

Das Magazin des Produktionstechnischen Zentrums
der Leibniz Universität Hannover / Jahresbericht 2022

Alles anders

Produktion im Wandel





Langfristiger
Arbeitsplatz



Attraktive
Vergütung



Flexible
Arbeitszeit

Pionierleistungen in der Mess- und Steuerungstechnik – dafür steht der Name HEIDENHAIN seit mehr als 130 Jahren. Als Technologieführer treiben wir mit innovativen NC-Steuerungen und Hochpräzisions-Messgeräten neue Entwicklungen in der automatisierten Fertigung voran – u. a. in der Elektronik- und Halbleiterproduktion. Ein ideales Umfeld für technologiebegeisterte Menschen, die mehr bewegen wollen. Wir reinvestieren große Teile unserer Erträge in Forschung und Entwicklung sowie in die Aus- und Weiterbildung unserer Mitarbeiter. So schaffen wir langfristig sichere Arbeitsplätze und ausgezeichnete Zukunftsperspektiven an unserem Hauptsitz in Traunreut oder an unserem Entwicklungsstandort Hannover. Auch für Dich!

Uni-Stipendium

- Technische Informatik
- Informatik
- Elektro- und Informationstechnik

Gefragt sind engagierte Studierende (Bachelor oder Master), die ihre Leidenschaft für Technik später zum Beruf machen möchten. Du gehörst dazu? Dann ist HEIDENHAIN Dein perfekter Partner! Wir bieten Dir die Chance, während des Studiums spannende Praxiserfahrung zu sammeln und Dir von Anfang an wenig Gedanken um die Studienfinanzierung machen zu müssen. Dazu die Perspektive, in ein Hightech-Unternehmen einzusteigen, das Dir vielfältige Möglichkeiten eröffnet. Überzeuge uns durch Deine ansprechenden Leistungen und Dein Engagement.

Oder suchst Du als Informatik-Absolvent (m/w/d) den Berufseinstieg in eine spannende Karriere?

Berufseinstieg für Informatiker (m/w/d) Software-Entwicklung in Hannover

Starte in unserem Software-Team in **Hannover** und entwickle mit uns die Steuerungs-Innovationen für die Werkzeugmaschinen der Zukunft. Es erwarten Dich spannende Aufgaben z. B. in der Entwicklung grafischer Benutzeroberflächen (GUI), geometrischer Algorithmen für mehrdimensionale Bewegungen oder von Software für die Bahninterpolation zukunftsweisender numerischer Steuerungen. Beste Entwicklungsperspektiven inklusive!



Langfristige Perspektiven...

...dafür steht HEIDENHAIN – auch in der Zusammenarbeit mit Studierenden. Deine Entwicklung bei uns startet schon während Deines Studiums und geht im Idealfall nahtlos in eine spannende Karriere bei HEIDENHAIN über. Freu Dich auf:

- Seminare und (Networking-)Events, die Dich fachlich und persönlich weiterbringen.
- individuelles Coaching und Mentoring.
- eine attraktive Vergütung während des Studiums und beim Direkteinstieg (betriebliche Altersvorsorge, Gewinnbeteiligung).
- ein tolles Arbeitsklima: kollegial, menschlich, wertschätzend und interessiert.

**Bewerbung für das Stipendium
bis 30.09.2023 für Förderbeginn in 2024**

Nähere Infos unter studium.heidenhain.de oder bei
Dr. Florian Schindler:
studium@heidenhain.de / 08669 31-1228

**Einstieg als Software-Entwickler (m/w/d):
jederzeit**

Nähere Infos unter heidenhain.de/karriere oder bei
Frau Nicole Trübenbach:
professionals@heidenhain.de / 08669 31-3259



Wir sind online!
heidenhain_newtalents



Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres



Prof. Dr.-Ing. Marc Christopher Wurz

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Zahl der jungen Menschen, die Maschinenbau studieren, sinkt. Es ist kein dramatischer Rückgang, aber er stimmt doch bedenklich, zumal ähnliche Tendenzen für den MINT-Bereich insgesamt zu beobachten sind. Besorgt registriert die Bundesregierung in ihrer jüngsten „Fachkräftestrategie“ anhaltende Engpässe in IT-Berufen sowie im Bereich der technischen Forschung und Entwicklung.

Dieser Trend fällt in eine Zeit, in der wir mehr und nicht weniger technische Kompetenz und Innovationskraft brauchen. Um die großen Herausforderungen, vor denen Wirtschaft und Gesellschaft stehen – Energiewende, Klimaschutz, Digitalisierung der Infrastrukturen – zu meistern, sind Ingenieure und andere technische Fachkräfte mit Spezialkenntnissen aus vielen Bereichen gefragt. Sie haben die Expertise und konstruktive Kreativität, die notwendig sind, um politische Absichten in die Praxis umzusetzen. Die Schere, die sich im technischen und ingenieurwissenschaftlichen Bereich zwischen sinkendem Angebot und steigendem Bedarf öffnet, wieder zu schließen, ist eine Kernaufgabe der Bildungspolitik, der Schulen, Hochschulen und der Unternehmen. Deshalb ist die Ausbildungs- und Nachwuchssituation eines der Themen, denen wir uns in dieser Ausgabe widmen.

Selbstverständlich ist technischer Sachverstand nicht nur eine Zukunftsressource. Er wird Tag für Tag gebraucht, um die Existenz des Industriestandorts Deutschland zu sichern. Nicht nur in den Laboren und Entwicklungsabteilungen, sondern auch in den Fabrikhallen tun sich, bedingt durch die demographische Entwicklung, zunehmend Lücken auf, können Fachleute, die in den Ruhestand gehen, schwer oder gar nicht ersetzt werden. Welche Möglichkeiten und Chancen hier die Robotik und andere Formen der Automatisierung bieten, ist ein weiterer Schwerpunkt dieses Heftes.

Und auch dieses Mal möchten wir Ihnen wieder Einblicke in die aktuelle wissenschaftliche Arbeit der acht Institute des PZH bieten. Das Themenspektrum reicht von innovativen Technologien zur Material- und Energieeinsparung und neuen Konzepten der Kreislaufwirtschaft über die Anwendung quantenmechanischer Effekte im Maschinenbau und die sich immer stärker ausweitenden Möglichkeiten der additiven Fertigung bis zum enormen technischen Potential, das Herstellungsverfahren in sauerstofffreien Atmosphären eröffnen. All diese Projekte spiegeln die besondere Dynamik, die die produktionstechnische Forschung zur Zeit durchläuft – eine Dynamik, die auf die Herausforderungen der Gegenwart antwortet und zukunftsfähige Lösungen erwarten lässt.

Hans-Josef Endres
Vorstandssprecher 2022

Marc Christopher Wurz
Vorstandssprecher 2023



Panorama 2022 / 2023

6 Zu Gast bei Freunden

9 Personalia

10 Meldungen

14 Fokus Forschung



Wandel in der Produktion

22 Was tun gegen den Mangel an Technik-Fachkräften?

Während der Bedarf an technischer Expertise wächst, gehen die Studienanfängerzahlen zurück – wir zeigen zwei Lösungsansätze.

27 Sauerstoffbefreit:

Ein SFB eröffnet extrem vielversprechende Möglichkeiten für viele Bereiche der Produktionstechnik.

30 Quantenkryptografie für Anfänger

Sicherheit in der Datenübertragung zum Anfassen und Mitnehmen bietet ein neues mobiles System aus dem ITA.

32 Neue Horizonte in der Mikrowelt

Marc Christopher Wurz ist der neue Leiter des IMPT – was ist seine Agenda?

36 Präzisionswerkzeuge effizienter herstellen:

Wie sich der Energieverbrauch für die Herstellung von Hartmetallwerkzeugen massiv senken lässt.

38 Ressourcen schonen beim Flugzeugbau

Ein Konzept für eine ressourcenschonende Produktion durch intelligente Datennutzung.



Jahresbericht 2022

42 PZH - Fakten und Zahlen

44 PZH - Schwerpunkte für Industriekooperationen

46 Promotionen

46 Gäste

47 Auszeichnungen

48 Seminare, Workshops, Konferenzen

48 Patente

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

50 IFA – Institut für Fabrikanlagen und Logistik

56 IFUM – Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen

64 IFW – Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen

76 IMPT – Institut für Mikroproduktionstechnik

84 IKK – Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik

88 ITA – Institut für Transport- und Automatisierungstechnik

94 match – Institut für Montagetechnik

100 IW – Institut für Werkstoffkunde

106 TEWISS Technik und Wissen GmbH

108 Unternehmen im PZH

110 Anreise / Impressum



Illustrationen: Dorota Gorski

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 generi-
sche Maskulinum („die Mitarbeiter“,
„die Forscher“) als geschlechtsübergrei-
fende Bezeichnung entschieden.

Spaß und Wissenschaft: **Volksfest im PZH und auf dem Campus Maschinenbau**



Der November ist grau und trübe? Nicht im PZH und auf dem Campus Maschinenbau. Dort kamen am 5. November vergangenen Jahres – bei strahlendem Sonnenschein – Jung und Alt zum alljährlichen Volks- und Familienfest zusammen, um sich in den Labors und Versuchsfeldern umzuschauen, bei Experimenten, Spielen und Rätselaktionen mitzumachen, Informationen über das Maschinenbaustudium zu sammeln und die Kochkünste der Mensa zu testen. Nach zwei Jahren pandemiebedingter Unterbrechung knüpften das PZH und die Fakultät für Maschinenbau an eine liebgewonnene Tradition an – allerdings mit einer kleinen Neuerung: Aus den bekannten „Nächten“ des Maschinenbaus war ein Familientag des Maschinenbaus geworden, der im Rahmen des uniweiten Tags der offenen Tür „Leibniz AnsprechBAR“ stattfand. Von 12 bis 18 Uhr bekamen Besucher eine bunte Mischung aus Technik, Wissenschaft und Unterhaltung geboten. Erstmals konnten sie sich auch in den neuen Forschungshallen und Laborbereichen des Campus Maschinenbau umsehen. Die PZH-Institute boten ihren Gästen eine große Palette aus spannenden Themen, Exponaten, Experimenten und Mitmachaktionen. Dazu gehörte zum Beispiel ein „Roboter-Park“, in dem verschiedene Robotertypen ihr Können zeigten. Großes Interesse erweckten auch Experimente zu Themen wie „Können Maschinen fühlen?“, „Wie beeinflussen unsicht-

bare Kräfte unser Leben?“ oder „Aus Licht wird Musik“. Besucher erlebten „Umformtechnik hautnah“, beschäftigten sich mit „Digitalen Zwillingen“ und lernten, wie man mit dem „Kollegen Roboter“ zusammenarbeiten kann. Bei Mitmachaktionen konnten sie ausprobieren, wie man Schokolade gießt oder aus flüssigem Metall dreidimensionale Bauteile schafft.

Ein Leitmotiv der Veranstaltung war die Frage: „Wie geht Nachhaltigkeit?“ Solche ökologischen Gesichtspunkte spielen im gesamten Maschinenbau und insbesondere in der Produktionstechnik eine immer wichtigere Rolle – zum Beispiel beim Lebenszyklus von Produkten. Schon bei ihrer Herstellung sollen Ressourcen geschont und möglichst wenig Energie und Material eingesetzt werden. In ihrer Nutzung sollen sie zuverlässig, langlebig und reparierbar sein. Und am Ende der Lebensdauer steht die Forderung nach ihrer Wiederverwertbarkeit. Diese unterschiedlichen Eigenschaften müssen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft von Beginn an mitgedacht werden. Auf der Forschungsagenda der PZH-Institute stehen solche Aspekte ganz oben.



*Ganz heiß oder eiskalt: Vorführungen beim Schmieden (oben) und mit flüssigem Stickstoff.
Fotos: Max Kesberger, Fakultät für Maschinenbau LUH*



MuT zu MINT: Wissenschaft zum Anfassen

Zum dreizehnten Mal fand im November vergangenen Jahres der Projekttag „Mädchen und Technik“ (MuT) des Instituts für Mikroproduktionstechnik (IMPT) und des PZH statt – aber Unglück brachte die Zahl nicht. Im Gegenteil: Nach dem pandemiebedingten Online-Format im Vorjahr konnten die Schülerinnen nun wieder Technik und Wissenschaft zum Anfassen und Mitmachen erleben.

Alljährlich lädt MuT Schülerinnen ein, die Welt der Technik zu erkunden, mit Ingenieurwissenschaftlerinnen ins Gespräch zu kommen und die Vielfalt technischer Ausbildungen und Berufe kennenzulernen. Über 110 Mädchen zwischen 13 und 17 Jahren von 21 Schulen aus Hannover, Hildesheim, Soltau und anderen Regionen folgten dieses Mal der Einladung ins PZH und auf den Campus Maschinenbau.

In 14 Projekten konnten die Schülerinnen Technik und Naturwissenschaften „in Aktion“ erleben. Das Spektrum der Experimente, Workshops und Mitmachaktionen reichte von der Konstruktion

eines elektronischen „Schüttelwürfels“ und das Schneiden mit einem Plasmastrahl über das Programmieren von Spielen und die Fertigung von Mikrostrukturen bis zur Herstellung von Herzklappen und der Erzeugung von Hologrammen.

Außerdem gab es einen Technikwettbewerb und ein MINT-Interview, in dem Studentinnen und Auszubildende der Leibniz Universität die Fragen der Schülerinnen beantworteten. Der Science Escape Room, der zum ersten Mal in Präsenz stattfand, war dieses Mal besonders beliebt. Ziel des Projektes war es, Rätsel zu lösen und einen Ausweg aus einem „Labor“ zu finden.

Die Vorbereitungen für MuT 2023 laufen bereits. Die Veranstaltung wird am 20.11.2023 stattfinden.

Weitere Informationen:

Selina Raumel, 0511 762 5484,

raumel@impt.uni-hannover.de und

Eileen Müller, 0511 762 1228; mueller@impt.uni-hannover.de

RoboHub Niedersachsen – Leichtbauroboter bieten große Chancen

Leichtbauroboter – oft auch als Cobots bezeichnet – sind flexibel einsetzbar und können unterschiedlichste Aufgaben in der Fertigung übernehmen. Sie sind einfach zu programmieren und zu bedienen und bieten auch mittelständischen Industrie- und Handwerksbetrieben die Möglichkeit, Prozesse zu automatisieren. Darin liegt auch eine Chance, dem zunehmenden Fachkräftemangel zu begegnen.

Für Fach- und Führungskräfte, die sich über die Einsatzmöglichkeiten von Leichtbaurobotern im eigenen Betrieb informieren möchten, gibt es seit 2022 den RoboHub Niedersachsen im PZH. Er bietet Informationen, Workshops und Schulungen rund um das Thema. Der Hub – eine Kombination aus Experimentallabor und Informationszentrum – wird von der TEWISS – Technik und Wissen GmbH, dem Institut für Montage-technik (match), der Leibniz Universität Hannover, der Region Hannover und die Firma Vision Lasertechnik GmbH betrieben.



Der Hub zählt zu den vom Land Niedersachsen geförderten DigitalHubs. Die Region Hannover ist Co-Förderer des Hubs.

Auf reges Interesse stieß das Tech-Meetup #2 der Region Hannover, das am 30. Juni im RoboHub als Hybrid-Veranstaltung stattfand.

Dort berichteten Referenten aus regionalen Betrieben anhand konkreter Beispiele, für welche Einsatzbereiche sich Leichtbauroboter bereits bewährt haben und welche Herausforderungen es bei der Planung und im Betrieb noch gibt. Eine Besichtigung

der RoboHub-Flächen und der dort präsentierten Cobot-Systeme bot den Gästen praktische Beispiele und anschauliche Informationen.

Weitere Informationen: Dipl.-Ing. Patrice Weber (TEWISS –

Technik und Wissen GmbH) Tel. 0511 762 18360,

weber@tewiss.uni-hannover.de www.robohub-nds.de

Forschung für die Produktion von morgen: Industriekolloquium am PZH

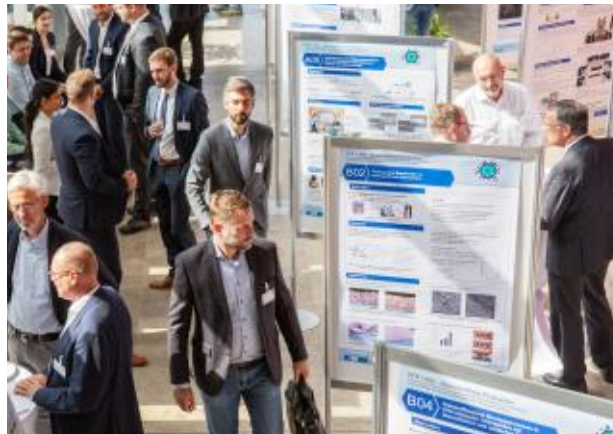
Wie produziert man ohne Sauerstoff? Wie lassen sich Bauteile aus unterschiedlichen Werkstoffen fertigen? Und warum sind diese Themen wichtig für eine zukunftsfähige, ressourcenschonende und wettbewerbsstarke Produktionstechnik?

Um diese Fragen ging es in einem Industriekolloquium mit rund 80 Teilnehmern aus Forschung und Industrie, das am 6. September 2022 unter dem Titel „Neue Potentiale für die Produktionstechnik“ im PZH stattfand. Ausgerichtet wurde es von den Sonderforschungsbereichen 1153 „Tailored Forming“ und 1368 „Sauerstofffreie Produktion“, an denen insgesamt sechs Institute des PZH beteiligt sind.

Der Sonderforschungsbereich „Tailored Forming“ beschäftigt sich mit der Entwicklung neuartiger Prozessketten zur Herstellung lokal belastungsangepasster Massivbauteile, bei denen die unterschiedlichen Werkstoffe zunächst gefügt und anschließend zusammen umgeformt werden. Dieses maßgeschneiderte Umformen ermöglicht es, die Leistungsdichte und Funktionalität von Bauteilen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten signifikant zu steigern.

Im Sonderforschungsbereich „Sauerstofffreie Produktion“ geht es um Fertigungsprozesse unter Ausschluss von Sauerstoff. Damit sollen völlig neuartige Techniken für eine effizientere und ressourcenschonende Fertigung entwickelt werden, die zudem die Leistungsfähigkeit der erzeugten Produkte steigern.

Die Veranstalter des Industriekolloquiums informierten in Vorträgen über die unterschiedlichen Facetten dieser Projekte und den Transfer aktueller Forschungsergebnisse in die industrielle Anwendung. Poster-Präsen-



Rund 80 Teilnehmer informierten sich in Vorträgen, Laborbesichtigungen und Poster-Präsentationen. Foto: Heike Mischewsky

tionen, Laborbesichtigungen, Diskussionen, persönliche Gespräche und Live-Experimente lieferten den Teilnehmern zusätzlich spannende Einblicke und Eindrücke aus erster Hand.

Internationale Konferenz am IFW: Neue Trends in der Luft- und Raumfahrtfahrtindustrie

Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit und zur Verkleinerung des ökologischen Fußabdrucks in der Luftfahrtindustrie war eines der bestimmen Themen der 22. „Machining Innovations Conference for Aerospace Industry“ (MIC 2022), die am 30. November und 01. Dezember 2022 vergangenen Jahres stattfand. Ausgerichtet wurde die internationale Veranstaltung wieder vom Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) und dem Manufacturing Innovations Network e.V. (MIN). Nachdem die Tagung in den beiden Jahren zuvor pandemiebedingt virtuell hatte stattfinden müssen, konnten die Veranstalter ihre Gäste dieses Mal wieder in Präsenz begrüßen. Zwei Tage lang tauschten sich rund 100 Ingenieure aus

Wissenschaft und Industrie über produktionstechnische Innovationen und Forschungsergebnisse in der Luft- und Raumfahrtindustrie aus. Weitere Themenschwerpunkte waren innovative Trends in der Fertigungstechnik von Luft- und Raumfahrtkomponenten, ganzheitliche Produktionsprozesse von der Planung der Fertigung bis hin zur Wartung der Maschine, die Nachhaltigkeit von Werkzeugmaterialien, Kosten und Nutzen digitaler Anwendungen sowie Datengenerierung und -management in automatisierten Maschinennetzwerken.

Neben den Vorträgen gab es eine Führung durch das IFW-Versuchsfeld sowie eine Poster-Session mit aktuellen Forschungsergebnissen. In einem gesonderten Ausstellungsbereich zeigten Unternehmen



MIC 2022

22nd Machining Innovations Conference
for Aerospace Industry

des produzierenden Gewerbes ihre Innovationen. Eine Podiumsdiskussion mit namhaften Experten aus Wissenschaft und Industrie rundete das Konferenzprogramm ab. Die nächste Machining Innovations Conference for Aerospace Industry findet in diesem Jahr am 29. und 30.11. im PZH statt.

Weitere Informationen unter: www.mic-conference.com und dem LinkedIn Account des IFW: (37) IFW - Institute of Production Engineering and Machine Tools: Übersicht | LinkedIn



Foto: Christian Wyrwa

DBU-Promotionsstipendium für Meret Jürgens

Wie lässt sich das Prinzip der Kreislaufwirtschaft in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) der Kunststoffwirtschaft implementieren? Zu dieser Frage forscht Meret Jürgens im Rahmen ihrer Dissertation am Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik (IKK). Sie hat dafür eines der 60 Stipendien der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) erhalten.

„Konventionelle Kunststoffwirtschaft verläuft meist linear und ist dadurch eng mit Ressourcenverbrauch und Abfallerzeugung verbunden“, erklärt Meret Jürgens. Ein alternatives Konzept, das Umweltbelastungen reduzieren kann, ist die Kreislaufwirtschaft. Sie einzuführen, fällt kleinen und mittelständischen Unternehmen allerdings besonders schwer. Es fehlt an Informationen, personellen Ressourcen und Zeit, um die nötige Expertise zu erarbeiten. Zudem erschwert die große Bandbreite an Kunststoffen und Anwendungsmöglichkeiten die Formulierung allgemeingültiger Empfehlungen. Wie die Implementierung des Kreislaufkonzepts erleichtert werden kann, will Meret Jürgens unter anderem in Fallstudien anhand der Produkte von KMU untersuchen. Interessierte Unternehmen werden gebeten, den Kontakt aufzunehmen.

Ausführlicher Text: phi-hannover.de

Dr.-Ing. Sebastian Herbst mit dem Georg-Sachs-Preis ausgezeichnet

Als herausragender Wissenschaftler, der stets die industrielle Anwendung im Blick hat, wurde Dr.-Ing. Sebastian Herbst vom Institut für Werkstoffkunde (IW) mit dem Georg-Sachs-Preis ausgezeichnet. Verliehen wurde der Nachwuchspreis beim DGM-Tag der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. am 26. September 2022. Sebastian Herbst leitet am IW den Bereich „Technologie der Werkstoffe“ und ist Geschäftsführer des Sonderforschungsbereichs 1368 „Sauerstofffreie Produktion“. Mit dem Georg-Sachs-Preis werden vorzugsweise wissenschaftliche Arbeiten ausgezeichnet, die in enger Beziehung zur Praxis der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik stehen. Der Georg-Sachs-Preis wird vom Stifterverband Metalle und dem Fachverband der Nichteisen-

Metallindustrie Österreichs gemeinsam ausgelobt und seit 1968 vergeben.

Ausführlicher Text: phi-hannover.de



Foto: IW

Drucksensoren aus Glas: IMPT gewinnt „Best Session Paper“



Bei der diesjährigen „Electronic Components and Technology Conference“ in San Diego gewannen Anatoly Glukhovskoy, Maren Prediger, Jennifer Schäfer und Prof. Dr.-Ing. Marc Wurz vom Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) gemeinsam mit ihren Kooperationspartnern der Firma LPKF den Preis des „Best Session Paper“. Sie erhielten diese höchste Auszeichnung der Konferenz für ihren Beitrag „Proof of Concept: Glass-Membrane Based Differential Pressure Sensor“.

Darin zeigen sie die ersten Entwicklungsschritte und Auswertungen eines Differenzialdruck-Sensors, dessen Grundlage ein von LPKF hergestelltes Raster aus Membranen in einem Glassubstrat darstellt. Drucksensoren spielen in vielen Bereichen eine wichtige Rolle, zum Beispiel in der Meteorologie, in Industrieanlagen, Autos, der Robotik oder der Chirurgie.

Ausführlicher Text: www.ieeexplore.ieee.org/document/9501885

„Digitaler Ort Niedersachsen“: Auszeichnung für Stärkung der Innovationskraft

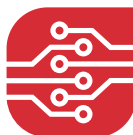
Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover der Leibniz Universität (LUH) ist als „Digitaler Ort Niedersachsen“ ausgezeichnet worden. Der Staatssekretär für Digitalisierung im Niedersächsischen Wirtschaftsministerium, Stefan Muhle, nahm die Ehrung am 8. Juni 2022 in der Demo-Fabrik des Zentrums in Garbsen vor. Als „Digitale Orte Niedersachsen“ werden Initiativen, Projekte, Unternehmen und Institutionen gewürdigt, die sich besonders für die Digitalisierung engagie-

ren und damit einen wichtigen Beitrag für die Innovationskraft Niedersachsens leisten.

Das Mittelstand-Digital Zentrum Hannover ist Teil des Netzwerks Mittelstand-Digital und bietet kleinen und mittelständischen Unternehmen Unterstützung bei der Digitalisierung durch Praxisbeispiele und Angebote zur Qualifikation und IT-Sicherheit. Seine Geschäftsstelle wird

vom Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) gemeinsam mit dem Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung (IfBE) geleitet.

Weitere Informationen: Gerold Kuiper,
0511 762 18325, kuiper@mitunsdigital.de



**Mittelstand-Digital
Zentrum
Hannover**

Ein Greifer für Heißes: Formvariable Handhabung beim Schmieden

Beim Schmieden verändert sich die Form der Bauteile erheblich. Um sie zu handhaben, müssen bislang mehrere Greifer eingesetzt werden, die an die jeweilige Geometrie angepasst sind. Im Institut für Montagetechnik (match) werden Greifer entwickelt, die sich den Formveränderungen flexibel anpassen können und gleichzeitig der extremen Hitze standhalten. Am Ende soll es möglich sein, extrem heiße Bauteile unterschiedlichster Geometrien mit nur einem Greifer zu handhaben.

Als Basis für die Untersuchungen dienen zwei vielversprechende Systeme: der

FinRay-Greifer und der Stift-Greifer. Der FinRay-Greifer, dessen Mechanik einer Fischflosse nachempfunden ist, besteht aus einem gleichschenkligen Dreieck, dessen Schenkel durch Querstreben verbunden sind. Wenn eine Fischflosse mit einem Objekt in Kontakt kommt, schmiegt sie sich ihm an. Dieser Effekt wird auf die Greiffinger übertragen. Solche FinRay-Finger werden in der Industrie bereits verwendet, sind aber aus polymeren Werkstoffen gefertigt, die nur bis maximal 300 °C eingesetzt werden können. Für das Schmieden, wo die Bauteile bis

zu 1200 °C heiß werden können, sind sie deshalb ungeeignet. Am match werden die Schenkel durch eine metallische Gliederkette – wie beispielsweise bei Armbanduhren – ersetzt. Dadurch bleibt die Beweglichkeit erhalten und zugleich können die hohen Temperaturen gemeistert werden.

Beim Stift-Greifer sind Stifte in einer Matrix angeordnet, wo sie sich axial unabhängig voneinander bewegen können. Das zu greifende Bauteil wird zwischen zwei einander gegenüberliegenden Matrizen platziert. Jeder Stift wird dann ausgeschoben, bis er Kontakt mit dem Bauteil hat. Auf diese Weise bekommt der Greifer jede Kontur sicher „in den Griff“. Auch solche Stift-Greifer gibt es bereits, allerdings sind hierbei Komponenten verbaut, die für die hohen Schmiedetemperaturen ungeeignet sind. Das match-Team hat den Hochttemperatureinsatz dieses Greifer-Typs bereits in Simulationen untersucht, darauf aufbauend konstruktive Anpassungen vorgenommen und die Einsatzfähigkeit unter Prozessbedingungen erfolgreich erprobt.

Weitere Informationen:
Caner-Veli Ince, (0511) 762-18247,
ince@match.uni-hannover.de



Glühendes Halbzeug vor der Umformung. (Foto: ELSA)

KI für KMU: Neues KI-Zentrum unterstützt produzierende Betriebe

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind oftmals unsicher, wenn es um die Chancen, Grenzen und Risiken des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz in der Produktion geht. Ihnen bietet das Demonstrationszentrum ProKI Unterstützung. Das Zentrum, das Teil des Demonstrations- und Transfernetzwerks „KI in der Produktion“ mit deutschlandweit acht Zentren ist, ging am 1. Oktober 2022 im PZH an den Start. Der Schwerpunkt liegt hier auf der KI-Entwicklung für trennende Fertigungsverfahren. Das Spektrum der behandelten Themen reicht von der Simulation über Ressourceneffizienz, Sensorik und Prozessüberwachung bis hin zur prozesskettenübergreifenden Optimierung.

Vertreter der Unternehmen haben im PZH die Möglichkeit, Anwendungsszenarien zu testen. Unter anderem stehen Dreh-, Fräs- und Schleifbearbeitungszentren, kollaborative Roboter sowie vielfältige Sensorsysteme zur Verfügung. Basierend auf der Infrastruktur werden insgesamt acht Demonstratoren aufge-

baut, die sich an den KI-Entwicklungsfeldern orientieren. Daneben wird ein mobiler Demonstrator eingerichtet, der die Erprobung von KI-Ansätzen vor Ort bei produzierenden Unternehmen ermöglicht. Dazu steht ein mobiles Datenerfassungssystem für Sensor- und Maschinensteuerungsdaten inklusive verschiedener temporär einsetzbarer Sensoren zur Verfügung.

„Im ProKI-Demonstrationszentrum wird eine ausgezeichnete Infrastruktur zum Erproben von KI-Ansätzen in kleinen und mittleren Unternehmen zur Verfügung stehen“, so der Zentrumsleiter Professor Dr.-Ing. Berend Denkena vom Institut für Ferti-



Den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) vorantreiben: Das ist das Ziel von ProKI. (Foto: IFW)

gungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW).

Weitere Informationen:
Dennis Stoppel, 0511 762 18327,
stoppel@ifw.uni-hannover.de

Experimente unter Schwerelosigkeit

Der Einstein-Elevator im Hannover Institute of Technology (HITec) erlaubt es, innerhalb einer Kapsel einen schwerelosen Zustand zu erzeugen. Wissenschaftler des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) führen in dieser Anlage Experimente unter anderem zur additiven Fertigung unter Weltraumbedingungen und zur physikalischen Grundlagenforschung durch.

Um die Integration dieser unterschiedlichen Experimente in den Einstein-Elevator möglichst einfach zu gestalten, haben sie im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-SI) einen Experimentträger entwickelt, der flexibel aufgebaut werden kann. Er besteht aus der Träger-

basis, der Druckhülle und dem jeweiligen Experiment. Die Trägerbasis ist als Druckgefäß ausgelegt, innerhalb dessen sich die Hardware für die Steuerung und die Aufzeichnung der Sensordaten befindet. Oberhalb davon wird das Experiment montiert. Es kann optional von einer Druckhülle umschlossen werden, wenn keine vakuumtaugliche Experimenthardware verwendet werden soll.

Die Schwerelosigkeit wird durch den freien Fall des Experimentträgers simuliert, der dafür in einer Gondel platziert wird. Die Antriebe und die Akustik der Gondel oder die Experimenthardware können Schwingungen auslösen, die während der Schwerelosphase Beschleunigungen im Experiment

verursachen. Um diese so weit wie möglich zu reduzieren, wurde der Experimentträger so konstruiert, dass er möglichst steif ist und nur Eigenschwingungen mit hoher Frequenz zulässt. Da in der Gondel maximal 1.000 kg befördert werden können, durfte die Konstruktion auch nicht zu schwer sein. Die ITA-Wissenschaftler haben deshalb Aluminium für die geschweißten Einzelbauteile verwendet. Durch dieses Material werden zugleich unerwünschte magnetische Einflüsse reduziert.

Weitere Informationen:
Richard Sperling (ITA),
(0511) 762-14304
richard.sperling@ita.uni-hannover.de

IFA-Forschungsprojekt: Flexibel mit Nachfrageschwankungen umgehen

Produzierende Betriebe und besonders kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind immens volatilen Märkten ausgesetzt. Das liegt am internationalen Wettbewerb, dem zunehmenden Kostendruck sowie dem immer stärkeren Wunsch der Kunden nach individuellen, kurzfristig lieferbaren Produkten. In den Betrieben führt das zu Auslastungsverlusten an den Arbeitssystemen im Produktionsbereich und somit zu hohen Kosten.

Um die Ansprüche der Kunden zu erfüllen, müssen sich die Unternehmen stetig weiterentwickeln. Nicht nur eine hohe Produktqualität und konkurrenzfähige Preise, sondern auch Liefertreue und Lieferzeit sind zentrale Kaufkriterien. Sie müssen als Zielgrößen in die Planung und Gestaltung von Produktionssystemen eingehen. Um den KMU Entscheidungshilfen bei der Gestaltung dieser Abläufe zu liefern, arbeiten Wissenschaftler des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) gemeinsam mit acht produzierenden Unternehmen aus der Kunststoff- und Glasverarbeitung, der Labor-, Prozess-, Medizin- und Elektrotechnik sowie aus dem Maschinen- und Anlagenbau im Forschungspro-

jekt „Vorgehen zur Operationalisierung der Belastungsflexibilität zur Handhabung von Nachfrageschwankungen in verketteten Arbeitssystemen von KMU (GeProVar)“. Ziel ist eine Operationalisierung der Belastungsflexibilität im Produktionssystem.

Eine zentrale Frage ist, wie Kapazitätsstrukturen beschaffen sein müssen, die flexibel und schnell auf wechselnde Belastungen reagieren können. Am IFA wird das am Beispiel einer Montagestation untersucht, zu der ein Mitarbeiter, ein Materialpuffer und ein Fertigwarenlager gehören, die miteinander verkettet sind. Gearbeitet wird in einem 2-Schicht-System für acht Stunden pro Tag an fünf Tagen in der Woche. Bestandteile des Forschungsprojekts sind ein mathematisches Optimierungsmodell zur kostenminimalen Nutzung der Belastungsflexibilität, verschiedene Handlungsempfehlungen für KMU sowie eine Implementierung der Ergebnisse in einen Software-Demonstrator.

*Kontakt: Vera Wiefermann, (0511) 762-18198,
wiefermann@ifa.uni-hannover.de*

Schmieden: Werkzeugausfälle zuverlässig vorhersagen

Die beim Schmieden eingesetzten Werkzeuge unterliegen extremen thermischen und mechanischen Belastungen, die zum regelmäßigen Werkzeugausfall führen. Die Lebensdauer variiert dabei stark: So kann bei einem Fertigungsprozess die Zahl der Bauteile, die aus einem Werkzeugsatz hergestellt werden können, zwischen unter 1.000 und über 10.000 schwanken. Man muss davon ausgehen, dass diese Schwankungen durch bislang nicht näher untersuchte Unregelmäßigkeiten bei den Schmiedeprozessen verursacht werden.

Deshalb beschäftigt sich das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) mit der Definition und Erfassung von kritischen Prozessdaten, um die Simulation von Umformprozessen realitätsnäher zu gestalten und auf dieser Basis die Auslegung dieser Prozesse zu optimieren. Dabei soll eine Methode entwickelt werden, die universell übertragbar ist und so auch kleine und mittlere Unternehmen unterstützt. Untersucht wird, welche Prozessgrößen für eine Standzeitabschätzung relevant und zugleich messtechnisch sicher erfassbar sind. Ausgewählt wurden der Umformweg, die Presskraft und die Temperatur an mehreren Messstellen beziehungsweise Komponenten.

Um auch Prozessdaten mehrerer Pressen vergleichen zu können, entschieden sich die Forscher für die Entwicklung eines mobilen Messwagens, in den alle Komponenten geschützt integriert und flexibel eingesetzt werden können. In ersten Praxiseinsätzen erwies sich der aufgebaute Messwagen als extrem flexibel und leistungsfähig. Die Daten der Einzel- und Serienversuche stellen in kommenden Arbeiten die Grundlage dar, um moderne Feature-basierte

Datenmodelle (zum Beispiel neuronale Netze) aufzubauen oder die Vorhersagegenauigkeit von Finite-Elemente-Simulationen durch eine genauere Einstellung der Eingangsdaten zu verbessern.

Langfristig soll direkt an der Umformpresse eine intelligente Prozessüberwachung installiert werden, die es erlaubt, kritische Prozessdaten in Echtzeit zu erfassen, auszuwerten und hinsichtlich der verbleibenden Reststandzeit der eingebauten Werkzeuge zu bewerten. Dies würde Kosten sparen, denn einerseits ließen sich Wartungsintervalle genauer planen und andererseits könnten Gegenmaßnahmen ergriffen werden, um die Werkzeugstandzeit insgesamt zu steigern.

*Weitere Informationen: Felix Müller, (0511) 762-2451,
f.mueller@ifum.uni-hannover.de*



*Praktischer Einsatz des Messwagens am IFUM.
(Foto: IFUM – S. Peddinghaus)*

Bauteilidentifikation dank „Fingerabdruck“

Rückrufe wegen fehlerhafter Fertigung oder Produktfälschungen von Dritten beschieren dem deutschen Maschinen- und Anlagenbau alljährlich finanzielle Schäden in Milliardenhöhe. Will der Hersteller Schadensersatzzahlungen an Kunden vermeiden, muss er nachweisen, dass das Bauteil zum Zeitpunkt der Auslieferung nach aktuellem Stand der Technik in fehlerfreiem Zustand war oder dass es – im Falle eines Plagiats – nicht von ihm produziert wurde. In beiden Fällen ist eine Rückverfolgung der Bauteile entlang des kompletten Lebenszyklus notwendig.

Dafür müssen sie eindeutig markiert sein. Hierfür verwenden Unternehmen aktuell verschiedene Arten von aktiven Markierungen, beispielsweise einen QR-Code. Der Nachteil solcher Markierungen: Sie müssen am Ende der Prozesskette extra angebracht werden, was zudem formbedingt nicht auf jedem Bauteil möglich ist. Gefragt ist deshalb eine effiziente und branchenübergreifende Methode zur Bauteilidentifikation, die keinen zusätzlichen Applikationsschritt benötigt.

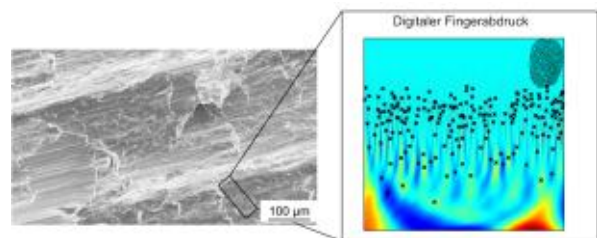
Bei spanenden Prozessen entstehen während der Bearbeitung zufallsbedingte Merkmale auf der Oberfläche. Sie werden zum Beispiel durch die Schartigkeit von Werkzeugen oder die Schwingungen in der Maschine erzeugt. Selbst bei gleichbleibenden Bearbeitungsprozessen kommt es so zu mikroskopischen Unterschieden, die jede Oberfläche so einzigartig wie einen Fingerabdruck machen.

Forscher des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) und des Instituts für Informationsverarbeitung

(TNT) haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich diese „Fingerabdrücke“ über eine Messung mit einer hochauflösenden Industriekamera erfassen lassen. Versuche zeigten, dass es auf diese Weise möglich ist, jedes einzelne unter Millionen von identischen Bauteilen eindeutig zu identifizieren.

In einem nächsten Schritt wird zusammen mit Industriepartnern untersucht, welchen Einfluss Beschichtung, Wärmebehandlung und die galvanische Bearbeitung sowie Verschleiß und Korrosion auf die Oberfläche und somit die Identifikation haben. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch unter diesen erschwerten Bedingungen eine zuverlässige Bauteil-Identifikation möglich ist.

Weitere Informationen: Hendrik Voelker, (0511) 762-8078, voelker@ifw.uni-hannover.de



Die Oberfläche eines spanend bearbeiteten Bauteils ist so einzigartig wie ein Fingerabdruck. (Grafik: IFW)

Werkstoff mit Zukunft: Wie sich die Umformung von Magnesium erleichtern lässt

Magnesium hat viele Vorzüge: Es ist der leichteste metallische Konstruktionswerkstoff, sein Schmelzbereich liegt zwischen 430 °C und 630 °C, was die Verarbeitung erleichtert, und seine Legierungen lassen sich gut recyceln. Verwendet werden Magnesiumlegierungen vor allem für Druckgussbauteile wie zum Beispiel Motor- und Getriebegehäuse, wo sie durch Gewichteinsparungen und hervorragende Dämpfungseigenschaften punkten.

Ein weiterer Vorteil von Magnesium ist seine Resorbierbarkeit im menschlichen Körper. Deshalb werden Magnesiumlegierungen in der Medizin eingesetzt, wo sie in Form von Schrauben und Platten komplizierte Knochenbrüche stabilisieren oder als Stents in Gefäße eingesetzt werden. Trotz dieser positiven Eigenschaften haben Magnesiumlegierungen bislang nur einen geringen Marktanteil. Das liegt vor allem daran, dass Magnesium sich aufgrund seiner Struktur nicht so gut umformen lässt wie Aluminium oder Stahllegierungen.

Am Institut für Werkstoffkunde (IW) wird jetzt erforscht, wie sich die Umformung von Magnesiumlegierungen erleichtern und

damit ihr Anwendungsspektrum erweitern lässt. Den Schlüssel liefert der „elektroplastische Effekt“ (EPE): Er tritt auf, wenn in metallischen Werkstoffen während einer Umformung gleichzeitig ein hoher elektrischer Strom eingeleitet wird, und erleichtert zugleich diese Umformung. Dem EPE liegen viele kleine physikalische Effekte zugrunde, die sich überlagern. Bisher ist aber unklar, welche dieser Faktoren für die Umformung die entscheidende Rolle spielen.

Das will ein Wissenschaftlerteam des Instituts für Werkstoffkunde (IW) herausfinden, um so den EPE für eine gezielte industrielle Anwendung nutzbar zu machen. In Legierungen mit Leichtbaupotential wurden bereits Bereiche auf mikrostruktureller Ebene entdeckt, die besonders gut durch den Effekt beeinflussbar sind. Der nächste Schritt kann eine gezielte Einstellung der Mikrostruktur für eine gesteigerte Reaktion der Legierungen auf die Stromimpulse sein.

Weitere Informationen: Elvira Karsten, (0511) 762-18239, karsten@iw.uni-hannover.de

Lieferzeiten: Künstliche Intelligenz verbessert Terminplanung

KI-Systeme können die Vorhersage von Lieferzeiten verbessern und damit die Planung der Triebwerksinstandhaltung unterstützen - das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) und die MTU Maintenance Hannover GmbH arbeiten daran.

Die Planung von Lieferterminen bei der Instandsetzung von Flugzeugtriebwerken ist eine Herausforderung, denn sie wird durch diverse Unsicherheitsfaktoren beeinflusst. So liegt zu Beginn nur ein ungefähres Schadensbild vor. Erst nach eingehender Untersuchung steht der exakte Instandhaltungsaufwand fest. Zudem können auch während des Reparaturprozesses Störungen – zum Beispiel kurzfristig auftretende Kapazitätsengpässe – die Terminplanung erschweren, was sich dann meist auch auf alle nachgelagerten Bereiche auswirkt.

Vor diesem Hintergrund erforschen das IFA und die MTU Maintenance Hannover GmbH gemeinsam den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) für die Terminplanung. KI-Methoden wie das Maschinelle Lernen (ML) bieten die Möglichkeit, in Daten der Vergangenheit verborgene Muster und Trends zu erkennen. Das in solchen Daten implizit vorhandene Wissen kann verwertet werden, um herkömmliche Lieferzeitprognosen zu verbessern. Dies ermöglicht es Unternehmen, ihre Liefertermine präziser anzugeben.

Die Ergebnisse eines ML-Modells können aber nur so gut sein, wie die Daten, mit denen es gefüttert wird. Deshalb kommt es bei der Entwicklung von Prognosemodellen darauf an, die für die Produktions- und Logistikprozesse relevanten Daten zu identifizieren und aufzubereiten. Die Eingangsdaten des (überwachten) maschinellen Lernens bestehen aus unabhängigen Variablen (Features) und einer abhängigen Variable. Ziel ist es, aussagekräftige Features für präzise Voraussagen zu erzeugen. Dafür müssen die Einflüsse, die Verzögerungen bei den Liefer- und Durchlaufzeiten verursachen können, so gut wie möglich identifiziert und beschrieben werden.

Zu solchen Einflüssen gehören unter anderem Abweichungen von Plan-Lösen, zu hohe Auftragsbestände oder das Vertauschen von Reihenfolgen. Das Verständnis der logistischen Wirkzusam-

menhänge in der Produktion ist maßgeblich, um aussagekräftige Features zu erzeugen. Dabei spielt der Einsatz von Modellen, die allgemeines logistisches Prozesswissen formalisieren und explizit machen, eine wichtige Rolle. Sie können das implizite Wissen von Entscheidungsträgern in Unternehmen ergänzen und den Prozess der Datenidentifizierung und -vorverarbeitung unterstützen. Zudem helfen sie, die Prognoseergebnisse zu bewerten und in den Ablauf der Produktionsplanung und -steuerung zu integrieren.

Unternehmen werden durch ein solches Vorgehen befähigt, eigenständig Prognosemodelle zu erstellen. Begünstigt wird dies



Instandhaltung von Flugzeugtriebwerken: Ein variierendes Schadensbild beeinflusst die Planung von Lieferterminen. (Foto: MTU Aero Engines)

durch innovative Entwicklungen (Low Code, AutoML), die den Einsatz von Maschinellern auch ohne Programmierkenntnisse ermöglichen. ◀

Weitere Informationen:

Tobias Hiller, (0511) 762-19809, hiller@ifa.uni-hannover.de

Einen ausführlichen Text finden Sie unter [phi-hannover.de](https://www.phi-hannover.de)

Mikroschleifen: Die maßgerechte Rauheit

Das Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) entwickelt derzeit ein Verfahren zur Batchfertigung von Mikrowerkzeugen für das hochpräzise Schleifen metallischer Oberflächen.

Bei vielen technischen Produkten spielt die Qualität der Oberfläche eine entscheidende Rolle. Ein Beispiel sind medizinische Implantate. Hohe Oberflächenrauheiten können ungewollte Reaktionen hervorrufen. Unerwünschte Effekte treten auch bei optischen Linsen auf. Hier dürfen Oberflächenfehler nur eine Tiefe haben, die im Bereich von einem Zehntel der Wellenlänge des verwendeten Lichtes liegen. Ist die Oberfläche rauer, werden die Streuverluste bei der Brechung des Lichts zu groß.

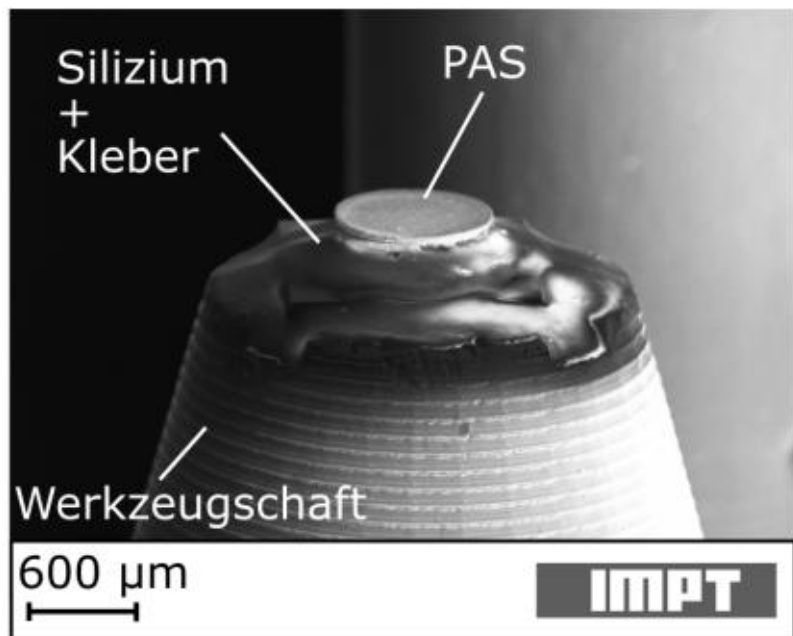
Um solche Oberflächenqualitäten zu erzeugen, sind Schleif- und Polierwerkzeuge nötig, die meistens in Einzelfertigung hergestellt werden müssen. Das ist aufwendig und teuer. Ein Forscherteam am IMPT entwickelt deshalb ein Verfahren, mit dem sich mehrere identische Mikroschleifwerkzeuge in einem Zug herstellen lassen. Es handelt sich dabei um Stifte mit einem Schaft aus Aluminium, der in genormten Werkzeugaufnahmen verwendet werden kann, und einem Werkzeugkopf mit einem Durchmesser von einem Millimeter und einer Höhe von einem Viertelmillimeter. Der Werkzeugkopf wird mittels Fotolithographie auf der Basis eines flüssigen Kunststoffes (Polyimid-Precursor) mit eingebrachten Siliziumcarbidpartikeln gefertigt. Das Polymer dient als nachgiebige Bindungsmatrix, während die Partikel, die kleiner als ein Hunderstelmmillimeter sind, das Schleifmittel bilden.

Die Tauglichkeit der Werkzeuge testen die IMPT-Forscher, indem sie Kupferoberflächen schleifen – ein Material, das wegen seiner guten thermischen, elektrischen und optischen Eigenschaften eine große technische Relevanz besitzt. Die bisherigen Ergebnisse sind sehr ermutigend. Allerdings gibt es noch Entwicklungspotential, weil die Oberflächenrauheit für bestimmte Anwendungen – zum Beispiel in der Optik – noch zu groß ist. Das soll durch die Verwen-

dung von noch kleinerem Schleifkorn verbessert werden. Ein weiterer Ansatzpunkt ist eine Oberflächenmodifikation: Kupfer lässt sich im Vergleich zu Aluminium oder Messing schlechter schleifen. Durch eine Oxidierung kann die Oberfläche spröder gemacht werden, was ihre Zerspanbarkeit und damit auch Schleiffähigkeit erhöht. Hierfür werden am IMPT chemische Verfahren erforscht, die eine solche Oxidierung direkt in der Werkzeugmaschine ermöglichen. ◀

Weitere Informationen: Lukas Steinhoff, (0511) 762-18217, steinhoff@impt.uni-hannover.de

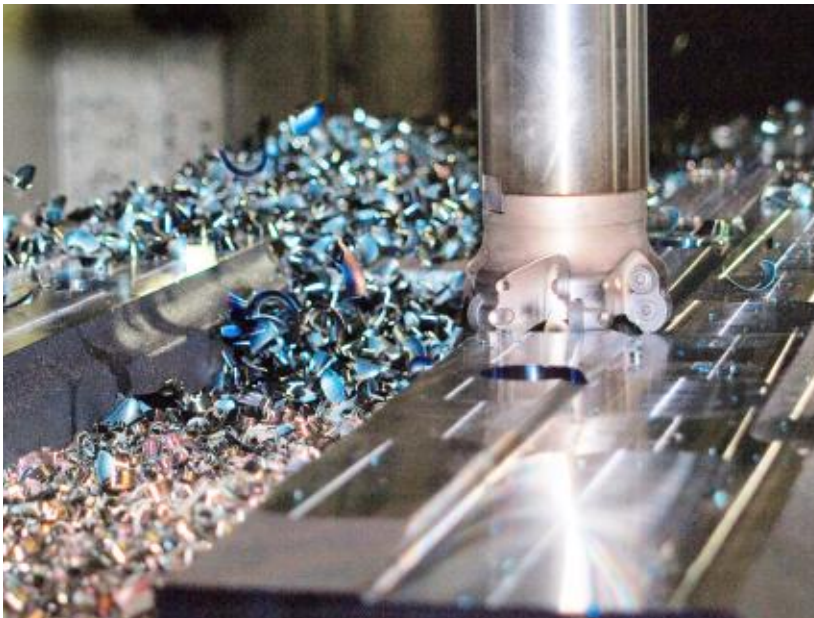
Einen ausführlichen Text finden Sie unter phi-hannover.de



Aufnahme eines gefügten Mikroschleifwerkzeuges mittels Rasterelektronenmikroskopie.
(Foto: Lukas Steinhoff, IMPT)

Flugzeuge aus recycelten Titanspänen

Ein Forschungsteam unter Federführung des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) arbeitet an einem Recyclingverfahren, mit dem sich Flugzeugbauteile auf Basis von Titanspänen im 3-D-Druck herstellen lassen. Die Energie- und Kosteneinsparungen sowie die CO₂- Reduktion sind enorm.



Die bei Fräsprozessen massenhaft anfallenden Späne sollen gleichwertig recycelt und so Teil eines geschlossenen Werkstoffkreislaufs werden. (Foto: IFW)

Titan spielt eine entscheidende Rolle im Flugzeugbau. Der Werkstoff ist korrosionsbeständig und fest wie Stahl, wiegt aber deutlich weniger. Deshalb eignet er sich besonders für große Flugzeugbauteile. Sie werden durch Fräsen oder Drehen aus Titanblöcken herausgearbeitet. Dabei geht ein sehr großer Teil des Rohstoffs – oft über 90 Prozent – in Form von Spänen verloren. Dieser Abfall wird zwar recycelt, kann aber wegen seiner schlechten Materialqualität nicht für hochwertige Bauteile wiederverwendet werden, sondern landet zum Beispiel als Zuschlagsstoff in der Stahlindustrie. Schuld an der geringen Qualität der Späne sind Verunreinigungen durch Oxidation, Werkzeugpartikel und Rückstände von Kühlschmierstoffen.

Diese Situation ist ökologisch wie ökonomisch unbefriedigend, denn Titan ist ein teurer Werkstoff, dessen Herstellung sehr viel Energie benötigt und der zudem importiert werden muss. In Grundlagenuntersuchungen haben die Forscher des IFW bereits zuvor Prozesse entwickelt, mit denen sich die Späne aufbereiten,

reinigen, zu kompakten Briketts verdichten und wieder in Titanrohlinge umwandeln lassen, die für die Luft- und Raumfahrt geeignet sind. „Auf Basis dieser Ergebnisse entwickeln wir jetzt ein Verfahren für die Herstellung von Titanpulver, das sich für die additive Fertigung von Flugzeugbauteilen verwenden lässt“, sagt Projektmitarbeiter Jonas Matthies vom IFW.

Statt die Späne mit hohem Energieeinsatz einzuschmelzen, werden sie mit einem Verdünnungsverfahren zu feinstem Pulver verarbeitet. Dabei werden sie zunächst in eine zylindrische Form gepresst und zu Elektroden verarbeitet. Die Elektroden werden anschließend mithilfe einer Spule aufgeschmolzen und zu Pulver zerstäubt. Dabei entsteht auch Ausschusspulver, das zu grobkörnig für den 3D-Druck ist. Es wird jedoch nicht entsorgt, sondern zum Pressen der Elektroden zurückgeführt.

Die Flugzeugbauteile werden gefertigt, indem das Pulver Schicht für Schicht aufgetragen und mithilfe eines Laserstrahls geschmolzen wird. Die bei der Endbearbeitung dieser Teile wieder anfallenden Späne werden erneut recycelt, sodass sich ein geschlossener Werkstoffkreislauf ergibt. Zudem forscht das Team an einer Fertigungs- und Endbearbeitungsmethode, die gewährleistet, dass Pulverreste und Späne möglichst wenig verunreinigt werden

„Der Energieverbrauch sinkt bei diesem Pulverherstellungsverfahren um 56 Prozent“, so Jonas Matthies vom IFW. Ziel ist es, Titanbauteile zukünftig aus mindestens 70 Prozent recyceltem Material herzustellen. Damit würden allein in Deutschland etwa 87,7 Gigawattstunden (GWh) Energie und rund 42 Kilotonnen CO₂ eingespart. ◀

Weitere Informationen: Jonas Matthies, (0511) 762-18349, Matthies@ifw.uni-hannover.de

Kunststoffrecycling: Wie Normen den Technologietransfer beschleunigen

Normung ist eine entscheidende Voraussetzung für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft, denn erst sie ermöglicht definierte Begrifflichkeiten und eine einheitliche Bewertung der Materialien, Prozesse und Produkte. Aus diesem Grund engagiert sich das IKK - Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik intensiv in den Normungsausschüssen für das Kunststoffrecycling.

Eine Herausforderung beim Recycling von Kunststoffen besteht darin, möglichst sortenreine Kunststoffabfälle zu generieren, um die Rezyklatqualität und die Wiederverwertung zu optimieren. Anders als bei Metall-, Glas- oder Papierabfällen muss das System für Kunststoffabfälle technologisch eine deutlich breitere Material-, Produkt- und Designvielfalt abdecken.

Neben den technologischen Aspekten sind die Logistik und das Vorhandensein von ausreichend Kunststoffabfällen die Voraussetzung für eine funktionierende Kunststoffkreislaufwirtschaft. Aktuell übersteigt die Rezyklatnachfrage am Markt das Angebot, trotz der bekannten Abfallmengen in der Natur. Das Gebot lautet deshalb: Kunststoffe müssen dort ankommen, wo sie recycelt werden können.

Das wird allerdings durch eine große Vielfalt regional unterschiedlicher Gesetze, Normen und Begrifflichkeiten erschwert. Darum hat sich 2021 ein Konsortium aus 16 Mitgliedern aus Industrie, Wissenschaft und Verbänden gebildet, das unter der fachlichen Leitung des IKK eine richtungsweisende Norm für Kunststoffrezyklate entwickelt hat. Als Ergebnis gibt es seit Anfang vergangenen Jahres die „DIN SPEC 91446, Klassifizierung von Kunststoff-Rezyklaten durch Datenqualitätslevels für die Verwendung und den (internetbasierten) Handel“.

Die Norm charakterisiert die Kunststoffrezyklate einschließlich der Historie des Materials in der fachlich angemessenen Terminologie und nach international standardisierten Kriterien. Die Rezyklate werden in vier Data Quality Levels (DQL) eingestuft. Je mehr Informationen zu einem Rezyklat vorliegen, desto höher die DQL-Kategorisierung und desto besser die Vermarktbarkeit. Die Norm vereinfacht die internationale Kommunikation und fördert so indirekt eine schnelle Markteinführung von neuentwickelten Kunststoffrezyklaten. Um ein Rezyklat für die niedrigste Stufe DQL 1 zu

charakterisieren, reicht es, wenn der Rezyklatanteil eines Materialtyps (PE, PP, PET, u. a.) anhand einer vorgegebenen Prozedur ermittelt wird. Im Gegensatz dazu setzt die Charakterisierung nach DQL 4 zusätzlich eine ausführliche Beschreibung der Rezyklathistorie und der materialtechnischen Eigenschaften voraus. Hierzu gehören beispielsweise das Vorhandensein von Füllstoffen und Farben, die eingesetzte Recyclingtechnologie, die Abfallquelle oder die Anteilsmengen anderer Kunststoffe. Daneben werden auch wichtige Begriffe wie Rezyklat, Mahlgut, Regranulat oder Recompound im Kontext des Kunststoffrecyclings definiert. Diese Begriffe sind nicht geschützt und werden in der internationalen Praxis teilweise unterschiedlich verwendet. Auf Basis der DIN SPEC 91446 wird bereits eine erste weiterführende Unternorm entwickelt, die die speziellen Anforderungen an recycelte Polyamide regelt. ◀

Weitere Informationen: Dr. Madina Shamsuyeva,
(0511) 762-18345, shamsuyeva@ikk.uni-hannover.de
Einen ausführlichen Text finden Sie unter phi-hannover.de/

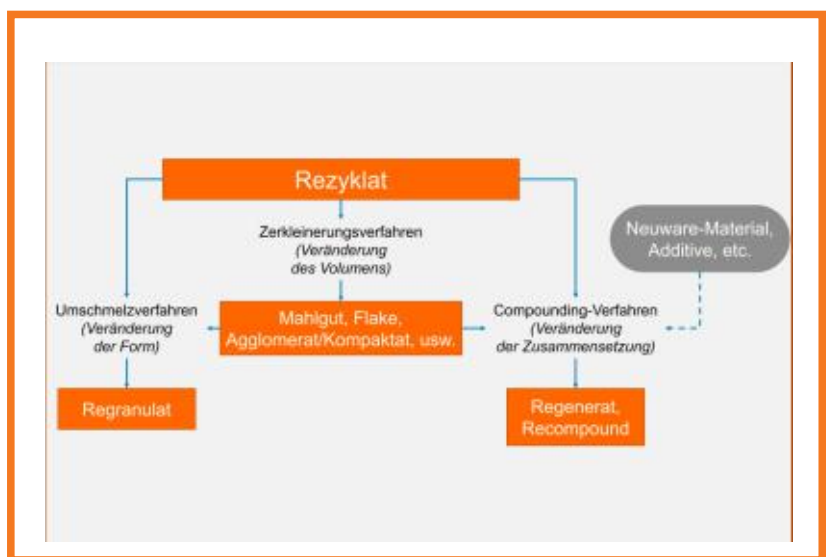


Illustration der Begriffe: Vom Rezyklat zum Regranulat, Regenerat oder Recompound.
(Grafik: © IKK, Endres)

Die Roboter vom Bau

Am Institut für Montagetechnik (match) wird der Einsatz mobiler Roboter für die additive Fertigung von Gebäuden erforscht. Für die Bauindustrie liegt darin eine große Chance, Ressourcen zu sparen und die Effizienz zu steigern.

Auf den Baustellen der Zukunft werden mobile Roboter Betongebäude im 3-D-Druck herstellen. Im Rahmen des überregionalen Forschungsverbundes „TRR 277“ arbeitet ein Forschungsteam des match in Kooperation mit den Technischen Universitäten Braunschweig und München an der Realisierung. Ein solches Verfahren würde Ressourcen schonen, die Effizienz steigern und die Flexibilität des Bauens erhöhen, wie Projektmitarbeiter Lukas Lachmayer vom match erläutert: „Der 3-D-Druck macht Schalungselemente aus Holz und Metallverstärkungen überflüssig und erlaubt kraftflussgerechtere Bauweisen. Außerdem können Hohlräume und Gebäudeinstallationen wie etwa Fensterausparungen, Kabelkanäle oder auch Lüftungsschächte in die Betonelemente integriert werden, statt sie durch aufwendige Nachbearbeitung zu erstellen.“ Ein weiterer Vorteil, den Lachmayer anführt: Der Robotereinsatz kann den Fachkräftemangel kompensieren, unter dem die Baubranche schon seit längerem leidet.

Beim 3-D-Druck entsteht das Bauteil, indem ein mobiler Roboter festgelegte Bahnen abfährt und dabei den Beton über eine Düse Schicht für Schicht aufträgt. Dabei ist entscheidend, dass die Schichten mit gleichbleibender Präzision aufeinandergesetzt werden. Eine wesentliche Herausforderung für dieses Verfahren ist das Materialverhalten: Der frische Spritzbeton ist flüssig und härtet erst mit der Zeit aus. Zudem reagiert er auf Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen. Bei der Programmierung und technischen Ausstattung des Roboters müssen diese Faktoren berücksichtigt werden, so dass der Roboter auf Veränderungen flexibel reagieren kann. Ansonsten käme es zu ungewollten Verformungen des Betons oder zu Ungenauigkeiten beim Aufeinandersetzen der Schichten. Der match-Roboter verfügt deshalb über einen 2D Laser-Sensor im Druckkopf, durch den das Profil des aufgetragenen Betons während des Druckprozesses kontinuierlich erfasst wird. Weichen die aktuell gemessenen Daten von den Sollwerten ab, werden beispielsweise die Druckgeschwindigkeit und der Abstand der Düse, oder auch die Bewegung des Roboters angepasst. Ein weiteres Problem, an dessen Lösung die match-Wissenschaftler zur Zeit

arbeiten, betrifft die Verhältnisse auf Baustellen. Anders als in Fabrikhallen müssen die Roboter hier Unebenheiten überwinden, was die Planbarkeit der Arbeitsabläufe zusätzlich erschwert.

Mit der mobilen additiven Fertigung betritt das match-Team Neuland, denn bislang werden mobile Roboter vor allem für den Transport und die Handhabung fester Teile aus Metall oder Kunststoff verwendet. Die hierfür verwendeten Steuerungsansätze eignen sich jedoch nicht unbedingt für die additive Fertigung im Bauwesen: Zum einen liegt ihr Fokus häufig nicht auf dem kontinuierlichen Folgen eines definierten Pfades und zum anderen ist kein Ausgleich von Materialveränderungen vorgesehen.

Bis druckende Roboter technisch so ausgereift sind, dass sie die geltenden Baunormen erfüllen und standardmäßig auf Baustellen zum Einsatz kommen, werden noch einige Jahre vergehen. Für das Bauwesen bedeutet diese Entwicklung jedenfalls einen entscheidenden Schritt nach vorn, hin zu mehr Nachhaltigkeit und Effizienz. ◀

Weitere Informationen: Lukas Lachmayer, (0511) 762-18278, Lachmayer@match.uni-hannover.de



Mobile Roboterplattform MIR 600 mit Aufbau zur Untersuchung additiver Fertigung mittels mobiler Roboter. Foto: match

IFUM: Besser schmieden mit KI

Wissenschaftler des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) erforschen, wie sich die Blech- und Massivumformung effizienter und nachhaltiger gestalten lässt. Dabei liefern die Produktionsdaten das Wissen für die Optimierung.

Anlagen für die Blech- und Massivumformung sind Kernbereiche der Industrieproduktion. Mit ihnen wird ein riesiges Spektrum an Bauteilen gefertigt, das vom Kotflügel bis zur Turbinenschaufel reicht. Wissenschaftler des IFUM und kooperierender Forschungseinrichtungen entwickeln Methoden, die diese Produktionsprozesse effizienter und ressourcenschonender machen sollen. Im Schwerpunktprogramm „Datengetriebene Prozessmodellierung in der Umformtechnik“ geht es darum, Daten, die von den Produktionsanlagen geliefert werden, für die Optimierung der Fertigungsprozesse zu nutzen. Dafür kommen Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) wie das Maschinelle Lernen in Verbindung mit Expertensystemen zur Anwendung.

Projektmitarbeiter Felix Müller vom IFUM nennt als Beispiel die CO₂-Emissionen beim industriellen Schmieden: Diese werden mehrheitlich durch die eingebrachte Masse des Stahls, aus dem die Bauteile geformt werden, verursacht. Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Teil kommt durch die energieintensive Erwärmung vor der Umformung hinzu. Dabei stellt sich ein Optimierungsproblem: Reduziert man die Masse des Werkstoffs, das als Vormaterial dient, senkt man den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen. Aber gleichzeitig steigt die Gefahr, Ausschuss zu produzieren. Der Grund: Je mehr Vormaterial pro Bauteil eingebracht wird, desto geringer wird die Gefahr, dass Bauteile durch Fehler wie zum Beispiel Verzüge oder Unterfüllungen unbrauchbar werden. „Hier setzt unser Projekt an: Wir versuchen, durch neues Wissen unsere Prozesse so zu verbessern, dass wir unsere eingebrachte Vormaterialmasse reduzieren können, ohne die Robustheit des Fertigungsablaufs zu gefährden. Damit leisten wir einen Beitrag zum Energie- und Ressourcensparen“, sagt Felix Müller. Noch aus einem anderen Grund werden datengetriebene Verfahren immer wichtiger: Durch den Fachkräftemangel steht immer seltener menschliche Erfahrung zur Verfügung.

Das neue Wissen liefern vor allem Prozessdaten, die während des Produktionsbetriebes laufend gemessen und aufgezeichnet werden können. Solche Datenquellen sind beispielsweise die Umformkräfte der Pressen, Bauteileinlegetemperaturen oder Durchflussmengen von Kühlschmieranla-

gen. Diese Eingangsdaten gleichen die Forscher mit den Eigenschaften der jeweils produzierten Bauteile ab. So lässt sich vorhersagen, wie die unterschiedlichen Faktoren die Qualität der Bauteile beeinflussen. Am IFUM werden industrienähe Versuchsreihen zur Warmmassivumformung von Stahl sowie zur Blechumformung betrieben. Dabei verursachen die Forscher gezielt Störungen, die von Sensoren aufgezeichnet werden, so dass sich ihre Auswirkungen auf die Bauteilqualität untersuchen lassen. Auf Basis solcher Daten werden dann Modelle zur Auslegung von Fertigungsprozessen entwickelt, die erklärbar prognostizieren sollen, welche Ergebnisse unter unterschiedlichen Ausgangsbedingungen herauskommen. Die Planung der Produktion wird auf diese Weise automatisiert und dynamisiert: In Form eines Kreislaufs wird neu erzeugtes Wissen kontinuierlich in bereits laufende Fertigungsprozesse eingespeist und dient zur fortlaufenden Verbesserung. Bislang können Prozesssimulationen immer nur einen jeweiligen Zustand, aber keine Bandbreite an Möglichkeiten abbilden. „Wir streben an, dass am Ende des Projekts ein KI-System für gewisse Aufgaben der Prozessauslegung – die optimale Gestaltung der Werkzeugwirkflächen – automatisch Vorschläge macht“, so Felix Müller.

Weitere Informationen:

Felix Müller, 0511 762-2451, f.mueller@ifum.uni-hannover.de



Prozessdaten werden während des Produktionsbetriebes laufend für die anschließende Datenmodellierung aufgezeichnet. Foto/Montage: Felix Müller

Reparieren im All: Forscher untersuchen Laserauf- tragschweißen in Schwerelosigkeit

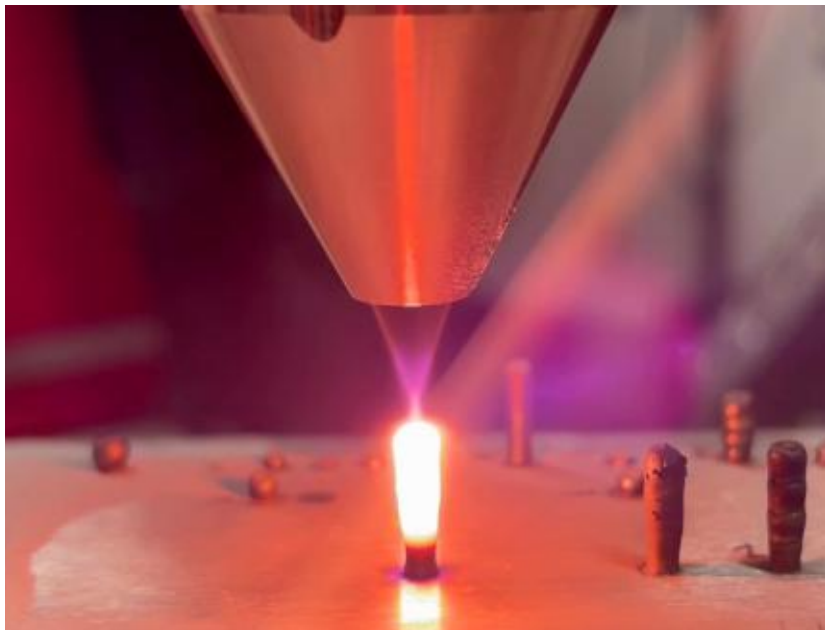
Bei längeren Weltraummissionen müssen beschädigte Komponenten an Bord in Schwerelosigkeit repariert oder sogar neu gefertigt werden. Wie sich dafür das Laserauftragschweißen – ein 3D-Druckverfahren – einsetzen lässt, erforschen Wissenschaftler des ITA und der Universität Magdeburg.

Das Laserauftragschweißen hat den großen Vorteil, dass beschädigte Oberflächen direkt repariert, endkonturnahe Komponenten gefertigt und spezielle Legierungen hergestellt werden können. Gleichzeitig erlaubt es, die Gesamtmasse der Ersatzteile im Raumschiff auf ein Minimum zu reduzieren. Bei diesem additiven Fertigungsverfahren wird durch die gezielte Ausrichtung eines Lasers ein Schmelzbad auf einem Werkstück erzeugt. Gleichzeitig wird Metallpulver über eine Düse mithilfe eines inerten Trärgases dem Schmelzbad zugeführt. Eine Bewegung des Laserstrahls oder des Werkstückes führt zu einer Erstarrung des Schmelzbades und dem stückweisen Aufbau des fertigen Bauteils.

Das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Leibniz Universität Hannover erforscht gemeinsam mit dem Institut für Logistik und Materialflusstechnik (ILM) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, wie sich

das unter Erdgravitation gängige Laserauftragschweißen für den Betrieb unter den Umgebungsbedingungen einer Raumfahrtmission einsetzen lässt. Um diese Bedingungen während der Fertigung simulieren zu können, wird der gesamte Prüfstand in den Experimentträger des Einstein-Elevators – die Weiterentwicklung eines klassischen Fallturms – integriert. Dort können einige Sekunden lang Gravitationsbedingungen von der Schwerelosigkeit bis hin zu Raketenstarts erzeugt und viele Male wiederholt werden (<https://www.hitec.uni-hannover.de/de/grossgeraete/einstein-elevator/>).

Die Herausforderung bei diesem Forschungsprojekt liegt in der Entwicklung und Charakterisierung des Laserauftragschweißens in Schwerelosigkeit sowie der Integration des Prüfstandes in den Einstein-Elevator, wo er in einer Gondel platziert wird. Um dieses Ziel zu erreichen, arbeiten die Wissenschaftler zum einen an der stabilen laserbasierten Erzeugung eines Schmelzbades und zum anderen am Aufbau eines Fördersystems zur Pulverzufüh-



Unter Erdgravitation additiv gefertigte Seed Sticks durch das Laserauftragschweißen.

Foto: Leibniz Universität Hannover/Christoph Lotz

rung in Schwerelosigkeit. Dabei erstellen sie stäbchenförmige Proben aus Nickel- und Titanlegierungen und vergleichen sie anschließend mit unter Erdgravitation hergestellten Proben. Die Fertigung erfolgt innerhalb einer mit Schutzgas gefluteten Prozesskammer, in der zum additiven Aufbau der Proben eine vertikale Vorschubbewegung ausgeführt werden kann. Da während eines Fluges im Einstein-Elevator dem Experiment nur vier Sekunden Schwerelosigkeit für die Fertigung einer Probe zur Verfügung stehen, werden mehrere Flüge benötigt. Um so viele Flüge wie möglich nacheinander ausführen zu können, ohne die Gondel öffnen zu müssen, wird zusätzlich ein Probenkarussell in der Prozesskammer integriert. ◀

Weitere Informationen: Marvin Raupert, (0511) 762-14823, marvin.raupert@ita.uni-hannover.de

Einen ausführlichen Text finden Sie unter phi-hannover.de

Steigende Hitze: Am IW entstehen Hochtempera- turwerkstoffe der Zukunft

Am IW wird an einer neuen Generation von Hochtemperaturwerkstoffen geforscht. Sie sollen noch extremere Hitze aushalten können als die bislang gängigen Werkstoffe und damit die Effizienz von Flugtriebwerken steigern.

Hochdruckturbinenschaufeln in Flugtriebwerken müssen enormer Hitze standhalten. Sie sind die ersten Komponenten, auf die der heiße Gasstrom aus der Brennkammer der Triebwerke trifft. Während des Betriebs sind sie Temperaturen von mehr als 1000 °C und enormen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Darum werden solche Bauteile aus Hochtemperaturwerkstoffen hergestellt. Zurzeit dienen dafür vorwiegend Nickelbasissuperlegierungen. Deren Einsatztemperatur endet allerdings bei 1150 °C.

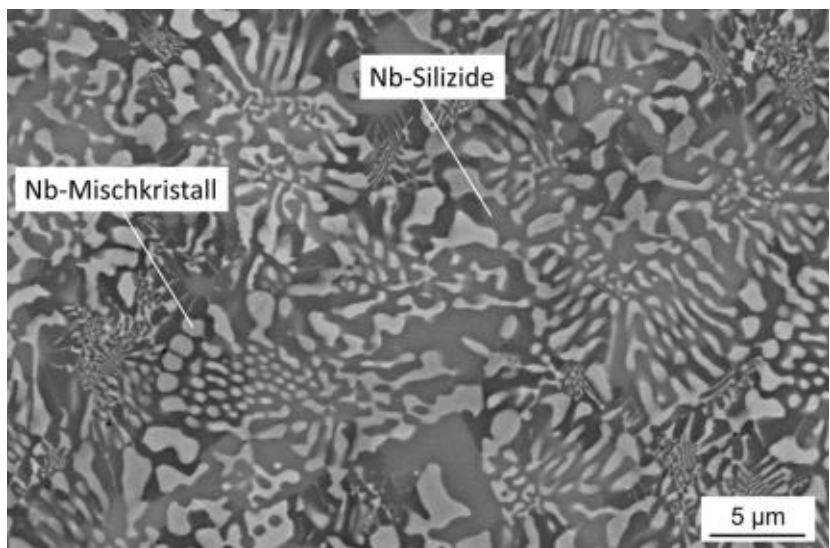
Um die Effizienz von Flugtriebwerken weiter zu steigern, ist eine Erhöhung der Einsatztemperatur erforderlich. Deshalb forschen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des Instituts für Werkstoffkunde (IW) im Rahmen eines DFG-Projekts an neuen Legierungssystemen auf Basis von Niob und Silizium. Diese sogenannten Niob-MASC Systeme (Metal And Silicide Composites) haben einen Schmelzpunkt von über 1750 °C und kombinieren aufgrund ihrer Mikrostruktur, bestehend aus einer duktilen Nb-Mischkristallmatrix und darin verteilter, spröder Silizide, eine gute Bruchzähigkeit mit einer sehr guten Hochtemperaturfestigkeit und Oxidationsbeständigkeit. Zurzeit konzentriert sich das IW-Team darauf, die mechanischen Werkstoffeigenschaften durch das Legieren mit weiteren Elementen zu verbessern. Dafür verstärken die Wissenschaftler die Mikrostruktur durch hochschmelzende Partikel im Nanometerbereich und untersuchen deren Wirkmechanismus.

Damit eine solche Verstärkung gelingt, müssen die Partikel gleichmäßig in der Legierung verteilt sein. Um das zu erreichen, wird im Rahmen des Projektes erstmals die Herstellung von hochreinen Nb-MASC Legierungen im Kaltwandinduktionstiegel unter Semi-Levitation erprobt. In dem Schmelztiegel, der aus wassergekühlten Kupfersegmenten besteht, wird ein Magnetfeld erzeugt, das Wirbelströme innerhalb der Tiegelsegmente hervorruft. Das dadurch entstehende sekundäre Magnetfeld induziert wiederum Wirbelströme innerhalb des Materials und bewirkt damit eine Erwärmung. Die stark voneinander abweichenden Schmelzpunkte der einzel-

nen Elemente stellen eine Herausforderung für den Schmelzprozess dar. Durch das geschickte Herstellen von Vorlegierungen mehrerer Elemente können die Schmelzpunkte so weit angepasst werden, dass ein gemeinsames Aufschmelzen aller Komponenten möglich wird. Durch die Wechselwirkung zwischen dem elektrischen Strom in der Schmelze und dem magnetischen Wechselfeld entstehen elektromagnetische Kräfte, die das Ablösen der Schmelze von der Tiegelwand bewirken und die Schmelze teilweise schweben lassen. Aufgrund der hohen Wärmeabfuhr bildet sich am Tiegelboden eine dünne Schutzschicht erstarrter Schmelze aus, wodurch deren Verunreinigung durch unerwünschte Reaktionen verhindert wird. Durch die zirkulierenden Schmelzeströmungen stellt diese Technologie einen vielversprechenden Ansatz für die notwendige homogene Verteilung der eingebrachten Partikel in Niob-MASC Legierungen und damit für die Entwicklung von innovativen Hochtemperaturwerkstoffen dar. ◀

Weitere Informationen: Elisa Holzmann, 0511 762 18228, holzmann@iw.uni-hannover.de

Einen ausführlichen Text finden Sie unter: phi-hannover.de



Mikrostruktur der Legierung Nb-18Si. (Foto: IW)