



Universität Stuttgart

forschung leben

September
2021

Producing the Future

Advanced Manufacturing



Neue Architektur

Nachhaltig bauen
mit Fasern

Geballte Innovationskraft

Zentrum für die
Industrie der Zukunft

Biointelligente Systeme

Die Natur als Vorbild
der Produktion

Prof. Wolfram Ressel

„Wir erleben in der modernen Produktionstechnik, einem der wissenschaftlichen Profildbereiche der Universität Stuttgart, derzeit eine grundlegende Transformation, ja einen Paradigmenwechsel.“

Liebe Leserinnen und Leser,

„Advanced Manufacturing ist tot – lang lebe advanced Manufacturing“ titelte vor einiger Zeit ein Fachmagazin im Bereich der additiven Fertigung. Das mag ein wenig zugespitzt klingen. Doch tatsächlich erleben wir in der modernen Produktionstechnik, einem der wissenschaftlichen Profildbereiche der Universität Stuttgart, derzeit eine grundlegende Transformation, ja einen Paradigmenwechsel: Echte Nachhaltigkeit statt „Greenwashing“, Digitalisierung und Industrie 4.0 – vielleicht schon 5.0 oder 6.0 –, software-defined Manufacturing, Mass Personalization, aber auch Biotechnologie und Biointelligenz sind Stichworte einer Entwicklung, die nicht nur alle Bereiche der Produktion und der Wertschöpfungsketten erfasst, sondern auch in der Arbeitswelt, ja in der gesamten Gesellschaft tiefe Spuren hinterlässt.

Wie vielfältig die Forschenden der Universität diese Transformation vorantreiben, lesen Sie in der vorliegenden Ausgabe von „forschung leben“ zum Schwerpunkt „Producing the Future“: zum Beispiel mit einem interdisziplinären Verständnis von advanced Manufacturing im Produktionstechnischen Zentrum Stuttgart, mit dem neuen Leistungszentrum Mass Personalization, dem Innovationscampus „Mobilität der Zukunft“ oder dem Kompetenzzentrum Biointelligenz. Und versäumen Sie nicht den pointierten Gastbeitrag des Innovationsexperten Dr. Eberhard Veit, der einen radikalen Wandel auch in der Führung von Unternehmen fordert.

Ihr

Wolfram Ressel



Foto: Matthias Schmiedel

Prof. Wolfram Ressel
Rektor der Universität Stuttgart

EDITORIAL s. 3**NOTIZBLOCK** s. 6, s. 60**VISIONÄR**

Die Digitalisierung pushen Der Software- und Datenexperte Prof. Bernhard Mitschang und sein Team bringen Informatik und Produktion zusammen. **S. 14**

NEULAND

Industrie 4.0 Zur digitalen kommt die biologische Transformation, die immer mehr biointelligente Systeme hervorbringen wird. **S. 18**

SCHNITTSTELLE

Gewickelte Leichtigkeit Das Exzellenzcluster IntCDC stellt das Maison Fibre auf der Architektur-Biennale in Venedig vor. **S. 22**

STANDPUNKT

Wer, wenn nicht wir Gastbeitrag von Innovationsexperte Eberhard Veit. **S. 26**

FORSCHUNG ERLEBEN

Geballte Innovationskraft Das Produktionstechnische Zentrum Stuttgart (PZS) liefert wichtige Beiträge für die industrielle Fertigung von morgen. **S. 30**

Simulationen besser machen Ein Forschungsteam des PZS verbindet Simulationen mit Künstlicher Intelligenz. **S. 36**

Smarte Fertigung Simulationen und Daten helfen dabei, die industrielle Produktion nachhaltiger zu machen. **S. 38**

Keramik statt Kunststoff Technische Keramiken als Material für Gehäuse werden Teil moderner Mikrosysteme. **S. 41**

Wenig Platz, viel Potenzial Der 3D-Druck schafft neue Freiheiten bei der Entwicklung von Mikrooptiken. **S. 42**

ZAHLENWERK

Advanced Manufacturing in Zahlen Das Fachgebiet mit Tradition hat sich grundlegend erneuert. **S. 44**

FORSCHUNG ERLEBEN

Drahtloser Warenstrom Wie das Transportfahrzeug „Scooty“ hilft, industrielle Fertigung flexibler zu gestalten. **S. 46**

Wandelbare Werkzeuge Ein neues Produktionsverfahren, das ein Projekt des Forschungscampus ARENA2036 entwickelt, soll Kosten einsparen. **S. 50**

Personalisiert und preiswert Das Leistungszentrum Mass Personalization entwickelt Verfahren und Geschäftsmodelle gemeinsam mit der Industrie. **S. 52**

Grüner Druck Am IKT wird an nachhaltigen Verfahren bei der additiven Fertigung gearbeitet. **S. 58**

Chemie neu denken Die Forschungsinitiative CHEM | ampere will die Grundlagen für einen Umbau der Branche liefern. **S. 62**

Die Fabrik der Zukunft mit Leben füllen Ein Forschungsprojekt setzt zentrale Elemente der Vision einer idealen Produktionsstätte um. **S. 64**

Die optimale Balance Das Institut für Maschinenelemente arbeitet daran, die Lebensdauer von Photovoltaikanlagen zu erhöhen. **S. 68**

Passende Mode für alle Neue Technologien für eine individuelle Fertigung in der Textilbranche. **S. 70**

NETZWERK

Talente für eine Industrie im Wandel Die GSaME an der Universität Stuttgart bringt herausragende Promovierende und führende Unternehmen zusammen. **S. 74**

WELTSICHT

Der die Fehler findet Andrey Morozov erforscht mit Hilfe von KI, wie sich cyber-physische Systeme zuverlässiger machen lassen. **S. 78**

SATELLIT

Nachhaltigkeit aus Prinzip Alumna Dr. Annette Arnold spricht darüber, wie sie als Geschäftsführerin eines mittelständischen Unternehmens den globalen Herausforderungen begegnet. **S. 82**

IMPRESSUM s. 85

s. 22

**SCHNITTSTELLE**

Gewickelte Leichtigkeit

Fotos: S. 1 und 84 xiaoliangge/stock.adobe.com, S. 4 Universität Stuttgart/IntCDC, S. 5 Max Kovalenko, Uli Regenscheit

**FORSCHUNG ERLEBEN**

Geballte Innovationskraft

s. 30



s. 46

FORSCHUNG ERLEBEN

Drahtloser Warenstrom

NOTIZ

B L O
C K

AUSZEICHNUNGEN

ERC ADVANCED GRANT

Prof. Tilman Pfau wurde für seine Forschung auf dem Gebiet fermionischer Materie mit langreichweitigen Wechselwirkungen mit einem ERC Advanced Grant des Europäischen Forschungsrats ausgezeichnet. Der hoch angesehene Preis wird an Wissenschaftler*innen vergeben, die in den letzten zehn Jahren bahnbrechende Forschungsleistungen erbracht haben.

Stark wechselwirkende Fermi-Gase kommen in der Natur in Bereichen vom kleinsten bis zum größten Maßstab vor – von Atomkernen bis zu Neutronensternen. Pfaus Ziel ist ein tiefgreifendes, mikroskopisches Verständnis der zugrundeliegenden Physik stark korrelierter fermionischer Quantenmaterie, deren Wechselwirkungen sich über Distanzen erstrecken, die nur mit neuen Mikroskopie-Methoden aufgelöst werden können. Er und sein Team setzen dabei auf zwei innovative Quantengasmikroskopie-Methoden, die sich für den Nachweis starker dipolarer Quantenkorrelationen in Gittern und Doppelschichten sowie fermionischer Korrelationen um Verunreinigungen und Ladungen eignen.



IBM QUANTUM OPEN SCIENCE PRIZE

Doktorand **Sebastian Brandhofer** am Institut für Technische Informatik (Leitung Prof. Ilia Polian) sowie Postdoc **Dr. Daniel Bhatti** und die Masterstudentin **Jelena Mackeprang** vom Institut für Funktionale Materie und Quantentechnologien (Arbeitsgruppe Prof. Stefanie Barz) haben den erstmalig vergebenen IBM Quantum Open Science Prize gewonnen. Ihre herausfordernde Aufgabe bestand darin, in einer Quantencomputing-Aufgabe die Fehler zu reduzieren und so dazu beizutragen, dass Quantenalgorithmen in naher Zukunft zuverlässiger werden. Gewonnen haben insgesamt vier Teams, die sich den mit 50.000 US-Dollar dotierten Preis teilen. Schlüssel zum Erfolg waren die gemeinsamen, interdisziplinären Anstrengungen von Forschenden aus den Bereichen Informatik und Quantenphysik.

SPITZENPLÄTZE BEIM SHANGHAI-RANKING

Das „ShanghaiRanking’s Global Ranking of Academic Subjects“, kurz GRAS, gehört zu den großen, international sichtbaren Hochschul-Rankings. In der aktuellen Ausgabe landeten drei Stuttgarter Fachdisziplinen im gesamtdeutschen Vergleich auf den vordersten Plätzen, zwei davon sogar in den Top 50 weltweit.

So verbuchen die Fachbereiche Maschinenbau und Bauingenieurwesen der Universität Stuttgart in der Gesamtwertung die höchste Punktzahl im innerdeutschen Vergleich und stehen damit deutschlandweit auf Platz eins. International gehören sie mit den Rängen 44 (Maschinenbau) und 46 (Bauingenieurwesen) zu den Top 50 der 400 bzw. 300 in diesen Fachbereichen weltweit gerankten Hochschulen. Auch die Stuttgarter Regelungstechnik (bzw. „Automation & Control“) darf sich über eine gute Platzierung freuen: Während sie im weltweiten Vergleich die Gruppenplatzierung 101–150 erreicht, steht sie deutschlandweit auf Platz drei.

MANFRED HIRSCHVOGEL PREIS 2021



Dr. Larissa Born, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Textil- und Fasertechnologien (ITFT), wurde mit dem Manfred Hirschvogel Preis 2021 ausgezeichnet. Der mit 5.000 Euro dotierte Preis wird jährlich an allen TU9-Universitäten für die beste Dissertation aus dem Bereich Maschinenbau verliehen. Die prämierte Doktorarbeit trägt den Titel „Grundlagen für die Auslegung und Gestaltung eines Hybridmaterials für außenliegende, adaptive Fassadenbauteile aus Faserverbundkunststoff“.



PREISE FÜR WEITWURFGENIES

Jedes Jahr lädt das Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik Studierende der Fächer Maschinenbau, Fahrzeug- und Motorenbau ein, im Rahmen eines Konstruktionswettbewerbs ganz besondere Maschinen zu entwickeln. Animiert von der Postzustellung auf Abstand in Pandemie-Zeiten stand in diesem Jahr eine kleine, aber feine, Wurfmaschine auf dem Programm, die Gegenstände möglichst weit und zielgerichtet befördern kann. Beim Wurf sollte die gerade mal 500 Gramm schwere und in einen Würfel mit 150 Millimeter Kantenlänge passende Maschine Standfestigkeit beweisen. Als Wurfgeschoss diente – bei freier Auswahl der Geschmacksrichtung – eine kleine Schokokugel.

80 Studien-
abgänger*innen



50 MILLIONEN EURO UND EIN PROGRAMM FÜR ABSOLVENT*INNEN

Die künftige Mobilität ist umweltfreundlich, vernetzt und automatisiert, das Auto der Zukunft ein Roboter. Voraussetzung dafür sind bahnbrechende Technologien – von völlig neuen Antrieben und Bauteilen bis hin zu innovativen Produktionsverfahren und Dienstleistungen. Diesen Transformationsprozess voranzutreiben, ist Ziel des Innovation-campus Mobilität der Zukunft (ICM), in dem das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Universität Stuttgart ihre Kompetenzen bündeln. Im Fokus des ICM steht einerseits die Vision einer digitalen Produktion, die durch eine vollumfänglich flexibel einsetzbare Fertigungstechnik getragen wird. Ein zweiter Schwerpunkt sind additive Verfahren, die Antriebe emissionsärmer machen, da sie Gewicht, Bauraum, Material und Energie sparen helfen oder Funktionalitäten verschiedener Bauteile zusammenführen.

Das Land Baden-Württemberg baut den ICM nun deutlich aus und stellt dafür in den nächsten vier Jahren weitere 50 Millionen Euro bereit. 18 Millionen Euro fließen in Aktivitäten zur Steigerung der wissenschaftlichen Dynamik und der internationalen Spitzenforschung. Geplant sind eine Spitzenprofessur im Themenfeld der Verschmelzung von IT und Maschinen-/Fahrzeugbau, sechs neue Juniorprofessuren mit Nachwuchsgruppen und internationale Excellence Grants. Weitere 32 Millionen Euro stehen für innovative Forschungs-, Umsetzungs- und Gründungsprojekte zur Verfügung. Themenschwerpunkte sind die digitalisierte Mobilität und Produktion sowie die emissionsfreie Mobilität.

Im Rahmen des sogenannten Corona-Absolvent*innen-Programms des ICM sollen auch bis zu 80 Studienabgänger*innen beider Universitäten von der Förderung profitieren. Um ihnen den corona-bedingt derzeit schwierigen Einstieg in den Arbeitsmarkt zu erleichtern, können sie übergangsweise an den Universitäten angestellt werden, an Projekten arbeiten und sich weiter qualifizieren. Gleichzeitig soll das Programm dem Fachkräftemangel vorbeugen, indem die pandemie-bedingte Krisenzeit für eine weitere Qualifizierung beim Zukunftsthema Mobilität und der dazugehörigen Produktion genutzt wird.

**BIOINTELLIGENTER
WASSERSTOFF**

12 MIO.

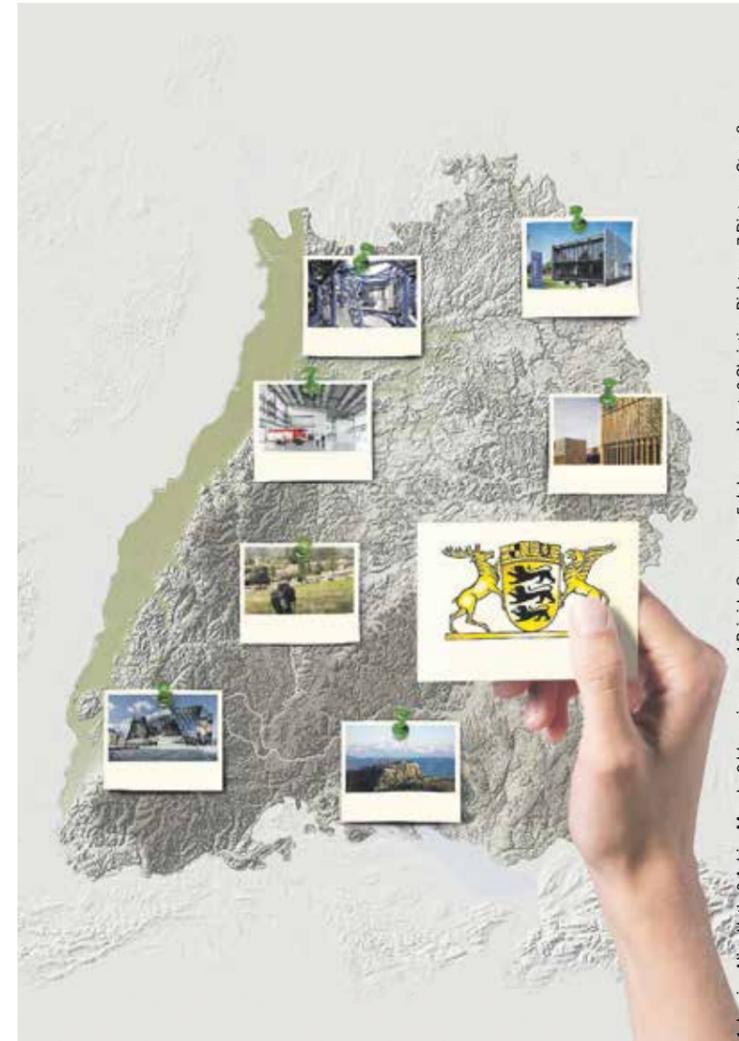
ARCHITEKTUR- EXZELLENZCLUSTER UND ZÜBLIN KOOPERIEREN

Die Stuttgarter Ed. Züblin AG tritt dem „Industry Consortium“ (IC) des Exzellenzclusters „Integratives Planen und Bauen für die Architektur“ (IntCDC) bei. Aufgabe des Industriekonsortiums ist die frühe Förderung der Karriere von Doktorand*innen und Postdocs. Es bietet Mentoring und Beratung sowie gegenseitige Forschungsaufenthalte. Dadurch werden berufliche Beziehungen angebahnt und perspektivisch aufgebaut, was den Weg in eine Industriekarriere erleichtert. Ziele sind der direkte Wissensaustausch, der Transfer und die schnelle Überführung der Forschungsergebnisse in die Anwendung sowie die Erprobung innovativer Lösungen auf Pilotbaustellen.

Als eines von drei Leuchtturmprojekten wird das Forschungszentrum für biointelligente Wasserstoff-Kreislaufwirtschaft H2BlackForest im Rahmen der Initiative RegionWIN 2030 mit rund 12 Millionen Euro gefördert. Beteiligt sind zwei Institute der Universität Stuttgart, der Campus Freudenstadt sowie das Fraunhofer IPA.

H2BlackForest umfasst vier Teilprojekte, welche die grüne Wasserstoffproduktion und deren biointelligente Kreislaufwirtschaft in der Region Nordschwarzwald erforschen werden. Im Teilprojekt „FastCell“ soll die kundenindividuelle Fertigung von Brennstoffzellenstacks (Zellstapeln) durch Hochgeschwindigkeitsmontage massentauglich gemacht werden. „ReduCO₂“ beschleunigt die CO₂-Neutralität der Produktion in der Region Nordschwarzwald mit nachhaltigen wasserstoffbasierten Technologien. In „WisFo“ stehen wirtschaftliche Synergien und der Austausch mit KMU im Vordergrund und in „BioRoh“ untersuchen die Forschenden gemeinsam mit dem Fraunhofer IGB, wie biotische Rohstoffe, zum Beispiel Holz, als Grundlage für eine nachhaltige und grüne Wasserstoffproduktion genutzt werden können.

Anzeige



1 Jessica Allee-Hahn; 2 Achim Mende; 3 blooimages; 4 Brigida Gonzalez; 5 Johannes Vogt; 6 Christian Richters; 7 Dietmar Strauß.

35.752 km², um sich selbst zu verwirklichen.

Wenn wir morgens zur Arbeit gehen, wissen wir genau wofür.

Dafür, dass im Land alles nach Plan läuft, das Immobilienvermögen erhalten bleibt, Forschung und Lehre stattfinden können und unsere Kulturdenkmäler auch zukünftig eine breite Öffentlichkeit begeistern.

Informieren Sie sich jetzt über eine Karriere beim Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg:
www.vermoegenundbau-bw.de

**Wir bauen Baden-Württemberg.
Bauen Sie mit.**



Baden-Württemberg

VERMÖGEN UND BAU

NACHHALTIGE WASSERSTOFFGEWINNUNG

Auf der Suche nach klimaneutralen Treibstoffen sind wasserstoffbasierte synthetische Brennstoffe (PtX) große Hoffnungsträger. Wirklich „grün“ sind sie jedoch nur, wenn die Produktion auf Basis erneuerbarer Energien erfolgt. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Leitprojektes „H2Mare“ soll künftig ein völlig neuer Anlagentyp auf dem Meer seinen Platz finden – eine Lösung, die einen Elektrolyseur und die verfahrenstechnische Anlage zur direkten Wandlung des elektrischen Stromes in synthetische Kraftstoffe optimal in eine Offshore-Windenergieanlage integriert. Dabei werden verschiedene Offshore-Power-to-X-Verfahren untersucht. Die Institute für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) sowie für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) der Universität Stuttgart sind in zwei Teilprojekte involviert und werden mit insgesamt zwei Millionen Euro gefördert. Sie verantworten die Entwicklung innovativer Algorithmen zur intelligenten Betriebsführung des Offshore-PtX-Systems und die zugehörige Prozessleittechnik.

REKTORATSTEAM NEU AUFGESTELLT

Der Senat der Universität Stuttgart hat am 21. Juli 2021 die Prorektor*innen neu gewählt: Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs wird Prof. Manfred Bischoff, Leiter des Instituts für Baustatik und Baudynamik (IBB), Prorektor für Lehre und Weiterbildung wird Prof. Frank Gießelmann, Leiter des Instituts für Physikalische Chemie (IPC). Das neu eingerichtete Prorektorat für Diversity und Internationales übernimmt Prof. Silke Wieprecht, Professorin am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung (IWS). Prof. Peter Middendorf, Leiter des Instituts für Flugzeugbau (IFB), wurde als Prorektor für Wissens- und Technologietransfer im Amt bestätigt.

Die hauptamtliche Prorektorin für Informationstechnologie (CIO), Dr. Simone Rehm, wurde in einer gemeinsamen Sitzung des Universitätsrats und Senats am 14. Juli 2021 für weitere sechs Jahre im Amt bestätigt.



Prof. Manfred Bischoff



Prof. Silke Wieprecht



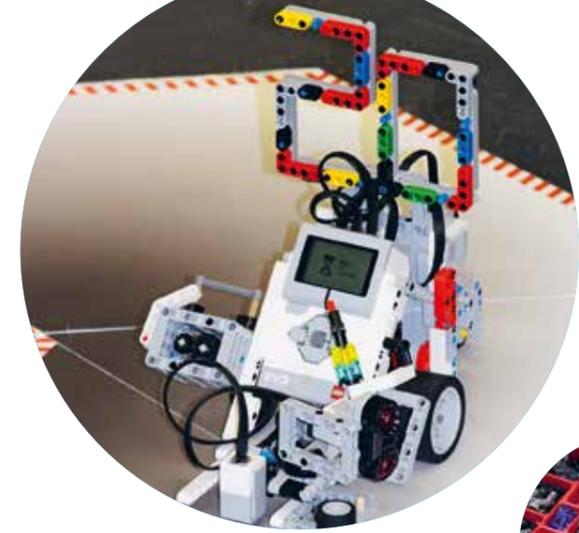
Prof. Peter Middendorf



Prof. Frank Gießelmann



Dr. Simone Rehm



20 JAHRE ROBORACE

Seit 20 Jahren fordert der Wettbewerb „Roborace“ Schüler*innen und Studierende heraus, mit einem Lego-Bausatz immer neue Aufgaben aus dem Bereich der Technischen Kybernetik zu lösen. Im Jubiläumsjahr war die Aufgabenstellung besonders knifflig: In Anlehnung an die Formel 1 sollte ein Roboterfahrzeug gebaut werden, das eine unbekannte Rennstrecke selbstständig und möglichst schnell abfährt. Zur Orientierung für den Roboter dienten je nach Streckenabschnitt Grauverläufe oder Seitenbegrenzungen. An dem Wettbewerb nahmen 31 Teams teil, 15 davon schafften es mit ihren Lego-Robotern ins Finale, das – endlich wieder in Präsenz – am 16. Juli stattfinden konnte.



Hier sehen Sie ein Video zum Roborace.

Fotos: S. 6 Max Kovalenko, S. 7 DITF Denkendorf, Universität Stuttgart/IKFF, S. 8 Amadeus Bramsiepe, KIT, S. 10 Universität Stuttgart/Max Kovalenko, Frank Eppler, privat, S. 11 Universität Stuttgart/IST

Anzeige



KARRIERE BEI COPERION. EINE ENTSCHEIDUNG FÜR DIE ZUKUNFT.

Seit über 140 Jahren arbeiten wir an technologisch höchst anspruchsvollen Compoundier- und Extrusionsanlagen überall auf der Welt. Unser Versprechen „confidence through partnership“ begleitet uns nicht nur in der Zusammenarbeit mit Kunden oder externen Partnern, sondern auch dann, wenn es darum geht, neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für uns zu begeistern.

Coperion als Arbeitgeber: Das sind hervorragende Perspektiven an den verschiedensten Standorten weltweit. Sie erwarten vielfältige Tätigkeitsbereiche, abwechslungsreiche Aufgaben und ideale Bedingungen für Ihre berufliche und persönliche Entwicklung in einem internationalen Umfeld. www.coperion.com/karriere



Wegweisende technische Lösungen für alltägliche Herausforderungen der Forschungsarbeit entwickeln – das machen die Mitglieder der CreatorBox2036. Der Name steht für das studentische Team der ARENA2036, eine Forschungsplattform der Universität Stuttgart für Mobilität und Produktion der Zukunft. Die Werkstudent*innen helfen zum Beispiel, das Internet der Dinge in der ARENA2036 zu automatisieren. Außerdem setzt die CreatorBox2036 ein eigenes Projekt um. Fabian Geyer und Finn Jonas Peper erklären, was es damit auf sich hat.



FRAGEN AN

DAS TEAM DER CREATORBOX2036

Woran arbeiten Sie derzeit?

Unser aktuelles Projekt ist der ARENA2036 Rapid Prototyping Service (ARPS). Dabei geht es um die Entwicklung eines vollautomatisierten 3D-Druck-Systems. Ziel ist es, den 3D-Druck für jede und jeden in der ARENA2036 als benutzerfreundlichen Service bereitzustellen. Nutzerinnen und Nutzer können Druckaufträge über eine Website einreichen, die Produktion wird dann vollautomatisch auf einem freien 3D-Drucker gestartet. Unsere Vision ist es, dass die fertigen Drucke automatisch mit Hilfe eines autonomen Transportfahrzeugs von der Druckplattform in ein Lager gebracht werden. Aktuell erstellen wir ein 3D-Modell, planen die mechatronischen Systeme und programmieren die Steuerung.

Was ist die größte Herausforderung?

Wir haben häufig Probleme mit Wartung oder Defekten. Für unseren 3D-Drucker nutzen wir zum Beispiel einen kleinen Extruder mit einem Durchmesser von 0,4 Millimetern. Durch dieses Bauteil läuft das flüssige oder halbflüssige Material tagelang hindurch. Bei einer falschen Temperatureinstellung oder einer langen Laufzeit kann dieser Extruder verstopfen. Dann müssen wir den ganzen 3D-Drucker auseinandernehmen und das entsprechende Bauteil reparieren. Um dieses Problem zu lösen, arbeiten wir an einer Datensammlung und Früherkennung. So wollen wir den Prozess automatisieren und stabilisieren.

Was ist das Besondere an der CreatorBox2036?

Im Studium ist man häufig von Menschen umgeben, die exakt das Gleiche machen wie man selbst. In der CreatorBox2036 dagegen treffen Studierende mit unterschiedlichen Kompetenzen aufeinander: von Elektro- und Informationstechnik über Technische Kybernetik, Maschinenbau, Luft- und Raumfahrtstechnik oder Autonome Systeme. Wir freuen uns über den Austausch untereinander und dass wir unser Hobby zum Job machen können. Unser Team arbeitet sehr unabhängig und wir haben viele Freiheiten, um uns auszuleben.



Hier finden Sie ein Video zum neuen 3D-Druck-System der CreatorBox2036.

Foto: ARENA2036 e.V.

KONTAKT

CREATORBOX2036
Mail: creatorbox@arena2036.de
Website: creatorbox.arena2036.de



Werde Teil von #TeamKARLSTORZ

Bei KARL STORZ tragen wir täglich durch die Entwicklung und Vermarktung von innovativen und hochwertigen Medizinprodukten zur Heilung von Menschen bei – und das seit über 75 Jahren!

Wir bieten kontinuierlich spannende Themen für Praktika und Abschlussarbeiten in verschiedenen kaufmännischen und technischen Bereichen an. Schau doch rein unter www.karlstorz.com oder besuche uns auf Social Media!

Du findest uns auf



Generation
Education

STORZ
KARL STORZ – ENDOSKOPE

Die Digitalisierung



pushen

TEXT: Andrea Mayer-Grenu
FOTOS: Sven Cichowicz

Der Software- und Datenexperte Prof. Bernhard Mitschang bringt Informatik und Produktion zusammen. Er setzt dabei auf junge Forschende und Teamgeist.

Prof. Bernhard Mitschang

„Damals gab es das Internet in seiner heutigen Form noch nicht, Apps waren ein Fremdwort und die Technologie steckte in der Steinzeit.“



Banken und Versicherungen, das Geschäftswesen, Technik und Wissenschaft – dies waren noch vor 20 Jahren die klassischen Anwendungsbereiche von Datenbanken und Informationssystemen. „Damals gab es das Internet in seiner heutigen Form noch nicht, Apps waren ein Fremdwort und die Technologie steckte in der Steinzeit“, erinnert sich Bernhard Mitschang, der seit 1998 den Lehrstuhl für Datenbanken und Informationssysteme am Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart innehat. Die Wende kam durch das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT). „Das Internet und insbesondere das IoT haben Produktion und Informatik radikal zusammenwachsen lassen“, erklärt Mitschang. Dies spiegelte sich in einer fast vollständigen Vernetzung sowie in einer umfassenden digitalen Datenproduktion und -bereitstellung. „Beispiele sind die vielen Social-Media-Anwendungen, aber auch die digitale, echtzeitfähige Fabrik, das sogenannte ‚advanced Manufacturing‘, der gesamte Bereich Industrie 4.0 und auch cyber-physische IT-Systeme.“

Mitschang selbst hatte früh Anteil an dieser Entwicklung. Schon kurz nach seiner Berufung an die Universität Stuttgart im Jahr 1998 trat er in Kontakt mit Prof. Engelbert Westkämper. Der war damals Sprecher des Sonderforschungsbereichs SFB 467 (Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion) und einer der Pioniere auf dem Forschungsgebiet advanced Manufacturing. „Seither kooperiere ich mit dem Maschinenbau“, sagt Mitschang. Auch bei der „Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering“ (GSaME), einem der zwei ersten Exzellenzprojekte der Universität Stuttgart, war er von Anfang an dabei und steht ihr seit 2014 als Sprecher vor.

STUDIENGANG „DATA SCIENCE“ ETABLIERT

Die digitale Transformation in der Industrie hat die Forschungsschwerpunkte des Lehrstuhls verändert. „Wir arbeiten heute an Themen der Datenbereitstellung, des Datenmanagements und der Datenanalyse, um die Anwendungen der Digitalisierung zu entwickeln und zu unterstützen. Die Trendbegriffe lauten Big Data, Data Mining, Maschinelles Lernen und auch Data Science.“ Den Herausforderungen, die sich hinter diesen „Buzzwords“ verbergen, begegnen Mitschang und sein Team auf zweierlei Weise. Zum einen passte der Lehrstuhl das Studienangebot an und etablierte den Bachelor-Studiengang „Data Science“, eine Rarität in Deutschland. Zum anderen wurde die Forschung angepasst mit dem Ziel, die Fragestellungen von Big Data und Datenanalyse im jeweiligen industriellen Anwendungskontext bestmöglich zu beantworten.

Ein Beispiel dafür ist die Nachwuchsgruppe „IKT-Plattform für die Produktion“ in der GSaME, die seit 2017 von Dr. Peter Reimann geleitet wird. Im Fokus dieser Gruppe steht eine Informations- und Kommunikationslösung, die nicht nur die Produktion, →

→ sondern die heterogenen, verteilten Informationssysteme im gesamten Unternehmen einbindet und zum Beispiel auch mobile Endgeräte integriert. Die Projekte werden im Austausch mit Industriepartnern wie Daimler, Festo, Trumpf oder Mann+Hummel definiert und durch das individualisierte Qualifizierungsprogramm unterstützt. Die Durchführung erfolgt gemäß der Qualitätsmaßstäbe der GSaME. „Dabei achten wir streng darauf, dass die Arbeiten nicht einfach nach dem Prinzip ‚Let’s do it‘ gewählt und umgesetzt werden, sondern Relevanz für die Forschung haben“, betont Reimann.

IKT-PLATTFORM FÜR DEN GESAMTEN PRODUKTLEBENSZYKLUS

Schon früh entwickelte die Gruppe die „Stuttgart IT Architecture for Manufacturing“ (SITAM), die Unternehmen die Akquise, das Management und die Analyse von Daten ermöglicht. Aktuell werden die Möglichkeiten der Datenanalyse in SITAM erweitert. Industrial Analytics lautet das Stichwort, das darauf abzielt, Datenanalysen nicht nur in einzelnen Produktionsphasen, sondern über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg zu implementieren. „Dadurch können wir die Artefakte wie Produkte, ganze Fabriken oder einzelne Maschinen besser verstehen und optimieren“, erläutert Reimann.

DURCHBLICK IM DATENSEE

Grundlage für eine solche ganzheitliche Analyse sind sogenannte Data Lakes, hoch skalierbare Datenspeicher, in welche die Rohdaten einfließen, die entlang der Wertschöpfungskette entstehen. Das macht Data Lakes zu einer sehr flexiblen Grundlage für die Datenanalyse. Das Problem dabei: „Firmen wissen oft gar nicht, welche Daten ihr ‚Datensee‘ überhaupt umfasst, da diese unzureichend beschrieben sind“, sagt Doktorandin Rebecca Eichler. Um die riesigen Datenmengen systematisch zu speichern, zu verwalten und damit einen Mehrwert zu schaffen, muss unter anderem dokumentiert werden, welche Daten vorhanden sind, was sie beschreiben, welche Qualität sie haben, wo sie herkommen und wer darauf zugreifen darf. Man braucht also Daten über die Daten, sogenannte Metadaten, die deren Verwaltung unterstützen. Genau diesem Metadatenmanagement widmet sich Eichler in ihrem Promotionsprojekt „MetaMan“ (Betreuer Dr. Holger Schwarz), das sie gemeinsam mit Bosch bearbeitet.

Die Fragestellung geht dabei über Data Lakes hinaus und umfasst das gesamte Unternehmen. „Bisher hat sich das Metadatenmanagement auf einzelne Teilaspekte beziehungsweise Unternehmensbereiche bezogen. In unserem Projekt zielen wir auf Techniken und Konzepte ab, um ein Metadatenmanagement für die gesamte Unternehmenslandschaft zu entwerfen, sodass beispielsweise Daten abteilungsübergreifend verfügbar gemacht werden können.“ Pate stehen dafür Datenmarktplätze, die es zwischen Unternehmen bereits gibt. Vorstellen kann man sich diese wie eine Plattform, →



Dr. Peter Reimann

„Durch Datenanalysen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg können wir die Artefakte wie Produkte, ganze Fabriken oder einzelne Maschinen besser verstehen und optimieren.“



REBECCA EICHLER

„Firmen wissen oft gar nicht, welche Daten ihr ‚Datensee‘ überhaupt umfasst, da diese unzureichend beschrieben sind.“

→ welche den Nutzer*innen mit Hilfe der Metadaten ermöglicht, Daten zu finden, zu verstehen, auf diese zuzugreifen und selbst Daten bereitzustellen.

Überträgt man dieses Konzept auf den unternehmensinternen Bereich, werden auf dem Markt oftmals sensiblere Daten gehandelt. „Daher haben Fragen der Transparenz und der Compliance ein ganz anderes Gewicht“, erklärt Eichler.

BAUKASTEN FÜR DIE INDUSTRIE

Ganz konkrete Vorschläge für die verarbeitende Industrie entwickelte das Projekt „Industrial Communications for Factories (IC4F)“, ein Leuchtturmprojekt mit 14 Partnern, das durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit 13 Millionen Euro gefördert wurde. „Das ist viel für ein Informatikprojekt“, sagt Dr. Pascal Hirmer und erklärt auch gleich, warum: „Industrie 4.0 ist für die Firmen eine riesige Herausforderung, gerade für kleinere und mittlere Unternehmen. Es gibt sehr viele neue Technologien, heterogene Infrastrukturen, die Anforderungen des Datenschutzes, und zudem ist das Ganze zeitaufwendig und teuer. Daher entwickelten wir im Projekt IC4F eine Referenzarchitektur namens iRefA (industrial Reference Architecture), mit deren Hilfe die Firmen sichere, robuste und echtzeitfähige Kommunikationslösungen erarbeiten können.“

iRefA funktioniert wie ein Legobaukasten, dessen Teile aus Hardware- und Softwarekomponenten, Netzwerktechnologien, Sicherheitsmodulen und anderem mehr bestehen. „Die Unternehmen beschreiben in Anforderungsworkshops ihren konkreten Bedarf und unsere Plattform schlägt teilautomatisiert Bausteine vor, die am besten zur geplanten Anwendung passen. Die Projektmitarbeiter*innen können so zwischen den besten Alternativen entscheiden.“ Die iRefA soll zukünftig als DIN-Spezifikation standardisiert werden.

DIGITALISIERUNG SCHREITET WEITER VORAN

IC4F soll als Leuchtturmprojekt in weitere Forschungsprojekte münden. Das sei auch deshalb wichtig, weil die Digitalisierung in der Industrie weiter voranschreiten wird, meint Bernhard Mitschang. Gerade im Mittelstand fehle dafür noch viel Kompetenz. „Deshalb müssen wir Digitalisierungsthemen pushen und gute Leute ausbilden, die die digitale Transformation in industrielle Anwendungen bringen, um die Abläufe zu optimieren.“ →

Dr. Pascal Hirmer

„Industrie 4.0 ist für die Firmen eine riesige Herausforderung, gerade für kleinere und mittlere Unternehmen.“



KONTAKT

PROF. DR. BERNHARD MITSCHANG
Mail: bernhard.mitschang@ipvs.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 88449

Industrie 4.0:



Die biologische Transformation kommt

TEXT: Birgit Spaeth

Zur digitalen Transformation gesellt sich die biologische Transformation, die immer mehr sogenannte biointelligente Systeme hervorbringen wird.

Prof. Arnd G. Heyer

„Der Baustoff ist leicht, besitzt gute Dämmeigenschaften und lässt sich gut formen.“

Organisches Material:
Aus dem rasch wachsenden Pilz-Myzelium lassen sich formbare Baustoffe herstellen.



Die Natur steht längst auch bei der Optimierung der industriellen Produktion Pate. „Eine nachhaltige biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung ist sowohl für die Gesellschaft als auch für die Wirtschaft von entscheidender Bedeutung und nicht mehr weiter aufschiebbar“, sagt Prof. Thomas Bauernhansl, Leiter des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF). „Es lassen sich damit sehr viele Probleme lösen, die etwa durch den demografischen Wandel, die Globalisierung, die Individualisierung der Gesellschaft, den Klimawandel oder die weltweit zunehmende Knappheit an natürlichen Ressourcen hervorgerufen werden.“ An der Universität Stuttgart haben sich auf Bauernhansls Initiative hin zahlreiche Institute zusammengeschlossen und das Kompetenzzentrum Biointelligenz gegründet, gemeinsam mit den Fraunhofer Instituten IPA und IGB, der Universität Hohenheim und weiteren Forschungseinrichtungen rund um Stuttgart. Doch was genau bedeutet Biointelligenz?

NATUR UND TECHNIK – VON DER INSPIRATION ZUR INTERAKTION

Der Prozess der biologischen Transformation, der in der letzten Stufe zur Biointelligenz führt, kann in drei Entwicklungsmodi unterteilt werden: Inspiration, Integration und Interaktion. Zunächst erlaubt es die Inspiration, evolutionär über Jahrtausende entstandene biologische Phänomene auf Wertschöpfungssysteme zu übertragen. Unternehmen entwickeln mit diesem Ansatz neue Materialien und Strukturen (Beispiel: Leichtbau), Funktionalitäten (Biomechanik) sowie Organisations- und Kooperationslösungen (Schwarmintelligenz). Unter dem Begriff Bionik ist dieses Forschungsfeld bereits allgemein bekannt.

Im Modus Integration kommt das Wissen über die Natur nun zur Anwendung, indem biologische Systeme tatsächlich in Produktionssysteme eingebunden werden, etwa, wenn chemische durch biologische Prozesse ersetzt werden. Beispiele für diesen Modus sind die Nutzung von Mikroorganismen zur Rückgewinnung von seltenen Erden aus Magneten oder die Erzeugung von Wasserstoff aus Abfall. Auch die Nutzung biologischer Rohstoffe in der Architektur gehört dazu.

WACHSENDE STRUKTUREN FÜR DIE BAUBRANCHE

Prof. Martin Ostermann, Leiter des Instituts für Baukonstruktion (IBK) der Universität Stuttgart, erforscht beispielsweise die Tauglichkeit von Pilz-Myzelium als Baustoff. „Ziel ist es, das organische Material in die bautechnische Anwendung zu bringen und dadurch eine Alternative zu den bislang verwendeten anorganischen Baustoffen zu entwickeln“, so Ostermann. Dabei kooperiert sein Team mit einer Arbeitsgruppe um Prof. Arnd G. Heyer vom Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme (IBBS).

Das Myzelium, ein schnell wachsender organischer Rohstoff, bildet in Verbindung mit Abfällen aus der Bau- und Agrarindustrie einen plastischen Werkstoff. „Die feinen Fäden des Pilzgeflechts verbinden lose, kleinteilige, organische Fasermaterialien zu festen Formstücken, die nach dem Trocknen als Baustoff dienen können. Er ist leicht, besitzt gute →



→ Dämmeigenschaften und lässt sich gut formen“, so der Nachhaltigkeitsexperte. Myzelium wächst innerhalb von wenigen Tagen und kommt ohne energieaufwendige Herstellungsprozesse aus. Es ist vollständig kompostierbar und kann als Nährstoff wieder in biologische Kreisläufe zurückfließen – ein bioinspiriertes und biointegriertes System also.

WASSERSTOFF AUS DER MÜLLTUNNE

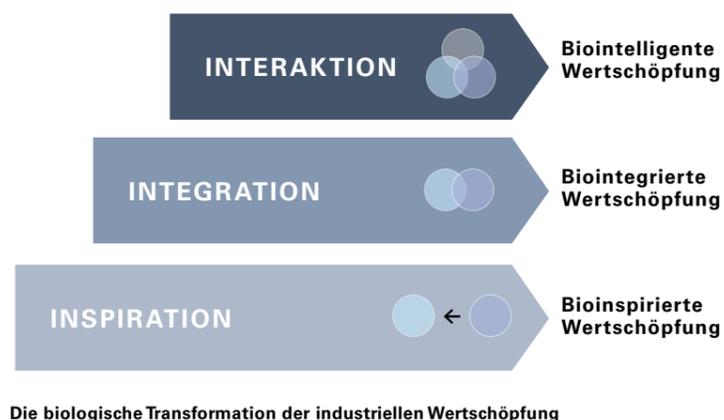
Noch einen Schritt weiter geht ein Projekt am Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart: Hier wird Energie erzeugt, die dem Klima nicht nur nicht schadet, sondern ihm nutzt. Wasserstoff, der per Elektrolyse mittels elektrischer Energie produziert wird, lässt sich – das ist bekannt – in Brennstoffzellen in nutzbare elektrische oder thermische Energie umwandeln. Auch die Restenergie, die in vielen Abfallstoffen vorhanden ist, kann in Form von Wasserstoff wiedergewonnen werden. Der Clou des speziellen Verfahrens, das am EEP und am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) entwickelt und analysiert wurde: Durch die Abscheidung und Speicherung des als Nebenprodukt entstehenden CO₂ ist die Umwandlung nicht nur klimaneutral, sondern hat sogar eine positive Auswirkung auf unser Klima.

„Mit den sogenannten HyBECCS-Prozessen (Hydrogen Bioenergy with Carbon Capture and Storage) können zukünftig unvermeidbare Treibhausgasemissionen kompensiert werden. Das erhöht die Flexibilität und Effizienz unseres Energiesystems und wirkt dem Klimawandel aktiv entgegen“, sagt Projektleiter Johannes Full. „Die Anwendung fortschrittlicher IT zur flexiblen und intelligenten Prozessregelung kann das Einsatzpotenzial noch steigern. Dann können mit biointelligenten HyBECCS-Prozessen wesentliche gesellschaftliche und umweltbezogene Probleme gelöst werden.“

Dies ist also die dritte Stufe der biologischen Transformation, die umfassende Interaktion zwischen technischen, informatorischen und biologischen Systemen. Sie führt Stück für Stück zu neuen, autarken Produktionstechnologien und -strukturen, welche dann die Biointelligenz ausmachen.

VISION EINER TECHNOLOGIEBASIERTEN BEDARFSWIRTSCHAFT

Die biointelligente Wertschöpfung ermöglicht Fortschritte in den unterschiedlichsten Bereichen – von der personalisierten Gesundheitsversorgung über die intelligente Verkehrs- und Produktionsorganisation bis hin zur dezentralen Herstellung von Konsumgütern und Nahrungsmitteln aus nachwachsenden regionalen Rohstoffen und Recyclingmaterialien. →



Prof. Thomas Bauernhansl

„Hier entwickelt sich eine fortschrittliche Wirtschaftsform, welche die physikalischen Grenzen unseres Planeten berücksichtigt.“



Klimapositive Auswirkungen: Die Energie, die bei der Müllverbrennung erzeugt wird, kann auf verschiedene Weise umgewandelt werden – auch in Wasserstoff.

→ Durch das Zusammenwirken der Disziplinen Biologie, (Produktions-)Technik und Datenverarbeitung kann eine nachhaltige, technologiebasierte Bedarfswirtschaft entstehen. „Hier entwickelt sich eine fortschrittliche Wirtschaftsform, welche die physikalischen Grenzen unseres Planeten berücksichtigt“, so Thomas Bauernhansl, Gründungsvorstand des Kompetenzzentrums Biointelligenz. Er ist überzeugt: „Damit schaffen wir über viele Fachdisziplinen hinweg einen neuen Innovationsraum mit riesigem, auch wirtschaftlichem Potenzial.“ →

KONTAKT

PROF. DR. THOMAS BAUERNHANSL
Mail: thomas.bauernhansl@iff.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 970 1101

Fotos: Universität Stuttgart/IBK, Stastny/Shutterstock

Anzeige

**Region Stuttgart Kultur Gsälz
bär Cyber Valley Maschinenbau
Innovation Hip Hop Mineral
quellen Spätzle Spitzenforschung
Tradition IBA'27 Informations
technologie Vielfalt Maultaschen
Mobilität VFX Verantwortung**

jobs.region-stuttgart.de


Wirtschaftsförderung
Region Stuttgart

G E W I C K E L T E L E I C H T I G K E I T



Begehbarer Installation: „Maison Fibre“ bei der Architektur-Biennale in Venedig

TEXT: Andrea Mayer-Grenu

„How will we live together?“ So lautet die Leitfrage der diesjährigen Architektur-Biennale in Venedig. Das Exzellenzcluster IntCDC an der Universität Stuttgart beantwortet sie mit radikal neuen Wegen der Faserkonstruktion.

Ein transparentes Fasergespinnst, mehrgeschossig und federleicht: Das „Maison Fibre“ scheint fast zu schweben – eine entmaterialisierte Architektur. Präsentiert von den Instituten für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD) sowie für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE) im Arsenal der Architektur-Biennale 2021 in Venedig, vermittelt das Maison Fibre den Besucherinnen und Besuchern die räumliche Erfahrung und den konstruktiven Eindruck eines „Gebäudes“, dessen Bauelemente aus nur wenigen Kilogramm Werkstoff hergestellt werden können. Und das teilweise sogar direkt vor Ort.

Beides ist dringend nötig, um die großen ökologischen und sozialen Herausforderungen beim Bauen zu meistern. Denn derzeit ist es üblich, sich eine einfache Bauausführung mit einem Mehrbedarf an Material zu erkaufen – kaum eine andere menschliche Aktivität verbraucht mehr Ressourcen und setzt mehr Emissionen frei als das Bauen. Es bedarf also dringend neuer Denkansätze. „Unser Beitrag zur Biennale hinterfragt die vorherrschende materialintensive Bauweise und ersetzt diese durch eine Architektur aus Fasern, die nur einen Bruchteil an Materialien verbraucht und vollkommen neue Möglichkeiten der Materialisierung bietet“, sagt Prof. Achim Menges.

Der Architekt ist der Sprecher des Exzellenzclusters Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC) an der Universität Stuttgart und leitet das ICD. „Im Vergleich zu Le Corbusiers Maison Dom-Ino, einem prägenden Vorbild für die Architektur des 20. Jahrhunderts, ist das Gewicht von Maison Fibre um das Fünffache reduziert und verweist somit auf eine neue Materialkultur.“ Diese umfasst nicht nur die Architektur, sondern auch die damit verbundenen ökologischen (Material und Energie), ökonomischen (Wertschöpfungsketten und Wissensproduktion), technischen (digitale Technologien und Robotik) und soziokulturellen Fragen.

ERSTE MEHRGESCHOSSIGE FASERSTRUKTUR DER WELT

Der Impuls zu diesem Paradigmenwechsel kommt aus der Natur: Fast alle tragenden Strukturen in der Biologie sind Faserstrukturen, bei denen Orientierung, Richtung und Dichte der Fasern genau an die einwirkenden Kräfte angepasst sind. Das macht sie differenziert, funktional und ressourceneffizient zugleich. Das biomimetische Prinzip von „weniger Material durch mehr Form“ wird an der Universität Stuttgart seit vielen Jahren erforscht und schlug sich unter anderem in mehreren weltweit beachteten Ausstellungspavillons nieder. Die dabei gewonnene Erfahrung mit robotisch gefertigten Faserverbundstrukturen wenden die Forschenden nun erstmalig auf begehbare Decken- und Wandelemente für das mehrgeschossige Bauen an. „Maison Fibre ist die erste mehrgeschossige Faserstruktur ihrer Art. Sie basiert auf einem extrem leichten, digitalen Bausystem, das nur aus Fasern besteht. Dieses hätte noch vor wenigen Jahren weder geplant noch gefertigt werden können“, betont Menges.

AUS DER INDUSTRIE IN DIE ARCHITEKTUR

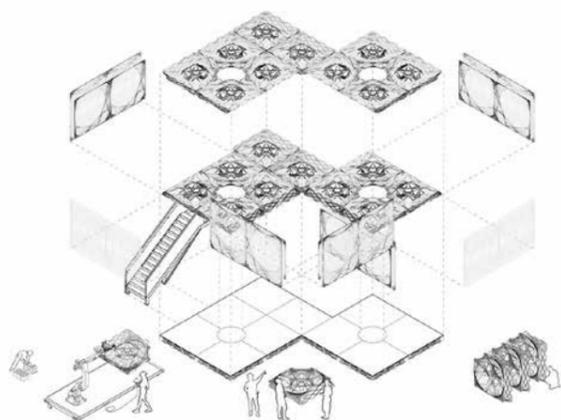
Die gesamte Struktur besteht aus sogenannten Rovings, das sind Bündel aus endlosen, unidirektionalen Fasern. Hergestellt werden die tragenden Wand- und Deckenelemente in einem von den beiden Instituten entwickelten robotischen Wickerverfahren, das seine →

Prof. Achim Menges

„Unser Beitrag hinterfragt die vorherrschende materialintensive Bauweise.“



Großformatiges Gastspiel: Transport einzelner Teile der Installation nach Venedig



Kontinuierlicher Prozess: Skizzen aus der Entwicklung der Konstruktion



Stützende Strukturen: Die Forschenden spannen die Fasern frei im Raum über einem Gestell.

→ Wurzeln in der Industrie hat. Dort wird das „filament winding“ eingesetzt, um langgestreckte, rotationssymmetrische Bauteile wie etwa Rohre herzustellen. Dabei werden Fasern mit Hilfe einer Wickelmaschine auf einem rotierenden, zylindrischen Kern abgelegt. Überträgt man dieses Verfahren auf die Architektur, stellt sich allerdings ein Problem, erklärt Christoph Zechmeister, Doktorand am ICD: „Die Form des Bauteils ist an die Form des Kerns gebunden. Für die kostengünstige Massenproduktion ist das okay, aber in der Architektur brauchen wir mehr Flexibilität. Daher haben wir schon bei einem früheren Faser-Pavillon überlegt, ob man den Kern nicht einfach weglassen kann.“ Die Idee funktionierte, und so spannen die Forschenden an ICD und ITKE die Fasern nun frei im Raum über einem Gestell. „Parameter für die Formgebung sind dabei die Form des Rahmens sowie die Fasern selbst“, sagt Zechmeister. „Die ersten Fasern bilden die Stützstruktur für die nachfolgenden.“ Gewickelt wird übrigens vollautomatisch mit Hilfe eines Roboters. „Wir greifen nur ein, um das Material zu wechseln oder den Roboter zu bedienen.“

Der kontinuierliche Formgebungsprozess erlaubt nicht nur große Freiheitsgrade beim Design, sondern sorgt auch für einen extrem geringen Materialverbrauch. Dabei machen sich die Forschenden die sogenannte Anisotropie zunutze, also den Umstand, dass Fasern in unterschiedlichen Richtungen unterschiedliche Eigenschaften haben. Dadurch können die Fasern sehr differenziert auf die jeweiligen Erfordernisse abgestimmt werden. Die vergleichsweise schweren Carbonfasern zum Beispiel kommen nur dort zum Einsatz, wo sie für die Lastabtragung wirklich gebraucht werden, und auch die Faserstärke richtet sich flexibel nach der jeweiligen Beanspruchung. Für die Fertigung eines tragenden Bodenelements wird so ein Materialvolumen von weniger als zwei Prozent des Bauteilvolumens gebraucht.

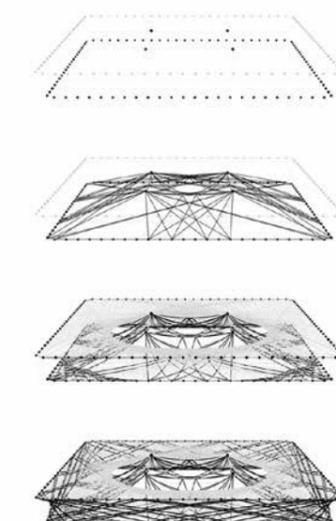
GESAMTE FERTIGUNG VOR ORT ERMÖGLICHEN

Der sparsame Materialeinsatz zahlt sich aus: Das Gewicht der Faserstruktur ist um ein Vielfaches geringer als bei vergleichbaren Betonkonstruktionen – die tragende Faserkonstruktion der Bodenelemente im Obergeschoss wiegt gerade einmal 9,9 kg/m². Die Wandelemente fallen noch deutlich leichter aus. Das bringt gleich mehrere Vorteile, erläutert Prof. Jan Knippers, einer der Direktoren des Exzellenzclusters IntCDC und Leiter des ITKE: „Der Prozess ermöglicht es perspektivisch, die gesamte Fertigung vor Ort auszuführen, ohne dass dabei Lärm oder Abfall in nennenswertem Umfang entstehen. Das geringe Gewicht wiederum erleichtert die Montage erheblich, da keine schweren Transportmittel, Gerüste oder Hebevorrichtungen notwendig sind.“ Dies trifft nicht nur auf den erstmaligen Erstellungsprozess zu, sondern auch auf Erweiterungs- oder Umbauarbeiten. So bleibt die mit dieser Bauweise errichtete Architektur langfristig anpassungsfähig und flexibel.

Noch nutzt Maison Fibre die derzeit verfügbaren Faser- und Harzsysteme. Das Konzept ist jedoch materialübergreifend einsetzbar, und schon in naher Zukunft wird sich das Materialspektrum erheblich erweitern, so die Hoffnung der Forschenden. „Unter anderem erforschen wir mineralische Fasersysteme, die extremen Temperaturbeanspruchungen standhalten können, oder natürliche Fasern, die innerhalb eines Jahreszyklus nachwachsen“, verraten Menges und Knippers. →



Aufwendige Anreise: Ziel des Entwicklungsteam ist es jedoch, Rahmenbedingungen für eine Fertigung vor Ort zu schaffen.



Kontinuierlicher Aufbau: Die ersten Fasern bilden die Stützstrukturen für die nachfolgenden.

KONTAKT

PROF. ACHIM MENGES Mail: mail@icd.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 82786

PROF. DR. JAN KNIPPERS Mail: info@itke.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 83280

WER, WENN NICHT WIR?

GASTBEITRAG: Dr. Eberhard Veit

Um beim advanced Manufacturing international weiterhin ganz vorne mitzuspielen, braucht es einen radikalen Wandel in der Führung von Unternehmen, findet Innovationsexperte Eberhard Veit. In seinem Gastbeitrag für „forschung leben“ skizziert er den Weg dorthin.



Foto: Blesius, Hameln, T. Franz

Vor vielen Jahren, ich war damals Vorstandsvorsitzender bei Festo, konnte ich beobachten, mit welcher Geschwindigkeit die Menschen die Auswirkungen der Digitalisierung in ihrem privaten Alltag akzeptierten. Ich traf damals auf Konsumenten, die voller Begeisterung neueste Technologien und Services in Empfang nahmen. Zugleich war es regelrecht frustrierend zu beobachten, wie sehr die Industrie zögerte, die neu verfügbaren Technologien für eine fortschrittliche Wertschöpfung anzunehmen und somit den Wandel mitzugestalten. In der Konsequenz gilt es, Führungsstil und Entscheidungsverhalten grundlegend zu verändern und „beidhändige Führung“ zu leben, also die Optimierung von Bestehendem ebenso zu fördern wie die Entwicklung von Neuem.

Für die Industrie und das advanced Manufacturing (aM) bedeutet dies: Neben der intensiven Weiterentwicklung unseres Manufacturing mit den Fortschrittsthemen zentraler/dezentraler Intelligenz, Robotik, Mensch-Maschine-Interface, advanced Logistiksysteme, Instrumentation, Motion Control, Architekturmodelle und Plattformen, intelligente Komponenten und Sub-Systeme müssen wir auch den Aspekt „advanced“ angehen: mit M2M-Kommunikation, Cloud Computing, Machine Learning, Cyber Security, Smart Components, Visualisierung und Simulation sowie Artificial und Augmented Reality.

Heute ist es erfolgsentscheidend für unsere Industrien, dass sie die neuen Technologien nicht nur akzeptieren, sondern auch monetarisieren. Ziel ist es, die „evolutionäre Revolution“ auf der Technologieseite und den radikalen Wandel der Führung in Organisationen aktiv zu stärken. →

→ Um beim advanced Manufacturing Gewinner im Weltmaßstab zu werden, gilt es, eine „4C-Kultur“ vollumfänglich anzunehmen: Culture, content, taking a chance, starting the change. Neben der Technologie müssen wir also eine Kultur etablieren, die dazu einlädt, mit Mut und Risikobereitschaft den Wandel aktiv zu gestalten. Dabei ist es nicht nur das Management, das Teil einer gewagten, langfristigen Vision der fortschrittlichen Wertschöpfung sein muss, sondern die gesamte Organisation muss sich mit beidhändiger Führung auseinandersetzen, damit wir das Ziel „Best of class advanced Manufacturing“ erreichen können.

Meine Formel für den notwendigen internen Wandel lautet deshalb „**SPRINT**“:

S PIRIT/SPEED
(Geist und Geschwindigkeit)

P ARTICIPATION
(Beteiligung)

R ELY
(Sich verlassen können)

I NSPIRATION
(Inspiration)

N EED
(Notwendigkeit)

T RUST
(Vertrauen)

Das Neue hört sich einfach und vertraut an, aber tun wir es in Deutschland wirklich? Eher nein! Es wird die Art und Weise, wie ein Unternehmen funktioniert, auf sämtlichen Ebenen verändern. CEOs müssen deshalb die gesamte Organisation unter einem Banner von Dringlichkeit und Veränderung zusammenhalten. Sie müssen den Geist (Spirit) verkörpern und die Geschwindigkeit (Speed), die der Wandel benötigt, auch selbst vorleben. Sie müssen eine Kultur der offenen Kommunikation und der aktiven Beteiligung (Participation) schaffen und die gesamte Firma ermutigen, im Einklang zu agieren und zu lernen, sich auf neue digitale Systeme zum advanced Manufacturing einzulassen (Rely). Der CEO hat die Aufgabe, die Menschen in der gesamten Organisation dazu zu inspirieren (Inspiration), ihr Denken und Handeln auf neue digitale Prozesse und Methoden auszurichten, zu verstehen, wie die neuen Werkzeuge ver-

wendet werden, und die Notwendigkeit (Need) für die Transformation zu erkennen. Schließlich setzt der Prozess des Wandels das Vertrauen (Trust) der Menschen in die neuen Technologien und Vorgehensweisen voraus. →

DR. EBERHARD VEIT

„50 Prozent des Erfolges wird die Technologie ausmachen, die weiteren 50 Prozent beruhen auf Führung, Training und lebenslangem Lernen.“

Eberhard Veit ist promovierter Ingenieur und hat unter anderem an der Universität Stuttgart studiert. 1997 kam er als Vorstand zur Festo AG und war von 2008 bis 2016 deren Vorstandsvorsitzender. Heute ist er mit seinem eigenen Unternehmen 4.0-Veit aktiv. Seit 2019 ist er Mitglied der Robert Bosch Industrietreuhand, dort soll er ab 2022 einer der zwei persönlich haftenden Gesellschafter werden.

→ Nur auf Basis dieser Prinzipien wird der Transformationsprozess gelingen. Die Empfehlungen bauen weiterhin auf fünf Schlüsselementen auf, die ich unter dem Begriff „**AGILE**“, meiner zweiten Formel, zusammenfasse:

A RCHITECTURE-BASED
(Architekturbasierte Automatisierung für AM)

G ENERAL BUSINESS MODELS
(Geschäftsmodelle für AM)

I NNOVATION
(Innovation, Integrate SW and HW für AM)

L EARNING
(Lernen und Lehren)

E DUCATION
(Ausbildung und Ermutigung)

ARCHITEKTUR: Flexible, architekturbasierte Produkte und Komponenten arbeiten kollaborativ und vernetzt zusammen, bilden Sub-Systeme sowie Systeme und sind intuitiv integrierbar. Wichtige Elemente sind ein durchgängiges Plug-and-produce-Konzept von zentraler/dezentraler Intelligenz, Robotik, Mensch-Maschine-Interface, advanced Logistiksysteme, Instrumentation, Motion Control, Architekturmodelle und Plattformen, intelligente Komponenten und Sub-Systeme.

GESCHÄFTSMODELLE: Neue Wege, Geld zu verdienen, resultieren aus neuen Wegen, die Abläufe zu organisieren. AM benötigt unternehmensübergreifende Netzwerke und eine effektivere Zusammenarbeit. Dezentrale und zentrale Produktionslandschaften mit flexiblen „On-demand-supply“, dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur „Predictive Maintenance“ und einem „Data-driven Control- and Inspection-System“ schaffen den angestrebten digitalen Wertschöpfungsprozess. Kurz gesagt: Als digitaler Zwilling geplant und real umgesetzt, entsteht ein Maßanzug aus Standardsystemen.

INNOVATION: Europäische Firmen müssen bessere und innovativere Produkte und Systeme herstellen, da sie im Allgemeinen deutlich teurer entwickeln und produzieren: Wir können und müssen um mindestens so viel besser sein, wie wir teurer sind.

LERNEN: Wir benötigen eine positive Einstellung zum lebenslangen Lernen und die Bereitschaft, uns kontinuierlich neue Fähigkeiten anzueignen. Gerade jetzt und ganz besonders dort, wo wir schon immer stark waren. AM wird nur erfolgreich umgesetzt, wenn dieser Faktor deutlich ausgebaut wird.

AUSBILDUNG: Es braucht ein Commitment, in das Wissen der Menschen zu investieren, sie zu qualifizieren und ihre Fähigkeiten durch modernste Trainingsprogramme weiterzuentwickeln. Investitionen des Staates und der Industrieunternehmen in Ausbildung versprechen die höchste Verzinsung des eingesetzten Kapitals in Form von Steuereinnahmen, Gewinn und Wohlstand.

Müssen wir, um fit für die Zukunft zu werden, also völlig neue Menschen und Kompetenzen an Bord holen? Nein, eine gute Mischung aus neuen Talenten und erfahrenen, langjährigen Mitarbeitern ist vielversprechend. Der Erfolg wird maßgeblich auf dem Training und der Ausbildung beruhen. Im Jahr 2020 wurden in Deutschland 27,4 Milliarden Euro für die Erforschung neuer Technologien ausgegeben, aber nur 8,2 Milliarden Euro in das Bildungssystem investiert. Ich bin überzeugt: 50 Prozent des Erfolges wird die Technologie ausmachen, aber die weiteren 50 Prozent beruhen auf Führung, Training und lebenslangem Lernen. Dies erfordert einen echten kulturellen Wandel.

Auf dem Weg in eine neue Ära des Vertrauens in die digitale Industrie und die Umsetzung von aM ist zu unterstreichen, dass eine agile, beidhändige Führung der zentrale Treiber sein wird. Denn nur wenn wir alle die Zeit des Wandels ernst nehmen und uns vor dem Hintergrund des heutigen Kerngeschäfts intensiv mit dem Sprung in die digitale Zukunft beschäftigen, werden Unternehmen langfristig erfolgreich sein. →

GEBALLTE INNOVATIONS- KRAFT

FOTOS: Max Kovalenko

Die industrielle Fertigung muss sich weiterentwickeln, um die Herausforderungen der Zukunft zu meistern. Hierzu liefert das Produktionstechnische Zentrum Stuttgart (PZS) wichtige Beiträge.

Seit 2017 bündelt das Produktionstechnische Zentrum Stuttgart (PZS) die spezifischen Stärken von zwölf Instituten aus vier Fakultäten mit insgesamt 400 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. „Die Institute des PZS sind mit ihrer Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Produktions- und der Informationstechnik seit Jahren sichtbar“, sagt Prof. Mathias Liewald, Leiter des Instituts für Umformtechnik (IFU) an der Universität Stuttgart und Sprecher des PZS. „Im Mittelpunkt unserer wissenschaftlichen Arbeiten stehen technologische Prozesse verschiedener Fertigungsverfahren, Produktionsabläufe und Wertschöpfungsketten. Unser Ziel ist es, an Zukunftstechnologien zu arbeiten und an entsprechenden weltweiten Entwicklungen mitzuwirken, die dann mit einem Zeithorizont von fünf bis zehn Jahren Einzug in die Unternehmen halten.“ Dieser Anspruch schlägt sich in drei Forschungsfeldern nieder. Erstens: der Optimierung von Wertschöpfungsketten in der Produktion im Rahmen einer resilienten und zirkulären Wertschöpfung, zweitens: dem Einsatz von Methoden Künstlicher Intelligenz (KI) in der Produktion sowie drittens: dem Themenbereich Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Klimaneutralität.

DIE ROLLE DES MENSCHEN IN LOGISTIKPROZESSEN

So geht es bei zwei Projekten aus der Inter- und Intralogistik, also der globalen Bewegung von Gütern zwischen Unternehmen beziehungsweise innerhalb eines Betriebsgeländes, um die Rolle des Menschen in diesen Logistikprozessen. Schließlich ist der Mensch dabei aufgrund seiner kognitiven Fähigkeiten und seiner hohen Flexibilität unverzichtbar, speziell in der Kommissionierung von Waren. Im Projekt „FlexLight“ wird die schrittweise →

Stärken bündeln:
Prof. Mathias Liewald ist
Sprecher des Produktions-
technischen Zentrums
Stuttgart (PZS).



→ Verbesserung der manuellen Kommissionierleistung anhand eines flexiblen Pick-by-light-Systems weiterentwickelt. Bei diesem Ansatz arbeitet der Kommissionierer ohne Packliste, stattdessen werden ihm die gewünschten Güter direkt am Lagerort visuell angezeigt. Konventionelle Kommissioniermethoden sind starr und damit unflexibel. Dagegen erweitert sich der neue Ansatz selbstständig oder lässt sich anwendungsspezifisch ausgestalten. Ziel des Projekts ist es, eine einfache Integration oder Adaption der Kommissioniermethode in sich verändernden Umgebungen zu erreichen. Forschungspartner ist die ThingOS GmbH, eine Ausgründung der Universität Stuttgart.

Das zweite Beispiel aus der Produktionslogistik ist das Projekt „S³ – Sicherheitssensorik für Serviceroboter“. Dabei forscht das Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) an der Entwicklung einer sicheren 3D-Umgebungssensorik für den Einsatz in mobilen Robotern. Partner sind die Alexander Thamm GmbH, die Pilz GmbH & Co. KG, das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie die BruderhausDiakonie der Stiftung Gustav Werner und Haus am Berg. Die zu entwickelnde Sensorik soll die Umgebung dreidimensional sicher überwachen, zwischen Personen und Objekten unterscheiden sowie Unregelmäßigkeiten erkennen können.

Das Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile (IFKB) gehört ebenfalls seit der Gründung des PZS zu dessen Partnern, zum Beispiel mit dem Verbundvorhaben „KeraBear“, das durch das Land Baden-Württemberg gefördert wird. Das Projekt entstand in einem Netzwerk von produktionstechnisch arbeitenden Forschungspartnern wie der Hochschule Furtwangen und dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg. Die Projektpartner wollen ein innovatives Schichtsystem für Gleitlager entwickeln, durch das sich die heute gebräuchlichen Werkstoffe ersetzen lassen. Letztere sind zwar sehr leistungsfähig, enthalten aber Wolfram, Cobalt und Nickel – Schwermetalle, die in umwelttechnischer und politischer Hinsicht als problematisch gelten. Die Aufgabe besteht nun darin, relativ neue und unbedenkliche karbidische und oxidkeramische Werkstoffsysteme für die Anwendung in Gleitlagern zu qualifizieren. Als Beschichtungsverfahren kommt das am IFKB entwickelte Hochgeschwindigkeits-Suspensionsflammspritzen zum Einsatz.

NACHHALTIGKEIT IN PRODUKTIONSPROZESSEN

Auch das Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) wirkt im Netzwerk des PZS mit, konkret an den zukünftigen Einsatzmöglichkeiten des Lasers, zum Beispiel als Bearbeitungswerkzeug. Das IFSW wählt dabei einen ganzheitlichen Ansatz: Es entwickelt und untersucht laserbasierte Fertigungsverfahren, dafür geeignete Strahlquellen sowie die erforderliche Anlagen- und Systemtechnik.

„In den letzten Jahren wurden an der Universität Stuttgart zusammen mit der Fraunhofer-Gesellschaft zwei weitere wesentliche Forschungsfelder im unmittelbaren Kontext zukünftiger Produktionstechnologien etabliert: die Nachhaltigkeit von →

80

Mit mehr als 80 Partnern werden unterschiedliche Ansätze untersucht, um den Strombedarf der Industrie ohne negative Auswirkungen auf Produktqualität oder Liefertermine gezielt zu steuern.



Rob-aKademl: Das Forschungsprojekt möchte die Programmierung für Montageaufgaben vereinfachen.



Fortschritt in der Lasertechnik: eine industrielle TRUMPF 3-D-Laserschneid-anlage, wie sie am IFSW verwendet wird

→ Produktionsprozessen und deren Ressourceneffizienz sowie der weite Bereich der KI in der Produktionstechnik“, so Liewald. „Beide Felder nutzen uns im PZS mit ihren Kompetenzen und Netzwerken erheblich.“

So koordiniert zum Beispiel das Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) das Kopernikus-Projekt „Synergie“. Dieses Projekt bildet einen Teil der größten Energieforschungsinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Es hat zum Ziel, die industrielle Energienachfrage dem zunehmend volatilen Angebot Erneuerbarer Energien anzupassen. Mit mehr als 80 Partnern werden unterschiedliche Ansätze untersucht, um den Strombedarf der Industrie ohne negative Auswirkungen auf Produktqualität oder Liefertermine gezielt zu steuern. Insgesamt wurden für die deutsche Industrie bislang Flexibilitäten in der Größenordnung von drei Atomkraftwerkskapazitäten identifiziert und entwickelt.

Die Steigerung der Energieeffizienz ist eine wesentliche Säule der Energiewende. Zusammen mit der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg und der Deutschen Unternehmensinitiative Energieeffizienz arbeitete das EEP in dem Projekt „ACE – Asset Class Energy Efficiency“ daran, wie Investitionen in industrielle Energieeffizienz leichter zu finanzieren sind, denn diese stehen in den Unternehmen stets im Wettbewerb zu strategischen Investitionen in die Wertschöpfung selbst. Hierbei wurden die Anforderungen der Finanzbranche, von Energiedienstleistern und von produzierenden Unternehmen analysiert. Ein Projektierungsleitfaden stellt die Erkenntnisse dieses Projektes bereit, auf dem das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufbauen kann, um die industrielle Energieeffizienz zu steigern.

ROBOTER PROGRAMMIEREN MITTELS KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

Ein Beispiel für ein PZS-Projekt aus dem Gebiet der KI ist eine Kooperation des Fraunhofer IPA in Zusammenarbeit mit dem Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF). „Solche Initiativen zum maschinellen Lernen in der Produktionstechnik werden in den nächsten Jahren stark an Bedeutung gewinnen“, sagt Liewald. Das soeben abgeschlossene Projekt „Rob-aKademl“ befasste sich mit dem Expertenwissen für die Programmierung eines Roboters zur Automatisierung von industriellen Handlings- oder Montageprozessen. Durch die Kombination einer leistungsstarken Physiks simulation mit dem →

→ sogenannten „Reinforced Learning“, einem Spezialfall des maschinellen Lernens, wird es möglich, den Roboter ohne manuellen Eingriff zu programmieren. Selbst komplexe, kraftgeregelte Montageoperationen kann der Roboter „selbst“ ausführen. Diese Methodik wird aktuell mit Industriepartnern anhand der Montage von Schaltern sowie dem Bestücken von Platinen untersucht und praktisch erprobt.

DEN SCHMIEDEPROZESS OPTIMIEREN

Ein weiteres Projekt, in dem KI eine Rolle spielt, hat das Institut für Umformtechnik (IFU) kürzlich gemeinsam mit dem Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) und Industriepartnern abgeschlossen. Es ging darum, beispielhaft einen möglichst effizienten Schmiedeprozess zu gestalten. Schmieden heißt, dass Vollmaterial auf hohe Temperaturen erhitzt und anschließend in einem Werkzeug in die gewünschte Form gepresst wird. Durch ein gesteuertes Abkühlen lässt sich die Mikrostruktur des Materials einstellen, um zum Beispiel die gewünschte Festigkeit des Bauteils zu erzielen. Üblicherweise berechnet man solche Schmiedeprozesse mit numerischen Verfahren, um sie anschließend in der Realität für den Serienhochlauf ohne Zeitverluste und Testphasen zu qualifizieren. Leider liegen Simulation und Realität oftmals auseinander: Im Extremfall besagt die Simulation, dass das Bauteil versagen wird, während es in der Realität gar nicht so schlecht ist – oder umgekehrt. „Somit ergab sich für uns die wissenschaftliche Aufgabenstellung, aus Produktions- und Simulationsdaten gezielt zu lernen, um mit einem neuronalen Netz schwankende Prozessverhältnisse in Bezug auf die zu erwartende Bauteilqualität zu kompensieren“, erklärt Liewald.

Diesen Ansatz überträgt ein IFU-Team nun auf Serienanlaufprozesse in der Kaltumformung. Mit diesem Umformverfahren werden beispielsweise Zahnräder oder Hohlwellen für den Leichtbau hergestellt. „In diesem Projekt wird der Produktionsanlauf sozusagen möglichst effizient in einen stabilen Zustand überführt, um den sogenannten Anfahr Ausschuss weitgehend zu vermeiden“, sagt Liewald. Das senkt den Aufwand – und damit die Kosten – deutlich, besonders bei kleinen Stückzahlen. → mv



Prof. Mathias Liewald

„Initiativen zum maschinellen Lernen in der Produktionstechnik werden in den nächsten Jahren stark an Bedeutung gewinnen.“

Fotos: Max Kovalenko, Universität Stuttgart/ISW, Fraunhofer IPA

DIE ZWÖLF INSTITUTE DES PZS:

Institut für Elektrische Energiewandlung (IEW)

Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP)

Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile (IFKB)

Institut für Flugzeugbau (IFB)

Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT)

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)

Institut für Parallele und Verteilte Systeme (IPVS)

Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW)

Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW)

Institut für Technische Optik (ITO)

Institut für Umformtechnik (IFU)

Institut für Werkzeugmaschinen (IfW)



Einblick in die Arbeit am ISW: Mit Hilfe einer Steuerungssoftware soll der Roboter lernen, Objekte wie ein Kabel richtig zu lokalisieren und zu greifen.

KONTAKT

PROF. DR. MATHIAS LIEWALD
Mail: mathias.liewald@ifu.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 83840

Anzeige

fischer 

World of fischer.



Befestigungssysteme



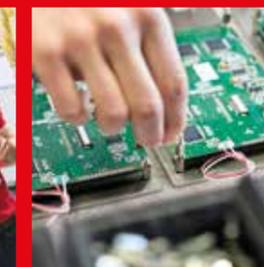
Automotive



fischertechnik



Consulting



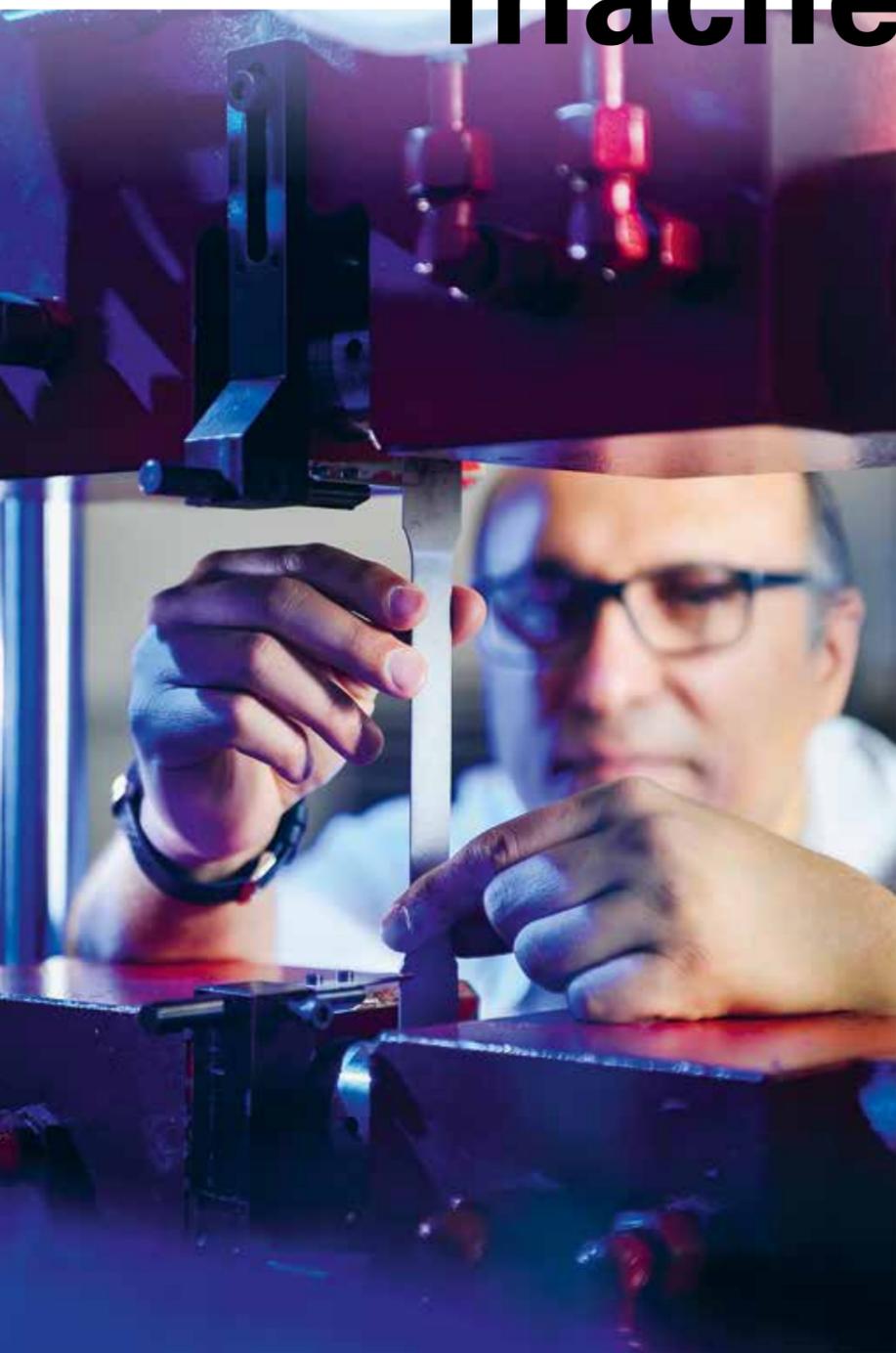
LNT automation

Innovationen für unsere Kunden

Innovation ist bei fischer mehr als die Summe aller Patente. Wir sind offen für Neues, bereit zur Veränderung – immer mit dem Ziel, unseren Kunden den größtmöglichen Nutzen zu bieten.

Seit über 70 Jahren haben wir Erfolg damit: heute mit fünf Unternehmensbereichen, 50 Landesgesellschaften und dem Vertrieb in über 120 Ländern.
fischer.group

Simulationen besser machen



TEXT: Michael Vogel
FOTOS: Max Kovalenko

Ein Forschungsteam der Universität Stuttgart will die Materialdaten für die Modellierung von Umformprozessen optimieren. Der Ansatz verbindet Simulationen mit Künstlicher Intelligenz und ist sehr rechenintensiv.

Simulation und Realität bei der Blechumformung aneinander annähern: Dafür arbeiten das IFU und das HLRS zusammen.



Enorme Rechenleistung: Die Forschungsgruppe hat Rechenzeit im Gauss Centre for Supercomputing beantragt.

2 Mrd.

Das neuronale Netz muss zwei Milliarden Simulationen durchspielen, um 1.000 Messwerte pro Probe zu erhalten.

Ohne Blechumformung geht nichts in der Automobilindustrie. Türen, Motorhauben und Kotflügel entstehen auf diesem Wege. Es sind teils sehr komplexe Geometrien, die das fertige Bauteil annehmen muss. Simulationen erleichtern seit Jahren die Auslegung der dafür erforderlichen Umformwerkzeuge, dadurch lässt sich zum Beispiel der Aufwand für die Nachbearbeitung senken. Dass Simulation und Realität bei der Blechumformung nur begrenzt übereinstimmen, ist jedoch nicht zuletzt angesichts der hohen Kosten der Werkzeuge ein Problem. In der Automobilindustrie liegen diese Kosten schnell im siebenstelligen Bereich – pro Werkzeug. Um Simulation und Realität einander weiter anzunähern, sind akkurate Materialdaten erforderlich. Ein Team um Dr. Celalettin Karadogan vom Institut für Umformtechnik (IFU) und Dennis Hoppe am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) arbeitet derzeit gemeinsam an einem Ansatz, um mit möglichst wenig experimentellem und zeitlichem Aufwand solche Daten für die Materialmodelle der Simulationen präzise zu ermitteln.

„Um Umformprozesse zu berechnen, gibt es heute etablierte Modelle für das verwendete Material und etablierte Tools für die Simulation auf der Grundlage dieser Modelle“, erklärt Karadogan. „Das Verhalten des simulierten und des physischen Werkstoffs weichen trotzdem voneinander ab, weil wir für die Materialmodelle zwar physikalische Größen, etwa die Fließspannung, experimentell ermitteln können, diese Messdaten sich dann aber nicht unmittelbar als Größen in das mathematische Modell übertragen lassen.“

Diesen Transfer will Karadogans Team nun mit Hilfe von KI – genauer: eines neuronalen Netzes – leisten. „Wir projizieren während der Materialversuche ein Muster auf unsere Proben, das wir gemeinsam mit den gemessenen Kräften erfassen“, erklärt er. Ein neuronales Netz bekommt die Bilddaten der Muster und die gemessenen Kräfte als Eingangsdaten, um vor diesem Hintergrund die mathematischen Größen des Modells zu suchen. Die mathematischen Größen variiert das Team numerisch, um möglichst viele Materialien abzudecken. „Statt zwei Messwerte pro Versuchsprobe in bisherigen Ansätzen bekommen wir so 1.000 Messwerte pro Probe“, verdeutlicht Karadogan den Unterschied.

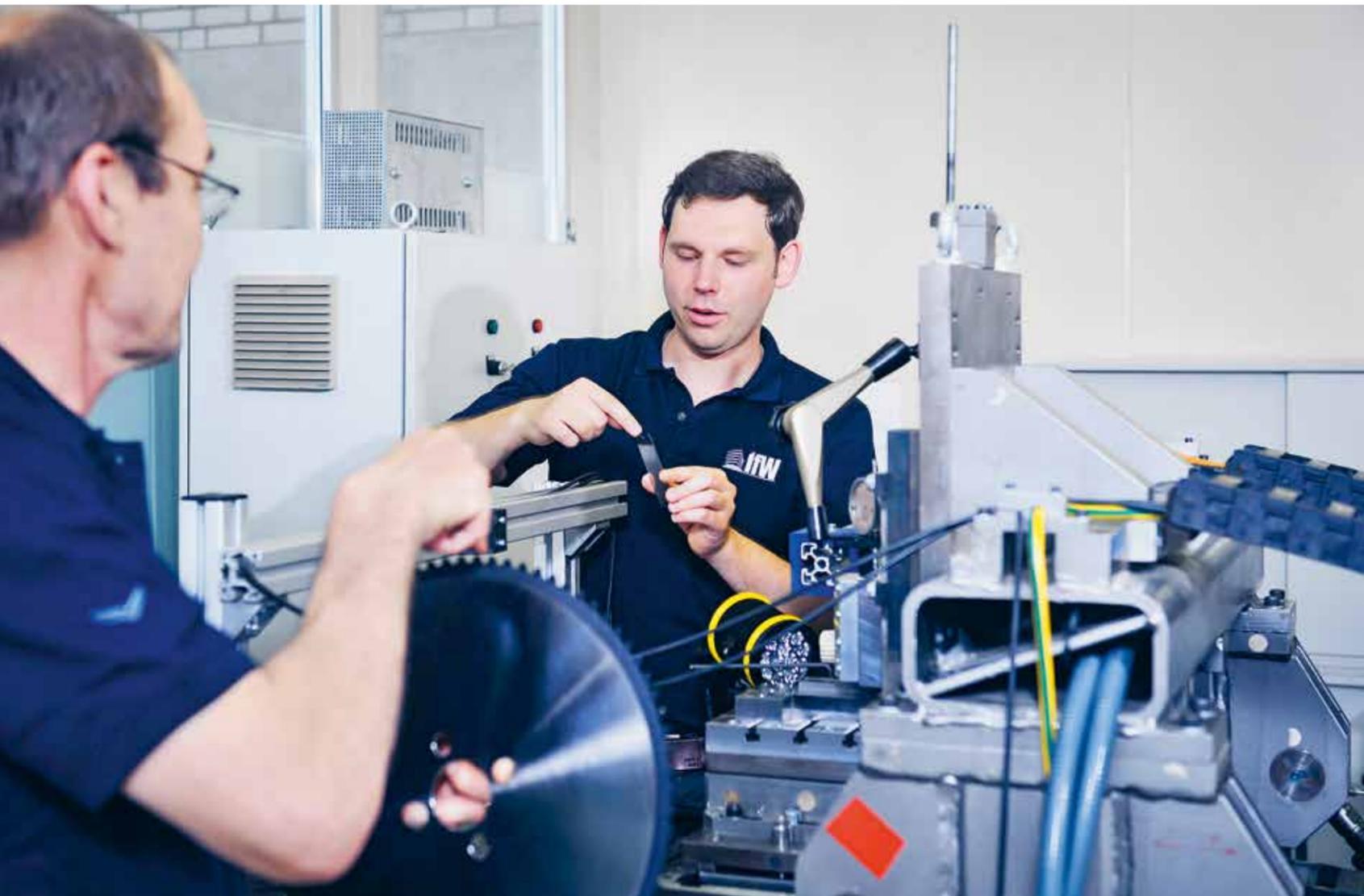
Hierfür muss das neuronale Netz zwei Milliarden Simulationen durchspielen. Da so etwas bei Weitem nicht mehr mit einem konventionellen Rechner zu leisten ist, hat Karadogans Gruppe über das Gauss Centre for Supercomputing 100 Millionen Kernstunden Rechenzeit auf Hawk beantragt, dem Supercomputer des HLRS. Ein Kern ist eine Prozessoreinheit des Supercomputers. In Zusammenarbeit mit dem Team von Dennis Hoppe, Leiter Service Management & Business Processes am HLRS, kombinieren die Wissenschaftler nun Simulationen und KI – ein Zusammenwachsen, das immer häufiger Anwendung in den Datenwissenschaften findet und am HLRS im Rahmen des Projekts CATALYST intensiv erforscht wird. Dass der Ansatz prinzipiell funktioniert, konnten die Beteiligten bereits in einem Vorprojekt zeigen, bei dem fünf Millionen Simulationen als Trainingsdaten für das neuronale Netz dienten. →



Wegweisende KI: Das Verhalten des simulierten und des physischen Werkstoffs weichen stark voneinander ab. Ein neuronales Netz soll Abhilfe schaffen.

KONTAKT

DR. CELALETTIN KARADOGAN Mail: celalettin.karadogan@ifu.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 83903
DENNIS HOPPE Mail: dennis.hoppe@hlrs.de Telefon: +49 711 685 60300



Entscheidendes Wechselspiel: Mitarbeiter des IfW untersuchen das Verhältnis von Materialabtrag und Kühlschmierstoff beim Sägen.



Innovative Ansätze: Bei der Simulation gehen die Forschenden neue Wege, um die Problematik berechenbar zu machen.

Prof. Hans-Christian Möhring

„So eine Simulation für das Sägen ist völliges Neuland. Moderne Rechner stoßen hier an ihre Leistungsgrenzen.“

Smarte Fertigung

TEXT: Michael Vogel

FOTOS: Max Kovalenko

Die industrielle Produktion muss nachhaltiger und effizienter werden. Wie Simulationen und Daten dabei helfen können, erforscht das Institut für Werkzeugmaschinen (IfW).

Ohne Rechenleistung, ohne Messdaten, ohne Modelldaten geht künftig nichts mehr in der Auslegung industrieller Fertigungsprozesse. Die Digitalisierung bietet die Chance, dass Produktionssysteme automatisiert und vernetzt arbeiten. „Dies reduziert den Einsatz von Ressourcen oder steigert die Verfügbarkeit von Maschinen“, sagt Prof. Hans-Christian Möhring, Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen (IfW). Dass dabei auch vermeintlich triviale Dinge wie Kühlschmierstoffe ganz neue Herausforderungen mit sich bringen, verdeutlicht ein Ende 2020 gestartetes IfW-Projekt.

„Nicht nur die Eigenschaften von Material und Werkzeug beeinflussen Produktionsprozesse, sondern zum Beispiel auch die Vorgänge unmittelbar in der Zone, in der ein Werkstück bearbeitet wird“, so Möhring. Bei Bearbeitungsverfahren wie Bohren, Sägen oder Fräsen kommt oft ein Kühlschmierstoff zum Einsatz. Er senkt die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück, zudem führt er Wärme und Späne ab. „Die Dosierung erfolgt bislang meist nach dem Motto ‚Viel hilft viel‘“, sagt Möhring. Laut einer Studie des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) von 2017 haben die Kühlschmierstoffe mit 8 bis 17 Prozent einen erheblichen Anteil an den Gesamtkosten der Produktion. Die Kosten entstehen vor allem bei der Entsorgung.

„Wir simulieren nun in einem Projekt anhand eines Sägeprozesses das Wechselspiel zwischen Materialabtrag und Kühlschmierstoff“, sagt Möhring. „So wollen wir ermitteln, wie wir einen langsamen Verschleiß des Werkzeugs bei gleichzeitiger Verwendung von möglichst wenig Kühlschmierstoff erreichen können.“ Erforderlich ist hierfür eine sogenannte Multiphysik-Simulation, bei der sowohl die mechanischen als auch die strömungsmechanischen Vorgänge im Sägeprozess unter Berücksichtigung der Erwärmung betrachtet werden. Das Projekt ist Teil eines Schwerpunktprogramms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). „So eine Simulation für das Sägen ist völliges Neuland“, sagt Möhring, „moderne Rechner stoßen hier an ihre Leistungsgrenzen.“ Es seien daher neue Ansätze bei der Modellierung nötig, um das Problem überhaupt berechenbar zu machen. Zudem wird das IfW-Team auf die Kapazitäten des Hochleistungsrechenzentrums Stuttgart (HLRS) zurückgreifen müssen.

SELBSTOPTIMIERUNG VON TIEFBOHRPROZESSEN

Simulationen spielen auch in einem weiteren IfW-Projekt eine Rolle, bei dem man das zunächst gar nicht erwarten würde: Es geht um die autonome Selbstoptimierung von Tiefbohrprozessen. Beim Tiefbohren ist die Bohrtiefe sehr viel größer als der Durchmesser der Bohrung. „Der Prozess spielt bei Kühl- und Schmierkanälen eine Rolle oder auch bei Bohrungen, in denen zum Beispiel ein Kolben laufen soll“, erklärt Möhring. „In einer Hydraulik oder in den Hochdruckkomponenten einer Motor-Einspritzanlage dürfen solche Bohrungen keine Risse oder Kerben an der Oberfläche haben, sonst kann das Bauteil versagen.“ Zu solchen Defekten kommt es jedoch, wenn etwa die Temperatur in der Bohrung zu hoch oder der Vorschub zu groß war. Heikel sind solche Bohrungen auch, weil sie erst spät in der Fertigungskette erfolgen, wenn das Bauteil bereits einen sehr hohen Wert hat. Ein Schaden durch das Tiefbohren ist also immer teuer. →

→ „Wir wollen ein Bohrsystem entwickeln, das aufgrund der Zustände in der Wirkzone den Prozess selbstständig optimiert und so die maximale Qualität erreicht“, sagt Möhring. Allerdings ist diese Wirkzone, sozusagen die vorderste Front der Bohrung, nicht unmittelbar für Sensoren zugänglich. „Daher haben wir ein Bohrwerkzeug entwickelt, in das Sensoren für Temperatur und Beschleunigung integriert sind. Zudem erfassen wir am Bohrgestänge die auftretenden Kräfte für Vorschub und Drehmoment.“ Doch daraus lassen sich nicht unmittelbar die geeignete Dreh- und Vorschubgeschwindigkeit des Bohrsystems ableiten. „Vielmehr müssen wir den Zerspanungsprozess simulieren und diese Simulation dann als Bindeglied zwischen den Sensordaten und dem Geschehen am Werkstück nutzen, um den Tiefbohrprozess so zu regeln, dass alle Werte innerhalb der Toleranzgrenzen bleiben“, erklärt Möhring. Diesen Ansatz erarbeitet das IfW-Team ebenfalls im Rahmen eines DFG-Schwerpunktprogramms. →

DIGITALES HOLZLABOR

Ein Versuchsfeld für Studierende und Unternehmen

Das Institut für Werkzeugmaschinen (IfW) digitalisiert seinen Maschinenpark zur Holzbearbeitung. „Wir wollen demonstrieren, wie sich Daten aus Prozessen, Maschinen und Werkzeugen nutzen lassen, um eine Produktion zu verbessern“, sagt Kamil Güzel, Leiter Holzbearbeitung am IfW. Zum Labor gehören Drei- und Fünf-Achs-Bearbeitungszentren, Automaten zum Hobeln und Kehlen, verschiedene Sägen, eine Schleifmaschine, ein Industrieroboter und ein Abricht-hobel. „Es ist die typische Ausstattung eines mittelständischen Möbelbauers“, so Güzel. Einige Maschinen sind wenige Jahre alt, andere Jahrzehnte, und sie stammen von verschiedenen Herstellern. „So zeigen wir, dass eine Digitalisierung auch im Bestand umsetzbar ist.“ Für die Sensorik und Datenzusammenführung ist der Elektrotechnikkonzern Schneider Electric mit an Bord, für das Datenmanagement und die Cloud-Anbindung die Firma Tapio.

Typische Anwendungsszenarien, die die Beteiligten demonstrieren wollen, sind die vorausschauende Wartung von Maschinen, die Optimierung von Werkzeugstandzeiten und der Einsatz von KI, die Verbesserungspotenziale für Entwicklung und Produktion identifizieren soll. Zudem ist eine Augmented-Reality-Anwendung in Vorbereitung, um jemandem, der sich in die Maschinen einarbeitet, kontextbezogenen Informationen in eine Datenbrille einblenden zu können. „Einen Prototyp auf der Basis eines Tablets haben wir bereits“, so Güzel.

Ab dem Sommersemester 2022 werden Master-Studierende im digitalen Holzlabor Praktika absolvieren. Noch dieses Jahr laufen zudem die Informationsveranstaltungen für kleine und mittlere Unternehmen an: „Online und vor Ort sollen sich Interessierte darüber informieren können, was durch eine digitale Nachrüstung möglich wird“, sagt Güzel.

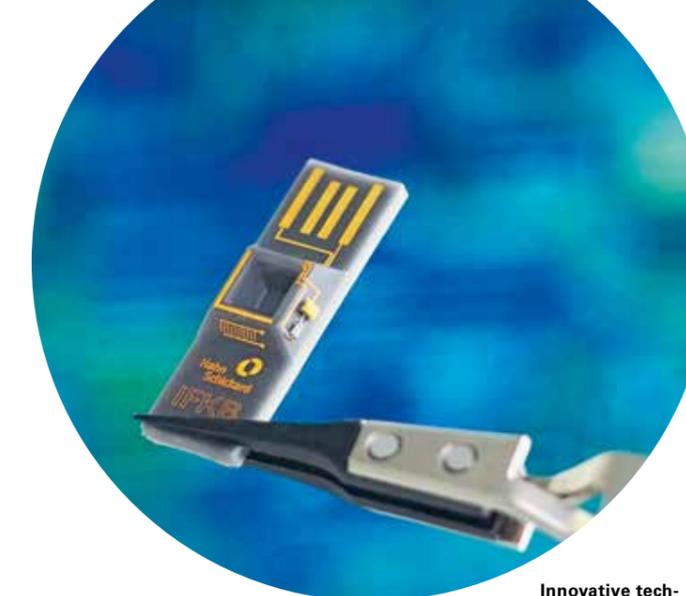
Kamil Güzel

„Wir wollen demonstrieren, wie sich Daten aus Prozessen, Maschinen und Werkzeugen nutzen lassen, um eine Produktion zu verbessern.“

KONTAKT

PROF. DR. HANS-CHRISTIAN MÖHRING
Mail: hc.moehring@ifw.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 83773

KERAMIK STATT KUNSTSTOFF



TEXT: Michael Vogel

Technische Keramiken als Material für Gehäuse werden Teil moderner Mikrosysteme.

Innovative technische Keramiken: 3D-Schaltungsträger

Die besten elektronischen und mikromechanischen Bauteile werden nutzlos, wenn sie nicht ausreichend vor Umwelteinflüssen geschützt sind. Erst durch das passende Gehäuse funktionieren sie zuverlässig, auch über ihre ausgewiesene Lebensdauer hinweg. Oft bestehen solche Gehäuse aus Kunststoff, denn der ist einfach zu verarbeiten, günstig und leicht. Um Kosten und Gewicht weiter einzusparen, sind Hersteller bestrebt, mit möglichst wenigen Prozessschritten diese schützenden Hüllen selbst zu funktionalisieren. Damit wird das Gehäuse zum Schaltungsträger. Ein Beispiel dafür sind Smartphones, in deren Gehäuse-Innenwänden Antennen integriert sind.

Doch während integrierte Kunststoffgehäuse bei Konsumgütern meist ausreichen, stoßen sie in anderen Bereichen an ihre Grenzen. „In Fahrzeugen gibt es immer mehr Leistungselektronik, und in der Medizintechnik müssen winzige Systeme auf engstem Raum unterkommen“, sagt Dr. Thomas Günther. „Die dabei entstehende Abwärme lässt sich bei Gehäusen aus Kunststoffen nicht mehr ausreichend abführen. Gleichzeitig kommen womöglich die formgebenden 3D-Gehäuse mechanisch an ihre Stabilitätsgrenzen.“ Günther ist stellvertretender Leiter des Instituts für Mikrointegration (IFM) der Universität Stuttgart. Gemeinsam mit dem Institut für Fertigungstechnologie keramischer Bauteile (IFKB) und der Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung (Hahn-Schickard) entwickelt das IFM daher Alternativen zu Schaltungsträgern aus Kunststoff: elektronisch funktionalisierte technische Keramiken.

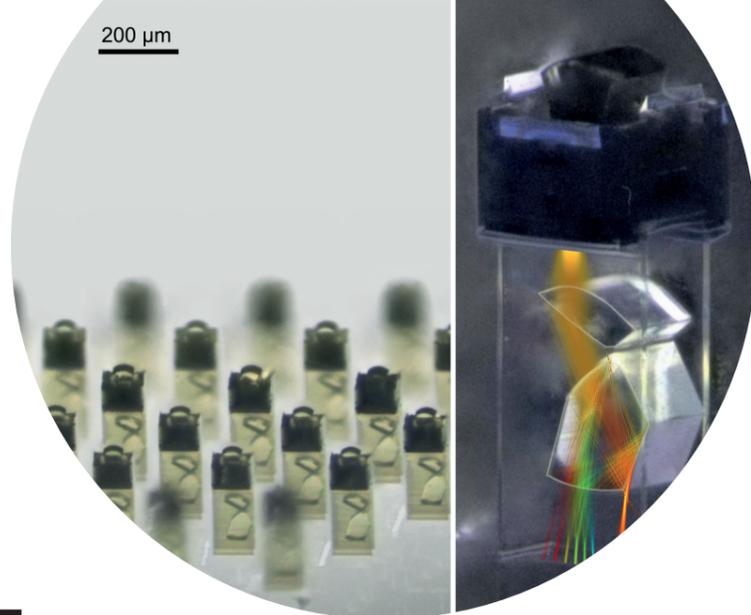
Dies sind Materialien, mit denen man im Alltag selten in Berührung kommt. Oft handelt es sich um Metalloxide, die sich spritzgießen lassen – eine gute Voraussetzung, um dreidimensionale Bauteile von hoher Komplexität in großer Stückzahl herzustellen. „Das IFKB entwickelt im Rahmen dieser Kooperation auf der Basis von Aluminiumoxid neue Materialmischungen, die sich für solche Gehäuse eignen“, erläutert Günther. Diese technischen Keramiken zeigen über einen breiten Temperaturbereich hinweg gute mechanische Eigenschaften. Zudem leiten sie Wärme ab, reagieren nicht chemisch mit ihrer Umgebung und lassen sich hermetisch abdichten. Doch um Leiterbahnen zu erzeugen, müssen sich die Keramiken mittels Laser aktivieren und anschließend selektiv metallisieren lassen. Diese Prozessschritte erforscht das IFM detailliert.

„Die beiden Institute der Universität zeigen die prinzipielle Machbarkeit des Verfahrens. Doch für eine industrielle Umsetzung muss der Prozess fertigungstauglich sein und mit viel günstigeren Laserquellen zuverlässig funktionieren“, sagt Günther. „Dieser Transfer ist die Aufgabe von Hahn-Schickard.“ So sind die keramischen 3D-Schaltungsträger auf dem Weg, sich zur idealen Basis für moderne Mikrosysteme zu entwickeln. →

KONTAKT

DR. THOMAS GÜNTHER Mail: thomas.guenther@ifm.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 83713

Komplexer Winzling: Das am Institut für Technische Optik (ITO) entwickelte und im 3D-Druck produzierte Spektrometer hat eine Grundfläche von nur 0,1 mal 0,1 Millimeter.



WENIG PLATZ, VIEL POTENZIAL

TEXT: MICHAEL VOGEL

Der 3D-Druck schafft neue Freiheiten bei der Entwicklung von Mikrooptiken, die zum Beispiel in der Medizintechnik benötigt werden. Ein bestimmtes 3D-Druckverfahren bietet besonders große Chancen.

So wie in der Mikroelektronik, schrumpfen auch in der Optik die Bestandteile immer weiter. War ein Kameraobjektiv früher faustgroß, bringt es ein Smartphone-Objektiv heute noch auf einige Millimeter Durchmesser. Die damit gemachten Bilder beeindrucken trotzdem. Und diese Miniaturisierung ist noch lange nicht zu Ende. Gerade in der Medizintechnik, in der Messtechnik und in der Robotik müssen Optiken zu Mikrooptiken werden, damit das volle Potenzial künftiger Anwendungen ausgeschöpft werden kann. Damit zum Beispiel ein Operationsteam noch während des Eingriffs entscheiden kann, wie weit es einen Tumor entfernen muss, bedarf es eines Endoskops mit einer ausgeklügelten Mikrooptik. In einer automatisierten Landwirtschaft wiederum könnten mit Mikrooptiken ausgerüstete Drohnen dazu beitragen, dass die Unkrautvernichtung sehr gezielt und dadurch umweltschonender erfolgt.

STRUKTUREN KLEINER ALS EIN MIKROMETER MÖGLICH

Wie viel Komplexität und Funktionalität sich auf minimalem Raum in einer Mikrooptik unterbringen lassen, das untersucht Andrea Toulouse in ihrer Doktorarbeit. Die Physikerin forscht im Team von Prof. Alois Herkommer, dem Leiter des Instituts für Technische Optik (ITO) an der Universität Stuttgart. Zur Herstellung geeigneter Optiken nutzt Toulouse ein spezielles 3D-Druckverfahren, das Zwei-Photonen-Laserdirektschreiben heißt: „Das Prinzip wurde in den 1990er-Jahren erstmals demonstriert, inzwischen erscheinen wissenschaftliche Publikationen zu diesem Verfahren im Wochenrhythmus.“ →

→ Beim Zwei-Photonen-Laserdirektschreiben härtet ein lichtempfindlicher Lack im Brennpunkt eines Laserstrahls aus. Auf diese Weise lassen sich nach und nach dreidimensionale Strukturen erzeugen, die nahezu beliebig komplex sein können. „Da die photochemische Reaktion des Lacks nur im winzigen Brennpunkt des Laserstrahls abläuft, können wir sehr feine Strukturen erzeugen, die deutlich kleiner als ein Mikrometer sind“, erläutert Toulouse.

Welche Möglichkeiten sich so eröffnen, verdeutlicht die Entwicklung eines winzigen monolithischen Spektrometers. Die Ergebnisse aus dem Projekt veröffentlichte das ITO-Team 2021 gemeinsam mit der Gruppe um Prof. Harald Gießen vom 4. Physikalischen Institut. Beide Institute arbeiten bereits seit 2015 im Stuttgarter Forschungsverbund SCoPE (Stuttgart Research Center of Photonic Engineering) erfolgreich zusammen an der Entwicklung von Mikrooptiken. Die Projekte werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, der Baden-Württemberg Stiftung, dem Europäischen Forschungsrat, dem baden-württembergischen Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, der Universität Stuttgart sowie der Vector Stiftung gefördert.

Ein Spektrometer liefert Informationen über ein Objekt bei verschiedenen Wellenlängen. Man kann sich das so vorstellen, als ob das eintreffende Licht durch verschiedene Filter erfasst wird, aber eben simultan. Das maßgeblich von Toulouse entwickelte Spektrometer hat eine Grundfläche von nur 0,1 mal 0,1 Millimeter und ist 0,3 Millimeter lang. Ein Winzling – und trotzdem stecken in ihm fünf teilweise komplex geformte optische Elemente, außerdem Blenden und mechanische Halterungen. All das ist durch Zwei-Photonen-Laserdirektschreiben entstanden.

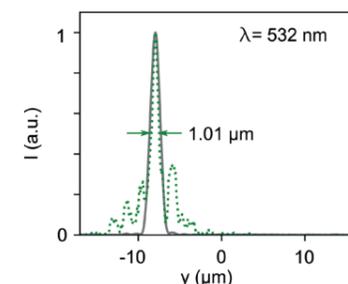
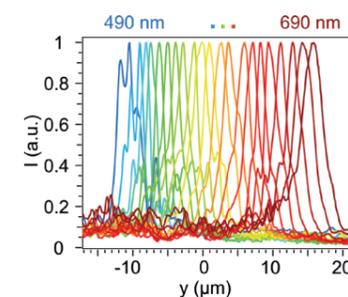
Die in der Wissenschaft bekannten Spektrometer mit einer vergleichbaren Funktionsweise haben eine Grundfläche, die mindestens 100-mal größer ist als das Stuttgarter Spektrometer. Zwar gibt es auch Spektrometer, die ähnlich klein sind wie die Stuttgarter Entwicklung, doch diese funktionieren anders und müssen daher aufwendiger kalibriert werden.

ZUNEHMENDES INTERESSE IN DER INDUSTRIE

Mikrooptiken entstehen heute oft im Spritzgussverfahren aus Kunststoffen, zum Beispiel die industriell gefertigten Kameralinsen der Smartphones. „Das ist schneller und bei großen Stückzahlen günstiger als im 3D-Druck“, sagt Toulouse. „Doch wenn es um Prototypen, Einzelstücke oder Kleinserien geht, ist der 3D-Druck im Vorteil, weil sich die hohen Kosten für die Spritzgusswerkzeuge in diesen Fällen nicht amortisieren würden.“ Gerade das Zwei-Photonen-Laserdirektschreiben hat zudem den Vorteil, dass sich die Geometrie der Optiken viel freier wählen lässt und das nachträgliche Zusammenfügen der Einzelkomponenten zu einem Gesamtsystem entfällt.

„Der Druck des Spektrometers hat knapp zwei Stunden gedauert“, sagt Toulouse. „Grundsätzlich gilt beim Zwei-Photonen-Laserdirektschreiben die Faustregel: Ein ganzer Zyklus dauert 24 Stunden.“ Ein Zyklus, das ist die Abfolge aus optischem und mechanischem Design, der Aufbereitung der Daten für den Druck, dem eigentlichen Druck und der anschließenden messtechnischen Überprüfung der Optik. Während andere 3D-Druckverfahren auch noch erfordern, dass die optischen Flächen poliert werden, ist dies beim Zwei-Photonen-Laserdirektschreiben unnötig.

Angesichts des Potenzials ist es kein Wunder, dass das Verfahren allmählich auch für die Industrie interessant wird. Im Jahr 2020 gründeten daher die ITO-Mitarbeiter Simon Thiele und Nils Fahrback die Firma Printoptics aus. Das Start-up arbeitet bereits in Pilotprojekten mit ersten Kunden zusammen. →



Simultane Erfassung:
Ein Spektrometer liefert Informationen über die Zusammensetzung der Wellenlängen eines Objekts.

KONTAKT

PROF. DR. ALOIS HERKOMMER
Mail: herkommer@ito.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 69871

ADVANCED MANUFACTURING IN ZAHLEN

Warum braucht die Welt advanced Manufacturing? Diese Frage stand am Anfang der Planung für diese Ausgabe von „forschung leben“, und einer der beteiligten Professor*innen antwortete spontan: „Was wäre sie ohne?“

Tatsächlich hat advanced Manufacturing eine lange Tradition – auch an der Universität Stuttgart. Mit den Jahren hat das Fachgebiet freilich eine grundlegende Transformation erfahren. Stand der Begriff zunächst für die wandelbare Fabrik, so verknüpft advanced Manufacturing heute 3D-Druck, Digitalisierung, Automatisierung, Chemie und Biotechnologie. Konsequenterweise umgesetzt, hat diese Verbindung das Potenzial, die Welt der industriellen Fertigung grundlegend zu revolutionieren. Nicht nur alle Bereiche der Produktion und der Wertschöpfungsketten, sondern auch die Arbeitswelt, ja die ganze Gesellschaft sind davon erfasst.

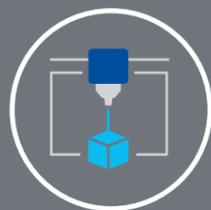
**12,6
Milliarden**

US-Dollar umfasste der weltweite Markt für additive Fertigung nach Zahlen der Online-Plattform 3D-Hubs im Jahr 2020.

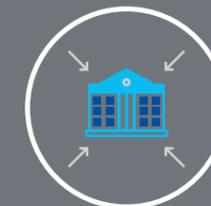


30 %

Mit einer Wachstumsrate von mehr als 30 Prozent rechnet das Bundesforschungsministerium in den kommenden Jahren für die additive Fertigung. Kommen beim 3D-Druck derzeit vor allem Kunststoffe zum Einsatz, dürften künftig metallische Materialien das Marktwachstum ankurbeln.



12 Institute aus vier Fakultäten arbeiten im Produktionstechnischen Zentrum Stuttgart derzeit zusammen – und es sollen noch mehr werden.



467

Der Sonderforschungsbereich SFB 467 (Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion) an der Universität Stuttgart leistet seit 1997 wegweisende Grundlagenforschung auf dem Gebiet advanced Manufacturing.

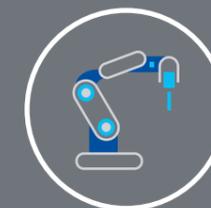


2008

ging mit der „Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering“ (GSaME) eines der zwei ersten Exzellenzprojekte der Universität Stuttgart an den Start. Die Idee der GSaME ist die nachhaltige Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen des Advanced Industrial Engineering und eine interdisziplinäre Spitzenausbildung von Manager*innen, Ingenieur*innen und Wissenschaftler*innen.



42 Institute sind in den Fachbereichen Energie-, Verfahrens-, Bio-, Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik an der Universität Stuttgart vereinigt. Verteilt auf zwei Fakultäten bilden sie einen der größten Maschinenbau-Schwerpunkte in Deutschland.



Neuartige Navigation:
Prof. Nejila Parspour und
Doktorand Javier Stillig
vom Entwicklungsteam von
„Scooty Inductive“



D R A H T
L O S E R
W A R E N
S T R O M

TEXT: Daniel Völpel
FOTOS: Uli Regenscheit

Weil der Markt immer mehr individualisierte Produkte verlangt, muss die industrielle Fertigung flexibler werden. Dabei geraten starre Systeme an Grenzen. Eine Lösung für dieses Problem kurvt über den Forschungscampus ARENA2036 an der Universität Stuttgart: das Transportfahrzeug „Scooty“.



Genormte Größe:
Kleinladunsträger,
wie „Scooty“ sie
transportiert, sind
in der Produktions-
logistik häufig zu
finden.

Es ist nur 60 mal 40 Zentimeter groß und bietet doch Antworten auf große Herausforderungen: ein im Rahmen des Projekts „Scooty Inductive“ von einem interdisziplinären Team der Universität Stuttgart entwickeltes fahrerloses Transportfahrzeug. Im Vergleich zu anderen Modellen weist „Scooty“ gleich mehrere Neuerungen auf. Das Fahrzeug ist nicht nur flächenbeweglich, kann also in beliebigen Winkeln fahren und sich auf der Stelle drehen. Im Zusammenspiel mit einem speziellen Doppelboden versorgt es sich mittels induktiver Energieübertragung mit dem benötigten Strom. Das spart den Platz für Akkus ein, Ladepausen entfallen. Wenn Produktionseinrichtungen in Zukunft modular auf- und immer wieder umgebaut werden, kann der Transporter darauf problemlos reagieren und sich neue Wege suchen.

Die Idee dazu entstand, als Fachleute zweier verschiedener Disziplinen auf dem Forschungscampus ARENA2036 miteinander ins Gespräch kamen: Das Team des Instituts für Elektrische Energiewandlung (IEW) um Direktorin Prof. Nejila Parspour forscht unter anderem zur kontaktlosen Energieübertragung. Mit der wandelbaren Produktionslogistik befassen sich derweil die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Institut für Förder-technik und Logistik (IFT). „Wir sehen vermehrt fahrerlose Transportfahrzeuge in der Intralogistik, weil die Hersteller Flexibilität in ihren Prozessen suchen“, sagt IFT-Leiter Prof. Robert Schulz. „Wenn man verschiedenste Produkte in einer Fertigungsanlage produzieren will, sind solche Transportfahrzeuge ideal, da man eine flexible Teileversorgung statt starrer Förderanlagen benötigt.“ Weil diese Fahrzeuge Steuerung, Navigation und Ortung bräuchten, müssen sie mit Energie versorgt werden. „Hier sind wir mit dem IEW zusammgekommen, weil induktives Laden in diesem Fall sinnvoll ist.“

RÄDER VON ELEKTOROLLERN

Innerhalb von nur einem Jahr und mit einer finanziellen Unterstützung durch die Universität Stuttgart in Höhe von knapp 50.000 Euro stellten die Partner den ersten „Scooty“ auf die Räder – die übrigens als Namensgeber des Systems dienen: Auf der Suche nach geeigneten Rollen erwiesen sich angetriebene Räder von Scootern – also Elektrorollern – als ideal. Das Team baute sie für das Modell in einzelne, um 320 Grad drehbare Fahr-Lenk-Module ein.

Bereits vor 15 Jahren habe sie die Vision formuliert, dass man in der Produktion kleine, flinke Roboter brauche, die in alle Richtungen fahren können, berichtet Nejila Parspour. „Doch wie lässt sich die Energieversorgung gewährleisten, wenn man das magnetische Feld überall benötigt? Jetzt kommen wir dem Ziel näher, diese beweglichen Fahrzeuge mit Energie zu versorgen, ohne dass dies gleichzeitig für den gesamten Boden gelten muss. Das Besondere ist dabei die Modularität, die wir realisiert haben.“ →



Links: Gemeinsame Herausforderungen: Prof. Robert Schulz, Leiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik (I.), mit Carolin Brenner und André Colomb

Rechts: Laufende Optimierung: Einblick ins Innenleben von „Scooty“



Carolin Brenner

„Die Navigation anhand der Spulensignale war eine große Herausforderung.“

→ Denn der Doppelboden besteht aus 60 mal 60 Zentimeter großen Platten, in denen jeweils fünf Spulen mit 500 Watt Leistung sitzen, wie Doktorand Javier Stillig erklärt. Nach ersten Tests im Labor hat das Team inzwischen 30 Spulen gefertigt und dazu die weichmagnetischen Werkstoffe entwickelt. Anschließend wurden die Magnetkerne gegossen, denn auf der Rückseite der Spulen benötigt man einen magnetischen Leiter, der das Feld schließt, so Stillig. Damit geht das Verfahren in den Probebetrieb. Durch das Doppelsystem könnte der Boden die Hallen der Industrie 4.0 zudem mit Wasser, Druckluft, Betriebsstoffen oder Strom für Maschinen und Werkzeuge versorgen. Für Fahrzeuge enthält er Navigations- und Ortungselemente. „Mit den neuen Möglichkeiten des Doppelbodens habe ich einen Überblick, wo sich meine Fahrzeuge in welcher Situation befinden, und kann zum Beispiel für nicht einsehbare Abschnitte in der Werkshalle Sicherheitskonzepte aufbauen“, so IFT-Leiter Robert Schulz.

Bewusst hat sich die Gruppe für ein Fahrzeug mit dem Kleinladungsträgermaß entschieden, betont André Colomb, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IFT. Mit seiner Größe kann „Scooty“ genormte Kleinladungsträger, wie sie in der Produktionslogistik weit verbreitet sind, huckepack nehmen. „In dieser Größenklasse gibt es nicht viele omnidirektionale Fahrzeuge. Die Flächenbeweglichkeit bei dieser Ladungsträgergröße umzusetzen, war die Herausforderung.“ Denn neben dem Antrieb mussten die Ladespulen, die Steuerung und die Sensorik untergebracht werden. Größer bauen könne man das System nun einfach, indem man beliebig viele Räder an ein beliebig großes Chassis montiert.

EINE GANZ NEUE ART DER STEUERUNG

„Die Navigation anhand der Spulensignale war ebenfalls eine große Herausforderung“, erklärt Carolin Brenner, wissenschaftliche Mitarbeiterin am IFT. „Der Boden gibt die Navigation vor, indem er einzelne Platten einschaltet und das Fahrzeug mit den induktiven Signalen leitet – was sonst eine Leitsteuerung übernimmt. Sensoren im Fahrzeug messen die induktiven Signale des Bodens und ‚Scooty‘ fährt diesen hinterher. Das ist eine neue Art, in der Intralogistik die Steuerung der Fahrzeuge zu gestalten.“

Je nach Größe des Fahrzeugs könne man mehrere Module gleichzeitig nutzen und so unterschiedlich starke Leistungen übertragen, sagt Javier Stillig. „Wenn wir mehrere Module zusammenschalten, entsteht ein Parallelbetrieb, sodass wir auf einer Fläche von einem →

André Colomb

„In dieser Größenklasse gibt es nicht viele omnidirektionale Fahrzeuge.“

→ Quadratmeter rund sechs oder acht Kilowatt Leistung zur Verfügung stellen können.“ Der „Scooty“-Prototyp verfügt zusätzlich über einen 18-Volt-Akku. „Diesen kann man nutzen, wenn man schwierige Stellen überfahren will, an denen man vielleicht den Boden nicht verändern möchte“, erläutert Parspour. Man könne aber auch ohne Akku fahren, wenn überall Versorgung vorhanden sei.

Damit dies in Zukunft noch einfacher und günstiger möglich wird, forscht die Wissenschaftlerin an weiteren Grundlagen: „In einer Kooperation mit der Stanford University wollen wir in sehr hohe Frequenzen gehen – höher als das, was man bisher nutzt“, berichtet Parspour. „Das hätte den Vorteil, dass wir nicht mehr einzelne Spulen aufbauen müssten, die Wicklungen im 3D-Verfahren drucken und damit die Leistungselektronik viel kleiner bauen könnten.“ Auch für „Scooty Inductive“ hat Parspour eine weitere Vision. „Als Wissenschaftlerin, die sich tagtäglich mit effizienter Energiewandlung beschäftigt, hasse ich es, wenn Energie in Wärme umgewandelt wird, weil diese häufig ungenutzt bleibt. Deshalb versuchen wir permanent, den Wirkungsgrad zu erhöhen. Bei intelligenten, miteinander kommunizierenden Fahrzeugen könnte eines beim Bremsen die Energie an ein anderes abgeben, das gerade beschleunigt“, skizziert Parspour. „Induktive Ladesysteme ermöglichen es schließlich, dass man die Energie in zwei Richtungen fließen lässt.“ →

KONTAKT

PROF. DR. NEJILA PARSPOUR Mail: info@iew.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 67818

PROF. DR. ROBERT SCHULZ Mail: robert.schulz@ift.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 83771

Anzeige

LS-DYNA and more

Die DYNAmore GmbH ist einer der weltweit größten Distributoren der Simulationssoftware LS-DYNA. Neben dem gesicherten und qualifizierten Support in allen Einsatzbereichen der Softwarepakete LS-DYNA und LS-OPT sind FEM-Berechnungsdienstleistungen sowie allgemeine Beratung in allen Fragen der Strukturmechanik Teil unseres umfassenden Serviceangebots.

Ein besonderer Service sind die Leistungen des Material Competence Center (MCC). Das MCC liefert Werkstoffdaten bis in den Schädigungs- und Versagensbereich. Beginnend bei der Versuchsdurchführung bis hin zur Auslieferung einer für die spezielle Kundenanwendung kalibrierten Werkstoffkarte.

DYNAmore GmbH • info@dynamore.de • +49 (0)711 – 45 96 00-0 • www.dynamore.de

Stuttgart • Dresden • Ingolstadt • Berlin • Braunschweig • Langlingen • München • Zürich (CH) • Linköping (S) • Göteborg (S) • Turin (I) • Versailles (F) • Dublin, Ohio (USA)

Wandelbare Werkzeuge

Textile Preform: ein Vorförmling aus Kohlefasertextil, wie es das Projekt verwendet.

TEXT: Daniel Völpel

Schnell anpassbar soll es sein und eine ständige Beobachtung durch Sensoren ermöglichen: Das neue Produktionsverfahren, das ein Projekt des Forschungscampus ARENA2036 entwickelt, könnte so Ressourcen schonen und Herstellungskosten reduzieren.

Metallische Werkzeuge für die Fertigung sind teuer zu produzieren und selbst bei kleinen Änderungen am Werkstück oft nicht mehr verwendbar. Erheblich günstiger für die Produktion, insbesondere von kleinen Stückzahlen, wären Werkzeuge, die man ständig neu anpassen kann. Solch einen Ansatz, der formadaptive Werkzeugsysteme und die Auswertung von textiler Sensorik nutzt, haben Forschende des Instituts für Flugzeugbau (IFB) der Universität Stuttgart gemeinsam mit Industriepartnern und weiteren Hochschulen entwickelt.

Ein Batteriegehäuse ist eines der ersten Bauteile, das mit dem neuartigen Fertigungsverfahren entstehen soll, erklärt Doktorand Michael Liebl. Er ist IFB-Projektleiter für das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit zwei Millionen Euro geförderte Vorhaben „Digital-rekonfigurierbare Fertigung von Faserverbundbauteilen in einer resilienten Produktionsumgebung“ (DIREKT). Gut eineinhalb Jahre nach dem Start des Fokusprojekts des Forschungscampus ARENA2036 an der Universität Stuttgart stehe man kurz vor den ersten experimentellen Versuchsreihen, berichtet Liebl.

GESAMTE GEOMETRIE VERÄNDERBAR

Um Bauteile aus kohlefaserverstärkten Verbundwerkstoffen (CFK) flexibel produzieren zu können, setzt DIREKT an mehreren Punkten an: So steuert der Industriepartner →

→ Cikoni GmbH seine Dynapixel-Technologie bei. Mit dieser ist ein Werkzeug, in das die Fasern eingelegt werden und so ihre Form zum Aushärten erhalten, nicht mehr starr. Vielmehr besteht es aus zahlreichen abgerundeten und höhenverstellbaren Metallstiften, sodass man die gesamte Geometrie des Werkzeugs verändern kann.

Ergänzt wird das System durch einen textilen Dehnungssensor, den die Flugzeugbauer zusammen mit der Forschungsgruppe Innovative Anwendungen der Drucktechnik der Stuttgarter Hochschule der Medien erarbeitet haben. Da der Sensor derzeit nur einmal verwendbar ist, sollte er einfach und günstig zu produzieren sein. „Dazu wird im Siebdruckverfahren Silberleitpaste auf eine dehnbare Folie gedruckt“, erklärt Liebl. „Der Abstand der Silberpartikel bestimmt das Widerstandsverhalten, woraus man die Dehnung bestimmen kann.“

Mithilfe des Sensors auf dem Werkstück lasse sich während des Umformprozesses verfolgen, ob Grenzwerte überschritten werden. Zwar kann man die Werkzeuggeometrie während einer Umformung nicht verändern, da diese nur 30 bis 50 Sekunden dauert. „Aber bei Problemen lässt sich die Form für das nächste Werkstück anpassen“, so Liebl. Zudem kann man während der Formgebung etwa über die Temperatur oder die Niederhalter eingreifen, die das Textil rundum auf dem Werkzeug fixieren. Dazu hat das Team

ein segmentiertes Niederhaltersystem mit 28 Einzelstempeln entwickelt. Diese ersetzen den sonst verwendeten starren Rahmen. Langfristiges Ziel sei es, Sensoren aus dem aktiven Herstellungsprozess auch im Lebenszyklus eines Bauteils zu nutzen, etwa um Vibrationen oder Schädigungen zu messen, erklärt Florian Helber, Forschungsgruppenleiter Faserverbundtechnologie am IFB. Dies sei allerdings noch nicht Schwerpunkt des Projekts.

Inzwischen befindet sich DIREKT auf der Hälfte des Weges, berichtet Liebl: „Das System ist vorbereitet, programmiert und vor Ort aufgebaut. Wir werden die Sensorik aufbringen und schauen, wo man sie sinnvoll einsetzen kann und wie sie sich mit dem Material verhält.“ Denn das Tapegelege aus Kohlefasern, das die Projektpartner M&A Dieterle GmbH und Kejora GmbH bereitstellen, wird bislang in der Umformtechnik kaum genutzt.

PRODUKTIONSKOSTEN HALBIEREN

Die Steuerungselektronik und die Auswertung der Daten übernimmt der Sensor- und Automatisierungsspezialist Balluff GmbH, ebenfalls Projektpartner. Am Ende soll DIREKT aufzeigen, wie sich aus den digitalen Daten eines Bauteils mittels des anpassbaren Werkzeugs, Legerobotern für die Textilien und der Sensorik reale CFK-Bauteile fertigen lassen. Die Produktionskosten, insbesondere für kleine Stückzahlen, könnten so um die Hälfte sinken.

Die Produktionsdaten des Batteriebehälters hat ein ARENA2036-Schwesterprojekt bereits übermittelt. Zudem arbeitet das DIREKT-Team eng mit dem Partnerprojekt „Global Innovation Linkage“ an der Swinburne University of Technology in Melbourne zusammen. Es beschäftigt sich mit der automatisierten Faserverbund-Fertigung für große Stückzahlen und baut dazu ein innovatives Forschungszentrum. In dieser industriennahen Anlage wollen die Stuttgarter unter anderem ihre Sensorik testen. →



Veränderbare Geometrie: Dafür nutzt das Team die Dynapixel-Technologie des Partners Cikoni GmbH.

DIREKT:

Digital-rekonfigurierbare Fertigung von Faserverbundbauteilen in einer resilienten Produktionsumgebung



Auf dem Drapierteststand wird das Textil in 3D-Form gebracht.

KONTAKT

MICHAEL LIEBL Mail: liebl@ifb.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 68170

Fotos: Universität Stuttgart/IFB

Personalisiert und



Vielfältige Expertisen: Das Leistungszentrum Mass Personalization eröffnet Partnern einmalige Zugänge, so Prof. Peter Middendorf, Sprecher des Zentrums für die Universität Stuttgart.

TEXT: Bettina Künzler

Unternehmen sollen individualisierte Produkte kosteneffizient herstellen können. Das Leistungszentrum Mass Personalization entwickelt Verfahren und Geschäftsmodelle gemeinsam mit der Industrie.

Individualisierung ist ein Megatrend, der die heutige Gesellschaft entscheidend prägt. Das zeigt etwa die gestiegene Nachfrage nach maßgeschneiderten Produkten oder Dienstleistungen. Wie finden Unternehmen heraus, ob sich eine personalisierte Produktion für sie lohnt? Wie passen sie Produkte oder Dienstleistungen an individuelle Bedürfnisse an und fertigen dennoch kostengünstig?

Das Leistungszentrum Mass Personalization ist eine gemeinsame Initiative der Universität Stuttgart und der Fraunhofer-Institute am Standort Stuttgart. Hier entwickeln Forschende interdisziplinär und branchenübergreifend Methoden, Verfahren, Prozesse, Produktionssysteme und Geschäftsmodelle für personalisierte Produkte. „Mass Personalization“ beinhaltet eine neue, ganzheitliche Ausrichtung der Produktentstehung. Die Nutzenden stehen dabei im Mittelpunkt – und die personalisierten Produkte und Dienstleistungen kosten kaum mehr als Massenware.

„Unsere heutige Fertigungstechnologie ist auf Effizienz getrimmt und basiert vorwiegend auf einer hohen Uniformität von Produkten – das Credo der Massenfertigung. Und diese ist wichtig, denn sie versorgt uns mit kostengünstigen Produkten“, sagt Prof. Peter Middendorf, Sprecher des Leistungszentrums für die Universität Stuttgart. „Eine Personalisierung unter Massenbedingungen braucht also auch neue Fertigungstechnologien.“

SONDERANFERTIGUNGEN FÜR DIE MEDIZINTECHNIK

Um die Grundlagenforschung zu Fabrikations- und Biomaterialtechnologien für personalisierte biomedizinische Systeme zu bündeln, hat die Universität Stuttgart eine Stuttgart Partnership Initiative gegründet, bestehend aus neun universitären Instituten. „Eine →

Prof. Peter Middendorf

„Eine Personalisierung unter Massenbedingungen braucht auch neue Fertigungstechnologien.“



Nutzerzentrierter Ansatz:
Weiterbildung am Leistungszentrum Mass Personalization

preiswert

Fotos: S. 52 Fraunhofer/IPA,
S. 53 Universität Stuttgart

→ personalisierte Medizintechnik ist aus Sicht der Patientinnen und Patienten dringend nötig, denn der Mensch ist kein genormtes Fertigungsstück“, sagt der Sprecher der Initiative, Prof. Günter Tovar.

Personalisierte Medizintechnik verspricht einen langfristigen, nachhaltigen Einsatz in der zukünftigen Gesundheitsversorgung und eine erfolgreiche Therapie. Mehrere Institute der Universität Stuttgart und der Fraunhofer-Gesellschaft forschen gemeinsam zum Beispiel zu individuell angefertigten Korsetten und Knorpelimplantaten. Dr. Okan Avci ist stellvertretender Abteilungsleiter für Biomechatronische Systeme des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA). Er und sein Team entwickeln digitale Netzwerke, Geschäftsmodelle sowie Datensysteme und etablieren digitalisierte Prozesse für die Medizintechnik. Ohne diese ist eine kosteneffiziente Herstellung von personalisierten Produkten nicht möglich.

„In der Medizintechnik braucht es zusätzlich zu den Orthopädietechniker*innen zahlreiche spezialisierte Verantwortliche wie Messtechniker*innen, IT-Expert*innen und Simulationsingenieur*innen, um zum Beispiel ein individuell für eine Patientin oder einen Patienten hergestelltes Skoliose-Korsett auf seine Wirksamkeit und seinen Tragekomfort hin zu analysieren, seine Stabilität zu prüfen und es kosteneffizient herzustellen“, erklärt Avci. Die Arbeit ist sehr zeitintensiv und teuer. Trotzdem seien die entstehenden Korsette, die ausschließlich Kinder und Jugendliche benötigen, oft klobig, steif, überdimensioniert und unkomfortabel. →



Personalisierte Medizintechnik: Sie kommt beispielsweise bei Skoliose-Korsetten zum Einsatz.



Automatisierte Anfertigung: Druck eines Knorpelimplantats fürs Knie

Vielversprechende Perspektiven: Einblick in die Arbeit des Leistungszentrums

Fotos: S. 54 Fraunhofer/IPA (2), Universität Stuttgart, S. 55 Universität Stuttgart



Frederik Wulle

„Wir generieren auf Basis der biomechanischen Daten und auf Grundlage der Geometrie-rekonstruktion die zu druckende Geometrie.“

→ Deshalb entwickeln Avci und seine Kolleginnen und Kollegen ein virtuelles Testsystem für Menschen, die ein Skoliose-Korsett benötigen, um eine verkrümmte Wirbelsäule zu korrigieren. Das Testsystem ermöglicht es, der Person das Korsett zunächst virtuell anzuziehen. Dazu werden Daten wie Größe und Bewegungsverhalten simuliert, um zu verdeutlichen, wie sich das Korsett verhält, wenn sich die jeweilige Person bewegt. „Wir geben die Daten des Korsetts und die Daten des Menschen in unser virtuelles Testsystem ein. Dieses berechnet und optimiert die Daten und zeigt uns, wie das finale Korsett für die jeweilige Person beschaffen sein sollte, um die bestmögliche Bewegungsfreiheit zu bieten, Druckstellen zu vermeiden und dennoch stabil genug zu sein.“

KNOCHEN-KNORPELIMPLANTATE AUS BIOMATERIALIEN

Es sind diese ausführlichen Analysedaten, die die additive Fertigung von personalisierten Produkten ermöglichen. Ein weiteres Projekt im Leistungszentrum Mass Personalization beschäftigt sich mit der additiven Fertigung von personalisierten Knorpelimplantaten. Fehlstellungen, Übergewicht oder Leistungssport können Kniearthrose verursachen. Die Patientin oder der Patient hat Schmerzen und ist in der Bewegungsfreiheit eingeschränkt. Ziel des Projekts ist es, eine durchgängige automatisierte Prozesskette vom CT-Scan zum personalisierten Implantat zu entwickeln, ermöglicht durch eine umfassende Prozessoptimierung.

Frederik Wulle vom Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart betreut das Projekt gemeinsam mit seinen Kolleginnen und Kollegen. Sie erforschen, wie individualisierbare biologische Knochen-Knorpelimplantate aus Biomaterialien automatisiert hergestellt werden können. Wulle ist für die additive Fertigung der Implantate mittels 3D-Druckverfahren zuständig. „Wir generieren auf Basis der biomechanischen Daten und auf Grundlage der Geometrie-rekonstruktion die zu druckende Geometrie.“ Die benötigten Daten stammen von den Kolleginnen und Kollegen des IPA. Dort erhalten die Forschenden mithilfe der Analysedaten des Bewegungsapparates Auskunft über Parameter wie Größe und Steifigkeit, die die personalisierten Knorpelimplantate besitzen müssen, um mit der individuellen Biologie und Biomechanik der Person optimal übereinzustimmen und eine erfolgreiche Therapieentwicklung zu ermöglichen.

Mithilfe der Daten rekonstruieren Wulle und seine Kolleginnen und Kollegen die Sollgeometrie der zu ersetzenden Fehlstelle mit computergestützter Konstruktion. Additive Fertigungsverfahren erlauben es, Objekte mit entsprechend komplexer Geometrie aus unterschiedlichen Materialien aufzubauen. Für die Fertigung der Knorpelimplantate setzen sie auf den innovativen mehrachsigen 3D-Druck. Der Vorteil der mehrachsigen Bearbeitung im Vergleich zum herkömmlichen dreiachsigen Verfahren sind die größeren Prozessfreiheiten. So kann beispielsweise der Stufeneffekt minimiert werden, der auftritt, wenn eine Kontur eines Bauteils nicht parallel oder orthogonal zur Aufbaurichtung verläuft und damit die Schräge in einzelne diskrete Schichten untergliedert wird.

Die im Projekt verwendeten Knochen-Knorpelimplantate bestehen aus Biomaterialien. Das interdisziplinäre Forschungsfeld des Bioprintings verfolgt das Ziel, biomimetische Gewebestrukturen als Ersatz für erkranktes Patientengewebe herzustellen. Dabei orientieren sich die Forschenden an biologischem Gewebe und versuchen, dieses in digitalen Druckverfahren nachzubilden. Die Entwicklung, Herstellung und Überprüfung dieser Biomaterialien erfolgt am Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie (IGVP) sowie am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) in Stuttgart. „Wir hatten die Technologie des mehrachsigen 3D-Drucks entwickelt und suchten eine Anwendung. Unsere Kolleginnen und Kollegen von der Materialentwicklung haben das Potenzial für ihre Anwendung erkannt“, sagt Wulle zu dieser interdisziplinären Zusammenarbeit.

LOHNT SICH DAS FÜR UNS?

Auf den Trend der personalisierten Produktion reagieren immer mehr Unternehmen. Das Leistungszentrum bietet deshalb gezielte Weiterbildungsangebote für sie an. „Eine Kooperation mit uns eröffnet den Zugang zu vielfältigen Expertisen, die so sonst kaum greifbar →



Gefragte Produkte: Bei einer Weiterbildungsveranstaltung geben Teilnehmende an, wie groß ihr Interesse an personalisierten Objekten ist.



Offenes Haus: Mitarbeiter des Leistungszentrums informieren über ihre Projekte.

→ sind. Mögliche Kooperationspartnerinnen und Kooperationspartner können sich damit an Zukunftstechnologien herantasten“, sagt Leistungszentrum-Sprecher Middendorf.

Ob sich die personalisierte Produktentwicklung im Einzelfall lohnt, können Lesley-Ann Mathis und ihre Kolleginnen und Kollegen vom Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart beantworten. Sie haben eine Methode entwickelt, mit der Unternehmen ihr Produktportfolio systematisch auf Personalisierungspotenziale untersuchen können. Im Rahmen von Weiterbildungsseminaren des Leistungszentrums bringen Mathis und ihr Team Firmen ihre Methode bei. In Folgeprojekten bieten sie Unternehmen Potenzialanalysen für deren spezifische Produkte oder Dienstleistungen an.

Die entwickelte Methode beruht auf zwei Bausteinen: der „Product Journey“ und der „User Journey“. „Im Leistungszentrum gehen wir nutzerzentriert vor: Unsere Methode setzt direkt bei der Nutzerin oder beim Nutzer an“, sagt Mathis. Ihr Verfahren erklärt sie am Beispiel eines E-Scooters, den man sich per App für eine bestimmte Zeit und Strecke mieten kann: Bei der Product Journey analysiert die Forscherin mit den Seminarteilnehmenden, welche Zielgruppe das Produkt über den gesamten Lebenszyklus hat und welche Nutzergruppen Kontakt zum Produkt haben. Beim E-Scooter sind das unter anderem Studierende, die damit zur nächsten Vorlesung an die Universität fahren, oder Angestellte, die vom Bahnhof zum Büro unterwegs sind. Aber auch Personen, die die Roller vormontieren, sie einsammeln und an Sammelstellen befördern oder sie letztlich recyceln, zählen zum breiten Spektrum der Nutzergruppen. Innerhalb der Product Journey werden daraus sogenannte Protoperonas erstellt. So entstehen Peter Pendler oder Sina Studentin, deren Nachnamen stellvertretend für deren Eigenschaften stehen.

DIE GESAMTE USER JOURNEY IM BLICK

Für die User Journey wird eine Zielgruppe des Produkts ausgewählt, die bei der Nutzung im Vordergrund steht. Anschließend begleiten die Teilnehmenden beispielsweise Sina Studentin während ihres gesamten Kontakts mit dem E-Scooter – von der Buchung per App bis zum Stehenlassen des Rollers. „Wir analysieren die Berührungspunkte von Nutzerinnen und Nutzern mit dem Produkt und beurteilen, wo das Nutzungserlebnis verbessert werden könnte und wo Personalisierungsmöglichkeiten existieren“, sagt Mathis. Alle Ideen werden hinsichtlich des Nutzens für den Kunden analysiert und anschließend einer Kosten-Nutzen-Bewertung unterzogen. Am Beispiel des E-Scooters könnte eine personalisierte Sprachausgabe entwickelt werden, die das Bedienen der App am Smartphone überflüssig macht, oder personalisierte Preismodelle für regelmäßige Nutzer*innen und häufig genutzte Strecken ausweist. →



Lesley-Ann Mathis

„Wir haben ein konkretes Werkzeug zur Hand, mit dem man relativ schnell und bereits im Frühstadium der Produktentwicklung identifizieren kann, ob sich ein Produkt für die Personalisierung eignet und ob sich diese lohnt.“

→ Der ganzheitliche Ansatz bringt Vorteile für Unternehmen: „Wir haben ein konkretes Werkzeug zur Hand, mit dem man relativ schnell und bereits im Frühstadium der Produktentwicklung identifizieren kann, ob sich ein Produkt für die Personalisierung eignet und ob sich diese lohnt“, so Mathis. Denn personalisierte Produkte seien nur dann erfolgreich, wenn sie wirklich einen Nutzen für Kundinnen und Kunden mitbringen. →

KONTAKT

PROF. DR. PETER MIDDENDORF Mail: peter.middendorf@ifb.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 62411

Fotos: Fraunhofer/IPA (3)

Anzeige

VISIOTECH
VISIO K (unststoff) | VISIO M (etall) | VISIO O (berflächentechnik) | VISIO P (rojekt)

3D Kunststoff-Lasersintern (SLS)
STSint PA12 eco
ökologisch und ökonomisch
Mit VISIO eco sind Sie mit uns auf dem nachhaltigen Zukunftspfad der additiven Fertigung...

VISIO-Prozesse BASIC, SERIES, FAST + eco
STÜCKZAHL 1 – 50.000
DIE KUNST VERFAHREN, MATERIALIEN
UND PRODUKTANFORDERUNGEN ZU VERKNÜPFEN

www.visiotech-gmbh.de mail@visiotech-gmbh.de
71229 Leonberg Riedwiesenstr.7 07152-766350-0

GRÜNER

DRUCK

TEXT: Jutta Witte

Recyclebare Grundstoffe, ökologisch abbaubare Hilfsmittel: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Institut für Kunststofftechnik (IKT) der Universität Stuttgart arbeiten an nachhaltigen Verfahren bei der additiven Fertigung.

Hinter dem Begriff „additive Fertigung“ verbergen sich unterschiedliche Produktionsprozesse – doch alle haben eine Gemeinsamkeit: Im Gegensatz zur „subtraktiven Fertigung“ oder Zerspanung entsteht ein Werkstück nicht, indem Material abgetragen wird, bis die gewünschte Form erreicht ist. Stattdessen werden auf Basis eines 3D-Modells Kunststoffe, Metalle, Keramiken oder Kunstharze computergesteuert Schicht für Schicht zu einem dreidimensionalen Teil aufgebaut. „Wir setzen im 3D-Druck möglichst nur so viel Material ein, wie wir wirklich brauchen, und wir bringen es genau an die richtige Stelle“, erläutert Dr. Alexander Geyer, Leiter der Verarbeitungstechnik am IKT.

WENIGER LAGERHALTUNG UND LOGISTIK

Die additive Fertigung hat viele Vorteile. Nachbearbeitungsschritte entfallen weitgehend. Es entsteht weniger Ausschuss und der Materialverbrauch sinkt. Nahezu jedes Design und komplexe Geometrien werden möglich. Mittels 3D-Druck entstehen maßstabgetreue Modelle, Werkzeuge oder auch Ersatzteile „on demand“, die direkt vor Ort gefertigt werden. Lagerhaltung und Logistik können damit zurückgefahren werden. Für die Massenfertigung eignen sich die nach wie vor langsamen Verfahren zwar nicht. Aber Branchen wie der Medizintechnik mit ihren patientennahen Produkten oder der Luft- und Raumfahrt, die auf Leichtbauteile aus Polymeren setzt, bieten sie neue Möglichkeiten. →



**Maritime Druck-
erzeugnisse:
Modellschiffe
aus dem Labor
des IKT**

→ Im Labor des IKT arbeiten die 3D-Drucker fast geräuschlos. Im Regal stehen die Ergebnisse der hier laufenden Experimente – von der Einlage für den Sportschuh über den Bremsattel für das Auto bis zum Modellschiff. Was auf den ersten Blick verspielt wirkt, dient der Grundlagenforschung. Geyer und sein Team sind auf der Suche nach innovativen Technologien, mit denen sie den 3D-Druck nachhaltiger gestalten können. Dabei nehmen sie unter anderem zwei Verfahren in den Fokus: das Selektive Lasersintern (SLS) und das Fused Deposition Modeling (FDM).

Beim SLS-Verfahren kommt ein Kunststoffpulver zum Einsatz, das feiner ist als Sand. Das Pulverbett wird in einem auf hohe Temperaturen erhitzten Bauraum an den Punkten aufgeschmolzen, die das 3D-Modell am Computer vorgibt. Anschließend wird das Pulverbett abgesenkt und die nächste, nur 100 Mikrometer dünne Schicht aufgetragen. Das umgebende Pulver stützt die Konstruktion, aus dem am Ende das Produkt leicht herausgelöst werden kann.

Das Problem: Im Falle des am häufigsten eingesetzten Kunststoffes werden rund 70 Prozent des Pulvers durch die hohen Temperaturen geschädigt. Um es dennoch wiederverwenden, wird es mit neuem Pulver vermischt. „Das hat zur Folge, dass die Qualität des Werkstoffes schwankt“, erklärt Dr. Sandra Weinmann, wissenschaftliche Mitarbeiterin am IKT. „Nachhaltiger ist es, das Pulver im laufenden Fertigungsprozess zu regenerieren.“ Dieses „Altpulverrecycling“ will die Chemikerin erreichen, indem sie die Pulverpartikel mit einem Modifikator kombiniert. Er soll dafür sorgen, dass die Schäden im Material direkt „repariert“ werden. Erste Versuche sind vielversprechend verlaufen. Jetzt geht es unter anderem darum, die optimale Rezeptur zu finden und die Anlagentechnik anzupassen.

Mit der Optimierung des FDM-Verfahrens wiederum beschäftigt sich Weinmanns Institutskollegin Silvia Lajewski. Hierbei wird ein Kunststoffstrang in einer beheizten Düse aufgeschmolzen und dann an vordefinierten Punkten auf eine Bauplattform aufgetragen. Problematisch sind die Strukturen, die im Fertigungsprozess durch ein zweites Material gestützt werden, um komplexe Geometrien mit beispielsweise starken Überhängen zu realisieren. Um sie nach dem Erstarren wieder zu entfernen, werden sie in der Regel in einem Wasserbad aufgelöst.

Dadurch gelangt jedoch schädliches Mikroplastik ins Abwasser. „Herkömmliche Kläranlagen können das nicht herausfiltern“, sagt Lajewski. Deswegen will sie ein Stützmaterial entwickeln, das wasserlöslich und zugleich biologisch abbaubar ist, indem es von Bakterien verstoffwechselt wird. Derzeit setzt sie auf einen Zwei-Komponenten-Werkstoff aus Polymer und einem hochfeinen Salz. Die Idee dahinter: Das Salz löst sich im Wasser aus den fertigen Strukturen, die dadurch so porös werden, dass man sie rückstandslos entfernen kann. Schritt für Schritt arbeitet auch Lajewski sich weiter vor, um die Komponenten ideal miteinander zu verbinden und eine gebrauchsfähige Rezeptur zu entwickeln.

Beide Projekte stoßen schon jetzt auf großes Interesse in der Industrie. Trotz erster Erfolge liegt vor den Wissenschaftlerinnen noch viel Detailarbeit. Für Geyer ist ihre Forschung ein gutes Beispiel für die „Stellschrauben, die wir drehen können, um zentrale Zukunftsfragen im 3D-Druck wie das Recycling und den Schutz von Ressourcen und Umwelt zu beantworten“. →



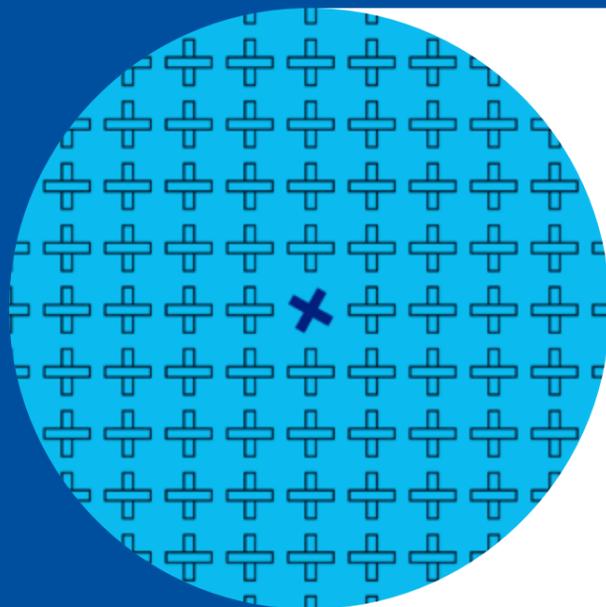
Biologisch abbaubar: eine Stützstruktur aus Salz und Polymer

KONTAKT

DR. ALEXANDER GEYER, INSTITUT FÜR KUNSTSTOFFTECHNIK
Mail: alexander.geyer@ikt.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 62850

NO- TIZ

B
C
L
O
K



DETEKTIVARBEIT IN GROSSEN DATENKETTEN

Wie können die Daten komplexer Produktionsanlagen entlang der gesamten Wertschöpfungskette erfasst, gespeichert, verarbeitet und analysiert werden? Damit befasste sich das Projekt EMuDig 4.0 („Effizienzschub in der Massivumformung durch Entwicklung und Integration digitaler Technologien im Engineering der gesamten Wertschöpfungskette“). Das Konsortium bestand aus den Instituten für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS, Prof. Michael Weyrich) und für Umformtechnik (IFU, Prof. Mathias Liewald) der Universität Stuttgart, der Fachhochschule Südwestfalen, den Firmenpartnern Otto Fuchs KG, Hirschvogel Automotive Group, SMS group GmbH und dem Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen der TU Dresden.

„Die Ergebnisse beziehen sich auf die gesamte Datenverarbeitung von der Erfassung bis zur Analyse in der Cloud sowie die Rückführung der Erkenntnisse zur Prozesskette“, sagt Benjamin

Lindemann, Projektbearbeiter auf Seiten des IAS. „Es wurde ein Software-Stack umgesetzt, mit welchem die relevanten Prozess- und Bauteildaten erfasst, transformiert und reduziert werden können.“ Zur Weiterverarbeitung der Daten wurden diese mit Metadaten angereichert, wobei insbesondere die OLAP-Technologie (Online Analytical Processing) zur schnellen Verarbeitung großer Datenmengen eingesetzt wurde. Die integrierten und gesicherten Daten wurden mithilfe rekurrenter (rückgekoppelter) neuronaler Netze (LSTM-Netze/Autoencoder) analysiert. Durch deren Fähigkeit, zeitliche Abhängigkeiten in Daten zu berücksichtigen, konnten ein kaskadiertes Regelungssystem zur adaptiven Stellgrößenanpassung sowie ein Algorithmus zur Detektion von Anomalien in Umformmaschinen entwickelt werden.

Die gewonnenen Kompetenzen im Bereich der Datenintegration, -modellierung und -analyse mithilfe von Machine Learning (z.B. neuronale Netze) werden nun in neuen Projekten am IAS eingesetzt und weiter vertieft.



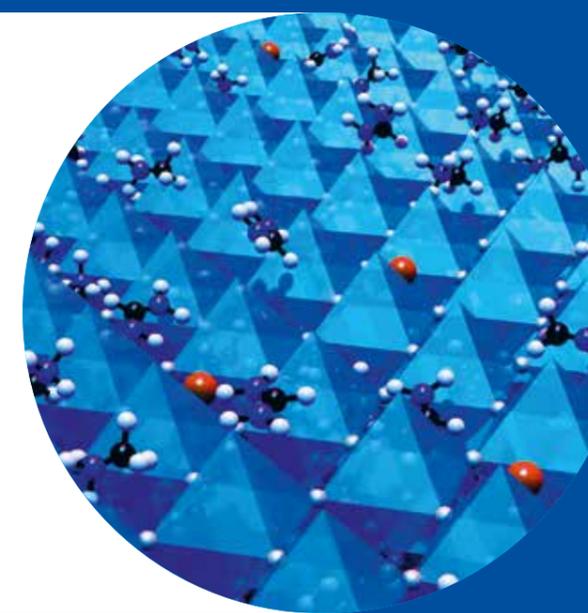
ARMSCHIENE WIE EINE KLETTERPFLANZE

Die Luftkartoffel (*Dioscorea bulbifera*) klettert an Bäumen hinauf, indem sie selbst Druckkraft gegen den Stamm der Wirtspflanze aufbringt. Nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren bewegliche, sich selbst anpassende Materialsysteme, die unter dem Einfluss von Feuchtigkeit komplexe Formveränderungen durchlaufen, sich auf programmierte Weise zusammenziehen und ausdehnen. Ein neues Verfahren erlaubt es nun erstmals, solche Materialsysteme im handelsüblichen 3D-Drucker herzustellen. Entstanden ist es in einer Zusammenarbeit von Tiffany Cheng und Prof. Dr. Achim Menges vom Institut für computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD) und dem Exzellenzcluster Integratives und computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC) der Universität Stuttgart sowie Prof. Dr. Thomas Speck von der Plant Biomechanics Group und dem Exzellenzcluster Living, Adaptive and Energy-autonomous Materials Systems (livMatS) der Universität Freiburg.

Als ersten Prototypen hat das Team eine Unterarmschiene produziert, die sich an die Trägerin oder den Träger anpasst und die für medizinische Anwendungen weiterentwickelt werden kann.

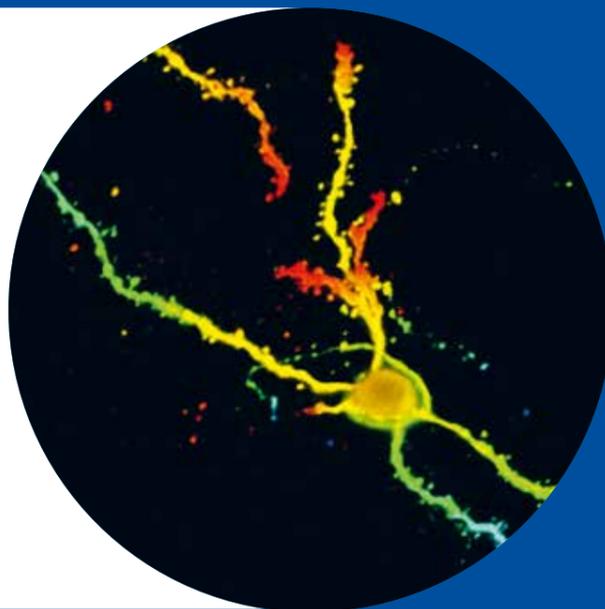
PEROWSKITE: MEHR ALS SOLARZELLEN

Perowskit-Materialien gelten als große Hoffnungsträger für eine neue Generation von hocheffizienten und kostengünstigen Solarzellen. Eine Gruppe am Institut für Photovoltaik der Universität Stuttgart unter der Leitung von Prof. Michael Saliba zeigte nun, dass die Vielseitigkeit von Perowskiten noch viel weiter gedacht werden kann, nämlich im Bereich zweidimensionaler Materialien. Demnach eignen sich Perowskite nicht nur als Solarzellen, sie können auch als sehr dünne Schichten aufgefasst werden, ähnlich zweidimensionalem Graphen, für das 2010 der Nobelpreis vergeben wurde. Dieser Perspektivenwechsel eröffnet Perowskiten neue Horizonte, beispielsweise im Bereich der Spintronik oder Quantencomputer. Die Erkenntnisse aus dieser Forschung können dann auch wieder Solarzellen zu neuen Höhenflügen verhelfen.



ANGST ODER NICHTANGST

Welche Nervenzellen im Gehirn sind an der Entstehung von Angst beteiligt und wie legen diese den Schalter um, wenn die Gefahr vorbei ist? Um das herauszufinden, untersuchte ein Team um die Neurobiologinnen Prof. Ingrid Ehrlich und Dr. Ayla Aksoy-Aksel an der Universität Stuttgart zusammen mit Forschenden aus Österreich, der Schweiz und den USA sogenannte Interkalierte Zellen, die in Clustern wie ein Netz um die Amygdala liegen. Die Partner*innen konnten zeigen, dass ein spezifisches Cluster der Interkalierten Zellen aktiv wird, wenn Mäuse einen Ton mit einem aversiven Reiz verbinden und eine Furchtreaktion auf den Ton zeigen. Wenn die Mäuse lernen, sich nicht mehr zu fürchten, wird ein anderes Cluster aktiv.



Fotos: Universität Stuttgart/IBBS/LEK/ICD, Tiffany Cheng, Ingrid Ehrlich, Sven M. Hein



ULTRALEICHT UND SICHER

Leichtbau-Konstruktionen erlauben es, Rohstoffe zu sparen, da sie viel weniger Material benötigen. Gleichzeitig müssen aber auch sie allen auftretenden Belastungen standhalten. Da diese im Vorhinein nicht bekannt sind, werden sehr konservative Abschätzungen gemacht. Damit ist ein solches Tragwerk aber weiterhin stark überdimensioniert.

Forschende des Sonderforschungsbereichs 1244 an der Universität Stuttgart haben aktive, adaptive Tragwerkselemente entwickelt, mit denen das Lastabtragsverhalten in einem Tragwerk manipuliert werden kann. Diese Innovation ermöglicht sogenannte Ultraleichtbau-Konstruktionen, die gegenüber dem klassischen Leichtbau noch einmal signifikant Material einsparen, ohne die Sicherheit des Tragwerks zu mindern. Dafür werden Aktoren – also aktive Elemente – parallel oder auch seriell in die passive Tragstruktur integriert.

Patente für die Tragwerkselemente wurden angemeldet. Jetzt suchen die Forschenden nach Industriepartnern für die Markteinführung.

CHEMIE NEU DENKEN

TEXT: JENS EBER
FOTOS: ULI REGENSCHEIT

Die Forschungsinitiative CHEM|ampere will nicht weniger als die wissenschaftlichen Grundlagen für einen kompletten Umbau der ressourcenintensiven Branche liefern.

„Wir müssen Chemie neu denken“, sagt Prof. Elias Klemm. In diesem kurzen Satz, den Klemm fast beiläufig ausspricht, steckt eine Idee, die die chemische Industrie von Grund auf verändern könnte. „Wir drehen den Stammbaum der Chemie auf den Kopf“, fügt der Leiter des Instituts für Technische Chemie der Universität Stuttgart hinzu. Aus einem Industriezweig, der Energie- und Materialressourcen bislang zum größten Teil aus fossilen Rohstoffen bezieht, soll eine nachhaltige Branche werden, die Energie wie auch Rohstoffe aus grünem Strom und Luft gewinnt.

Die Idee mag fantastisch anmuten, aber Klemm steht mit beiden Beinen fest auf dem Boden der Wissenschaft. Die Stuttgarter Forschungsinitiative CHEM|ampere, deren Sprecher er ist, richtet sich auf eine nicht mehr allzu ferne Zukunft, in der die Menschheit kein Kohlenstoffdioxid aus fossilen Quellen mehr emittieren soll.

Die Bundesregierung hat jüngst entschieden, dass Deutschland bereits bis 2045 klimaneutral werden soll, statt wie zuvor geplant bis 2050. Bis 2030 sollen die Treibhausgase um 65 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden. Die chemische Industrie ist derzeit für etwa zehn Prozent des CO₂-Ausstoßes in Deutschland verantwortlich. Etwa die Hälfte davon resultiert aus dem Energiebedarf für die Produktionsprozesse und aus den direkten CO₂-Emissionen in den Anlagen. Die andere Hälfte umfasst Erdöl und andere Rohstoffe, die zu verschiedenen Produkten weiterverarbeitet werden, die schlussendlich als CO₂ in die Atmosphäre gelangen.

INTERDISZIPLINÄRES FORSCHUNGSTEAM

Die aus Öl, Kohle oder Gas gewonnene Prozessenergie durch Strom aus erneuerbaren Quellen zu ersetzen, ist noch relativ leicht vorstellbar. Doch vollkommen andere Rohstoffe zu nutzen, um weiterhin Kunststoffe, Farben und Tausende andere Produkte herzustellen, ist eine enorme Herausforderung. „Das bietet der Chemie viel Raum zur Entwicklung, wir müssen ganz neue Synthesen erfinden“, beschreibt Klemm den Reiz der Aufgabe.

Bei CHEM|ampere arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen an dieser Problemlage. Wie der Name der Initiative andeutet, stehen das Zusammenspiel und die gegenseitige Abhängigkeit von chemischen Prozessen und elektrischer Energie im Mittelpunkt der Arbeit. Neben Forschenden aus Chemie und Physik sind Ingenieurinnen und Ingenieure mehrerer Universitäten und Fraunhofer-Institute beteiligt.

Die Vision einer ökologisch nachhaltigen Chemieindustrie, die das CHEM|ampere-Team dabei entwirft, fasst Klemm in einem weiteren prägnanten Satz zusammen: „Wir setzen CO₂-neutrale Energie in chemischen Prozessen ein und nutzen Kohlendioxid als Rohstoff.“ Die Prozessenergie kann sowohl aus Photovoltaik als auch aus Windkraft oder Geothermie stammen. Kohlendioxid als ubiquitären, also allgegenwärtigen und →



Forschung für Nachhaltigkeit: Der Laborreaktor wandelt mithilfe erneuerbarer Energie Kohlendioxid in Ameisensäure um.

Prof. Elias Klemm

„Wir müssen ganz neue Synthesen erfinden.“



Bedeutsame Zwischenprodukte: Kohlendioxid wandeln die Forschenden um Prof. Elias Klemm (r.) zu Ameisensäure um, die wiederum eine Grundlage für weitere Synthesen bietet.

→ praktisch unbegrenzt verfügbaren Rohstoff können die Chemikerinnen und Chemiker wiederum zu Zwischenprodukten wie Ameisensäure oder verschiedene Alkohole umwandeln, die dann Basis für weitere Synthesen sind.

Am Ende steht die gewohnte Palette chemischer Produkte – mit dem Unterschied, dass diese selbst bei einer Verwertung in einer Müllverbrennungsanlage noch CO₂-neutral wären, weil ihr Grundstoff nun mal der Atmosphäre entnommen wurde. Mehr noch: Nach der Verbrennung könnte das CO₂ aus dem Abgas herausgewaschen und wiederverwertet werden.

DEZENTRALES KONZEPT

Dennoch sieht CHEM|ampere einen gravierenden Umbau der chemischen Industrie vor. „Unser Konzept ist dezentral“, sagt Klemm und verdeutlicht: Herkömmliche Chemiestandorte seien enorm groß und benötigten oft eigene Kraftwerke. Erneuerbare Energie hingegen falle dezentral an, ob in Windparks oder in Photovoltaikanlagen unterschiedlicher Größe. Und selbst riesige Solarparks könnten eine Chemiefabrik derzeit nicht mit ausreichend Strom versorgen.

Der dezentrale Ansatz sieht daher vor, einzelne Prozessschritte dort ablaufen zu lassen, wo genügend „grüner“ Strom oder besonders viel Kohlendioxid vorhanden sind. Bei CHEM|ampere planen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zum Beispiel mit Containern, in die Produktionsanlagen für chemische Grundstoffe eingebaut sind. Diese Container könnten dort installiert werden, wo viel CO₂ anfällt, etwa in Zementfabriken.

Derzeit arbeiten die Forschenden noch in etlichen Teilprojekten. „Wir stehen aber bereits an der Schwelle, diese Technologien zu Prozessen zusammenzuführen“, sagt Klemm. Ziel sei es, einen Gesamtprozess demonstrieren zu können, um auch die Industrie zu überzeugen. Noch sei der Druck auf die Branche nicht sehr groß, mit fortschreitender CO₂-Einsparung in anderen Sektoren werde sich dies jedoch ändern. Dann, so Klemms Hoffnung, könnte der Sprung hin zur nachhaltigen Chemieindustrie gelingen. →



CHEM|ampere soll grundlegende Veränderungen der Chemiebranche ermöglichen.

Die Fabrik der

Zukunft mit Leben füllen



Geprüfte Verfahren: Im Gleitstromlabor testen die Mitglieder des Forschungsteams neue Regelungs- und Steuerungsansätze.

TEXT: JENS EBER

Die ideale Produktionsstätte von morgen ist vernetzt und arbeitet ressourcenschonend, Mensch und Umwelt stehen dabei im Mittelpunkt. Ein Forschungsprojekt der Universität Stuttgart realisiert zentrale Elemente dieser Vision.

Die herkömmliche Fabrik, wie sie vor dem geistigen Auge erscheint, besteht aus Produktionsgebäuden, Schornsteinen, Lagerflächen und Büroräumen, umgeben von Zäunen oder Mauern. Mit den Unternehmen oder Siedlungen in der Nachbarschaft hat sie wenig Verbindung, abgesehen von der gemeinsamen Nutzung von Wasser- oder Stromnetzen. Die Fabrik der Zukunft – genauer: einer nachhaltigen, CO₂-neutralen Zukunft – wird dagegen über die Grenzen ihres eigentlichen Geschäftsbetriebs hinaus vernetzt sein. Sie wird in einer positiven Wechselwirkung stehen mit anderen Unternehmen, der Umwelt und den Menschen in ihrer Umgebung.

Ein Beispiel: Das Hamburger Unternehmen Aurubis, Deutschlands größter Kupferhersteller, galt in der Vergangenheit nicht gerade als ökologischer Vorzeigebetrieb. Im Produktionsprozess entstehen große Mengen Abwärme, die Aurubis lange Zeit mit weiterem Energieeinsatz herunterkühlen musste. Als die Hansestadt mit dem Bau des neuen Viertels Hafencity Ost begann, wurde auch ein Liefervertrag mit Aurubis und dem Energieversorger Enercity geschlossen: Die Abwärme soll künftig als Fernwärme das Viertel versorgen. Weil diese Energie zudem vor allem infolge chemischer Prozesse entsteht, ist sie CO₂-neutral. Mehrere Tausend Tonnen Kohlendioxid werden so jährlich eingespart.

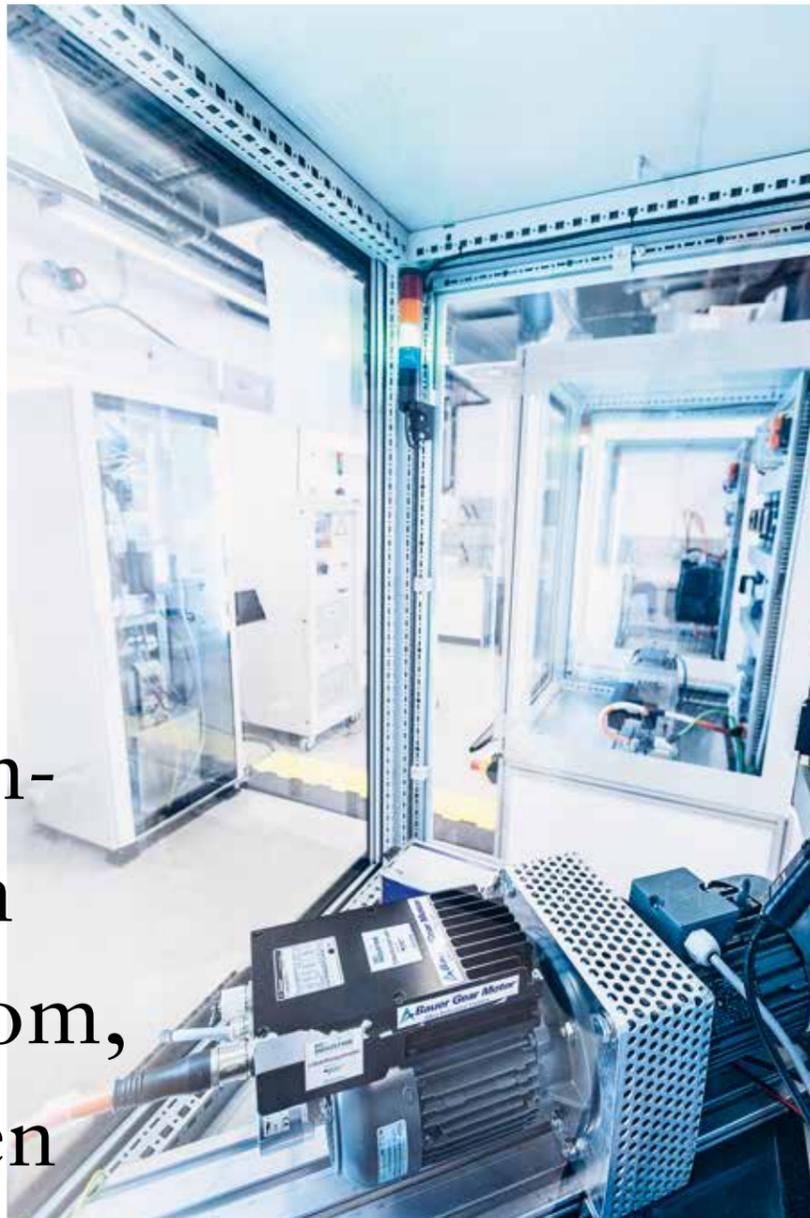
Für Prof. Alexander Sauer ist diese Kooperation zwischen Stadtverwaltung und Industrieunternehmen ein gelungenes Beispiel für die „geöffneten Fabrikgrenzen“. Sauer ist Leiter des Instituts für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA). Außerdem leitet er die Ultraeffizienzfabrik, ein unter anderem vom Land Baden-Württemberg gefördertes Forschungsprojekt, das helfen soll, die Industrie in eine nachhaltige Zukunft zu führen.

EFFIZIENZ UND EFFEKTIVITÄT IN EINKLANG BRINGEN

Die Ultraeffizienzfabrik verfolgt die Vision einer Produktionsstätte, die CO₂-neutral und in symbiotischen Beziehungen mit ihrer Umgebung agiert. Sauer betont, dass das Konzept Effizienz und Effektivität in Einklang bringt. Das bedeutet, dass eine Fabrik dieses Typs möglichst wenig Ressourcen verbraucht und ökologisch möglichst unbedenklich arbeitet. Mensch und Umwelt stehen nach dieser Denkweise im Mittelpunkt. Unter dem Gesichtspunkt der Ultraeffizienz sollen nicht nur bestehende oder geplante Fabriken untersucht werden, auch bei der Entwicklung und Planung neuer Industriegebiete soll der Ansatz künftig bereits mit einfließen. Immerhin haben Grüne und CDU in Baden-Württemberg die Ultraeffizienz auch in ihrem im Mai 2021 geschlossenen Koalitionsvertrag verankert.

Noch bevor die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit ihren praktischen Ansätzen auf Unternehmen zuzugingen, identifizierten sie fünf Handlungsfelder, auf denen sie Verbesserungspotenzial sehen: Energie, Material, Emissionen, Personal und Organisation. Neben dem Ansatz, Energie so effizient und effektiv wie möglich einzusetzen, Materialien möglichst weitgehend zu nutzen und Reststoffe optimal zu recyceln sowie die Produktionsprozesse idealerweise sogar emissionsenkend zu gestalten, sollen sich ultraeffiziente Fabriken so organisieren, dass sie flexibel und wandlungsfähig sind und dadurch Resilienz gegenüber sich wandelnden Rahmenbedingungen gewinnen. Die Menschen, die in Verwaltung und Produktion tätig sind, sollen der Vision der Ultraeffizienzfabrik zufolge „größtmögliche Freunde an der Arbeit“ finden. Gelingen soll dies nicht nur über →

Ständige Erprobung: Auch einzelne Systemkomponenten werden im Gleichstromlabor geprüft.



Dr. Sebastian Weckmann
 „Wir sind bereits umgeben von Gleichstrom, die meisten Menschen merken es nur nicht.“

→ dynamischere und stärker selbstbestimmte Arbeitszeitmodelle – Alexander Sauer spricht auch von einem „Wohlfühlfaktor“ und ergänzt: „Die Mitarbeitenden sollen gesünder aus der Fabrik herauskommen als sie hineingingen.“

NEUE EINNAHMEQUELLEN ENTSTEHEN

Während die Idee der Ultraeffizienzfabrik schon seit einigen Jahren besteht und weiterentwickelt wird, sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Stuttgart verstärkt dabei, einzelne Elemente der Vision zu realisieren. Dabei arbeiten sie zum Beispiel mit der Firma Alois Müller zusammen, einem Hersteller von Geräten für die Heizungs- und Lüftungsbranche. Die Firma hat auf ihrer östlich von Memmingen gelegenen Produktionshalle fast flächendeckend Photovoltaikanlagen installieren lassen, die nicht nur Strom für den Betrieb erzeugen – das Unternehmen nutzt die Sonnenenergie auch, um vor Ort in einer dezentralen Anlage Prozessgase zu erzeugen, die früher eingekauft werden mussten. Neben solchen Synergien können, so Sauer, im Rahmen des Ultraeffizienzgedankens auch neue Geschäftsfelder oder Einnahmequellen für Unternehmen entstehen.

Parallel arbeiten die Forscherinnen und Forscher an einem Ultraeffizienz-Leitstand, auf dem sie unterschiedliche Technologien und Ansätze miteinander vernetzen und demonstrieren wollen. Ziel ist es, eine Kombination aus Realität und Virtualität zu schaffen, in der neue Ansätze zum Beispiel in bestehenden Fabriken simuliert werden können.

ENERGIE ZURÜCK INS NETZ SPEISEN

Einer dieser Ansätze ist die vollständige Versorgung von Fabriken mit Gleichstrom – ein Feld, das enormes Einsparpotenzial verspricht. Am Stuttgarter EEP befasst sich Dr. Sebastian Weckmann intensiv mit dem Thema. „Gleichstrom ist energieeffizienter und kann kostengünstiger Systeme mit hoher Versorgungsqualität herstellen“, sagt er. Zugleich sind Industriebetriebe heute zum überwiegenden Teil mit Wechselstromnetzen ausgerüstet – unter anderem aus historischen Gründen. In der Frühzeit der Elektrifizierung im späten 19. Jahrhundert fehlte es an geeigneten Transformatoren, um Gleichstrom umzuwandeln. Weil jedoch die Verlustrate bei hoher Stromspannung am geringsten ist und es damals bereits Wechselstromtransformatoren gab, setzte sich der Wechselstrom durch.

„Dank moderner Halbleitertechnologie können wir heute auch Gleichstrom transformieren und hocheffizient auf längeren Strecken übertragen“, erklärt Weckmann. Dazu kommt: „Wir sind bereits umgeben von Gleichstrom, die meisten Menschen merken es nur nicht.“ Laptops, Energiespeicher, E-Mobilität, auch auf Schiffen oder in Flugzeugen – überall fließt Gleichstrom. In der industriellen Produktion arbeiten ebenfalls zahlreiche Maschinen mit Gleichstrom. Das führt dazu, dass Wechselstrom zunächst in einem Zwischenkreis umgewandelt wird und als Gleichstrom dann die Systeme versorgt. Dieser „Umweg“ sorgt allerdings für Stromverluste. „Unsere Idee ist, den Strom einmal zentral für die gesamte Fabrik zu wandeln“, so Weckmann. Das würde nicht nur Verluste verringern, beim Bremsen von Maschinen könnte die Energie sogar ins Netz zurückgespeist werden. Auch Photovoltaikanlagen könnten deutlich einfacher ins Stromnetz der Fabrik integriert werden.

Das Interesse der Industrie an der sogenannten Gleichstromfabrik ist bereits groß: Den potenziellen Markt für Komponentenhersteller sowie Maschinen- und Anlagenbauer, Produkte für den Wandel hin zum Gleichstrom zu liefern, schätzt Weckmann als noch viel größer ein. Dazu gehört auch die Möglichkeit, bestehende, an den Wechselstrom angeschlossene Maschinen für den Gleichstrom umzurüsten. Weckmann und sein Team arbeiten bereits an den Details, um beispielsweise das Integrieren neuer Elemente in einer Gleichstromfabrik zu vereinfachen. →

KONTAKT

PROF. DR. ALEXANDER SAUER Mail: alexander.sauer@eep.uni-stuttgart.de
 Telefon: +49 711 970 3600

DIE OPTIMALE BALANCE

TEXT: JENS EBER

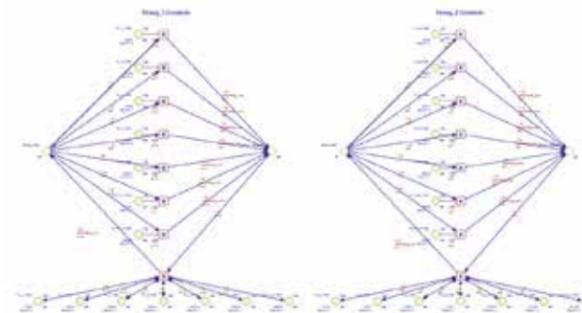
Die Lebensdauer von Photovoltaikanlagen erhöhen, ohne dabei die Kosten nach oben zu treiben – das Institut für Maschinenelemente der Universität Stuttgart entwickelt dazu neue Möglichkeiten.

Strom aus Sonnenenergie ist ein wichtiger Baustein der Energiewende – und derzeit boomt die Photovoltaik. Nach Angaben des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme ISE wurden in Deutschland im Jahr 2020 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 4,9 Gigawatt in Betrieb genommen. Die Stromerzeugung aus Sonnenstrahlen verzeichnete damit den stärksten Zuwachs aller Energieformen. Schon jetzt wird etwa jede zehnte in Deutschland verbrauchte Kilowattstunde in Solarmodulen auf Freiflächenanlagen, Dächern oder an Fassaden gewonnen.

Was jedoch gut für die Umwelt ist und die Energiewende vorantreibt, bringt auch Probleme mit sich. Die Gewinnmargen auf dem Markt für Photovoltaikkomponenten sind niedrig, also müssen die Hersteller möglichst günstig produzieren. Zugleich erwarten die Kund*innen – ganz gleich, ob Hauseigentümer*in, Industriebetrieb oder Investor*in einer Freiflächenanlage – angesichts niedriger Einspeisevergütungen von wenigen Cent pro Kilowattstunde eine möglichst lange Lebensdauer aller Elemente, denn erst nach etwa zehn Jahren beginnt sich die Investition zu rentieren.

In diesem Spannungsfeld forscht Martin Diesch vom Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart. In dem von Prof. Bernd Bertsche geleiteten Institut führt er ein Team an, das die Beständigkeit von Systemen zur erneuerbaren Energieerzeugung untersucht. „Wir könnten einfach jede Komponente überdimensionieren und so die Lebensdauer erhöhen, dadurch wird aber alles teurer – und es soll ja günstiger werden“, so Diesch über die Problematik. Er sucht deshalb mit seinem Team und den Projektpartnern aus Forschung und Industrie nach der optimalen Balance zwischen Langlebigkeit und Kosten.

Eine Photovoltaikanlage mag zunächst simpel erscheinen – eine mehr oder weniger große Anzahl blau schimmernder Module auf einem Dach oder einer Wiese, dazu einige elektronische Bauteile im Dachraum oder in einem unscheinbaren Gebäude. Die →



Detaillierte Daten:
Simulation zum
Konzeptvergleich von
Strängezuständen

→ Stromerzeugung ist geräuschlos und emissionsfrei. Allerdings sind diese Systeme deutlich mehr Einflussfaktoren ausgesetzt als es zunächst den Anschein hat. „Es macht zum Beispiel einen Unterschied, ob die Anlage in Deutschland steht oder in der Sahara“, sagt Diesch.

Sehr hohe Sonneneinstrahlung von mehreren Tausend Stunden pro Jahr, wie etwa in einem Wüstengebiet, führt zwar zu hoher Stromproduktion. Sie bedeutet aber auch „Stress“ für die Komponenten. In Deutschland können Betreiber jährlich im Schnitt nur mit etwa 1.000 kWh/kWp rechnen, in denen ihre Anlagen die maximale Leistung liefern. Doch auch das geht nicht ohne Belastung für die Anlagen einher: Das eher feuchte Klima kann den Bauteilen zusetzen und beispielsweise Korrosion verursachen.

Hinzu kommt, dass die Komponenten einer Photovoltaikanlage unterschiedlich anfällig für Defekte sind und ihr Ausfall unterschiedlich schwer wiegt: Verweigert ein Solarmodul den Dienst, kann das überbrückt werden – die Module im Umfeld liefern weiter Strom. Ist dagegen der Wechselrichter defekt, der den erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt und ins Netz einspeist, ist die komplette Anlage lahmgelegt und stellt keine Energie mehr zur Verfügung.

ZIEL IST EINE NEUE SICHTWEISE

In einem der Projekte, mit denen die Stuttgarter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Zuverlässigkeit der Anlagen erhöhen wollen, untersucht das Team Wechselrichter, um bereits als kritisch erkannte Komponenten auf ihre potenzielle Lebensdauer hin zu prüfen. An diesen Arbeiten ist auch die SMA Solar Technology AG aus Kassel beteiligt, ein großer Hersteller von Wechselrichtern. Bei elektronischen Komponenten rechnet man oft mit Zufallsausfällen und nimmt deshalb eine starke Überdimensionierung in Kauf. „Diese Sichtweise möchten wir erneuern“, sagt Zuverlässigkeitsingenieur Diesch. Ziel sei auch, Herstellern den Zugang zu detaillierten Daten der Komponenten zur Verfügung zu stellen, die sie dann in den Entwicklungsprozess ihrer Produkte einspeisen können.

Parallel haben die Forscherinnen und Forscher des von Martin Dazer geleiteten Fachbereichs Zuverlässigkeits- und Antriebstechnik ein Simulationsmodell für unterschiedliche Photovoltaik-Anwendungsszenarien erstellt – eine sehr aufwendige Arbeit angesichts der Vielzahl verschiedener Einflussfaktoren und Parameter. Hinzu kommt: „Die Lebensdauer und Zuverlässigkeit vieler Komponenten ist überhaupt nicht bekannt“, so Diesch. Man weiß einfach zu wenig über den genauen Ablauf der entsprechenden Ausfallmechanismen. Komplex ist die Bestimmung der Lebensdauer auch deshalb, weil typische Betriebszeiträume von 10, 20 oder mehr Jahren „gerafft“ werden müssen, um in vertretbarer Zeit Erkenntnisse zu gewinnen.

Untersucht wird dabei nicht nur das potenzielle Ausfallverhalten einzelner Bauteile, sondern auch, welche Kosten dadurch entstehen. Eine Komponente, die nur wenige Euro kostet, bei einem Versagen aber die komplette Anlage außer Betrieb setzt, müsste womöglich stärker dimensioniert werden als Teile, deren Ausfall nur marginale Auswirkungen hat. →

Martin Diesch

„Es macht zum Beispiel einen Unterschied, ob die Anlage in Deutschland steht oder in der Sahara.“

PASSENDE MODE FÜR ALLE

TEXT: MIRIAM HOFFMEYER

Größer, kleiner, dicker, dünner: Die Standard-Konfektionsgrößen sind längst nicht für jede und jeden etwas. Forschende der Universität Stuttgart entwickeln Technologien für eine individuelle Fertigung, mit der Textilunternehmen dennoch rentabel produzieren können.



Innovatives Vorgehen:
Prof. Meike Tilebein
im Textil 4.0-Multifunktionslabor der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung (DITF)

PROF. MEIKE TILEBEIN

„Die Textilindustrie gilt leider als verstaubt und altbacken. Dabei ist sie ein Innovationstreiber.“

Zwischen den smarten Textilmaschinen und Computerarbeitsplätzen wirkt die Umkleidekabine fast wie ein Museumsstück. Gleich hinter dem Eingang zum Textil 4.0-Multifunktionslabor der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung (DITF) in Denkendorf bei Stuttgart trifft der Blick auf die dichten, khakifarbenen Vorhänge. Zwischen ihnen steht eine stämmige Frauenfigur aus Plastik, die gut einen Kopf größer ist als handelsübliche Schaufensterpuppen. Wäre sie ein Mensch, täte sie sich schwer damit, gut sitzende Kleidung zu finden. Ein häufiges Problem, sagt Prof. Meike Tilebein: „Etwa 30 Prozent der Bevölkerung passen nicht gut in die Standard-Konfektionsgrößen.“

Die Expertin für strategisches Innovationsmanagement leitet das Institut für Diversity Studies in den Ingenieurwissenschaften (IDS) der Universität Stuttgart sowie das Zentrum für Management Research an den DITF – und ist fasziniert von den Möglichkeiten, die digital vernetzte Entwicklungs- und Produktionsprozesse für die Textil- und Bekleidungsindustrie bieten: „Man kann nicht nur besser, nachhaltiger und günstiger produzieren, es sind auch völlig neue Geschäftsmodelle denkbar.“

In der Industrie 4.0 beginnt die Produktion eines T-Shirts im Körperscanner. In der scheinbar altmodischen Umkleidekabine stehen drei Lasersäulen, mit denen ein Mensch sekundenschnell vom Kopf bis zu den Zehen vermessen werden kann. Sofort zeigt ein Bildschirm mehr als 100 Messwerte an – die Grundlage für einen digitalen Zwilling. Wie gut diesem Avatar verschiedene Kleidungsentwürfe stehen, zeigt die Virtual-Reality-Brille im Labor. Mit einem handgeführten 3D-Scanner können Hände oder Füße von Personen vermessen werden. Ein anderes Gerät scannt Stoffproben und ermittelt deren Struktur und optische Eigenschaften. Aus den gewonnenen Daten werden Steuerungsalgorithmen für Druck- und Schneidemaschinen erzeugt. Auf dem modernen Einzellagen-Cutter liegen blau gemusterte Zuschnitte für ein Oberteil.

Künftig könnte die digitalisierte Produktion maßgeschneiderte Kleidungsstücke für jede und jeden erschwinglich machen. Auch individuelles Design – zum Beispiel T-Shirts mit dem Namen der Trägerin oder des Trägers – würden beim Textildruck nur wenig Mehraufwand verursachen. Nicht zuletzt könnte die Anfertigung medizinischer Hilfsmittel wie Stützstrümpfe oder Druckverbände, bei denen es besonders auf Passgenauigkeit ankommt, durch die neuen Techniken einfacher werden. Auf mehreren Leitmesen haben die DITF schon ihre komplette „Digital Textile Microfactory“ vorgeführt, vom Körperscanner →



Virtuelle Anprobe: Mit der VR-Brille kann man sich ansehen, wie gut bestimmte Modelle einem Avatar stehen.

→ über 3D-Design, Drucken und Zuschneiden bis hin zum Fügen auf einer smarten Nähmaschine. Weil es noch keine Roboter gibt, die Textilien gut handhaben können, muss das Nähen zwar weiterhin von Menschen übernommen werden. Doch kann die Nähmaschine im Multifunktionslabor mithilfe von QR-Codes auf Stoffen schon automatisch Zuführungsgeschwindigkeit, Stichtlänge oder Stichzahl einstellen.

Bachelorstudierende des Studiengangs „Technische Kybernetik“ haben ab dem Wintersemester 2021/22 die Möglichkeit, ihr Projektierungspraktikum rund um die Digital Textile Microfactory zu absolvieren und dabei das Labor zu nutzen. Meike Tilebein, die selbst Technische Kybernetik in Stuttgart studiert hat, hofft, bei den Studierenden mehr Interesse für die Textilindustrie zu wecken: „Die Branche gilt leider als verstaubt und altbacken. Dabei ist sie ein Innovationstreiber.“ Schließlich seien viele der deutschen Textilunternehmen, die die Krisen und Abwanderungswellen der vergangenen Jahrzehnte überlebt haben, auf ihrem jeweiligen Spezialgebiet Marktführer.

Im Projektierungspraktikum will Tilebein die Studierenden auch ermutigen, in Geschäftsmodellen zu denken. Dafür müssten sie nicht nur die Technik im Blick haben, sondern auch die Kundinnen und Kunden: „Nicht alle großartigen Technologien schaffen es in den Markt. Oft liegt das daran, dass Einsatzmöglichkeiten nicht erkannt werden. Erst durch die Vielfalt der Perspektiven entstehen erfolgreiche Innovationen.“

Das systemische Denken, das die Kybernetik kennzeichnet, prägt auch die interdisziplinäre Forschung am Zentrum für Management Research. Gemeinsam mit Partnern aus der Industrie untersuchen die Forschenden die textile Wertschöpfungskette von der Entwicklung bis zum virtuellen Showroom. Eine der zentralen Fragen ist, wie Digitalisierung auch mehr Nachhaltigkeit schaffen kann. So könnten virtuelle Modelle von Kleidungsstücken und Schuhen künftig die Herstellung von Prototypen sowie der umfangreichen Musterkollektionen für den Vertrieb überflüssig machen. „Das ist keine Kleinigkeit“, erklärt Alexander Artschwager, Projektleiter am Zentrum für Management Research und Verantwortlicher für das DITF-Multifunktionslabor: „Für die Herstellung eines einzigen T-Shirts werden bis zu 5.000 Liter Wasser verbraucht.“ →

→ Noch ungleich größer ist das Einsparpotenzial in der Massenfertigung. Meike Tilebein hält es für möglich, dass Teile der Textilproduktion aufgrund der neuen Techniken nach Europa zurückverlagert werden, vielleicht sogar in die Innenstädte. Dann könnten Unternehmen Kleidungsstücke zunächst nur in geringen Stückzahlen produzieren und der Nachfrage entsprechend blitzschnell nachordern. „Die Textilproduktion würde sich viel stärker am Bedarf ausrichten. Aktuell wird ein großer Teil der überschüssigen Produktion vernichtet“, sagt sie. Das gilt auch für viele Retouren. Virtuelle Anproben könnten auch dieses Problem weitgehend lösen, denn bei den meisten Retouren wird als Grund angegeben, dass das Kleidungsstück nicht passt oder nicht so aussieht wie erwartet.

Doch könnte die digitale Beschleunigung der Prozesse nicht auch das umweltschädliche Geschäftsmodell der „Fast Fashion“ weiter stärken, sodass in noch kürzeren Abständen noch mehr Kleidung auf den Markt kommen und wieder in den Müll wandern würde? Auch mit diesen sogenannten „Rebound-Effekten“ befassen sich die Forschenden. Meike Tilebein ist aber optimistisch: „Kleidung, die perfekt sitzt und einer Person gut steht, wird nicht so schnell wieder ausgewechselt.“ →

Alexander Artschwager

„Für die Herstellung eines einzigen T-Shirts werden bis zu 5.000 Liter Wasser verbraucht.“



Neue Wege: Das Team um Meike Tilebein entwickelt Ideen für die digitale Optimierung in der Textilbranche.

KONTAKT

PROF. DR. MEIKE TILEBEIN
Mail: meike.tilebein@ids.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 60700

Talente für eine Industrie im Wandel



Gewinnbringender Austausch: Die GSaME fördert auch die Vernetzung der Promovierenden untereinander.

Gratulation an Vitali Hirsch (vorn): Der frisch Promovierte mit dem Prüfungsausschussvorsitzenden Prof. Georg Herzwurm, GSaME-Sprecher Prof. Bernhard Mitschang und Prof. Oliver Riedel



TEXT: JENS EBER

Sie bringt herausragende Promovierende und führende Unternehmen zusammen – mit vielen Vorteilen für beide Seiten. Nun feierte die Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME) an der Universität Stuttgart die 100. Promotion.

An relevanten, praxisorientierten Promotionsthemen forschen, dabei wertvolle Zusatzqualifikationen erlangen und bereits Kontakte für die berufliche Zukunft knüpfen – das ist das Konzept der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME). Die Graduiertenschule wurde 2007 als multidisziplinäres Promotionsprogramm und erstes Projekt im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder an der Universität Stuttgart etabliert, um Spitzenforschung auf dem Gebiet der Produktionstechnik mit den Herausforderungen einer Industrie im Wandel zu verknüpfen.

Die industrielle Relevanz der Forschungsaktivitäten wird durch die Beteiligung von Partnern aus der Privatwirtschaft bestätigt. Etwa die Hälfte der Promovierenden bearbeiten ihr Projekt in Zusammenarbeit mit einem Unternehmen, über das sie an der →

Starkes Netzwerk: Jahrestagung der GSaME 2018



→ Entwicklung neuer Verfahren und Produkte beteiligt sind. „Die Promotionen sollen uns neue Erkenntnisse liefern und am Ende anwendbar sein“, verdeutlicht Dr. Martin Lehmann den praxisbezogenen Ansatz der Verzahnung von Forschung und Entwicklung. Lehmann ist beim Ludwigsburger Filtrationsspezialisten Mann+Hummel für das Forschungsnetzwerk zuständig und hat die Zusammenarbeit mit der GSaME aus Sicht eines Partnerunternehmens schätzen gelernt.

Über die wissenschaftliche Thematik des eigenen Forschungsprojekts hinaus durchlaufen die Doktorand*innen der GSaME ein promotionsbegleitendes interdisziplinäres Qualifizierungsprogramm. Jedes Forschungsprojekt wird durch ein Thesis-Komitee betreut. Die Promovierenden treffen sich außerdem zu regelmäßigen Statusseminaren, in denen sie ihren Forschungsstand vortragen. Auch eine sogenannte Komplementärqualifizierung in einem Themenfeld, das bislang nicht zum jeweiligen Studium gehörte, ist Teil des Programms, ebenso wie Projekte mit interdisziplinären Fragestellungen, die die wissenschaftliche und fachübergreifende Zusammenarbeit fördern.

FÜHRUNGSQUALITÄTEN ENTWICKELN

Diese Breite der Qualifizierung hat auch Katharina Dieterich überzeugt. „Ich finde es toll, dass ich mich neben der Promotion noch weiterbilden kann, das ist für mich ein Gewinn“, sagt die Doktorandin, die zum Thema „Disruptive Innovationen – Voraussetzungen für Sprunginnovationen insbesondere Innovationskultur als Enabler für Produkt- und Prozessinnovationen in Produktionsnetzwerken“ promoviert. Die Möglichkeit, zusätzlich zur gründlichen Forschungsarbeit unter anderem auch noch Führungsqualitäten und Routine im Präsentieren zu gewinnen, ist aus Dieterichs Sicht eine große Chance, sich auf zukünftige Herausforderungen im Berufsleben vorzubereiten.

Dass die GSaME erfolgreich arbeitet, belegen die Zahlen: Im März 2021 konnte die 100. Promotion gefeiert werden. Vitali Hirsch promovierte in Kooperation mit der Daimler AG über „Datengetriebene Identifikation potenzieller Qualitätsprobleme in komplexen Montageprodukten“. Aus den im Rahmen der GSaME bearbeiteten Forschungsthemen entstanden seit 2007 bereits mehr als 550 wissenschaftliche Beiträge in Fachzeitschriften oder auf Konferenzen. Hinzu kommen 35 Patente und Patentfamilien sowie fünf Spin-offs mit Beteiligung von Absolvent*innen der GSaME. Da versteht es sich fast von selbst, dass das Programm nicht um Interessierte werben muss.

„Wir wollen nicht nur exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausbilden, sondern auch die Entscheiderinnen und Entscheider von morgen“, sagt Dr. Thomas Ackermann, einst Teilnehmer der GSaME und heute deren wissenschaftlicher Koordinator. Um dies zu erreichen, will man innerhalb der Graduiertenschule in Zukunft noch stärker Sozial-, Führungs- und Methodenkompetenz vermitteln als ohnehin.

Zahlreiche Firmen haben bereits den Reiz einer Zusammenarbeit mit der GSaME erkannt. Darunter sind etliche Unternehmen aus der Automobilbranche, aber auch aus dem Anlagen- und Sondermaschinenbau sowie der Halbleitertechnik. Martin Lehmann von Mann+Hummel sieht die duale Qualifizierung in Fach- und Führungswissen als großen Vorteil der GSaME – auch für sein Unternehmen. Da sie in den Unternehmen in Projektteams mitarbeiten, könnten die Doktorandinnen und Doktoranden mit ihrem wissenschaftlichen Blick viele bereichernde Themen beisteuern. „Die Teilnehmenden bringen oft ganz neue Blickwinkel mit.“

ENGE KONTAKTE ZU DEN PARTNERUNTERNEHMEN

„Die GSaME ermöglicht den Unternehmen eine frühe Sichtung möglicher neuer Mitarbeiter*innen“, sagt Prof. Bernhard Mitschang, Sprecher der GSaME. Zugleich sei durch das Graduiertenprogramm ein tragfähiges Netzwerk zwischen den fünf beteiligten Fakultäten der Universität Stuttgart und den Partnerunternehmen entstanden. Auch unter den Promovierenden bilden sich vielfach dauerhafte Kontakte: Der GSaME-Alumniverein hat derzeit mehr als 100 Mitglieder. →

→ Die Teilnahme an der GSaME ist für einen Großteil der Doktorandinnen und Doktoranden auch der Start in die berufliche Laufbahn. „In der Regel werden die Absolventinnen und Absolventen aus den Kooperationsprojekten übernommen“, sagt Dr. Gabriele Erhardt, Geschäftsführerin der Graduiertenschule. Seit Beginn der Corona-Pandemie sei die Quote zwar leicht gesunken, die Industrie unterstütze das Programm jedoch unvermindert weiter. In anderer Hinsicht habe die Pandemie sogar Positives bewirkt, so Erhardt: „Wir haben derzeit die höchste Publikationsrate pro Doktorand*in seit Bestehen der GSaME. Ebenso sind viele neue Patente hinzugekommen.“

Auch Mann+Hummel sieht die im Unternehmen eingesetzten Teilnehmenden der GSaME als Talente für die Zukunft, sagt Martin Lehmann. Fünf Promovierende der Graduiertenschule waren in den vergangenen Jahren bei dem Ludwigsburger Unternehmen beschäftigt. „Darunter waren Menschen, deren spezielle fachliche Qualifikationen wir in unserem Unternehmen ansonsten noch nicht haben“, nennt Lehmann einen weiteren Vorteil. Mehrere Absolventinnen und Absolventen hätten im Anschluss eine Stelle im Unternehmen gefunden, auch wenn es dafür keine Garantie gebe. „Wenn es passt, freuen wir uns – wenn nicht, sind diese Leute perfekt ausgebildet.“ →

GSaME in Zahlen

An der GSaME sind mehr als **30 Professor*innen** der Fakultäten Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik, Energie-, Verfahrens- und Biotechnik, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik sowie Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie beteiligt. Die Graduiertenschule ist in **sechs Forschungsclustern** organisiert, die die klassischen Themen der Produktion mit IT, Management oder Nachhaltigkeit verbinden. Die **sechs Clusterdirektoren** bilden den Vorstand der GSaME. Das in der GSaME verwirklichte Prinzip einer dualen Promotion war bei seiner Entwicklung so wegweisend, dass die Graduiertenschule im Zuge der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder **2007** und **2012** gefördert wurde. Nach **zwölfjähriger Finanzierung** wird das Programm seit **2019** vom Land Baden-Württemberg getragen.



Katharina Dieterich

„Ich finde es toll, dass ich mich neben der Promotion noch weiterbilden kann, das ist für mich ein Gewinn.“

Prof. Bernhard Mitschang

„Die GSaME ermöglicht Unternehmen eine frühe Sichtung möglicher neuer Mitarbeiter*innen.“



Dr. Martin Lehmann

„Die Promotionen sollen uns neue Erkenntnisse liefern und am Ende anwendbar sein.“



Dr. Thomas Ackermann

„Wir wollen nicht nur exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausbilden, sondern auch die Entscheiderinnen und Entscheider von morgen.“



Dr. Gabriele Erhardt

„In der Regel werden die Absolventinnen und Absolventen aus den Kooperationsprojekten übernommen.“

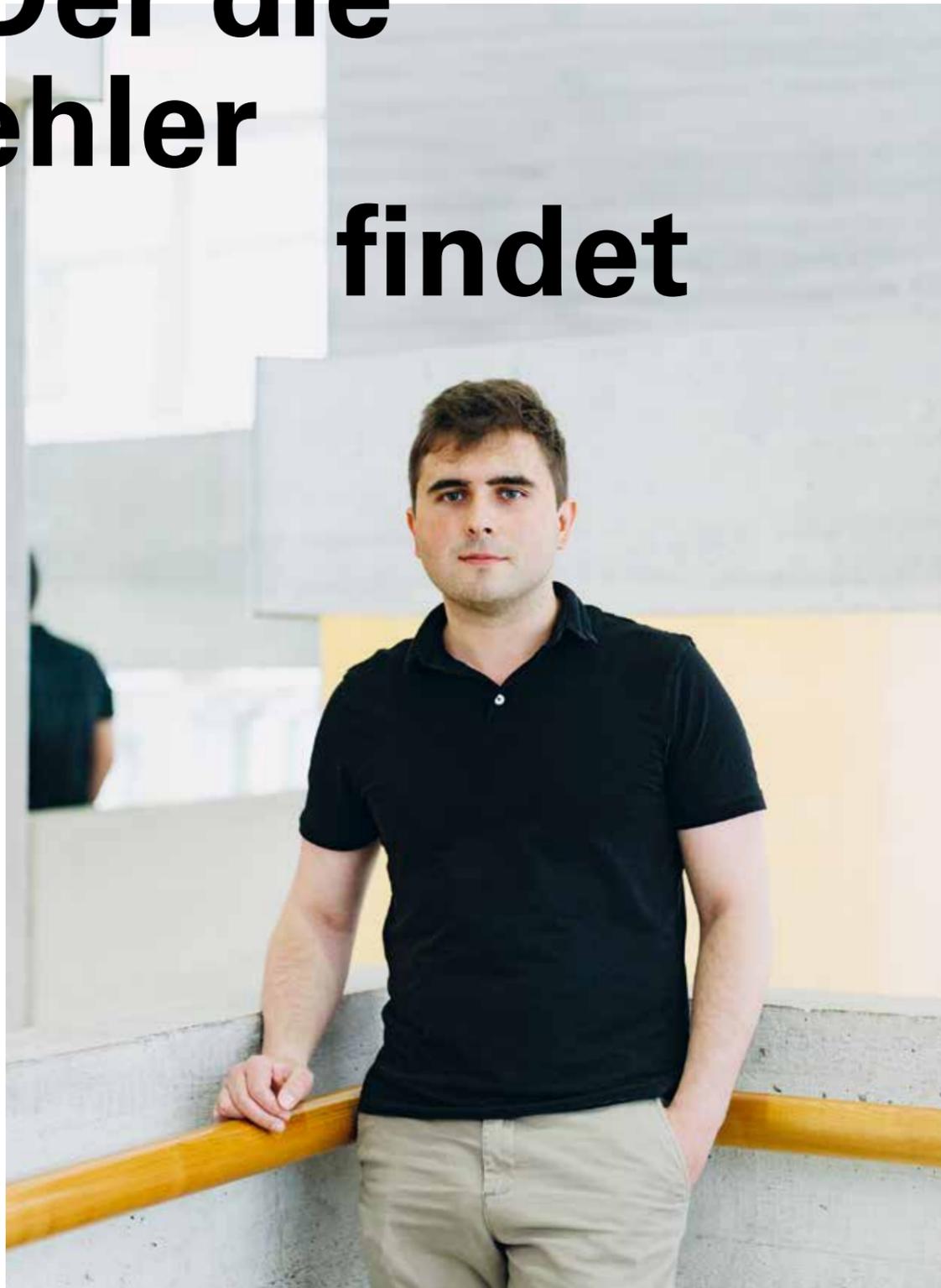


KONTAKT

PROF. DR. BERNHARD MITSCHANG
Mail: bernhard.mitschang@ipvs.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 88449

DR. GABRIELE ERHARDT
Mail: gabriele.erhardt@gsame.uni-stuttgart.de Telefon: +49 711 685 61801

Der die Fehler findet



TEXT: Michael Vogel
FOTOS: Sven Cichowicz

Andrey Morozov erforscht, wie sich cyberphysische Systeme zuverlässiger machen lassen. Für die autonome Fehlersuche nutzt der Juniorprofessor Künstliche Intelligenz.

Im Nachhinein sehen berufliche Laufbahnen oft geradlinig aus – geplant, irgendwie zwangsläufig. In Wahrheit ist es meist anders. „Wenn man jung ist, verfügt man nicht über die nötigen Informationen, um die eigene Karriere tatsächlich planen zu können“, sagt Dr. Andrey Morozov. Doch auch wenn der Informatiker zunächst keinen klaren beruflichen Plan hatte, so war ihm doch bereits im Studium klar, dass er „international“ arbeiten wollte. Dieses Ziel hat er erreicht: Seit April 2020 ist der 36-Jährige Juniorprofessor am Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) der Universität Stuttgart. Es ist eine auf sechs Jahre angelegte Tenure-Track-Stelle. In dieser Zeit muss der junge Wissenschaftler eine neue Professur für vernetzte Automatisierungssysteme aufbauen und festgelegte Ziele in Forschung und Lehre erreichen.

Morozov ist in Ufa geboren, einer russischen Millionenstadt, die durch die Ölindustrie geprägt ist. Rund 500 Kilometer sind es bis zur kasachischen Grenze, ebenfalls 500 Kilometer nach Jekaterinburg oder Kasan. Die Orte gelten in Russland als Nachbarstädte – „russische Dimensionen eben“, sagt Morozov augenzwinkernd. In Ufa ging er zur Schule, anschließend studierte er Informatik und Mathematik an der Ufa State Aviation Technical University. „Meine Universität hatte Verbindungen zum Institut für Automatisierungstechnik der TU Dresden“, erzählt Morozov. „So ergab sich für mich die Chance auf einen Auslandsaufenthalt. Auch meine Diplomarbeit habe ich in Dresden bei Prof. Klaus Janschek geschrieben.“

DAS THEMA DER PROMOTION WEITERENTWICKELT

Während des Studiums arbeitete Morozov nebenbei als Werkstudent bei einem Finanzunternehmen. „Dort musste ich Excel-Skripte automatisieren, was ziemlich langweilig war“, sagt er. „In einem solchen Umfeld wollte ich später nicht tätig sein.“ Nach seinem Diplom 2007 arbeitete er als Softwareentwickler im Bereich Forschung und Entwicklung eines russischen Ölkonzerns. Unternehmen und Morozov – es blieb ein schwieriges Verhältnis. Eine Promotion, am besten im Ausland, erschien ihm als der interessantere Schritt. So bewarb er sich im Rahmen des Erasmus-Programms auf eine Stelle an der TU Dresden.

2009 bekam der damals 24-Jährige die Zusage – die Stelle war aber nur für 34 Monate finanziert, ziemlich knapp für eine Promotion. Morozov schaffte es, am Ende dieser Zeitspanne hatte er den Entwurf seiner Doktorarbeit vorgelegt. Thema war die „Zuverlässigkeit von mechatronischen Systemen“, ein Thema, das auch in seiner jetzigen Tätigkeit eine wichtige Rolle spielt. In seiner Promotion schlug er ein Modell vor, mit dem sich in cyberphysischen Systemen Fehler erkennen lassen. In solchen Systemen sind Software, Elektronik und Mechanik eng miteinander gekoppelt, zudem sind die Systeme vernetzt. Ein Beispiel dafür sind Roboter in der Produktion. Treten in solch komplexen Systemen Störungen auf, ist oft nur schwer nachzuvollziehen, was schiefgelaufen ist. Deshalb sind ausgeklügelte Verfahren zur Fehlererkennung gefragt.

PROJEKTE MIT DLR UND ESA

2012 war Morozov promoviert – und frustriert. „Ich wusste nicht, wie es weitergeht“, erinnert er sich. Er bewarb sich bei Unternehmen in Europa, „doch entweder wollte ich, aber sie nicht, oder sie wollten, aber ich nicht“. Da passte es, dass man ihm in Dresden eine Stelle in einem Projekt über autonome Weltraumroboterfahrzeuge anbot. Finanziert →



Dr. Andrey Morozov

Autonome Fehlererkennung: Morozov mit der von ihm und seinem Team entwickelten „KrakenBox“

„Im Prinzip kombinieren wir den bisherigen klassischen Ansatz zur Fehleranalyse mit Künstlicher Intelligenz.“

→ wurde es durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Partner war die Universität Stuttgart. „Schon während meiner Promotion bin ich mehrfach in Stuttgart gewesen“, erzählt Morozov. Es folgte ein weiteres Projekt, diesmal mit der Europäischen Raumfahrtagentur ESA, erneut ging es um modellbasierte Fehlererkennung und -analyse. „Es war wirklich mein Projekt – meine Idee, mein Forschungsfeld.“

Als Postdoktorand baute Morozov in Dresden eine eigene Forschungsgruppe auf, deren Schwerpunkt auf der modellbasierten Analyse sicherheitskritischer mechatronischer Systeme lag. 2017 entschloss er sich endgültig, eine akademische Laufbahn einzuschlagen. Ein Auslandsaufenthalt in den USA schien daher angebracht. Er ging an die University of California, Los Angeles, und knüpfte dort dauerhafte Kontakte. „Wir arbeiten noch heute zusammen.“ Die Anbahnung des USA-Aufenthaltes war auf einer Konferenz erfolgt, erinnert sich Morozov und betont, wie wichtig der Austausch bei solchen Treffen gerade für den Forschungsnachwuchs sei.

Eine weitere Konferenz erwies sich auch für Morozovs jetzige Stelle als hilfreich. „Am Abend dieser Konferenz in Italien besuchte ich mit einigen Kollegen ein Bistro, wo wir über dies und das redeten“, erzählt er. „Jemand erwähnte den Tenure-Track und ich fragte, was das sei. ‚Das solltest du dir mal anschauen‘, lautete die Empfehlung meines Gegenübers.“ Gesagt, getan. 2019 bewarb sich Morozov auf zwei Juniorprofessuren in Deutschland – eine davon war die in Stuttgart.

Morozov trat die Juniorprofessur an, als die erste Corona-Welle begann. Seine Frau und die drei Kinder, die in der Phase des Umzugs von Dresden nach Stuttgart in Russland blieben, konnten deshalb nicht mehr einreisen. Alle Direktflüge waren gestrichen. Schließlich fanden Morozov und seine Frau doch noch einen Weg: Im September 2020 landete die Familie in Genf, um von dort nach Stuttgart weiterzureisen.

DIE „KRAKENBOX“ ERKENNT FEHLER SELBSTSTÄNDIG

Inzwischen beschäftigt Morozov in seiner Stuttgarter Arbeitsgruppe zwei Doktoranden, zwei weitere stehen in den Startlöchern. Ein erstes Ergebnis des Teams ist die „KrakenBox“ – ein Gerät, das autonom Fehler in industriellen cyberphysischen Systemen erkennt. „Wir identifizieren jene Stellen im System, an denen Fehler auftreten können, und trainieren ein neuronales Netz, das die Fehlerzustände dann ohne unser Zutun erkennt“, erklärt Morozov. Ein Demonstrator analysiert dazu eine realistische Simulation zweier Roboterarme, nachdem er die Daten der virtuellen Sensoren aus der Simulation ausgelesen hat. „Im Prinzip kombinieren wir den bisherigen klassischen Ansatz zur Fehleranalyse mit Künstlicher Intelligenz.“ →

KONTAKT

JUN.-PROF. DR. ANDREY MOROZOV Mail: andrey.morozov@ias.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 67312

DR. ANNETTE ARNOLD

NACHHALTIG AUS PRINZIP

INTERVIEW: Andrea Mayer-Grenu

Klimawandel, Digitalisierung, Pandemiefolgen – die großen Herausforderungen in der Industrie machen auch vor dem Mittelstand nicht Halt. Dr. Annette Arnold, Geschäftsführerin der Alfred Arnold Verladesysteme GmbH & Co. KG und Alumna der Universität Stuttgart, spricht darüber, wie sie ihnen begegnet und gleichzeitig die Familienfreundlichkeit im Unternehmen stärkt.

Frau Arnold, wie stellt man ein traditionsreiches Familienunternehmen für die Zukunft auf?

ANNETTE ARNOLD Die Herausforderungen des Klimawandels sind uns schon lange sehr bewusst und wir haben früh begonnen, uns diesen aktiv zu stellen. Mit Beginn meiner Promotion vor rund 16 Jahren stieg ich in unser Unternehmen ein und konnte nach dem Abschluss den Bau unseres neuen Firmengebäudes federführend leiten – das erste von der EU zertifizierte „Green Building“ in Stuttgart. Ebenso verfügt unser Fuhrpark bereits über zwei vollelektrische Fahrzeuge. Und dies alles kann nur der Anfang sein.

So ist unsere Vision für die Zukunft, umfassend nachhaltig zu arbeiten und zugleich mit Innovationen unser Marktsegment immer wieder neu zu gestalten, um den Anwendern Lösungen zu bieten, die bestmögliche Effizienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit gewährleisten. Es vergeht kein Jahr, in dem wir nicht neue Produkte und Akzente für die Verladezone erfolgreich in den Markt einführen. Dank des technischen Fortschritts und den sich ändernden Rahmenbedingungen bleibt auch für die Zukunft noch vieles zu entdecken.

Vor welchen Herausforderungen steht Arnold Verladesysteme aktuell?

AA Die Pandemie hat uns – wie die meisten – vor unbekannte Herausforderungen gestellt. Gerade unsere grenzüberschreitenden Geschäfte wurden durch Einreisebeschränkungen und Quarantäneregeln stark beeinträchtigt. Die Folgen davon spüren wir bis heute, unter anderem in den Lieferketten und Montageeinsätzen.

Gleichzeitig kämpfen wir mit den Rohstoff-Eskapaden auf dem Weltmarkt. Ob Schaumstoffe, Stahl oder Elektro – überall sehen wir Engpässe und Preissteigerungen in solchen Dimensionen, dass vieles gänzlich neu zu gestalten ist. Verlässliche Planbarkeit bezüglich Kosten und Lieferzeiten war gestern.

Welche Rolle spielt in dieser Situation die Digitalisierung?

AA Es half uns, dass wir in Sachen Digitalisierung bereits vor der Pandemie sehr viel unternommen hatten. So konnte zum Beispiel auch jeder Monteur bereits digital auf →



DR. ANNETTE ARNOLD

Annette Arnold studierte Maschinenbau an der TU Darmstadt und promovierte von 2005 bis 2007 am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart. Seit 2004 ist sie in verschiedenen Bereichen der Alfred Arnold Verladesysteme GmbH & Co. KG tätig, der sie seit 2017 als Geschäftsführerin vorsteht.

Foto: Privat

→ unsere interne Knowledge Base und Collaboration Tools zugreifen, sodass wir die Zusammenarbeit auf Distanz sehr spontan weiter ausbauen konnten. Akut nötig gewordene Neuerungen legen wir dabei grundsätzlich so an, dass wir sie langfristig nutzen können. So ist unser Workflow jetzt noch tiefgreifender digitalisiert, was der Transparenz und Geschwindigkeit der Abläufe zugutekommt. Ein Prozess, der immer weitergeht.

Die Turbulenzen bei der Rohstoffversorgung erfordern zudem neue Controlling-Szenarien im Einkauf. Wir müssen außerordentlich flexibel sein, um auf diese disruptiven Änderungen reagieren zu können, und je besser unsere automatischen Datenauswertungen und Forecasts sind, desto leichter fällt das. Der damit verbundene Mehraufwand an Datenpflege ist allerdings enorm.

Arnold Verladesysteme ist auch im Bereich Forschung und Entwicklung sehr aktiv. Welche Projekte gibt es?

AA Ganz aktuell stellen wir uns vorrangig der Nachhaltigkeit. In puncto Langlebigkeit und Reparaturfähigkeit war dies schon immer unser Grundsatz. Wenn wir nun aber Ressourcen signifikant einsparen und „grün“ werden lassen, dann stehen wir vor neuen Fragestellungen.

So habe ich schon vor Jahren ein Forschungsprojekt geleitet, in dem wir die Verladezone komplett neu gedacht und alle Aufgaben wie Lkw-Rammschutz, Lkw-Standsicherung und Positionierung in allen drei Achsrichtungen in einer neuen Gesamtlösung präsentiert haben. Das spart Zeit und Ressourcen und erhöht die Sicherheit. Diese vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Forschung ließ mir die Ehre zuteilwerden, beim Deutschen Zukunftspreis 2013 als eine der TOP 5-Forschenden ausgezeichnet zu werden.

Der alles umfassende Ansatz ist jedoch nicht für jeden Anwender realisierbar und so arbeiten wir daran, auch für alle Detaillösungen nachhaltige Antworten zu liefern. →

Dr. Annette Arnold

„Oftmals erfordert es Mut, persönliche Ziele verfolgen zu wollen, die den Rollenklischees widersprechen.“

→ **Welche Erfahrungen aus Ihrer Promotion an der Universität Stuttgart fließen in Ihre Arbeit ein?**

AA Da ich meine Doktorarbeit im Bereich der Logistik schrieb, finden sich natürlich viele Aspekte in meiner heutigen Arbeit wieder. Wichtiger als der Inhalt scheint mir jedoch die Geisteshaltung, die man in einer solchen Zeit entwickelt: sich flexibel von vielen Seiten einer komplexen Problemstellung zu nähern, Geduld und Ausdauer zu beweisen im Wissen, dass sich Lösungen nicht über Nacht finden. Dies sind Erfahrungen, die das spätere Arbeiten mitprägen.

Frauen sind trotz vieler Programme und Bemühungen in Ingenieurberufen nach wie vor unterrepräsentiert. Wie ist die Situation bei Arnold Verladestysteme?

AA Unser Unternehmen ist tatsächlich hälftig mit Männern und Frauen besetzt, was aber zu einem gewissen Grad zufällig ist. Allerdings ermuntere ich Studentinnen gezielt zur Mitarbeit in unserem Hause. Generell tun wir sehr viel für die Vereinbarkeit von Familie und Beruf – ganz gleich, ob für Mütter, Väter oder pflegende Angehörige. Wichtige Punkte sind dabei die zeitliche Flexibilität und verlässliche Arbeitszeiten. Präsenzkultur über die reguläre Arbeitszeit hinaus ist bei uns schon lange nicht mehr en vogue – jede*r kann pünktlich vor Kita oder Schule stehen, einen privaten Termin wahrnehmen oder Freizeitaktivitäten nachgehen, ohne Nachteile für seine berufliche Entwicklung fürchten zu müssen. Die Erfahrung zeigt, dass dies für die Vereinbarkeit der verschiedenen Lebensbereiche von großer Bedeutung ist.

Als Mentorin haben Sie Studentinnen und Doktorandinnen an mehreren Universitäten begleitet, auch an der Universität Stuttgart. Was geben Sie jungen Frauen mit auf den Weg?

AA Ich durfte im Rahmen des Mentorings die Vielfalt der Lebensträume und Lebenssituationen von sehr vielen verschiedenen jungen Frauen kennenlernen. Besonders wichtig scheint mir, dass Frauen für sich selbst die grundlegenden Fragen klären: Wer bin ich, wo stehe ich, wo möchte ich hin? Dann ist es meist gar nicht mehr so schwer, den Weg dorthin zu finden. Oftmals erfordert es Mut, persönliche Ziele verfolgen zu wollen, die den Rollenklischees widersprechen. Je individueller und/oder ambitionierter die Ziele sind, desto anspruchsvoller kann der Weg dahin werden. Da darf man dann den Glauben an sich nicht verlieren. Wer trotz Widrigkeiten nicht aufgibt und tatsächlich die Ziele erreicht, lebt meist sehr glücklich – und ist auch ein Vorbild für andere.

Was wünschen Sie sich als Unternehmerin von der Wissenschaft?

AA Wissen sollte freier zugänglich sein. Die Kommerzialisierung von Wissen bereitet mir Sorge – wenn einzelne Ideen nur von einzelnen genutzt werden dürfen, bremst das den Fortschritt aus. Eine finanziell unabhängige Forschung, die nicht auf die Einnahmen aus der Privatwirtschaft in Form von Auftragsforschung oder Patentrechten angewiesen ist, wäre für kleine Unternehmen eine große Verbesserung, da sie sich oftmals die nötige Basisforschung nicht leisten können und somit von bestimmten Entwicklungen von vornherein ausgeschlossen werden. Wenn durch öffentliche Gelder entwickelte Erkenntnisse allen Menschen und Unternehmen barrierefrei offenstehen würden, wären wir heute alle schon viel weiter. →

DR. ANNETTE ARNOLD

„Wir müssen außerordentlich flexibel sein, um auf diese disruptiven Änderungen reagieren zu können.“



Impressum

HERAUSGEBER

Universität Stuttgart
Keplerstraße 7
70174 Stuttgart
Telefon 0711 685-82211
Fax 0711 685-82291
hkom@uni-stuttgart.de
www.uni-stuttgart.de

REDAKTION

Dr. Hans-Herwig Geyer,
Andrea Mayer-Grenu,
FAZIT Communication GmbH

KONZEPT

Fazit Communication GmbH
www.fazit.de

GESTALTUNG

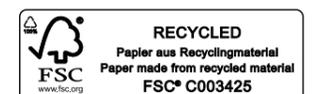
3st kommunikation GmbH
www.3st.de

ANZEIGEN

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
info@alphapublic.de
www.alphapublic.de

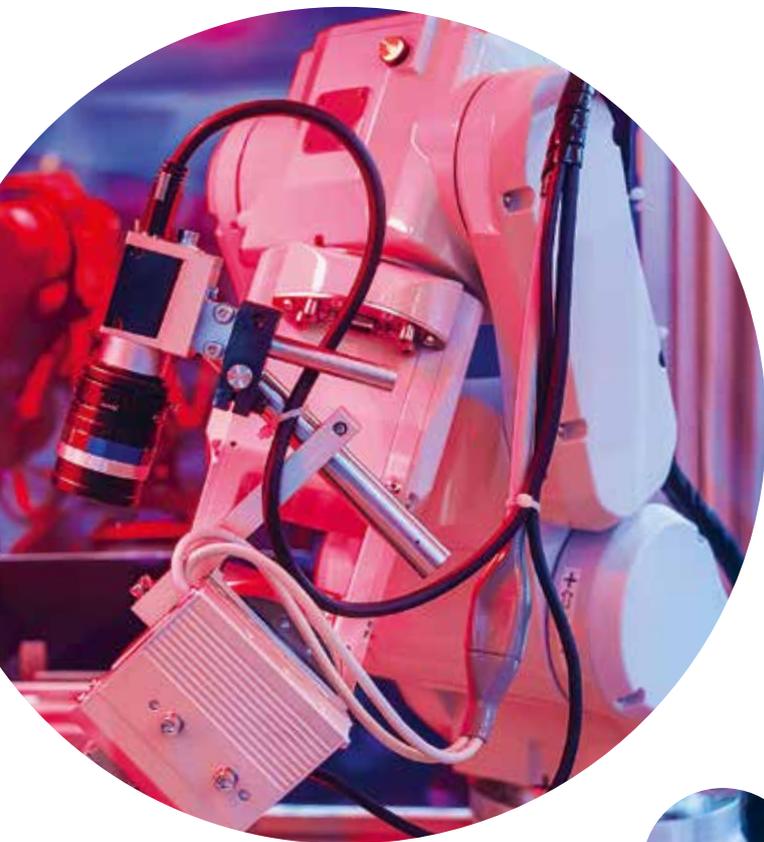
DRUCK

Zarbock GmbH & Co. KG



ZUR ONLINEAUSGABE

<https://www.uni-stuttgart.de/forschung-leben>



Universität Stuttgart
Keplerstraße 7
70174 Stuttgart
www.uni-stuttgart.de