziplinären Themengebieten in der Physik und den Ingenieurwissenschaften modelltechnisch untersucht.  
Förderung durch: Land Niedersachsen

Neuartiges Antriebskonzept für Gurtfördersysteme auf der Basis von direkt angetriebenen Tragrollen

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Aufhebung der aktuellen wirtschaftlichen und technischen Längenrestriktionen für Gurtförderanlagen im Bereich des Berg- und Tagebaus durch den Einsatz von angetriebenen Tragrollen.  
Förderung durch: AiF, IFL

### ULTRABEST

Derzeit wird am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) eine neuartige Bestückungstechnologie für das Übertragen von ungehäuteten elektronischen Komponenten in Zusammenarbeit mit einem Forschungskonsortium erforscht. Dieses besteht aus der Mühlbauer GmbH & Co. KG, dem Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH), der Precitec Optronik GmbH und der Vision Components GmbH. Mit der Bestückungstechnologie soll der Schritt zur optisch induzierten Bestückung erfolgen.  
Förderung durch: BMBF

### OPTAVER – Forschergruppe optische Aufbau- und Verbindungstechnik für optische Bussysteme

In diesem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsprojekt soll in der zweiten Förderperiode der Übergang von einer planaren zu einer dreidimensionalen Ausführung des optischen Bussystems untersucht werden, um die Integrationsdichte weiter zu erhöhen und die Gestaltungsfreiheit technischer Produkte zu erweitern. Die dadurch entstehenden, dreidimensionalen opto-mechatronisch integrierten Bauteile (3D-Opto-MID) ermöglichen eine kombinierte mechanische, elektrische und optische Funktion und adressieren vielfältige Anwendungen in den Bereichen Automobil, Luftfahrt und Industrie 4.0.  
Förderung durch: DFG

### Veröffentlichungen (Auszug)

#### Beiträge in Büchern

Ludger Overmeyer (Hrsg.) (2018): AST – Symposium on Automated Systems and Technologies, Berichte aus dem ITA, 3/2018, Garbsen: TEWISS Verlag

Overmeyer, L.; Stichweh, H. (Hrsg.) (2018): Vernetzte, kognitive Produktionssysteme, Abschlussbericht netkoPs, Berichte des TEWISS Verlags, Garbsen.

#### Beiträge in Büchern (reviewed),

Hohenhoff, G.; Meyer, H.; Suttmann, O.; Ripken, T.; Obata, K.; Kracht, D.; Overmeyer, L. (2018): Qualitätssicherung in der Additiven Serienfertigung von Polymerbauteilen, Additive Serienfertigung, pp 53-68, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.  
DOI: 10.1007/978-3-662-56463-9\_4

Krause, F.; Katterfeld, A.; Kessler, F.; Overmeyer, L.; Hompel, M.; Wehking, K.; Günthner, W. (2018): Stetigförderer, In: Grote KH., Bender B., Göhlich D. (eds) Dubbel.

Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, Pages 1736-1764.

Overmeyer, L. (2018): Automatisierung in der Materialflusstechnik, Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, Karl-Heinrich Grote, Beate Bender, Dietmar Göhlich (Hrsg.), pp 1781-1787, Springer Vieweg Berlin Heidelberg.

Overmeyer, L. (2018): Weitere Unstetigförderer, Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, Karl-Heinrich Grote, Beate Bender, Dietmar Göhlich (Hrsg.), Pages 1731-1731, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

### Aufsätze (reviewed)

Chugreeva, A.; Mildebrath, M.; Diefenbach, J.; Barroi, A.; Lammers, M.; Hermsdorf, J.; Hassel, T.; Overmeyer, L.; Behrens, B.-A. (2018): Manufacturing of High-Performance Bi-Metal Bevel Gears by Combined Deposition Welding and Forging, Metals vol. 8 issue 11, p. 898.  
DOI: 10.3390/met8110898

Hoff, C.; Hermsdorf, J.; Kaierle, S.; Overmeyer, L. (2018): Laser beam ablation of thick steel plates without affecting the material

underneath, Proceedings Volume 10525, High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems VII; 105250I, SPIE LASE, San Francisco, California, United States  
DOI: 10.1117/12.2287752

Hohnholz, A.; Schütz, V.; Albrecht, D.; Koch, J.; Suttmann, O.; Overmeyer, L. (2018): Simulation of an efficient particle extraction for the detection of explosive materials, Journal of Laser Applications, Vol. 30, 032201, Laser Institute of America  
DOI: 10.2351/1.5040606

Lahdo, R.; Springer, A.; Meier, O.; Kaierle, S.; Overmeyer, L. (2018): Investigations on laser welding of dissimilar joints of steel and aluminum using a high-power diode laser, Journal of Laser Applications, Vol. 30, 032422, Laser Institute of America.  
DOI: 10.2351/1.5040643

Lotz, C.; Wessargues, Y.; Hermsdorf, J.; Ertmer, W.; Overmeyer, L. (2018): Novel active driven drop tower facility for microgravity experiments investigating production technologies on the example of substrate-free additive

manufacturing, Advances in Space Research 61 (2018) 1967–1974  
DOI: 10.1016/j.asr.2018.01.010

Nothdurft, S.; Springer, A.; Kaierle, S.; Ohrdes, H.; Twiefel, J.; Wallaschek, J.; Mildebrath, M.; Maier, H.-J.; Hassel, T.; Overmeyer, L. (2018): Laser welding of dissimilar low-alloyed steel-steel butt joints and the effects of beam position and ultrasound excitation on the microstructure, Journal of Laser Applications, Vol. 30, 032417, Laser Institute of America  
DOI: 10.2351/1.5040607

Schlangen, S.; Bremer, K.; Zheng, Y.; Böhm, S.; Steinke, M.; Wellmann, F.; Neumann, J.; Roth, B.; Overmeyer, L. (2018): Long-period gratings in highly germanium-doped, single-mode optical fibers for sensing applications, Sensors (Switzerland), 18 (5), art. no. 1363, MDPI AG  
DOI: 10.3390/s18051363

Schmidt, M.; Zähc, M.; Lid, L.; Dufloue, J.; Overmeyer, L.; Vollertsen, F. (2018): Advances in macro-scale laser processing, CIRP Annals – Manufacturing Technology  
DOI: 10.1016/j.cirp.2018.05.006



Seit zehn Jahren am PZH: der weltweit größte Umlaufprüfstand. Foto: sliwonik.com

Schneider, T.; Kruse, T.; Kuester, B.; Stonis, M.; Overmeyer, L. (2018): Evaluation of an energy self-sufficient sensor for monitoring marine gearboxes, In: Procedia Manufacturing, vol. 24, pp. 135-140.  
DOI: 10.1016/j.promfg.2018.06.019

Wang, Y.; Overmeyer, L. (2018): Chip-on-Flex Packaging of Optoelectronic Devices in Polymer-Based Optical Interconnects, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics.  
DOI: 10.1109/JSTQE.2018.2827674

Wesang, K.; von Witzendorff, P.; Suttmann, O.; Overmeyer, L. (2018): Local heat tempering with laser radiation for brilliant colors on glass surfaces, Journal of Laser Applications, Vol. 30, 032508, Laser Institute of America  
DOI: 10.2351/1.5040608

### Aufsätze

Melcher, D.; Küster, B.; Stonis, M.; Overmeyer, L. (2018): Dreidimensionale Fabrikplanung durch Drohneneinsatz, ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, Vol. 113, No. 5, pp. 267-271  
DOI: 10.3139/104.111906

### Berichte

Kracht, D.; Overmeyer, L. (Hrsg.) (2018): Laserinduzierte Stimulation der Cochlea, Berichte aus dem LZH, 1/2018.  
Garbsen: TEWISS-Technik und Wissen GmbH

### Konferenz (reviewed)

Albrecht, D.; Schneider, T.; Unger, C.; Koch, J.; Suttmann, O.; Overmeyer, L. (2018): Study for Black Marking of Steel with Short Pulsed and Ultrashort Pulsed Lasers, CLEO: Applications and Technology, AM1M. 4, San Jose, California United States, 13-18 May 2018, Optical Society of America  
DOI: 10.1364/CLEO\_AT.2018.AM1M.4

Böhm, S.; Hausmann, K.; Wyszomolek, M.; Wellmann, F.; Bonilla, G.P.; Schlangen, S.; Bremer, K.; Roth, B.; Overmeyer, L.; Steinke, M.; Neumann, J.; Kracht, D. (2018): Development of a reliable fabrication process of evanescent field coupled fused fiber couplers, Proceedings Volume 10683, Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications; 106831L, SPIE Photonics Europe, 2018, Strasbourg, France  
DOI: 10.1117/12.2306042

Kuster, B.; Stonis, M.; Overmeyer, L. (2018): Test stand for the investigation of driven rollers, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2017-December, pp. 2098-2101.  
DOI: 10.1109/IEEM.2017.8290262

Schlangen, S.; Bremer, K.; Isaak, A.; Wurz, M.; Pelegrina Bonilla, G.; Neumann, J.; Roth, B.; Overmeyer, L. (2018): Mode-selective polished fiber couplers based on fiber gratings, Optical Fiber Communication Conference, San Diego,

California United States, 11-15 March 2018, paper Th1K.6, Optical Society of America  
DOI: 10.1364/OFC.2018.Th1K.6

Schlangen, S.; Bremer, K.; Zheng, Y.; Isaak, A.; Wurz, M.; Böhm, S.; Wellmann, F.; Steinke, M.; Pelegrina Bonilla, G.; Neumann, J.; Kracht, D.; Roth, B.; Overmeyer, L. (2018): Manufacturing and characterization of asymmetric evanescent field polished fiber couplers for fiber grating assisted mode selective coupling, Proceedings Volume 10681, Micro-Structured and Specialty Optical Fibres V; 1068116, SPIE Photonics Europe, Strasbourg, France  
DOI: 10.1117/12.2306772

Schneider, T.; Eilert, B.; Stonis, M.; Overmeyer, L. (2018): Validation of an optical system for measuring the absolute angular position, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2017-December, pp. 490-493.  
DOI: 10.1109/IEEM.2017.8289939

von der Ahe, C.; Lüers, B.; Overmeyer, L.; Geck, B.; Fürtjes, T. (2018): Low power sensor node with photovoltaic power supply for radio-based process monitoring, Procedia Manufacturing, vol. 24, pp. 203-209  
DOI: 10.1016/j.promfg.2018.06.038

Wellmann, F.; Booker, P.; Hochheim, S.; Theeg, T.; De Varona, O.; Fittkau, W.; Overmeyer, L.; Steinke, M.; Weßels, P.; Neumann, J.; Kracht, D. (2018): Recent progress on monolithic fiber amplifiers for next generation of gravitational wave detectors, Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, 10512, art. no. 105120I. SPIE LASE, 2018, San Francisco, California, United States.  
DOI: 10.1117/12.2289919

### Konferenz

Bindszus, L.; Hötte, D.; Overmeyer, L. (2018): Dezentrales Steuerungskonzept für antreibende Tragrollen, Tagungsband zum 14. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e.V. (WGTL), Rostock-Warnemünde, pp. 19-30

Bindszus, L.; Hötte, D.; Overmeyer, L. (2018): Kostenbetrachtung von antreibenden Tragrollen als neuartiges Antriebskonzept, 23. Fachtagung Schüttgutförderertechnik 2018, Garching, pp. 135-154

Gottwald, S.; Overmeyer, L. (2018): Control concept of an ultra-fast assembly technology for electronic components, AST – Symposium on Automated Systems and Technologies, Band 3/2018, PZH Verlag, Garbsen, 2018, S. 67-72.

Hötte, D.; Bindszus, L.; Overmeyer, L. (2018): Antreibende Tragrollen als alternatives Antriebskonzept für Gurtförderanlagen, Gurtförderer und ihre Elemente, Ausgabe 14, Haus der Technik, Essen.

Pflieger, K.; Schrein, D.; Overmeyer, L. (2018): Coating of Thin Fibres at High Capillary

Number, AST – Symposium on Automated Systems and Technologies, Berichte aus dem ITA, Band 3/2018, PZH Verlag, Garbsen, 2018, S. 13-17.

Schrein, D.; Hachicha, B.; Overmeyer, L. (2018): Process for Extrusion of Laser Active Single Mode Polymer Optical Fibers, POF2018, Volume 27, International Cooperative of Plastic Optical Fibers (ICPOF), Seattle, 2018, S. 107-110.

von der Ahe, C.; Overmeyer, L. (2018): Optische Energieversorgung für einen drahtlosen Sensorknoten, 14. Fachkolloquium Logistik der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik (WGTL), Wien, pp. 197-203

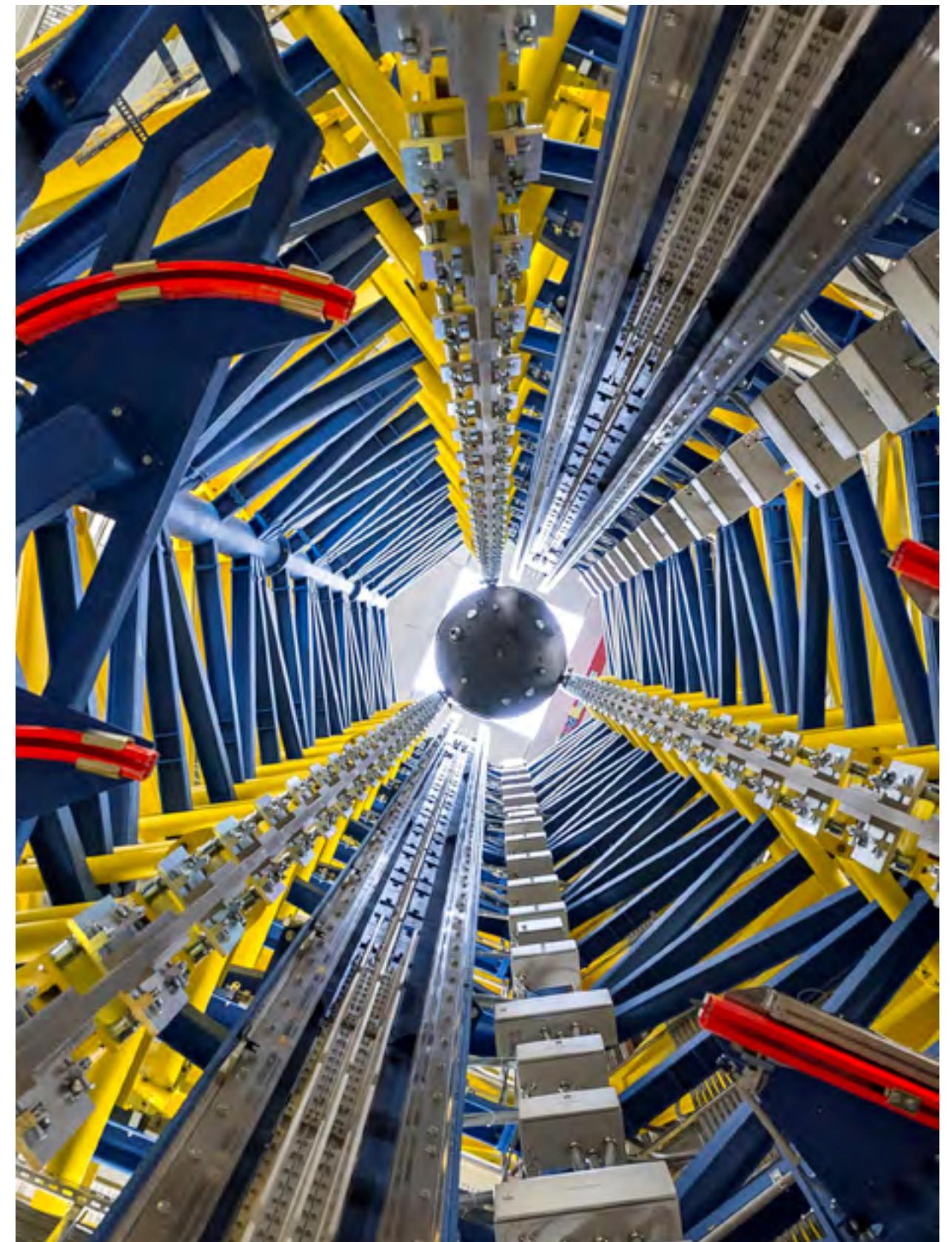
### Wesentliche Neuanschaffungen

Umgestaltung und Erweiterung Laborbereich

Extruder für laseraktive optische Fasern

Chemieabsaugung

Prüfstand für antreibende Tragrollen



Einstein-Elevator: Forschung unter verschiedenen Gravitationsbedingungen (0-5 g: von Schwerelosigkeit über Mond- und Marsgravitation bis hin zu Raketenstarts) mit hoher Wiederholrate. Foto: Leibniz Universität Hannover/Michael Matthey



Foto: Christian Wyrwa

Professor Annika Raatz, Institutleiterin

## Geschichte des Instituts

Im September 2013 ist mit der Berufung von Annika Raatz zur Professorin auch das Institut für Montagetechnik (match) ins Leben gerufen worden. Damit ist das match das jüngste Institut am PZH, und auch zum Jubiläum des fünfjährigen Bestehens ist die Aufbruchstimmung noch groß. Am Institut für Montagetechnik werden zukunftsweisende Ideen für die automatisierte, robotergestützte Montage und Handhabung in der Produktion entwickelt. Erste abgeschlossene und prämierte Dissertationen, vielfältige Verbundvorhaben sowie speziell die erfolgreiche Initiierung des Schwerpunktprogramms 2100 „Soft Material Robotic Systems“ zeugen von einer gelungenen Integration des match in das PZH und in die Leibniz Universität Hannover.

## Aus der Forschung

**SOFT ROBOTICS** / Das match beschäftigt sich im Forschungsfeld Soft Material Robotic Systems (SMRS) mit Roboterstrukturen aus weichen Materialien wie Silikonen und Kunststoffen. Im Gegensatz zu klassischen Robotern aus Stahl oder Aluminium weisen diese Materialien eine erhöhte Nachgiebigkeit und Anpassungsfähigkeit auf, die sie unter anderem für den Einsatz in der Mensch-Roboter-Kollaboration prädestiniert – beispielsweise in der Montage. Durch den Einsatz von Materialien, die

ähnliche Steifigkeit wie menschliches Gewebe aufweisen, wird das Verletzungsrisiko bei der Interaktion zwischen Mensch und Roboter deutlich reduziert. Die erhöhte aktive und passive Anpassbarkeit weicher Strukturen bietet allerdings nicht nur ein hohes Potenzial, sondern stellt Forscher auch vor neue Herausforderungen hinsichtlich des Designs, der Modellierung und der Regelung softer robotischer Systeme.

Schwerpunkt der letzten Jahre am match war und ist die Entwicklung und Implementierung eines Frameworks, welches die Designoptimierung und kinematische Modellierung softer pneumatischer Aktoren umfasst. Mit dem Simulationsframework können ausgehend von einem Aktor-Design die Geometrie- oder Materialparameter mit Hilfe eines genetischen Algorithmus so angepasst werden, dass beispielsweise eine möglichst große Krümmung des soften Aktors realisiert werden kann. Der Algorithmus sowie die Simulation basieren auf dem Zusammenspiel von MATLAB und der FEM-Software Abaqus. Zum anderen wird die Schnittstelle MATLAB – Abaqus dafür genutzt, echtzeitfähige kinematische Modelle in Form von künstlichen neuronalen Netzwerken abzuleiten.

Damit das Potenzial der SMRS in Zukunft weiter ausgeschöpft und bestehende Herausforderungen in der Entwicklung überwunden werden können, hat die Deutsche Forschungsge-

meinschaft (DFG) auf Initiative des match das Schwerpunktprogramm (SPP) „Soft Material Robotic Systems“ ins Leben gerufen. Deutschlandweit arbeiten Forschungseinrichtungen an der Erforschung softer Robotersysteme. Forschungsschwerpunkte sind dabei unter anderem der Einsatz und die Synthese neuer funktioneller Materialien, die Entwicklung von soften Aktoren und Sensoren, die Modellierung softer Systeme sowie ihre Regelung.

**HANDHABUNGS- UND STEUERUNGSTECHNIK** / Ein wesentlicher Bestandteil der automatisierten Montage ist die Handhabungs- und Steuerungstechnik, die am match im Rahmen unterschiedlicher Forschungs- und Industrieprojekte untersucht wird. Im Rahmen des von der DFG geförderten Projektes: „Methoden zur Automatisierung von Handhabungsprozessen unter kryogenen Umgebungsbedingungen“ werden am match in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT, Sulzbach/Saar) Ansätze zur Automatisierung der Handhabungsprozesse in Biobanken für die Kryokonservierung im Temperaturbereich unterhalb von  $-130^{\circ}\text{C}$  erforscht. Die Herausforderung besteht darin, die Funktionalität der Maschinenkomponenten (Gelenke, Sensorik, Energieversorgung etc.) in diesem Temperaturbereich zu gewährleisten, um die Biobank bei einem konstant niedrigen Temperaturniveau betreiben zu können. Dies soll die Beschädigung der Proben durch Temperaturschwankungen verhindern und gleichzeitig die Effizienz und Reproduzierbarkeit der Handhabungsprozesse steigern. Die Basis des Automatisierungssystems bildet ein Parallelroboter. Dessen Struktur erlaubt es, die Antriebstechnik vom Tieftemperaturbereich zu entkoppeln und außerhalb, d. h. im Warmbereich, zu platzieren. Um die Antriebsbewegung an die Endeffektor-Plattform zu übertragen, werden am match Methoden zur Gestaltung passiver Festkörpergelenke erforscht, sodass diese bei den geforderten Temperaturen eingesetzt werden können – zum Beispiel unter Verwendung spezieller Bauteilgeometrien wie Butterfly-hinges oder tieftemperatur-geeigneter Materialien wie High-Entropy Alloys (HEA).

In dem von der DFG geförderten Projekt „Modellbasierte Erhöhung der Flexibilität und Robustheit einer aerodynamischen Zuführanlage für die Hochleistungsmontage“ werden in Zusammenarbeit mit dem IFA Methoden erforscht, um bestehenden Defiziten konventioneller Zuführtechnik entgegenzuwirken. Forschungsgegenstand ist eine aerodynamische Zuführanlage, die über die Konfiguration von wenigen Anlagenparametern an unterschiedliche Werkstückgeometrien angepasst werden kann. Die Identifikation der Anlagenparameter erfolgt über einen genetischen Algorithmus. Die Herausforderung besteht darin, das Spektrum zuzuführender Werkstücke durch Anpassungen an der Anlage und am genetischen Algorithmus zu erweitern. Zur Reduzierung der Dauer der Lösungsfindung wird ein bereits entwickeltes Simulationsmodell der aerodynamischen Zuführanlage erweitert und optimiert. Um auf manuelle Anpassungen, die bislang bei der Simulati-

on unterschiedlicher Werkstücke nötig sind und somit Simulationsexperten erfordern, zu verzichten, wird angestrebt, die Simulation so zu erweitern, dass das Verhalten verschiedener Werkstücke simuliert werden kann, ohne Änderungen am eigentlichen Simulationsmodell vornehmen zu müssen. Weiterhin werden die optimalen Einstellungen des genetischen Algorithmus in Abhängigkeit der Eigenschaften der zuzuführenden Werkstücke identifiziert sowie das wirtschaftliche Auslösen einer Reparametrierung bei variierenden Umgebungsbedingungen untersucht.

**PRÄZISIONSMONTAGE** / Die Fragestellung, wie Bauteile exakt zueinander positioniert und zuverlässig fixiert werden können, beschäftigt die Wissenschaftler des match. Eine solche Präzisionsmontage ist beispielsweise bei optischen Sensoren, bei denen einzelne Pixel exakt ausgerichtet werden müssen, oder bei empfindlichen medizintechnischen Komponenten erforderlich. Das match befasst sich daher mit der Entwicklung von Gerätetechnik für die Präzisionsmontage: Spezielle Greifer, hochgenaue Handhabungsgeräte und Messkonzepte werden prozessspezifisch gestaltet und aufgebaut. Für eine hochgenaue Montage ist jedoch nicht nur eine präzise Gerätetechnik erforderlich. Auch der Montageprozess muss an das Produkt optimal angepasst werden. Dabei untersucht das match nicht nur einzelne Teilprozesse, sondern analysiert auch deren Wechselwirkungen und die indirekten Auswirkungen auf das Montageergebnis. Die Erkenntnisse daraus werden zur optimalen Gestaltung des gesamten Montageprozesses genutzt. Ein Teilprozess, der oft im Fokus der Montageprozessentwicklung steht, ist das automatisierte Kleben. Grundsätzlich eignet sich das Kleben für viele Mikro- und Präzisionsmontageaufgaben. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine robuste und präzise Prozessführung. Andernfalls können zum Beispiel Spannungen durch Klebstoffschrunpf zum Verzug der Bauteile und letztendlich zu defekten Produkten führen. Durch die ganzheitliche Betrachtung können Produkt, Prozess und Gerätetechnik optimal aufeinander abgestimmt und solche Probleme frühzeitig erkannt und vermieden werden. Im vergangenen Jahr wurde der Präzisionsmontagebereich am match durch eine von der DFG geförderte flexible Präzisionsmontagezelle erweitert. Diese Anlage wurde mit dem Schweizer Hersteller Unitechnologies entwickelt und ist seit 2017 am match im Einsatz. Die Anlage wird für angewandte Grundlagenuntersuchungen zur Ermöglichung hochpräziser Montageprozesse unter industriennahen Bedingungen eingesetzt. Dafür wird neue Gerätetechnik entwickelt, in die Anlage integriert und in speziellen Prozessabläufen untersucht. Durch integrierte multimodale Sensortechnik wird der Prozess sowie die Maschine überwacht, sodass Informationen zur Optimierung einzelner Teilprozesse, des Prozessablaufs, der Komponenten sowie der grundsätzlichen Montagestrategie gesammelt und gezielt ausgewertet werden können. So werden Geräte, Prozesse und Automatisierungsstrategien für die Montage mit einer Genauigkeit von wenigen Mikrometern erforscht und anwendungsnah weiterentwickelt.

**LEHRE** / Seit Jahren arbeitet das match daran neue Konzepte in die Lehre einzubringen. Seit 2017 gibt es für die Erstsemester des Maschinenbaus sowie der Produktion und Logistik eine neue Lehrveranstaltung – das Bachelorprojekt. Unter Federführung des match haben 13 Institute des Maschinenbaus eine praxisorientierte Lehrveranstaltung ausgearbeitet, in deren Mittelpunkt nicht die rein technischen Studieninhalte stehen, sondern Motivationsförderung und die Vermittlung von Problemlösungskompetenz. Mit praxisnahen Problemstellungen werden die Studierenden im ersten Semester mit Spaß an das Ingenieurwesen herangeführt. Dabei soll auch die Kluft zwischen sehr theoretischen Lehrinhalten und gelebter Ingenieurspraxis überbrückt werden. Das match bietet für bis zu 50 Studierende ein Projekt an, bei dem sie mit LEGO-Mindstorms einen autonomen Roboter konzipieren, bauen und programmieren. Das bisher vom match durchgeführte englischsprachige Bachelorprojekt für Mechatroniker wurde an das MZH übergeben, um die Kompetenz dieser Lehrveranstaltung fakultätsungebunden für die Elektrotechnik und Mechatronik bereitzustellen.

In Zuge der Umstellung auf die PO2017 wurden die Masterlabore in bestehende Vorlesungen integriert, wodurch eine engere Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis erreicht wird.

Bei dem ehemaligen Labor „Roboterprogrammierung“ haben die Studierenden nun verbindliches Vorwissen der Industrieroboter-Vorlesung, wodurch die Programmierzeit am Roboter effizienter genutzt werden kann. Zum zweiten Mal erfolgreich stattgefunden hat die Vorlesung „Roboterassistierte Montageprozesse“, welche die Inhalte zur Mensch-Roboter-Kollaboration, zur sensorgestützten Montage, Roboterprogrammierung und Montagezellensimulation abbildet. Die Veranstaltung vermittelt den Studierenden durch den Ansatz des projektorientierten Lernens die theoretischen und praktischen Grundlagen zur Umsetzung einer roboterassistierten Montage am Beispiel einer realitätsnahen Problemstellung. Ausgangspunkt ist die Vorgabe einer Montageaufgabe, anhand derer die Studierenden in längeren Praxiseinheiten Lösungsansätze zur Realisierung des automatisierten Montageprozesses selbstständig ableiten und in Hard- und Software in der Praxis umsetzen.

- 12 wissenschaftliche Mitarbeiter
- 2 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter
- 33 studentische Mitarbeiter

**match 2018**

Institut für Montagetechnik

**Leitung**

Prof. Dr.-Ing. Annika Raatz

**Lehre**

15 Masterarbeiten, 17 Studienarbeiten und 13 Bachelorarbeiten

**Aktuelle Forschung**

SPP 2100: Soft Material Robotic Systems (DFG); Roboterstrukturen aus weichen und nachgiebigen Materialien für kollaborative Montagearbeitsplätze

EXC Phoenix D: Task Group M5, Schwerpunkt Self Assembly (DFG)

Autonome mobile Robotik: Kooperation mobiler autonomer Roboter zur Montage von großen und/oder formlabilen Bauteilen

Safe Mate: Einführung sicherer und akzeptierter

Kollaboration von Mensch und Maschine in der Montage (BMBF)

Soft Material Robotics Toolbox (SMaRT): Kohärente Methodologie zur Modellierung und zum Entwurf weicher Roboter (DFG)

KryoKPM: Methoden zur Automatisierung von Handhabungsprozessen unter kryogenen Umgebungsbedingungen (DFG)

iAero2: Modellbasierte Erhöhung der Flexibilität und Robustheit einer aerodynamischen Zuführanlage für die Hochleistungsmontage (DFG)

ProVorPlus: Funktionsintegrierte Prozesstechnologie zur Vorkonfektionierung und Bauteilherstellung von FVK-Metall-Hybriden (BMBF, Forschungscampus Open Hybrid Lab Factory)

Generative Fertigung im Bauwesen: Entwicklung einer roboterassistierten Spritztechnologie zur schalungslosen generativen Fertigung komplexer Betonbauteile (NTH-Forschungsgruppe, MWK)

SFB 871 Regeneration komplexer Investitionsgüter: Bauteilschonende und anpassungsfähige Demontage (DFG)

Präzisionsmontage: Konzepte und Strategien für hochpräzise Hybrid-Montagesysteme

Self Assembly: Gestaltung selbstmontierender Bauteile und Systeme

Tailored Forming: Flexible Handhabung schmiedewarmer Hybridbauteile (DFG)

Additive Manufacturing in Construction: Process control and adaptive path planning for additive manufacturing processes based on industrial robots with extended degree of freedom (DFG)

Leistungs- und Transferzentrum Translationale Medizintechnik Niedersachsen: Integration funktioneller Komponenten (MWK Nds)

**Veröffentlichungen (Auszug)**

**Beiträge in Büchern (reviewed)**

Hübner M.; Jahn P.; Tewaag G. (2018): Big Data Analysis Procedure Model for Manufacturing and Logistics: Strategies and Tools for the Practical Application. In: Advances in Production Research Proceedings of the 8th Congress of the German Academic Association for Production Technology (WGP), Aachen, 2018, S. 52 - 62  
DOI: 10.1007/978-3-030-03451-1\_6

**Zeitschriften/Aufsätze (reviewed)**

Blumenthal, P.; Raatz, A. (2018): Design methodology for electrocaloric cooling systems, Energy Technology, 2018, 6, pp. 1560-1566  
DOI: 10.1002/ente.201800139

Boyraz, P.; Runge, G.; Raatz, A. (2018): An Overview of Novel Actuators for Soft Robotics, Actuators 2018, 7(3), 48 (21 pages)  
DOI: 10.3390/act7030048

Bruns C., Mücke-Camuz M., Bohne F., Raatz A. (2018): Process design and modelling methods for automated handling and draping strategies for composite components, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Elsevier B.V., 2018, Vol. 67/1, pp 1-4  
DOI: 10.1016/j.cirp.2018.04.014

Pischke, D.; Recker, T.; Blankemeyer, S.; Oubari, A.; Raatz, A. (2018): Prozessspezifische Aufgabenzuordnung im MRK-System, wt-online 9-2018, S. 592-596

Preller, T.; Runge-Borchert, G.; Zellmer, S.; Menzel, D.; Saein, S. A.; Peters, J.; Raatz, A.; Tiersch, B.; Koetz, J.; Garnweitner, G (2018): Particle-reinforced and functionalized hydrogels for SpineMan, a soft robotics application, Journal of Materials Science 54 (7553), pp. 4444-4456  
DOI: 10.1007/s10853-018-3106-6

**Konferenz (reviewed)**

Blankemeyer, S.; Göke, J.; Grimm, T.; Meier, B.; Raatz, A. (2018): Gesture-based Robot Programming using Microsoft Kinect. In: Ratchev S. (eds) Precision Assembly in the Digital Age. IPAS 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol 530. Springer (8th Int. Precision Assembly Seminar (IPAS), Chamonix, 2018),  
DOI: 10.1007/978-3-030-05931-6\_7

Blankemeyer, S.; Recker, T.; Stuke, T.; Brokmann, J.; Geese, M.; Reiniger, M.; Pischke, D.; Oubari, A.; Raatz, A. (2018): A Method to Distinguish Potential Workplaces for Human-Robot Collaboration. In: Procedia CIRP 76 (2018), pp. 171–176,  
DOI: 10.1016/j.procir.2018.02.008

Blankemeyer, S.; Wiemann, R.; Posniak, L.; Pregizer, C.; Raatz, A. (2018): Intuitive Robot Programming Using Augmented

Reality. In: Procedia CIRP 76 (2018), pp. 155–160,  
DOI: 10.1016/j.procir.2018.02.028

Blankemeyer, S.; Wiemann, R.; Raatz, A. (2018): Intuitive Assembly Support System Using Augmented Reality. In: Schüppstuhl et al. (Hrsg.), Tagungsband des 3. Kongresses Montage Handhabung Industrieroboter, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, (9 pages),  
DOI: 10.1007/978-3-662-56714-2

Bruns C., Tielking J.-C., Kuolt H., Raatz A. (2018): Modelling and Evaluating the Heat Transfer of Molten Thermoplastic Fabrics in Automated Handling Processes. In: Procedia CIRP 76 (2018), pp. 79–84,  
DOI: 10.1016/j.procir.2018.01.011

Bruns C., Bohne F., Mücke-Camuz M., Behrens B.-A., Raatz A. (2019): Heated gripper concept to optimize heat transfer of fiber-reinforced-thermoplastics in automated thermoforming processes, Procedia CIRP 79 (2019), 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, pp. 331-336  
DOI: 10.1016/j.procir.2019.02.077

Ibrahim, S.; Olbrich, A.; Lindemann, H.; Gerbers, R.; Kloft, H.; Dröder, K.; Raatz, A. (2018): Automated Additive Manufacturing of Concrete Structures without Formwork - Concept for Path Planning. In: Schüppstuhl et al. (Hrsg.), Tagungsband des 3. Kongresses Montage Handhabung Industrieroboter, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, (9 pages),  
DOI: 10.1007/978-3-662-56714-2

Kaczor, D.; Recker T.; Tappe, S.; Ortmaier, T. (2018): Improving Path Accuracy in Varying Pick and Place Processes by means of Trajectory Optimization using Iterative Learning Control. In: Schüppstuhl et al. (Hrsg.), Tagungsband des 3. Kongresses Montage Handhabung Industrieroboter, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, (9 pages),  
DOI: 10.1007/978-3-662-56714-2\_28



Roboterassistierte Montageprozesse am match.

Foto: match

Lindemann, H.; Gerbers, R.; Ibrahim, S.; Dietrich F.; Herrmann, E.; Dröder, K.; Raatz, A.; Kloft, H. (2019): Development of a Shotcrete 3D-Printing (SC3DP) Technology for Additive Manufacturing of Reinforced Freeform Concrete. In: Wangler T., Flatt R. (eds) First RILEM International Conference on Concrete and Digital Fabrication – Digital Concrete 2018. DC 2018. RILEM Bookseries, vol 19. Springer, Cham, DOI: 10.1007/978-3-319-99519-9\_27

Mullo, S. D.; Pruna, E.; Wolff, J.; Raatz, A. (2019): A Vibration Control for Disassembly of Turbine Blades, Procedia CIRP 79 (2019) (12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering (ICME), Gulf of Naples, Italy) pp. 180-185  
DOI: 10.1016/j.procir.2019.02.041

Wiese, M.; Runge-Borchert, G.; Raatz, A. (2018): Optimization of Neural Network Hyperparameters for Modeling of Soft Pneumatic Actuators, 6-th Int. Workshop on New Trends in Medical and Service Robotics (MESROB), 4-6 July Cassino, Italy, in print

Wolff, J., Kolditz, T., Fei, Y. Raatz, A. (2018): Simulation-Based Determination of Disassembly Forces. In: Procedia CIRP 76 (2018), pp. 13–18,  
DOI: 10.1016/j.procir.2018.01.022

Wolff, J., Kolditz, T., Raatz, A. (2019): A Learning Method for Automated Disassembly in the Digital Age. IPAS 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol 530. Springer (8th Int. Precision Assembly Seminar (IPAS), Chamonix, 2018),  
DOI: 10.1007/978-3-030-05931-6\_6

**Wesentliche Neuanschaffungen**

Mobile Roboterplattform MiR200

Leichtbauroboter FRANKA EMIKA Panda

Leichtbauroboter KUKA LBR iiwa



Institut für  
Werkstoffkunde



Foto: slivonik.com

Professor Hans Jürgen Maier, Institutsleiter

## Geschichte des Instituts

An der Technischen Hochschule, dem Vorgänger der heutigen Leibniz Universität Hannover, wurde 1905 mit Prof. Nachweh der erste etatmäßige Professor für spezielle mechanische Technologien, Maschinenzeichnen und landwirtschaftlichen Maschinenbau ernannt – die „speziellen mechanischen Technologien“ entsprächen heute den Gebieten Werkstofftechnik und Materialwissenschaften. Schon damals beschäftigten sich die Mitarbeiter mit Themen wie der Materialprüfung und der Metallurgie. Es dauerte allerdings noch einige Jahrzehnte, bis sich das Institut auf die heutigen Schwerpunkte ausrichtete. Das IW kann somit auf eine gut einhundertjährige Tradition zurückblicken. In diesem Zeitraum wurde das Institut von sechs Direktoren geleitet. Der letzte Wechsel hat im Oktober 2012 stattgefunden, als der inzwischen verstorbene Institutsdirektor Prof. Friedrich-Wilhelm Bach auf eine Niedersachsenprofessur für Werkstofftechnik & Rückbautechnologie berufen wurde. Seit diesem Zeitpunkt führt sein Nachfolger Prof. Hans Jürgen Maier, der von der Universität Paderborn an die Leibniz Universität Hannover gewechselt ist, das Institut.

## Aus der Forschung

**BIOMEDIZINTECHNIK UND LEICHTBAU** / Leichtmetalle wie Magnesium, Aluminium und Titan stehen hier im Mittelpunkt der Forschung. Für diese Werkstoffe werden insbesondere verschiedene Gießverfahren sowie die Umformverfahren Walzen und Strangpressen untersucht. Die Gießtechnik umfasst die Legierungsentwicklung von Aluminium- und Magnesiumlegierungen, die Prozessentwicklung sowie die Herstellung von Halbzeugen für die strangpresstechnische Weiterverarbeitung. Neben der Anpassung der mechanischen Kennwerte an die Anforderungen des Einsatzgebietes liegt ein weiterer Schwerpunkt auf der Entwicklung neuer Implantatwerkstoffe, z. B. biokompatibler Magnesium- sowie Niob-Zirkonium-Legierungen. Der Einfluss einer Umformung auf die Eigenschaften der Legierungen wird mittels Strangpressen oder Walzen untersucht. In diesem Zusammenhang sind vor allem die mechanischen Eigenschaften sowie die Mikrostruktur und Textur vor und nach der Umformung von Interesse. Die Erzeugung maßgeschneiderter Verbundstrukturen und hybrider Werkstoffe, bei denen die positiven Eigenschaften verschiedener Materialien kombiniert

werden, gewinnt kontinuierlich an Bedeutung. Die Herstellung von Werkstoffverbunden wie Aluminium-Kupfer, Aluminium-Titan und Aluminium-Stahl wird sowohl mittels gießtechnischer Verfahren, zum Beispiel im Druckguss, als auch durch das Verbundstrangpressen untersucht. Neben der Grundlagenforschung werden Themen aus der industrienahen Forschung bearbeitet. Hier sind unter anderem die Entwicklung von Implantaten aus resorbierbaren Magnesiumlegierungen, die Prozessentwicklung für das Magnesium- und Aluminiumstrangpressen sowie die werkstoffkundliche Charakterisierung von stranggepressten und gegossenen Bauteilen zu nennen.

**FÜGE- UND OBERFLÄCHENTECHNIK** / In diesem Bereich liegen die Forschungsschwerpunkte in der werkstoff- und prozesstechnischen Entwicklung neuer Lötverfahren für metallische und metallkeramische Werkstoffverbunde sowie neuer Beschichtungsverfahren zur Herstellung metallischer und keramischer Korrosions- und Verschleißschutzschichten. Die Lötprozesse werden in Vakuumöfen (mit Schnellkühlung zum Härten und Vergüten), in Schutzgasöfen (Kammer- und Durchlauföfen) sowie in Induktions- und Flammlötanlagen durchgeführt.

Als Beschichtungsprozesse werden neben den Verfahren des Auftragslötens insbesondere Verfahren des Thermischen Spritzens (Atmosphärisches Plasma-, Lichtbogen-, Hochgeschwindigkeitsflammen- und Kaltgasspritzen) sowie der physikalischen und chemischen Gasphasenabscheidung (engl.: physical/chemical vapour deposition, kurz PVD beziehungsweise CVD) eingesetzt. Mit diesen Verfahren werden Oberflächen, Randzonen und Werkstoffverbunde (mit definiert eingestellten Grenzflächenübergängen) für unterschiedlichste Anwendungen und Anforderungsprofile hergestellt. Darüber hinaus können in Urformwerkzeuge applizierte Beschichtungen auf das Bauteil (zum Beispiel Gussbauteil) transplantiert werden, wobei eine Mikrostrukturierung als Positiv/Negativ-Abformung mit übertragen werden kann. Die experimentellen Untersuchungen in den unterschiedlichen Themengebieten werden durch Forschungsbeiträge zur physikalischen Modellierung und Simulation der genannten Prozesse unterstützt.

**TECHNOLOGIE DER WERKSTOFFE** / Zu den Arbeitsschwerpunkten dieses Bereichs zählen die Stahlmetallurgie, Wärmebehandlung und Simulation, Mikrostrukturanalysen sowie

Fragestellungen zur mechanischen Prüfung und Materialermüdung. Im Fokus der Forschungsaktivitäten stehen neben der Mikrostrukturcharakterisierung und Legierungsentwicklung die gesteuerte Wärmebehandlung von metallischen Werkstoffen wie Vergütungsstählen mittels umweltfreundlicher Wasser-Luft-Spraykühlung und deren numerische Abbildung mittels der Finite-Elemente-Methode. Die Spraykühlung lässt sich sehr flexibel und vielfältig einsetzen und stellt sicher, dass die Werkstoffe schnell und gleichmäßig abgekühlt werden. Neben industriell weit verbreiteten Werkstoffen stehen zunehmend Hochtemperatur-Formgedächtnislegierungen und neuartige Werkzeugstähle im Mittelpunkt aktueller Untersuchungen. Das Team der mechanischen Prüfung ermittelt statische, zyklische und dynamische Materialkennwerte metallischer Werkstoffe und arbeitet als Dienstleister für Prüfaufträge intensiv mit Industrieunternehmen zusammen.

**UNTERWASSESTECHNIKUM /** Elektronenstrahl- und Wasserstrahltechnik, Schweißen und Schneiden sind Stichworte aus dem Unterwassertechnikum Hannover (UWTH). Viele dieser Techniken werden dort insbesondere für Einsätze unter Wasser aber auch unter atmosphärischen Bedingungen erforscht. Ein Teil der Verfahren ist ursprünglich für den Rückbau kerntechnischer Anlagen entwickelt worden, heute liegen die Schwerpunkte zusätzlich auf der Entwicklung von Unterwasserschweiß- und Schneidprozessen, die zunehmend auch für Reparaturen an Off-Shore-Windparks notwendig sind. Die Zusatzwerkstoffe für das Unterwasserschweißen werden am UWTH entwickelt und getestet. Auch im Bereich der Lichtbogenschweißtechnik werden im UWTH Forschungs- und Entwicklungsaufgaben durchgeführt. So wird beispielsweise das magnetisch bewegte Lichtbogenschweißen für die Bohrtechnik etabliert und im Bereich des Additive Manufacturing gearbeitet. Hierbei erfolgen die Schweißprozessentwicklung sowie der Prototypenbau des Schweißequipments im UWTH. Auch Wasserstrahltechniken werden am UWTH erforscht und genutzt – unter anderem für den Einsatz in der Biomedizintechnik. Dabei wird untersucht, wie sich Gewebe untersuchungsspezifisch präparieren lässt oder wie Fördergurte unter Einsatz dieser Technologie repariert werden können. Im Bereich der Elektronenstrahlbearbeitung wurde in den letzten Jahren das Schneiden mit dem atmosphärischen Elektronenstrahl entwickelt und untersucht. Vermehrt wird hier die 3D-Fertigung von Bauteilen fokussiert. Ferner ist der Bereich Korrosionsprüfung am UWTH angesiedelt. Hier werden sowohl F & E-Aufgaben bearbeitet, als auch Dienstleistungen auf dem Gebiet der Korrosion metallischer Werkstoffe durchgeführt

**ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFVERFAHREN /** Mittels Wirbelstromprüfungen können feine Fehlstellen in Bauteilen wie z. B. Lunker oder Risse in Schweißnähten zerstörungsfrei erkannt sowie Rückschlüsse auf physikalische und mechanisch/technologische Eigenschaften von Bauteilen oder die Gefügestruktur von Werkstoffen gezogen werden. So können beispielsweise

Materialverwechslungen bei der Eingangskontrolle oder in der Fertigung ermittelt werden, um eine Auslieferung von Bauteilen aus Fremdwerkstoffen auszuschließen. Auch eine Kontrolle des Wärmebehandlungszustandes, um beispielsweise fehlgehärtete Bauteile wie Tellerräder in großen Bauteilchargen zu identifizieren und auszusortieren, ist möglich. Mit einer neu entwickelten Hochtemperatur-Sensortechnik können zudem die Mikrostrukturevolution und damit die resultierenden Bauteileigenschaften von Schmiede- und Gussteilen in der Abkühlphase bestimmt werden, um eine Echtzeit-Prozessregelung zu realisieren. Mittels der Sensortechnik kann so ein gewünschtes Zielgefüge kontrolliert eingestellt werden und eine Qualitätssicherung während des Prozessschrittes der Wärmebehandlung erfolgen. Einen wichtigen Beitrag zur bauteilinhärenten Datenspeicherung und Integritätsbewertung hochbeanspruchter Bauteile liefert die Entwicklung von Lasertechnologien zur lokalen Wärmebehandlung in Kombination mit hochauflösenden Wirbelstromtechniken zur lokalen Materialcharakterisierung. Um den Zustand der Beschichtungen und des Grundwerkstoffs von Hochdruckturbinenschaufeln mit Schichtdicken von 20 µm bis 150 µm zerstörungsfrei zu erfassen, wurden aufgrund der geringen elektrischen Leitfähigkeit der verwendeten Werkstoffe die Mehrparameter-Hochfrequenz-Wirbelstromtechnik bis 100 MHz und die Hochfrequenz Induktionsthermografie mit gepulster Anregung im Megaherzbereich entwickelt. Zur Bauteil-Fehlerprüfung schwer zugänglicher und beschichteter Unterwasser-Stahlstrukturen ist basierend auf der Wirbelstromtechnik mit Vormagnetisierung eine geeignete Prüftechnik in SCAN-Technik entwickelt worden. Deutschlandweit einzigartig ist das Röntgengerät des IW, mit dem große Maschinenbauteile mit bis zu 400 mm Wandstärke auf Fehler untersucht werden können. Mittels Mikrofokus-Röntgenröhre können aber auch einzelne Schweißnähte wie mit einer Röntgenlupe kontrolliert und feinste Bauteilfehler erkannt werden.

**ANALYSENTECHNIK /** In dieser übergeordneten Einrichtung geht es unter anderem um Schadensforschung für Kunden aus der Industrie und um Gerichtsgutachten. Die Einsätze der Werkstoff-Kriminalisten sind extrem vielfältig: von der Untersuchung einer klassischen Bruchfläche – unter welcher Belastung brach das Bauteil, wie lange hat der Vorgang gedauert, wo hat der Bruch angefangen – bis hin zur Echtheitsprüfung vermeintlich vorchristlicher Antiquitäten ist den Mitarbeitern fast keine Frage fremd.

52 wissenschaftliche Mitarbeiter  
 32 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter  
 78 studentische Mitarbeiter  
 7 Auszubildende  
 4 FWJ

**IW 2018**

Institut für Werkstoffkunde

**Leitung**

Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier

**Lehre**

21 Diplomarbeiten und Masterarbeiten,  
 17 Studienarbeiten und 21 Bachelorarbeiten

**Aktuelle Forschung**

**BML – Biomedizintechnik und Leichtbau**

MOBILISE – Mobility in Engineering and Science (MWK)

Innovative Mischbauweisen mit dünnwandigen Aluminiumdruckguss-Strukturen mittels Bolzensetzen und fließlochformenden Schrauben (AiF)

Aluminiumlegierungen mit angepasstem Schmelzintervall für das prozessintegrierte Ausschäumen beim Strangpressen (DFG)

Wirkmechanismen von Nanopartikeln als neuartige Kornfeiner für thermomechanisch hoch beanspruchte Aluminiumgussbauteile (DFG)

Grenzflächeneffekte und Einwachsverhalten von Magnesiumschwämmen als Bioresorbierbares Knochenersatzmaterial (DFG)

SFB 1153: Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming  
 Teilprojekt A1: Einfluss der lokalen Mikrostruktur auf die Umformbarkeit stranggepresster Werkstoffverbunde (DFG)

SPP 2122: Tailor made magnesium alloys for selective laser melting: Material development and process modelling (DFG)

**FORTIS – Füge- und Oberflächentechnik**

SFB 871: Regeneration komplexer Investitionsgüter  
 Teilprojekt B1: Endkonturernahe Turbinenschaufelreparatur durch füge- und beschichtungstechnische Hybridprozesse (DFG)

Aufklärung und Nutzung thermophysikalisch-chemischer Mechanismen der Oberflächen-desoxidation zum Löten von Edelstählen unter silandotiertem Argon-Großvakuum (DFG)

In-situ-Untersuchungen der physikalisch-chemischen Mechanismen der Oberflächenaktivierung von Edelstählen bei Wärmebehandlungen unter lötprozessähnlichen Bedingungen im reduzierenden Schutzgas (DFG)

Untersuchungen zum Einfluss von Stickstoff und der Lötatmosphäre auf die Lebensdauerfestigkeit Ni-Basis-gelöteter Cr-Ni-Stahl-Verbindungen unter korrosiver Belastung (AiF)

Untersuchungen zu Eigenspannungen in Hochtemperaturgelöteten Cr-CrNi-Stahlmischverbindungen und Entwicklung löstechnischer Fertigungsstrategien zu deren Minimierung (AiF)

Herstellung und Applikation thermoplastumhüllter Lotpartikel für die löstechnische Fertigung mit pulverförmigen Hartloten (AiF)

Dynamische Magnet-Datenspeicherung auf thermisch gespritzten Schichten (DFG)

Selektiv thermisch oxidierte Werkzeugoberflächen im Einsatz beim trockenen Tiefziehen (DFG)

SPP 2074: Fluidfreie Schmiersysteme mit hoher mechanischer Belastung  
 Teilprojekt: Trockenschmierung von Wälzkontakten durch selbstregenerative Molybdänoxidschichtsysteme (DFG)

**TW - Technologie der Werkstoffe**

FOR 1766: Hochtemperatur-Formgedächtnislegierungen – Von den Grundlagen zur Anwendung  
 Teilprojekt 4: Thermomechanische Ermüdung von Ti-Ta-X-Y Hochtemperatur-Formgedächtnislegierungen: Untersuchung des zyklischen Spannungs-Dehnungs-Verhaltens und der Schädigungsentwicklung (DFG)

GRK 1627: Virtual Materials and Structures and their Validation  
 Teilprojekt A2: Process Adapted Dual Phase Steels (DFG)

FE-gestützte Entwicklung hochverschleißfester Warmarbeitswerkzeuge durch eine Legierungsmodifikation in Kombination mit einer prozess- und werkstoffseitig angepassten Nitrierschicht (DFG)

Entwicklung eines 3D-Modells zur Beschreibung der Mikrostrukturentwicklung in Nickelbasis-Superlegierungen bei starker thermo-mechanischer und thermo-chemischer Kopplung (DFG)

Untersuchung des kombinierten Einflusses des Dressierens und Rollenrichtens von Dünnblech aus Materialien mit unterschiedlichem Kristallgitter auf die Mikrostruktur, Textur, statische und Ermüdungsfestigkeit (DFG)

SPP 1640: Fügen durch plastische Deformation  
 Teilprojekt A4: Elektrochemisch unterstütztes Fügen von blechförmigen Werkstoffen ECUF (DFG)

SFB1153: Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming (DFG)  
 Teilprojekt A2: Wärmebehandlung für belastungsangepasste Werkstoffeigenschaften von Tailored Forming-Komponenten

SFB/TR 73: Blechmassivumformung (DFG)  
 Teilprojekt C4: Analyse der belastungspfadabhängigen Schädigungs- und Mikrostrukturent-

wicklung zur numerischen Auslegung von Blech-Massiv-Umformprozessen  
 Teilprojekt C6: Ermüdungsverhalten von blechmassivumgeformten Bauteilen

Steigerung technologischer Eigenschaften durch Kryobehandlung von Werkzeugstählen (Nanocarbid) (FOSTA/AiF)

Erzeugung von Bereichen mit reduzierter Festigkeit an formgehärteten Bauteilen mittels einer Temperierungsstation (DFG)

Erweiterung der Prozessgrenzen bei der Weiterverarbeitung von gewalztem Halbzeug durch Analyse der Ursache-Wirkungs-Beziehungen beim Planrichten (EFB/AiF)

Erhöhung der Verschleißbeständigkeit von Schmiedewerkzeugen durch Einsatz eines intelligenten Warmarbeitsstahls in Kombination mit einer werkstoffspezifisch angepassten Nitrierbehandlung (FOSTA/AiF)

SPP 2006: Legierungen mit komplexer Zusammensetzung – Hochentropielegierungen (CCA – HEA)  
 Teilprojekt 5: Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Mikrostruktur und funktionaler Ermüdung in Hochentropie-Formgedächtnislegierungen (DFG)

SPP 1959: Manipulation of matter controlled by electric and magnetic fields: Towards novel synthesis and processing routes of inorganic materials  
 Teilprojekt: Micromechanisms of the electro-plastic effect in magnesium alloys investigated by means of electron microscopy (DFG)

Präzisionsschmieden gegossener Vorformen (DFG)

Ganzheitliche Modellierung des Kurzzeitanlassens im Prozess des induktiven Randschichthärtens (FOSTA/AiF)

Patientenadaptives Drucküberwachungs- und Behandlungssystem zur Glaukomtherapie (ZIM/AiF)

Tailored Tempering von 7xxx-Aluminiumlegierungen (EFB/AiF)

Einstellung von Mikrostruktur und Degradationsverhalten oxidpartikelmodifizierter Fe-Legierungen durch selektives Elektronenstrahl-schmelzen (DFG)

**UWTH -Unterwassertechnikum Hannover**

SFB 871: Regeneration komplexer Investitionsgüter  
 Teilprojekt B6: Lichtbogenprozesse für Reparaturschweißverfahren an Hochleistungsbauteilen aus Ti-Legierungen (DFG)

Forschungsplattform ENTRIA  
 Wechselwirkungen zwischen Endlager, Lagersystem und Reststoffen zur Beurteilung von Langzeitstabilität und Rückholbarkeit (BMBF)

Forschungsplattform ENTRIA  
Interventionstechniken zur Freilegung,  
Handhabung und zum Transport rückzuholender  
Containments und Massen zur sicheren  
Rückholbarkeit im Lebenszyklus der Entsorgungsoption (BMBF)

SFB 1153: Prozesskette zur Herstellung hybrider  
Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming  
Teilprojekt A3: Ultraschallunterstütztes  
Laserstrahlschweißen zur Erzeugung umformbarer  
Mischverbindungen (DFG)  
Teilprojekt A4: Lokale Anpassung von  
Werkstoffeigenschaften an Umformrollingen  
durch Auftragschweißen zur Erzeugung  
graduierter hybrider Bauteile (DFG)

HugeCut  
Hybride Schneidverfahren zum thermischen  
Trennen dickwandiger Reaktorbauteile unter  
Wasser – Grundlagenprozesse und Prozessentwicklung  
(BMBF)

MUDZ  
Modellierung und Untersuchung der  
Degradation von Hüllrohrmaterialien aus  
Zr-Legierungen durch Hydridbildungs- und  
Hydridverteilungsprozesse im Hinblick auf die  
Langzeitzwischenlagerung und die Phase der  
Rückholbarkeit im Endlagerungsprozess  
(BMW)

Schweißen und Löten von Al-Legierungen  
mittels NV-EBW und Einsatz von Zusatzwerkstoff  
bei geringer Beschleunigungsspannung  
(Low Acceleration Voltage – LAV) (DVS/AiF)

MBL-Prototypische Herstellung von Antriebs-  
und Gelenkwellen (Industrie)

RCSF – Joining/TWIP – TWIP-Steels for multi  
material design in automotive industry using  
low-heat joining technologies (EU/RCSF)

Optimierung des Tragverhaltens unter Wasser  
gefügter Bolzenschweißverbindungen großer  
Dimensionen für Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen  
(DVS/AiF)

Werkstofftechnisch basiertes Abschreckmodell  
für die Simulation des Unterwasserschweißens  
(DVS/AiF)

Verminderung der wasserstoffinduzierten  
Kaltrissigkeit beim nassen Unterwasserschweißen  
von höherfesten Feinkornstählen durch die  
Integration von austenitischem Schweißgut in  
die Schweißfolge (DVS/AiF)

### ZfP -Zerstörungsfreie Prüfverfahren

SFB 871: Regeneration komplexer Investitionsgüter  
(DFG)

Teilprojekt A1: Zerstörungsfreie Charakterisierung  
von Beschichtungen und Werkstoffzuständen  
hochbeanspruchter Triebwerksbauteile

SPP 2086: Oberflächenkonditionierung in der  
Zerspanung

Teilprojekt 5: Prozesssichere Einstellung von  
Randzoneneigenschaften bei der spanenden  
Bearbeitung hochfester und duktiler Stähle mit  
einem lernfähigen Fertigungssystem (DFG)

Entwicklung einer innovativen, sensorgesteuerten  
Umwandlungslinie zum chargenweisen  
Bainitisieren von Hochleistungsbauteilen für  
den Leichtbau aus der Schmiedewärme (BMW  
– ZIM Kooperationsprojekt)

Entwicklung einer zerstörungsfreien Umwandlungs-  
Sensortechnik zur Charakterisierung  
graduierter eingestellter Gefüge und Randzoneneigenschaften  
während der Werkstoffumwandlung im  
Abkühlpfad (IMU/AiF)

Entwicklung einer automatisierten Wirbelstrom-  
technik zum schnellen, empfindlichen Nachweis  
von Härterissen in Funktionsflächen im  
Fertigungsablauf (Industrie)

### Veröffentlichungen (Auszug)

#### Beiträge in Zeitschriften/ Aufsätze (reviewed)

Angrisani, G. L.; Taptimthong, P.; Thürer, S. E.;  
Klose, C.; Maier, H. J.; Wurz, M. C.;  
Möhwald, K.: Magnetic Properties of Thermal  
Sprayed Tungsten Carbide-Cobalt Coatings.  
Adv. Eng. Mater. 20, 2018 (9), 1800102

Anton, D.; Reichardt, M.; Hassel, T.;  
Budelmann, H.: Decommissioning of Nuclear  
Facilities: An Interdisciplinary Task for Junior  
Staff. atw – International Journal for Nuclear  
Power 63, 2018 11/12, 601-604

Bal, B.; Koyama, M.; Canadinc, D.; Gerstein, G.;  
Maier, H. J.; Tsuzaki, K.: On the Utility of Crystal  
Plasticity Modeling to Uncover the Individual  
Roles of Microdeformation Mechanisms on the  
Work Hardening Response of Fe-23Mn-0.5C  
TWIP Steel in the Presence of Hydrogen. J. Eng.  
Mater. Technol 140, 2018 (3), 31002

Barton, S.; Reimche, W.; Maier, H. J.: Three-  
Dimensional Data Storage in the Subsurface

Region and Fast Read-Out Technologies for  
Determining the Mechanical Load History of  
Components. HTM 73, 2018 (1), 13-26

Behrens, B.-A.; Klose, C.; Chugreev, A.; Heimes,  
N.; Thürer, S.; Uhe, J.: A Numerical Study on  
Co-Extrusion to Produce Coaxial Aluminum-  
Steel Compounds with Longitudinal Weld  
Seams. Metals 8, 2018 (9), 717

Chatterjee, A.; Heidenblut, T.; Edler, F.;  
Olsen, E.; Stöckmann, J. P.; Tegenkamp, C.;  
Pfnür, H.: Shaping single atomic junctions in  
ultra-thin Ag structures by electromigration.  
Appl. Phys. Lett. 113, 2018 (1), 13106

Chugreeva, A.; Mildebrath, M.; Diefenbach, J.;  
Barro, A.; Lammers, M.; Hermsdorf, J.; Hassel,  
T.; Overmeyer, L.; Behrens, B.-A.: Manufacturing  
of High-Performance Bi-Metal Bevel Gears by  
Combined Deposition Welding and Forging.  
Metals 8, 2018 (11), 898

Demler, E.; Gerstein, G.; Dalinger, A.;  
Nürnberg, F.; Epishin, A.; Molodov, D. A.: Effect  
of Electrical Pulses on the Mechanical Behavior  
of Single Crystals of Nickel-Based CMSX-4  
Superalloy and the Mobility of Low-Angle Grain  
Boundary in Aluminum Bicrystals. Bulletin of  
the Russian Academy of Sciences: Physics 82,  
2018 (9), 1079-1085

Demler, E.; Gerstein, G.; Dalinger, A.;  
Epishin, A.; Heidenblut, T.; Nürnberg, F.;  
Maier, H. J.: Influence of High Current-Density  
Impulses on the Stress-Strain Response and  
Microstructural Evolution of the Single Crystal  
Superalloy CMSX-4. Mat. Res. 21, 2018 (6), 1063

Demler, E.; Rodman, D.; Rodman, M.; Gerstein,  
G.; Grydin, O.; Briukhanov, A. A.; Klose, C.;  
Nürnberg, F.; Maier, H. J.: The Influence of  
Alternating Low-Cycle Bending Loads on Sheet  
Properties Having an Hcp Crystal Lattice. J. of  
Materi Eng and Perform 27, 2018 (2), 541-549

Denkena, B.; Breidenstein, B.; Grove, T.;  
Prasanthan, V.; Overmeyer, L.; Nothdurft, S.;  
Kaierle, S.; Wallaschek, J.; Twiefel, J.; Ohrdes, H.;  
Maier, H. J.; Hassel, T.; Mildebrath, M.: Surface  
integrity of turned laser-welded hybrid shafts.  
Prod. Eng. Res. Devel., 2018

Denkena, B.; Mücke, A.; Schumacher, T.;  
Langen, D.; Hassel, T.: Technology-based  
re-contouring of blade integrated disks after  
weld repair. J. Eng. Gas Turbines Power, 2018

Epishin, A.; Petrushin, N.; Nolze, G.; Gerstein, G.;  
Maier, H. J.: Investigation of the  $\gamma'$ -Strengthened  
Quaternary Co-Based Alloys Co-Al-W-Ta.  
Metall and Mat Trans A 49, 2018 (9), 4042-4057

Gerstein, G.; Firstov, G. S.; Kosorukova, T. A.;  
Koval, Y. N.; Maier, H. J.: Development of B2  
Shape Memory Intermetallics Beyond NiAl,  
CoNiAl and CoNiGa. Shap. Mem. Super-  
elasticity 4, 2018 (3), 360-368

Gerstein, G.; L'vov, V. A.; Žak, A.; Dudziński, W.;  
Maier, H. J.: Direct observation of nano-dimen-  
sional internal structure of ferromagnetic

domains in the ferromagnetic shape memory  
alloy Co-Ni-Ga. Journal of Magnetism and  
Magnetic Materials 466, 2018, 125-129

Gerstein, G.; Firstov, G.; Chumlyakov, Y.;  
Krooß, P.; Niendorf, T.; Dalinger, A.;  
Maier, H. J.: Magnetic pulse controlled  
microstructure development in Co 49 Ni 21 Ga  
30 single crystals. Materials Science and  
Technology 34, 2018 (16), 1954-1964

Gerstein, G.; L'vov, V. A.; Kosogor, A.;  
Maier, H. J.: Internal pressure as a key  
thermodynamic factor to obtain high-tempera-  
ture superelasticity of shape memory alloys.  
Materials Letters 210, 2018, 252-254

Herbst, S.; Maier, H. J.; Nürnberg, F.: Strategies  
for the Heat Treatment of Steel-Aluminium  
Hybrid Components. HTM 73, 2018 (5),  
268-282

Kadletz, P. M.; Motemani, Y.; Iannotta, J.;  
Salomon, S.; Khare, C.; Grossmann, L.;  
Maier, H. J.; Ludwig, A.; Schmah, W. W.: Crystal-  
lographic Structure Analysis of a Ti-Ta Thin  
Film Materials Library Fabricated by Combi-  
natorial Magnetron Sputtering. ACS combinato-  
rial science 20, 2018 (3), 137-150

Klose, C.; Freytag, P.; Otten, M.; Thürer, S. E.;  
Maier, H. J.: Thermal Properties of Intermetallic  
Phases at the Interface of Aluminum-Copper  
Compound Castings. Adv. Eng. Mater. 20, 2018  
(6), 1701027

Langen, D.; Maier, H. J.; Hassel, T.: The Effect of  
SiC Addition on Microstructure and Mechanical  
Properties of Gas Tungsten Arc-Welded  
Ti-6Al-4V Alloy. J. of Materi Eng and Perform  
27, 2018 (1), 253-260

Mohammadi, A.; Koyama, M.; Gerstein, G.;  
Maier, H. J.; Noguchi, H.: Hydrogen-assisted  
failure in a bimodal twinning-induced plasticity  
steel. International Journal of Hydrogen Energy  
43, 2018 (4), 2492-2502

Nicolaus, M.; Rottwinkel, B.; Alfred, I.;  
Möhwald, K.; Nölke, C.; Kaierle, S.; Maier, H. J.;  
Wesling, V.: Future regeneration processes for  
high-pressure turbine blades. CEAS Aeronaut J  
9, 2018 (1), 85-92

Niendorf, T.; Lauhoff, C.; Karsten, E.;  
Gerstein, G.; Liehr, A.; Krooß, P.; Maier, H.  
J.: Direct microstructure design by hot extrusion  
– High-temperature shape memory alloys with  
bamboo-like microstructure. Scripta Materialia  
162, 2019, 127-131

Nothdurft, S.; Springer, A.; Kaierle, S.; Ohrdes, H.;  
Twiefel, J.; Wallaschek, J.; Mildebrath, M.; Maier,  
H. J.; Hassel, T.; Overmeyer, L.: Laser welding of  
dissimilar low-alloyed steel-steel butt joints and  
the effects of beam position and ultrasound  
excitation on the microstructure. Journal of  
Laser Applications 30, 2018 (3), 32417

Panchenko, E.; Eftifeeva, A.; Chumlyakov, Y.;  
Gerstein, G.; Maier, H. J.: Two-way shape  
memory effect and thermal cycling stability in

Co 35 Ni 35 Al 30 single crystals by low-tempe-  
rature martensite ageing. Scripta Materialia 150,  
2018, 18-21

Panchenko, E.; Timofeeva, E.; Eftifeeva, A.;  
Osipovich, K.; Surikov, N.; Chumlyakov, Y.;  
Gerstein, G.; Maier, H. J.: Giant rubber-like  
behavior induced by martensite aging in  
Ni51Fe18Ga27Co4 single crystals. Scripta  
Materialia 162, 2019, 387-390

Schöler, S.; Wulff, D.; Yilkiran, D.;  
Behrens, B.-A.: Inductive heat treatment as an  
alternative tempering method for the selective  
oxidation of 1.2379 tool steel surfaces. Dry Met.  
Forming OAJ FMT 4, 2018, 13-17

Shi, L.; Iwan, B.; Ripault, Q.; Andrade, J. R. C.;  
Han, S.; Kim, H.; Boutu, W.; Franz, D.; Nicolas,  
R.; Heidenblut, T.; Reinhardt, C.; Bastiaens, B.;  
Nagy, T.; Babuskin, I.; Morgner, U.; Kim, S.-W.;  
Steinmeyer, G.; Merdji, H.; Kovacev, M.: Reso-  
nant-Plasmon-Assisted Subwavelength Ablation  
by a Femtosecond Oscillator. Phys. Rev.  
Applied 9, 2018 (2), 1307

Shi, L.; Nicolas, R.; Andrade, J. R. C.; Boutu, W.;  
Franz, D.; Heidenblut, T.; Reinhardt, C.; Morgner,  
U.; Merdji, H.; Kovacev, M.: Impact of  
Plasmon-Induced Atoms Migration in  
Harmonic Generation. ACS Photonics 5, 2018  
(4), 1208-1214

Spachtholz, J.; Affeldt, E. E.; Maier, H. J.;  
Hammer, J.: Modelling of the fatigue crack  
growth of a coated single crystalline nickel-  
based superalloy under thermal mechanical  
loading. International Journal of Fatigue 116,  
2018, 268-274

Strauß, C.; Gustus, R.; Maus-Friedrichs, W.;  
Schöler, S.; Holländer, U.; Möhwald, K.: Influe-  
nce of atmosphere during vacuum heat  
treatment of stainless steels AISI 304 and 446.  
Journal of Materials Processing Technology  
264, 2019, 1-9

Toker, S. M.; Gerstein, G.; Maier, H. J.;  
Canadinc, D.: Effects of microstructural  
mechanisms on the localized oxidation behavior  
of NiTi shape memory alloys in simulated body  
fluid. J Mater Sci 53, 2018 (2), 948-958

Wolf, L. O.; Cordebois, J.-P.; Rodman, D.;  
Nürnberg, F.; Maier, H. J.: Effect of Different  
Intercritical Annealing Treatments without and  
with Overaging on the Mechanical Material  
Behavior. Steel Research Int. 89, 2018 (10),  
1800196

Žak, A.; Łaszcz, A.; Hasiak, M.; Gerstein, G.;  
Maier, H. J.; Dudziński, W.: Ion polishing as a  
method of imaging the magnetic structures in  
CoNiGa monocrystal. Results in Physics 10,  
2018, 277-280

### Beiträge in Zeitschriften/ Aufsätze

Hecht-Linowitzki, V.; Klett, J.; Hassel, T.: Konti-  
nuierliches Unterwasserschweißen mit  
Massivdrahtelektroden. Schweißen und  
Schneiden 70, 2018 (10), 720-726



2<sup>nd</sup> Conference on High Temperature Shape Memory Alloys, Kloster Irsee, IW (Conference Chair) & DGM e. V., 2018.  
Foto: Jan Frenzel, Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum.

Mildebrath, M.; Maier, H. J.; Hassel, T.; Coors, T.; Pape, F.; Poll, G.; Barroi, A.; Lammers, M.; Hermsdorf, J.; Overmayer, L.: Herstellungprozess und Wälzfestigkeit von hybriden Hochleistungsbauteilen. Konstruktion 70, 2018 (9), 84-89

Rodriguez Diaz, M.; Knödler, P.; Möhwald, K.; Freiburg, D.; Biermann, D.: Investigation into the corrosion protection coatings on magnesium alloys by transplanting thermally sprayed coatings. Thermal Spray Bulletin 70, 2018 (2), 104-111

Vogel, F.; Biermann, D.; Rodriguez, M.; Nicolaus, M.; Möhwald, K.: Festwalzen gerändelter Oberflächen zur formschlüssigen Substratanbindung von HVOF-Beschichtungen. Unter Span – Das Magazin des Machining Innovations Network e. V., 2018, 19

### Konferenzbeiträge

Alfred, I.; Nicolaus, M.; Hermsdorf, J.; Kaierle, S.; Möhwald, K.; Maier, H.-J.; Wesling, V.: Advanced high pressure turbine blade repair technologies. Procedia CIRP 74, 2018, 214-217

Barton, S.; Bruchwald, O.; Frackowiak, W.; Bongartz, B.; Reimche, W.; Zaremba, D.: Entwicklung einer Bainit-Sensortechnik zur Charakterisierung gradiert Gefügeausbildungen in der Bauteil-Rand und Kernzone. In: DGZfP-Jahrestagung 2018. 7. bis 9. Mai nach Leipzig. DGZfP, Berlin, 2018

Behrens, B.-A.; Klose, C.; Chugreev, A.; Thüner, S. E.; Uhe, J.: Numerical investigations on the lateral angular co-extrusion of aluminium and steel. In: Fratini, L. et al. (Hrsg.): Proceedings of the 21st International ESAFORM Conference on Material Forming. ESAFORM 2018. Palermo. AIP Conference Proceedings 1960 (1), 2018, S. 30001

Behrens, B.-A.; Chugreev, A.; Matthias, T.; Nothdurft, S.; Hermsdorf, J.; Kaierle, S.; Ohrdes, H.; Twiefel, J.; Wallaschek, J.; Mildebrath, M.; Hassel, T.: Investigation of the composite strength of hybrid steel-steel semi-finished products manufactured by laser beam welding and friction welding. In: 5th International Conference Recent Trends in Structural Materials, COMAT2018. Pilsen, Czech Rep. 14.11.-16.11.2018. IOP Publishing, 2018, S. 12049

Besserer, H. B.; Rodman, D.: Micro-Scale Residual Stress Measurement Using Focused Ion Beam Techniques and Digital Image Correlation. In: QDE2018, International Conference on Quenching and Distortion Engineering. Nagoya, Japan, 2018

Brätz, O.; Henkel, K.-M.; Klett, J.; Hassel, T.: Anwendung der Induktion für schweißtechnische Erwärmung beim nassen Lichtbogenhandschweißen unter Wasser. In: 2. Kolloquium Induktionserwärmung in der Schweißtechnischen Fertigung. Halle. 17.10.2018, 2018

Brätz, O.; Henkel, K.-M.; Schmidt, E.; Hassel, T.: Halbnasses Lichtbogenbolzenschweißen großer Dimensionen mit Hubzündung im Unterwasserbereich. In: DVS Berichte Band 344. DVS Congress 2018. DVS Media GmbH, Düsseldorf, 2018, S. 420-427

Denkena, B.; Mücke, A.; Schumacher, T.; Langen, D.; Grove, T.; Bergmann, B.; Hassel, T.: Ball end milling of titanium TiG weld material and the effect of SiC addition – process forces and shape deviations. Procedia Manufacturing 19, 2018, 74-81

Denkena, B.; Mücke, A.; Schumacher, T.; Langen, D.; Hassel, T.: Technology-based re-contouring of blade integrated disks after weld repair. In: Proceedings of the ASME Turbo Expo 2018. Oslo, Norway. 11.06.-15.06., 2018

Eftifeeva A., Panchenko E., Chumlyakov Y., Gerstein G., Maier H. J.: The effects of stress-induced martensite ageing on shape memory behavior in Co35Ni35Al30 single crystals. In: Patoor, E.; Ben Zineb, T. (Hrsg.): ESOMAT 2018, 11th European Symposium on Martensitic Transformations. Metz, France. 27.08.-31.08., 2018

Firstov G., Kosorukova T., Timoshevskii A., Koval Yu., Odnosum V., Matviyuk Yu., Gerstein G., Maier H. J.: Strategies for high entropy shape memory alloy design – from motivation to structure and properties. In: Patoor, E.; Ben Zineb, T. (Hrsg.): ESOMAT 2018, 11th European Symposium on Martensitic Transformations. Metz, France. 27.08.-31.08., 2018

Frackowiak, W.; Barton, S.; Reimche, W.; Bruchwald, O.; Zaremba, D.; Schlobohm, J.; Li, Y.; Kaestner, M.; Reithmeier, E.: Near-Wing Multi-Sensor Diagnostics of Jet Engine Components. In: American Society of Mechanical Engineers (ASME) (Hrsg.): ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Oslo, Norway. 11.06.-15.06.2018, 2018, V006T05A026

Frackowiak, W.; Barton, S.; Bruchwald, O.; Reimche, W.; Zaremba, D.: Entwicklung einer Hochfrequenz-Induktionsthermografie und -Wirbelstromtechnik zur Fehlerprüfung und Charakterisierung der Schichtsysteme von Triebwerksbeschauelung im Schaufelkanal. In: DGZfP-Jahrestagung 2018. 7. bis 9. Mai nach Leipzig. DGZfP, Berlin, 2018

Gerstein, G.; Briukhanov, A.; Gutknecht, F.; Volchok, N.; Clausmeyer, T.; Nürnberger, F.; Tekkaya, A. E.; Maier, H. J.: Evaluation of micro-damage by acoustic methods. In: 17th International Conference on Metal Forming. Metal Forming 2018. Toyohashi, Japan. 16.09.-19.09.2018, 2018, S. 527-534

Golovko, O. M.; Frolov, Y. V.; Andreiev, V. V.; Klose, C.; Nürnberger F.: Manufacturing of seamless tubes of the alloy Al-5Mg-0,2Sc by direct extrusion and sink drawing. In: Materials Science and Engineering, MSE 2018. European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes. Darmstadt. 26-28.09.18, 2018

Gutknecht, F.; Gerstein, G.; Traphöner, H.; Clausmeyer, T.; Nürnberger, F.: Experimental setup to characterize flow-induced anisotropy of sheet metals. In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 418. International Deep Drawing Research Group 37th Annual Conference. Waterloo, Kanada. 03.06.-07.06., 2018, S. 12085

Hassel, T.; Klimov, G.; Beniyash, A.: Beam extraction using non vacuum electron beam by reduced acceleration voltage, Journal of Physics: Conference Series 1109, 2018

Herbst, S.; Nürnberger, F.: Characterization of Heat Transfer in Complex Air-Water Spray Quenching Set-Ups. In: QDE2018, International Conference on Quenching and Distortion Engineering. Nagoya, Japan, 2018, S. 21

Hordych, I.; Bild, K.; Boiarkin, V.; Rodman, D.; Nürnberger, F.: Phase transformations in a boron-alloyed steel at high heating rates. In: Mori, K.-I.; Abe, Y.; Maeno, T. (Hrsg.): Proceedings of the 17th International Conference on Metal Forming. Metal Forming 2018. Toyohashi, Japan. 16.09.-19.09.2018, 2018, S. 1062-1070

Hordych, I.; Rodman, D.; Nürnberger, F.; Schmidt, H. C.; Orive, A. G.; Homberg, W.; Grundmeier, G.; Maier, H. J.: Influence of heat-pretreatments on the microstructural and mechanical properties of galfan-coated metal bonds. In: Fratini, L. et al. (Hrsg.): Proceedings of the 21st International ESAFORM Conference on Material Forming. ESAFORM 2018. Palermo. AIP Conference Proceedings 1960 (1), 2018, S. 40007

Klett, J.; Hassel, T.: Schweißen unter Wasser als Fertigungs- und Reparaturverfahren, und was der Werkstoff dazu sagt. In: 22. Kolloquium Reparaturschweißen. Halle (Saale), 2018, S. 37-42

Klimov, G.; Maier, H.-J.; Beniyash, A.; Hassel, T.: Fluxless Brazing of aluminum alloys using non vacuum electron beam by 60kV acceleration voltage, Journal of Physics: Conference Series 1109, 2018

Krooß, P.; Lauhoff, C.; Paulsen, A.; Frenzel, J.; Somsen, C.; Langenkämper, D.; Reul, A.; Schmahl, W.; Karsten, E.; Maier, H.; Niendorf, T.: Effect of the heating-cooling rate on the functional properties of Ti-Ta-Al HT-SMAs. In: Patoor, E.; Ben Zineb, T. (Hrsg.): ESOMAT 2018, 11th European Symposium on Martensitic Transformations. Metz, France. 27.08.-31.08., 2018

Langenkämper D., Paulsen A., Somsen C., Frenzel J., Karsten E., Maier H. J., Eggeler G.: Synchrotron radiation and transmission electron microscopy investigations on the formation and dissolution temperatures of the w-phase in Ti-Ta high temperature shape memory alloys. In: Patoor, E.; Ben Zineb, T. (Hrsg.): ESOMAT 2018, 11th European Symposium on Martensitic Transformations. Metz, France. 27.08.-31.08., 2018

Nothdurft, S.; Ohrdes, H.; Twiefel, J.; Wallaschek, J.; Mildebrath, M.; Maier, H. J.; Hassel, T.; Overmayer, L.; Kaierle, S.: Influence of ultrasonic amplitude and position in the vibration distribution on the microstructure of a laser welded aluminum alloy. In: International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics, ICALEO 2018. Orlando, FL. USA. 14.10.-18.10.2018, 2018

Panchenko E., Timofeeva E. E., Chumlyakov Y. I., Osipovich K. S., Larchenkova N. G., Pichkaleva M. V., Tokhmetova A. B., Gerstein G., Maier H. J.: Stress-induced martensite ageing in single crystals of Ni-based Heusler alloy: processing, effect of orientation and functional properties. In: Patoor, E.; Ben Zineb, T. (Hrsg.): ESOMAT 2018, 11th European Symposium on Martensitic Transformations. Metz, France. 27.08.-31.08., 2018

Reich, M.; Schumacher, P.; Klett, J.; Hassel, T.; Khazan, P.; Keßler, O.: Entwicklung eines numerischen Simulationsmodells für das nasse Unterwasserschweißen von höherfesten Spundwandstählen. In: Schafstall, H.; Wohlmuth, M. (Hrsg.): 19. RoundTable Simulating Manufacturing. Tagungsband 16.-17. Mai 2018, Congresszentrum Marburg. Marburg. 16.05.-17.05.2018. Simufact Engineering GmbH, Hamburg, 2018, S. 122-132

Schmidt, H. C.; Homberg, W.; Orive, A. G.; Grundmeier, G.; Hordych, I.; Maier, H. J.: Cold pressure welding of aluminium-steel blanks: Manufacturing process and electrochemical surface preparation. In: Fratini, L. et al. (Hrsg.): Proceedings of the 21st International

ESAFORM Conference on Material Forming. ESAFORM 2018. Palermo. AIP Conference Proceedings 1960 (1), 2018, S. 50007

Schöler, S.; Yilkiran, D.; Wulff, D.; Özkaya, F.; Möhwald, K.; Behrens, B.-A.; Maier, H. J.: Selective oxidation of tool steel surfaces under a protective gas atmosphere using inductive heat treatment. In: Vollertsen, F. et al. (Hrsg.): 5th International Conference on New Forming Technology, ICNFT 2018. Bremen. 18.09.-21.09., 2018, S. 14003

Siegmund, M.; Golovko, O.; Pappa, J.; Chugreev, A.; Nürnberger, F.; Behrens, B. A.: Effect of Manganese on Nitriding and Softening Behaviour of Steel AISI H10 Under Cyclic Thermal Loads. In: Schmitt, R.; Schuh, G. (Hrsg.): Advances in Production Research. WGP 2018. Aachen. 19.11.-20.11.18, 2018, S. 423-432

Timofeeva, E.; Panchenko, E.; Larchenkova, N. G.; Chumlyakov, Y.; Maier, H.: Two-way shape memory effect in [001]-oriented Ni49Fe18Ga-27Co6 single crystals. In: Patoor, E.; Ben Zineb, T. (Hrsg.): ESOMAT 2018, 11th European Symposium on Martensitic Transformations. Metz, France. 27.08.-31.08., 2018

### Vorträge

Barton, S.: Bainit-Sensortechnik zur Überwachung und Regelung von Gefügeausbildungen, DGZfP Arbeitskreis Niedersachsen, 28.06.2018

Hassel, T.: Werkstofftechnische Herausforderung – nasses Unterwasserschweißen, 15. SWB Tagung 2018 – Stahlwasser- und Wasserbau. Wismar, 06.02.-07.02.2018

### Wesentliche Neuanschaffungen

Kammerwerkzeug zum Verbundstrangpressen (SFB 1153)

Vakuumunterstützter Druckguss VDS ProVac PLC-350

Vakuum-Dosiereinheit Meltec AVD1000

Servohydraulisches Prüfsystem MTS Landmark™ 100

Einhausung für die Materialprüfung (GEMAC-Raumsystem) (inkl. Klimatisierung)

Material-Prüfmaschine ZwickRoell Z010

4 neue Metallographie-Kameras DP74



Neu im IW: Einhausung für die Materialprüfung, Metallographie-Kamera DP74. Fotos IW





## TEWISS

Technik und Wissen GmbH  
Ingenieurlösungen aus dem PZH

### TEWISS - Technik und Wissen GmbH Ein Unternehmen der Leibniz Universität Hannover

#### Transfer von Technik und Wissen aus der Wissenschaft in die Industrie

Die TEWISS – Technik und Wissen GmbH ist ein Tochterunternehmen der Leibniz Universität und wurde 2002 unter dem Namen PZH GmbH gegründet. Im Firmensitz im PZH in Garbsen arbeiten die insgesamt 15 Mitarbeiter in einem Umfeld, welches von Innovationen und vorwettbewerblichen Technologien geprägt ist. Dem Geschäftszweck entsprechend verfolgt die GmbH das Ziel, Technik und Wissen aus der Wissenschaft in die Industrie zu transferieren. Dies wird mit Hilfe verschiedener Geschäftsfelder (siehe Kasten) auf jeweils unterschiedliche Art und Weise verfolgt. Je nach Aufgabenstellung werden Aufträge durch die TEWISS GmbH allein, in Kooperation mit Forschungseinrichtungen oder auch im Verbund mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen bearbeitet.

#### Sondermaschinen und Ingenieurleistungen für die Industrie und die Wissenschaft

Im Geschäftsfeld Sondermaschinen und Ingenieurleistungen werden Maschinen und Anlagen wie z. B. Prüfmaschinen, Prototypen, Produktionsmaschinen sowie Roboterzellen und Vorrichtungen für die Industrie sowie für wissenschaftliche Einrichtungen entwickelt und gebaut. Zum Leistungsumfang gehören die Konzepterstellung gemeinsam mit dem Kunden, die Konstruktion (Mechanik und Elektrik), der Anlagenbau (Steuerung und Mechanik), die Programmierung der Steuerung und der Benutzeroberfläche, die Inbetriebnahme beim Kunden sowie die Schulung der zukünftigen Bediener. Neben dem Bau von schlüsselfertigen Anlagen bietet die TEWISS GmbH Ingenieurleistungen als Einzelleistungen an. Typische Beispiele sind die Entwicklung von Mess- und Regelungstechnik im Kundenauftrag, die Erbringung von Konstruktionsleistungen oder die Programmierung von Steuerungen und Mikrocontrollern. Die TEWISS GmbH ist im gesamten Bundesgebiet sowie im angrenzenden Ausland tätig. Projekte werden z. B. als Kundenauftrag oder in Form von geförderten Ko-

operationsprojekten bearbeitet. Die TEWISS GmbH bietet ihre Leistungen für die Industrie, für das Handwerk und für wissenschaftliche Institute und Einrichtungen an.

#### Hohe Nachfrage nach Automatisierungstechnik

Gegenstand aktueller Aufträge und erstellter Angebote sind weiterhin die Automatisierung von Produktionsprozessen unter Einsatz von High-End-Automatisierungslösungen und digitalen Technologien. Anspruchsvolle, entwickelte Konzepte für Maschinensteuerungen und Roboterzellen ermöglichen einen zunehmend autonomen Anlagenbetrieb und tragen wesentlich zur Realisierung von sogenannten „Smart Factories“ bei, in welchen Produkte mit hohem Automatisierungsgrad prozesssicher hergestellt werden. Ein weiterer zukunftsreicher Aspekt ist die Bearbeitung von flexiblen Losgrößen. Automatische Rüst- und Programmiervorgänge erlauben die Umsetzung von Losen mit Stückzahlen zwischen 1 und > 1.000. Der vierten industriellen Revolution Rechnung tragend nutzen die Ingenieure der TEWISS GmbH moderne, verfügbare Technologien, um diese zu hochproduktiven, flexiblen und automatisch gesteuerten Anlagen zusammenzusetzen. Dem anhaltenden industriellen Trend zur „Mass Customisation“, also der Fertigung von individuellen Einzelstücken unter industriellen Bedingungen, begegnet die TEWISS GmbH mit der Entwicklung von Anlagen sowie Steuerungstechnik zum 3D-Drucken von Bauteilen. In der jüngeren Vergangenheit wurden bereits verschiedene Projekte zu diesem Thema erfolgreich abgeschlossen. Das Spektrum der Werkstoffe, welche von den bereits realisierten Anlagen verarbeitet werden können, reicht von Stahl (Lichtbogen-Drahtauftragsschweißen) über Kunststoff bis hin zu Schokolade!

#### Gemeinsam Hindernisse überwinden

Viele Unternehmen suchen nach neuen Wegen für die eigene Weiterentwicklung oder benötigen Hilfe bei der Umsetzung von Entwicklungsvorhaben. Häufig ist im Tagesgeschäft keine



Foto: Leo Menzel

Das Team der TEWISS GmbH.

Zeit, sich mit der Recherche nach neuen Technologien zu beschäftigen, und nicht immer ist dafür auch das geeignete Personal vorhanden. In so einer Situation können Schwierigkeiten oft mit Hilfe von außen überwunden werden. Im Geschäftsfeld Technologietransfer erbringt die TEWISS GmbH daher Beratungsleistungen zu den Themen Produktionstechnik, allgemeiner Maschinenbau und Elektrotechnik vorwiegend für Unternehmen aus der Region Hannover und angrenzenden Landkreisen. In Kooperation mit Wirtschaftsförderern und Netzwerken werden Betriebe besucht, welche nach Ideen für die eigene Weiterentwicklung suchen oder Hilfe bei der Realisierung von vorhandenen Ideen oder konkreten technischen Problemen im Unternehmen benötigen. Die Beratungsleistungen der TEWISS GmbH umfassen Unterstützung bei der Strukturierung und Priorisierung von Zielen, praktische und theoretische Machbarkeitsstudien, die Recherche von existierenden technischen Lösungen, die Vermittlung von Partnern sowie die eigenständige Erbringung von Ingenieurleistungen und Leistungen im Sondermaschinenbau. Die Möglichkeiten zur Inanspruchnahme von Fördermitteln werden dabei berücksichtigt. So individuell die Beratungen sind – die Findung von konkreten und umsetzbaren Lösungen steht immer im Mittelpunkt.

#### Der TEWISS Verlag - Publikationen zu Technik und Wissen

Mit der Firmengründung wurde im Jahr 2002 auch der PZH Verlag gegründet. Das Ziel war die Publikation von Dissertationen und Habilitationen, Tagungsbänden und Projektberichten sowie vorlesungsbegleitenden Materialien aus dem PZH. Mittlerweile veröffentlicht der Verlag nicht nur wissenschaftliche Schriften aus dem PZH, sondern aus verschiedenen Instituten und Fakultäten der Leibniz Universität Hannover sowie anderen wissenschaftlichen Einrichtungen aus der Region Hannover sowie dem Bundesgebiet. Auch für interessierte gewerbliche Kunden werden die Leistungen des Verlags angeboten. Bisher sind über 700 Bücher zu ingenieurwissenschaftlichen,

naturwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Themen im Verlag erschienen. Seit 2018 wird der Verlag – übereinstimmend mit dem Firmennamen – unter dem Namen TEWISS Verlag geführt. Mit über 70 Veröffentlichungen ist das Geschäftsjahr 2018 das erfolgreichste Jahr in der Verlagsgeschichte. Auch in diesem Jahr tritt eine bedeutende Neuerung in Kraft: wissenschaftliche Ergebnisse werden künftig nicht nur als Printpublikationen erhältlich sein, sondern können auch als elektronische Publikationen bezogen werden. Derzeit laufen die letzten Vorbereitungen zur Publikation der Verlags-Neuerscheinungen als E-Books. Diese werden dann über ein Web-Portal der TIB Hannover, der weltweit größten Fachbibliothek für Technik und Naturwissenschaften, zum Erwerb und sofortigen Download angeboten.

Hat unser Leistungsangebot Ihr Interesse geweckt? Sprechen Sie uns gerne an!

#### Die TEWISS GmbH in Zahlen und Fakten

Gesellschafter: Leibniz Universität Hannover  
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Jan Jocker  
Mitarbeiter: 15  
Gesamtleistung in 2017: 2,047 Mio Euro

Geschäftsfelder: Sondermaschinenbau  
und Ingenieurleistungen  
Technologietransfer  
Wissenschaftsverlag  
Gebäudevermietung  
und Gebäudemanagement  
Servicedienstleistungen für  
Institute und Mieter des PZH

# Unternehmen am PZH



## FAUSER AG

Die FAUSER AG ist bereits seit 1994 ein international tätiger Softwarehersteller und Lösungsanbieter für mittelständische Industrieunternehmen. An sechs Standorten in Deutschland entwickelt, vertreibt und wartet die FAUSER AG Softwarelösungen für die Produktion.

Der Umfang der kompletten Softwarelösung FAUSER Suite besteht aus vier Grundmodulen. Während FAUSER ERP Ihre Auftragsabwicklung organisiert, erleichtert FAUSER MES es Ihnen, Ihre Fertigungsfeinplanung im Auge zu behalten. Das Programmmodul FAUSER MDC wiederum gewährleistet die reibungslose Betriebs- bzw. Maschinendatenerfassung. Viertes Modul ist FAUSER EAI, welches für eine problemlose Softwareintegration von bereits bestehenden Softwaresystemen sorgt.

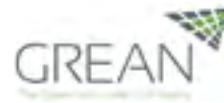
Ergänzt werden diese Produkte durch zusätzliche Add-ons. Mittels dieses modularen Aufbaus ist es Ihnen möglich, auf Ihren Betrieb zugeschnitten, erfolgsbestimmende Faktoren wie Flexibilität, Schnelligkeit, Effizienz und Sicherheit einfach und schnell Ihrem Unternehmen bereitzustellen.

### Kontakt Garbsen

FAUSER AG  
Dr.-Ing. Florian Winter  
Tel.: 08105 77 98 0  
Fax: 08105 77 98 77  
Mail: anfrage@fauser.ag  
Web: www.fausser.ag

### Kontakt Zentrale

FAUSER AG  
Talhofstraße 30  
82205 Gilching



## Grean GmbH

Die GREAN GmbH unterstützt produzierende Unternehmen bei der Gestaltung schlanker und nachhaltiger Wertschöpfungsprozesse. Damit verknüpfen wir die Prinzipien „Lean“ und „Green“ zu einem schlüssigen Gesamtangebot für Produktionsunternehmen.

Als Berater planen wir Fabriken und entwickeln Strategien, zum Beispiel für eine optimierte Produktionsgestaltung und Energieeffizienz.

Die Ideen und Strategien setzen wir mit unseren Partnern in die Produktionswirklichkeit um und sorgen dafür, dass Mitarbeiter den Veränderungsprozess mittragen. Kurzum: Wir steigern die Wertschöpfung, etablieren operative Exzellenz und machen eine Fabrik gleichzeitig ökologischer. Der Nutzen unserer Kunden liegt auf der Hand – sie können einfach effizienter produzieren.

**Kontakt** Grean GmbH  
Dr.-Ing. Serjoshia Wulf  
Tel.: 0511 762 182 90  
Mobil: 0176 100 809 23  
Mail: info@grean.de  
Web: www.grean.de



## Materialprüfanstalt für das Bauwesen und Produktionstechnik (MPA HANNOVER)

### Betriebsstätte Garbsen

Die MPA HANNOVER ist für Industrie, Handel und Gewerbe tätig. Aufgabe der MPA ist es, die Wirtschaft in der Qualitätssicherung zu unterstützen und Verbraucher vorbeugend gegen Gefahren zu schützen. Zum Leistungsspektrum gehören alle Formen der Konformitätsbewertung wie Inspektions-, Prüf- und Zertifizierungstätigkeiten.

Im Rahmen verschiedener Verordnungen werden in der Betriebsstätte Garbsen technische Abnahmen von Rohrleitungen und technischen Anlagen durchgeführt sowie die damit in Verbindung stehende Schweißtechnik und Schweißer, auch mit Hilfe von zerstörungsfreien Prüfungen (ZfP), überprüft. Ebenfalls werden in der Betriebsstätte verschiedenste Produkte (bspw. Schleifscheiben, Kfz-Kennzeichen, Halbzeuge und Bauteile aus Metall und Kunststoff) geprüft. Darüber hinaus bietet die MPA ZfP-Kontrollkörper nach EN ISO 3452-3 sowie Muster- und Chargenprüfungen für ZfP-Eindringmittel nach EN ISO 3452-2 an.

Für die Durchführung der Prüfungen ist das Labor der MPA nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS akkreditiert, ebenso gibt es eine Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17020 für Inspektionstätigkeiten bei den o.g. technischen Abnahmen und Geokunststoffen.

Die MPA ist ein kompetenter Partner der Industrie für Qualitätssicherung und arbeitet als Landesbetrieb konsequent kundenorientiert.

**Kontakt** Materialprüfanstalt für das Bauwesen und Produktionstechnik MPA HANNOVER Betriebsstätte Garbsen  
Dipl.-Ing. Karsten Klünder  
Tel.: 0511 762 43 62  
Fax: 0511 762 30 02  
Mail: office.garbsen@mpa-hannover.de  
Web: www.mpa-hannover.de



## Picum MT GmbH

Die Picum MT GmbH ist eine Ausgründung des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen mit Sitz im Produktionstechnischen Zentrum in Garbsen bei Hannover und wurde am 26.07.2017 während eines EXIST-Forschungstransfers gegründet. Der Produktfokus des High-Tech-Unternehmens ist die Herstellung und der Vertrieb von mobilen Präzisionsmaschinen. Frei nach dem Motto: „Maschine zum Bauteil“ statt „Bauteil zur Maschine“ hat Picum ein System aus Hardware und Software realisiert, das in einem Kleintransporter oder sogar in einen kleinen Flugfrachtcontainer passt. Das System wird einfach zum Bauteil gebracht und erledigt die entsprechenden Arbeiten dann viel schneller, mit höchster Präzision und vollautomatisch. Demnach bietet Picum MT den Kunden ein Bearbeitungssystem für große Bauteile und komplexe Bearbeitungsaufgaben an, welches den Einsatz herkömmlicher großer Werkzeugmaschinen und langwierige Transporte überflüssig macht sowie ein bisher unerfülltes Kundenbedürfnis in der industriellen Produktion erfüllt. Die Picum MT GmbH ist seit dem 01.02.2018 operativ selbstständig tätig und hat ebenfalls in 2018 erste Umsätze erzielt.

Das Picum-Team besteht aus 12 Mitarbeitern und wurde für das Produkt sowie das Unternehmenskonzept vielfach ausgezeichnet. Picum ist Gewinner des „Weconomy Awards“ 2017 und konnte einen Hauptpreis beim renommierten Gründerwettbewerb „Digitale Innovationen“ gewinnen. Weitere Auszeichnungen sind der „Inno-Award“, der „Industriepreis 2018“ und der Gewinn bei „Start-Up-Impuls“ sowie der zweite Platz beim „Innovationspreis Göttingen“. Picum war Finalist beim höchstdotierten Start-Up-Wettbewerb „StartMeUp!“. Des Weiteren wurde Picum MT für den „Niedersächsischen Innovationspreis 2018“ nominiert und ist außerdem ein „Ausgezeichneter Ort im Land der Ideen 2018“ sowie eines der Top 50 Startups 2018 (fuer-gruender.de).

**Kontakt** Picum MT GmbH  
Dr.-Ing. Dominik Brouwer  
Tel.: 0511 762 4569  
Mail: d.brouwer@picum-mt.com  
Web: www.picum-mt.com/



## Proing Produktionsberatung

Die Proing Produktionsberatung ist Beratungs- und Engineering-Dienstleister. Proing unterstützt seine Kunden aus unterschiedlichen Branchen in anspruchsvollen Planungs-, Realisierungs- und Optimierungsprojekten.

### Unsere Kompetenzen:

- ▶ **Fabrikplanung** – Struktur- und Layoutplanung, Prozess-/Kapazitätsplanung, Wirtschaftlichkeitsbewertung, Standortanalyse/-bewertung, Investitionsplanung, Verlagerungs-/ Anlaufmanagement, Umsetzungsunterstützung / Projektmanagement
- ▶ **Logistikplanung** – I4.0-Logistikprozesse, Logistikkonzepte, Supply Chain Management (SCM), Produktionsplanung und -steuerung (PPS), Logistisches Controlling
- ▶ **Technologie- / Anlagenplanung** – I4.0-Konzepte, innovative Anlagen- und Automatisierungskonzepte, Industrialisierungskonzepte, Wirtschaftlichkeitsbewertung, Lastenhefte und Ausschreibungsunterlagen
- ▶ **Strategie- und Prozessberatung** – Strategieentwicklung, Prozessentwicklung, Organisationsoptimierung, Produktionsoptimierung / Lean Production, Projektmanagement

### Ausgewählte Referenzprojekte 2018:

- ▶ Konzeptplanung für einen neuen Unternehmensstandort (Produktions-, Logistik-, Bürogebäude) für einen Anlagenhersteller.
- ▶ Organisation und Moderation eines Technologieevents in der Luftfahrtindustrie zum Thema thermoplastischer Rumpf.
- ▶ Wirtschaftliche und technische Bewertung einer Produktionsverlagerung in ein Best Cost Country für einen führenden Schleifmittelhersteller.
- ▶ Ausbringungssteigerung bei einem Präzisionswerkzeughersteller durch Einführung eines Shop Floor Managements.
- ▶ Unterstützung eines Energienetzbetreibers bei der Entwicklung einer Sourcing Strategie für ein internationales Kabelgroßprojekt.
- ▶ Entwicklung eines übergeordneten Prozesses für die effiziente Investitionsplanung und Beschaffung von Anlagen und Maschinen.

Gerne unterstützen wir Sie mit unserer Erfahrung und Fachkompetenz bei Ihren Herausforderungen.

**Kontakt** Proing Produktionsberatung  
Dr.-Ing. Gregor Drabow  
Tel.: 0511 762 18201  
Dr.-Ing. Carsten Begemann  
Tel.: 0511 762 18202  
Mail: info@pro-ing.de  
Web: www.pro-ing.de



## ProWerk GmbH

Zu den Hauptaktivitäten der ProWerk GmbH zählt die Unterstützung von Entwicklungsprojekten von der Marktanalyse bis hin zum Aufbau eines Prototyps unter ständiger Überwachung von Herstellkosten und Terminen. Hierbei analysiert ProWerk alle an der Wertschöpfung beteiligten Prozesse und Vorgänge und liefert konkrete technische Lösungen, mit denen Bauteile, Baugruppen und Prozesse kostengünstiger und effizienter gestaltet werden können.

Über die Analyse bestehender Wertschöpfungsketten hinaus werden auch zukünftige Entwicklungsvorhaben und Kostensenkungsprojekte nachhaltig unterstützt. Für wissensbasierte Einkaufsverhandlungen mit Lieferanten liefert ProWerk Best-Case-Kalkulationen der Herstellkosten wichtiger Zukaufteile und -baugruppen.

Zudem steigert ProWerk die unternehmensübergreifende Kostentransparenz zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung. Hierfür setzen die ProWerk-Ingenieure den eigens entwickelten Kostennavigator ein, eine Methode zur Prognose der Gesamtherstellkosten der Entwicklungsobjekte. Eine konsequente Weiterentwicklung der Methoden ist die entwicklungsbegleitende Hochrechnung und Minimierung der Lebenszykluskosten (LCC), die ein wesentliches Maß zur Beurteilung des Kundennutzens und somit zunehmend ausschlaggebend für Kaufentscheidungen sind. Aus diesem Grund analysiert und optimiert ProWerk Entwicklungsprojekte nach der erweiterten Design-to-LCC Methode – getreu dem Motto der ProWerk-Ingenieure: *answers while engineering.*

Eine zielgerichtete Produktentwicklung bewirkt neben kosten- und nutzenoptimierten Produkten erfahrungsgemäß auch eine deutliche Reduzierung der Entwicklungsdauer.

**Kontakt** ProWerk GmbH  
Dr. Heiko Noske  
Tel.: 07000 776 93 75  
Fax: 07000 776 93 75  
Mail: info@prowerk.eu  
Web: www.prowerk.eu



**tecodrive**

tecodrive ist ein Spin-Off des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover. Das Unternehmen wurde 2011 von drei Partnern gegründet und entwickelt, produziert und vertreibt revolutionäre Produkte aus dem Umfeld von Umformmaschinen. Weiter werden Entwicklungs-Leistungen für Dritte mit dem Schwerpunkt Antriebs- und Regelungstechnik für Umformmaschinen und andere mit Linearmotoren angetriebene Maschinen angeboten.

tecodrive fertigt und vertreibt den kontaktfreien Vorschub für Umformmaschinen flexfeed. Im Gegensatz zu herkömmlichen Vorschüben mit Walzen oder Zangen transportiert der kontaktfreie Vorschub elektrisch leitfähige Bänder mittels elektromagnetischer Kräfte in Pressen oder Stanzen. Empfindliche Materialien und Oberflächen werden dabei nicht beschädigt. Der Vorschub ist bis zu doppelt so schnell wie mechanische Geräte und verbraucht spürbar weniger Energie. Da die Konstruktion mit wenig bewegten Teilen auskommt werden Wartungskosten und Standzeiten minimiert. Der kontaktfreie Vorschub ist seit 2013 im Markt und hat sich bei Kunden wie Trilux und Volkswagen über mehrere Jahre bewährt.

**Kontakt** tecodrive GmbH  
 Hans-Jörg Lindner  
 Tel.: 05131 44 76 931  
 Fax: 05131 44 20 933  
 Mail: lindner@tecodrive.com  
 Web: www.tecodrive.com



**trimetric 3D Service GmbH**

Die trimetric 3D Service GmbH bietet Dienstleistungen in der optischen 3D Messtechnik, Flächenrückführung und Qualitätskontrolle an. Die Einbindung von 3D Qualitätsuntersuchungen dient einer frühen Fehlererkennung in der Fertigung. Der schnelle Abgleich von Soll- und Ist-Daten beschleunigt den Entwicklungsprozess. Trimetric erstellt flächenrückgeführte CAD Daten (Catia V4-5, ProE, Creo etc.), die bei Prototypen, Designmustern und Werkzeugänderungen oftmals nicht vorliegen.

**Leistungen:**

- ▶ 3D Messen: Digitalisierung (optisch), digitale Photogrammetrie
- ▶ CAD Konstruktion:
- ▶ Reverse Engineering/Flächenrückführung
- ▶ Qualitätskontrolle: Computer Aided Verification, 3D Inspektion

**Kontakt** trimetric 3D Service GmbH  
 Alexander Thiele  
 Tel.: 0511 762 182 20  
 Fax: 0511 762 182 22  
 Mail: info@trimetric.com  
 Web: www.trimetric.com

# Anreise

**Produktionstechnisches Zentrum Hannover  
 An der Universität 2  
 30823 Hannover**

**... mit der Bahn**

Am Hauptbahnhof den Ausgang „Ernst-August-Platz“ nehmen, weitergehen zur Stadtmitte, zum „Kröpcke“. Dort die Linie 4, Richtung Garbsen bis Haltestelle „Schönebecker Allee“ (gut 25 Minuten), nehmen.

Der Fußweg über die Autobahnbrücke dauert etwa 10 Minuten. Alternativ steht ein Shuttle zur Verfügung: Die Linie 404 verbindet, getaktet auf die Linie 4, das PZH mit der Haltestelle „Schönebecker Allee“. Die eingesetzten Großraumtaxi starten direkt an der U-Bahnhaltestelle und fahren werktags von halb acht bis 18 Uhr.

**... mit dem Auto**

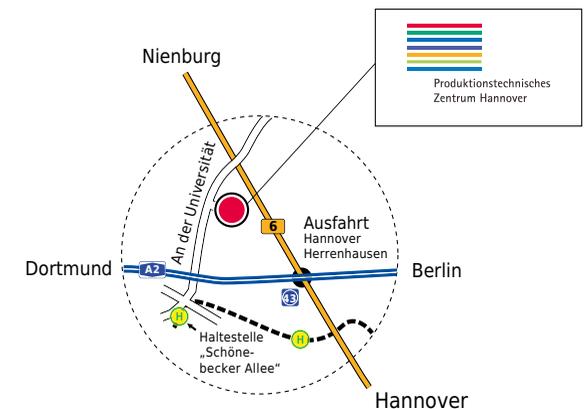
Auf der A2 bis Ausfahrt Hannover-Herrenhausen, auf die B6 Richtung Nienburg/Garbsen-Ost; an der dritten Ampel links abbiegen in die Straße „An der Universität“. Folgen Sie der Straße bis zur zweiten Ampelkreuzung. Dort finden Sie Besucherparkplätze.

**... mit dem Flugzeug**

Vom Flughafen Hannover-Langenhagen mit der S-Bahn S5 bis Hannover Hauptbahnhof (ca. 16 Minuten). Dann weiter wie „... mit der Bahn“.



Foto: sliwonik.com



# Impressum

Herausgeber: Produktionstechnisches Zentrum der Leibniz Universität Hannover (PZH)  
Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier  
Prof. Dr.-Ing. Annika Raatz  
(Vorstandssprecher 2018 / 2019)

An der Universität 2  
30823 Garbsen  
[www.pzh.uni-hannover.de](http://www.pzh.uni-hannover.de)

Redaktion und Text: PZH Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation  
Julia Förster  
[presse@pzh-hannover.de](mailto:presse@pzh-hannover.de)  
Tel.: 0511 762 5208

Grafik: PZH Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation  
Martin Türk

Fotografie: Nico Niemeyer  
Leo Menzel  
China Hopson  
Sophie Peschke  
Christian Wyrwa  
Dorota Sliwonik

Illustration: Dorota Gorski, [www.dorotagorski.de](http://www.dorotagorski.de)

Druck Druckteam Hannover

Verlag: Erschienen im TEWISS Verlag



TEWISS – Technik und Wissen GmbH  
An der Universität 2 | 30823 Garbsen  
[www.tewiss.uni-hannover.de](http://www.tewiss.uni-hannover.de)  
[info@tewiss.uni-hannover.de](mailto:info@tewiss.uni-hannover.de)  
ISBN 978-3-959-310-0

Das PZH-Magazin 2019 ist auf Recycling-Papier  
„RecyStar Nature weiß matt“ gedruckt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in  
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische  
Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte,  
auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe, der Speicherung  
in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung des  
vollständigen Werkes oder von Teilen davon, sind vorbehalten.

