

Das Magazin des Produktionstechnischen Zentrums der Leibniz Universität Hannover / Jahresbericht 2020

#### Resilient werden!

Mehr Widerstandskraft in der Produktionstechnik









### **HEIDENHAIN**

Ein Untemehmen mit Perspektiven www.heidenhain.de/karriere



### Der 360° Blick auf die Werkstatt Prozesse digital beherrschen

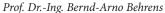
Antriebstechnik sowie Längen- und Winkelmessgeräte von HEIDENHAIN sind weltweit maßgeblich für die Genauigkeit und Performance von Werkzeugmaschinen. HEIDENHAIN-Steuerungen für Fräs- und Drehmaschinen zeichnen sich durch ihre einfache, anwenderorientierte Bedienung und ihre genaue Bewegungsführung aus.

Auf Basis dieses Erfahrungsschatzes entwickeln wir zukunftsfähige Lösungen für die Digitale Werkstatt. Dazu gehören Hardware und Software im maschinennahen Umfeld,

Beratung, Online-Services und vieles mehr. Sie bilden die komplette Prozesskette von der Angebotserstellung bis zur Auslieferung vollständig ab, schaffen Transparenz und optimieren Abläufe.

Das fundierte Know-how des HEIDENHAIN-Teams rund um die Werkzeugmaschine und den Arbeitsalltag in der Werkstatt, kombiniert mit frischen, kreativen Ideen, verschafft die entscheidenden Vorteile bei der Entwicklung von praxisnahen Angeboten für die Digitalisierung.







Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena

Liebe Leserinnen und Leser,

der thematische Schwerpunkt dieses Heftes widmet sich der Resilienz. Sie ist die Kraft, die uns helfen wird, den Auswirkungen der Krise, die wir gerade gemeinsam durchleben, zu widerstehen und gestärkt aus ihr hervorzugehen. Dass Resilienz kein abstrakter Begriff, sondern gelebte Wirklichkeit ist, dafür liefert die produktionstechnische Industrie seit Beginn der Pandemie ein eindrucksvolles Beispiel. Die meisten Unternehmen haben auf die Lockdowns und die Bedrohung ihrer Lieferketten und Absatzmärkte schnell, flexibel und effizient reagiert. Die Industrie erweist sich auch in diesen schwierigen Zeiten als zuverlässiger Motor von Wirtschaft und Gesellschaft.

Doch die Warnzeichen sind unübersehbar: Die Pandemie hat die Störanfälligkeit der globalisierten Produktion offengelegt. Vor diesem Hintergrund ist Resilienz kein einmal erreichter Zustand, sondern ein Prozess, der sich den permanent wechselnden Herausforderungen dynamisch anpassen muss. Welche wissenschaftlichen Konzepte entwickelt werden, um durch Verbesserungen der Betriebsorganisation, Fabrikplanung, Logistik und Steuerungstechnik die Robustheit und Reaktionsschnelligkeit der Unternehmen weiter zu erhöhen, können Sie in diesem Heft lesen.

Natürlich ist Resilienz für uns im PZH nicht nur ein wissenschaftliches Thema, sondern eine Forderung, die wir im Zeichen der Pandemie auch selbst erfüllen. Während der Forschungsbetrieb in den Laboren und Versuchsfeldern weiterläuft – wenn auch unter den erschwerenden Bedingungen der Corona-Regeln –, sind die Hörsäle des im vergangenen Jahr erst eröffneten Campus Maschinenbau zur Zeit verwaist. In diesem Heft erfahren Sie, wie Dozenten und Studierende die Umstellung auf das digitale Lehren und Lernen meistern, so dass auch ohne Präsenzunterricht ein qualitativ hochwertiges Studium stattfindet. Ebenso intensiv engagieren wir uns dafür, dass die Transferprojekte und Kooperationen des PZH mit den Unternehmen der Region und darüber hinaus erfolgreich weiterlaufen. Denn beides – die Sicherung eines hochqualifizierten Ingenieurnachwuchses ebenso wie der intensive Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie – trägt wesentlich zur Resilienz des Wirtschaftsstandorts Deutschland bei. Das gilt auch für viele der Forschungsprojekte, die wir Ihnen in diesem Heft vorstellen: Das Spektrum reicht von einer ökologisch zukunftsfähigen Kunststoffherstellung bis zu neuartigen Roboterkonzepten, die eine flexiblere und ressourcenschonende Produktion erlauben.

Eine nicht nur anregende, sondern auch Zuversicht erweckende Lektüre wünschen Ihnen im Namen des PZH

Bernd-Arno Behrens Vorstandssprecher 2020 Berend Denkena Vorstandssprecher 2021

B. Denling









#### Panorama 2020 / 2021

- 6 PZH Meldungen
- 10 Zu Gast bei Freunden
- 12 Ausgezeichnet
- 24 Fokus Forschung

### Mehr Widerstandskraft in der Produktionstechnik

#### 32 Resilienz - ein Konzept macht Karriere

Der Begriff Resilienz ist in aller Munde – aber wieso eigentlich?

#### 36 Das Unerwartete erwarten: Risiko-Stresstests für die Industrie

Interview mit Professor Peter Nyhuis, Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik.

#### 38 Fühlende Werkzeugmaschinen: Neue Konzepte steigern die Widerstandskraft

Interview mit Professor Berend Denkena, Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen.

#### 40 Kunststoff - Kreislaufwirtschaft als Schlüssel für die Zukunftsfähigkeit

Durch intelligentes Recycling und biologisch abbaubare Materialien ökologisch nachhaltig werden.

#### 43 Das Studium und die Pandemie: Lehren und Lernen im Ausnahmezustand

Die Lehre muss digital stattfinden: Ein Einblick in die Herausforderungen des Unterrichtens auf Distanz.

#### 46 Team schlägt Einzelkämpfer

Das Zusammenspiel mobiler Roboter steigert die Flexibilität und spart Ressourcen.

#### 48 Mit starkem Rückgrat durch die Krise

Wie man in den Betrieben auf die Krise reagiert und welche Themen den Unternehmern auf den Nägeln brennen.

#### 50 Kollege Cobot im Praxistest

In einem Technik-Transferprojekt demonstriert die TEWISS GmbH anhand von Anwendungsbeispielen, was Leichtbauroboter in mittelständischen Betrieben leisten können.

#### 52 Exzellenzcluster PhoenixD: Hier beginnt die Revolution der Optik

Im Exzellenzcluster arbeiten Forscher an Hochleistungsoptiken, die völlig neue Anwendungsfelder eröffnen.

#### **Jahresbericht 2020**

- 54 PZH Fakten und Zahlen
- 56 PZH Schwerpunkte für Industriekooperationen
- 58 Promotionen
- 59 Gäste
- 59 Seminare, Workshops, Konferenzen
- 60 Auszeichnungen
- 60 Patente

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

- **62 IFA** Institut für Fabrikanlagen und Logistik
- **68 IFUM** Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen
- 77 IFW Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen
- **90 IMPT** Institut für Mikroproduktionstechnik
- 96 IKK Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik
- **100 ITA** Institut für Transport- und Automatisierungstechnik
- **105** match Institut für Montagetechnik
- **110** IW Institut für Werkstoffkunde
- **118 TEWISS** Technik und Wissen GmbH
- 120 Unternehmen im PZH
- 122 Anreise / Impressum



Illustrationen: Sylwia Kubus

Redaktioneller Hinweis: Wir legen großen Wert auf eine gendersensible Sprache.

Da uns Sprachfluss, -logik und Lesbarkeit der Magazintexte wichtig sind, haben wir uns dennoch – in Übereinstimmung mit gängiger journalistischer Praxis – für das generische Maskulinum ("die Mitarbeiter", "die Forscher") als geschlechtsübergreifende Bezeichnung entschieden.

### Forschungsbau SCALE:

### Der Rohbau steht

Für die Erforschung von Produktionstechnik im XXL-Format entsteht neben dem Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) ein Gebäude im XXL-Format: der Forschungsbau SCALE. Der Rohbau steht, nun folgen Dach und Fassade, dann der Innenausbau. Die Eröffnung ist für Herbst 2022 geplant.

Exakt 65 Meter breit, gut 75 Meter lang und knapp 15 Meter hoch – das ist der Forschungsbau SCALE. In dem gewaltigen Gebäude ließen sich ohne weiteres vier Stockwerke unterbringen, so wie im benachbarten PZH. Im SCALE-Forschungsbau wird jedoch die gesamte Höhe genutzt, um skalierbare Produktionssysteme der Zukunft zu erforschen. In den beiden äußeren Hallenschiffen werden bewusst keine Zwischendecken eingezogen, hier bleiben 10 Meter Höhe unter dem Kranhaken für Maschinen und Demonstratoren – das ist deutlich mehr als in den Versuchshallen des PZH.

Unterteilt wird lediglich der mittlere Bereich: Hier wird im Obergeschoss ein Büroriegel geschaffen, der Arbeitsplätze für etwa 110 Wissenschaftler bietet. Unter diesem Büroriegel entstehen eine Hallenfläche mit etwa 5 Metern Höhe unter dem Kranhaken sowie ein XXL-Strahlenschutzraum, in dem Großbauteile durchstrahlt werden können, um Produktionsfehler zu erkennen. Allein für den Strahlenschutzraum wurden 850 Tonnen Spezialbeton und Stahlarmierungen verbaut. Im Erd-

geschoss des Forschungsbaus werden außerdem zwei Labore geschaffen: Ein Optischer Messraum und ein Labor für Beschichtungstechnik.

Maschinen für die XXL-Produktion

Insgesamt 14 Institute der Leibniz Universität Hannover werden den SCALE-Forschungsbau zusammen mit weiteren Forschungseinrichtungen nutzen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, eine skalenunabhängige und modulare Produktionstechnik zu erforschen. Bisher ist die Fertigung von Großbauteilen durch die Größe der eingesetzten Maschinen begrenzt. Eine Steigerung der Bauteilgröße erfordert vollkommen neue Fertigungskonzepte und -maschinen. In Zukunft soll die Fertigung von Großbauteilen beispielsweise durch eine intelligente Vernetzung vieler kleiner, mobiler und untereinander kommunizierender Fertigungseinheiten ermöglicht werden.



Text und Bilder: Susann Reichert



Die Labor- und Versuchsflächen in der Halle des SCALE-Forschungsbaus haben zusammen eine Nutzfläche von etwa 3.300 Quadratmetern. Dort werden später 11 Großgeräte stehen – von der skalierbaren Servopresse über mobile Fertigungsroboter bis hin zum 3D-Drucker im XXL-Format. Der gesamte Forschungsbau hat eine Nettogrundfläche von 7.970 Quadratmetern. Der Neubau und die Beschaffung der Großgeräte kosten knapp 50 Millionen Euro, die Kosten tragen das Land Niedersachsen und der Bund je zur Hälfte.

 $\mathbf{S}$  eit dem ersten Spatenstich ist etwas mehr als ein Jahr vergangen. In den Sommermo-

Ogangen. In den Sommermonaten wurden aufwendige Untergrundvorbereitungen durchgeführt, inzwischen steht bereits der komplette Rohbau. Aktuell beginnen die Arbeiten an der Fassade und am Dach. "Unter den momentanen Umständen liegen wir mit dem Bau sehr gut im Zeitplan", sagt Dr.-Ing. Mark Alan Swider, der das Projekt nutzerseitig koordiniert. "Eigentlich wollten wir im Sommer das Richtfest feiern – das müssen wir coronabedingt leider verschieben." Dr. Swider hofft, dass das Richtfest im Spätsommer im würdigen Rahmen nachgeholt werden kann.

Der technische Innenausbau des Forschungsbaus SCALE wird anschließend noch mehr als ein Jahr dauern – die Eröffnung ist für Herbst 2022 geplant.



#### Neuer Dekan der Fakultät für Maschinenbau: **Professor Peter Nyhuis**

Professor Peter Nyhuis, Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) im PZH, ist seit dem 1. Juli 2020 Dekan der Fakultät für Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover. Sein Vorgänger im Amt war Professor Jörg Wallaschek, der unter anderem für die Fertigstellung und den Bezug des Campus Maschinenbau verantwortlich zeichnete.

Als Dekan leitet Professor Nyhuis die Fakultät und vertritt sie nach außen. Das Dekanat ist verantwortlich für die Verwaltung und Organisation der Fakultät, die Personal- und Haushaltsmittel, Räume und Gebäude sowie für Promotionen und Habilitationen.

Professor Peter Nyhuis, geboren 1957, ist seit mehr als vier Jahrzehnten mit der Leibniz Universität Hannover verbunden. Hier studierte er von 1978 bis 1984 Maschinenbau und arbeitete im Anschluss als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA). Er promovierte 1991 bei Professor Hans-Peter Wiendahl und schloss im Jahr 1999 seine Habilitation für das Fachgebiet Produktionslogistik ab. Anschließend wechselte Nyhuis für einige Jahre in die Industrie, wo er als Führungskraft im Bereich Supply Chain Management in der Elektronik- und Maschinenbaubranche tätig war.

Seit 2003 leitet Professor Nyhuis das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) im PZH. Im Jahr 2008 übernahm er zudem die Funktion eines geschäftsführenden Gesellschafters des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH).



Professor Peter Nyhuis, Dekan der Fakultät für Maschinenbau.Foto: Christian Wyrwa

#### Professor Dr. Calà Lesina im Team von PhoenixD

Seit dem 1. Juli 2020 hat das Team des Exzellenzclusters PhoenixD ein neues Gesicht: Professor Dr. Antonio Calà Lesina ist im Bereich Optisches Design und Multiphysics Simulation tätig. Er arbeitet am Hannoverschen Zentrum für Optische Technologien (HOT) und ist zusätzlich dem Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Fakultät Maschinenbau zugeordnet. Mit Nanostrukturen beschäftigt sich Calà Lesina bereits seit vielen Jahren. Seinen Ph.D. an der Universität Trient im Bereich Informationsund Kommunikationstechnik absolvierte er zum Thema "Simulation von plasmonischen Nanostrukturen und photonischen Kristallen". Auch danach geriet das Thema nicht aus seinem Blickfeld: Während seiner fast siebenjährigen Postdoc-Anstellung an der kanadischen University of Ottawa beschäftigte er sich mit der Simulation von optischen Effekten in Nanostrukturen. Seine ausgeprägte Kompetenz im Bereich der Wellenoptik macht Professor Calà Lesina zu einer idealen Verstärkung des PhoenixD-Teams.



Professor Dr. Antonio Calà Lesina (Foto: Paul St George, University of Ottawa)

# Keimzelle des Erfolgs: Vor zwanzig Jahren wurde die PZH GmbH gegründet

Die ersten Planungen für ein produktionstechnisches Zentrum fanden bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts statt. Damals waren die produktionstechnischen Institute der Universität Hannover über die Nordstadt verstreut. Ungünstig war nicht nur die räumliche Zersplitterung, sondern auch die Enge, die den wachsenden Instituten immer mehr zu schaffen machte. Zudem wurde immer deutlicher, wie wichtig die Vernetzung und der interdisziplinäre Austausch über die fachlichen Grenzen hinweg für den wissenschaftlichen Fortschritt sind. In dieser Situation erarbeiteten die Leiter der produktionstechnischen Institute in den Jahren 1986 / 87 einen Vorschlag für ein Produktionstechnisches Zentrum der Universität Hannover, das ihre Einrichtungen unter einem Dach zusammenführen sollte. Als mögliches Baugelände fassten sie den Wissenschaftspark in Marienwerder oder alternativ ein Areal in Garbsen ins Auge, das bereits für Erweiterungen der Universität - vorzugsweise für den Maschinenbau - vorgesehen war. Federführend bei den Planungen war Prof. Hans-Peter Wiendahl vom Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA). Dieser erste Vorstoß führte allerdings noch nicht zum Erfolg, die Universität stellte den Vorschlag erst einmal zurück.

Doch die Belastungen durch die räumliche Situation wurden immer größer, so dass es Mitte der neunziger Jahre zu einem zweiten Anlauf kam. Die treibende Kraft war Prof. Hans Kurt Tönshoff, Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW), das seinen Standort damals in der Schloßwender Straße hatte. Unter dem Leitgedanken "Kooperation von Wissenschaft und Industrie unter einem Dach" gelang es Hans Kurt Tönshoff, der niedersächsischen Landesregierung, der Universität und Vertretern der niedersächsischen Wirtschaft das Potential eines künftigen Produktionstechnischen Zentrums als Ort wissenschaftlicher Spitzenforschung und industrieller Innovationen deutlich zu machen. Im Rahmen einer öffentlich-privaten Finanzierung (Public-Private-Partnership) konnte zunächst der Siemens-Konzern für eine Beteiligung gewonnen werden, andere Unternehmen folgten. Vor allem dieser industrielle Rückhalt wirkte sich günstig auf die ministeriellen und universitären Entscheidungsprozesse aus: Am 28. Februar 2001 wurde die PZH GmbH gegründet, deren alleinige Gesellschafterin die Universität war. Geschäftsführer wurde Dr. Hennig Ahlers vom IFW. Im selben Jahr wurde ein Kooperationsvertrag zwischen der Universität und der GmbH geschlossen. Heute firmiert die PZH GmbH unter dem Namen TEWISS - Technik und Wissen GmbH, die in den Bereichen Ingenieurleistungen, Sondermaschinenbau und Technologietransfer aktiv ist. Die Umbenennung fand 2013 statt.

Zu den gemeinsamen Zielen, die zwischen der Universität und der PZH GmbH vereinbart wurden, gehörten die Zusammenar-



Aus der Planungsphase: Das PZH als Computersimulation. Foto: Architekturbüro Henn

beit in Forschung und Lehre, die Förderung des Technologietransfers und nicht zuletzt die Errichtung eines Gebäudes in Garbsen, um dort das Produktionstechnische Zentrum unterzubringen. Gebaut wurde es vom Münchner Architekturbüro Henn, das aus einem Architektenwettbewerb, an dem sich sieben Büros beteiligt hatten, als Sieger hervorgegangen war. Der planerische Grundgedanke war, dem PZH eine Form zu geben, die die Prozesskette Lehre-Forschung-Anwendung widerspiegelt.

Am 13. September 2002 fand der erste Spatenstich in Garbsen statt, am 4. Juli des folgenden Jahres wurde das Richtfest gefeiert. Im April 2004 nahm das PZH mit damals sechs Instituten seinen Betrieb auf. Einige Zeit später konnten auch die ersten Unternehmen Büroräume und Laborflächen beziehen. Man hatte nicht nur die vorgesehene Bauzeit eingehalten, sondern die Baukosten sogar um 1,5 % unterschritten.

Heute arbeiten in den mittlerweile acht PZH-Instituten etwa 270 Wissenschaftler, rund 800 Maschinenbau-Studierende besuchen die hier angebotenen Lehrveranstaltungen. Am PZH sind neben

den Instituten und der TE-WISS GmbH mehrere Sonderforschungsbereiche und andere institutsübergreifende Kooperationsprojekte angesiedelt sowie acht Firmen bzw. Organisationen aus den Bereichen Produktion und Logistik. Aus der Idee der Kooperation unter einem Dach, die am Beginn des PZH stand, ist eine mittlerweile zwanzigjährige Erfolgsgeschichte geworden.



Eine Chronik des PZH wird demnächst im TEWISS-Verlag erscheinen. Der Autor ist Prof. Hans Kurt Tönshoff, der die entscheidenden Impulse für die Entstehung des PZH gab und seinen Aufbau federführend vorantrieb. Foto: IFW



#### Umformtechnik auf neuen Wegen:

#### Spannende Themen beim 23. Umformtechnischen Kolloquium Hannover

"Quo vadis, Massivumformung?" So lautete der Eröffnungsvortrag, den Dr. Frank Springorum, Vorstandsvorsitzender des Indu-

strieverbands Massivumformung, im März vergangenen Jahres beim 23. Umformtechnischen Kolloquium Hannover hielt. Die Frage zielte auf die Herausforderungen und Chancen, denen sich die Branche zur Zeit gegenübersieht. Dazu zählte der Referent die Additive Fertigung, die Elektromobilität, den Leichtbau, die industrielle Digitalisierung sowie die Globalisierung der Lieferketten. Das Kolloquium, das alle drei Jahre stattfindet, und von zahlreichen Vertretern der Industrie und der Forschung besucht wird, behandelt neben Themen der Massivumformung auch den Bereich Blechumformung. Das Spektrum der Vortragsthemen reichte von innovativen Verfahren für das Schmieden großer Luftfahrbauteile über multiaxiale Pressen in der Massivumformung bis zur Leistung von Fertigungssimulationen heute und in der Zukunft.

Welch innovatives Potential die Massivumformung zu bieten hat, umriss Prof. Bernd-Arno Behrens, Leiter des IFUM. So ist es im Sonderforschungsbereich 1153 Tailored Forming unter Federführung des IFUM gelungen, hybride Massivbauteile herzustellen, die die spezifischen Vorteile unterschiedlicher Werkstoffe – zum Beispiel Stahl und Aluminium –

kombinieren. Auf diese Weise entstehen Bauteile mit Eigenschaften, die sich mit Mono-Werkstoffen so nicht herstellen lassen. Die Vorteile solcher Bauteile bestehen zum Beispiel in reduziertem Gewicht bei gleichzeitig erhöhter Verschleißfestigkeit. Forschung "in Aktion" erlebten die Teilnehmer des Kolloquiums zum Abschluss der Veranstaltung bei einer Besichtigung des IFUM mit Live-Experimenten.



Aufgrund des günstigen Zeitfensters gehörte das UKH zu den wenigen Veranstaltungen, die 2020 in Präsenz stattfinden konnten.



#### MIC 2020:

#### Luftfahrtkonferenz im Zeichen der Pandemie

Am 2. Dezember 2020 veranstalteten das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) und das Manufacturing Innovations Network e.V. die 20. Machining Innovations Conference for Aerospace Industry (MIC). Die Pandemie zwang nicht nur dazu, die MIC als Onlineveranstaltung abzuhalten, sie war auch ein bestimmendes Thema für die Konferenzteilnehmer: Der beträchtliche Rückgang des weltweiten Flugverkehrs durch Covid-19 stellt die gesamte Branche der Luft- und Raumfahrtindustrie vor erhebliche technologische wie strategische Herausforderungen. Umso wichtiger ist ein intensiver, interdisziplinärer Austausch zwischen Branchenexperten und der Wissenschaft. Die diesjährige MIC-Konferenz bot hierzu eine ideale Möglichkeit.

Vorgestellt und diskutiert wurden innovative Technologien und aktuelle Entwicklungen in der Luft- und Raumfahrttechnik, die es der Branche ermöglichen, angemessen auf die Krise zu reagieren. Im Fokus der Konferenz standen die digitale Vernetzung von Produktionsanlagen, intelligente Fertigungsprozesse und neue Strategien zum Umgang mit volatilen Produktionszahlen der OEMs (Original-Equipment-Manufacturer). In den 18 Vorträgen der Konferenz ging es unter ande-



Die Covid-19-Pandemie hat den Luftverkehr erheblich reduziert. Um die Herausforderungen der Branche ging es bei der MIC-Konferenz. (Foto: Sugrit – stock.adobe.com)

rem um neue Technologien in der Zerspannung, die Weiterentwicklung von Werkzeugmaschinen und Einsatzbereiche der additiven Fertigung.



## IFUM-Mitarbeiter Moritz Micke von der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechbearbeitung ausgezeichnet

Für das Kooperationsprojekt "Umformthermofügen von Metall & Faserverbund-Kunstoffen (FVK) mit isothermen Werkzeugen" wurde Dipl.-Ing. Moritz Micke vom Institut für Umformtechnik und Unformmaschinen (IFUM) mit dem EFB-Projektpreis 2020 ausgezeichnet. Der zweite Preisträger war Dr.-Ing. Kristian Lippky vom Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs) der Technischen Universität Braunschweig.

Im Rahmen des Projekts zur gemeinsamen Umformung und Verbindung von Stählen und thermoplastisch faserverstärkten Kunststoffen wurde ein isothermer Werkzeugansatz verfolgt, um die Prozesszeit und die Materialbelastung zu reduzieren. Dabei wird die für die Anbindung notwendige thermische Energie über vorgeschaltete Heizschritte (Öfen, IR-Felder etc.) bereitgestellt. Zusätzlich bietet dieser vorge-

schaltete Erwärmungsschritt die Möglichkeit, eine gezielte Oberflächenvorbehandlung der verzinkten Stähle durchzuführen. Dieser als Galvannealing bezeichnete Vorgang erzeugt eine rauhe Oberfläche, welche die Anbindung der thermoplastischen Matrix ohne weitere Haftvermittler ermöglichen soll. Die Integration der Oberflächenbehandlung, die gemeinsame Umformung von Stahl und FVK im unteren Totpunkt sowie die erreichbaren Verbundfestigkeiten waren die Kernfragen des Projekts.

Mit dem EFB-Projektpreis ehrt die Europäische Forschungsgesellschaft für Blechbearbeitung e.V. seit 2010 jährlich junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ein EFB-Projekt wissenschaftlich und projekttechnisch herausragend bearbeitet und damit einen wichtigen Beitrag für die Blechverarbeitung geleistet haben.

## Ilse-ter-Meer-Preis für "Mädchen und Technik"

Im Sommersemester 2020 wurde der Projekttag "Mädchen und Technik/MuT" vom Präsidenten der Leibniz Universität Hannover, Prof. Dr. Volker Epping, mit dem mit 5000 Euro dotieren Ilse-ter-Meer-Preis ausgezeichnet. Organisiert wird MuT von Selina Raumel und ihren Kollegen Dr. Ing. Marc Christopher Wurz und Rico Ottermann vom Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT).

An diesem jährlichen Projekttag erhalten Schülerinnen zwischen 13 und 18 Jahren durch aktive Teilnahme beim Gießen, Löten, Schweißen, Konstruieren und Programmieren Einblicke in technische Studienfächer. Begleitet werden die Schülerinnen dabei von Studentinnen und Studenten der MINT-Fächer, die ihnen Fragen beantworten, aus dem Studium berichten und auf mögliche Unsicherheiten der Schülerinnen eingehen.

Projekte und Initiativen an der Leibniz Universität Hannover durchgeführt wurden oder noch durchgeführt werden. Das Preisgeld ist für weitere Maßnahmen oder Projekte gedacht.

Ausschlaggebend für die Auswahl des Projekttags "Mädchen und Technik" für den Ilse ter Meer Preis 2020 war, dass dieser seit mehr als elf Jahren mit seinen vielfältigen Angeboten einen besonderen Beitrag leistet, um Schülerinnen für Technik zu begeistern und somit langfristig zur Erhöhung der Zahl der Studentinnen beiträgt. 2019 nahmen 200 Schülerinnen aus Schulen in Hannover, Wolfsburg und Hildesheim teil. Im vergangenen Jahr musste die für November geplante "Mädchen und Technik"-Veranstaltung wegen der Corona-Pandemie ausfallen.





Der Ilse ter Meer-Preis würdigt herausragende Projekte, Veranstaltungen, Initiativen und Fördermaßnahmen in den Bereichen Chancengleichheit für Frauen und Männer, Diversität und Familienservice. Voraussetzung ist, dass die

#### Gerrit Rust erhält Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2020

Gerrit Rust wurde für seine herausragenden Leistungen beim Ablegen der Bachelorprüfung mit dem Dr.-Jürgen-Ulderup-Preis 2020 ausgezeichnet. Seine Bachelorarbeit zur "Konzeption von Probengeometrien und Werkzeugen zur belastungspfadabhängigen Charakterisierung magnetischer Formgedächtnislegierungen" entstand am Institut für Werkstoffkunde.

Der Preis ist benannt nach Dr.-Ing. Jürgen Ulderup, dem 1991 verstorbenen Inhaber der Lemförder Metallwaren GmbH, heute Lemförder Fahrwerkstechnik AG & Co. Die von ihm eingerichtete Stiftung fördert die wissenschaftlichtechnische Aus- und Fortbildung von Studierenden des Maschinenbaus. Unterstützt werden Auslandspraktika und Studienaufenthalte sowie herausragende Studienleistungen und wissenschaftliche Arbeiten. Den Preis vergibt die Dr.-Jürgen-Ulderup-Stiftung seit 1998 auf Vorschlag der Fakultät für Maschinenbau der Leibniz Universität Hannover an Studierende und Absolventen der Fakultät für Maschinenbau für hervorragende Leistungen bei der Ablegung der Diplomvorprüfung und der Diplomprüfung sowie bei der Promotion.

# Sicherheit beim autonomen Fahren: Ocado Technology-Preis für intelligenten Fahrersitz

Das völlig autonom fahrende Auto ist zur Zeit noch ein Zukunftsprojekt. Auf dem Weg dorthin wird es verschiedene Stufen der Autonomie geben, die vom Fahrer verlangen, in bestimmten Situationen wieder die Kontrolle über das Fahrzeug zu übernehmen. Diese Übergangsphasen können ein Sicherheitsrisiko darstellen, wenn der Fahrer unaufmerksam oder unvorbereitet ist.

Ian Peters und Mats Wiese, wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Montagetechnik (match), haben gemeinsam mit Kollegen des University College London (UCL) einen Fahrersitz entwickelt, der den Fahrer auf solche Situationen vorbereitet. In die Sitzfläche sind zwölf weiche Aktoren aus Silikon eingebaut, die mit Druckluft betrieben werden. Gerät das hochautomatisierte Fahrzeug in eine Situation, mit der es nicht selbstständig umgehen kann, erzeugen die Aktoren innerhalb des Sitzes eine Art Wellenbewegung und zeigen dem Fahrer an, dass er die Kontrolle wieder übernehmen muss. So lassen sich beispielsweise Warnsignale bei näher kommenden Hindernissen oder Anweisungen zum Bremsen oder Beschleunigen übermitteln. Der Sitz ist Teil eines Fahrsimulators, mit dem getestet wird, wie intuitiv sich die haptischen Signale in verschie-

Unter dem Titel "iSeat - Towards an Intelligent Driver Seat for Autonomous Cars" präsentierte das Forschungsteam sein Konzept als Poster beim Workshop "Application-Driven Soft

denen Verkehrsszenarios erfassen lassen.

Robotic Systems: Translational Challenges" im Rahmen der "International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 2020". Dort wurde es als das beste Poster in der Kategorie "Industrial" mit dem Ocado Technology-Preis ausgezeichnet. Ocado Technology gehört zur britischen Ocado Group und entwickelt Automatisierungslösungen für den Onlineverkauf und -versand von Lebensmitteln. Der Preis wurde ausgeschrieben für die beste anwendungsorientierte Idee im Bereich Soft Robotics.



Ein Fahrsimulator, mit dem getestet wird, wie intuitiv sich die haptischen Signale in verschiedenen Verkehrsszenarios erfassen lassen. (Foto: match)

#### Umformtechnik transparent gemacht: Karl-Diederichs-Preis für IFUM-Masterarbeit

Hendrik Hegselmann vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) erhielt im vergangenen Jahr den mit 5000 Euro dotierten Karl-Diederichs-Preis. Es war eine Premiere: Der Preis, der für Masterstudierende mit Lehr- und Forschungsschwerpunkt in der Massivumformung gedacht ist, wurde vom Industrieverband Massivumformung e. V. (IMU) und der Karl-Diederichs-Stiftung erstmalig vergeben. Ausgezeichnet wurde Hendrik Hegselmann für seine Masterarbeit zum Thema "Entwicklung einer sicheren Umformmaschine für den interdisziplinären Einsatz in der Lehre". Sie befasst sich mit der Planung und

Konstruktion einer Umformmaschine, die in künftigen Lehrveranstaltungen des IFUM wie studienbegleitenden Tutorien oder Masterlaboren eingesetzt werden soll. Zudem wird die Maschine bei öffentlichen Veranstaltungen des Instituts oder der Universität dazu dienen, den Besuchern umformtechnische Prozesse zu demonstrieren. Dank ihrer transparenten Verkleidung sind diese Abläufe gut sichtbar. Die Umformmaschine, die über einen Kniehebelmechanismus 50 Kilonewton Presskraft aufbringen kann, bietet Vorkehrungen zur Automatisierbarkeit und ermöglicht außerdem die Vermittlung von Kenntnissen der Maschinensicherheit.

# Prägende Wirkung: Mikro- und Nanostrukturen für Präzisionsoptiken

Das Prägen von Mikro- und Nanostrukturen ist ein vielversprechendes Verfahren zur Fertigung kostengünstiger Bauteile in Präzisionsoptiken. Beispiele sind die Prägung von Strukturen in Kunststofffolien bei der Herstellung von Lichtwellenleitern oder von Regenbogenhologrammen in Metall.

Solche Prägeverfahren verlangen äußerste Präzision und stellen hohe Anforderungen an die Maschinen und Werkzeuge. Führungsungenauigkeiten, Lagerspiele, temperaturbedingte Ausdehnungen im Antriebsstrang, aber auch der betriebsbedingte Verschleiß von Maschinen- und Werkzeugelementen sowie werkstoffspezifische Eigenschaften haben einen wesentlichen Einfluss auf das Prägeergebnis.

Im Rahmen des Exzellenzclusters PhoenixD entwickeln Wissenschaftler am Institut für Umformtechnik und Umformma-

schinen (IFUM) eine technische Lösung, welche es ermöglicht, solche äußeren Einflüsse auf den Prägeprozess zu kompensieren. Mithilfe von innovativer Antriebs- sowie neuartiger Messtechnik wollen sie die exakte Positionierung des Prägestempels sicherstellen, sodass Mikro- und Nanostrukturen reproduzierbar mit einer besonders hohen Güte übertragen werden können.

Mit dieser neuartigen Produktionsmethode wird es möglich, diffraktive Strukturen im Nanometerbereich beispielsweise in Kunststofffolien zu prägen. Diese sollen zukünftig Anwendung in optischen Präzisionssystemen finden, bei denen bereits kleinste Abweichungen zur Soll-Geometrie die spätere Funktion erheblich beeinträchtigen können.



In metallischen Werkstoff geprägte diffraktive Strukturen. Foto: IFUM

#### Kunststoffkreislauf normgerecht

Für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft im Kunststoffbereich sind Standards unentbehrlich. Das Hamburger Startup-Unternehmen cirplus hat nun einen wichtigen Schritt in
diese Richtung gemacht und und zusammen mit dem Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) die DIN SPEC 91446
mit dem Titel "Standards für den (internetbasierten) Handel
mit und Verarbeitung von Kunststoffabfällen und Rezyklaten" initiiert. Die DIN SPEC soll Standards setzen für die
eindeutige Einstufung von Kunststoffabfällen nach Stoffstrom und Grad der Zirkularität, die Qualitäten je nach An-

wendungsfall des Rezyklats, die Kennzeichnung von Rezyklatanteil und -art in Regranulaten und Compounds und die Prozesse der Handhabung von Kunststoffabfällen und Rezyklaten.

Getragen wird der Standardisierungsprozess von einem Konsortium bestehend aus 16 Vertretern des Wertschöpfungskreises und der Wissenschaft unter Federführung von Professor Dr. Hans-Josef Endres, Leiter des Instituts für Kunststoff- und Kreislauftechnik (IKK). Die Verabschiedung der DIN SPEC ist für Oktober 2021 geplant.

# Schmiedegesenke im 3D-Druck mit integrierter Kühlung

Wissenschaftler des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) und des Remscheider Instituts für Werkzeugforschung und Werkstoffe (IFW) entwickeln neuartige Schmiedegesenke, mit denen sich mehr Umformteile als zuvor produzieren lassen, bevor ein Austausch nötig wird.

Ein Kühlmedium soll die Wärme aus dem Schmiedegesenk nahe der Wärmeeintragszone unter der Oberfläche abführen. Die Werkzeugkontur wird dabei im 3D-Druck gefertigt. Als Material dient Stellite, eine Kobaltbasislegierung, die bei hohen Temperaturen verschleißbeständig ist und sich deshalb für die Anwendung in Schmiede- und Umformprozessen besonders eignet.

Der 3D-Druck der Werkzeugkontur ermöglicht die integrierte Kühlung, erhöht allerdings die Herstellkosten. Dafür soll durch die verbesserte Verschleißbeständigkeit der Gravur und durch die konturnahe Kühlung die Menge der pro Werkzeug produzierbaren Umformteile gesteigert werden. Dadurch reduzieren sich Rüstzeiten für den Werkzeugwechsel.

Das neue Schmiedegesenk ist aus zwei Teilen aufgebaut. Die Gravur besteht aus Stellite und der Träger wird aus einer Aluminium-Bronze mit vergleichbarer Wärmeausdehnung gegossen. Zu den wissenschaftlichen Herausforderungen des Projekts gehört die Vermeidung von Rissen und Spannungen bei der Kombination dieser beiden Materialien und bei der Herstellung und Verarbeitung von Stellite, die im LPBF-Verfahren (Laser Powder Bed Fusion) erfolgt. Dabei wird mithilfe eines Lasers schichtweise aufgetragenes Metallpulver aufgeschmolzen.





Dieses Modellwerkzeug wurde aus Stellite 3Dgedruckt – im LPBF-Verfahren. Eine Besonderheit dieses Schmiedewerkzeugs: Im Inneren befinden sich Kühlkanäle. (Foto: Mareen Goßling, IFW, Grafik: IFUM)

#### Fertigung optischer Systeme ideal gestalten

Innovationen in der Fertigungstechnik verändern die Prozessabläufe in der Produktion grundlegend. Das gilt auch für die Fertigung optischer Systeme. Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) erforscht im Rahmen des Exzellenzclusters PhoenixD, welchen Einfluss fertigungstechnische Fortschritte auf die Gestaltung der Lieferkette und die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) haben.

Die Produktion von Präzisionsoptiken zeichnet sich heute durch einen geringen Automatisierungsgrad, mehrstufige Pro-

zesse und hohe Ausschussquoten aus. Die Wissenschaftler am IFA untersuchen nun Optimierungsmöglichkeiten bei der zukünftigen Produktion optischer Systeme sowie bei der Konfiguration der Lieferketten. Eine wichtige Rolle dabei spielen virtuelle Modelle der Produkte. Durch den Einsatz solcher "digitalen Zwillinge" lassen sich die Abläufe analysieren, ohne manuell einzugreifen.

# Zukunftslabor Produktion – Vernetzung, Modellierung und Optimierung in der industriellen Produktion

Das Umfeld produzierender Unternehmen ist zunehmend geprägt durch kürzere Innovations- und Produktlebenszyklen, volatilere Absatzmärkte, kleinere Losgrößen sowie größere Prozesskomplexität. Die Digitalisierung der industriellen Produktion bietet die Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen.

Das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) erforscht im Verbundprojekt "Zukunftslabor Produktion" am Beispiel der Druckgussindustrie neue Ansätze für eine selbstständige Optimierung von Fertigungsverfahren und Produktionsabläufen. Dabei geht es um die Entwicklung intelligenter Druckgusswerkzeuge ebenso wie um sichere Daten- und IT-Infrastrukturen, praxistaugliche Methoden der Prozessplanung und einfach konfigurierbare Systeme für die Fertigungssteuerung.

Das IFW übernimmt neben der Koordination des Gesamtprojektes auch die wissenschaftliche Betreuung der Forschungsbereiche "Automatische Modellierung spanender Fertigungsprozesse" und "Planung und Steuerung rekonfigurierbarer Prozessketten". Im Mittelpunkt stehen adaptive Planungs- und Steuerungsmethoden sowie die Entwicklung eines digitales Abbildes des Fertigungsprozesses. Dieser "digitale Zwilling" enthält alle erforderlichen

Informationen über das Werkstück einschließlich bestimmter Qualitätsmerkmale.

Autoren: Lukas Stürenburg, Hendrik Noske (IFW)



Foto: IFW

#### Verrücktes Kleben, kalkuliertes Schrumpfen

Klebstoff schrumpft beim Aushärten. In der Präzisionsmontage von hybriden Mikrosystemen ist das unerwünscht, denn es verursacht Eigenspannungen und Montagefehler. Das Institut für Montagetechnik (match) arbeitet im Exzellenzcluster PhoenixD an Simulationsmodellen, um den Auswirkungen solcher Schrumpfungen entgegenzuwirken.

Das Kleben im Präzisionsbereich hat viele Vorteile, aber auch seine Tücken. Beim Aushärten schrumpft Klebstoff und zerrt damit an den zu fügenden Komponenten. Das kann eine Verschiebung von einigen Mikrometern bewirken. Kommt es beim Fixieren einer zuvor mikrometergenau positionierten LED zu solchen Abweichungen, führt das zu einer deutlichen Verschlechterung der Leistung, wenn es beispielsweise um die Lichteinkopplung in einem Wellenleiter geht.

Die Wissenschaftler am match erforschen, welche unterschiedlichen Fakoren solche Schrumpfungsprozesse im Rahmen technischer Fertigungsabläufe bestimmen. Die so identifizierten Faktoren geben sie in ein Simulationsmodell ein, das den Klebstoffschrumpf und den dadurch verursachten Bauteilverzug wirklichkeitsgetreu abbildet. Mit diesem Modell lassen sich dann die zu erwartenden Positionsabweichungen bei geplanten Klebeprozessen voraussagen und einkalkulieren: Das Bauteil wird absichtlich "danebengesetzt" und erst durch das Festkleben rutscht es dann in die richtige Position. Das Potential dieses Verfahrens für adapti-

ve Montageprozesse und die Qualitätssteigerung von Fügeverbindungen ist beträchtlich.

Weitere Informationen bei von Martin Stucki (match), stucki@match.uni-hannover.de



Klebstoff schrumpft beim Aushärten. Forscher am match wollen diesen Effekt vorhersagen und ausnutzen. (Foto: Martin Stucki/match)

# Produktionstechnik auch für unterwegs



**Phi**Produktionstechnik
Hannover informiert

Vielversprechende Ergebnisse, ausgezeichnete Wissenschaftler, neue Kooperationen: Mit der phi bleiben Sie produktionstechnisch auf dem Laufenden und in Kontakt mit dem Produktionstechnischen Zentrum Hannover, dem Laser Zentrum Hannover und dem Institut für Integrierte Produktion Hannover. www.phi-hannover.de



#### Orientieren mit Luft: Aerodynamische Zuführtechnik

Die Zuführtechnik spielt eine Schlüsselrolle für die automatisierte Montage. Schrauben, Ventile, elektronische Elemente und andere Bauteile kommen auf dem Förderband oft unsortiert zur Montage. Dem eigentlichen Montageprozess müssen sie aber einzeln und korrekt ausgerichtet übergeben werden – und das teilweise mehrere hundert Mal pro Minute. In der Industrie werden dafür häufig Vibrationswendelförderer eingesetzt, die die Teile "zurechtrütteln". Ihr Nachteil: Schon bei kleinsten Bauteiländerungen muss man mechanische Umstellungen vornehmen.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) die aerodynamische Zuführ-



Bei der aerodynamischen Zuführtechnik werden Bauteile in der Bewegung mit einem definierten Luftstrahl orientiert. (Foto: Philipp Jahn, match)

technik entwickelt. Mithilfe eines Luftstrahls werden die Werkstücke passend ausgerichtet und schnell und flexibel der Montage zugeführt. Dabei müssen fünf Parameter je nach Form und Schwerpunkt der Bauteile eingestellt werden: die Position der Düse, der Druck des Luftstrahls, die Neigung der Führungsebene, die Steigung der Führungskante und die Geschwindigkeit, mit der die Bauteile herbeitransportiert werden.

Um die aerodynamischen Zuführtechnik den unterschiedlichen Bauteilen besser und zuverlässiger anpassen zu können, arbeitet jetzt das Institut für Montagetechnik (match) zusammen mit dem IFA in einem aktuellen Forschungsprojekt

> an der automatisierten Vorhersage des unterschiedlichen Bauteilverhaltens. Mithilfe einer hinter dem Ausrichtungsmodul angeordneten Zeilenkamera wird der Anteil richtig ausgerichteter an der Zahl insgesamt zugeführter Teile bestimmt. Dadurch kann die Anlage sich selbstständig auf neue Bauteile einstellen und mit Hilfe eines schnellen maschinellen Lernprozesses die optimalen Parametereinstellungen finden. Allerdings eignet sich nicht jedes Werkstück für die aerodynamische Zuführung. Deshalb erarbeitet das match einen Katalog, der es ermöglichen soll, die Eignung für die aerodynamische Zuführung mit einem Blick abzuschätzen.

# Für eine nachhaltige Textilindustrie: IKK kooperiert mit internationalem Modeunternehmen

Zu den Forschungsschwerpunkten des Instituts für Kunststoffund Kreislauftechnik (IKK) gehören Verfahren, die eine nachhaltige Wiederverwertung von Textilprodukten und -fasern beispielsweise in Spritzgussbauteilen oder Leichtbauanwendungen ermöglichen. Vor diesem Hintergrund ist das IKK eine Kooperation mit dem Modeunternehmen Gerry Weber International AG eingegangen: Das Unternehmen stellt dem IKK Materialien für seine Recyclingversuche zur Verfügung und erhält dafür Forschungsergebnisse, die es ihm und den Textilherstellern erlauben, die Materialzusammensetzungen sowohl für die Gebrauchs- als auch für die Recyclingphase optimal zu gestalten In der Textilbranche werden während der Kunststoff- bzw. Faser- oder Gewebeherstellung zusätzliche Hilfsmittel und Additive eingesetzt, um die Gebrauchseigenschaften zu verbessern. Häufig werden zudem auch Mischgewebe, bestehend aus verschiedenen Kunststofffasern hergestellt. "Nach der Gebrauchsphase stellt diese stark variierende chemische Zusammensetzung von Bekleidungstextilien eine große Herausforderung für die Entwicklung von effektiven und wirtschaftlichen Recyclingansätzen dar", so der IKK-Leiter Professor Hans-Josef Endres. "Zukünftig muss bereits beim Textildesign viel mehr auch an ein nachhaltiges 'End of Life' oder besser 'New Life-Scenario' gedacht werden."

#### Starke Zusammenarbeit: Roboter für die Zerspanung

Bei der Metall-Zerspanung und der Bearbeitung faserverstärkter Kunststoffe (FVK) gehört die Zukunft dem Industrieroboter. Im Verbundforschungsprojekt "EFFECTIVE" verbessern Mitarbeiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) zusammen mit fünf Industriepartnern die mechanischen Eigenschaften von Robotern und erhöhen damit ihre Steifigkeit um das Zehnfache.

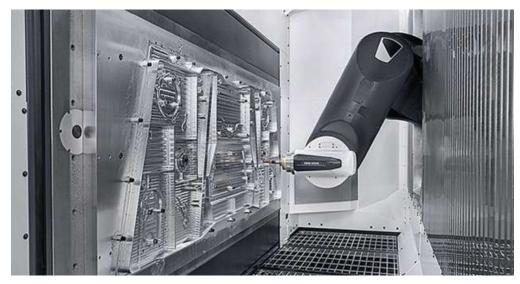
Industrieroboter sind – im Vergleich zu Werkzeugmaschinen – sehr flexibel einsetzbar und günstig in der Anschaffung. Das macht sie auch für Anwendungen in der Zerspanung sehr interessant. Während sich viele Forscher mit der Optimierung der Bahnplanung sowie softwareseitigen Kompensation beschäftigen, sind die IFW-Mitarbeiter mit ihren Industriepartnern im Projekt "EFFECTIVE" bereits den nächsten Schritt gegangen. Sie haben einen neuartigen Zerspanungs-Roboter mit verbesserten mechanischen Eigenschaften entwickelt.

"Eine große Herausforderung im Projekt sind geringe Struktur-, Antriebs- und Lagersteifigkeiten konventioneller Industrieroboter. Sie führen beim Zerspanen zu Schwingungen und damit zu Prozessinstabilitäten", sagt Thomas Lepper, der als Ingenieurwissenschaftler am IFW den wissenschaftlichen Anteil des Projekts koordiniert. Dadurch haben Industrieroboter eine viel geringere Produktivität im Vergleich zu Werkzeugmaschinen. "Nur softwareseitig lässt sich die Schwingungsanfälligkeit nicht verringern. Wir haben daher nun einen Roboter entwickelt, der eine Steifigkeit von mindestens 5 N/µm besitzt – das heißt, eine Kraft von fünf Newton erzeugt höchstens einen Mikrometer Abdrängung", erläutert Lepper. Damit haben die Entwickler eine

mindestens um den Faktor zehn bessere Steifigkeit als die von aktuellen Industrierobotern erreicht. Gelungen ist ihnen das durch steifere Lager und Antriebe und durch Werkzeugmaschinentechnik, die für Roboter weiterentwickelt und adaptiert wurde. Hinzu kommt eine von Robotern bisher nie erreichte hohe Wiederholgenauigkeit von 2,8 µm bis 11,2 µm.

Ausgelegt wurde der Zerspanungs-Roboter für die Bearbeitung faserverstärkter Kunststoffe, die in den letzten Jahren zunehmend in der Luftfahrt- und Automobilindustrie eingesetzt werden. Die hohe Wiederholgenauigkeit, kombiniert mit der hohen Steifigkeit, ermöglicht aber auch die Zerspanung anderer Werkstoffe. So konnte spezielles Luftfahrtaluminium mit einem Zeitspanvolumen von 1.461 cm³/min bearbeitet werden. Durch eine Kalibrierung der Firma iSiOS wurde die Positioniergenauigkeit auf eine mittlere Positionsabweichung von 29 µm gesteigert. Bei herkömmlichen Industrierobotern liegt die Genauigkeit im besten Fall bei 300 µm. Diese guten mechanischen Eigenschaften zeigten sich auch bei der Fertigung des Luftfahrtbauteils. Die geforderte Toleranz von 50 µm wurde hierbei eingehalten.

Autor: Thomas Lepper (IFW)



Blick in den Arbeitsraum des Zerspanungs-Roboters: Fertigung eines Strukturbauteils. (Foto: DMG Mori AG)

#### Titan: Zu wertvoll für den Abfall

Bei der spanenden Fertigung von Titanbauteilen wird ein Großteil des wertvollen Rohstoffs in Form von Spänen entsorgt. Die Zerspanraten liegen oftmals bei über 90 Prozent. Die Titanspäne sind durch Oxidation, Kühlschmierstoffrückstände und Werkzeugpartikel stark verunreinigt. Deshalb werden sie in der Regel nicht hochwertig recycelt, sondern zum Beispiel als Zuschlagsstoff in der Stahlindustrie verwertet.

Im Projekt Return II entwickeln nun Wissenschaftler des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) gemeinsam mit vier Industriepartnern ein ökologisches und effizientes Recyclingverfahren. Im Mittelpunkt steht dabei die Umwandlung der Späne in Pulver, aus dem dann in einem geschlossenen Werkstoffkreislauf wiederum Titanbauteile gefertigt werden. Die Forscher des IFW konnten bereits zeigen, dass durch gezieltes Einstellen der Prozessgrößen die Verunreinigungen in den Titanspänen deutlich reduziert werden. Durch einen erneuten Einschmelzprozess konnte so Titanvollmaterial aus recycelten Spänen in hoher Qualität hergestellt werden.

Jetzt untersuchen die Wissenschaftler, ob sich der energieintensive Einschmelzprozess durch ein Verdüsungsverfahren ersetzen lässt, mit dem die Späne zu feinstem Pulver verarbeitet werden. "Dadurch erwarten wir eine Reduktion des Energieaufwandes und des CO2-Ausstoßes um bis zu 80 Prozent", so Jonas Matthies vom IFW. Eine additive Fertigung mit Titanpulver ermöglicht im Vergleich zur spanenden Bearbeitung neue Leichtbau- und Bionik-Strukturen, die die Effizienz des Endprodukts erhöhen und somit zu weiteren Energieeinsparungen führen.

Weitere Informationen bei Jonas Matthies (IFW), Tel. +49 511 762 18349, matthies@ifw.uni-hannover.de



Im Mittelpunkt steht dabei die Umwandlung der Späne in Pulver (Foto: IFW)

#### Dezentrale Steuerung von Gurtförderanlagen

Antriebs- und die Gurttechnik von stetig arbeitenden Förderanlagen im Bergbau erreichen ihre technischen und wirtschaftlichen Grenzen. Bislang überträgt ein großer Antriebsmotor, meist am Anlagenkopf, die gesamte Antriebskraft in den Fördergurt. Bei Gurtförderanlagen, die länger als zehn Kilometer oder sehr schwer beladen sind, kommen Zwischenantriebe zum Einsatz. Sie setzen aber voraus, dass der Fördergurt eine ausreichende Zugfestigkeit hat, um den hohen Belastungen standzuhalten. Hier erreichen aktuelle Fördergurte ihre technischen und wirtschaftlichen Grenzen. Um sie zu überwinden, entwickeln Wissenschaftler am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) derzeit ein neuartiges Antriebskonzept. Dabei werden Tragrollen, welche klassischerweise nur zur Gurtführung genutzt werden, mit eigenen Antrieben ausgerüstet, um so eine verteilte Antriebskraft über die gesamte Anlagenlänge bereitzustellen. Die resultierenden Gurtzugkräfte lassen sich mit diesem Konzept deutlich reduzieren. Dabei erfolgt die Steuerung dezentral auf Basis eines Zusammenschlusses von benachbarten antreibenden Tragrollen. Dadurch ist der neuartige Antrieb beliebig skalierbar.

Wenn die Anzahl der eingesetzten antreibenden Tragrollen nicht begrenzt ist, können auch die aktuell existierenden

Limitierungen von Gurtförderanlagen überwunden werden – nämlich die maximalen Anlagenlängen und Förderleistungen, die derzeit technisch und wirtschaftlich realisierbar sind. Außerdem erlauben antreibende Tragrollen geringere Kurvenradien und die Bewältigung größerer Steigungen.



Tragrollen in Gurtförderanlagen sollen mit eigenen Antrieben ausgestattet werden. (Grafik: Daniel Hötte / ITA)

#### Optoelektronische Bauteile: Neue Werkstoffe und Metallisierungsverfahren

Welche neuartigen Trägerwerkstoffe eignen sich für opto-elektronische Bauteile – und wie lassen sich diese mit Leiterbahnen und Metallisierungen versehen? Diesen Fragen geht das Institut für Werkstoffkunde (IW) im Exzellenzcluster PhoenixD nach.

Basis für die Herstellung optoelektronischer Bauteile sind Trägermaterialien in Form von Leiterplatten aus Silizium, Keramik oder organischen Polymerwerkstoffen. Um auf diesen Matrialien Leiterbahnen herzustellen, ist klassischerweise ihre flächige Metallisierung notwendig. Mittels fotolithographischer Verfahren und Maskierungstechniken sowie anschließender chemischer Ätztechniken wird diese Metallisierung partiell abgetragen und hierdurch strukturiert.

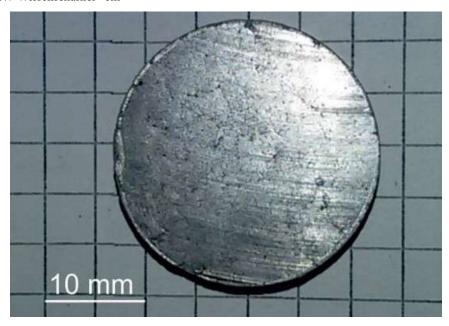
In PhoenixD werden stattdessen additive Fertigungsverfahren entwickelt, um neuartige photoelektronische Bauteile flexibel und ressourcenschonend herzustellen. Die Forscher am IW tragen hierzu mit neuen Werkstoffkonzepten und partiellen Metallisierungsverfahren für die Trägermaterialien bei

Nichtmetallische Werkstoffe wie Gläser und Keramiken lassen sich metallisieren, indem Aktivlot durch eine Vakuumwärmebehandlung auf die Oberfläche aufgebracht wird. Um Leiterbahnen auf nichtmetallischen Substraten additiv fertigen zu können, entwickeln IW-Wissenschaftler ein

Verfahren, bei dem das Aktivlot gleichmäßig in Form eines feinen Pulvers auf die Oberfläche solcher Trägerwerkstoffe abgelegt wird. Ein Laserstrahl schmilzt das Lotpulver dann an den Stellen lokal auf, an denen die Leiterbahn entstehen soll. Nach der Laserbehandlung wird der nicht umgeschmolzene Teil des Lotpulvers entfernt und es verbleibt die Leiterbahn-Metallisierung. Um möglichst schmale Leiterbahnen erzeugen zu können, muss das Lotpulver sehr fein sein und sehr gleichmäßig auf das Substrat aufgebracht werden. Eine weitere Herausforderung ist die exakte Fokussierung und Dosierung der erforderlichen Laser-Energie zum lokalen Einschmelzen der Pulver. Ziel ist es, mit dem Verfahren Leiterbahnen von höchstens 0,1 mm Breite und 0,05 mm Höhe zu erreichen.

Zusätzlich verfolgt die IW-Arbeitsgruppe einen produktionstechnisch innovativen Ansatz: Sie untersucht die Verwendung von Metall-Polymer-Verbundwerkstoffen als Trägermaterial. Diese Verbunde werden aus Thermoplasten und pulverförmigen Metallfüllstoffen wie Kupfer, Aluminium oder Zinn hergestellt. Erste Versuche haben gezeigt, dass durch eine Laserbehandlung feine leitfähige Strukturen in die Oberfläche dieser Verbundwerkstoffe geschrieben werden können. Ziel ist es, geeignete Verbundwerkstoffe sowie Prozessparameter zu identifizieren, mit denen Leiterbahnstrukturen in kleinen Dimensionen und hoher Qualität erzeugt werden können, die für optoelektronische Anwendungen geeignet sind.

Weitere Informationen bei Ulrich Holländer (IW), hollaender@iw.uni-hannover.de



Probe aus einem Metall-Polymer-Verbundwerkstoff. (Foto: IW)

#### "Sägen ohne Schäden": Knochensäge mit neuartiger Kühlung

Ein Team des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) arbeitet an einem Werkzeug, das Gewebeschädigungen und Infektionen bei Implantat-Operationen verhindern soll.

In Deutschland werden jährlich mehr als 400.000 Hüft- und Knieendoprothesen implantiert - Tendenz steigend. Dabei gibt es gewisse Risiken: So kann es nach der Operation zur Lockerung des Implantats kommen, beispielsweise durch Infektionen oder das Absterben von Knochenabschnitten, sogenannte Osteonekrosen. Diese Komplikationen können durch den spanenden Sägeprozess entstehen, der notwendig ist, um erkranktes oder störendes Knochenmaterial zu entfernen. Zum Einsatz kommen dabei handgeführte, oszillierende Knochensägen. Die bei der Reibung zwischen Knochen und Sägeblatt entstehende Wärme überschreitet dabei den physiologisch unkritischen Bereich von 42 Grad Celsius, was zu Schäden im Gewebe führen kann. Um die Temperaturbelastung zu verringern, sind derzeit zwei Methoden üblich: die Unterteilung der OP in mehrere Abschnitte und die von außen zugeführte Kühlung mittels Kochsalzlösung. Beides reicht jedoch nicht aus, um die Gefahr einer temperaturbedingten Osteonekrose auszuschließen und erhöht zudem das Risiko einer Infektion.

Bislang gab es technisch keine Möglichkeit, die sehr dünnen, konventionell verwendeten Sägeblätter (0,9 bis 1,5 Millimeter) mit einem innenliegenden Kühlkanalsystem auszustatten. Inzwischen lässt sich aber dank der Technik des Metall-Laserschmelzens nahezu jede Geometrie fertigen. Hier setzt das Projekt

"Sägen ohne Schäden" an, das am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) gemeinsam mit Industriepartnern durchgeführt wird.

"Wir entwickeln mit Hilfe der additiven Fertigung ein Werkzeug mit innenliegenden geschlossenen Kühlkanälen", erläutert Projektmitarbeiterin Sarah Busemann. Versuche an Kunstknochen mit konventionellen Sägeblättern zeigen, dass es teilweise zu Temperaturen von über 100 Grad Celsius kommen kann. "Die Ergebnisse unserer Fluidsimulationen und Analogieversuche an ersten gedruckten, mit Kühlkanälen versehenen Sägeblättern sind vielversprechend. Wir konnten die Temperaturen in einen physiologisch verträglichen Bereich senken", sagt Sarah Busemann. In weiteren Simulationen und Einsatzversuchen der Sägeblätter wird nun in Zusammenarbeit mit den Partnern das "optimale" Sägeblatt mit der erforderlichen mechanischen Stabilität und der notwendigen Kühlleistung entwickelt.

Weitere Informationen bei Sarah Busemann (IFW), Tel. +49 511 762 18279, busemann@ifw.uni-hannover.de



Gedrucktes, noch nicht nachbearbeitetes Sägeblatt für die Knochenbearbeitung. (Foto: IFW)

#### Mit Smart Devices die Personaleinsatzplanung verbessern

Herkömmliche Produktions-IT-Systeme verfügen bisher nur über wenige Funktionen für die Personaleinsatzplanung. Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen werden Produktionsaufträge meist noch mithilfe von Excel-Tabellen oder sogar auf Papier geplant. Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) arbeitet gemeinsam mit dem Aachener Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT) an einer App mit modularen und multimediale Anleitungen für die typischen Arbeitsschritte eines Unternehmens. Die Einsatzplanung der verfügbaren Mitarbeiter soll dann auf Grundlage von Qualifikations- und Kompetenzprofilen erfolgen, die in der App hinterlegt werden. Je nach Vorwissen der Mitarbeitenden soll die Software die Anwender während ihrer Tätigkeit schulen und mit Informationen unterstützen. Das System aktualisiert sich permanent, indem es registriert, wie sich das Kompetenzprofil und die Einsatzgebiete der Mitarbeitenden erweitern.



Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) arbeitet gemeinsam mit dem Aachener Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT) an der App. Foto: Fraunhofer IPT

# Innovative Werkzeugbeschichtungen in sauerstofffreier Atmosphäre

Wie wirkt es sich auf Reibung und Verschleiß aus, wenn Produktionsprozesse ohne Sauerstoff ablaufen? Das untersuchen Wissenschaftler am Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) im Sonderforschungsbereich 1368 "Sauerstofffreie Produktion". Die Fertigungsprozesse der metallverarbeitenden Industrie finden bisher üblicherweise in einer sauerstoffreichen Atmosphäre statt. Dabei wirkt der Sauerstoff als Störfaktor: Die Oxidschichten, die sich durch ihn auf den Metalloberflächen bilden, erhöhen zum Beispiel den Werkzeugverschleiß beim Spanen und Umformen. Wie sich dagegen eine sauerstofffreie Atmosphäre auf den Verschleiß auswirkt, erforschen Wissenschaftler des IMPT im Sonderforschungsbereich 1368 "Sauerstofffreie Produktion".

Auf der Basis ihrer Erkenntnisse wollen sie neuartige Werkzeugbeschichtungen in sauerstofffreier Atmosphäre entwickeln: Das gewonnene Wissen über die chemischen und physikalischen Wechselwirkungen im Kontaktbereich und das daraus resultierende Schichtverhalten in sauerstofffreier Atmosphäre soll im weiteren Verlauf des Sonderforschungsbereichs genutzt werden, um am IMPT neuartige Beschichtungen aus Werkstoffen wie Siliziumcarbid, Silizium-

nitrid und Diamond-Like-Carbon (DLC) zu etablieren. Diese Werkstoffe neigen zu einem hohen oxidativen Verschleiß, verfügen jedoch über vorteilhafte mechanische Eigenschaften. Das Potential dieser Forschung für die Entwicklung zukunftsfähiger Produktionstechniken und Fertigungsverfahren ist enorm.



Mit Ball-on-Disc-Versuchen haben die Wissenschaftler am IMPT gezeigt, wie sich die Atmosphäre auf die Reibung auswirkt. (Foto: IMPT)

#### Startschuss IIP-Ecosphere - Gewinner des bundesweiten Innovationswettbewerbs Künstliche Intelligenz

Mit einer Kickoff-Veranstaltung im königlichen Pferdestall der Leibniz Universität startete am 11. Februar 2020 das Forschungsprojekt "IIP-Ecosphere – Next Level Ecosphere for Intelligent Industrial Production". Das Projekt will internationale Maßstäbe zur Nutzung von KI-Lösungen in der Produktion setzen. Auf Basis vernetzter, intelligenter und autonomer Systeme möchten die Projektpartner ein neuartiges KI-Ökosystem erschaffen. Es soll insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zur Nut-

zung von KI in der eigenen Produktionsumgebung befähigen. "Wir wollen einen Innovationssprung im Bereich der Selbstoptimierung durch künstliche Intelligenz herbeiführen und bestehende Hürden bei der KI-Anwendung absenken", so Professor Berend Denkena, Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW).

In dem dreijährigen, vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Projekt kooperieren Institute mehrerer Universitäten sowie Industriepartner. Das IFW betreut vier bei Industriepartnern eingerichtete Demonstratoren, die einen zentralen Baustein des neuartigen KI-Ökosystems darstellen. Sie liefern Blaupausen zur KI-Nutzung im Produktionskontext und sind Praxisbeispiele, aus denen andere Unternehmen Anregungen ziehen können. Zudem gibt es einen Think Tank, in dem auf dieser Basis der Einsatz von KI-Methoden in der Produktion anwendungsorientiert erforscht wird.

Weitere Informationen bei www.iip-ecosphere.eu



Erfolgreich gestartet: die IIP-Ecosphere-Konsortialpartner beim Kickoff. (Foto: IFW)

### Schnell und kostengünstig herstellbar:

### **Eine optische Plattform** aus Kunststoffspritzguss

Das Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) entwickelt im Exzellenzcluster PhoenixD eine Plattform aus einem spritzgegossenen Grundkörper für den Aufbau und die Integration von optischen Komponenten. Die für den Kunststoffspritzguss nötigen Formeinsätze werden mittels Fotolithografie und Galvanik gefertigt. Dieses Konzept einer einheitlichen optischen Plattform lässt sich schnell und kostengünstig umsetzen.

Die grundlegenden Herausforderungen beim Aufbau der optischen Plattform liegen in der Auswahl des Substrats und seiner Strukturierbarkeit. Anstelle von klassischen Substraten wie Glas oder Silizium nutzen die Wissenschaftler\*innen einen neuartigen Kunststoff, welcher speziell für das Verfahren des Laser-Direkt-Strukturierens (LDS) entwickelt wurde. Bei dem Kunststoff handelt es sich um den hoch-temperaturstabilen Thermoplasten Polyetheretherketon (PEEK), der mit anderen Stoffen kaum reagiert.

Die LDS-Fähigkeit dieses Kunststoffs ermöglicht den Aufbau einer elektrischen Infrastruktur wie Leiterbahnen oder Durchkontaktierungen. Dies ist entscheidend für die elektrische Kontaktierung aktiver Bauteile wie beispielsweise Laserdioden oder Fotozellen sowie deren Temperaturmanagement.

Optische Systeme erfordern hohe Oberflächengüten und stellen höchste Ansprüche an Präzision und Formgenauigkeit. Diese Ansprüche können durch die Formherstellung mittels Lithografie und Galvanik gewährleistet werden. Eine große Herausforderung ist jedoch die Oberflächenrauheit, die durch den Spritzgussprozess sowie den Formenbau beeinflusst werden kann.

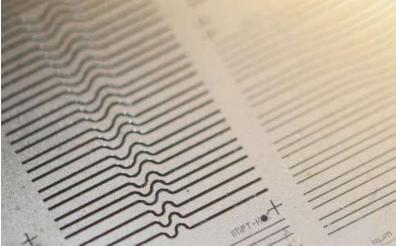
Dank der Spritzgusstechnologie können vorstrukturierte Substrate hergestellt werden, die hinsichtlich ihrer Strukturauflösung mit hochgenauen Mikrosystemen konkurrenzfähig sind. Selbst feinste Strukturen im Submikrometerbereich wie beispielsweise Beugungsgitter können auf diese Art und Weise hergestellt werden. Die klassische Strukturierung wird in der Regel mittels Fotolithografie und PVD-Prozessen auf jedem Substrat durchgeführt und benötigt zwingend eine Reinraumumgebung. Hohe Investitionskosten in diese Infrastruktur hindern mittelständische Betriebe oft, einen solchen Technologiesprung zu vollziehen.

Das am IMPT entwickelte Konzept verzichtet durch die Vorstrukturierung gezielt auf die Fotolithografie jedes einzelnen Substrats und eröffnet somit die Möglichkeit der Batch-Fertigung von

> hochgenauen Mikrosystemen außerhalb der Reinraumumgebung.

Mit der spritzgegossenen optischen Plattform wollen die IMPT-Wissenschaftler ein hoch integratives System schaffen, welches eines optischen Bauteils schnell hergestellt werden kann.

modular mit den Konzepten der anderen Forschungspartnern im Exzellenzcluster PhoenixD Hand in Hand geht und beliebig erweiterbar ist. Die Verwendung verschiedener Lichtwellenleitermaterialien, die Anbin-Self-Assembling Systeme: Realisierbar ist all dies ist mit dem Konzept einer einheitlichen optischen Plattform, die kostengünstig und



Mit der Spritzgusstechnologie können feinste Strukturen hergestellt werden wie dieses Gitter im Mikrometerbereich. (Foto: Sebastian Bengsch/IMPT)

Autor: Sebastian Bengsch Den kompletten Artikel finden Sie unter www.phi-hannover.de

#### Starke Kombi:

### Wirtschaftliche Fertigung von Hybridbauteilen aus Metall und FVK

Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) haben zwar ein großes Leichtbaupotential, sind aber immer noch sieben bis neunmal teurer als vergleichbare Stahlbauteile.

Da liegt es nahe, die Vorzüge beider Materialien in einem Bauteil zu kombinieren, so dass ihre mechanischen Eigenschaften jeweils optimal genutzt werden. Bisher werden derartige Hybridbauteile mit Hilfe von variothermen Werkzeugen gefertigt. Das dauert jeweils circa fünf Minuten – viel zu lang für eine Großserienfertigung.

Wissenschaftler\*innen des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) und des Instituts für Montagetechnik (match) arbeiten jetzt an einem Verfahren, das die Herstellzeiten für Hybridbauteile erheblich reduziert. Am IFUM wurde dafür eine Fertigungszelle aufgebaut, die aus zwei Robotern und einem zweigeteilten isothermen Werkzeug besteht, welches in einer Hydraulikpresse des IFUM integriert wurde. Damit werden Sandwichbauteile hergestellt, die an die Geometrie eines Dachquerträgers angelehnt sind. Die Bauteile bestehen aus 0,3 mm dicken DC03-Deckblechen, zwei Schichten PA6-Folie und vollimprägnierten unidirektionalen CFK-Tapes im Kern.

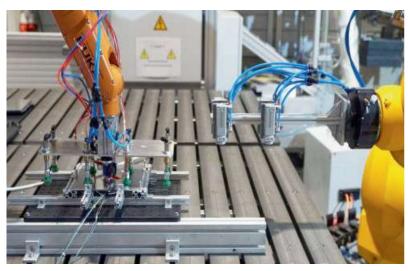
Zu Beginn des Prozesses stapelt der erste Roboter die einzelnen Komponenten und fügt diese punktuell, um in der Folge ein Verrutschen der einzelnen Schichten zu verhindern. Die gestapelten Materialien werden dann vom zweiten Roboter in das 270 Grad heiße Erwärmungswerkzeug eingelegt. Danach

wird die Umformpresse geschlossen. Dabei erreicht die PA6-Folie in weniger als fünf Sekunden Schmelztemperatur. Das Werkzeug wird daraufhin wieder geöffnet, der Roboter transferiert das erwärmte Sandwich nun in die Umformstufe des Werkzeuges, welche auf 100 °C beheizt wird, und legt wieder einen neuen Stapel in das Erwärmungswerkzeug.

Die Temperatur des Umformwerkzeuges ist so gewählt, dass das Sandwichhalbzeug zum einen umgeformt werden kann und zum anderen der Kunststoff erstarrt, sodass der Roboter das Bauteil sofort nach dem Öffnen der Presse wieder entnehmen kann. Auf diese Weise lassen sich die Hybridbauteile im 30-Sekunden-Takt herstellen – also in einem Zehntel der bislang benötigten Zeit.

Für die erfolgreiche Bauteilherstellung ist das Temperatur-Zeit-Management von entscheidender Bedeutung. Darum verfügen beide Werkzeuge über je eine Heizspirale sowie über Thermoelemente zur Temperaturüberwachung. Im weiteren Verlauf des Projektes untersuchen die Wissenschaftler, welchen Einfluss die Temperatur der Umformstufe, die Haltezeit im Werkzeug sowie die Pressenkraft auf die Bauteilqualität haben. Hierfür wurden Drei-Punkt-Biegeversuche durchgeführt und die Hybridbauteile mit einem monolitischen Stahlbauteil verglichen. Erste Vergleiche zeigten eine Steigerung der spezifischen Belastbarkeit von 12,7 %. Ferner wer-Mikroskopieaufnahmen zur Detektion Lufteinschlüssen durchgeführt, um so die Qualität des Konsolidierungsprozesses zu beurteilen.

Autoren: Jörn Wehmeyer (IFUM), Christoph Schumann (match) Den kompletten Artikel finden Sie unter www.phi-hannover.de



Roboter zum Stapeln und Fixieren der Halbzeuge (links) und Roboter zum Einlegen und Entnehmen der Halbzeuge in die Werkzeuge (rechts). (Foto: IFUM)

# **Hochwertiges Kunststoffrecycling**

Das Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik (IKK) und die EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen GmbH, ein weltweit führender Anbieter von Kunststoff-Recyclinganlagen, haben ihre Zusammenarbeit bei der Erforschung neuer Wege der Wiederverwertung gestartet.

Angesichts der wachsenden Nachfrage nach effizienten Recyclingprozessen gehen IKK und EREMA gemeinsam den nächsten Schritt, hin zu einem hochwertigen Recycling von Kunststoffabfällen. EREMA stellt dem IKK dazu im neuen Campus Maschinenbau Garbsen die Recyclinglinie INTAREMA 906TE mit Analyseequipment zur Verfügung. Mit der Anlage werden Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des IKK gemeinsam mit dem Unternehmen neue Wege beim Recycling beispielsweise von Verpackungen, Textilien, Verbundwerkstoffen, organischen Bauprodukten oder bisher nicht recycelten Industrieabfällen beschreiten.

Schwerpunkte der Zusammenarbeit sind dabei die Entwicklung hochwertiger Kunststoffrezyklate sowie die Weiterentwicklung nachhaltiger Recycling- und Verarbeitungsprozesse. Dabei werden innovative Technologien zum markfähigen Recycling von Kunststoffabfällen sowohl aus der Industrieproduktion wie auch aus dem Konsumgüterbereich entwickelt.

Die Recyclinglinie INTAREMA 906TE ist mit speziellen Online- und Inline-Analytik-Modulen ausgestattet, welche eine Charakterisierung des Input- und Outputstroms im laufenden Prozess ermöglichen. Dabei werden wichtige Materialparameter wie Viskosität oder chemische Zusammensetzung bereits direkt innerhalb des Recyclingprozesses analysiert. Darüber hinaus werden am IKK materialspezifische Eigenschaften von fertigen Regranulaten, Regeneraten und resultierenden spritzgegossenen Produkten polymerchemisch und materialtechnisch untersucht. Diese Informationen ermöglichen eine frühzeitige Fehleranalyse und schnelle Optimierung der Recyclingparameter.

Autorin: Dr. Madina Shamsuyeva Den kompletten Artikel finden Sie unter www.ikk.uni-hannover.de/



Die Recyclinglinie INTAREMA 906TE ist mit speziellen Online- und Inline-Analytik-Modulen ausgestattet. (Fotos: Madina Shamsuyeva, IKK)

# Additive Fertigung von Kautschukbauteilen

Forscher des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) und des Deutschen Instituts für Kautschuktechnologie (DIK) haben ein 3D-Druck-Verfahren für die Fertigung von Bauteilen aus rußgefülltem Kautschuk entwickelt.

Das Verfahren nennt sich Additive Manufacturing of Elastomers (AME) und beruht auf der Fused Filament Fabrication (FFF), die bereits zur additiven Fertigung von Bauteilen aus thermoplastischen Kunststoffen verwendet wird. Dabei wird das Kunststofffilament in einer verfahrbaren Düse aufgeschmolzen und in feinen Strängen zur schichtweisen Fertigung von Bauteilen abgelegt. Tests zeigten, dass Zugstäbe, die mit dem AME-Verfahren hergestellt wurden, 89,1 Prozent der Zugfestigkeit konventionell gefertigter Zugstäbe aufwiesen.

Im Laufe des Forschungsprojektes ertüchtigen die Projektpartner einen herkömmlichen FFF-3D-Drucker zu einem AME-Drucker und erforschen den neuen Prozess. Beim AME-Verfahren wird in jeder Druckschicht erst eine Hülle aus Thermoplast gedruckt, in die anschließend Kautschuk gedruckt wird. Dadurch ist der Kautschuk gegen Versließen gesichert. Im Projekt ist das ITA schwerpunktmäßig für den Entwicklungsprozess des 3D-Druckers und die Steuerung des Druckprozesses mittels G-Code verantwortlich. Das Deutsche Institut für Kautschuktechnologie (DIK) als Projektpartner befasst sich mit der Werkstoffauswahl, -herstellung und -prüfung.

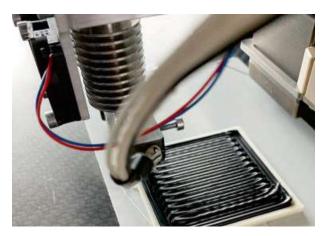
Der entwickelte Kautschuk-3D-Drucker verfügt über einen Miniatur-Doppelschneckenextruder. Er ist notwendig, da Kautschuk nicht wie thermoplastisches Material aufgeschmolzen werden kann. Der Drucker verfügt über einen Arbeitsbereich von 500 mm  $\times$  500 mm  $\times$  250 mm und ist mit zwei Thermoplastdruckköpfen ausgestattet, die ursprünglich einen seriellen Druck von zwei verschiedenen thermoplastischen Materialien ermöglichten.

Der Doppelschneckenextruder, der circa 12 kg wiegt, wurde möglichst nah an die verfahrbaren Achsen montiert. Er nimmt damit den Platz der ursprünglichen Thermoplastdruckköpfe ein, die wiederum vor den Extruder montiert wurden. Somit ist der Schwerpunkt unmittelbar an den Achsen. Die Steuerung des Extruders wurde in die bereits vorhandene Steuerung des 3D-Druckers integriert. An der Steuerung des Extruders wird lediglich die Drehzahl und damit der Durchsatz für den Extruder hinterlegt. Die Steuerung des 3D-Druckers legt fest, ob der Extruder oder der Thermoplastdruckkopf einen Druckbefehl erhält und gibt den Verfahrweg vor.

Zwar ist vor dem industriellen Einsatz noch eine Reihe von Fragen zu klären, aber schon jetzt ist klar: Langfristig bie-

tet das AME-Verfahren die Möglichkeit, Ersatzteile aus Kautschuk zu fertigen. Dies ist besonders relevant, weil eine lange Lagerhaltung von Kautschukbauteilen wegen der Versprödung des Materials nicht möglich ist. Vorteilhaft im Vergleich zum Spritzgussverfahren von Kautschukbauteilen ist, dass nicht erst eine Form gefertigt werden muss, um ein Teil zu produzieren. Dies ist insbesondere für einzeln oder in kleinen Stückzahlen angeforderte Ersatzteile sowie für die Prototypenfertigung ein großer wirtschaftlicher Vorteil.

Autor: Sebastian Leineweber (ITA). Den kompletten Artikel finden Sie unter www.phi-hannover.de





Oben: Der neuartige AME-3D-Drucker kann Kautschuk verarbeiten. Darunter: Ausgestanzte Zugstäbe aus einer gedruckten Platte. (Fotos: Sebastian Leineweber, ITA)

#### Montage ohne Monteure:

### Self-Assembly für Präzisionsoptiken

Um Komponenten für optische Mikrosysteme schnell und präzise zu positionieren, bieten sich Self-Assembly-Techniken an, die ohne Handhabung durch Menschen oder Maschinen funktionieren. Das Institut für Montagetechnik (match) erforscht dieses innovative Verfahren im Exzellenzcluster PhoenixD.

Präzisionsoptiken im Mikroformat massenhaft und kostengünstig fertigen - das ist das Ziel von PhoenixD. Im Gegensatz zu elektronischen Systemen bestehen optische Systeme nicht aus Leiterbahnen, Widerständen und Transistoren, sondern aus Spiegeln, Filtern, optischen Schaltern, Dioden, Linsen und vielem mehr. Gewöhnlich werden optische Systeme als Einzelstücke auf großer Fläche aufgebaut - sozusagen im Tischtennisplattenformat. PhoenixD forscht an der Miniaturisierung, um tausende solcher Systeme auf kleinen Flächen zusammenzubringen - quasi im Briefmarkenformat.

Um kostengünstige optische Mikrosysteme zu fertigen, müssen die Komponenten sowohl aneinander präzise positioniert und ausgerichtet als auch übereinander geschichtet werden. Die Wissenschaftler des Instituts für Montagetechnik (match) verfolgen dabei einen innovativen Lösungsansatz: Sie nutzen Self-Assembly-Techniken.

Dabei werden die Komponenten präzise ausgerichtet, indem physikalische Effekte und Kräfte genutzt werden. Self-Assembly erfolgt völlig ohne Aktoren, Roboter oder Greifer, die in der herkömmlichen automatisierten Montage notwendig sind. Es findet eine Montage ohne Handhabung statt, ohne ak-

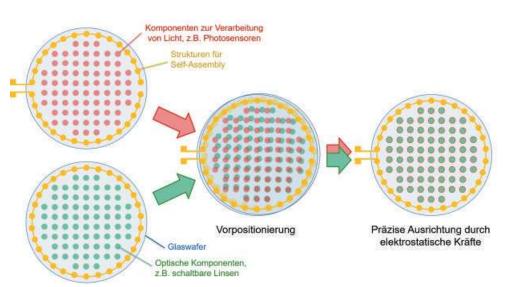
tive Positionierung durch Menschen oder Maschinen. Im Rahmen von PhoenixD erforscht und entwickelt das match gemeinsam mit anderen Instituten Designs und Systeme, um zwei Ebenen exakt zueinander zu positionieren und auszurichten.

Die Grafik zeigt ein Anwendungsbeispiel auf einem 4-Zoll-Wafer. Bestückt ist dieser Wafer mit 70 Linsen (grün). Ein zweiter Wafer ist an exakt den gleichen Positionen mit 70 Dioden (rot) bestückt.

Beide Wafer sind identisch mit spannungsleitenden Strukturen (gelb) beschichtet. Diese identischen Strukturen sorgen dafür, dass die Komponenten exakt und präzise zueinander positioniert werden. Dazu müssen die beiden Wafer zuerst grob übereinander ausgerichtet werden. Zwischen den Wafern kann sich beispielsweise UV-Klebstoff befinden. Dieser ist zu Beginn flüssig und bildet einen Gleitfilm. Durch das Anlegen einer Spannung entstehen elektrostatische Felder und Kräfte, welche bei anfänglicher Fehlpositionierung so groß sind, dass das System versucht, einen Zustand der geringsten Fehlpositionierung einzunehmen. Nach der schnellen Ausrichtung wird der UV-Klebstoff ausgehärtet und fixiert so die beiden Wafer miteinander. Dieser Vorgang ist schnell, präzise und fehlerresistent. Mensch und Roboter brauchen für die gleichen Arbeitsschritte deutlich länger und sind nur in Ausnahmefällen ähnlich präzise.

Autor: Christoph Schumann (match)
Ansprechpartner: Martin Stucki (match)

Den kompletten Artikel finden Sie unter www.phi-hannover.de



Zwei Wafer mit Strukturen und Komponenten werden durch elektrostatische Self-Assembly ausgerichtet. (Grafik: Christoph Schumann, match)

#### Nickelbasislegierungen:

### Dem Kriechen auf der Spur

Nickelbasissuperlegierungen sind typische Hochtemperaturwerkstoffe und werden beispielsweise für Turbinenschaufeln von Flugtriebwerken eingesetzt. Das Institut für Werkstoffkunde (IW) untersucht, wie sich die Mikrostruktur dieser Werkstoffe bei Belastungen verändert.

Ob in Flugzeug- oder stationären Gasturbinen: Überall, wo hohe Temperaturen und hohe Belastungen auftreten, braucht es Hochtemperaturwerkstoffe. Sie sind darauf ausgelegt, Temperaturen um 1000 °C sowie gleichzeitig auftretenden mechanischen Belastungen standzuhalten. Wenn diese hohen Belastungen allerdings über einen langen Zeitraum anhalten, beginnen die Werkstoffe zu "kriechen", das heißt, sie verformen sich allmählich.

Nickelbasislegierungen sind aufgrund ihrer Mikrostruktur bei hohen Temperaturen sehr beständig. Aber auch diese Mikrostruktur verändert sich während der Kriechbeanspruchung. In welcher Weise, das hängt ab von der Legierungszusammensetzung, der Temperatur, der mechanischen Belastung und der Zeit. Welchen Einfluss diese Parameter genau haben, untersucht das IW im Rahmen eines gemeinsamen Projekts mit dem Institut für Kontinuumsmechanik (IKM) der Leibniz Universität Hannover.

Das IKM bindet die Erkenntnisse des IW in ein dreidimensionales Materialmodell ein, um das Werkstoffverhalten von Nickelbasislegierungen bei bestimmten Belastungen vorhersagen zu können. Auf dieser Basis lassen sich die Rahmenbedingungen und Grenzen für den Einsatz von Bauteilen und ihre Nutzungsdauer genauer bestimmen.

Am IW stehen viele verschiedene Verfahren zur Verfügung, um die Veränderungen während des Kriechens bis zum Bruch der Probe auf verschiedenen Größenskalen untersuchen zu können. Dabei müssen alle Untersuchungen auf der gleichen Probenoberfläche stattfinden, um die Ergebnisse miteinander verknüpfen zu können. Zudem sollten die Untersuchungen möglichst im Bereich des Risses liegen, der beim Versagen der Probe auftritt.

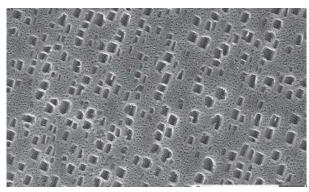
Weil das Materialmodell, das die Forscherinnen und Forscher am IKM entwickeln, die Änderungen der Mikrostruktur dreidimensional darstellen soll, bietet sich auch für die Untersuchungen am IW eine dreidimensionale Methode an. Dies wird durch ein Röntgenmikroskop ermöglicht, das am IW zur Verfügung steht. Mit dem Röntgenmikroskop kann nicht nur ein dreidimensionales Bild der beanspruchten Probe erstellt werden, sondern es lassen sich auch die Orientierungen der Körner im Materialinneren mittels Beugungskontrasttomographie (Englisch: Diffraction Contrast Tomography, DCT) darstellen.

Das DCT-Verfahren bietet neben der dreidimensionalen Darstellung weitere Vorteile. So entfällt die Probenpräparation und damit auch das Risiko der Erzeugung von Scheingefügen durch Präparationsfehler. Zudem können die Messdaten vom IKM leichter für die Parametrierung des Materialmodells genutzt werden.

Autorin: Silvia Reschka (IW) Den kompletten Artikel finden Sie unter www.phi-hannover.de



3D-Orientierungsmessung im Röntgenmikroskop mittels DCT. (Foto: IW)



Mikrostruktur mit y'-Ausscheidungen im Rasterelektronenmikroskop. (Foto: IW)

# **Geringes Gewicht, großer Effekt:**3D-Druck aktiviert ungenutztes Potential

Im Projekt AddSpin am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) nutzen die Wissenschaftler\*innen additive Fertigungsverfahren, um Masse und Trägheit eines Spannsystems für den Einsatz

Während der Bearbeitung von Bauteilen mit Hilfe einer Werkzeugmaschine müssen viele Komponenten beschleunigt oder abgebremst werden – beispielsweise die Linearachsen oder die Hauptspindelwelle. Drehmaschinen besitzen ein zusätzliches System zum Spannen des Werkstücks. Bei der Bearbeitung rotiert dieses System mit dem Bauteil. Der Rotationsstrang eines solchen Spannsystems ist häufig lang und mechanisch komplex. Ihn zu beschleunigen und abzubremsen kostet viel Zeit und Energie. Ein hohes Trägheitsmoment führt folglich zu erhöhten Nebenzeiten – wertvolle Zeit, die nicht zur Bauteilbearbeitung genutzt wird. Aus diesem Grund bringt eine Gewichtsoptimierung hier besonders viel.

in Drehmaschinen zu minimieren.

Additive Fertigungsverfahren bieten nun die Möglichkeit, solche Bauteile individuell und funktionsgerecht mit bedeutend weniger Material zu fertigen. Im Rahmen des Projekts AddSpin nutzen Wissenschaftler des IFW und Fraunhofer IAPT Hamburg diese Technologie, um die Trägheit bzw. die Masse eines Spannsystems für den Einsatz in Drehmaschinen zu minimieren. "Neben dem Gehäuse haben wir für vier weitere Komponenten die Trägheitsmomente zwischen 45 % und 69 % reduziert", so der Projektverantwortliche Heiner Klemme. Dadurch wird nicht nur Energie gespart, sondern es werden auch Nebenzeiten deutlich reduziert.

Grundlage der Topologieoptimierung ist ein am IFW entwickeltes Finite-Elemente-Modell zur Simulation des Spannsystems. Um die Optimierungsrandbedingungen zu definieren, werden unter anderem die Flächen des Originalbauteils ausgewählt, die geometrisch nicht verändert werden sollen. Daneben werden auch mechanische Grenzwerte festgelegt, die das optimierte Bauteil später einhalten muss. Hierzu gehört vor allem die maximal zulässige Vergleichsspannung.

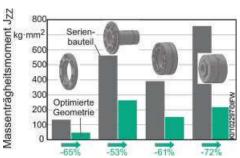
Eine besondere Herausforderung bei der additiven Fertigung von Bauteilen ist die Erarbeitung einer Geometrie, die auch fertigungstauglich ist. Die Geometrie des topologieoptimierten Bauteils lässt sich zwar drucken, doch infolge kaum vermeidbarer Oberflächenunebenheiten kann es zu Spannungsspitzen kommen. Die wiederum können unter Dauerbelastung Risse verursachen und die Lebensdauer der Bauteile reduzieren. Aus diesem Grund wurde die optimierte Geometrie in einem letzten Schritt manuell angepasst. Es gibt noch weitere Herausforderungen, die das IFW untersucht, erläutert Heiner Klemme: "Zu klären ist beispielsweise die Frage, wie ein topologieoptimiertes Bauteil zur mechanischen Nachbearbeitung eingespannt werden muss. Eine geometrisch definierte Oberfläche zum Einspannen in ein Drehspannfutter ist zwangsläufig nicht immer vorhanden."

Weitere Informationen: Heiner Klemme (IFW), Tel.+49 511 762 5506, klemme@ifw.uni-hannover.de

Den kompletten Artikel finden Sie unter www.ifw.uni-hannover.de



Schritte bei der Topologieoptimierung am Beispiel des Gehäuses.



Reduzierung der Massenträgheitsmomente.

### Zahnräder, die ineinandergreifen:

# IFA hilft bei der Optimierung der Produktionsplanung und -steuerung

Die Planung und Steuerung der Produktion funktioniert nur, wenn alle Zahnräder ineinandergreifen. Doch nach Studien, an denen das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) beteiligt war, weiß die Mehrheit der Mitarbeiter in den Unternehmen zu wenig über die Wirkung von Steuerungsverfahren auf logistische Zielgrößen, wie etwa die Termintreue.

Es fehlen Modelle, die es dem Anwender ermöglichen, die vielen und komplex miteinander verknüpften Einflussfaktoren und Zielkonflikte unter einer ganzheitlichen Perspektive in den Blick zu nehmen und eine optimale Auswahl unter der Vielzahl an möglichen Maßnahmen zu treffen. Durch das Forschungsprojekt "Systematische Untersuchung der Wirkung von Verfahren der Produktionsplanung und der Produktionssteuerung auf logistische Zielgrößen" wollen Wissenschaftler des IFA und der Leuphana Universität aus Lüneburg diese Lücke schließen und Unternehmen bei der zielorientierten Konfiguration der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) sowie des gesamten Produktionssystems unterstützen.

Die Auswahl von Verfahren und Parametern der PPS stellt einen wichtigen Schritt innerhalb der Produktionskonfiguration dar, welche sich vereinfacht in drei Stufen untergliedern lässt: In der ersten Stufe, der Strukturgestaltung, muss sich ein Unternehmen grundsätzlich überlegen, wie das Produktionssystem gestaltet sein muss, um eine erfolgreiche Auftragsabwicklung zu ermöglichen. In der zweiten Stufe, der Auswahl von Verfahren und Parametern, gilt es, die Konfiguration der PPS auf Basis der Eingangsgrößen der ersten Stufe und der Unternehmensziele abzuleiten. Der dritte Schritt der Produktionskonfiguration besteht in der Auswahl geeigneter Methoden zur Sicherstellung einer zielorientierten Umsetzung im Betrieb, wozu es eines effektiven Produktionscontrollings bedarf, welches Ziel-, Soll-, Plan- und Ist-Größen miteinander vergleicht, Abweichungen aufzeigt und Vorschläge für Anpassungen unterbreitet.

Durch die einheitliche Beschreibung der verschiedenen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen unterstützt das IFA Unternehmen dabei, ihre PPS ganzheitlich und zielorientiert zu konfigurieren. Der praktische Anwender wird bei der PPS-Konfiguration in die Lage versetzt, entstehende Zielkonflikte zu prognostizieren und beispielsweise Reihenfolgestrategien für Produktionsbereiche abzuleiten – oder Kompensationsmaßnahmen festzulegen, welche durch bewusste Entscheidungen in Kauf genommene, negative Effekte kompensieren. Dabei ist es wichtig, die PPS sowie die Produktion als Gesam-

tes zu betrachten, statt Teiloptimierungen für einzelne Bereiche oder Aufgaben vorzunehmen.

Mit seinem Forschungsprojekt will das IFA erreichen, dass Unternehmen die Wechselwirkungen innerhalb der PPS sowie zwischen den einzelnen Stufen der Produktionskonfiguration besser verstehen und die Erkenntnisse bei Entscheidungen in der Praxis anwenden. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden in das Hannoveraner Lieferkettenmodell (www.halimo.education) integriert.

Autor: Alexander Mütze Den kompletten Artikel finden Sie unter www.phi-hannover.de



Die Produktionsplanung und -steuerung von Unternehmen funktioniert nur, wenn alle Zahnräder ineinandergreifen. (Foto: Bill Oxford, unsplash.com)