

Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz Universität Hannover
Ausgabe 01|02 • 2019

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



Campus Maschinenbau

[berufsfinder]

Machen Sie uns zur
Plattform für Ihre IT-Karriere.

www.f-i.de/karriere

Jetzt bewerben! Wir suchen:

[zukunftsdefiniierer]

[zielfixierer]

[zertifizierer]

[lösungsfinder]

[profiakteure]



Editorial

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

der Maschinenbau ist bei der Leibniz Universität sozusagen in der DNA angelegt, denn in ihren Ursprüngen geht sie auf eine höhere Gewerbeschule, ab 1879 auf eine „Königliche Technische Hochschule“ zurück. Heute sind etwa 3800 der Studierenden, das sind rund 13 Prozent, für das Fach Maschinenbau eingeschrieben; andere Fächer wie etwa Jura, Wirtschaftswissenschaften oder die Lehramtsausbildung haben zu einer breiteren Aufstellung der Leibniz Universität geführt.

Bis heute spielt der Maschinenbau eine bestimmende Rolle und ist innerhalb der Leibniz Universität ein Schwerpunkt: drittmittelstark mit internationalem Ruf. Gleiches gilt außerhalb der Universität: Hier werden Fachkräfte für die Technikunternehmen ausgebildet, Know-how und Forschungsergebnisse werden auch durch Kooperationen und Ausgründungen transferiert. Die Fakultät ist Impulsgeber, sie strahlt aus in die Region und weit darüber hinaus.

Der Campus Maschinenbau Garbsen (CMG), die Zusammenführung der zwanzig Institute der Fakultät für Maschinenbau an einem Standort, ist das größte universitäre Bauvorhaben in Niedersachsen. Es führt weiter, was bereits vor fast 50 Jahren als städtebauliches Konzept begann und mit dem Bau des Produk-

tionstechnischen Zentrums 2004 einen vorläufigen Zwischenstand erreicht hatte. Nun verzahnen modernste Ausstattung und Strukturen Forschung, Anwendung und Transfer.

Der Campus war baulich eine große Herausforderung. Keine Selbstverständlichkeit und daher umso erfreulicher ist es, dass er zeitlich im geplanten Rahmen geblieben ist. Die Herausforderungen und der Gewinn lagen aber nicht nur im Baulichen: Es entsteht ein wissenschaftlicher Mehrwert bei der Konzeption, Planung und Nutzung von gemeinsamen Forschungsstrukturen.

Möglich wurde dies alles durch ein positives, konstruktives Zusammenwirken aller Akteure von der beteiligten Landesregierung, unserem Baumanagement sowie allen Planern und Ausführenden, den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die in jeder Phase eng beteiligt waren, den Studierenden bis hin zur Stadt Garbsen, die die verkehrliche Anbindung und Infrastruktur plante und umsetzte.

In dieser gegenwärtigen Dynamik stellen sich auch Weichen für die Zukunft: Der nächste Forschungsbau ist bereits in Planung. Der Campus Maschinenbau Garbsen markiert nicht das Ende der Entwicklung, sondern ist ein Meilenstein auf dem Weg in die Exzellenz.



Viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen

Prof. Dr. Volker Epping
Präsident der
Leibniz Universität Hannover



Investieren Sie in Ihre Weiterbildung
bei einem zuverlässigen Partner!

Wir beraten Sie gern
zur richtigen Seminarwahl:
www.lzh-laser-akademie.de
kontakt@lzh-laser-akademie.de
0511-2771729



Beratung im Studium

Berufliche Entscheidungshilfe und Unterstützung bei Studienzweifeln

Terminvereinbarung: 0800 4 5555 00 (kostenfrei); Mail: Hannover.Studium@arbeitsagentur.de
Offene Sprechzeit, ab Mai immer Donnerstags von 12-14 Uhr im BiZ, Escherstr. 17, 30169 Hannover
Veranstaltungen finden Sie unter vdb.arbeitsagentur.de



Bundesagentur für Arbeit
bringt weiter.



DIK – Kompetenz in Kautschuk und Elastomeren

Das DIK bietet ein breites Forschungs- und Leistungsspektrum

- Werkstoffcharakterisierung
- Neue Materialien
- Werkstoffentwicklung
- Lebensdauervorhersage/Alterung
- Aus- und Weiterbildung
- Simulation
- Umweltaspekte
- „Leachables“ in Polymerwerkstoffen



Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.

30519 Hannover
Eupener Straße 33
Tel: +49 (0)511/84201-16
PR-DIK@DIKkautschuk.de

Campus Maschinenbau Garbsen

Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz
Universität Hannover • ISSN 1616-4075

Herausgeber

Das Präsidium der Leibniz Universität
Hannover

Redaktion

Monika Wegener (Leitung),
Dr. Anette Schröder

Anschrift der Redaktion

Leibniz Universität Hannover
Alumnibüro
Welfengarten 1
D-30167 Hannover

Anzeigenverwaltung/Herstellung

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
Finkenstr. 10
D-68623 Lampertheim
Telefon: 06206 939-0
Telefax: 06206 939-232
Internet: www.alphapublic.de

Titelabbildung

Leibniz Universität Hannover

Das Forschungsmagazin Unimagazin
erscheint zweimal im Jahr. Nachdruck
einzelner Artikel, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung der Redaktion.
Für den Inhalt der Beiträge sind die
jeweiligen Autoren verantwortlich.

Björn Thümler

Niedersächsischer Minister für Wissenschaft
und Kultur

- 5 ... **Ein Leuchtturm in der Hochschullandschaft**
Maschinenbau als wichtiger Industriezweig
der deutschen Wirtschaft

Volker Müller

Hauptgeschäftsführer der Unternehmer-
verbände Niedersachsen e.V. (UVN)

- 7 ... **Eine neue Nachwuchsschmiede für
Niedersachsen**
Der Campus Maschinenbau in Garbsen

Jörg Wallaschek

Institut für Dynamik und Schwingungen

- 8 ... **Von der Nordstadt nach Garbsen**
Ein Blick in die Geschichte der Fakultät
für Maschinenbau

Horst Bauer und Heiner Bente

Dezernat für Gebäudemanagement

- 12 ... **Think big**
Das größte Hochschulbauprojekt
Niedersachsens festigt den Spitzenplatz der
Leibniz Universität

Philipp Auer

Architekturbüro Auer Weber

- 16 ... **Von Perspektiven und Klangfarben**
Gedanken zum Entwurf

Eckhard Stasch

Fakultät für Maschinenbau

- 20 ... **Gut angebunden forschen und studieren**
Die richtige Infrastruktur macht es möglich

Malte Stonis | Jan Jocker

Geschäftsführer IPH und TEWISS

- 24 ... **Als Vermittler tätig**
Die Ausgründungen IPH und TEWISS

BEITRÄGE AUS DER AKTUELLEN FORSCHUNG

Bernhard Roth et al.

Geschäftsführer des Hannoverschen Zentrums
für Optische Technologien (HOT)

- 30 ... **Innovative Optik und Photonik für breite
Anwendungen**
Das Hannoversche Zentrum für Optische
Technologien HOT forscht jenseits von
Disziplingrenzen

Annika Raatz et al.

Vorstandssprecherin Mechatronik Zentrum
Hannover (MZH), Institut für Montagetechnik

- 36 ... **Gemeinsam stark**
Das MZH als Bindeglied von Forschung,
Lehre und Wissenstransfer

Annika Raatz | Serhat Ibrahim | Mats Wiese

Institut für Montagetechnik

- 42 ... **Von steif zu weich**
Das Schwerpunktprogramm
„Soft Material Robotic Systems“

Peter Wriggers | Christian Weißenfels

Institut für Kontinuumsmechanik

- 46 ... **Das Graduiertenkolleg „ViVaCE“**
Internationale Spitzenforschung im Bereich
simulationsgesteuerte Entwicklung neuer
Materialien und Strukturen

Bernd-Arno Behrens et al.

Institut für Umformtechnik

- 50 ... **Der Sonderforschungsbereich 1153**
Hybride Massivbauteile

Jörg Seume | Berend Denkena |

Ulrich Hartmann

Institut für Turbomaschinen und Fluid-
Dynamik, Institut für Fertigungstechnik

- 56 ... **Reparieren statt Ersetzen**
Über die Regeneration komplexer
Investitionsgüter

Sebastian Dikty et al.

Geschäftsführer des Exzellenzclusters
PhoenixD

- 60 ... **PhoenixD**
Neue Wege in der Präzisionsoptik

- 66 ... **Personalia und Preise**



Über 4000 waren schon da.
Wann streckst du deine Antennen nach uns aus?

Geo++ ist weltweit führender Entwickler von Software für hochgenaue GNSS-Positionierung. Unsere Technologie steckt hinter den professionellsten Korrekturdatendiensten, die u.a. im Vermessungswesen und der Fahrzeugpositionierung genutzt werden. Sie ermöglicht auch die Roboterkalibrierung von GNSS-Antennen auf unserem Dach in Garbsen.

Geo++ GmbH, Steinriede 8, 30827 Garbsen Tel: 05131/4689-0

Geo++®
www.geopp.de



mehr als 30 Jahre

UP^{IS1}
KEEP MOVING!

INTERSTUHL.COM/UP

UNSER PREIS

99,-

EURO ZZGL. MWST

ENJOY SEATING PERFORMANCE.



PRODUCT DESIGN: ID AID, SVEN VON BOETTICHER

BSJ

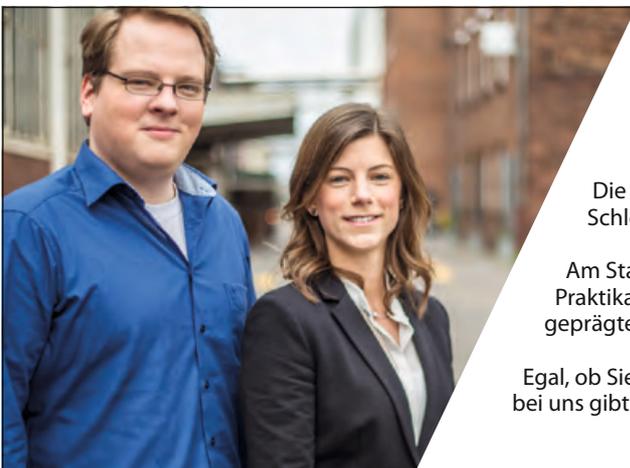
BÜRO SYSTEME JÄKEL

WIR RICHTEN IHR BÜRO EIN!

BSJ Büro Systeme Jäkel GmbH
Lilienthalstraße 1 · 30916 Isernhagen
Tel. 05 11 / 61 68 03-0

Öffnungszeiten:
Mo-Do 8:00-16:30 Uhr · Fr 8:00-15:00 Uhr · Sa 10:00-13:00 Uhr
oder nach Vereinbarung

www.bsj-gmbh.de



VSM
WE KNOW ABRASIVES

Die VSM AG gehört weltweit zu den führenden Herstellern von flexiblen Schleifmitteln für Industrie, Fachhandwerk und Fachhandel.

Am Stammsitz in Hannover mit seinen rund 500 Mitarbeitenden bieten wir Praktika, Werkstudentenjobs und Jobs als Berufseinsteiger in einem international geprägten Umfeld.

Egal, ob Sie aus einem betriebswirtschaftlichen oder technischen Bereich kommen, bei uns gibt es vielfältige Einstiegsmöglichkeiten. Mehr unter www.vsmabrasives.de

Ein Leuchtturm in der Hochschullandschaft

MASCHINENBAU ALS WICHTIGER INDUSTRIEZWEIG DER DEUTSCHEN WIRTSCHAFT

Vieles klingt wie Zukunftsmusik, was am Produktionstechnischen Zentrum (PZH) der Universität Hannover entwickelt wird: optische Systeme, die Blut analysieren und Krebszellen messen, kommunikationsfähige Maschinen, die untereinander und mit dem zu bearbeitenden Werkstück intelligent vernetzt sind, Implantate aus Materialien, die sich nach der Heilung im Körper auflösen. Die Produktion von morgen ist smart, ressourcenschonend und vernetzt. Am PZH werden die Grundlagen dafür gelegt. Hier arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an innovativen und effizienten Lösungen.

Die Leibniz Universität verfügt mit dem PZH über eines der bedeutendsten Forschungszentren für Produktionstechnik in Deutschland. Die Einrichtung ist Teil des Campus Maschinenbau Garbsen, der nun (im September) offiziell eröffnet wird. Der Maschinenbau nimmt an der Leibniz Universität eine herausragende Position ein.

Hier ist die Produktion der Zukunft bereits lange vor der Erfindung des Begriffs »Industrie 4.0« vorgedacht worden. 2004 wurde der Neubau des PZH fertiggestellt; die ersten sieben Institute des Bereichs Produktionstechnik und Logistik konnten von ihren Einzelstandorten in der Nordstadt dorthin verlagert werden. Dieser Umzug war aber nur der erste Schritt, um die Vielfalt des Maschinenbaus an einem Ort zu bündeln. Im Herbst folgen jetzt weitere elf Institute der Bereiche Energie- und Prozesstechnik sowie Konstruktion und Entwicklung. Durch diese Konzentration entsteht ein zukunftsfähiges Umfeld für erfolgreiches, forschungsnahes Lernen und für Forschung auf internationalem Spitzenniveau, mit ausreichenden Freiräumen für Austausch, Kommunikation und konstruktives Miteinander.

Der Maschinenbau gehört zu den wichtigsten Industriezweigen des deutschen Wirtschaftssystems. Mit dem Campus Maschinenbau kann die Leibniz Universität ihre herausragende Position insbesondere in der Spitzenforschung, aber auch in der Lehre weiter festigen und das bestehende Potenzial ausbauen. Ein solches Angebot stärkt nicht nur die Studierenden auf ihrem Weg zum erfolgreichen Abschluss, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit der Universität. Als Motor der Regionalentwicklung hat der Campus Maschinenbau zudem eine hohe Bedeutung für die Fachkräftesicherung.

Niedersachsen hat das Projekt großzügig finanziell flankiert. Die hohe Landesinvestition von mehr als 150 Millionen Euro in den Maschinenbaustandort Garbsen ist hervorragend angelegtes Geld. Dies zeigt insbesondere auch der große Erfolg in der bundesweiten Exzellenzstrategie mit dem Cluster PhoenixD. In diesem Projekt forschen Spitzenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler des Maschinenbaus unter anderem mit Kolleginnen und Kollegen der Physik und der Elektrotechnik interdisziplinär an der ingenieurwissenschaftlichen Anwendung von Photonik und Optik. Die Verzahnung von Forschung, Fabrikation und Anwendung optischer Systeme revolutioniert die Wissenschaft und birgt zudem großes wirtschaftliches Potenzial, denn vielfältige Anwendungen in wichtigen Lebensbereichen wie der Landwirtschaft, dem Umweltschutz und der Medizin sind möglich.

Mit dem Campus Maschinenbau wird die Produktionstechnik weiter gestärkt, und es werden exzellente Bedingungen für Forschung und Lehre geschaffen. Damit wird Niedersachsen auch in Zukunft ein Leuchtturm der Produktionstechnik bleiben, von dem starke wirtschaftliche Impulse ausgehen.



Björn Thümmler
Niedersächsischer Minister
für Wissenschaft
und Kultur



**Mein Beitrag:
Automatisierungs-
projekte ohne Grenzen
realisieren**

Senta Pietschmann,
Ingenieurin im
Vertriebsmarketing

Zukunftsgestalter gesucht

Phoenix Contact ist ein unabhängiger Global Player. Kreative Lösungen aus Verbindungstechnik, Elektronik und Automation werden weltweit von über 17.400 begeisterten Menschen entwickelt, produziert und vertrieben. Unsere Arbeit verstehen wir als Beitrag zur Gestaltung einer smarten Welt.



Werden auch Sie Zukunftsgestalter:
phoenixcontact.de/karriereblog



Eine neue Nachwuchsschmiede für Niedersachsen

DER CAMPUS MASCHINENBAU IN GARBSEN

Fachkräfte dringend gesucht! Die Industrie in Niedersachsen hat ein Nachwuchsproblem, vor allem in technischen Berufen. Doch Niedersachsen wirkt diesem Trend entgegen: In Garbsen können ab Herbst Maschinenbauerinnen und Maschinenbauer an einer der modernsten Einrichtungen des Landes studieren. Mögen sie erfolgreich erfinden, entwickeln, bauen und gründen!

Auf dem Campus Maschinenbau Garbsen, dem größten Neubauprojekt der Leibniz Universität, werden insgesamt 20 Institute der Fakultät für Maschinenbau an einem Ort zusammengeführt. Dort werden vom Wintersemester 2019/20 an etwa 5.300 Studierende und Beschäftigte lernen, lehren, forschen und arbeiten. Mit dem »CMG« steigert die Leibniz Universität ihre Attraktivität für junge Talente, für kreative und schlaue Köpfe, für die Forscherinnen und Forscher sowie für die Erfinderinnen und Erfinder von morgen enorm.

Wir sind auf Fachkräfte angewiesen, um den Fortbestand unseres Wohlstandes zu sichern. Dass der Maschinenbau eine verlässliche Säule der Wirtschaft in Niedersachsen ist, erkennen wir am Zuwachs von 33 Prozent im Vergleich zum Vorjahr bei den Auftragseingängen im September 2018. Zugleich suchen die niedersächsischen Unternehmen händeringend nach Personal, vor allem in technischen Berufen für die vernetzte und ressourcenschonende Produktion in der Industrie 4.0.

Neben der Ausbildung hat der Wissenschaftstransfer höchste Priorität. So erschließt das Produktionstechnische Zentrum Hannover (PZH) als »Kompetenzzentrum Mittelstand: IT-gestützte Produktion und Industrie 4.0« mittelständischen Unternehmen und dem Handwerk die Potenziale einer digitalen, vernetzten Wirtschaft.

Die Fachkräfte von morgen, die auf dem neuen Campus ausgebildet werden, erfinden, entwickeln und bauen die Maschinen der Zukunft. Dazu benötigen sie neben technischem Handwerkszeug und Wissen auch Entdeckergeist und unternehmerisches Denken. Damit die Wirtschaft auch weiterhin wachsen kann, brauchen wir Gründer, die mit Mut und Erfindungsreichtum neue Maschinen entwickeln und sich ihre Ideen patentieren lassen.

Durch die neuen Möglichkeiten in Lehre und Forschung wird der Studiengang Maschinenbau in Hannover zur Keimzelle für wirtschaftliche Erneuerung. Der Bund und das Land Niedersachsen investieren gemeinsam 150 Millionen Euro – das ist hervorragend investiertes Geld: für Forschung und Lehre, für die Ausbildung, für die Fachkräftegewinnung und für wirtschaftliches Wachstum.

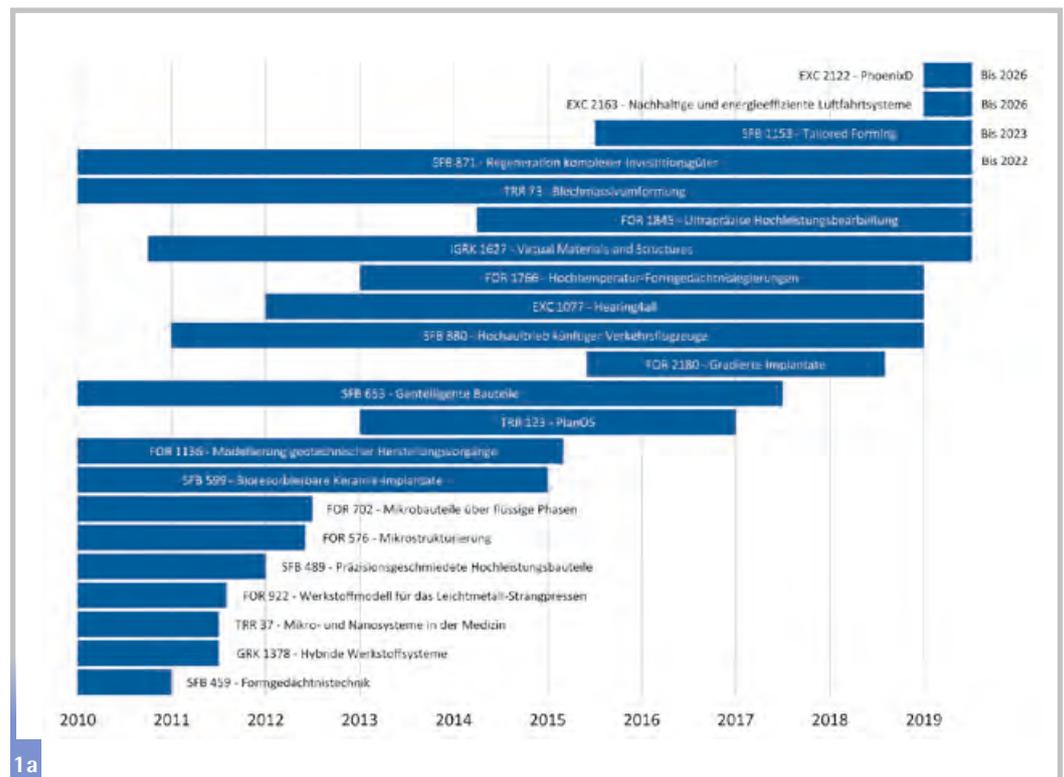


Dr. Volker Müller
Hauptgeschäftsführer
der Unternehmensverbände
Niedersachsen e.V. (UVN)
und Vorstandsvorsitzender
der Leibniz Universitätsgesellschaft

Von der Nordstadt nach Garbsen

EIN BLICK IN DIE GESCHICHTE DER FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU

Mit dem Umzug an den Campus Garbsen werden alle Institute der Fakultät Maschinenbau an einem Ort vereint. Für über 4.000 Personen wird dieser Ort künftig den Mittelpunkt ihrer Arbeit darstellen. Ob der Tag der offiziellen Eröffnung, der 19. September 2019, in gleicher Weise in die Geschichte eingehen wird wie der 2. Mai 1831, als die heutige Leibniz-Universität als „Höhere Gewerbeschule“ in Hannover gegründet wurde, wird sich zeigen. Sicher ist jedoch, dass mit dem Umzug nach Garbsen eine neue Phase in der Entwicklung der Fakultät beginnt.



Die Fakultät für Maschinenbau zählt zu den national und international führenden Institutionen ihres Faches. In unseren Studiengängen sind derzeit 3.800 Studierenden eingeschrieben, womit die Fakultät fast 13 Prozent der Studierenden der Universität stellt. In der Forschung sind wir maßgeblich an den Exzellenzclustern PhoenixD („Photonics, Optics, and Engineering - Innovation Across Disciplines“) und SE2A („Sustainable and Energy Efficient Aviation“) beteiligt. Hinzu kommen drei durch die Deutsche For-

schungsgemeinschaft (DFG) geförderte Sonderforschungsbereiche und ein Transregio. Mit jährlich rund 36 Millionen Euro Drittmittelannahmen und 70 Promotionen pro Jahr bei nur 20 Professorinnen und Professoren sind wir die forschungstärkste Maschinenbau-Fakultät in Deutschland, wenn man die spezifischen Kennzahlen zugrundelegt. Unsere Lehr- und Forschungsqualität ist durch den Fakultätentag für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (FTMV) mit dem Gütesiegel zertifiziert.

Die 20 Institute des Maschinenbaus sind in die drei Bereiche: „Produktionstechnik und Logistik“, „Energie- und Verfahrenstechnik“ sowie „Konstruktion und Entwicklung“ geordnet. Im DFG-Förderatlas belegt der Bereich der Produktionstechnik und Logistik zurzeit deutschlandweit Platz 2 und in der Konstruktion und Entwicklung liegen wir auf Platz 5 in Deutschland.

Die Anfänge des Maschinenbaus gehen in Hannover auf Karl Karmarsch zurück, den ersten Direktor der 1831 ge-

gründeten Höheren Gewerbeschule. Sein Bestreben, selbstständig und ganzheitlich denkende Ingenieure auszubilden, gilt auch heute als Leitbild für die Lehre im Maschinenbau. Die 1831 gegründete Höhere Gewerbeschule war so erfolgreich, dass sie schon 1837 in ein neues Gebäude in der Marktstraße umzog und im Jahr 1847 in Polytechnische Hochschule umbenannt wurde; 1879 erhielt sie die Bezeichnung Königliche

demische Grad des Diploms (Dipl.-Ing.) und der akademische Titel des Doktors (Dr.-Ing.) verliehen werden. Das starke Wachstum des Wissens führte dazu, dass im Maschinenbau schon 1903 vier Fachrichtungen eingeführt wurden: Maschineningenieur, Verkehrsmaschinenbauingenieur, Laboratoriumsingenieur und Verwaltungsingenieur. Nach dem Ersten Weltkrieg stieg das Interesse am Maschi-

an der Technischen Hochschule Hannover eingeschrieben waren. Das lag unter anderem auch daran, dass die Chancen auf dem Arbeitsmarkt für junge Ingenieure damals sehr schlecht waren. Zudem bedeutete ein Studium durch Studiengebühren, Prüfungs- und Materialkosten einen hohen finanziellen Aufwand, den sich viele nicht leisten konnten. Zu Kriegsbeginn im Jahr 1939 waren nur noch knapp 1.000 Stu-

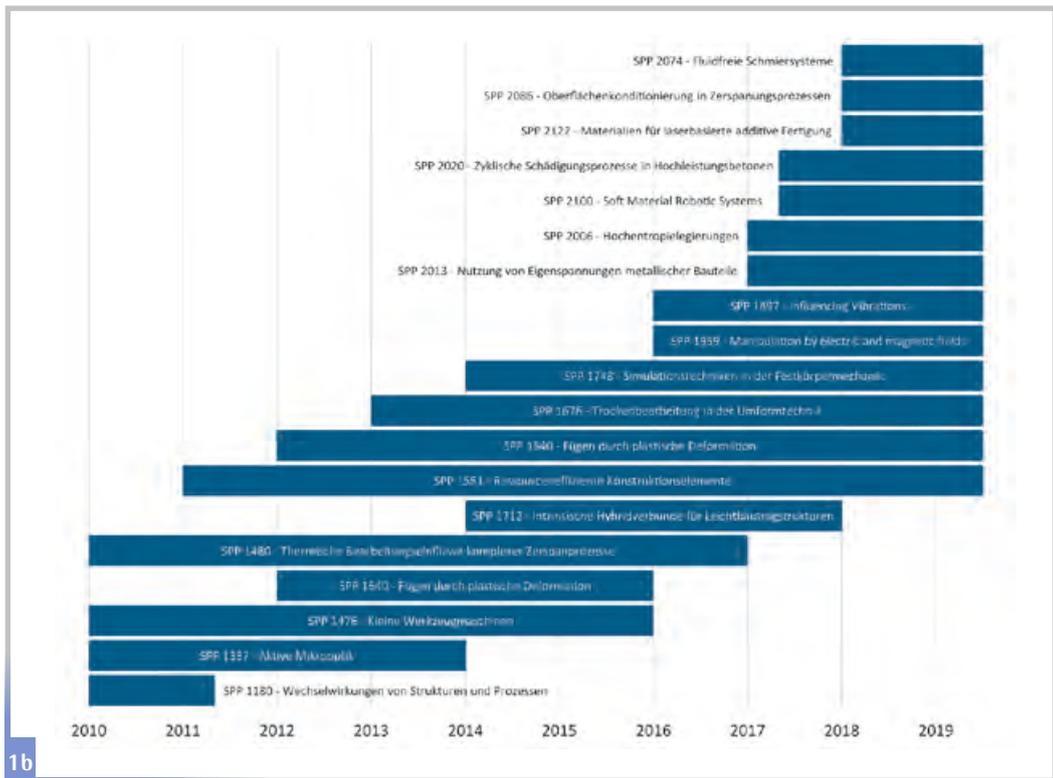


Abbildung 1a
Beteiligung der Fakultät für Maschinenbau an DFG-Projekten

Abbildung 1b
Beteiligung der Fakultät für Maschinenbau an DFG-Schwerpunktprogramme (SPP) bis 2019

Technische Hochschule und unterstand damit dem preußischen Ministerium in Berlin. Das Maschinenbauingenieurwesen war eine von vier Abteilungen, in der 1881 vier Professoren, zwei Privatdozenten und zwei Assistenten unterrichteten. Die Zahl der Studenten war inzwischen bereits auf über 600 angestiegen.

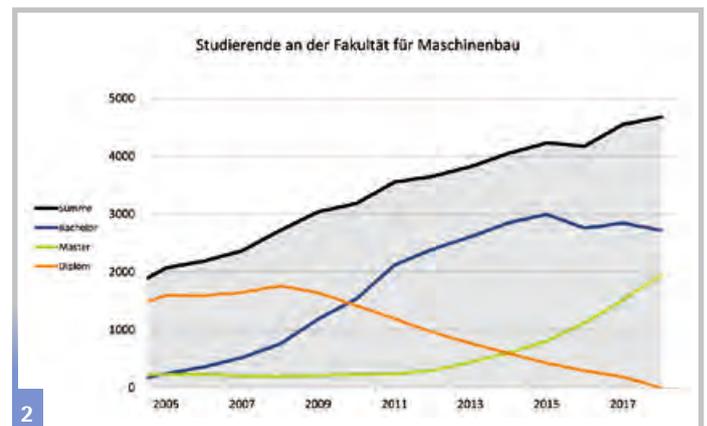
Ein wichtiger Meilenstein in der Geschichte war die Gleichstellung der Technischen Hochschulen mit den Universitäten im Jahr 1899. In der Folge konnten in Hannover der aka-

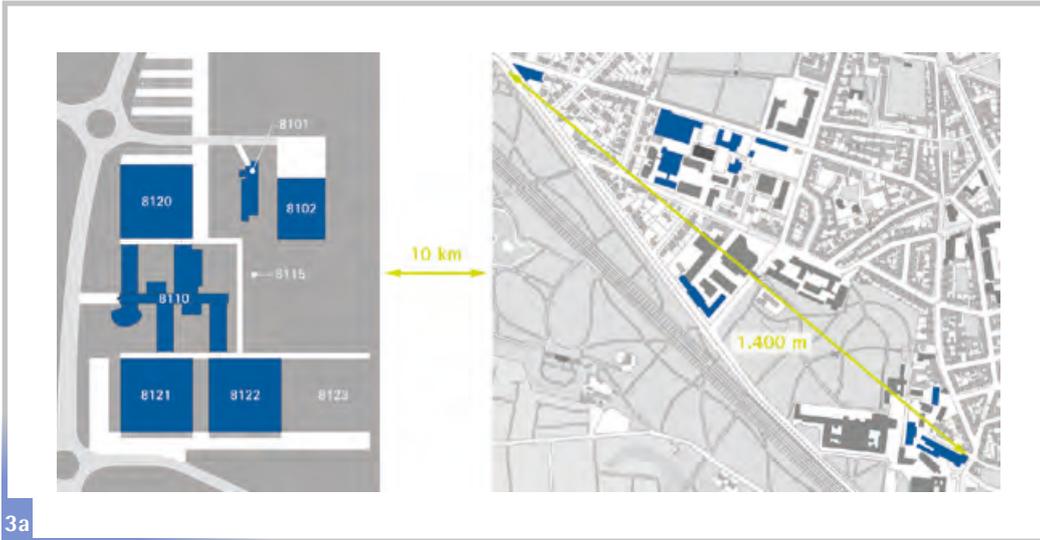
neningenieurwesen stark an und in der Folge wuchs die Zahl der eingeschriebenen Studierenden erneut. 1922 fand eine Neugliederung der Technischen Hochschule statt, und der Maschinenbau wurde mit der Elektrotechnik in der Fakultät für Maschinenwesen (und Elektrotechnik) zusammengefasst.

Nachdem die Studierendenzahlen Anfang der zwanziger Jahre mit gut 2.800 einen Höhepunkt erreicht hatten, wurden es von dem Zeitpunkt an immer weniger Studenten, die

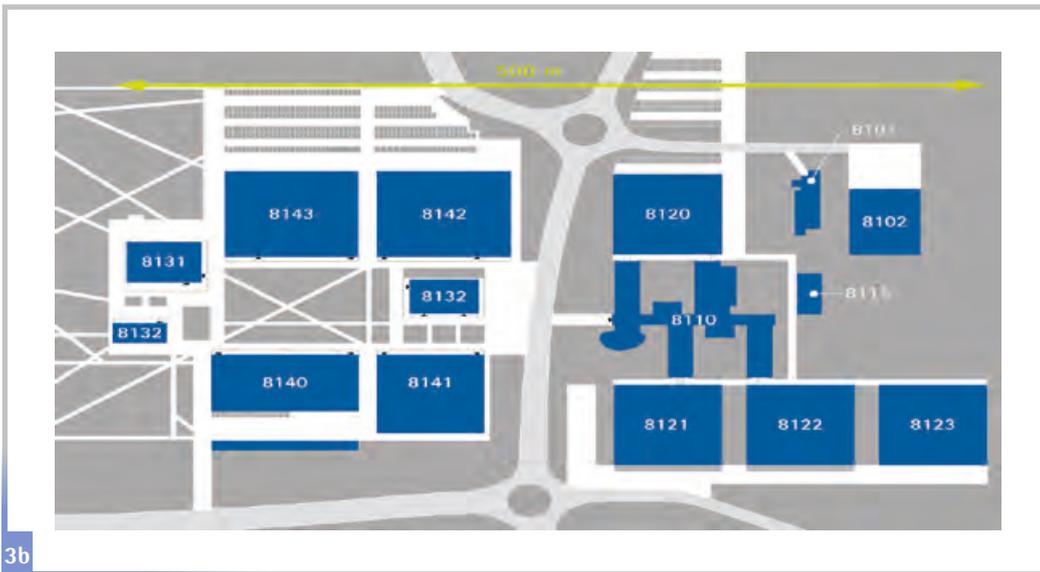
an der TH Hannover immatrikuliert.

Abbildung 2
Zahl der Studierenden nach Abschlüssen





3a



3b

Abbildung 3a und 3b
Heute sind die Institutsgebäude des Maschinenbaus in der ganzen Nordstadt und teilweise in Garbsen verteilt (3a). Nach dem Umzug zum CMG werden die Wege in Garbsen bedeutend kürzer sein (3b).

Während der NS-Zeit bis zum Ende des Krieges war die Technische Hochschule ein Teil des nationalsozialistischen Staates: Viele technischnaturwissenschaftliche Institute waren an Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Wehrmacht und die Rüstungsindustrie beteiligt, Professoren wurden gezwungen, die Hochschule verlassen, Studierende abgewiesen oder exmatrikuliert – ein dunkles Kapitel in der Hochschulgeschichte, welches die Leibniz Universität in den vergangenen Jahren immer wieder hat aufarbeiten lassen.

Hannover und die Technische Hochschule wurden im Zweiten Weltkrieg sehr stark zerstört und der Wiederaufbau nach Kriegsende gestaltete sich schwierig. Nicht nur das Welfenschloss war zur Hälfte zerstört, auch viele Institute waren nicht mehr nutzbar. Der Hochschulbetrieb, der 1946 seinen Vorlesungsbetrieb wiederaufnahm, litt noch lange unter den behelfsmäßigen Bedingungen.

Doch es ging es schnell wieder aufwärts. In den fünfziger Jahren stiegen die Studierendenzahlen wieder deutlich an:

zwischen 1949 und 1960 von 1.620 auf 4.187.

Auch der Maschinenbau konnte sich aufgrund des hohen Bedarfes an technischen Erzeugnissen schnell erholen. Im Jahre 1955 wurde die erste Saalgemeinschaft gegründet. Die von Studierenden selbst verwalteten Arbeitsräume haben so klangvolle Namen wie „Düse“, „Kette“ oder „Exzenter“. Sie sind bis heute - und werden dies auch in Zukunft am Maschinenbau Campus Garbsen sein – für viele Studierende Treffpunkt, Lernort, Infobörse, Projektraum, kurz: Lebensmittelpunkt während der Studienzeiten. In dieser Qualität sucht das Konzept der selbstverwalteten Saalgemeinschaften seinesgleichen in Deutschland.

Ausgelöst durch die 1968er Bewegung erfolgten Umstrukturierungen der Fachbereiche und Fakultäten sowie die Umbenennung der Technischen Hochschule in Technische Universität. 1978 erhielt die Technische Universität die Bezeichnung Universität Hannover. Seit 2006 heißt sie Gottfried Wilhelm Leibniz Universität. Ihre ingenieurwissenschaftlichen Wurzeln und ihre fachliche Prägung in den Ingenieurwissenschaften sind aber auch heute noch klar erkennbar.

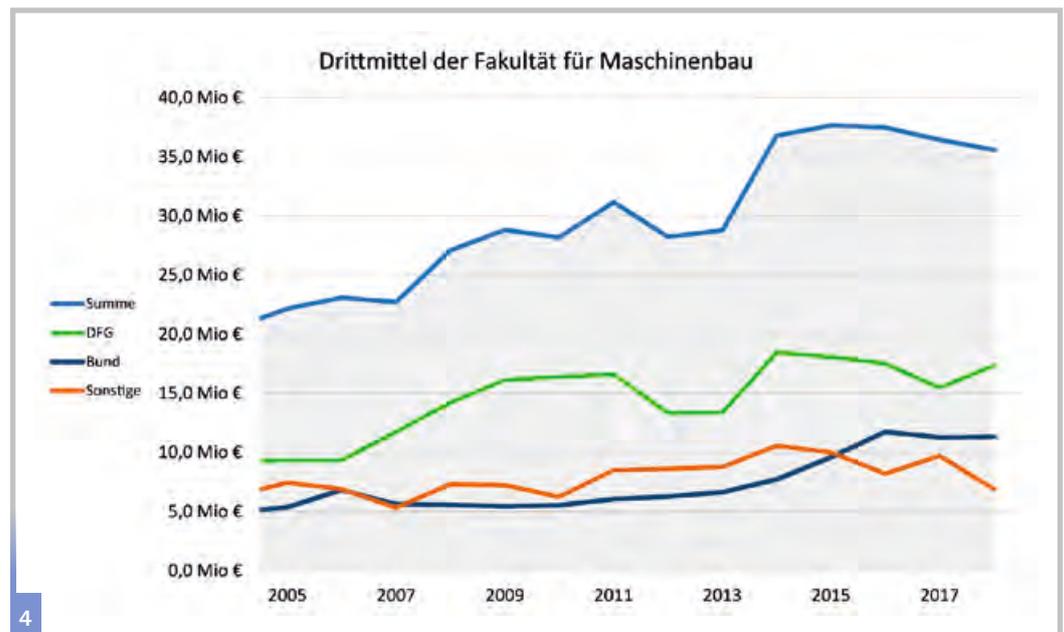
Für den Maschinenbau waren die Jahre nach 1970 trotz großer Erfolge in der Wissenschaft von Raumnot geprägt. Die Institute waren zerstreut in verschiedenen Stadtteilen untergebracht, die Studierenden, Mitarbeiter und Professoren mussten unter schwierigen Rahmenbedingungen arbeiten. Hinzu kamen Mitte der 1990er Jahre rigorose Sparauflagen des Ministeriums für Wissenschaft und Kultur, die zur Schließung vieler Institute führten. Der damit verbundene Verlust von etwa einem Viertel der Substanz stellte

einen folgenschweren Einschnitt dar.

Eine erste räumliche Erweiterung für den Maschinenbau erfolgte dann 1997, als das sogenannte Unterwassertechnikum der Universität Hannover (UWTH) seinen Betrieb im Garbsen aufnahm. Kurz danach konkretisierte sich die Vision eines Produktionstechnischen Zentrums (PZH), das schließlich im Jahre 2004 in Garbsen angesiedelt wurde. Dort sind seitdem die Institute aus dem Bereich Produktion und Logistik zuhause.

Mit dem Umzug der restlichen Institute wird die Fakultät Maschinenbau nun am Standort Garbsen wieder räumlich zusammengeführt. Was bedeutet das für die weitere Entwicklung und wie geht es nun weiter?

Der wichtigste Punkt ist die Erweiterung der Forschungsmöglichkeiten der Fakultät, insbesondere durch den Forschungsbau „Dynamik der Energiewandlung“, aber auch durch die neuen, genau auf die Bedürfnisse der Institute zugeschnittenen Labore und Versuchshallen mit modernster Infrastruktur. Damit wurden die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, um die positive Entwicklung der vergangenen Jahre, die von großen Erfolgen bei der Einwerbung von Sonderforschungsbereichen und in der Exzellenzinitiative geprägt waren, fortsetzen zu können. In diesem Zusammenhang kommt auch dem Forschungsbau „Skalierbare Produktionssysteme der Zukunft (scale)“, der bis 2023 auf dem Campus Garbsen entstehen soll, eine wichtige Rolle zu. Hier sollen künftig skalunenabhängige Produktionstechniken erforscht werden.



Nicht zu unterschätzen ist aber auch die in Garbsen geschaffene räumliche Nähe und die damit verbundene sichtbare Einheit der Fakultät, die auch dadurch unterstrichen wird, dass der größte Teil der akademischen Lehre vor Ort stattfinden wird. Der Campus Garbsen wird damit zu dem Ort, an dem Maschinenbau gelebt wird, und an dem unsere Studierenden schon während des Studiums an die Spitze der Forschung herangeführt werden. Ein Campus „nur für den Maschinenbau“ hat aber nicht nur Chancen, sondern auch Risiken. Die Herausforderungen unserer Welt sind interdisziplinär. Der Maschinenbau ist unter den Wissenschaftsdisziplinen das, was unter den Musikern der Dirigent ist. Im Maschinenbau und durch den Maschinenbau werden die Erkenntnisse vieler anderer Disziplinen zu einem funktionsfähigen Ganzen zusammengeführt. Dementsprechend wichtig ist der Austausch mit den anderen Fächern der Leibniz Universität.

Abbildung 4
Eingeworbene Drittmittel der Fakultät für Maschinenbau

Hier ist zu hoffen, dass für den neuen Campus eine noch bessere verkehrstechnische Anbindung geschaffen wird. Gleichzeitig wird es spannend sein, zu beobachten, wie sich die Infrastruktur rund um den Campus entwickelt. Mit einem Studierendenwohnheim und einer Kindertagesstätte sind die ersten Schritte bereits getan und es zeigt sich, dass der Umzug des Maschinenbaus nach Garbsen nicht der Abschluss, sondern der Anfang einer Entwicklung ist.



**Prof. Dr.-Ing. habil.
Jörg Wallaschek**

Jahrgang 1960, leitet seit 2007 das Institut für Dynamik und Schwingungen der Fakultät für Maschinenbau an der Leibniz Universität Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte sind Piezo- und Ultraschalltechnik, Kontaktmechanik und Reibung sowie Schwingungen mechanischer und elektromechanischer Systeme. Er ist Mitglied des Vorstandes der beiden Sonderforschungsbereiche 871 (Regeneration komplexer Investitionsgüter) und 1153 (Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming). Seit 2015 ist er Dekan der Fakultät Maschinenbau. Kontakt: wallaschek@ids.uni-hannover.de

Think big

DAS GRÖSSTE HOCHSCHULBAUPROJEKT NIEDERSACHSENS FESTIGT DEN SPITZENPLATZ DER LEIBNIZ UNIVERSITÄT

Nach 20 Jahren ist es soweit. Erstmals in der mehr als 175jährigen Geschichte der Leibniz Universität Hannover (LUH) sind alle Institute der Fakultät Maschinenbau, in eigens für sie errichteten Gebäuden, an einem Standort zusammengeführt. Horst Bauer, Leiter des Gebäudemanagements und stellvertretender Vizepräsident sowie Mitarbeiter Heiner Bente geben einen Einblick in die Planung und Abwicklung dieses Großprojektes.



Die etwa 30 Hektar große Gesamtfläche des Universitätsbereichs Garbsen-Mitte ist im Flächennutzungsplan der Stadt Garbsen als Sonderbaufläche Universität ausgewiesen. Der Bebauungsplan Nr.1/49 „Erweiterung Sondergebiet Universität“ vom 8. September 2014 ist die Planungsgrundlage für den seit 2015 in Bau befindlichen 2. Bauabschnitt (BA) der Fakultät für Maschinenbau. Die Errichtung des „Campus Maschinenbau Garbsen“ (Arbeitstitel: CMG) mit dem Forschungsbau „Dynamik der Energiewandlung“ (Arbeitstitel: DEW) gilt als Meilenstein in der baulichen Entwicklung der Leibniz Universität Hannover.

Die Geschichte der Planung begann bereits Ende der 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts, als deutlich wurde, dass der Hauptstandort der damaligen Technischen Universität in der Nordstadt Hannovers nicht ausreichen würde, um den Entwicklungsbedarf der Hochschule im vollen Umfang realisieren zu können. 1970 wurde ein städtebauliches Strukturkonzept entwickelt, das die Auslagerung größerer Teile der Universität ermöglichen sollte. Damit konnte die gemeinsam von den Professoren Spengelin und Nagel entwickelte Wissenschaftsachse der Universität Hannover, die am Conti-Campus am Königsworther Platz in Hannover beginnt, in Garbsen-Mitte

einen würdigen Abschluss finden.

1977 legten das Land Niedersachsen und die Stadt Garbsen fest, die Flächen zwischen Schönebecker Allee, Walter-Koch- und Havelser Straße für die Universität vorzuhalten. Die Professoren Haferkamp, Tönshoff und Wiendahl waren in der Fakultät für Maschinenbau die treibenden Kräfte für die Weiterentwicklung der Campusedee. Auf Grundlage eines weiteren städtebaulichen Entwicklungskonzepts des Instituts für Städtebau der Universität Hannover aus dem Jahr 1993, entstanden 1997 das Untertwassertechnikum Hannover (UWTH) und 2004 das Produktionstechnische Zentrum

Hannover (PZH) am Standort Garbsen.

Gleichzeitig wurde die Verlagerung der in der Nordstadt verbliebenen Maschinenbau-Institute auf das Erweiterungsgelände in Garbsen durch das Land Niedersachsen eingefordert und durch den Wissenschaftsrat mit den Empfehlungen zum 32. Rahmenplan für den Hochschulbau 2003-2006 bestätigt.

meinsamen Standort. Die stadträumlichen Rahmenbedingungen, die insbesondere im Hinblick auf die verkehrliche Erschließung und auf die Arrondierung zum baulichen Bestand zusammen mit der Stadt Garbsen entwickelt wurden, ermöglichen sogar zusätzlich das Potenzial künftiger baulicher Ergänzungen. In dem 2012 europaweit ausgelobten Generalplaner-Wettbewerb wurde das renommierte Archi-

lauftechnik auf den neuen Campus. Die Architekten haben beim CMG sieben Gebäude um eine gemeinsame grüne Campusmitte platziert: drei Institutsbauten, das Forschungsgelände DEW, ein Hörsaalgebäude, eine Mensa und ein Studierendenzentrum. Die stadträumliche Figur des von Auer Weber entworfenen Gebäudeensembles bildet mit seinen Freiflächen im Außenbereich Orte für Begegnung und



Abbildung 1
Erdbauarbeiten – Einbau von Rüttelstopfsäulen – Sommer 2016 – Blick von Norden auf das Baugebiet.

Foto: Schütt-Ingenieurbau, Münster

Abbildung 2
Rohbauphase der Gebäude 8142 und 8143 – Frühling 2017 – Blick Richtung PZH. Vorne rechts ist das das IK-Haus für die Studierenden und links daneben die Mensa, oben zentral das Hörsaalgebäude.

Foto: Schütt-Ingenieurbau, Münster

2009 wurde mit den Planungen für einen 2. Bauabschnitt in Garbsen begonnen. Zunächst wurde in einer Machbarkeitsstudie überprüft, ob hierfür eine Lösung im Rahmen einer Öffentlich Privaten Partnerschaft (ÖPP) in Betracht kommen würde und ob diese wirtschaftlich vertretbar sei. 2012 hat das Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) des Landes Niedersachsen, wie schon 2001 beim PZH, entschieden, der Leibniz Universität Hannover die Bauherrenschaft für dieses Projekt zu übertragen.

Mit dem neuen Campus in Garbsen bündeln sich nun alle Fachinhalte und Forschungsschwerpunkte der Fakultät für Maschinenbau an einem ge-

tekturbüro Auer Weber aus München für die Entwurfsaufgabe einer Maschinenbau-Campusidee gewonnen. Auf der neun Hektar großen Grundstücksfläche sind in etwa dreieinhalb Jahren Bauzeit, parallel acht große Gebäude entstanden. Der 2. Bauabschnitt der Fakultät für Maschinenbau ist nur durch die umgestaltete Straße ‚An der Universität‘ und die sogenannte PLAZA vom 1. Bauabschnitt, dem PZH, getrennt. Die sieben im PZH befindlichen Institute der Produktionstechnik und Logistik werden durch elf Institute der Bereiche Energie- und Verfahrenstechnik sowie Konstruktion und Entwicklung ergänzt. Zusätzlich zieht das neue Institut für Kunststoff- und Kreis-

Interaktion. In den Häusern dienen Flure und Foyers nicht nur als Transferraum, sondern darüber hinaus als Orte für Kommunikation und Aufenthalt (zum Beispiel als Lernraum). Über die zur Campusmitte orientierten Kolonnaden können alle Häuser weitgehend witterungsgeschützt erreicht werden. Die Campuswiese versteht sich als zentraler Kommunikationsort der Fakultät im Sommer, in den kalten Monaten übernimmt diese Funktion der *Spine* im PZH.

Ein am südlichen Rand des Campus gelegenes Technikgebäude versorgt über einen Infrastrukturmedienring die etwa 20.750 Quadratmeter Hauptnutzfläche der Gebäude mit Strom, Kühlwasser, Kalt-

wasser, Druckluft und Versuchsgasen. Die hochkomplexen Anlagen sind versorgungstechnisch seit 2013 von Planern, Nutzern und Betriebstechnikern zusammen mit den Fachfirmen, den Stadtwerken Garbsen, dem Wasserverband Garbsen-Neustadt und der Stadt Garbsen entwickelt, geplant und umgesetzt worden. Das im Forschungsbau befindliche Großgerät übt bei Vollastbetrieb

20 Bauleiterinnen und Bauleitern, als auch den ausführenden Firmen Handlungsanleitungen für die erforderlichen Arbeiten an die Hand zu geben. Zu Spitzenzeiten arbeiten etwa 250 Handwerker – zeitweise auch nachts und am Wochenende – auf der Baustelle. Eine besondere Herausforderung war die Logistik der angelieferten Baustoffe und Technikteile sowie die Koordination aller Gewerke in den

endmontiert. Für die längsten Teile, die etwa 33,5 Meter langen Betondachträger der Halle des Gebäudes 8143, mussten Schwerlast-Nachttransporte durchgeführt werden. Die Zahlen für den Ausbau beeindrucken: Einbau von 1.800 Fenstern und 550 Außen- und Innentüren, Montage von etwa 8.000 Quadratmetern Blechfassade, Installation von 1.000 Kilometer Kabel in Kabeltrassen und 15.000 Metern DN 600 Rohren. Bei den Dacharbeiten wurden von den Handwerkern mehr als 21.000 Quadratmeter Dachflächen mit Folien-, Bitumenbahnen und Kies eingedeckt, 174 Lichtkuppeln sowie 2,5 Kilometer Attiken wurden verbaut. Im Innenausbau sind durch die beauftragte Trockenbaufirma etwa 80.000 Quadratmeter Gipskarton und 3.000 Quadratmeter Zementbauplatten in die Gebäude eingebracht worden. Hinzu kommen etwa 55.000 Meter Wandprofile und 20.000 Quadratmeter Mineralwolle, die montiert und verarbeitet wurden. Etwa eine Millionen Schrauben fixieren die Gipskartonplatten mittlerweile an den Trockenbau-Unterkonstruktionen.



Abbildung 3
Abschluss der Fassaden- und Dacharbeiten – Frühsommer 2018 – Blick von Westen auf das Baugebiet. Ganz hinten ist der markante Eingang des PZH zu sehen.

Foto: Jan Schlegel/PZH

Abbildung 4
Gebäudeausbauphase und Bau der Außenanlagen – Frühling 2019 – Blick von Südosten auf das Baugebiet. IK-Haus und Mensa sind hinten rechts zu erkennen.

Foto: Jan Schlegel/PZH

einen erheblichen Einfluss auf die gesamte Energieversorgung der Stadt Garbsen aus. Etwa ein Viertel des gesamten städtischen Verbrauchs von Garbsen wird zeitweise durch den Betrieb des neuen Campus für Maschinenbau erzeugt. Allein das Großgerät hat einen Verbrauch von etwa 6-7 Megawatt.

Bis zur Fertigstellung des Campus waren 70 unterschiedliche Gewerke vom Erdbauunternehmen über Rohbauunternehmen bis zum Dachdecker, Kühltechniker, Hersteller für Schließanlagen, Küchensbauer und Gärtner auf der Baustelle tätig. Tausende Übersichts-, Ausführungs- und Detailpläne wurden von Planern erstellt, um sowohl den etwa

unterschiedlichen Jahreszeiten und über die verschiedenen Baustellenphasen. Mit dem Spatenstich am 15. Dezember 2015 begannen die Grund- und Erdarbeiten des Projekts. In neun Monaten wurden allein etwa 6.650 Kies-Rüttelstopfsäulen als Gründungsmaßnahme zur Stabilisierung des Baugrunds im Erdboden eingebracht. Das anschließende Rohbaugewerk brauchte etwa 13 Monate, um Fundamente, Bodenplatten, Gruben, Keller und die Tragwerkstrukturen der acht Gebäude zu erstellen. Es wurden etwa 4.500 Tonnen Stahl und 23.600 Kubikmeter Ortbeton verbaut. In einem Betonwerk in Liebenau wurden zusätzlich etwa 2.100 Betonfertigteile gefertigt, zur Baustelle angeliefert und

Parallel zu den Innenausbauten wurden in den Außenanlagen des Campus etwa 25.000 Kubikmeter Boden bewegt, 2.000 Meter Entwässerungsrinnen gesetzt und 15.000 Quadratmeter Platten verlegt. Die reine Bauzeit der technisch anspruchsvollen Campusanlage hat vom Spatenstich bis zur Übergabe des Neubaus 44 Monate gedauert und ist damit im kalkulierten Zeitrahmen geblieben. Die Gesamtkosten des vom Land und vom Bund finanzierten Bauvorhabens wurden zu Beginn des Projekts 2014 inklusive Ersteinrichtungskosten auf 142,9 Millionen Euro festgesetzt (dies gilt ohne Baupreissteigerungen und Risiken, die 2014 allein auf 17 Millionen Euro geschätzt wurden).

Mit der Fertigstellung und dem Start in das Wintersemester 2019/2020 liegen die reinen Baukosten bei etwa 122 Millionen Euro. Die Gesamtkosten des Neubaus 2. Bauabschnitt für die Fakultät für Maschinenbau belaufen sich aufgrund der eingetretenen Risiken und allgemeinen Baukostensteigerungen auf etwa 172 Millionen Euro. Der aus Bundesmitteln nach Art. 91b Grundgesetz geförderte For-

bauliche Maßnahmen der Universität wurden bereits in der Auslobung zum 1. Bauabschnitt (PZH) im Jahre 2001 und auch im 2. Bauabschnitt (CMG/DEW) im Jahre 2013 gelegt. Die Region Hannover und die Stadt Garbsen sehen am neuen Technologiestandort „An der Universität“ die Initialzündung für ergänzende universitätsnahe Maschinenbau-Ausgründungen und Erweiterungen. Mit dem Kauf

System der Region Hannover und der ÜSTRA zur Verfügung. Der öffentliche Nahverkehr bindet den neuen Campus mit Haltepunkt im Bereich der Campus-PLAZA an die Landeshauptstadt Hannover und damit an die übrigen Universitätsstandorte an.

Die Baumaßnahme für die Fakultät für Maschinenbau der Leibniz Universität in Garbsen ist zurzeit das größte



**Leitender Regierungsdirektor
Dipl.-Verwaltungswirt (FH)
Horst Bauer**

Jahrgang 1952, Leiter des Dezernats 3 Gebäudemanagement seit 1999 und Vertreter des Hauptberuflichen Vizepräsidenten der Leibniz Universität Hannover seit 01.06.2006. Kontakt: horst.bauer@zuv.uni-hannover.de



schungsbau DEW, der ein spezielles Großgerät, eine Großkompressorstation zum dynamischen Antrieb von Turbomaschinen und Kraftwerksprüfständen beinhaltet, ist in den Gesamtbaukosten enthalten. Das Großgerät allein wurde schon bei der Antragstellung mit etwa 15,2 Millionen Euro veranschlagt. Bei Fertigstellung liegen die Kosten des Großgeräts bei knapp unter 19 Millionen Euro.

Ende 2019 startet, unmittelbar nach der Übergabe des CMG und des Forschungsbaus DEW, als nächste Maßnahme der Forschungsbau „Skalierbare Produktionssysteme der Zukunft“ (SCALE) östlich vom PZH. Denkansätze und Vorbereitungen für weitere

eines westlich vom Campus gelegenen Grundstücks haben die Stadt Garbsen und die Region Hannover hierfür bereits Vorsorge getroffen. Parallel zur Baumaßnahme für den Maschinenbau sind nordwestlich des Campusgrundstücks seit 2017 zwei weitere Gebäude entstanden: Ein mit 165 Kleinwohnungen ausgestattetes privat finanziertes Appartementhaus für Studierende, das durch das Studentenwerk Hannover betrieben wird und eine von der Stadt Garbsen errichtete Kindertagesstätte, die die Kinderbetreuung für Universitätsangehörige und Studierende anbieten wird. Für Pendlerinnen und Pendler steht von Beginn des Wintersemesters 2019/20 ein kombiniertes Stadtbahn-Pendelbus-

Hochschulbauvorhaben in Niedersachsen. Die Leibniz Universität Hannover will mit dem Campus Maschinenbau Garbsen und der damit geschaffenen Infrastruktur ihren Spitzenplatz in der Liga der deutschen Universitäten festigen und ausbauen. Unmittelbar nach dem Umzug der elf Maschinenbau-Institute folgen der Umbau, die Sanierung und die Nachnutzung der in der Nordstadt Hannovers frei gewordenen Flächen für andere Fakultäten und zentrale universitäre Einrichtungen.



Dipl.-Ing. Arch. Heiner Bente

Jahrgang 1965, ist Projektleiter im SG33 des Dezernats 3 der Leibniz Universität Hannover. Zurzeit hat er die Leitung auf Seiten der LUH im Projekt CMG (Schwerpunkt Hochbau) inne. Seine Arbeitsschwerpunkte sind stadträumliche Entwicklung, Architektur, Landschaftsarchitektur und verkehrliche Erschließung. Kontakt: Heiner.Bente@zuv.uni-hannover.de

Von Perspektiven und Klangfarben

GEDANKEN ZUM ENTWURF

Eine ganze Fakultät soll umziehen und sich an einem neuen Ort in neu zu errichtenden Gebäuden zusammenfinden. Die Ansprüche und Erwartungen sind entsprechend hoch, schließlich handelt es sich bei einem so großen Umzug nicht nur um die bloße Konzentration von Instituten an einem Standort. Wie muss ein moderner Campus aussehen, der Zusammenarbeit, Interdisziplinarität und insbesondere den Gedanken der Vernetzung, bestmöglich abbildet? Das Architekturbüro Auer Weber über das architektonisch-landschaftliche Ensemble des Campus Maschinenbau Garbsen.



In Zeiten von Exzellenzstrategien, Bildungsinitiativen und Hochschulrankings kommt der Hochschularchitektur und ihrer stadträumlichen wie gesellschaftlichen Einbindung eine immer größere Bedeutung zu. Denn schon längst beschränkt sich das Suchprofil der Studierenden nicht mehr nur auf das Lehrangebot, sondern ausschlaggebend werden immer mehr so genannte „weiche Faktoren“: Wo werde ich wohnen? Wie sieht die Innenstadt aus? Wo geht man abends hin? Was kann ich in meiner Freizeit unternehmen? Und nicht zuletzt: Wie sieht die Hochschule eigentlich aus, an der ich einen großen Teil

meiner Studienzeit verbringen werde? Erst die Mischung aus all den genannten Faktoren führt dazu, dass man sich mit dem Hochschulstandort identifiziert, dass man am Ende glücklich ist, dort studieren zu können.

Eine Hochschule muss heute viel mehr leisten als die simple Addition von Funktionen. Denn das Angebot einer modernen und wettbewerbsfähigen Institution umfasst nicht nur die bloße Bereitstellung von ausreichend großen und gut ausgestatteten Räumlichkeiten. Und auch die Qualität der Lehre bemisst sich nur zum Teil am Renommee des

Lehrpersonals. Es ist die konzentrierte Anordnung von Instituten an einem einzigen Standort und die damit einhergehende räumlich und technisch enge Vernetzung, die die gewünschten Synergien in Forschung und Lehre erzeugen.

Im Frühjahr 2013 wurden wir zur Teilnahme am Wettbewerb für den zweiten Bauabschnitt des Campus Maschinenbau am Standort Garbsen eingeladen, mit dem die Leibniz Universität Hannover künftig einen Ort mit hervorragenden Ausbildungs- und Forschungsbedingungen für die einzelnen Institute bereit-

stellen will. Den räumlichen Zusammenhängen und der damit einhergehenden interdisziplinären Zusammenarbeit innerhalb der gesamten Fakultät kommt dabei die allerhöchste Bedeutung zu.

Doch wie muss ein moderner Campus aussehen, der die genannten Aspekte, insbesondere den Gedanken der Vernetzung, bestmöglich abbildet? Die bloße Konzentration von

te sie in Interaktion treten. Die Gliederung der Fassaden der Institutsbauten in ein robustes Rahmenwerk mit durchgängigen Kolonnaden Richtung Campusmitte und die als „Tische“ eingestellten Sonderbauten der Mensa und des Hörsaalgebäudes waren die logische Konsequenz dieser Überlegungen: Transparenz als verbindendes architektonisches Gestaltungselement.

ce“ gäbe, hier darf er gelebt werden.

Architektonisch drängt sich die technische Ausstattung des Campus nicht in den Vordergrund, denn wir verstehen die Gebäude in ihrer kraftvollen und doch zurückhaltenden Erscheinung eher als „Plattformen der Möglichkeiten“, als „Forschungs-Werkstätten“ im Wortsinn. Gerade diesen Kontrast wollten wir

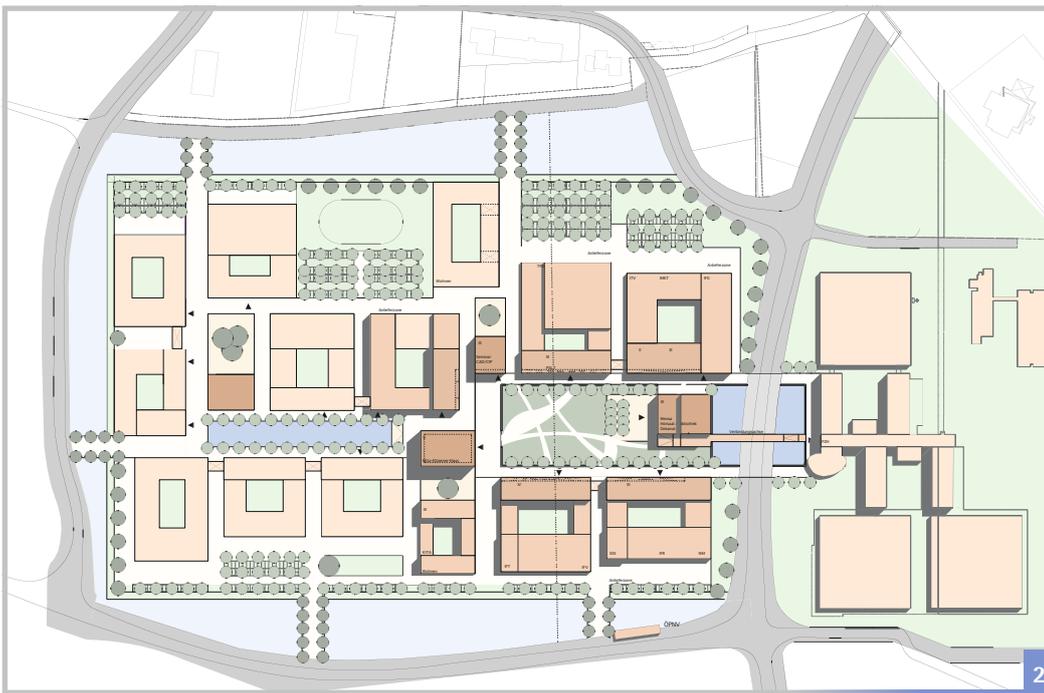


Abbildung 1
Visualisierung des Entwurfskonzepts
Foto: © Auer Weber

Abbildung 2
Lageplan, städtebaulicher Masterplan; die helleren Gebäude auf der linken Seite des Plans gibt es (noch) nicht.
Foto: O&O Baukunst



Abbildung 3
Blick ins Foyer des Hörsaalgebäudes
Foto: © Auer Weber

Instituten an einem Standort reicht dafür ja noch nicht aus. Mit dem städtebaulichen Masterplan von O&O Baukunst als Grundlage für den Wettbewerb lag da bereits ein starkes Grundgerüst für einen lebendigen Hochschulstandort vor: Ein großer zentraler Campus mit viel Grün, um den sich sowohl das bestehende Produktionstechnische Zentrum Hannover (PZH) als auch die Institutsbauten und das Forschungsgebäude DEW anordnen. Es war zunächst dieses großzügige Freiraumangebot im Zentrum der Anlage, das uns faszinierte – ihm sollte sich die Architektur unterordnen, mit ihm soll-

Das Ergebnis des Planungsprozesses, der in enger Abstimmung mit den Nutzern erfolgte, ist ein kompakt organisiertes Raumgefüge mit Forschungseinrichtungen auf allerhöchstem technischem Niveau. Dem gegenüber zeigen sich die großzügigen, mehrgeschossigen Foyers, der Speisesaal und das Hörsaalgebäude als lichtdurchflutete Treffpunkte. Es ist diese Dualität, die den Charme des neuen Campus ausmacht: Konzentriertes Arbeiten am Prüfstand wechselt sich ab mit ungewungenem Austausch im gläsernen „Pavillon“ auf der Campuswiese: Wenn es den Begriff „Research-Life-Balan-

herausarbeiten: Präzision und Hochtechnologie der technischen Anlagen treffen auf handwerklich bearbeitete Flächen und eine spürbare Robustheit der Gebäude, die in ihrer Rauigkeit einen fließenden Übergang zu den umgebenden Freiflächen bilden und mit ihnen zu einer Gesamtkomposition verschmelzen. Das Äußere der Gebäude sollte nur zum Teil vorwegnehmen, was in ihrem Inneren passiert.

Der Werkstattcharakter bestimmt aber auch die Innenraumgestaltung, und zwar nicht nur in den Forschungs- und Laborflächen, sondern in



Abbildung 4:
Robustheit innen
(Forschungsgebäude)
Foto: © Auer Weber

Abbildung 5:
Robustheit außen
(Fassadendetail)
Foto: © Auer Weber

allen Bereichen des Campus. Ob studentischer Arbeitssaal oder Einzelbüro der Verwaltung – Sichtbetonflächen, zum Teil offen geführte Installationen und unverkleidete Deckenuntersichten werden zum alle Gebäude verbindenden Standard und stärken den Plattformgedanken.

Jedes Gebäude am Campus Maschinenbau, angefangen vom bestehenden PZH im Osten bis hin zum Studierendenzentrum im Westen, das den vorläufigen Abschluss der Campuserweiterung im zweiten Bauabschnitt bildet, ist ein eigenständiger Baustein innerhalb eines großen gestalterischen Ganzen, sozusagen ein eigenständiges Mitglied einer Familie. Bei der Entwicklung des Farb- und Materialkonzepts für den Campus, für das wir den Schweizer Künstler Jörg Niederberger gewinnen konnten und das an den Außenwänden mit strukturierten Putzflächen und zweischichtigen Farbaufträgen arbeitet, ging es uns dabei immer um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen individuellem Ausdruck des Einzelgebäudes auf der einen Seite und Gesamtklang des Ensembles auf der

anderen. Nicht von ungefähr benutze ich an dieser Stelle die Begriffe „Klang“ und „Ensemble“, denn ich möchte unsere Herangehensweise durchaus als etwas Musikalisches beschreiben. Farbklang, Klangfarbe – die Begriffe und die Art der Wahrnehmung sind durchaus verwandt. Und es geht um Individuum und Gemeinschaft – gerade auf einem Forschungscampus sollten beide ein „klingendes“ Verhältnis eingehen können.

Die Oberflächenstrukturen in Kombination mit den bichromen Farbaufträgen, die die Gebäude je nach Blickwinkel in unterschiedlich kräftigen Farbtönen aufleuchten lassen, können insofern als gestalterischer Hinweis verstanden werden, dass auch in Wissenschaft und Forschung unterschiedliche Fragestellungen und Sichtweisen zu überraschenden und immer wieder neuen Erkenntnissen führen können.

Die räumliche Tiefe der Wandstrukturen und die Gebäudegrundfarben, die sich im Gebäudeinneren in Form von Betonlasuren und farbig abgetönten Wandfarben fort-

setzen, schaffen unterschiedliche Identitäten innerhalb eines großen Ganzen, zugleich jedoch bilden die korrespondierenden Farben der äußeren Farbschichten eine verbindende Klammer zwischen den Gebäuden.

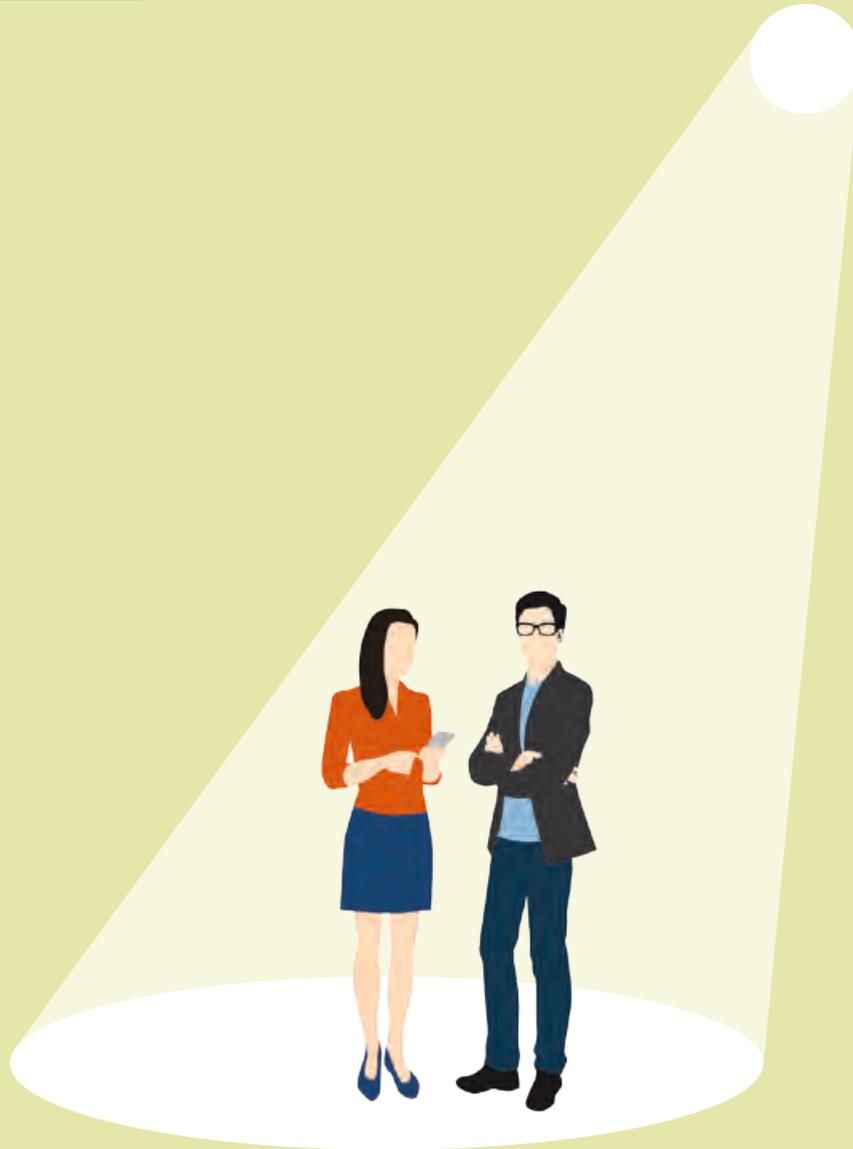
Nicht zuletzt die Freiflächengestaltung von Rainer Schmidt Landschaftsarchitekten, die eine große verbindende Grünfläche mit locker eingestellten Bäumen und improvisierten Wiesenwegen zwischen PZH und Studierendenzentrum vorsieht, spielt künftig eine zentrale Rolle im täglichen Campusleben, indem ihr selbstverständlich der Brückenschlag über die Straße An der Universität gelingt und sie dadurch den Anspruch an einen vitalen Campus als Platz zum Lernen, Arbeiten und Leben wie ein starkes Symbol unterstreicht.



Philipp Auer, Dipl. Ing. Architekt BDA

Jahrgang 1967, ist einer der fünf geschäftsführenden Gesellschafter von Auer Weber. Nach einem Architekturstudium an der Universität Stuttgart sowie an der Technischen Universität Darmstadt arbeitete er zunächst bei David Chipperfield in London. Seit 2009 leitet er gemeinsam mit seinem Bruder Moritz und Stephan Suxdorf die Münchner Niederlassung des Büros. Kontakt: muenchen@auer-weber.de

Freiraum für Leistung.



**Für jeden guten Start
gibt es den richtigen Moment.**

Mit Traineeprogramm, Praktikum oder Stipendium:
In der NORD/LB starten Sie immer in einem Berufsumfeld,
das in seiner Dynamik und seinem Leistungsumfang
beste Perspektiven eröffnet.

Weitere Infos unter: www.nordlb.de/traineeship
oder www.nordlb.de/praktikanten

Gut angebunden forschen und studieren

DIE RICHTIGE INFRASTRUKTUR MACHT ES MÖGLICH

Mit dem neuen Campus Maschinenbau der Leibniz Universität Hannover in Garbsen ist eine maßgeschneiderte Infrastruktur geschaffen worden, die den komplexen Bedürfnissen eines ingenieurwissenschaftlichen Lehr- und Forschungsbetriebes gerecht wird. Ein Mitarbeiter der Fakultät für Maschinenbau beschreibt den Aufbau der Campusanlage.



Die Entstehung der gesamten Campus Maschinenbau verlief in Etappen. Zunächst ging 1997 das Unterwassertechnikum UWTH in Betrieb. Um die Jahrtausendwende konkretisierten sich die Planungen für einen kompletten Campus. In einem ersten Bauabschnitt entstand 2004 das Produktionstechnische Zentrum (PZH). Der jetzt fertiggestellte zweite Bauabschnitt verwirklicht die Vision vom Campus Maschinenbau und stellt gleichzeitig neue Anforderungen an das städtische Umfeld: Rund 700 Beschäftigte sollen auf dem neuen Campus arbeiten; hinzu kommen etwa 4.000 Studierende die entweder täglich nach Garbsen kommen oder dort wohnen werden.

Verkehrsanschlüsse

Die Lage direkt vor den Toren Hannovers ist für viele zunächst ungewohnt. Umso wichtiger ist eine gute Verkehrsanbindung. Zu erreichen ist der neue Campus mit dem PKW, dem ÖPNV, dem Fahrrad oder auch zu Fuß.

Die Studierenden besitzen oft kein eigenes Auto, wohl aber ein Semesterticket für Bus und Bahn. Als ÖPNV-Anbindung hätte man sich eine Stadtbahnstation am Campus gewünscht – doch diese bleibt vorerst eine Zukunftsvision. Nun wird zwischen der nächstgelegenen Station „Schönebecker Allee“ und dem Campus ein Pendelbusverkehr, die Linie 404, eingerichtet. Die Region Hanno-

ver hat die Station umgebaut und um eine Bushaltstelle erweitert, so dass beide Verkehre im 10-Minuten-Takt nahtlos ineinander greifen.

Um die Station „Schönebecker Allee“ als Pendlerknotenpunkt weiter aufzuwerten, hat die Stadt Garbsen ein Fahrradparkhaus mit 50-100 Stellplätzen und Ladeanschlüssen für e-Bikes geplant, damit Pendler dort vom ÖPNV direkt auf ihr eigenes Zweirad umsteigen können und vor Ort flexibel und beweglich sind.

Für Radfahrer ist ferner ein Radschnellweg zwischen Hannover und Garbsen vorgesehen; Garbsen baut das Teilstück, das auf seinem Stadtgrund liegt, bereits aus

und verbindet dabei auch gleich den Campus mit dem Geschäftszentrum Garbsen-Mitte.

Die Campusmitte

Die umfangreichsten Straßenbauarbeiten fanden in der Campusmitte statt. Diese Mitte gab es bisher nicht. Als das PZH 2004 fertiggestellt wurde, führte die alte Landstraße

seite errichtet wurde, führt die Straße nun genau durch die Campusmitte. Hier kreuzen sich künftig die Wege von Studierenden sowie von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die zur Mensa oder zum Hörsaal gehen, mit den täglich bis zu 13.000 Fahrzeugen, die auf der Straße unterwegs sind.

Für die Gestaltung dieses Kreuzungspunktes hat man

nungszone, der sogenannten „Campus-PLAZA“ gewählt. Straße und Fußwege verbleiben in einer Ebene, die Campusmitte wird als großzügiger, begrünter Platz ausgebildet, den die Kraftfahrzeuge mit angepasster Geschwindigkeit durchqueren dürfen. Zwei Kreisel an beiden Enden der Campusbuchfahrt (an den Kreuzungen zur „Osteriede“ im Norden sowie zur „Havelser Straße“ im Süden)



Abbildung 1
Übersicht über den Campus
Foto: Jan Schlegel

Abbildung 2
Begegnungszone in der neuen
Campusmitte
Foto: (c) Auer Weber Architekten,
München

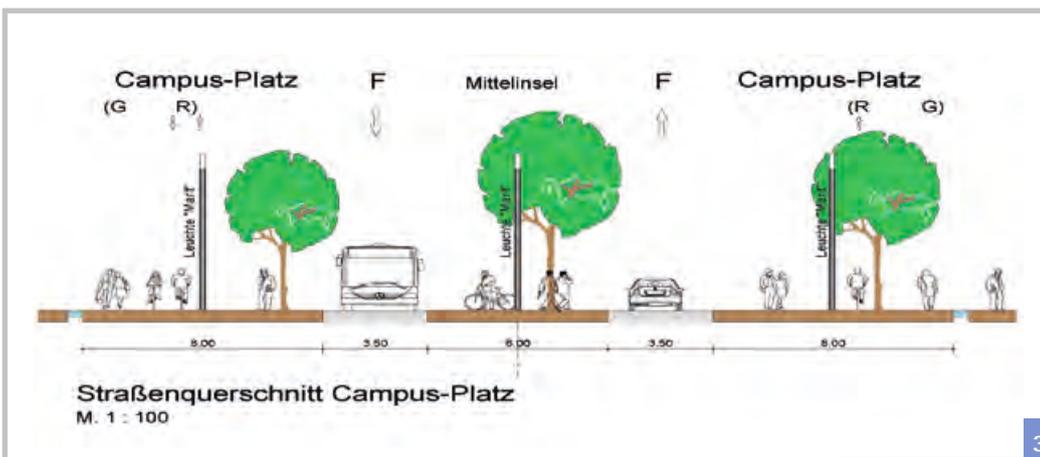


Abbildung 3
Straßenquerschnitt Campusplatz
Foto: (c) Stadt Garbsen

„Schönebecker Allee“, ab 2006 mit dem Namen „An der Universität“ versehen, vor dem Gebäude vorbei. Nachdem der zweite Bauabschnitt gegenüber auf der anderen Straßen-

sich von den zunächst ange-dachten Varianten einer Über-bzw. Unterführung aus Kostengründen verabschiedet und stattdessen das innovative Konzept einer **Begeg-**

verlangsamen den Verkehr und markieren die Einfahrt in eine Zone, in der das Gebot der Umsicht und Rücksicht gilt.

Mit diesem Verkehrskonzept, das an die Idee des „Shared Space“ angelehnt ist, wird eine flexible Verkehrssituation geschaffen.

Am Campus leben

Am westlichen Rand des Campus entstehen zwei Neubauten, die das Umfeld komplettieren. Die Stadt Garbsen errichtet eine Kindertagesstätte,

auf höchstem Niveau ermöglichen.

Die mehr als 20.000 Quadratmeter Nutzfläche des zweiten Bauabschnitts gliedern sich funktional so, dass über die Hälfte der Fläche für Versuchshallen, Messräume, Labore und Werkstätten vorgesehen ist. Der Rest sind Büros, Hörsäle und Seminarräume. Die von außen gesehen recht markante Mensa nimmt nur

So verfügen die vier großen Institutsgebäude, die den zentralen Innenbereich an beiden Seiten flankieren, über diverse Spezialeinrichtungen, welche genau auf die Anforderungen der Forschung zugeschnitten sind. Schon die Wände sind ungewöhnlich. Überall dort, wo Turbomaschinen sich mit hoher Geschwindigkeit drehen, wurden die umgebenden Wände mit einem Berstschutz ausgestattet, der im Fall einer



Abbildung 4
Außenansicht des Studentenwohnheims
Foto: (c) Römeth BDA . Wagener Architekten

deren 105 Plätze vorrangig für die Kinder von Studierenden und Uni-Mitarbeitern bereit stehen werden. Direkt nebenan, zwischen Kita und Mensa, baut ein privater Bauherr ein Wohnheim für Studierende mit 165 Apartments, das vom Studentenwerk Hannover bewirtschaftet wird. Ein besonderer Anziehungspunkt der stilvollen und gut durchdachten Anlage ist ein Beach-Volleyball-Platz, der das Potenzial zu einem Hot-Spot des Campuslebens besitzt.

Infrastruktur auf dem Campus

Im Inneren wird der Campus mit technischen Einrichtungen ausgestattet, die ein Forschen und Experimentieren

einen kleinen Teil der Gesamtfläche ein.

Maschinenbau ist eine Wissenschaft mit einem hohen experimentellen Anteil – darum die großen Versuchsflächen. Auf dem Campus sind die verschiedenen Funktionen so angeordnet, dass die Menschen (Büros, Hörsäle, Freiflächen) sich vorwiegend in der Mitte befinden, die Technik hingegen außen. Beide Bereiche sind aber von einer einheitlichen Gebäudehülle umschlossen; das regelmäßige Raster der Fensteröffnungen wird optisch auch dort weitergeführt, wo gar keine Fenster sind: im Außenbereich, an den geschlossenen und geräuschgedämmten Fassaden der Versuchshallen.

Havarie wegschleudernde Teile auffängt. Solche „Schleuderbunker“ finden sich an den Instituten der Energie- und Prozesstechnik. Auch ein Rotationsprüfstand geht in Betrieb, an dem rotierende Maschinenteile mittels Lasermessungen untersucht werden. Damit die Prüfstellen für die Laserstrahlen zugänglich sind, laufen die Maschinen ohne Gehäuse. Jedes lose Teil würde sich aufgrund der Rotation umgehend in ein Geschoss verwandeln. Der offene Rotationsprüfstand ist also nochmals mit einem speziellen Berstschutz versehen: Die Wände der Kammern bestehen aus 30 Zentimeter dickem, hocharmiertem Stahlbeton und sind so mit besonderem Aufprallschutz ausgestattet.

An anderer Stelle geht es besonders filigran und sensibel zu. Gerade in der Messtechnik braucht man konstante Bedingungen ohne jegliche Störeinflüsse. Dafür wurden feinklimatisierte Reinnräume mit Thermokonstanz geschaffen, die die Raumtemperatur in einem Bereich von +/- 0,1 Grad Kelvin halten.

Auch Schwingungen sind für die Messtechnik Gift. Sie werden aber auf dem Campus reichlich erzeugt, vor allem in den Kolben- und Turbomaschinen der Energietechnik. Damit diese Schwingungen nicht übertragen werden, sind die Teile der Fundamente in den einzelnen Gebäuden voneinander entkoppelt; an besonders sensiblen und kritischen Stellen wurden die Versuchsstände eigens auf gefederten Schwingfundamenten gelagert.

Auch akustische Labore gehören zur Messtechnik, mit der Versuche unter Freifeldbedingungen möglich werden. Die Labore sind so gedämpft, dass keine Schallreflexionen auftreten, so als befände sich die Schallquelle allein auf weiter Flur. Reflektionsfreie Räume, allerdings für optische Versuche mit schwarzen Wänden, die möglichst viel Licht schlucken, wurden ebenfalls geschaffen.

Reinraumbedingungen spielen in der Medizintechnik eine Schlüsselrolle. Entsprechende Labore sind klimatisiert und steril, man betritt und verlässt sie über Schleusen, alle Gegenstände, die eingebracht werden, unterliegen schärfsten Kontrollen und selbst die zu- und abgeführte Luft wird gefiltert.

Jede der vier Versuchshallen verfügt über Kranbahnen mit bis zu 10 Tonnen Tragkraft und einer Spannweite von bis zu 37 Metern. In einem zentralen Technikgebäude sind die

Aufbereitungsanlagen untergebracht, mit denen der Campus über separate Netze mit Druckluft, Kühl- und Kaltwasser, einer 20kV Mittelspannung und der Wärme für die Gebäudeheizung, gespeist aus Fernwärme, einem Blockheizkraftwerk und der Wärmerückgewinnung des Druckluftherzeugers, versorgt wird.

Bei aller Spezialisierung und Varianz wird der Campus Maschinenbau als „Campus der kurzen Wege“ zugleich Energien bündeln und Synergien schaffen. Zwei Einrichtungen ragen schon heute heraus. Zum einen das höchste Gebäude auf dem Campus: Es ist als Seminar- und Kommunikationszentrum gestaltet und beherbergt neben dem Studentendekanat die selbstverwalteten Arbeitsräume der Studierenden und die der Fachschaft Maschinenbau.

Zum anderen ist es der Forschungsbau DEW. Er gleicht äußerlich den drei großen Institutsgebäuden, wird im Inneren aber als ein zusammenhängendes Versuchsfeld genutzt. Herzstück ist eine Kompressoranlage, die bei einer Leistungsaufnahme von 7,8 Mega-Watt einen Luftstrom mit einer Masse von 25 Kilogramm pro Sekunde und einem Druck von 10 Bar erzeugen kann. Mit dieser Prozessluft wird flexibel und effizient eine ganze Galerie von Turbomaschinen beaufschlagt, an denen die „Dynamik der Energiewandlung“ erforscht wird.

Die Entwicklung des Campus Maschinenbau bleibt ihrerseits dynamisch. Während dieser Tage der zweite Bauabschnitt seinen Nutzern übergeben wird, entsteht östlich vom PZH mit dem Forschungsbau „scale“ bereits ein weiterer Ausbau, der die universitären Kompetenzen auf dem Gebiet der skalierbaren

Produktion im Maschinenbau, in der Informationstechnologie und Produktionswirtschaft bündelt. Weitere Entwicklungen werden sicher folgen. Entsprechend gilt für diesen kurzen Überblick: Fortsetzung folgt.



Eckhard Stasch, M.A. M.A.

Jahrgang 1964, leitet seit 2014 neben seiner Tätigkeit für die Fakultät für Maschinenbau den Technik-Salon an der Leibniz Universität Hannover. Den Campus Maschinenbau begleitet er redaktionell und thematisch. Sein besonderes Interesse gilt der Technikvermittlung und den vielfältigen Wechselwirkungen von Kultur und Technik. Kontakt: stasch@technik-salon.uni-hannover.de

Als Vermittler tätig

DIE AUSGRÜNDUNGEN IPH UND TEWISS

Die Forschung am Standort Hannover im Bereich Maschinenbau hat Praxisrelevanz. Damit die Vermittlung der Forschungsergebnisse von den Hochschulinstituten in die Industrie gelingt, gibt es zwei besondere Einrichtungen, die als Vermittler wirken: die IPH gGmbH und die TEWISS GmbH. Während am IPH ebenfalls geforscht wird und die Wissenschaftler aus den Forschungsprojekten Beratungs- und Qualifizierungsmaßnahmen für Unternehmen ableiten, setzt TEWISS die Forschung aus den Instituten direkt um, zum Beispiel in Form von Sondermaschinenbau.



Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) – Forschung und Entwicklung für die Produktionstechnik

„Das IPH ist das anwendungsorientierte Spiegelbild des PZH – Produktionstechnisches Zentrum Hannover“, beschreibt Professor Peter Nyhuis das Institut für Integrierte Produktion Hannover. Was an der Leibniz Universität Hannover (LUH) als Grundlagenforschung beginnt, findet am IPH über anwendungsorientierte Forschungs- aber auch Beratungsprojekte den Weg in die Industrie. Die Wissenschaftler am IPH forschen anwendungsorientiert an The-

men, die die Produktion vorantreiben. Die Arbeitsschwerpunkte sind Forschung und Entwicklung sowie Planung und Beratung in den Bereichen Logistik, Produktionsautomatisierung und Prozesstechnik.

Den Gedanken des Wissenstransfers verfolgten vor 30 Jahren bereits die Gründungsgesellschafter, die damaligen Leiter der Institute für Fabrikanlagen (IFA), für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen (IFW) und für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM). Zwar wurden die Gesellschafter inzwischen durch Professor

Peter Nyhuis, Professor Ludger Overmeyer und Professor Bernd-Arno Behrens abgelöst, doch die Grundidee ist geblieben: den Mehrwert der Wissenschaft für die Industrie erhöhen. Der Wissenstransfer ist sichergestellt durch mehrere Verbindungen. Zum einen durch die Lehrstühle der Professoren und ihre gleichzeitige Tätigkeit als geschäftsführende Gesellschafter am IPH, aber auch durch einen regelmäßigen Austausch der Mitarbeiter des IPH mit den Uni-Instituten. Wissen aus der Grundlagenforschung wird dadurch im Tagesgeschäft kontinuierlich weitergegeben.

Durch die Selbstständigkeit mit dem Status einer gemeinnützigen GmbH kann das IPH schnell auf aufkommende Trends reagieren. Deshalb forscht das IPH aktuell industriennah in den Bereichen Digitalisierung der Industrie, Additive Fertigung oder an der Planung und Herstellung von XXL-Produkten. Die Bezeichnung XXL bezieht sich dabei nicht nur auf besonders große und schwere Bauteile, wie

dungsorientierten Anteil der Forschung möglichst hoch zu halten. „Unser Fokus liegt darauf, gezielt auf den Markt zuzugehen. Wir gestalten Konzepte, wie wir den Industrieunternehmen unser Wissen in Beratungsprojekten nahebringen“, sagt Dr.-Ing. Malte Stonis, koordinierender Geschäftsführer des IPH. Neben der Beratung von Industrieunternehmen bietet das IPH auch Qualifizierung in Form von

dungsorientierte Bachelor- oder Masterarbeit schreiben und damit die wissenschaftlichen Mitarbeiter maßgeblich unterstützen. Hochschulabsolventen aus den Bereichen Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen oder angrenzenden Fachbereichen bietet das IPH die Option, innerhalb von vier Jahren die Inhalte ihrer Promotion zu erarbeiten. In dieser Zeit können sie im Unternehmen nicht nur an-



Abbildung 1
IPH von außen mit Sitz im
Wissenschaftspark Marienwerder
Foto: Ralf Büchler

Abbildung 2
Am IPH wird vielseitig geforscht:
eine Auswahl der Themen.
Foto: IPH

zum Beispiel Windenergieanlagen. Auch komplexe Produkte, wie Flugzeugtriebwerke, die aufgrund ihrer vielen Einzelteile sehr anspruchsvoll in der Planung und Herstellung sind, werden dieser Gruppe zugeordnet. Insgesamt versteht sich das IPH als ganzheitlicher Produktionsverstärker, Berater für den Mittelstand, Forscher für anwendungsorientierte Fragestellungen und Innovationstreiber im Bereich Digitalisierung.

Das IPH legt in der Forschung den Fokus besonders auf solche Projekte, die ein Konsortium aus Industrieunternehmen aufweisen, um den anwen-

Praxisseminaren für Fabrikplanung, Energiemanagement und Massivumformung für Fach- und Führungskräfte an und organisiert zwei Arbeitskreise für XXL-Produkte und den Werkzeug- und Formenbau. In diesen Arbeitskreisen stellen die wissenschaftlichen Mitarbeiter den Partnern aus der Industrie die neusten Erkenntnisse aus den aktuellsten Forschungsprojekten vor.

Studierende, die bereits Grundlagenwissen aus den Vorlesungen der Leibniz Universität Hannover mitbringen, können dieses direkt in die Industrie übertragen, indem sie beispielsweise eine anwen-

wendungsnah forschen, sondern auch wertvolle Kontakte in die Industrie knüpfen. Bereits während des Studiums oder in der anschließenden Zeit als Projektingenieur haben die IPH-Mitarbeiter außerdem die Möglichkeit, sich mit ihren eigenen Ideen und Visionen selbstständig zu machen und werden dabei vom IPH unterstützt. Zu den erfolgreichen Beispielen der letzten Jahre gehört die Bitmotec GmbH, die kundenspezifische Hard- und Software entwickelt. Zum Repertoire der Firma, die Anfang 2019 von drei ehemaligen IPH-Mitarbeitern gegründet wurde, gehören IIoT-Sensorik, Compu-

ter Vision sowie KI-basierte Datenanalyse für die Produktion und Logistik der Zukunft. Die Firma hat ihren Sitz derzeit im IPH.

Um solche Aus- und Neugründungen auch weiterhin zu unterstützen, hat das IPH gemeinsam mit der GREAN GmbH – einer Ausgründung aus dem PZH – einen Business-Wettbewerb ins Leben gerufen. Die beiden Ge-

leistungen und Sondermaschinenbau: Seit 2004 ist die TEWISS – Technik und Wissen GmbH ein fester und vielseitiger Bestandteil des Technologietransfers an der Leibniz Universität Hannover.

„Bei uns steht die Umsetzung im Mittelpunkt des Technologietransfers“, sagt Dr.-Ing. Jan Jocker, der seit 2015 Geschäftsführer der TEWISS GmbH mit insgesamt 15 Mitarbeitern ist. „Wir sind eine Anlaufstelle

beitet das Unternehmen mit Instituten zusammen, die künftig am neuen Campus Maschinenbau Garbsen ansässig sein werden. „Wir gehen davon aus, dass wir die Zusammenarbeit aufgrund der direkten räumlichen Nähe weiter ausbauen können“, sagt Jocker. Außerdem erwartet er, dass die öffentliche Wahrnehmung der Leistungsfähigkeit der Maschinenbau fakultät sowie der Kontakt zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zunehmen wird. Enge Kooperationen bestehen des Weiteren mit der Wirtschaftsförderung der Region Hannover, der hannoverimpuls GmbH sowie vielen Unternehmen aus Industrie und Handwerk. Bei der aktiven Ansprache von Unternehmen liegt der Fokus zwar auf der Region Hannover und Umgebung – das Netzwerk der TEWISS GmbH ist aber mittlerweile international und reicht bis in angrenzende EU-Länder und die USA.

„Es gibt viele Unternehmen, die selbst innovationsstark sind und dennoch die Kooperation bei der Entwicklung oder der Einführung von neuen Technologien suchen. Und es gibt Unternehmen, denen der Druck des Tagesgeschäftes keine Zeit dafür lässt, eigene Innovationen und Weiterentwicklungen hervorzubringen. Wir bieten für viele Arten von Bedarfen passende Leistungen und Hilfestellungen an“, berichtet Jocker. Sukzessive wird erarbeitet, welche Voraussetzungen geschaffen und welche Kooperationen gegebenenfalls nötig sind, damit ein Vorhaben zum Erfolg geführt werden kann. Zeichnet sich ab, dass für das Unternehmen ein gefördertes Entwicklungsprojekt in Frage kommt, stellt die TEWISS GmbH den Kontakt zu Wirtschaftsförderern her und unterstützt die Erstellung von Fördermittelanträgen.



Abbildung 3
Das PZH-Gebäude am neuen
Campus Maschinenbau Garbsen
Foto: Thorsten Schneck

schäftsführer Dr.-Ing. Malte Stonis und Dr.-Ing. Tobias Heinen möchten damit jungen Gründern ein persönliches Coaching, Räumlichkeiten im IPH und finanzielle Unterstützung in Höhe von 25.000 Euro bieten. Junge Ingenieure, die eine gute Idee im Bereich der industriellen Produktion haben, stellen ihre Geschäftsidee vor und werden auf dem Weg zu einem belastbaren Businessplan begleitet mit dem Ziel, ihr Unternehmen gründen zu können.

TEWISS – Technik und Wissen GmbH: Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Industrie

Technologiemanagement, Wissenschaftsverlag, Gründerzentrum, Ingenieurdienst-

für Unternehmen, die neue Technologien entwickeln oder bestehende Technologien im Unternehmen einführen wollen, und bringen Wissenschaft, Industrie und auch das Handwerk zusammen.“ Beginnend beim Erstkontakt zu Unternehmen, über Vermittlungen von Kooperationen mit den Uni-Instituten, gemeinsam geführten Gesprächen mit Technologieanbietern und Fördermittelberatern bis hin zur Erbringung von Dienstleistungen und dem Bau von einsatzbereiten Sondermaschinen, ist bei der TEWISS GmbH vieles möglich.

Die TEWISS GmbH ist ein Tochterunternehmen der Leibniz Universität Hannover und hat ihren Firmensitz im PZH in Garbsen. Bereits heute ar-

Neben der Kontaktvermittlung an ein geeignetes Hochschulinstitut ist oft der gemeinsame Besuch einer Fachmesse ein guter erster Schritt. So kann zum Beispiel ein Überblick über am Markt verfügbare Technologien, relevante Anbieter und auch Wettbewerber in dem jeweiligen Gebiet gewonnen werden. Aber auch der Blick in andere Branchen ist hilfreich. Die von der TEWISS GmbH ausgerichteten Veranstaltungen zu verschiedenen Themen wie zum Beispiel Ressourceneffizienz, Automatisierungstechnik oder der Optimierung von Produktionsprozessen bieten eine gute Gelegenheit hierfür.

Mit seinem Wissenschaftsverlag TEWISS Verlag leistet die TEWISS GmbH einen weiteren Beitrag zur Verbreitung von Wissen: Aktuell publiziert der Verlag jährlich etwa 60 neue Dissertationen aus dem Bereich des Maschinenbaus, der Lasertechnologie und der Elektrotechnik. Der Katalog umfasst etwa 650 Werke. Die Bücher werden über den Buchhandel, die Verlagswebseite sowie einschlägige Online-Plattformen vermarktet. Im Aufbau befindet sich derzeit der Vertrieb der Dissertationen als E-Books.

Nicht zuletzt betreibt die TEWISS GmbH den Technologietransfer in Form eines Gründerzentrums im PZH: Gründer, deren Geschäftsgegenstand einen Bezug zur Forschung und Lehre im PZH aufweist, können Büroräume und Hallenflächen anmieten und so ihr junges Unternehmen in einem technologisch geprägten Umfeld weiterentwickeln. Dies stellt einen Gewinn für die Gründer, für die Institute und im Erfolgsfall auch für Anwender von neu entwickelten und vermarkten Technologien dar.



Dr.-Ing. Malte Stonis

Jahrgang 1979, hat in Hannover Maschinenbau mit den Schwerpunkten Fahrzeugsysteme und Biomedizintechnik studiert und 2011 am IPH in Kooperation mit der Leibniz Universität Hannover promoviert. Seit 2016 ist er Koordinierender Geschäftsführer des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Geschäftsführung, die strategische Ausrichtung sowie Kundenakquise. Kontakt: info@iph-hannover.de



Dr.-Ing. Jan Jocker

Jahrgang 1980, hat in Hannover Maschinenbau studiert und 2016 am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen promoviert. Er ist seit 2015 Geschäftsführer der TEWISS GmbH. Seine Arbeitsschwerpunkte sind neben der Geschäftsführung die Projektierung von Maschinen und Produktionsanlagen. Kontakt: jocker@tewiss.uni-hannover.de

Studium



ohne uns:
Geht so.



mit uns:
Läuft!



Mensen +
Cafeterien



BAföG +
Finanzierung



Zimmer +
Wohnungen



Soziales +
Internationales

www.studentenwerk-hannover.de



11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

Unterstützen
Sie junge Talente!
Geben Sie Ihre
Erfahrungen weiter!
Stiften Sie
Bildungserfolge!

Das Deutschlandstipendium

- Zeigen Sie Ihre Anerkennung studentischer Leistungen mit einer Förderung
- Wählen Sie selbst den Studienschwerpunkt, den Sie fördern wollen
- Lernen Sie leistungsstarke Studierende kennen
- Nutzen Sie Austausch und Netzwerk
- Nehmen Sie an der Stipendienvergabe teil, und lernen Sie die Stipendiaten kennen
- Gestalten Sie das Begleitprogramm mit
- Setzen Sie die Förderung als Spende steuerlich ab



Haben Sie Interesse? Wir beraten Sie gern.

Dr. Stefanie Beier, Referentin für Fundraising | Tel. 0511-762 5597 | E-Mail beier@zuv.uni-hannover.de

Lenze sucht Leute!

Stell dir einmal vor, du lebst in einem Land, das sich auf die Fahne geschrieben hat, die Welt zu bewegen. Darin wohnen und arbeiten Menschen mit unterschiedlichen fachlichen Hintergründen und ganz individuellen Wünschen. Jeder Einzelne ist ein Spezialist auf seinem Gebiet, aber am Ende ziehen alle an einem Strang. Einer für alle, alle für das Eine: Bewegung.

Komm ins Land der Bewegung.

Folge der Bewegung

Praktikum, Abschlussarbeit oder Direkteinstieg? Lenze sucht die Fachkräfte von morgen! Finde den Job deines Lebens in den Bereichen Elektrotechnik, Mechatronik, Maschinen- und Anlagenbau, Betriebswirtschaft, Wirtschaftsingenieurwesen, Informatik, Produktionstechnik oder im kaufmännischen Bereich. Informiere dich jetzt ganz einfach online auf www.Lenze.com/Karriere

Werde jetzt Fan auf facebook.com/LenzeDeutschland

Lenze

Vielfalt entdecken.

Bei uns erwarten Sie ein dynamisches Umfeld, ein ausgesprochen kollegiales Arbeitsklima, ein attraktives Gehalt, eine gute Work-Life-Balance sowie sichere und beständige Perspektiven. Gestalten Sie mit uns die Versicherung von morgen.

Wir freuen uns, Sie persönlich kennenzulernen!

HDI

Unser Konzern bietet eine Vielzahl von Berufsbildern und Einsatzmöglichkeiten. Sie sind kommunikativ, haben Freude an konzeptioneller Arbeit und übernehmen gern Verantwortung? Zeigen Sie Ihr Talent als Wirtschaftswissenschaftler (m/w/d) beispielsweise im Controlling, Marketing, Rechnungswesen, Vertrieb, Personal, Einkauf oder im Bereich Finance!

Innovative Optik und Photonik für breite Anwendungen

DAS HANNOVERSCHE ZENTRUM FÜR OPTISCHE TECHNOLOGIEN HOT FORSCHT JENSEITS VON DISZIPLINGRENZEN

Seit seiner Gründung vor über 10 Jahren hat sich das Hannoversche Zentrum für Optische Technologien (HOT) als einer der wesentlichen Akteure im Bereich der Optik und Photonik an der Leibniz Universität Hannover und darüber hinaus etabliert.

Initiiert wurde das Zentrum von Instituten und Einrichtungen der Fakultäten für Maschinenbau sowie für Mathematik und Physik der Leibniz Universität Hannover und des Laser Zentrums Hannover als interdisziplinärer Forschungsverbund in den angewandten optischen und photonischen Technologien. Seine Vision ist es, die unterschiedlichen Fachkompetenzen in diesen hochaktuellen Forschungsgebieten zu fokussieren, neue Forschungsrichtungen anzustoßen und diese für die drei wesentlichen Standbeine der heutigen universitären Landschaft – Forschung, Lehre und Wissenstransfer in die Anwendung – zu nutzen.

Die Optik und Photonik haben in der naturwissenschaftlichen Forschung zu zahlreichen spektakulären Erkenntnissen, innovativen, hochpräzisen Messinstrumenten und einem enormen Wissensgewinn geführt. Es ist derzeit sehr deutlich, dass diese erfolgreiche Entwicklung in der Zukunft mit unvermindertem Elan weiter voranschreiten wird. Darüber hinaus gehören die Disziplinen mittlerweile auch zu den global wichtigsten Enabling Technologies, die wesentlich zum technologischen Fortschritt der Gesellschaft beitragen und vielfältige Anwendungen in nahezu allen Be-

reichen des Lebens überhaupt erst möglich machen. Auch dieses anwendungsgetriebene Potenzial ist bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Vor allem in Verbindung mit den Möglichkeiten jüngster additiver Fertigungsmethoden sowie Ansätzen des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz können optische und photonische Systeme zukünftig dringend benötigte Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen etwa in der Medizin und den Lebenswissenschaften, der Produktionsautomatisierung, der Umweltanalytik und -überwachung, der Kommunikations- und Informationstechnik sowie in Automobil- und Flugzeugverkehr bereitstellen. Ganz im Sinne des Internet-of-Things (IOF) geht der Trend dabei in Richtung hochfunktionaler, präziser, smarter und nach Möglichkeit auch integrierter Systeme, die wesentlich auf den einzigartigen „klassischen“ Eigenschaften des Lichts und vermehrt auch auf dessen quantenphysikalischer Natur beruhen. Während sich die aktuelle angewandte Optikforschung zum Beispiel mit der Entwicklung hochsensitiver und gleichzeitig bezahlbarer optischer Messsysteme für vielfältige Aufgabenstellungen beschäftigt, ist es das Ziel der Photonik, Licht so zu einsetzen, dass neue Funktiona-

litäten realisiert werden, die traditionell nur mittels Elektronik adressiert werden konnten.

Das Hannoversche Zentrum für Optische Technologien (HOT) arbeitet auf eben diesen Forschungsgebieten und deckt durch seine Aktivitäten strategisch alle Bereiche eines modernen optischen Systems von der Lichtquelle über die Informationsübertragung bis hin zur Detektion und Datenanalyse ab. Dazu gehören auch die Herstellung von optischen Komponenten und Systemen, insbesondere auch von kosteneffizienten polymer- und faseroptischen Systemen, sowie die multiskalige und multiphysikalische Optiksimitation als Basis für Design und Entwicklung. Am HOT arbeiten derzeit etwa 30 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Physik, Maschinenbau, Mathematik, Informatik und Elektrotechnik zusammen, um innovative Forschungsthemen für Anwendungen etwa in der Beleuchtungstechnik, der Datenübertragung oder der medizinischen Diagnostik zu realisieren. Beispiele von erfolgreich am HOT initiierten Forschungsvorhaben, die eine enge Zusammenarbeit aller Disziplinen erfordern, sind der SFB/TRR 123 „PlanOS – Planare Optische Systeme“, der Forschungsschwerpunkt

„Hymnos – Hybride Numerische Optik“, das Promotionsprogramm „Tailored Light – Maßgeschneidertes Licht für Anwendungen“, das BMBF-Vorhaben „MeDiOO – Melanomdickenbestimmung mittels Optoakustik und OCT“, das Verbundvorhaben „Optimus – Detektion von Mikroplastiken in Trinkwasser“, das EXIST-Vorhaben „SmartSens – Smartphonesensorik für die Medizin“, das DFG-Projekt „AMIRA – Analysis of microbial relations in vivo using Raman

Im Folgenden werden einige Beispiele aus der aktuellen HOT-Forschung vorgestellt. Weitere Forschungsaktivitäten des HOT sind im Unimagazin 03/04 (2017) *Licht – Optische Technologien* beschrieben.

Kontaktlose Dermatoskopie – ein neuer Ansatz für Diagnostik und Therapie

Die Haut ist das größte menschliche Organ und bleibt auch nicht von bösartigen Ver-

änderungen und Krankheiten verschont. Einzigartig ist jedoch die äußere Zugänglichkeit der Haut. Sie macht eine Beurteilung von ungewöhnlichen Veränderungen in manchen Fällen sogar mit dem bloßen Auge möglich. Das Standard-Untersuchungsgerät heutzutage ist das sogenannte Dermatoskop. Hierbei handelt es sich um ein Auflichtmikroskop zur vergrößerten Ansicht bestimmter Hautareale. Im Normalfall ist es kontaktbasiert. Störende Oberflächenreflexionen können mittels gekreuzter Polarisation des eingesetzten Lichts unterdrückt werden. Durch seine Konzeptionierung hat es jedoch einige Nachteile, wie zum Beispiel die Veränderung der Durchblutung durch den Hautkontakt. Wir entwickeln daher ein kontaktloses Dermatroskop, das zudem durch die Kreuzpolarisation ebenfalls störende Oberflächenreflexionen unterdrückt, siehe



Abbildung 1
Verschiedene Aufnahmen der Haut im Vergleich. Links: Unterdrückte Reflektion des Lichts mit besserer Detailwiedergabe verglichen mit dem Normalfall stärkerer Reflektion (Mitte). Rechts: Zusätzliche Algorithmen heben bestimmte Merkmale hervor, z.B. die Blutgefäße, langfristig geschieht dies automatisiert und in Echtzeit.

microscopy“ sowie der kürzlich bewilligte Exzellenzcluster „PhoenixD – Photonics, Optics, and Engineering – Innovation Across Disciplines“, der ultimativ zu einem Paradigmenwechsel in der Optik und Photonik führen kann und präzisionsoptische Systeme zum Wohl der Gesamtgesellschaft und zur Bewältigung der großen Herausforderungen unserer Zeit verfügbar machen soll. Das HOT ist auch Ansprechpartner für Industrie und mittelständische Unternehmen in Fragen der optischen und photonischen Technologien und bildet somit eine wichtige Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in der Region. In der Lehre koordiniert das Zentrum den internationalen Masterstudiengang *Optical Technologies*, der die gewonnenen Erkenntnisse aufgreift und in die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses einfließen lässt.

änderungen und Krankheiten verschont. Einzigartig ist jedoch die äußere Zugänglichkeit der Haut. Sie macht eine Beurteilung von ungewöhnlichen Veränderungen in manchen Fällen sogar mit dem bloßen Auge möglich. Das Standard-Untersuchungsgerät heutzutage ist das sogenannte Dermatoskop. Hierbei handelt es sich um ein Auflichtmikroskop zur vergrößerten Ansicht bestimmter Hautareale. Im Normalfall ist es kontaktbasiert. Störende Oberflächenreflexionen können mittels gekreuzter Polarisation des eingesetzten Lichts unterdrückt werden. Durch seine Konzeptionierung hat es jedoch einige Nachteile, wie zum Beispiel die Veränderung der Durchblutung durch den Hautkontakt. Wir entwickeln daher ein kontaktloses Dermatroskop, das zudem durch die Kreuzpolarisation ebenfalls störende Oberflächenreflexionen unterdrückt, siehe

Smartphone-Sensorik – Quantensprung für die medizinische Analytik

Die Digitalisierung hat Einzug in nahezu allen Bereichen unseres täglichen Lebens genommen. So sind wir es gewöhnt, anhand von digitalen Technologien beispielsweise unseren Arbeitsablauf zu optimieren oder unsere privaten und beruflichen Kontakte zu pflegen. Jedoch wenn es um die Bestimmung unserer Laborwerte geht (zum Beispiel von bestimmten Blutwerten) befinden wir uns nach wie vor in der analogen Welt.

Mit Smartphone-gestützten optischen Schnelltests (SmartSens) wollen wir dies ändern und die patientennahe Labor Diagnostik digitalisieren. Grundlage von SmartSens bildet ein oberflächenfunktionalisierter planar-polymeroptischer Wellenleitersensorchip. Dieser ist sehr einfach

und besteht aus optischen Lichtwellenleiterpfaden, oberflächenfunktionalisierten Plasmonenresonanz (SPR)-Sensorelementen, Lichtkoppelementen und einem Beugungsgitter (Abbildung 2).

Durch Bindung des nachzuweisenden Analyten an die Oberflächenfunktionalisierung wird eine Änderung der

Unsichtbares sichtbar machen – Optik bringt Licht in trübe Medien

Die Bildgebung in trüben Medien – wie etwa biologischem Gewebe – stellt auch für moderne optische Systeme eine große Herausforderung dar. Durch die starke Streuung des Lichtes sind die Tiefe, bis zu der in der trüben Schicht ver-

der „Optischen Phasenkonjugation“, um die optische Bildgebung in trüben Medien revolutionieren. Diese Methoden nutzen Flüssigkristalldisplays zur Manipulation der Wellenform des Lichtes, um Streueffekte aktiv zu kompensieren, siehe *Abbildung 3*. Auf diese Weise kann die Bildgebungstiefe und das Signal-zu-Rausch-Verhältnis von

Abbildung 2
Die SmartSens-Technologie – Prinzip (links) und Gestaltungsform des Sensors (rechts).



SPR herbeigeführt, die durch Veränderung der Intensitäten der durch die Kamera aufgenommenen Spektralfarben erfasst wird. Die Spezifität des Sensors wird durch die verwendete Oberflächenfunktionalisierung (Aptamere) bestimmt. Durch Variation der verwendeten Aptamere lässt sich die Spezifität des Sensors verändern, so dass unterschiedlichste Blutwerte bestimmt werden können. In diesem Zusammenhang befinden sich derzeit Schnelltests für Vitamin D und den Entzündungsmarker CRP in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium.

borgene Objekte abgebildet werden können, sowie die verfügbare Auflösung begrenzt. Obgleich einige etablierte Verfahren zur Bildgebung in solchen Proben existieren, etwa durch die Unterdrückung von in der Probe diffus gestreuten Lichtes, bleibt die Bildgebungstiefe im Gewebe bislang auf wenige Millimeter begrenzt.

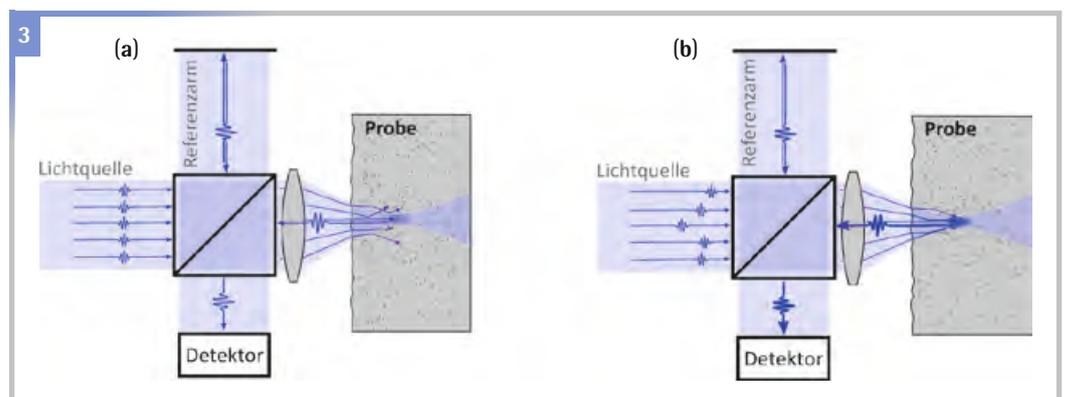
In diesem Zusammenhang arbeiten wir an einer neuen Kombination eines bewährten Abbildungsverfahrens, der Optischen Kohärenz Tomographie (OCT), mit Methoden des sogenannten „Optischen Wellenfront-Formens“ und

OCT Systemen signifikant verbessert werden, sodass erstmals Objekte, die tief in einer streuenden Schicht verborgen sind, sichtbar werden. Zukünftige klinische Anwendungen des Systems können zum Beispiel die berührungsfreie Hautkrebsdiagnostik umfassen.

Diffraktive Optiken leicht gemacht – Beleuchtung in neuem Licht

Laserbasierte Beleuchtungssysteme sind von erheblichem Interesse zum Beispiel für die Automobilindustrie. Sie werden in der Frontbeleuchtung

Abbildung 3
(a) Skizze eines Standard OCT-Systems. Durch Detektion des Lichtes, das aus einem bestimmten Bereich innerhalb der Probe zurückgestreut wird, kann die Probe dreidimensional abgebildet werden.
(b) OCT System mit Manipulation der eingestrahelten Wellenform (links angedeutet). Durch die Methode können die Streuung in der Probe kompensiert und das detektierte Signal verstärkt werden.



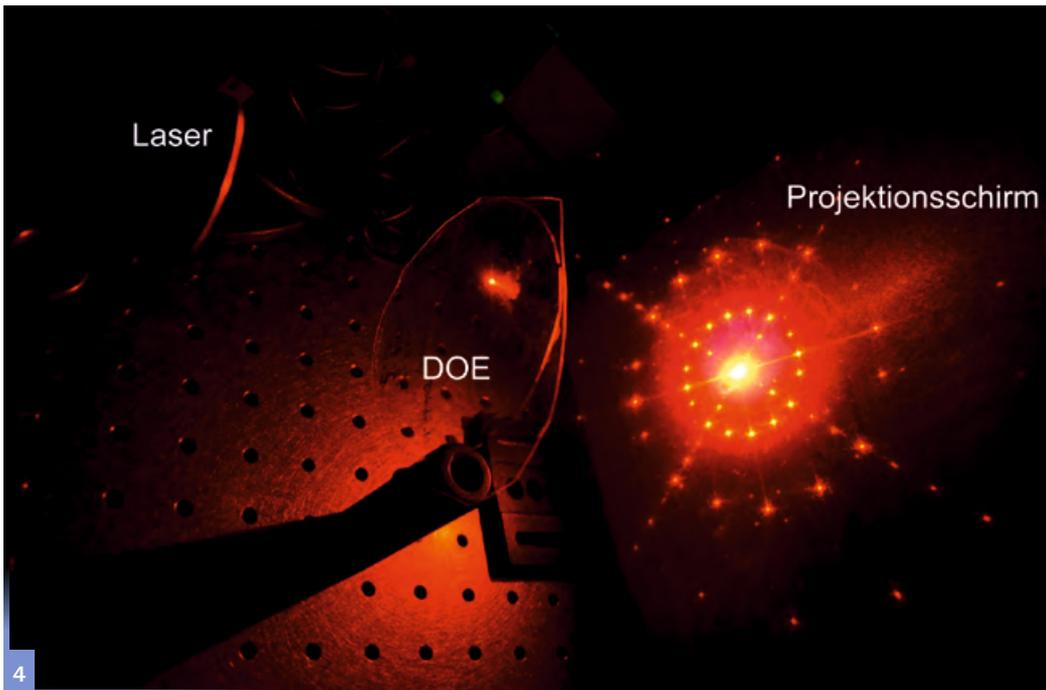


Abbildung 4
Foto der resultierenden Intensitätsverteilung eines hergestellten diffraktiven optischen Elementes (DOE) nach Beleuchtung mit einem HeNe-Laser.

zur Verbesserung der Sichtbarkeit, zur Projektion von Informationen und zur Verkehrssicherheit eingesetzt und können auch für die visuelle Kommunikation im Heckbereich verwendet werden. Die Funktionalitäten, die ein Lasersystem bietet, beruhen auf der kohärenten Natur des emittierten Lichts im Vergleich zu herkömmlichen Beleuchtungssystemen wie Halogenlampen und LEDs. Das kohärente Licht des Lasers kann unter Verwendung von diffraktiven optischen Beugungselementen leicht in gewünschte Muster geformt werden. Diese Muster können Symbole oder Funktionen sein, die zum Führen von Verkehrsteilnehmern dienen. Die diffraktiven optischen Elemente werden unter Verwendung eines optischen maskenlosen Lithographiesystems am HOT hergestellt. Ein räumlicher Lichtmodulator wird verwendet, um das gewünschte Muster anstelle einer festen Maske zu projizieren und auf ein Siliziumsubstrat aufgebracht. Fotolack wird zum Aufzeichnen des Musters eingesetzt.

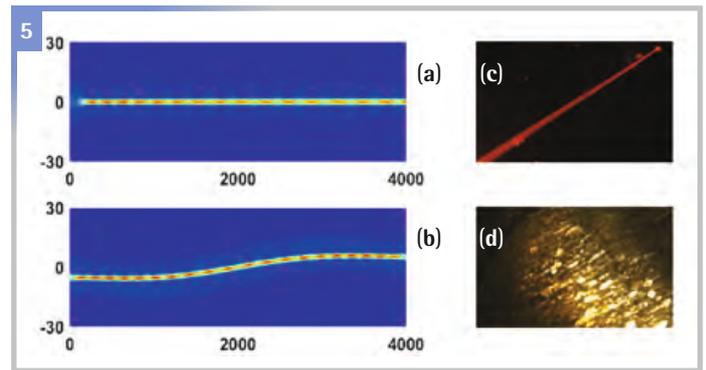
Schließlich dient das auf dem Siliziumsubstrat gefertigte Muster für die Replikation in Polymer (PMMA) mit Hilfe eines Masterstempels. Letzterer wird durch PDMS-Guss hergestellt, um eine hohe thermische Stabilität zu erreichen. Per Heißprägen wird der Masterstempel in PMMA repliziert. Die hergestellten diffraktiven optischen Elemente (DOE) sind sehr klein und können die gewünschte Intensitätsverteilung erzeugen, wie in *Abbildung 4* zu sehen ist. Durch die Verwendung von Beugungsoptiken verringert sich der für die Installation der Heckleuchten erforderliche Raum. Diese bieten zudem auch mehr Funktionalitäten und eine erhöhte Systemeffizienz.

Hybride Optiksimation – komplexe Vorgänge aufs Wesentliche reduziert

Heutige Anwendungen der Optik und Photonik erstrecken sich auch auf die optische Kommunikations- und Verbindungstechnik. Polymerbasierte optische Verbindun-

gen sind in integrierten photonischen Schaltungen zukünftiger Kommunikationskanäle von großer Bedeutung. Solche Verbindungen sind kostengünstig, haben geringe Kopplungsverluste und sind im Vergleich zu Elementen auf Siliziumbasis einfach auszurichten. Sie können effizient mittels Laserlicht auf Basis eines selbstschreibenden Effekts realisiert werden. Wir erforschen die numerische Modellierung und Simulation solcher selbstgeschriebener Wellenleiter (SGWs). Dabei wird insbesondere der Polymerisationsprozess einer Photopolymersmischung simuliert, die aus einem Monomer und einem Photoinitiator besteht und Laserstrahlung ausgesetzt wird. Die Materialmodelle werden dazu mit Beam-Propagations-Verfahren (BPM) kombiniert, um den Polymerisationsprozess zu berücksichtigen und die ausgelöste Erhöhung des Brechungsindex (RI) zu erhalten. Anschließend wird der aktualisierte RI vom BPM-Schema verwendet, um die Intensitätsverteilung in den SGWs zu erhalten. Der gesamte Prozess läuft so lan-

Abbildung 5
 Multiphysik-Simulation eines geraden (a) und eines gekrümmten SGW (b). Beide Wellenleiter haben eine Länge von 4.000 μm und wurden numerisch simuliert. Experimentell wurde ein konischer SGW-Verbinder mit einer Länge von 2.400 μm realisiert (c), wobei der eingeschriebene Wellenleiter auch nach dem Ausschalten des Lasers in der Polymer-Probe verblieb, siehe diagonale Struktur in (d).



ge, bis eine ausreichende RI-Modulation für SGWs erreicht wird. Dabei können gerade SGWs mit Hilfe eines einzigen Schreib-Lasers erzeugt werden, während gekrümmte SGWs den Einsatz zweier entgegengesetzter propagierender Laser in der Polymermischung erfordert, *Abbildung 5*. Im nächsten Schritt wird unser Modell erweitert, um auch thermomechanische Effekte zu berücksichtigen und eine noch vollständigere, präzise und gleichzeitig hocheffiziente Multiphysik-Simulation polymeroptischer Verbinder zu realisieren.

Ramananalytik – für sauberes Trinkwasser und Funktionsanalyse in den Life Sciences

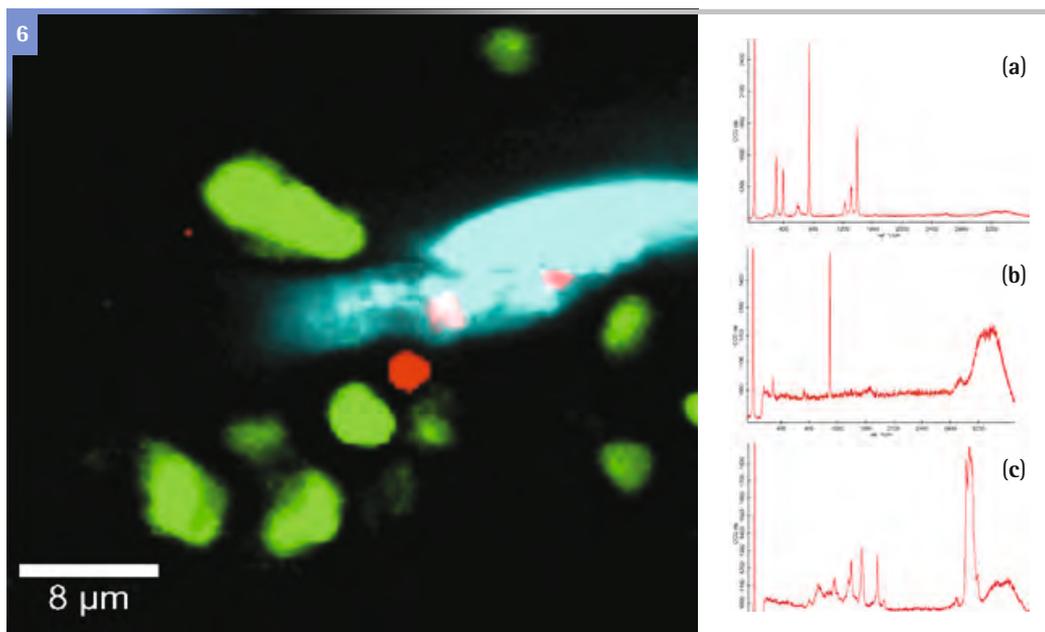
Mikroplastik umfasst Partikel mit Größen zwischen 1 und 5.000 μm aus allen denkbaren Kunststoffsorten und -formen, vom leichten, elastischen Schaumstoff über das glasartige Acryl, zum schweren, harten PVC. Ein Großteil der Partikel gelangt nicht als Granulat aus Kosmetika in die Umwelt, sondern entsteht durch Zerstörung größerer

Kunststoffteile und Reifenabrieb, so dass ein Verbot von Mikroperlen in Peelings und ähnlichem deutlich zu kurz greift und kaum eine signifikante Reduktion des Mikroplastiks in unseren Lebensmitteln bewirken wird. Daher ist die Entfernung von Mikroplastik aus dem Trinkwasser mittelfristig zwingend erforderlich. Der erste Schritt dazu, eine zuverlässige ständige Kontrolle von Trinkwasserströmen auf Mikroplastik inklusive der Information über Kunststoffsorte, -größe und -form der Partikel, um geeignete Filtermaßnahmen ergreifen zu können, wurde am HOT basierend auf Ramananalytik im Projekt OPTIMUS zusammen mit Ak-

teuren aus der Umwelttechnik realisiert. Des Weiteren untersucht das HOT mit hochauflösender Ramanspektroskopie, wie Mikroplastik von Mikroorganismen besiedelt wird (siehe *Abbildung 6*).

Die hier vorgestellten Forschungsthemen stehen exemplarisch für die Aktivitäten des HOT in der angewandten Optik und Photonik. Die Themenauswahl stellt zwar nur einen Ausschnitt der weltweit breitgefächerten Aktivitäten auf diesen Gebieten dar, deutet für sich jedoch bereits an, dass die derzeitige rasante Entwicklung noch lange fortgeschritten wird und das Potenzial eröffnet, innovative optische Konzepte und Lösungen für derzeit ungelöste Problemstellungen und Bedarfe sowohl im technologischen Umfeld wie auch in der Gesamtgesellschaft zu schaffen. Ebenfalls wird deutlich, dass bei diesem Prozess der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure und Disziplinen eine entscheidende Bedeutung zukommt und diese letztlich unverzichtbar für den Fortschritt wird. Ultimativer werden dadurch sowohl die zukünftige Forschungslandschaft als auch die Forschungskultur neu gestaltet und dadurch die Grundlagen für neue, innovative Forschungsrichtungen an den Schnittstellen klassischer Disziplinen gelegt.

Abbildung 6
 Ramanspektroskopisches Bild eines Teflon Partikels [cyan, Spektrum (a)] nach sechs Monaten im Wasser einer deutschen Trinkwassertalsperre. Man beachte die Kalziumkarbonat-ablagerungen [rot, Spektrum (b)] und die daran angewachsenen Planktomyzeten [grün, Spektrum (c)].





Von links nach rechts:
Ann-Kathrin Kniggendorf,
Kort Bremer, Muhammad
Shaukat Khan, Dierk Fricke,
Monali Suar, Bernhard Roth,
Jonas Kanngießner.

Dr. Ann-Kathrin Kniggendorf

Teil des wissenschaftlichen Stabes am HOT. Kontakt: ann.kathrin.kniggendorf@hot.uni-hannover.de

Dr. Kort Bremer

Gruppenleiter am HOT. Kontakt: kort.bremer@hot.uni-hannover.de

Prof. Dr. Bernhard Roth

Jahrgang 1970, ist seit 2012 wissenschaftlicher Leiter und Geschäftsführer des HOT und seit 2014 Professor für Physik an der Leibniz Universität Hannover. Kontakt: bernhard.roth@hot.uni-hannover.de

Dierk Fricke, M.Sc.

promoviert seit 2017 im Tailored Light Doktorandenprogramm. Kontakt: dierk.fricke@hot.uni-hannover.de

Monali Suar, M.Sc.

promoviert seit 2017 am HOT. Kontakt: monali.suar@hot.uni-hannover.de

Jonas Kanngießner, M.Sc.

promoviert seit 2016 am HOT Optik in streuenden Medien. Kontakt: jonas.kanngiesser@hot.uni-hannover.de

Muhammad Shaukat Khan, M.Sc.

ist Doktorand am HOT. Kontakt: muhammad.khan@hot.uni-hannover.de



DIGITAL . CHANGE . TOGETHER .

sternico 

Tu das, wofür Du brennst, mit Kollegen, die Du magst!

Du möchtest Karriere in einem Unternehmen machen, in dem Dein Beitrag wirklich etwas bewegt?

Dann finde den passenden Job unter www.sternico.com/unternehmen/karriere

Auf Dich warten ein spannendes Aufgabenfeld und ein Teamgefühl der ganz besonderen Art. Bewirb Dich jetzt per E-Mail unter personal@sternico.com

Wir suchen Verstärkung in den Bereichen:

- Softwareentwicklung (C#, Java, C++)
- Projektmanagement
- Vertrieb & Marketing

Noch mitten im Studium? Kein Problem! Wir bieten auch Praktika und Werkstudententätigkeiten an. Schau auf unsere Webseite oder bewirb Dich initiativ!

Gemeinsam stark

DAS MZH ALS BINDEGLIED VON FORSCHUNG, LEHRE UND WISSENSTRANSFER

Die wesentlichen Fortschritte bei der Weiterentwicklung technischer Systeme werden heute nicht mehr nur durch Optimierung von Einzelkomponenten erreicht, die anschließend kombiniert werden, sondern durch einen ganzheitlichen mechatronischen Ansatz. Das im Jahr 2000 gegründete Mechatronik-Zentrum Hannover (MZH) bündelt aus diesem Grund verschiedene Teildisziplinen aus Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik sowie Informatik. Ein Blick in die

In dem vor 18 Jahren mit Unterstützung des Landes Niedersachsen gegründeten Mechatronik-Zentrum Hannover (MZH) haben sich 16 Institute sowie ein Unternehmen aus dem Sondermaschinenbau zu einem interdisziplinären Forschungszentrum zusammengeschlossen, um Kernkompetenzen im Bereich der Systemwissenschaft Mechatronik zu bündeln und neue Anwendungen in der Medizintechnik, Produktionstechnik und Robotik zu erforschen. Der Beirat des Zentrums besteht aus Industrievertretern namhafter produzierender Unternehmen und berät zu Forschungsbedarfen der entsprechenden Branchen. Mit seiner anwendungsorientierten Ausrichtung fördert das MZH den interdisziplinären Wissens- und Technologietransfer zwischen den beteiligten Institutionen und Partnern aus der Industrie.

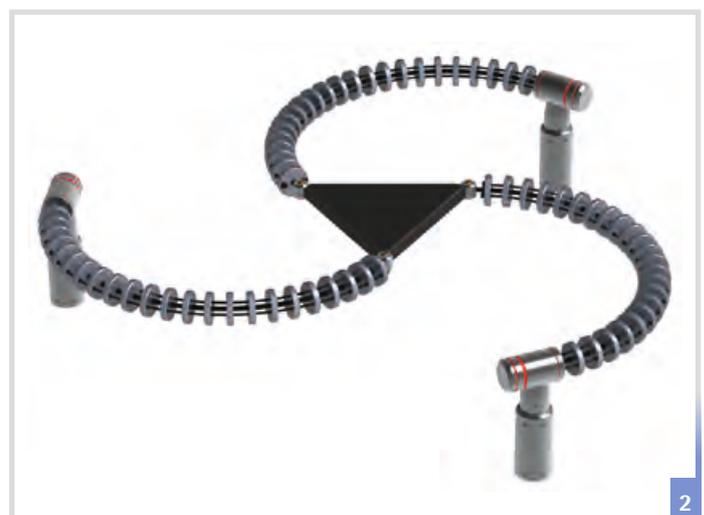
Aktuelle Forschung am MZH am Beispiel der Robotik: Parallel-kontinuierliche Manipulatoren

In einem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Kooperationsprojekt zwischen den beiden MZH-Mitgliedern Institut für Mechatronische Systeme und dem ehemaligen Lehrstuhl für Kontinuumsrobotik (seit 1.4.2019 Continuum Robotics Laboratory an der University of Toronto, Kanada) wird eine neue Kategorie von

	Paralleler Roboter	Serieller Roboter
Kontinuierliche Elemente		
Starre Elemente		

parallel-kontinuierlichen Robotern erforscht. Ziel ist es, durch die Symbiose von Parallel- und Kontinuumsrobotern die Vorteile beider Strukturen zu vereinen. Parallele Roboter setzen sich aus mehreren kinematischen Ketten zusammen,

die gemeinsam eine Plattform bewegen, an welcher beispielsweise ein Greifer montiert ist. Sie besitzen eine hohe Steifigkeit und Genauigkeit, benötigen jedoch einen großen Bauraum, sodass ihre Einsatzmöglichkeiten begrenzt sind.



Parallele Roboter werden meist für sogenannte Pick-and-Place Applikationen verwendet. Kontinuumsroboter hingegen sind eine von der Natur inspirierte neue Roboterart, die aus mehreren flexiblen Segmenten bestehen und im Gegensatz zu konventionellen Robotern keine diskreten Gelenke und starren Verbindungen besitzen. Jedes ihrer Segmente kann in mehrere Raumrichtungen kontinuierlich gekrümmt werden, wodurch Kontinuumsroboter hervorragend zu manövrieren und sehr flexibel einsetzbar sind. Allerdings weisen sie eine geringe Positioniergenauigkeit und Steifigkeit auf.

Die Vorteile beider Roboterarten sollen in sogenannten parallel-kontinuierlichen Robotern vereint werden. Diese bestehen unter anderem aus mehreren Kontinuumsrobotern, die wie konventionelle parallele Roboter an einer Endeffektor-Plattform zusammengeführt werden. Es ist zu erwarten, dass durch die parallel angeordneten, filigranen kontinuierlichen Ketten bei vergleichsweise geringem Gewicht größere Manipulationskräfte aufgenommen werden können und dadurch eine bessere Positioniergenauigkeit erreicht wird als von einzelnen Kontinuumsrobotern. Weiterhin könnte sich die hohe Flexibilität der Kontinuumsroboter in parallelen Strukturen positiv auf die Größe des Arbeitsraums auswirken. Diese Themen sollen innerhalb des Projekts untersucht werden.

In einem ersten Schritt wurden die Grundlagen dieser neuen Roboterklasse untersucht, indem mögliche parallel-kinematische Strukturen konzipiert, eine Klassifikation entwickelt sowie eine allgemeingültige Nomenklatur erarbeitet wurden. Anschließend erfolgte die mathematische Modellierung der Bewegungseigenschaften und darauf aufbauend die Be-

rechnung von den genannten Leistungsmerkmalen parallel-kontinuierlicher Manipulatoren. Verschiedene parallel-kontinuierliche Roboter befinden sich aktuell im prototypischen Aufbau, um die gewonnenen Ergebnisse aus den Simulationsmodellen projektabschließend zu validieren.

Die Erforschung dieser und anderer moderner Robotersysteme schafft das Know-How



zur Realisierung neuartiger Ansätze innerhalb verschiedenster Automatisierungslösungen, beispielsweise für Sortier- und Verpackungsaufgaben in kleinen Räumen.

Ausbildung der Robotic Natives an der Leibniz Universität Hannover

Sowohl teil- und vollständig-autonome als auch kooperative Systeme halten in produzierenden Unternehmen und vielen weiteren Bereichen des täglichen Lebens zunehmend Einzug. Als logische Folge der Entwicklung dieser Technologie muss die Ausbildung junger Talente den zukünftigen Anforderungen gerecht werden. Die Kooperation zweier MZH-Mitglieder, dem Institut für Mechatronische Systeme und dem Institut für Rege-

lungstechnik, im Rahmen der Robotiklehre führte im Jahr 2017 zur Gründung der *roboterfabrik*, ein 2018 mit „Deutschland – Land der Ideen“ ausgezeichnete Ort des Lernens für Schülerinnen, Schüler, Studierende und Auszubildende.

Die *roboterfabrik* wurde von der Leibniz Universität Hannover zusammen mit dem Roberta RegioZentrum (RRZ)

Abbildung 1
Parallele Kontinuumsroboter aus der Kombination paralleler und kontinuierlicher Roboter
Bild: Kathrin Nülle, Daniel Kaczor, imes

Abbildung 2
Beispieldarstellung eines planaren parallel-kontinuierlichen Roboters bestehend aus seilzugaktuierten Segmenten und passiven Rotationsgelenken
Bild: Thien-Dang Nguyen, LKR

Abbildung 3
Studierende erlernen die Handhabung, Programmierung und Integration von kollaborativen Robotern.
Foto: Daniel Vogl, IRT

und der Region Hannover gegründet, um eine deutschlandweit einzigartige Kooperation von Industrie, Universität und Schule zu realisieren. Die *roboterfabrik* ist eine Begegnungsstätte für Schülerinnen und Schülern von allgemein- und berufsbildenden Schulen, Lehrkräften sowie Studierenden und steht für eine Verbesserung des Bildungssystems durch eine praxisnahe institutionsübergreifende Robotik-Ausbildung. Ziel des innovativen Lehrkonzeptes ist es, Schülerinnen, Schüler, Lehrende, Auszubildende und Studierende mithilfe neuester Technologie nachhaltig auf eine digitale Welt vorzubereiten. Das didaktische Konzept unterstützt neben dem Ausbau spezifischer Fachkompetenzen ebenso die Entwicklung von Methoden-, Sozial- und Individualkompetenzen.

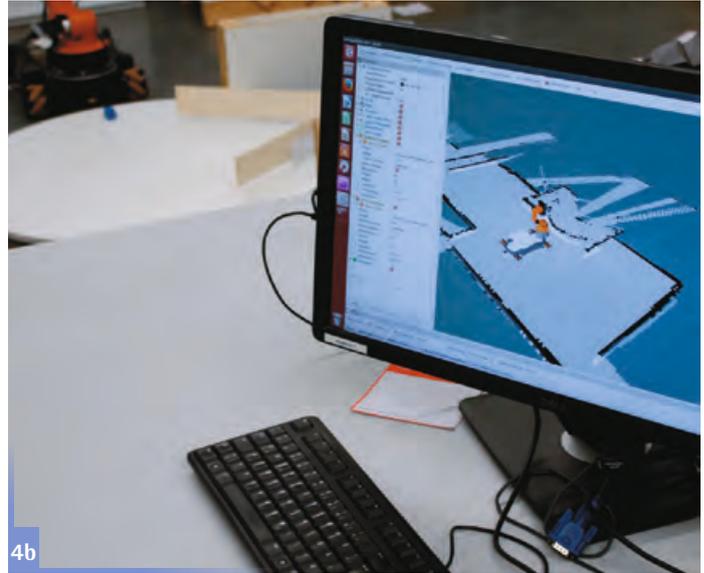
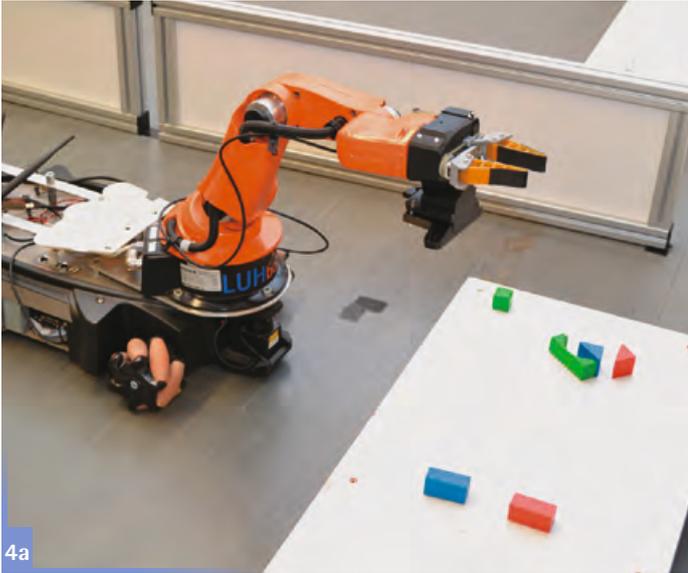


Abbildung 4a+b
In den Robothons treten Teams mit Lösungen zu verschiedenen Herausforderungen gegeneinander an.

Fotos: Daniel Kaczor, imes

Während Erstere über die technische Ausbildung zu zukünftigen Fachkräften sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren erworben werden können, ermöglicht das kooperative Konzept das Training von Soft-Skills wie Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Selbstorganisation und Eigenverantwortung. Hierdurch werden junge Menschen nachhaltig auf ein verantwortungsbewusstes Leben in der modernen Arbeitswelt vorbereitet. Während im RRZ bereits Schülerinnen und Schüler ab der Grundschule neueste Roboter-Technologien und digitale Medien erkunden und nutzen, hat die *roboterfabrik* die Ausbildung der Studierenden als Schwerpunkt. Dennoch treffen die Studierenden bei vielfältigen Lehrmodulen auf Schülerinnen, Schüler, Lehrkräfte und Auszubildende, um gemeinsam und voneinander zu lernen.

Ein durch entsprechende Theorie untermauerter Hands-On-Robotics-Ansatz wird dabei nur durch die Kooperation mit innovativen Robotik-Unternehmen ermöglicht. Hierbei erfreuen sich vor allem die Robothons großer Beliebtheit. Diese Veranstaltungen werden größtenteils vorlesungs-

begleitend angeboten und bieten den Studierenden die Möglichkeit, in Teams gemeinsam Aufgabenstellungen unter anderem aus den Bereichen Mensch-Roboter-Kollaboration, mobile Robotik oder des maschinellen Lernens direkt an den Robotern zu bearbeiten und eigene Lösungsansätze zu erproben. Dies steigert die Motivation und fördert die Festigung der gelernten Inhalte.

Drei zentrale Aspekte heben die *roboterfabrik* von anderen Lernorten ab: Die Durchgängigkeit der Lehre von der Schule bis zum Jobeinstieg, die Selbstständigkeit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie das gemeinsame Lernen von Schülerinnen und Schülern, Lehrerinnen und Lehrern sowie Studierenden und Auszubildenden. So finden neueste Forschungserkenntnisse Anwendung in Ausbildung und Arbeitswelt.

Innovation und Wissenstransfer als Standortfaktor

Innovationen im Bereich autonomer Systeme tragen erheblich zur fortschreitenden Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft bei. Die Di-

gitalisierung stellt zusammen mit der Ausbildung in den MINT-Bereichen zwei der wichtigsten Faktoren für einen Wirtschaftsstandort dar. Um den Wissens- und Technologietransfer in die regionale Industrie zu fördern, unterstützt das MZH Ausgründungen aus den oben genannten Gebieten, wobei der fachliche Fokus auf Robotik und Automatisierung liegt.

Dazu entstanden seit dem Sommersemester 2016 in Zusammenarbeit mit dem Gründungsservice der Leibniz Universität Hannover „starting business“ Lehrveranstaltungen wie zum Beispiel die Vorlesung „Gründungspraxis für Technologie Start-Ups“ und das Entrepreneurship-Tutorium „Student Accelerator Robotics & Automation“. Diese sollen Studierende dazu befähigen, die eigene Gründung und Selbstständigkeit als Chance zu erkennen und mithilfe von Unterstützungsmaßnahmen im Ökosystem der Region Hannover zu verwirklichen. Die Vorbereitung zielt dabei auf die Bewerbung in Fördermaßnahmen wie beispielsweise der EXIST-Gründerförderung des Europäischen Sozialfonds und des Bundeswirtschaftsministeriums.

Aus dem Tutorium heraus wurde die Firma *PhotorealVision* (Fotogrammetrielösungen für VR) gegründet. Das Team *Corvitas* (automatische Tierzählung) ist seit Oktober 2018 in der EXIST-Förderung und zwei weitere Teams *Modum* (individuell passgenaue Maßschuhe) und *Fenntec* (Unkrautroboter für Dammkulturen) erhielten die Förderung ab Mai 2019. Andere Teams bereiten sich auf ihre Förderanträge vor: *ATF* (autom. Fütte-

rung), *Blin(X)* (autom. Warnweste), *MoTronix* (autom. Modellerstellung) und *HAIP* (landwirtschaftliche Hyperspektralfotografie).

Für wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Leibniz Universität Hannover besteht eine eigens eingerichtete Förderlinie „Incubator Robotics & Automation“. Diese bietet gründungswilligem Forschungspersonal die Möglichkeiten,

das Marktpotenzial für ihr eigenes Start-Up Unternehmen in Vollzeit zu sondieren. Die Gründungsphase wird dabei unterstützt von der Wirtschaftsförderung der Region Hannover, hannoverimpuls sowie der Venture Villa Inkubator GmbH, die als Investor auftritt. Das erste Team, welches sich die Investition sichern konnte, ist *finealyze*, ein Start-Up zur automatischen Analyse industrieller Prozessdaten.

Forschung und Entwicklung werden zunehmend interdisziplinär und aufwändiger. Ganz nach dem Vorbild von Gottfried Wilhelm Leibniz arbeiten die wissenschaftlichen Disziplinen am effektivsten gemeinsam. Nach dem Umzug der Institute der Fakultät Maschinenbau an den neuen Campus in Garbsen Ende des Jahres stellt das MZH ein wichtiges Brückenglied zur Vernetzung der beiden Universitätsstandorte dar.

Student Accelerator Robotics & Automation

Zweisemestriges Tutorium, in dem Studierende fachliche und finanzielle Unterstützung für die Entwicklung für Prototypen und einen Geschäftsplan erhalten. Die Idee sollte im Kern innovative Robotik und/oder Automatisierung aufweisen. Die Teams bekommen nach erfolgreicher Vorstellung ihrer Gründungsidee Zugang zu einer Werkstatt, 3D-Druckern und die Einbettung in das Gründungsnetzwerk der LUH.

Incubator Robotics & Automation

Wissenschaftliche Mitarbeiter können nach erfolgreicher Beurteilung ihrer Geschäftsidee für 12-18 Monate eine Investition des MZH-Partners Venture Villa GmbH erhalten und so ihre vorwettbewerbliche Förderungslücke schließen.

Prof. Dr.-Ing. Annika Raatz

Vorstandssprecherin MZH, Institut für Montagetechnik, Kontakt: raatz@match.uni-hannover.de

Prof. Dr.-Ing. Tobias Ortmaier

Stv. Vorstandssprecher MZH, Institut für Mechatronische Systeme, Kontakt: tobias.ortmaier@imes.uni-hannover.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Ponick

Vorstand MZH, Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik, Kontakt: ponick@ial.uni-hannover.de



Prof. Dr.-Ing.

Jessica Burgner-Kahrs

Continuum Robotics Laboratory, University of Toronto, ehemals Lehrstuhl für Kontinuumsrobotik, Kontakt: jbk@cs.toronto.edu

Dr.-Ing. Torsten Lilge

Institut für Regelungstechnik, Kontakt: lilge@irt.uni-hannover.de

Sven Lilge

Continuum Robotics Laboratory, University of Toronto, ehemals Lehrstuhl für Kontinuumsrobotik, Kontakt: sven.lilge@utoronto.ca

Kathrin Nuelle

Institut für Mechatronische Systeme, Kontakt: Kathrin.Nuelle@imes.uni-hannover.de

Daniel Kaczor

Mechatronik-Zentrum Hannover, Kontakt: daniel.kaczor@mzh.uni-hannover.de

Marc Warnecke

Mechatronik-Zentrum Hannover, Kontakt: warnecke@mzh.uni-hannover.de

Von links nach rechts:

Daniel Kaczor (MZH), Sven Lilge (Institut für Regelungstechnik), Marc Warnecke (MZH), Kathrin Nülle (Institut für Mechatronische Systeme), Dr.-Ing. Torsten Lilge (Institut für Regelungstechnik). Das Foto entstand ohne die Professorinnen und Professoren. Foto: Mechatronik Zentrum Hannover

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

Studium fertig?

Bleiben Sie in Kontakt!

Das Studium ist vorbei, doch die Studienzeit bleibt.
Nutzen Sie unsere Angebote.

**Profitieren Sie vom Alumninetzwerk.
Jetzt anmelden:**

www.uni-hannover.de/alumni



AlumniCampus der Leibniz Universität Hannover
Das Netzwerk für alle Ehemaligen ■

SEI TEIL VON ETWAS

Wir gratulieren der Leibniz Universität Hannover zur Eröffnung des neuen Campus Maschinenbau zum Wintersemester 2019/20!

Starte jetzt Deine Karriere bei der Salzgitter AG.

Über uns:

Wir – die Salzgitter AG – sind einer der größten Stahl- und Technologiekonzerne in Europa. Daher ist bei uns alles etwas größer: die Produkte, die Maschinen, die Verantwortung.

Als internationales Unternehmen und namhafter Arbeitgeber in Deutschland bieten wir hoch spannende Aufgaben in vielen Bereichen, z. B. in Forschung, Produktion, Instandhaltung oder Vertrieb.

Finde jetzt in unseren Praktikums- und Stellenangeboten Deine Chance, große Ideen zu verwirklichen.

Alle Infos unter:

salzgitter-ag.com/personal-sei-teil-von-etwas-groessem.de



HANNOVER

STUDIUM

AUSBILDUNG

Jetzt beraten lassen!

Berufsausbildung als Alternative

STUDIENABBRECHER/INNEN GESUCHT!

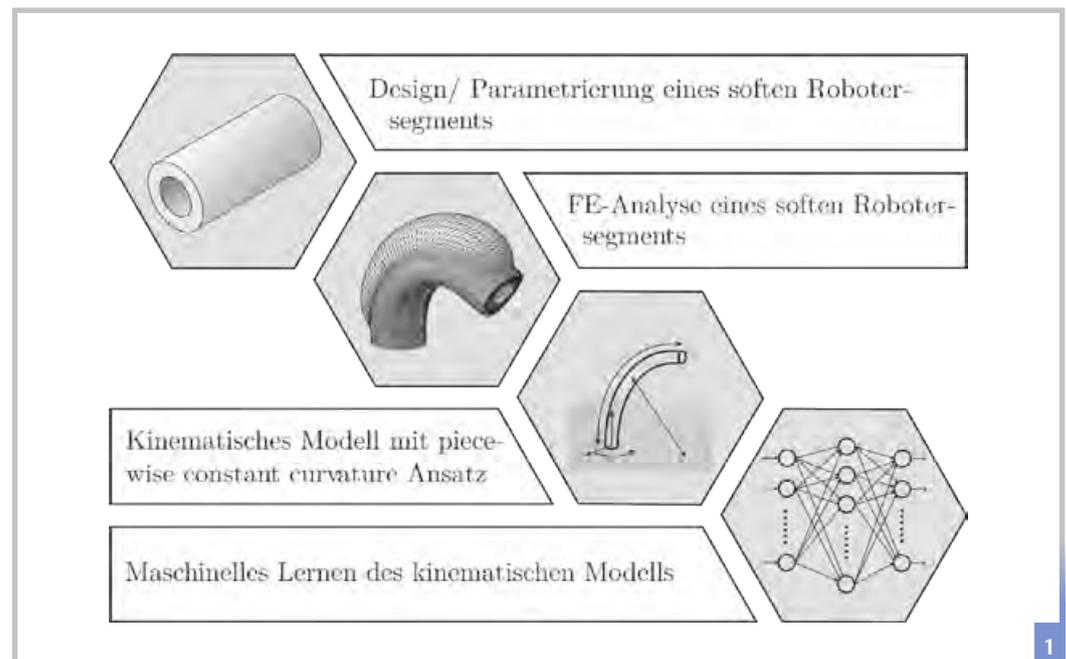
www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/umsteigen

 **umsteigen
statt
aussteigen**

Von steif zu weich

DAS SCHWERPUNKTPROGRAMM „SOFT MATERIAL ROBOTIC SYSTEMS“

Das Schwerpunktprogramm (SPP) „Soft Material Robotic Systems“ umfasst die fünf Forschungsschwerpunkte „Weiche Materialien“, „Konstruktion und Fertigung“, „Weiche Aktoren und Sensoren“, „Modellierung und Simulation“ sowie „Morphological Computation und Regelung“. Innerhalb dieser Forschungsschwerpunkte wird der Übergang von starren zu weichen Roboterdesigns untersucht. Das Institut für Montagetechnik (match) übernimmt im Rahmen des SPP die Koordination des Gesamtprojekts.



In den letzten Jahren wird eine zunehmende Überschneidung der Arbeitsbereiche von Mensch und Maschine sowohl im privaten als auch im industriellen Sektor angestrebt. Im privaten sollen Roboter beispielsweise in der Altenpflege eingesetzt werden. Während die Zahl pflegebedürftiger Menschen stetig steigt, geht die Zahl der Altenpfleger zurück. Im industriellen Sektor erhofft man sich durch den Einsatz der Mensch-Maschine-Kollaboration eine Steigerung der Effizienz. Hierbei ist eine Hürde die Sicherheit der Interaktion zwischen Mensch und Maschine, was zu einem Umdenken bei der Entwicklung von

Robotern führt. Dabei werden zwei verschiedene Ansätze verfolgt. Zum einen wird „softwareseitig“ Forschung betrieben. Unter anderem werden konventionelle Roboter mit Sensorik zur Hinderniserkennung ausgestattet. Adaptive Regelung und Bahnplanung sollen eine automatisierte Hindernisvermeidung ermöglichen. Zum anderen wird in der Soft Material Robotics „hardwareseitig“ geforscht. Roboter werden dabei aus flexiblen Materialien, wie beispielsweise Silikon, hergestellt. Durch die Verwendung von „weichen“ Robotern können bei einer Kollision Schäden an Mensch und Maschine weitestgehend vermieden

werden. Überdies können die Roboter auch in Bereichen eingesetzt werden, in denen ein Kontakt mit dem Menschen unvermeidbar ist, wie etwa in der Medizintechnik.

Anders als in der klassischen Robotik werden Verformungen und Bewegungen in der Soft Robotics nicht anhand diskreter Gelenke vollzogen und beschrieben. Statt Rotation und Translation in diskreten Punkten, weisen weiche Roboter Verformungen kontinuierlich entlang des gesamten Körpers auf. Hochelastische Materialien sorgen dafür, dass sich der Roboterkörper dabei an Objekte anschmiegen kann. Statt einen Men-

schen oder ein zu greifendes Objekt also beiseitezustoßen oder gar zu verletzen beziehungsweise zu zerstören, ist ein weicher Roboter in der Lage, sich der Form eines Objektes anzupassen. Diese Eigenschaft wird beispielsweise in der Greifertechnik genutzt, um zunächst einen flächigen Kontakt herzustellen und anschließend kraftschlüssig ein Objekt bewegen zu können.

sungsfähigkeit weicher Roboter verhindert an dieser Stelle, dass innere Organe durch den Eingriff Schaden nehmen.

Die aktive Bewegungserzeugung kann in der Soft Robotics auf unterschiedlichste Arten realisiert werden. Ein großer Zweig sind weiche pneumatisch betriebene Aktoren. In einen weichen Körper sind dabei Kammern eingelassen, die sich bei Druckbeauf-

Fertigung intelligenter Materialien, Komponenten und Systeme, sondern auch für die Modellierung und Steuerung von weichen Robotern. Auf Initiative des Instituts für Montagetechnik wurde deshalb 2017 das Schwerpunktprogramm „Soft Material Robotic Systems“ (SPP2100) von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ins Leben gerufen, um diese Herausforderungen anzugehen.

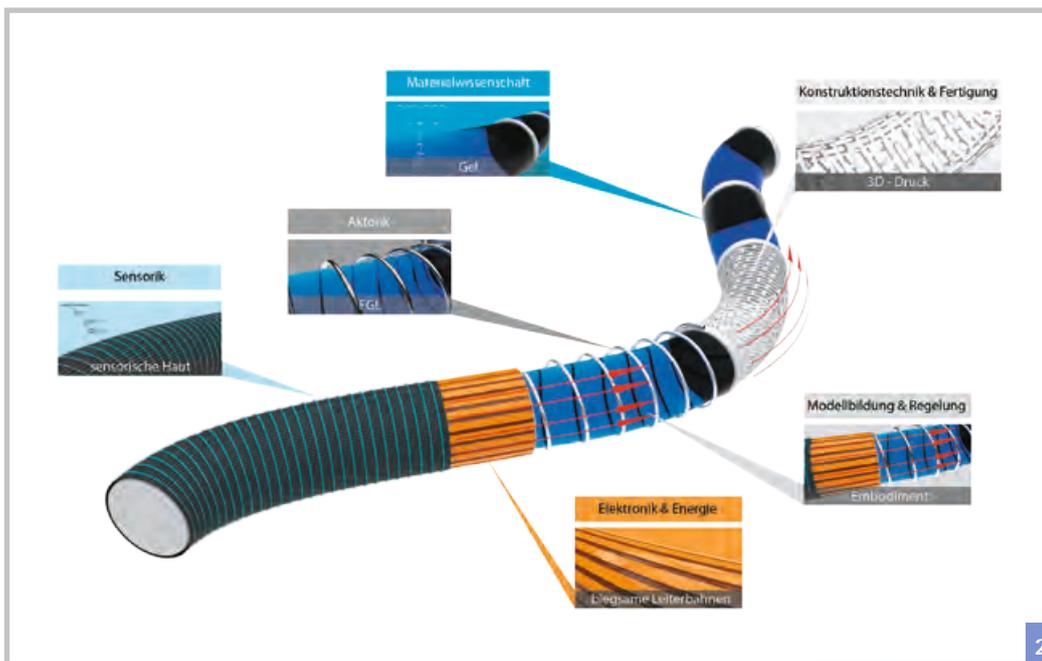


Abbildung 1
Framework: Am Institut für Montagetechnik entwickeltes Framework für die Modellierung softer Roboter.

Bild: Institut für Montagetechnik (match)

Abbildung 2
Hauptforschungsfelder: Forschungsfelder im Bereich der Soft Robotics reichen von der Aktorik und Sensorik über Materialwissenschaften, Konstruktion und Fertigung bis hin zur Elektronik und Energie sowie Modellbildung und Regelung.

Bild: Institut für Montagetechnik (match)

Doch nicht nur Greifer, sondern auch Manipulatoren mit armähnlichen Strukturen lassen sich mit weichem Material erschaffen. Dabei werden mehrere häufig zylinderartig gestaltete Aktoren hintereinandergeschaltet, die unabhängig voneinander angesteuert werden und sich somit in einem relativ großen Arbeitsraum bewegen können. Ein Forschungsschwerpunkt im Bereich Soft Robotics, der sich dieses Prinzip zunutze macht, ist die minimalinvasive Chirurgie oder Endoskopie. Dabei werden medizinische Instrumente durch kleine Körperöffnungen in den Menschen eingeführt, um dort Operationen durchzuführen. Die Anpas-

schlagung ausdehnen und somit eine Verformung des Roboterkörpers hervorrufen. Durch gezielte Einbringung variabler Drücke in eine oder mehrere Kammern lässt sich somit eine gezielte Bewegung des Aktors erreichen. Andere Arten der Bewegungserzeugung basieren auf Seilzugaktorik oder Formgedächtnislegerungen.

DFG-Schwerpunktprogramm „Soft Material Robotic Systems“

Trotz seines enormen Potenzials stellt der Paradigmenwechsel von steif zu weich eine große Herausforderung dar, nicht nur für die Konstruktion und

Deutschlandweit konnten sich Universitäten und Forschungseinrichtungen mit Forschungsanträgen zu diesem Thema bewerben. Ein Schwerpunktprogramm hat laut DFG zum Ziel, Impulse in aufkommenden Forschungsfeldern zu setzen, indem entsprechende Projekte gefördert werden. Besonderes Kennzeichen eines Schwerpunktprogramms ist dabei die überregionale und fächerübergreifende Kooperation der teilnehmenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Die DFG fördert ein Schwerpunktprogramm in der Regel für die Dauer von sechs Jahren. Hierbei können bis zu 30 Einzelprojekte gefördert werden.

Das SPP „Soft Material Robotic Systems“ zielt darauf ab, die Folgen des Wandels von starren zu weichen Roboterkonstruktionen in einem interdisziplinären Kontext zu erfassen. Die Forschung im Rahmen des Schwerpunktprogramms soll dazu beitragen, die Potenziale des weichen Paradigmas besser zugänglich zu machen und diese Potenziale für die Entwicklung flexibler und anpassungsfähiger Robotersysteme zu nutzen. Durch das SPP soll die Forschung vorangetrieben werden, um der Soft Robotics langfristig den Schritt aus den Laboren in die Anwendung zu ermöglichen.

Gesamtkoordination beim match

Das Institut für Montagetechnik übernimmt im Rahmen des SPP die Koordination des Gesamtprojekts. Dazu zählt unter anderem die Organisation von regelmäßigen Treffen und Workshops mit den beteiligten Forschungsgruppen sowie die Repräsentation des SPP in der Öffentlichkeit. Zudem wird im Zuge des Koordinationsprojektes der Aufbau eines Demonstrators angestrebt, der die Arbeiten und Ergebnisse einzelner Forschungsvorhaben vereint.

Das SPP umfasst die fünf Forschungsschwerpunkte *Weiche Materialien, Konstruktion und Fertigung, Weiche Aktoren und Sensoren, Modellierung und Simulation* sowie *Morphological Computation und Regelung*. Innerhalb dieser Forschungsschwerpunkte wird der Übergang von starren zu weichen Roboterdesigns untersucht.

Weiche Materialien

Robotersysteme aus weichem Material profitieren von der intrinsischen Anpassungsfähigkeit der Materialien, von

denen einige zusätzliche Funktionalitäten wie Aktorik oder Sensorik bieten. Weiche Materialien mit magnetischen Eigenschaften können beispielsweise genutzt werden, um über eine elektromagnetische Ansteuerung eine Versteifung des Materials herbeizuführen, um so höhere Haltekraft zu realisieren.

Konstruktion und Fertigung

Die Konstruktion und Herstellung von Robotersystemen aus weichem Material beinhaltet Überlegungen, die zum Beispiel die Auswahl der Materialien und die geeignete Platzierung von Aktoren und Sensoren betreffen. Ein Fokus kann hier auf die Einbringung von „Granular Jamming“ gelegt werden.

Die Designs softer Roboter werden bis heute in großen Teilen experimentell entwickelt. Geeignete Modellierungsansätze können hier zu einer systematischen Designentwicklung beitragen.

Die Herstellung weicher Silikon- oder Elastomerkörper erfolgt heute in der Regel im Gussverfahren. Additive Fertigungsverfahren für softe Roboter wie der 3D-Druck von hochelastischen Silikonen stecken noch in den Kinderschuhen.

Weiche Aktoren und Sensoren

Softe Robotersysteme zeichnen sich durch weiche und dehnbare Aktoren und Sensoren sowie eine hohe Funktionsintegration aus, sodass die Grenzen zwischen den einzelnen Komponenten verschwimmen. Im Bereich der Sensorentwicklung und Platzierung besteht in der Soft Robotics noch erheblicher Forschungsbedarf. Die kontinuierliche Verformbarkeit stellt neue Herausforderungen an

die Sensorik, beispielsweise zur Bestimmung der Roboterformverformung. Anders als bei herkömmlichen Robotern aus starren Materialien kann eine Bewegung oder Stellung nicht anhand diskreter Gelenke bestimmt werden.

Modellierung und Simulation

Systematisches Design sowie eine modellbasierte Steuerung der Robotersysteme erfordern eine angemessene Beschreibung des Verhaltens eines Soften Roboters und seiner Interaktion mit der Umgebung. Die kontinuierliche Verformbarkeit und ein Freiheitsgrad von unendlich erschweren eine recheneffiziente Modellierung. Auch nichtlineares Material- und Verformungsverhalten wie Hysterese und Viskoelastizität stellen Herausforderungen dar, denen im Zuge des Schwerpunktprogramms begegnet werden soll.

Morphological Computation und Regelung

Morphological Computation bietet die Möglichkeit, die Regelung an die Morphologie eines soften Roboters anzupassen und so den rechnerbasierten Regelungsaufwand zu minimieren. Als Beispiel dafür wird häufig der Fin Ray Effekt genannt. Dieser Effekt tritt bei Fischflossen auf, die sich bei Druckeinwirkungen nicht weg-, sondern in Richtung der Krafteinwirkung biegen. Dies ermöglicht eine effiziente Fortbewegung unter Wasser. Auch im Falle des eingangs erwähnten soften Greifers machen sich Forscher das Prinzip des Morphological Computation zunutze. Dadurch, dass sich das weiche Material automatisch an ein zu greifendes Objekt anschmiegt, kann auf eine aufwendige Kraftregelung verzichtet werden.

Forschungsschwerpunkt am Institut für Montagetechnik

Das Institut für Montagetechnik beschäftigt sich mit der Entwicklung eines generischen Frameworks zur kinematischen Modellierung soft pneumatischer Manipulatoren. Das Framework kombiniert Finite-Elemente-Analyse, kinematische Ansätze für kontinuierliche Roboter und maschinelles Lernen. Da die Finite-Elemente-Analyse mit einer hohen Rechenintensität einhergeht und daher in Echtzeitanwendungen kaum von Nutzen ist, werden neben der kinematischen Analyse auch Modellertechniken eingesetzt, um den Zusammenhang zwischen ansteuerndem Druck und resultierender Verformung zu lernen.

Das Framework ist als modularer Satz von Methoden konzipiert, die leicht erweitert oder durch neue Module ersetzt werden können. Bisher beschränkt sich das Framework auf die Modellierung der Kinematik eines weichen Robotersegments ohne Berücksichtigung von äußeren Kräften oder der Systemdynamik. Zusätzliche Module für die Regelung sowie statische und dynamische Modellierung sollen das Framework zukünftig zu einem ganzheitlichen und generischen Framework für das Design, die Modellierung und Regelung von soft pneumatischen Manipulatoren unter verschiedenen Bedingungen erweitern.

Durch das SPP soll die Forschung vorangetrieben werden, um der Soft Robotics langfristig den Schritt aus den Laboren in die Anwendung zu ermöglichen. Sowohl in der industriellen Handhabungstechnik als auch in den Bereichen Medizintechnik und Rehabilitation und Assistenz- und Servicerobotik könnten softe Roboter künftig ihre Vorteile ausspielen.

Auch die Explorationsrobotik ist hier zu nennen. Durch ihre Anpassbarkeit ist es soften Robotern möglich, sich auch in unbekanntem und für herkömmliche Roboter schwer zugänglichen Gebieten zu bewegen. Softe Roboter haben das Potenzial in den genannten Gebieten einen entscheidenden Beitrag zu leisten und auch darüber hinaus weitere Felder zu erobern, die heute nur schwer absehbar sind.

granular jamming

Beim granular jamming handelt es sich um ein Prinzip, um schaltbare Steifigkeiten zu ermöglichen. In eine Membran eingebettetes granulares Material ist unter Normalbedingung frei beweglich und somit formbar. Durch das Applizieren eines Unterdrucks wird das Granulat wie bei vakuumverpacktem Kaffeepulver aneinandergespreßt und somit formstabil.



Prof. Dr.-Ing. Annika Raatz

Jahrgang 1971, Studium des Maschinenbaus und Promotion zum Thema stoffschlüssige Gelenke aus pseudo-elastischen Formgedächtnislegierungen in Parallelrobotern an der TU Braunschweig, leitet seit 2013 das Institut für Montagetechnik. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der robotergestützten Montage, insbesondere auf der Entwicklung und Modellierung von Maschinenkonzepten und -komponenten sowie der Gestaltung von automatisierten Montageprozessen. Kontakt: raatz@match.uni-hannover.de



Serhat Ibrahim

Jahrgang 1991, ist seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Montagetechnik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Modellierung und Regelung von konventionellen Roboterstrukturen sowie Design, Modellierung und Regelung von soft pneumatischen Aktoren. Kontakt: ibrahim@match.uni-hannover.de



Mats Wiese

Jahrgang 1989, ist seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Montagetechnik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Strukturmechanische Modellierung und Simulation soft pneumatischer Aktoren sowie hybride Modellierung mit maschinellem Lernen. Kontakt: wiese@match.uni-hannover.de

Das Graduiertenkolleg „ViVaCE“

INTERNATIONALE SPITZENFORSCHUNG IM BEREICH SIMULATIONSGESTEUERTE ENTWICKLUNG NEUER MATERIALIEN UND STRUKTUREN

Das Graduiertenkolleg „ViVaCE“ ist ein deutsch-französischer Verbund wissenschaftlicher Institute, die seit 2010 die Vision verfolgen, neuartige Softwarekonzepte zu entwickeln, mit denen neue Materialien und innovative Strukturen am Computer entwickelt werden können. Zwei Wissenschaftler aus dem Institut für Kontinuumsmechanik geben einen Einblick in die Arbeit der Doktorandinnen und Doktoranden und die Vorzüge einer internationalen Zusammenarbeit.



Das Internationale Graduiertenkolleg 1627 („International Research Training Group“, IRTG 1627) wurde von einer Gruppe der Leibniz Universität Hannover aus den Fakultäten Bauingenieurwesen und Geodäsie, Maschinenbau und Mathe/Physik zusammen mit dem Laboratoire de Mécanique et Technologie (LMT) der École Normale Supérieure Paris-Saclay unter der Leitung von Prof. P. Wriggers vom Institut für Kontinuumsmechanik und Prof. Allix vom LMT beantragt und im Jahr 2010 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) genehmigt. Hiermit wurde es für junge Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler möglich, im internationalen Austausch einer deutschen und einer französischen Universität zu forschen und neue Forschungsumgebungen kennenzulernen. Die Laufzeit eines IRTGs beträgt 9 Jahre auf-

teilt in 2 Phasen mit je 4,5 Jahren.

Anstelle des anonymen Titels IRTG 1627 wurde das Akronym ViVaCE gewählt. Es steht für „Virtuelle Materialien und ihre Validierung: Deutsch-Französische Schule für Computational Engineering“. Dieses Akronym soll auch die Verbindung zur Graduiertenschule Multiscale Methods for Interface Coupling (MUSIC) der Leibniz Universität Hannover zum Ausdruck bringen.

Die Forschungsschwerpunkte werden von den beteiligten in- und ausländischen Einrichtungen gemeinsam entwickelt. In diesem Programm absolviert jeder Doktorand einen 6-monatigen Forschungsaufenthalt an dem entsprechenden Partnerinstitut.

Die Vision des Kollegs ist die Entwicklung neuartiger Softwarekonzepte, mit denen es in

Zukunft möglich ist, verstärkt am Computer neue Materialien und innovative Strukturen zu entwickeln. Im Vergleich zu einer rein experimentellen Entwicklung ermöglicht die simulationsgesteuerte Ingenieurwissenschaft eine Beschleunigung dieses Prozesses bei einer Reduktion der Kosten. Virtuell lassen sich am Computer so lange verschiedene Szenarien durchspielen bis das optimale Material oder die optimale Struktur gefunden ist. Das deutsch-französische Graduiertenkolleg arbeitet daran, durch Veränderungen auf der Mikro- oder Nanoskala virtuell neue Materialien zu kreieren. Am Computer kann dann direkt das Verhalten dieser neuen Materialien und Strukturen in real auftretenden Belastungen getestet werden. Ebenso ermöglichen Simulationen, die Veränderungen der Materialien über einen längeren Belastungszeitraum zu prognos-

tizieren. Durch diese Optionen ergeben sich zukünftig ganz neue Möglichkeiten, zum Beispiel im Bereich des Leichtbaus und der Additiven Fertigung, maßgeschneiderte Materialien einzusetzen. Für diesen strukturellen Wandel, hin zu einem verstärkt digitalen Entwicklungsprozess in der Industrie, werden sowohl mathematische Modelle benötigt, die das Verhalten von Materialien und Strukturen

tät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und vom Institut für angewandte Mathematik (IFAM) an der Realisierung dieses Projekts. Zudem ist auch die TU Braunschweig mit dem Institut für Angewandte Mechanik und dem Institut für Wissenschaftliches Rechnen in einer späteren Phase des Graduiertenkollegs beteiligt. Die starke Interaktion mit den Kollegen von der École normale

kus liegt dabei auch auf der Vorhersage von Rissen und Schädigungen im Material, die mit einer Materialermüdung einhergehen. Die Modelle beschränken sich dabei nicht nur auf eine rein mechanische Charakterisierung der Materialien, sondern beinhalten auch thermische Eigenschaften und chemische Reaktionen infolge von Umwelteinflüssen.



Abbildung 1
„IRTG 1627“ persönlich dargestellt durch acht Doktoranden und eine Doktorandin.
Foto: Institut für Kontinuumsmechanik (IKM)

Abbildung 2
Eröffnungsrede von Prof. Wriggers beim offiziellen Start des IRTGs in Hannover im September 2010
Foto: Institut für Kontinuumsmechanik (IKM)

unter Belastung realgetreu beschreiben, als auch geeignete Algorithmen und Lösungsverfahren, die diese Gleichungen genau und effizient lösen. ViVaCE adressiert beide Seiten, mit dem Fokus auf einem neuen Ansatz im Bereich der Materialentwicklung, und setzt dabei auf Interdisziplinarität und Internationalität. Auf der Seite der Leibniz Universität arbeiten Wissenschaftler vom Institut für Kontinuumsmechanik (IKM), vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM), vom Institut für Werkstoffkunde (IW) aus der Fakultät des Maschinenbaus, sowie vom Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik (IBNM), vom Institut für Statik und Dynamik (ISD) aus der Fakultät

supérieure Paris-Saclay in Frankreich komplettiert das Forschungsprofil von ViVaCE.

In diesem Kolleg beschäftigt sich eine Gruppe mit der Weiterentwicklung von mathematischen Modellen zur Charakterisierung von Materialien in einem multiskalen Ansatz. Ziel ist die Berücksichtigung der Einflüsse aus der Materialzusammensetzung auf der Mikro- und der Nanoebene auf die makroskopischen Eigenschaften des Materials. Wenn dieses Verhalten verstanden ist und realgetreu abgebildet werden kann, ermöglicht es die virtuelle Entwicklung von optimierten Materialien und Strukturen durch gezielte Manipulation in den kleinen Skalen. Ein Fo-

Zentral für eine gute Materialmodellierung ist deren Validierung, um die Gültigkeit dieser Modelle zu gewährleisten. Dies bedarf einer Reihe von experimentellen Auswertungen. Durch den Vergleich mit den Ergebnissen der Simulation können die neu entwickelten Modelle evaluiert werden. Durch den multiskalen Ansatz bedarf es zudem geeigneter Experimente an Materialien in verschiedenen Maßstäben.

Um für diese Modelle den Weg in die industrielle Entwicklung zu ebnen, beschäftigt sich eine Gruppe im Kolleg mit effizienten und genauen Berechnungsmethoden. Schwerpunktmäßig wird an Verfahren zur Modellredukti-

Abbildung 3
Austausch von Studenten der
LUH mit Prof. Allix vom LMT,
ENS Paris Saclay, während eines
Workshops
Foto: Institut für Kontinuums-
mechanik (IKM)



on und an der automatischen Generierung von Simulationsalgorithmen geforscht, die insbesondere im Bereich von Mehrskalen- und Mehrfeldmethoden Anwendung finden sollen. Die Verfahren schließen dabei stochastische Betrachtungen und Sensitivitätsanalysen mit ein. Der Anwendungsbereich erstreckt sich dabei von der Automobilindustrie über die Luft- und Raumfahrt bis hin zur Additiven Fertigung.

Unterstützt werden die Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftler der Leibniz Universität besonders durch das Laboratoire de Mécanique et Technologie der ENS Paris Saclay. Diese Gruppe besitzt eine besonders große Expertise auf den Gebieten der Multiskalen-Modellierung und deren algorithmischer Umsetzung, der Modellreduktionsverfahren und der experimentellen Erprobung von Verbundstrukturen. Die französischen Kollegen verfügen zudem über fundierte Kenntnisse in der numerischen Mechanik und der experimentellen Validierung. All diese

Themen sind zentral für die Erreichung der Forschungsziele und der Ausbildung der Doktoranden innerhalb von ViVaCE.

Die Wissenschaftler von ViVaCE sind dabei in den Räumlichkeiten der Graduiertenschule MUSIC integriert. Damit wurde eine einheitliche und interdisziplinäre Arbeitsumgebung geschaffen, die es zulässt, dass exzellente Master-Studierende zusammen mit Promovierenden und zugeordneten Post-Docs von ViVaCE sowie Teilnehmerinnen und Teilnehmer anderer Graduiertenschulen interagieren.

Das Besondere an dem Internationalen Graduiertenkolleg ist die Betreuung der Doktorandinnen und Doktoranden bei ihrer wissenschaftlichen Arbeit durch Professoren der Leibniz Universität Hannover und der ENS Paris Saclay (Tandem-Coaching). Zudem besteht seit Kurzem die Möglichkeit einer Doppel-Promotion an beiden Universitäten. Während des Aufenthalts an der Partneereinrichtung nehmen die Promotionsstudierenden an den spezifischen

Abbildung 4
Teilnehmerinnen und Teilnehmer
des Workshops in Porquerolles
Foto: Institut für Kontinuums-
mechanik (IKM)



Trainingsprogrammen in Frankreich teil. Dies ergänzt in idealer Weise das Ausbildungsprogramm in Hannover.

Ein zentraler Punkt in diesem Konzept sind die regelmäßigen Workshops, um den Austausch zwischen den Einrichtungen zu fördern. Einmal pro Jahr kommen dabei alle Wissenschaftler des IRTGs abwechselnd in Frankreich und Deutschland im Rahmen eines Statusseminars zusammen. Dort berichten die deutschen und französischen Promovierenden und Professorinnen und Professoren im IRTG über den aktuellen Stand ihrer Forschung. Zusätzlich findet ein Austausch über die aktuell erzielten Ergebnisse und die weitere Vorgehensweise in einzelnen, separaten Gruppen statt. Einmal pro Jahr organisieren die deutschen und französischen Promovierenden zusammen einen zusätzlichen Workshop. Neben dem wissenschaftlichen Austausch steht dabei auch die soziale Interaktion durch gemeinsame Aktivitäten im Vordergrund. Dies fördert nicht nur die Zusammenarbeit innerhalb des deutsch-französischen Verbundes, sondern auch den Zusammenhalt der französischen und deutschen Doktorandinnen und Doktoranden. Zusätzlich werden regelmäßig international bekannte Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaftler eingeladen, die Vorträge über ihr spezielles Arbeitsgebiet und damit den aktuellen Stand der Forschung halten.

Auch wenn solche eine Kooperation aus Sicht der Doktoranden sehr fordernd ist, hat die Erfahrung gezeigt, dass die Promotionsstudierenden doch einen sehr großen Vorteil aus der internationalen Zusammenarbeit ziehen konnten. Die Betreuung durch zwei Professoren, der 6-monatige Aufenthalt an der Universität ENS Paris Saclay und das selbständigen Organisieren von Workshops eröffnet den Promotionsstudierenden einen neuen Erfahrungshorizont, der in herkömmlichen Promotionsprogrammen nicht gegeben ist.

Die Präsentation des internationalen Graduiertenkollegs und detaillierte Informationen zu den einzelnen Projekten und dem Programm finden sich auf der Webseite des IRTG 1627s: <http://www.irtg1627.uni-hannover.de>.



Prof. Dr. Peter Wriggers

Jahrgang 1951, ist Professor für Kontinuumsmechanik. Seine Forschungsschwerpunkte beziehen sich auf theoretische Grundlagenarbeiten und die Entwicklung numerischer Simulationsmethoden. Speziell wird dies in den Gebieten der Kontaktmechanik, der Multiskalenmodellierung von Materialien und neuen Diskretisierungsverfahren, wie der Methode der virtuellen Elemente, verfolgt. Kontakt: wriggers@ikm.uni-hannover.de



Dr. Christian Weißenfels

Jahrgang 1979, ist Oberingenieur am Institut für Kontinuumsmechanik. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Algorithmenentwicklung für die simulationsgestützte Additive Fertigung, sowie dem Einsatz der künstlichen Intelligenz in der numerischen Simulation. Kontakt: weissenfels@ikm.uni-hannover.de



HANNOVER

25 Jahre Partner-Hotel der Leibniz Universität Hannover

- 42 moderne Zimmer ■ Gute Anbindung zu den Fakultäten und zum Wissenschaftspark Marienwerder!
- UNI-Sonderpreise: ■ Classic Einzelzimmer 72,00 Euro
 ■ Classic Einzelzimmer Garten 79,00 Euro
 ■ Doppel-/Zweibettzimmer 98,00 Euro
 ■ Familienapartments für bis zu 6 Personen – Preis auf Anfrage
 ■ Inklusive Vital-Frühstücksbuffet und W-Lan

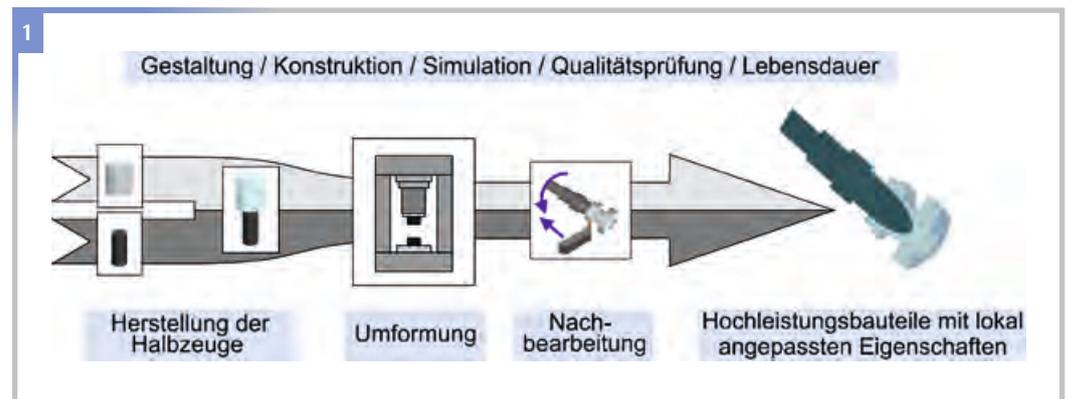
Hotel in Herrenhausen

Markgrafstraße 5
 30419 Hannover
 Tel.: 0511 - 7907 600
 Fax: 0511 - 7907 698
info@hotel-in-herrenhausen.de
www.hotel-in-herrenhausen.de
 S-Bahn Linie 4+5 direkt am Hotel

Der Sonderforschungsbereich 1153

HYBRIDE MASSIVBAUTEILE

Die Nachfrage nach leistungsfähigen, leichten und kompakten technischen Bauteilen ist in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen, gleichzeitig stoßen Bauteile aus herkömmlichen Werkstoffen wie Stahl oder Aluminium bei den etablierten Produktionsprozessen immer mehr an ihre werkstoffspezifischen Grenzen. Der hier vorgestellte Sonderforschungsbereich 1153 beschäftigt sich seit 2015 damit, die Potenziale für hybride Massivbauteile in einem neuen Fertigungsverfahren zu erschließen.



In vielen industriellen Bereichen werden Bauteile eingesetzt, die lokal sehr unterschiedlich beansprucht werden. So gibt es zum Beispiel Bauteilbereiche, die sehr hohen thermischen, mechanischen oder tribologischen Beanspruchungen unterliegen oder ein besonders geringes Gewicht aufweisen müssen. Eine signifikante Steigerung der Produktqualität und Wirtschaftlichkeit ist somit ausschließlich durch die Kombination von verschiedenen Werkstoffen innerhalb eines Bauteils zu erwarten. Eine hybride Konstruktionsbauweise bietet ein enormes Potenzial, um den Anforderungen der unterschiedlichen Bauteilbereiche optimal zu begegnen. Zudem ist es möglich, durch diese Verfahren das Bauteilgewicht oder den Einsatz hochwertiger Werkstoffe beziehungsweise deren Legierungselemente langfristig zu reduzieren und somit nachhaltiger und ressourcenschonend zu arbeiten.

Sonderforschungsbereich 1153 „Tailored Forming“

Der Sonderforschungsbereich (SFB) 1153 hat sich zur Aufgabe gemacht, die Potenziale für hybride Massivbauteile auf der Basis des „Tailored Forming“, einer neuartigen Prozesskette, zu erschließen. Im Gegensatz zu den bisher etablierten Fertigungsverfahren, bei denen der Fügeprozess der verschiedenen Materialien während oder nach der Umformung erfolgt, werden im SFB 1153 Halbzeuge verwendet, die bereits im ersten Prozessschritt gefügt werden. Dies hat zum einen den Vorteil, dass das stoffschlüssige Fügen an Halbzeugen mit einfacher geometrischer Form erfolgt, wodurch die Handhabung sowie die prozesssichere Herstellung der Fügezone erleichtert werden. Auf diese Weise ist es möglich, Bauteile aus unterschiedlichen Materialien zu fertigen, die aufgrund ihrer komplexen Form

bisher nicht herstellbar waren. Zum anderen kann in bestimmten Fällen sogar eine Verbesserung der Fügezonqualität beziehungsweise eine verbesserte Anbindung der Werkstoffpaarung durch die geometrische und thermomechanische Beeinflussung der Fügezone während der Umformung realisiert werden. In der ersten Förderperiode liegt der Schwerpunkt der Arbeiten auf den Materialkombinationen Stahl/Stahl und Stahl/Aluminium. Die Prozesskette des Tailored Forming ist schematisch in *Abbildung 1* dargestellt.

Der SFB 1153 wird seit Juli 2015 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Zum Team des SFB 1153 zählen aktuell etwa 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Leibniz Universität Hannover (LUH) sowie des Laser Zentrums Hannover e.V. (LZH) und des Instituts für Integrierte Pro-

duktion Hannover (IPH), siehe *Abbildung 2*. Der innovative Ansatz des SFB 1153 beinhaltet eine ganzheitliche Betrachtung des Fertigungs- und Entwicklungsprozesses vom Halbzeug bis zum einsetzfähigen Bauteil. Die 14 Teilprojekte des SFB gliedern sich in die drei Projektbereiche Halbzeuge, Formgebung sowie Auslegung und Bewertung.

Mittels Auftragschweißen (*vgl. Abbildung 3*) können zum Beispiel sehr hochfeste Werkstoffe gezielt auf Umformrohlinge aus günstigeren Stählen aufgebracht werden. Diese hochfesten Werkstoffe wären in der Verwendung als Vollmaterial nicht wirtschaftlich. Die Kosten werden hier durch den nur minimal nötigen Einsatz von hochlegiertem Werkstoff reduziert. Zum anderen kann durch den Einsatz

sind hoch, da viele hochfeste Werkstoffe nach den gängigen Normen als schwer- oder auch als nicht schweißbar eingestuft sind. Dies gilt zum Beispiel besonders für Vergütungs- oder Wälzlagerstähle. Diese Materialien neigen in klassischen Schweißprozessen stark zu Härterissen und auch Porenbildung. Durch den Einsatz von gezielten und legierungsspezifischen Wärmeführungen sowie der Entwick-

Abbildung 1
Schematische Darstellung der neuartigen Tailored-Forming-Prozesskette.

Bild: IFUM/SFB 1153



2

Herstellung der Halbzeuge

Als erster Schritt der Tailored-Forming-Prozesskette erfolgt die Herstellung der hybriden Halbzeuge mittels unterschiedlicher Fügeverfahren. Durch die eingesetzten Füge-technologien Strangpressen, Auftragschweißen, Reibschweißen und ultraschall-unterstütztes Laserstrahlschweißen wird sowohl eine serielle, als auch eine koaxiale Anordnung verschiedener Materialpaarungen ermöglicht.

definiertes, gezielt für den Belastungsfall entwickelter Beschichtungen die Leistungsdichte oder Lebensdauer des späteren hybriden Bauteils stark gesteigert werden. Dabei ist die verschweißte Werkstoffmenge und Position auf dem Rohling entscheidend, damit die Werkstoffe nach dem Umformen auch an der richtigen Stelle und mit der richtigen Schichtdicke im späteren Umformbauteil vorliegen.

Die schweißtechnischen Herausforderungen im SFB 1153

von Leistungsregelungen für die eingesetzten Schweißprozesse, konnten poren- und rissfreie Beschichtungen mit hochfesten Vergütungsstählen erreicht werden, die auch im nachfolgenden Umformprozess fehlerfrei bleiben, siehe *Abbildung 3, rechts*.

Formgebung

Die Weiterverarbeitung der hergestellten Hybridhalbzeuge zum fertigen Bauteil erfolgt im Rahmen des SFB 1153 mit-

Abbildung 2
Das wissenschaftliche Team des SFB 1153 im Februar 2019
Foto: IFUM



Abbildung 3
 Links: Plasma-Pulver-Auftragsschweißen, rechts: geschmiedetes hybrides Kegelrad
 Foto: IW/IFUM

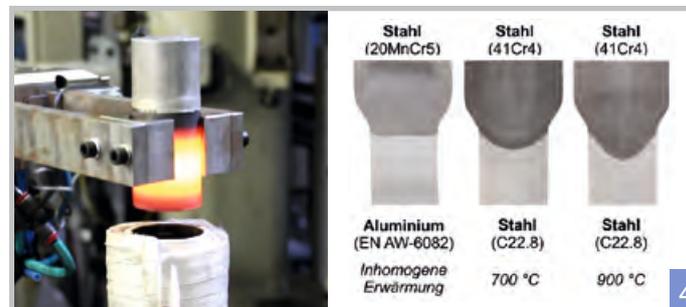
tels verschiedener umformtechnischer und spanender Verfahren. Zur umformtechnischen Formgebung von seriell angeordneten hybriden Halbzeugen kommt am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) das Fließpressen zum Einsatz. Hierbei stellt vor allem die Erwärmung der hybriden Stahl-Aluminium Halbzeuge vor der Umformung eine große Herausforderung dar. Bei gleicher Raumtemperatur hat Stahl eine etwa doppelt so hohe Fließspannung wie die verwendete Aluminiumlegie-

des induktiven Erwärmungsvorgangs vorab mittels numerischer Simulationen.

Für das Fließpressen der hybriden Halbzeuge wurde am IFUM ein Werkzeugsystem entwickelt, bei dem der Spannungszustand im Bereich der Fügezone während der Umformung gezielt verändert werden kann. So konnte gezeigt werden, dass durch eine Drucküberlagerung während des Prozesses, das Formänderungsvermögen erhöht werden konnte. Die verwendeten Stahl-/Stahl- und Stahl-/Alu-

wertung und Qualitätssicherung der einzelnen Fertigungsschritte sind wichtige Forschungsschwerpunkte des SFB 1153. Ein Beispiel hierfür ist die inline 3D-Geometriemessung schmiedewarmer Tailored-Forming-Bauteile. Die direkte Prüfung der geometrischen Merkmale der Fügezone nach der Umformung ermöglicht eine Fehlerfrüherkennung, sowie die Evaluierung von Bauteilverzügen, die durch inhomogene Abkühlprozesse der hybriden Materialpaarungen entstehen können.

Abbildung 4
 Links: Inhomogene Induktionserwärmung eines Stahl-Aluminium-Halbzeugs, rechts: Ausbildung der Fügezonen nach der Umformung in Abhängigkeit der Erwärmungsstrategien sowie Werkstoffkombinationen.
 Foto & Bild: IFUM



rung. Die Anpassung der Fließspannungen erfolgt durch eine inhomogene Induktionserwärmung des Hybridhalbzeugs, bei der im Stahlwerkstoff Temperaturen bis zu 1000 °C und im Aluminium bis zu 300 °C vorliegen, wie in *Abbildung 4, links* zu erkennen ist. Da gleichzeitig ein Aufschmelzen des Aluminiums und eine zu starke thermische Beeinflussung der Fügezone vermieden werden muss, erfolgte die Auslegung

minium-Halbzeuge wurden zuvor durch Reibschweißen oder ultraschallunterstütztes Laserstrahlschweißen gefügt. Je nach Werkzeuggeometrie und Erwärmungsstrategie kann außerdem die Geometrie der Fügezone beeinflusst werden, *siehe Abbildung 4, rechts*.

Auslegung und Bewertung

Die Prozessauslegung und -entwicklung sowie die Be-

Antastende Messaufbauten können hierbei nicht zur Erfassung von Geometriedaten eingesetzt werden, da die hohe Bauteiltemperatur von bis zu 1100 °C den Messkopf beschädigen würde. Um berührungslose Geometriemessungen zu ermöglichen, wird ein optischer Sensor bestehend aus einer Kamera und einem Projektor eingesetzt. Mithilfe des Projektors wird eine kodierte Streifenlichtsequenz auf das Messobjekt projiziert. Die Kamera nimmt diese Bildsequenz unter einem festen Winkel auf. Durch die Objektoberfläche werden die projizierten Streifenmuster im Kamerabild verzerrt. Eine mathematische Modellierung von Kamera und Projektor ermöglicht eine Rekonstruktion der 3D-Geometrieminformation der Objektoberfläche durch eine Auswertung der kodierten Streifenbilder.

Da sich durch den Wärmeintrag der schmiedewarmen Objekte in die Umgebungsluft die Luftdichte lokal ändert, wird das projizierte Projektorlicht zudem vom geradlinigen Lichtpfad abgelenkt. Es wurden daher unterschiedliche Sensorkonzepte unter Nutzung aktorbasierter und algorithmischer Verfahren zur Kompensation des Lichtablenkungseffektes erforscht. Mithilfe einer Multiphysik-Simulationsumgebung wurde außerdem ein numerisches Modell implementiert, das den Zusammenhang zwischen der hitzeinduzierten Dichtereduzierung der Luft und dem dadurch entstehenden Lichtablenkungseffekt abbildet, und virtuelle Geometriemessungen unter optischer Inhomogenität ermöglicht.

Eine zusätzliche Herausforderung bei der optischen Geometriemessung schmiedewarmer Bauteile ist die Eigenemission des Messobjekts. Heiße Objekte senden in Ab-

Die gemessenen Geometriepunkte können außerdem mit Temperaturdaten einer Wärmebildkamera fusioniert werden, sodass jeder 3D-Punkt zusätzlich eine Temperaturinformation trägt. Diese 4D-Daten helfen zum Beispiel dabei, getroffene Simulationsannahmen für die Auslegung von Umformprozessen zu validieren oder gegebenenfalls anzupassen (vgl. *Abbildung 5 rechts*).

Blick in die Zukunft

Die Vision des SFB ist es, grundlegende Gestaltungs- und Verfahrensgesetzmäßigkeiten für die Herstellung von hybriden Massivbauteilen aus unterschiedlichen Werkstoffkombinationen aufzustellen und nutzbar zu machen. Die Ergebnisse bilden die technische Grundlage für neue und weiterentwickelte Fertigungsprozesse zur Herstellung hybrider Bauteile und ihren industriellen Einsatz. Als Hauptziele der zukünftigen Arbeiten lassen sich die Er-

1153 für weitere vier Jahre vom Juli 2019 bis zum Juni 2023 zugestimmt. Um die ganzheitliche Betrachtung der untersuchten Prozessketten zu vervollständigen, werden in der zweiten Förderperiode zwei neue wissenschaftliche Teilprojekte eingerichtet: Einerseits erfolgt am Institut für Montagetechnik die Entwicklung von formvariablen Greifersystemen, um hybride Halbzeuge und Bauteile im Hochtemperaturbereich besser handhaben zu können. Andererseits wird in einem Projekt zur Informationsinfrastruktur (INF) ein Forschungsdatenmanagementsystem entwickelt, welches die entlang der Prozessketten entstehenden Daten und Ergebnisse sammelt und auswertet. Die Übertragbarkeit der wissenschaftlichen Grundlagen aus dem SFB auf industrielle Fertigungsprozesse wird durch zwei weitere Transferprojekte aufgezeigt. Hierbei wird in Zusammenarbeit mit der Industrie vor allem die Skalierung der erar-

Acknowledgements

Die vorgestellten Forschungsarbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Sonderforschungsbereich 1153 „Prozesskette zur Herstellung hybrider Hochleistungsbauteile durch Tailored Forming“ finanziell gefördert.

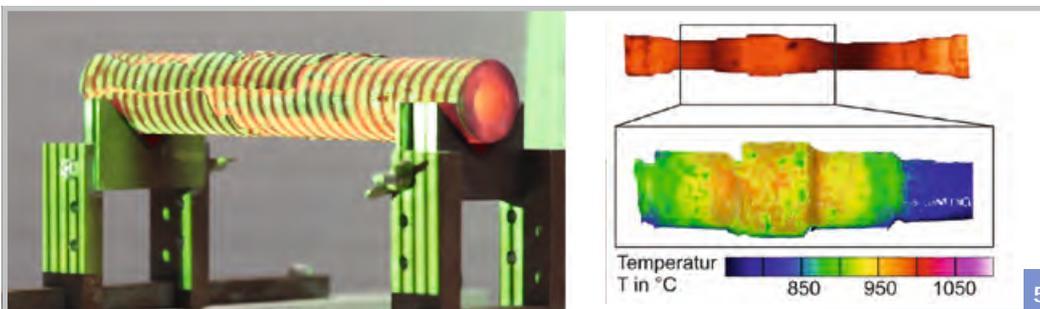


Abbildung 5
Links: Kontinuierliches Sinusmuster wird auf das rotglühende Bauteil projiziert, rechts: Fusionierte Temperatur-Geometriedaten auf einem gewalzten Bauteil.

Foto & Bild: IMR

hängigkeit ihrer Temperatur elektromagnetische Strahlung aus. Bei einer Temperatur von circa 1100 °C glühen die Messobjekte rot. Die auf die Kamera fallende Messstrahlung des Projektors wird daher zusätzlich durch eine Störstrahlung überlagert. Durch Einsatz von schmalbandigem grünem Projektorlicht und einem optischen Kamerafilter lässt sich das Nutzsignal von der Störstrahlung trennen (vgl. *Abbildung 5 links*).

weiterung des Materialspektrums, die Funktionsintegration und die Erhöhung der Bauteilkomplexität sowie die generelle Weiterentwicklung der erarbeiteten Prozessschritte und -ketten definieren. Zusätzlich werden Ansätze zur Steuerung und Regelung der Prozesse untersucht und entwickelt.

Aufgrund der großen Erfolge der letzten vier Jahre hat die DFG einer Förderung des SFB

beiteten Prozessketten auf Großbauteile und auf industrierelevante Lastkollektive und Demonstratoren untersucht.



**Prof. Dr.-Ing.
Bernd-Arno Behrens**

Jahrgang 1964, ist Leiter des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen sowie Sprecher des Sonderforschungsbereichs 1153 „Tailored Forming“. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen der Blech- und Massivumformung, Umformmaschinen sowie der Materialcharakterisierung und Simulation. Kontakt: behrens@ifum.uni-hannover.de



Dipl.-Ing. Johanna Uhe

Jahrgang 1988, ist seit 2015 Wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Umformtechnik und Umformmaschinen und seit 2017 Geschäftsführerin des SFB 1153. Kontakt: uhe@ifum.uni-hannover.de



M. Sc. Maximilian Mildebrath

Jahrgang 1988, ist seit 2015 Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Werkstoffkunde. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der Auslegung und Automatisierung von Fügeprozessen. Kontakt: mildebrath@iw.uni-hannover.de



M. Sc. Deniz Duran

Jahrgang 1989, arbeitet seit 2015 am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung der Fließpressprozesse von hybriden Halbzeugen. Kontakt: duran@ifum.uni-hannover.de



Dipl.-Ing. Lorenz Quentin

Jahrgang 1988, ist seit 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Mess- und Regelungstechnik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Fusion von Geometrie- und Temperaturdaten sowie die Erfassung und Registrierung multiskaliger Geometriedaten. Kontakt: lorenz.quentin@imr.uni-hannover.de

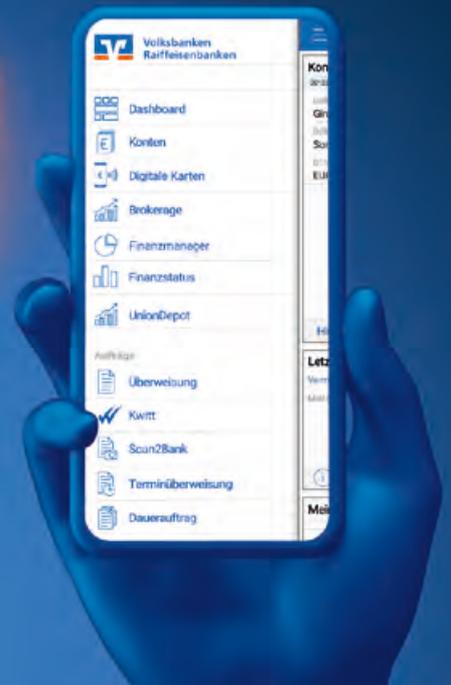


Dipl.-Ing. Rüdiger Beermann

Jahrgang 1986, ist seit 2015 Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Mess- und Regelungstechnik. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Erforschung von optischen Streifenprojektionssensoren zur Geometriedaten-Akquise an schiedewarmen Messobjekten. Kontakt: ruediger.beermann@imr.uni-hannover.de

LET'S GET DIGITAL

WÄHLE JETZT EIN
GIROKONTO,
DAS SO DIGITAL
IST WIE DU.



Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

Wir machen den Weg frei.

Eröffne dein Girokonto einfach online:
hannoversche-volksbank.de/girokonto



 **Fraunhofer**
IPA

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA

PERSONALISIERTE PRODUKTE ZU
KOSTEN DER MASSENPRODUKTION
GEHT NICHT.

DOCH.

Wir arbeiten gemeinsam mit unseren Industriepartnern an Lösungen, um Maschinen und Roboter noch intelligenter zu machen. Dabei hilft uns maschinelles Lernen: Basierend auf großen Datenmengen und deren Auswertung mit Methoden der KI werden Produktionen effizienter, flexibler und können schneller an neue Anforderungen angepasst werden.



https://www.ipa.fraunhofer.de/de/jobs_karriere.html

MACH MAL KARRIERE...

...IN EINEM RICHTIG GUTEN TEAM.

Karrieren wachsen in Unternehmen, die in das Know-how ihrer Mitarbeiter investieren. Als Unternehmen für hochwertige Engineering-Services erkennen wir die Potenziale unseres Teams – und fördern sie. Mit unserem SALT AND PEPPER Karriereprogramm treiben wir deine Zukunft an neun Standorten mit anspruchsvollen Projekten und bei deutschlandweit namhaften Kunden voran.

Neugierig? Dann schalte in den Karriereturbo unter
www.salt-and-pepper.eu/de/karriere
und werde Teil unseres Teams.

Ansprechpartnerin: Nicole Talaska
n.talaska@salt-and-pepper.eu

SALTANDPEPPER
technology consulting

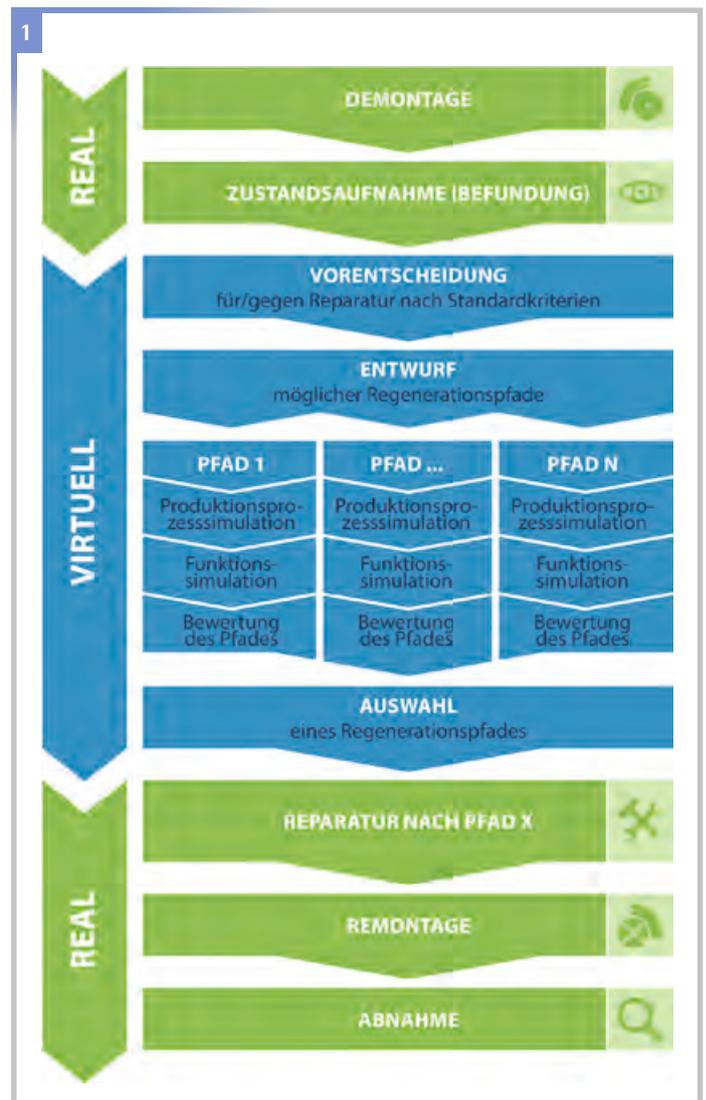
Reparieren statt Ersetzen

ÜBER DIE REGENERATION KOMPLEXER INVESTITIONSGÜTER

Der Sonderforschungsbereich (SFB) 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ erforscht, wie komplexe Maschinen und Anlagen, etwa Flugtriebwerksturbinen oder Windenergieanlagen, effizient erhalten und repariert und so der Verbrauch wertvoller Ressourcen reduziert sowie die Betriebskosten gesenkt werden können.

Die Wartung und Instandhaltung von Investitionsgütern wie Flugzeugtriebwerken, Windenergieanlagen oder Schienenfahrzeugen verursacht einen erheblichen Anteil der Betriebskosten. Um diesen Anteil zu reduzieren und teure, wertvolle Ressourcen einzusparen, müssen Wartungsprozesse und Reparaturverfahren effizienter gestaltet werden. In den heute üblichen Regenerationsprozessen führen Fachkräfte auf Basis vorgegebener Richtlinien Wartungsarbeiten und Reparaturen durch. Dabei spielt die individuelle Erfahrung eine wesentliche Rolle, was unter Umständen zu einer schlechten Reproduzierbarkeit und Streuung der Reparaturergebnisse führen kann.

Der Sonderforschungsbereich (SFB) 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ hat sich zum Ziel gesetzt, die Funktionsfähigkeit komplexer Anlagen und Maschinen zu erhalten und möglichst zu verbessern. Hierfür erarbeitet der SFB 871 an der Leibniz Universität Hannover die wissenschaftlichen Grundlagen für einen innovativen Ansatz: Am Beispiel von Flugzeugtriebwerken wird ein kombinierter virtueller und realer Reparaturprozess entwickelt. Dieser neuartige Ansatz nutzt klassische Methoden, die früher der Produkt- und Fertigungsentwicklung vorbehalten waren und überträgt sie auf die Instandhaltung.



Bereits zu Beginn der Förderung des SFB 871 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Jahr 2010 wurde das Flugtriebwerk als gemeinsames Forschungsobjekt für den Verbund ausgewählt.

Bei diesen Maschinen stoßen alle beteiligten ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen an die Grenzen der physikalischen Kenntnisse und Auslegungsmethoden. Dies gilt sowohl für die einzelnen Bau-

teile und Baugruppen als auch für das komplexe Gesamtsystemverhalten.

Der innovative Regenerationsprozess wurde im SFB 871 exemplarisch für eine Turbinenschaufel aus einem Flugtriebwerk entwickelt. Nach der Demontage des Triebwerks werden die Zustände der betriebsbeanspruchten Bauteile analysiert. Hier zeigt sich eine

durch ein Neuteil ersetzt werden muss, ist es notwendig, den aktuellen Zustand (den sogenannten Ist-Zustand) des Bauteils zu kennen. Hierzu wird die Schaufelgeometrie im Multiskalenbereich vermessen. Somit ist es möglich, neben offensichtlichen Beschädigungen der Schaufel, wie Löchern oder Abplatzungen (Schäden in der Makro-Geometrie) auch die Rauheit auf

und die Oberflächen-Rauheiten, als auch den Werkstoffzustand (zum Beispiel Risse) der Schaufel abbildet. Mit Hilfe dieses virtuellen Abbilds ist es möglich, die funktionalen Eigenschaften der Schaufel in ihrem Ist-Zustand zu bewerten. Hierzu kommen Methoden und Kenntnisse zum Einsatz, die hinsichtlich ihres Detaillierungsgrad und der Komplexität über den Stand der Wissenschaft hinausgehen und heute nur in der Neuentwicklung eingesetzt werden. So erlauben es numerische Simulationen von Bauteilen und Systemen, die funktionalen Eigenschaften des Bauteils und dessen Einfluss auf das Gesamtsystem über den virtuellen Zwilling zu bestimmen. Es kann so zum Beispiel bewertet werden, ob Risse, die sich im Betrieb in der Schaufel gebildet haben, bis zur nächsten Instandhaltung des Triebwerks zum Versagen der Schaufel führen oder nicht.

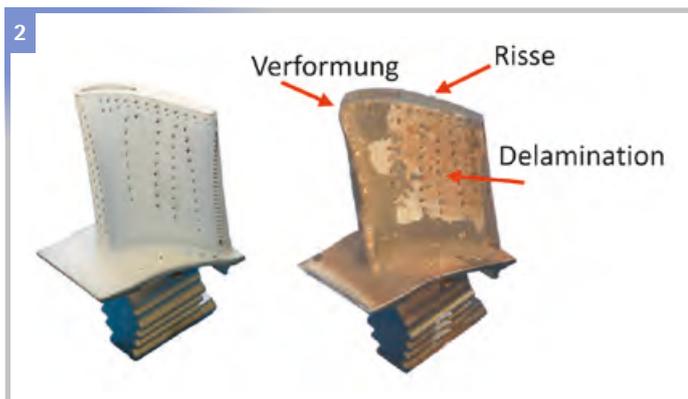


Abbildung 1
Bei der zukünftigen Regeneration von komplexen Investitionsgütern werden alternative Reparaturpfade virtuell evaluiert und automatisiert ausgewählt.

Abbildung 2
Vergleich einer Neuteil-Schaufel (links) und einer betriebsbeanspruchten Schaufel (rechts) mit weitestgehend verschlissener Beschichtung

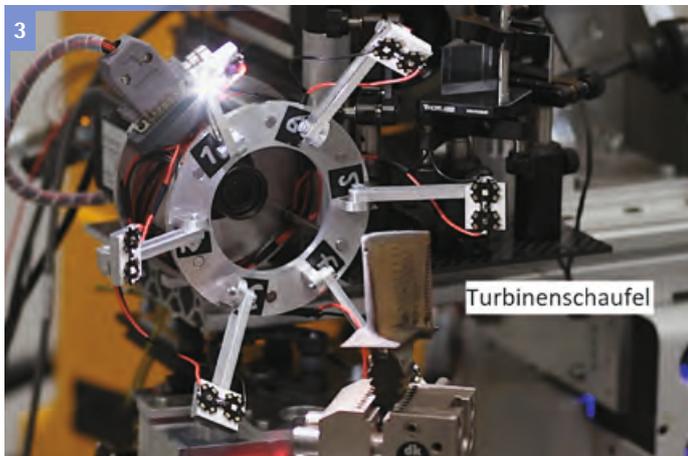


Abbildung 3
Optische Vermessung einer Turbinenschaufel mit einem Multisensorsystem

der wesentlichen Herausforderungen in der Regeneration: Im Gegensatz zu einem neuen Bauteil, zu dem detaillierte Informationen während des Fertigungsprozesses vorliegen, unterliegen die Bauteile bei der Regeneration einer großen Varianz durch die zurückliegende Betriebsbeanspruchung. Um nun zu bewerten, ob ein Bauteil noch in Ordnung ist, repariert werden kann oder

der Schaufeloberfläche (Mikro-Geometrie) zu vermessen. Zusätzlich wird die Schaufel auf Risse geprüft, um somit auch Schäden unterhalb der Schaufeloberfläche zu detektieren.

Auf Basis dieser Zustandsaufnahme wird ein digitales Abbild, ein sogenannter „virtueller Werkstückzwilling“ erstellt, der sowohl die Form

Neben dieser Bewertung der Rest-Lebensdauer wird der Einfluss der Schaufel in ihrem Ist-Zustand auf die Leistungsfähigkeit des Gesamttriebwerks in der funktionalen Bewertung analysiert. Hier dienen der Wirkungsgrad und der spezifische Kraftstoffverbrauch als Bewertungsgrundlage. Diese Größen werden zum Beispiel durch die betriebsbedingten Rauheiten auf der Schaufeloberfläche beeinflusst. Die Rauheiten wirken sich negativ auf die Umströmung der Schaufel aus, was zu einem schlechteren Wirkungsgrad und einem höheren Kraftstoffverbrauch führt.

Die funktionale Bewertung der Schaufel liefert eine quantitative Aussage über die Eigenschaften der Schaufel. Auf dieser Basis werden anschließend unterschiedliche Regenerationspfade entworfen und bewertet und der bestmögliche Pfad unter Berücksichti-

gung spezieller Kundenanforderungen ausgewählt. Nutzt ein Kunde sein Triebwerk hauptsächlich für Langstreckenflüge, wird er einen möglichst hohen Wirkungsgrad und niedrigen Kraftstoffverbrauch priorisieren. Ein Kunde, der hauptsächlich Kurzstrecke fliegt, legt seinen Fokus eher auf einen hohen

Im Anschluss an die Entscheidung wird der optimale Reparaturpfad real ausgeführt. Hierfür werden neue Reparaturtechnologien wie einkristallines Laserstrahlschweißen oder endkontur-nahe hybride Füge- und Beschichtungsprozesse entwickelt. Diese verbesserten Prozesse erlauben es, Schäden

Produktionsprozesse, die erreichbare Genauigkeit der Reparatur vorab zu kennen. Dieses Wissen ist notwendig, um den optimalen Reparaturpfad auszuwählen. So kann zum Beispiel bewertet werden, wie unterschiedliche Fräsprozesse die Schaufeloberflächenrauheit und somit das Verlustverhalten beeinflussen.

Abbildung 4
Beschichtung einer Turbinenschaufel mittels atmosphärischen Plasmaspritzens



Startschub, was zu unterschiedlichen Strategien in der Bewertung der Pfade führen kann.

zu reparieren, die aktuell zum Ausschuss der Schaufel führen. Ein detailliertes Prozesswissen erlaubt es in Kombination mit einer Simulation der

Für die erfolgreiche Entwicklung der innovativen Prozesskette arbeiten im SFB Forscherinnen und Forscher aus unterschiedlichen Fachbereichen

Abbildung 5
Konzeptdarstellung des Systemdemonstrators



eng zusammen. Neben 12 Instituten aus drei Fakultäten der Leibniz Universität Hannover beteiligen sich auch das Laser Zentrum Hannover (LZH) und ein Institut der Technischen Universität Braunschweig (TUBS) an dem SFB. Die insgesamt 21 Teilprojekte sind thematisch in vier Projektbereiche mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten aufgeteilt:

Der **Projektbereich A** befasst sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von neuen Technologien zur empfindlichen Zustandserfassung von Triebwerken, Turbinenbauteilen und Bauteil-Schichtsystemen. Dies ist die Grundlage zur Lokalisierung und Diagnose von Schäden sowie einer differenzierten Zustandsbeurteilung von unterschiedlich beanspruchten Triebwerken und Turbinenbauteilen.

Der **Projektbereich B** beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung der verbesserten Reparaturprozesse und mit deren Wechselwirkung mit den funktionalen Eigenschaften.

Im **Projektbereich C** werden Methoden entwickelt, mit denen die regenerations-typischen Auswirkungen der Bauteilvarianz (zum Beispiel die Streuung der Schaufelgewichte) auf die funktionalen Eigenschaften (beispielsweise die Eigenfrequenzen und somit das Schwingungsverhalten) beschrieben werden kann. Das Ziel ist es, Abweichungen vom Neuzustand zu tolerieren, die heute noch wegen festgelegter Regularien unzulässig sind. So ist zum Beispiel nicht jeder Riss in einer Schaufel, der aktuell zum Ersatz durch ein Neuteil führt, wirklich kritisch für die Lebensdauer.

Im **Projektbereich D** wird die Umsetzung sowohl aus der technischen als auch aus der

ökonomischen Perspektive betrachtet. Somit kann für jede Schaufel jedes Kunden der optimale Reparaturprozess identifiziert und geplant werden.

Das verbindende Element zwischen den Projektbereichen stellt in der 3. Förderperiode ein Systemdemonstrator dar. Um den Nutzen der Verknüpfung von virtuellem und realem Reparaturprozess exemplarisch, aber in der notwendigen Komplexität aufzuzeigen, wird im Systemdemonstrator der Regenerationsablauf am Beispiel einer Turbinenschaufel der Fachöffentlichkeit präsentiert.

In dem Demonstrator werden Prozesszellen mit ausgewählten Reparaturtechnologien aufgebaut und so verkettet, dass ein zu regenerierendes Bauteil je nach seinem Verschleißzustand zu unterschiedlichen Regenerationsentscheidungen und daher zu unterschiedlichen Durchläu-

fen durch den Demonstrator führt. Zum erfolgreichen Abschluss des SFB 871 in der letzten Förderperiode kann so der propagierte Ansatz demonstriert werden, dass Auslegungs- und Produktionsprozesse eng integriert werden müssen, um die funktionalen und wirtschaftlichen Ziele der Regeneration zu erreichen.

Der SFB 871 trägt mit den bisherigen und geplanten Forschungsvorhaben an der Leibniz Universität Hannover wesentlich zur Stärkung des geplanten Forschungsschwerpunktes Energie, der auch im Leibniz Forschungszentrum Energie (LiFE) 2050 kooperiert, und des etablierten Forschungsschwerpunktes Produktionstechnik, der am PZH in Garbsen besteht, bei. Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Braunschweig in der Luftfahrtforschung wird seit 2011 erfolgreich im SFB 880 praktiziert und seit 2016 vom Nie-

dersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) im Rahmen der Wissenschaftsallianz Braunschweig-Hannover weiter ausgebaut und vertieft. Ziel der Wissenschaftsallianz ist die Stärkung der Kooperation in den als besonders exzellenzfähig identifizierten Bereichen Mobilität, Lebenswissenschaften und Metrologie durch Nutzung von Synergieeffekten. Die Zusammenarbeit innerhalb der Leibniz Universität und mit der Technischen Universität Braunschweig im SFB 871 hat sich profilbildend auf diese Kooperation ausgewirkt und einen Grundstein für zukünftige Vorhaben im Bereich Mobilität gelegt. Der im letzten Jahr erfolgreich bewilligte Exzellenzcluster SE²A, „Energiewende in der Luftfahrt“ unter Leitung der Technischen Universität Braunschweig stellt hier den nächsten Meilenstein zur Stärkung der Wissenschaftsallianz dar.



Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume

Jahrgang 1958, ist seit 2000 Professor für Strömungsmaschinen und Strömungsmechanik an der Leibniz Universität Hannover und Leiter des Instituts für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik (TFD). Seit 2010 ist er Sprecher des SFB 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ und seit 2019 Vertreter der LUH im Vorstand des Exzellenzclusters SE²A. Kontakt: seume@tfd.uni-hannover.de



Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena

Jahrgang 1959, ist seit 2001 Professor für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen und Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) am Produktionstechnischen Zentrum (PZH) der Leibniz Universität Hannover. Seit 2010 ist er stellvertretender Sprecher des SFB 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“. Kontakt: denkena@ifw.uni-hannover.de



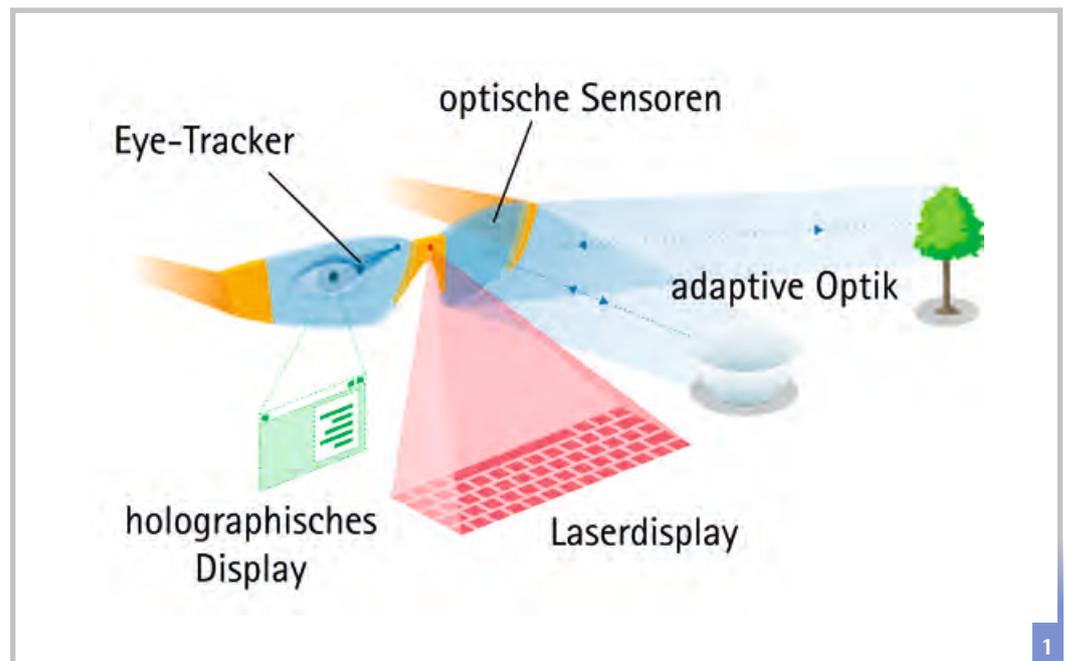
Dipl.-Ing. Ulrich Hartmann

Jahrgang 1988, ist seit 2014 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik (TFD). Seit 2018 ist er Geschäftsführer des SFB 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“. Kontakt: hartmann@tfd.uni-hannover.de

PhoenixD

NEUE WEGE IN DER PRÄZISIONSOPTIK

Die Welt der Optik befindet sich in einem Transformationsprozess, der mit dem Schritt von der Analogelektronik zur Digitalelektronik vergleichbar ist. Die fortschreitende Digitalisierung macht es möglich, komplexe, hochpräzise optische Systeme durch einfache Optikschnittstellen zu ersetzen. PhoenixD wird durch einen ganzheitlichen, disziplinübergreifenden Ansatz neue Maßstäbe auf dem Gebiet der digitalen Optik setzen.



Der Exzellenzcluster PhoenixD ist eine breit angelegte Initiative, um Design, Herstellung und Betrieb von Präzisionsoptik neu zu definieren. Sie beruht auf der Verwebung von Optikdesign, Optiksimulation und modernen Produktionsmethoden zu einer einzigen integrierten Plattform, mit der individuelle und hochfunktionelle präzisionsoptische Systeme entworfen und hergestellt werden. Heute gehen Herstellung und Betrieb solcher Systeme aus komplexen mehrstufigen und häufig auf Handarbeit und mühevoller Justage beruhenden Prozessen hervor. Die damit verbundenen hohen Kosten verhindern den massenhaften

Einsatz in den Lebenswissenschaften, der Produktionstechnik, der Sensorik und im täglichen Leben.

In der letzten Dekade hat sich die Produktionstechnik deutlich verändert. Die Schlagworte „Industrie 4.0“ und „Additive Fertigung“ beschreiben den Wandel hin zu IT-vernetzter Produktion und individualisierter Fertigung zu geringen Kosten. Zeitgleich haben sich durch die Fortschritte in der Computertechnologie und der künstlichen Intelligenz die Simulationskapazitäten vervielfacht und sind mittlerweile ein nicht mehr wegzudenkender Baustein sowohl im Vorfeld und im Ablauf mo-

derner Produktion, als auch für den Betrieb technischer Systeme.

Daher ist genau jetzt die Zeit für einen Paradigmenwechsel in der Fertigung optischer Präzisionssysteme. Eine besonders wichtige Frage, die PhoenixD beantworten soll ist daher, ob durch den massiven Einsatz von Digitaltechniken in einer hochgradig individualisierten Fertigungsumgebung zukünftige Optiksyste-me der Kostenfalle traditioneller Präzisionsoptik entgehen können. An die Stelle der kostenintensiven Optimierung einzelner Fertigungsschritte tritt die Konzentration auf die individuelle

Abbildung 1
Adaptive PhoenixD-Brille.

optische Funktionalität jedes einzelnen gefertigten Systems. Gleichzeitig wird ein möglichst großer Anteil der Funktionalität auf dezentrale Rechnerkapazitäten übertragen. Dieser ganzheitliche Ansatz von PhoenixD liefert ganz neue individuelle Lösungen für vielfältige gesellschaftliche Probleme.

In den Biowissenschaften beispielsweise sind adaptive und interaktive Sehhilfen und Bildgebungssysteme (vgl. Abb. 1), künstliche Sensorhaut oder Kunstaugen mögliche Anwendungen mit unmittelbarer und breiter Wirkung. Ebenso können leichte, kostengünstige und schnelle optische Präzisionsgeräte den Bereich der Biosensorik für Point-to-Care-Tests (vgl. Abb. 2), der medizinischen Bildgebung und der Diagnose oder Umwelt- und Gesundheitsüberwachung revolutionieren.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet ist die Industrieoptik. Neuartige optische Messkonzepte können zur Steuerung von Fertigungs- und Verarbeitungswerkzeugen eingesetzt werden. Optische Präzisionsmessgeräte sollen anspruchsvolle Prozesse steuern, mit dem Ziel, selbstlernende und selbstoptimierende Elemente in die Prozessketten zu integrieren.

Eine effiziente Unkrautbekämpfung erfordert ein schnelles und hochpräzises Mehrstrahl-Laserscanning-System, das bewegliche Ziele in realen Umgebungen berücksichtigt und damit das Potenzial Herbizid freier Ansätze auf globaler Ebene eröffnet (vgl. Abb 3).

Auch auf dem Gebiet der Lichttechnik sowie der Umwelt- und Arbeitssicherheit wird PhoenixD mit adaptiven, flexiblen und individuellen Lichtwerkzeugen, hochdynamischen Fahrzeugbeleuch-

tungssystemen, 3D-Projektoren mit Mensch-Maschine Interaktion, Gas- und Flüssigkeitssensoren, hochauflösender Mikroskopie und Bildgebung neue Entwicklungen anregen.

Darüber hinaus stehen Anwendungen im Automotive-Bereich, wie etwa integrierte optischen Sensoren und Kommunikationssysteme, im Fokus von PhoenixD (vgl. Abb. 4).

Schließlich wird PhoenixD im Bereich der wissenschaftlichen Optik kompakte Laserlichtquellen und präzise Lasermessgeräte, wie zum Beispiel Interferometer oder Resonanzstrukturen, anbieten. Diese Systeme sind disziplinübergreifend einsetzbar und weisen im Vergleich zu derzeitigen Geräten eine deutlich reduzierte Komplexität und potenziell neue Funktionalitäten auf.



Abbildung 2
PhoenixD
Point-of-Care-Diagnosesystem.

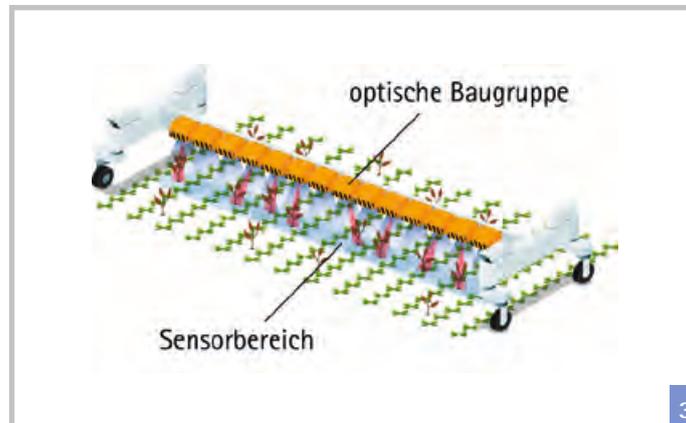


Abbildung 3
PhoenixD
Pflanzenschutzsystem.

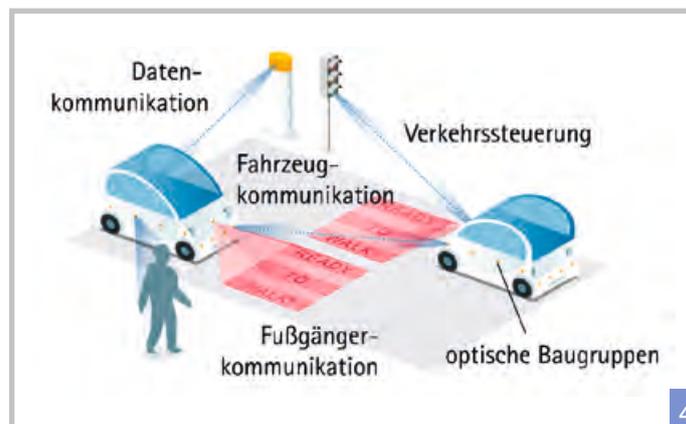


Abbildung 4
PhoenixD
Fahrzeugkommunikationssystem.

Die oben genannten Anwendungsbeispiele dienen PhoenixD als langfristige Visionen, um die sozialen Auswirkungen neuer integrierter Optiken zu veranschaulichen. Technisch erfordern sie die Verschmelzung einfacher funktionaler optischer, elektrooptischer und elektronischer Elemente. Ein bekanntes Beispiel für diese Entwicklung sind Smartphone-Kameras, in denen digitale Bildverarbeitung anstelle von Präzisionsoptik getreten ist. Sie liefern keine technisch besseren Bilder als teure, schwere

Spiegelreflexkameras, dafür sind sie genau an die Standardsituationen für Gelegenheitsfotografien angepasst. Der Schritt ist vergleichbar mit der Transformation des Radios vom komplexen und kompliziert zu bedienenden analogen Funkempfänger zum heutigen Digitalradio. An die Stelle technischer Details ist dabei die Eingabe des Sendernamens getreten.

Der ganzheitliche Ansatz von PhoenixD ist nur disziplinübergreifend zu realisieren. Daher ist PhoenixD eine ge-

meinsame Initiative von Maschinenbau, Physik, Elektrotechnik, Informatik und Chemie. Projektpartner sind die Technische Universität Braunschweig, das Laser Zentrum Hannover e.V., das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) sowie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Erklärtes Ziel von PhoenixD ist der Aufbau einer neuen Fakultät für Optik und Photonik an der Leibniz Universität Hannover. Der Exzellenzcluster selbst sieht sich als Keimzelle dieser Fakultät.



Prof. Dr. rer. nat. Ing.-habil. Uwe Morgner

Jahrgang 1967, ist Sprecher des Exzellenzclusters PhoenixD, Vorstandsmitglied des Hannoverschen Zentrums für Optische Technologien sowie Leiter der Arbeitsgruppe Ultrafast Laser Laboratory am Institut für Quantenoptik. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Untersuchung ultraschneller Prozesse mittels maßgeschneiderter Lichtimpulse im Femtosekundenbereich.
Kontakt: uwe.morgner@phoenixd.uni-hannover.de



Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

Jahrgang 1964, ist sowohl Vorstandsmitglied des Exzellenzclusters PhoenixD als auch des Hannoverschen Zentrums für Optische Technologien sowie Leiter des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik und Vorsitzender des wissenschaftlichen Direktoriums des Laser Zentrum Hannover e.V. Seine Forschungsschwerpunkte sind Transport- und Automatisierungstechnik, optische Produktionstechniken und Lasermaterialbearbeitung. Kontakt: ludger.overmeyer@ita.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Reinhard Caspary

Jahrgang 1969, ist Technologiekoordinator des Exzellenzclusters PhoenixD. Er ist zentraler Ansprechpartner für den technologischen Austausch und die wissenschaftliche Zusammenarbeit und arbeitet dem Vorstand in Fragen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung zu. Kontakt: reinhard.caspary@phoenixd.uni-hannover.de



Dr. rer. nat. Sebastian Dikty

Jahrgang 1978, ist Geschäftsführer und beratendes Mitglied des Vorstandes des Exzellenzclusters PhoenixD. Er leitet die Verwaltung von PhoenixD und koordiniert die zentralen Clusteraktivitäten und Sonderprojekte. Kontakt: sebastian.dikty@phoenixd.uni-hannover.de



Gesundheitsbildung für ALLE

Das kostenlose Bildungsprogramm

Professorinnen und Professoren der MHH und anderer Universitäten sowie weitere Fachleute informieren verständlich über Krankheiten, neue wissenschaftliche Erkenntnisse, Behandlungen, Medikamente und mehr. Zu diesen Vorträgen gibt es attraktive Mitmach- und Informationsstände, an denen Sie Wissen vertiefen, Fragen stellen und selbst etwas ausprobieren können.

Alle Infos unter www.patienten-universitaet.de

Wissen der Medizin verständlich vermittelt



Wie viel werde ich wert sein? **Traumjob oder Jobtraum?** Bleibt der Weg mein Ziel? **VIEL LERNEN FÜR NICHTS?** Wie werde ich, was ich sein will?

NEUE ZEITEN, NEUE FRAGEN.
Zusammen für neue Antworten: IG Metall.

hochschulinformationsbuero.de

starting BUSINESS
GRÜNDUNGSSERVICE DER
LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER



11
102
1004
Leibniz
Universität
Hannover

WWW.STARTING-BUSINESS.DE

TRÄUMEN ODER MACHEN?

JETZT EIGENES **STARTUP** GRÜNDEN
UND FÖRDERUNG SICHERN!



Kluge Köpfe

für Ihr Unternehmen!

Ihr Kontakt
Matthias Nee
+49 511 762 - 17285
nee@zqs.uni-hannover.de
Sprechen Sie mich bei
Interesse gerne an!

Zentrales Stellenportal
der Leibniz Universität Hannover
stellenticket.uni-hannover.de





Verbessere die Sicherheit auf unseren Straßen und hilf uns die Umwelt zu schützen!



Wir bieten spannende Möglichkeiten für Ingenieure mit Schwerpunkt

- Maschinenbau
- Fahrzeugtechnik
- Mechatronik
- Elektrotechnik
- Informatik

www.wabco-auto.com



Exciting prospects in a fast growing company geared to international growth

Family company, long term values, reaching large users in many key industries



You are graduated, ambitious, curious, inventive and love challenges?

To learn more about our dynamic team, possibilities to start your career or internships and diploma projects, please visit our website: www.KWST.com

Studium



Studentenwerk Hannover

ohne uns:
Geht so.



mit uns:
Läuft!



 Mensen+ Cafeterien

 Zimmer+ Wohnungen

 BAföG+ Finanzierung

 Soziales+ Internationales

www.studentenwerk-hannover.de

Präzise industrielle 3D-Messtechnik





Karriere bei GOM

Studenten und Absolventen

GOM ist ein stark wachsendes Technologie-Unternehmen und sucht stetig Mitarbeiter in den unterschiedlichsten Bereichen.

Bewerben Sie sich jetzt unter www.gom.com/de/jobs



Personalia und Preise

BERUFUNGEN

Rufe an die Leibniz Universität Hannover

Jun.-Prof. Dr. **Anja Binanzer** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track zu W3 für Deutsch als Zweit- und Bildungssprache erhalten.

Prof. Dr. **Gerald Gabriel** hat den Ruf auf die W2-Professur für Seismik und Potenzialverfahren am Leibniz Institut für Angewandte Wissenschaften (LIAG) angenommen.

Dr. **Julia Körner** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track zu W3 Mikro- und nanointegrierte Systeme angenommen.

Prof. Dr. **Mike Müller-Petke** hat den Ruf auf die W2-Professur für Geoelektrik und Elektromagnetik am Leibniz Institut für Angewandte Wissenschaften (LIAG) angenommen.

Dipl.-Ing. **Tobias Nolte** hat den Ruf auf die W2-Professur für Mediale Architekturdarstellung erhalten.

Prof. Dr. **Sebastian Polarz** hat den Ruf auf die W3-Professur für Anorganische Molekül- und Materialchemie erhalten.

Dr. **Timo Rademacher** hat den Ruf auf die W1-Professur mit Tenure Track zu W2 für Recht der neuen Technologien in Verbindung mit einem juristischen Kernfach erhalten.

Prof. Dr. **Matthias Scherer** hat den Ruf auf die W3-Professur für Versicherungsmathematik abgelehnt.

Prof. Dr. **Stefan Schreieder** hat den Ruf auf die W3-Professur für Algebraische Geometrie erhalten.

Jun.-Prof. Dr. **Marina Schröder** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track zu W3 für Volkswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Innovationsökonomik erhalten.

Prof. Dr. **Marcus Schütte** hat den Ruf auf die W3-Professur für Didaktik der Symbolsysteme – Schwerpunkt Mathematik angenommen.

Dr. **Gregor Svindland** hat den Ruf auf die W3-Professur für Versicherungsmathematik angenommen.

Prof. Dr. **Indra Spiecker gen. Döhm** hat den Ruf auf die W3-Professur IT-Recht und Datenschutzrecht erhalten.

Dr. **Marie Weinhart** hat den Ruf auf die W2-Professur für Polymerchemie angenommen.

PD. Dr. **Sascha Ziemann** hat den Ruf auf die W3-Professur für Strafrecht, Strafprozessrecht und ein weiteres Fach erhalten.

Dr. **Thomas Marius Landauer** hat den Ruf auf die W2-Professur mit TT W3 für Maschinelles Lernen erhalten.

Rufe nach außerhalb

Prof. Dr. **Katharina Müller** hat den Ruf auf die W3-Professur für Schulpädagogik an die Philosophische Fakultät der Universität Bamberg erhalten und abgelehnt.

ERNENNUNG ZUR JUNIORPROFESSORIN / ZUM JUNIORPROFESSOR

Dr. **Stefanie Büchner**, Philosophische Fakultät, wurde mit Wirkung zum 1. Februar 2019 zur Juniorprofessorin der Leibniz Universität Hannover ernannt.

ERNENNUNG ZUR UNIVERSITÄTSPROFESSORIN / ZUM UNIVERSITÄTSPROFESSOR

Dr. **Tuba Esatbeyoglu**, Naturwissenschaftliche Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zur Universitätsprofessorin der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Sascha Fahl**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, wurde mit Wirkung zum 1. Februar 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Denis Gebauer**, Naturwissenschaftliche Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Bitte lesen Sie weiter auf Seite 69.



Teil werden. Bildung fördern. Zukunft gestalten.

Werden Sie als Mitglied der Universitäts-
gesellschaft auch Teil der Universität und
unterstützen mit uns Studierende und
Lehrende.

- Wissenschaftliche Projekte
- Stipendien
- Auszeichnung hervorragender
wissenschaftlicher Leistungen
- Vorlesungsreihen

Weitere Informationen unter
www.leibniz-universitaetsgesellschaft-hannover.de

Mitmachen und sich engagieren.

Hiermit beantrage ich die **Mitgliedschaft** in der Leibniz
Universitätsgesellschaft Hannover e.V. als

- persönliches Mitglied Unternehmen / Körperschaft

Name, Vorname, Titel / Bei Unternehmen / Körperschaften: Ständige/r Vertreter/in

Unternehmen / Körperschaft

Geburtsdatum

Beruf / Tätigkeit

Straße, Nr.

PLZ / Ort

Telefon

E-Mail

Jahresbeitrag (Mindestbeitrag EUR 50,00 p.a.)



Formular bitte schicken an: Leibniz Universitätsgesellschaft Hannover e.V.,
Wilhelm-Busch-Straße 4, 30167 Hannover

Bei Fragen und Kontakt: 0511 762-19112
E-Mail info@universitaetsgesellschaft.uni-hannover.de

SEPA-Lastschriftmandat (Typ: Wiederkehrende Zahlung)

Name, Vorname (Kontoinhaber/in)

IBAN

BIC

Gläubiger-Identifikationsnummer der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V.
Hannover: DE57ZZZ00001107847

Ich ermächtige den Zahlungsempfänger Leibniz Universitätsgesellschaft Hannover e.V., Zahlungen von meinem Konto mittels Lastschrift einzuziehen. Zugleich weise ich mein Kreditinstitut an, die vom Zahlungsempfänger Leibniz Universitätsgesellschaft Hannover e.V. auf mein Konto gezogenen Lastschriften einzulösen.

Hinweis: Ich kann innerhalb von acht Wochen, beginnend mit dem Belastungsdatum, die Erstattung des belasteten Betrages verlangen. Es gelten dabei die mit meinem Kreditinstitut vereinbarten Bedingungen.

Ort, Datum, Unterschrift

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

LeibnizSHOP

Der Shop der
Leibniz Universität Hannover
Welfenschloss
Welfengarten 1
30167 Hannover

Öffnungszeiten
Montag bis Freitag
10.00 - 14.00 Uhr



www.leibnizshop-uni.de

Dr.-Ing. **Michael Haist**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, wurde mit Wirkung zum 1. Februar 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Jun.-Prof. Dr. **Annika Herr**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. März 2019 zur Universitätsprofessorin der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Christian Imdorf**, Philosophische Fakultät, wurde mit Wirkung zum 1. Januar 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Kerstin Kremer**, Naturwissenschaftliche Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zur Universitätsprofessorin der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Dr. **Michael Kues**, Fakultät für Mathematik und Physik, wurde mit Wirkung vom 1. März 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Dr.-Ing. **Matthias Müller**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, wurde mit Wirkung zum 1. Februar 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Jun.-Prof. Dr. **Claudia Müller-Brauers**, Philosophische Fakultät, wurde mit Wirkung zum 15. Dezember 2018 zur Universitätsprofessorin der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Thomas Pfannschmidt**, Naturwissenschaftliche Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Dr.-Ing. **Dominik Schillinger**, Fakultät für Bauingenieurwe-

sen und Geodäsie, wurde mit Wirkung zum 1. Januar 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Gunnar Seelentag**, Philosophische Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Marc Thielen**, Philosophische Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. März 2019 zum Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Prof. Dr. **Meik Zülsdorf-Kersting**, Philosophische Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 als Universitätsprofessor an die Leibniz Universität Hannover versetzt.

Prof. Dr. **Volker Wiese**, Juristische Fakultät, wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zum Universitätsprofessor an der Leibniz Universität Hannover ernannt.

Dr. **Jan Lüttringhaus**, Juristische Fakultät wurde mit Wirkung vom 1. April 2019 zum Universitätsprofessor an der Leibniz Universität Hannover ernannt.

VERLEIHUNG DES TITELS „AUSSERPLANMÄSSIGE PROFESSORIN“ / „AUSSERPLANMÄSSIGER PROFESSOR“

Dr. **Bernd Breidenstein**, Fakultät für Maschinenbau, wurde mit Wirkung vom 8. April 2019 zum Außerplanmäßigen Professor der Leibniz Universität Hannover ernannt.

BESTELLUNG ZUR HONORARPROFESSORIN / ZUM HONORARPROFESSOR

Dr. **Peter Schrader**, Juristische Fakultät, wurde mit Wirkung zum 7. Januar 2019 zum Hono-

rarprofessor der Leibniz Universität Hannover bestellt.

RUHESTAND

Prof. Dr. **Hans Bickes**, Philosophische Fakultät, trat mit Ablauf des Monats März 2019 in den Ruhestand.

Prof. Dr.-Ing. **Helena Szczerbicka-Lipinska**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, trat mit Ablauf des Monats März 2019 in den Ruhestand.

Studiendirektorin **Gabriele Thienel**, Niedersächsisches Studienkolleg, trat mit Ablauf des Monats Januar in den Ruhestand.

Prof. Dr. **Barbara Zibell**, Fakultät für Architektur und Landschaft, trat mit Ablauf des Monats März 2019 in den Ruhestand.

BEENDIGUNG DES DIENSTVERHÄLTNISSSES ALS JUNIORPROFESSOR / JUNIORPROFESSORIN

Jun.-Prof. Dr. **Udo Hagedorn**, Philosophische Fakultät, wurde mit Ablauf des 28. Februar 2019 aus dem Beamtenverhältnis mit dem Land Niedersachsen entlassen.

Jun.-Prof. Dr. **Nestor Parolya**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, wurde mit Ablauf des 31. März 2019 aus dem Beamtenverhältnis mit dem Land Niedersachsen entlassen.

Jun.-Prof. Dr.-Ing. **Guillermo Payá Vayá**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, wurde mit Ablauf des 31. März 2019 aus dem Dienstverhältnis als Juniorprofessor entlassen.

Jun.-Prof. Dr. **Frank Othengraf**, Fakultät für Architektur und Landschaft, wurde mit Ablauf des 31. März 2019 aus dem Beamtenverhältnis

mit dem Land Niedersachsen entlassen.

BEENDIGUNG DES BEAMTEN- VERHÄLTNISSSES MIT DEM LAND NIEDERSACHSEN KRAFT GESETZES

Prof. Dr. **Christian Niels Martin Becker**, Juristische Fakultät, wurde mit Ablauf des 31. März 2019 aus dem Beamtenverhältnis mit dem Land Niedersachsen entlassen.

Prof. Dr.-Ing. **Jessica Burgner-Kahrs**, Fakultät für Maschinenbau, wurde mit Ablauf des 31. März 2019 aus dem Beamtenverhältnis mit dem Land Niedersachsen entlassen.

Prof. Dr. **Steffen Meyer**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, wurde mit Ablauf des 14. Januar 2019 aus dem Beamtenverhältnis mit dem Land Niedersachsen entlassen.

VERSTORBEN

Prof. Dr. **Hans-Günther Bigalke**, ehemals Fakultät für Mathematik und Physik, verstarb am 19. April 2019 im Alter von 86 Jahren.

Prof. Dr. rer. pol. **Karl-Michael Kuntz**, ehemals Philosophische Fakultät, verstarb am 18. Januar 2019 im Alter von 79 Jahren.

Prof. Dr. theol. **Otto Ludwig**, ehemals Philosophische Fakultät, verstarb am 13. Februar 2019 im Alter von 87 Jahren.

Apl. Prof. Dr. phil. **Brigide Schwarz**, ehemalige Akademische Oberrätin und Hochschuldozentin am Historischen Seminar, verstarb am 13. Februar 2019 im Alter von 79 Jahren.

Prof. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. **Erwin Stein**, ehemals Leiter des Instituts für Baumechanik und Numerische Mechanik an der Fakultät für Bauingenieur-

wesen und Geodäsie, verstarb am 19. Dezember 2018 im Alter von 87 Jahren.

Prof. Dr. rer. pol. **Andreas Wagner**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, verstarb am 29. Januar 2019 im Alter von 51 Jahren.

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Einen Humboldt-Forschungspreis hat Prof. Dr. **Phoon Kok Kwang**, Vice Provost der National University of Singapore, erhalten. Sein Gastgeber ist Prof. Dr.-Ing. **Michael Beer**, Institut für Risiko und Zuverlässigkeit.

Den zweiten Platz im Bereich Gesellschaft des Wettbewerbs Schulbuch des Jahres hat das Buch „Diercke Einführungsphase Niedersachsen“ belegt; Prof. Dr. **Christiane Meyer**, Dr. **Yvonne von Roux** und **Andreas Eberth**, Institut für Didaktik der Geographie, sind maßgeblich an der Konzeption und dem Inhalt beteiligt gewesen.

Studierende, Absolventinnen und Absolventen der Leibniz Universität Hannover wurden am 6. Februar mit dem Preis des Präsidiums 2018 ausgezeichnet. Insgesamt 20 Studierende aus neun Fakultäten wurden benannt. 19 Studierende, Absolventinnen und Absolventen der Leibniz Universität sind mit dem mit 250 Euro dotierten Preis des Präsidiums für exzellente Leistungen ausgezeichnet worden: **Alexandra Othmer** (Fakultät für Architektur und Landschaft), **Britt Kahrger** (Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie), **Philipp Schiefer**, **Roman Kiy-an** und **Julian Alexander Gercke** (Fakultät für Elektrotechnik und Informatik), **Tido Kubatschek**, **Hans Langehein** und **Michael Kaiser** (Fakultät für Maschinenbau), **Jan Henning** (Fakultät für Mathematik und Physik), **Anika Brämer**

und **Finja Maasjost** (Juristische Fakultät), **Elia Kletschkus** (Naturwissenschaftliche Fakultät), **Katrin Ehrenberg**, **Laura Sophie Risse**, **Floreana Alma Schmidt** und **Kerstin Brunnen** (Philosophische Fakultät), **Julian Bock** und **Steffen Will** (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät) sowie **Malte Janus** (Leibniz School of Education).

Estefania Carolina Cañizares Cruz hat den mit 1000 Euro dotierten DAAD-Preis erhalten.

Zhijun Zhao aus China hat den mit 500 Euro dotierten Förderpreis der Victor Rizkallah-Stiftung erhalten.

Olga Korolova ist mit dem Preis des Hochschulbüros für Internationales ausgezeichnet worden, der mit 500 Euro dotiert ist.

Der Wissenschaftspreis der Leibniz Universitätsgesellschaft Hannover e.V. für herausragende Dissertationen von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler der Leibniz Universität wurde in diesem Jahr verliehen an: Dr. **Simon Brandhorst** (Fakultät für Mathematik und Physik), Dr.-Ing. **Aamir Dean** (Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie), Dr. **Mandy Dröschler-Teille** (Philosophische Fakultät) und Dr. **Stefan Weiß** (Naturwissenschaftliche Fakultät).

GASTWISSENSCHAFTLERINNEN UND GASTWISSENSCHAFTLER

Wind Adiati, Bandung Institute of Technology, Indonesien, war vom 07. Oktober 2018 bis zum 31. Mai 2019 Gastwissenschaftlerin am Schering Institut.

Samah Al Mbarak, Syrien, ist vom 01. Januar 2018 bis zum 31. Dezember 2021 Gastwissenschaftlerin am Institut für Medizinalchemie.

Dr. **Pauline Bailet**, ist vom 01. April 2018 bis zum 31. März 2020 Gastwissenschaftlerin am Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik.

Dr. **Sifeng Bi**, Beihang University, China (VR), war vom 01. April 2018 bis zum 31. Mai 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Risiko und Zuverlässigkeit.

Dr. **Thomas Binhammer**, neoLASE GmbH, Deutschland, ist vom 01. Januar 2019 bis zum 31. Dezember 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Quantenoptik.

Dr. **Eric Brachmann**, Deutschland, ist vom 01. Januar 2019 bis zum 30. September 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Informationsverarbeitung.

Dr. **Yang Cao**, China (VR), ist vom 01. September 2018 bis zum 31. August 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik.

Dr. **Javad Chamanara**, war vom 01. November 2018 bis zum 31. Juli 2019 Gastwissenschaftler am Forschungszentrum L3S.

Dr. **Mariano Curti**, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentinien, ist vom 01. Oktober 2018 bis zum 30. September 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Technische Chemie.

Dr. **Frederik Edler**, Deutschland, war vom 01. Oktober 2018 bis zum 31. Mai 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Festkörperphysik.

Dr. **Zhuojia Fu**, Hohai University, China (VR), ist vom 26. Dezember 2018 bis zum 30. November 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Kontinuumsmechanik.

Dipl.-Ing. **Armand Grüntuch** ist vom 01. April 2019 bis zum 30. September 2019 Gastwissenschaftler an der Fakultät für Architektur und Landschaft.

Dr. **Hongwei Guo**, Chinese Academy of Sciences, China (VR), war vom 01. Juli 2018 bis zum 01. Juli 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Kontinuumsmechanik.

Dr. **Kamal Hajian**, Institute for Research in Fundamental Sciences, Iran, war vom 10. April 2019 bis zum 09. Juli 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Theoretische Physik.

Dr. **Samia Ben Hammouda**, University of Carthage, Tunesien, ist vom 01. November 2017 bis zum 31. Oktober 2019 Gastwissenschaftlerin am Institut für Technische Chemie.

Dr. **Brahmanandam Javvaji**, Indian Institute of Science Education and Research (IISER), Indien, war vom 01. Juni 2017 bis zum 31. Mai 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Kontinuumsmechanik.

Dr. **Wolfgang Kastaun**, Università degli Studi di Trento, Italien, war vom 1. März 2017 bis zum 31. Mai 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Gravitationsphysik.

Dr. **Sojung Kim**, Advanced Institute of Science and Technology Korea, Republik Korea, ist seit dem 01. März 2017 Gastwissenschaftlerin am Institut für Mathematische Stochastik.

Dr. **Gábor Kismihók**, Amsterdam Business School, Niederlande, ist seit dem 2. Januar 2018 Gastwissenschaftler an der Technischen Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek Hannover (TIB/UB).

Dr. **Zuxiang Lei**, Nanjing University of Science and Technology, China (VR), ist

vom 1. Dezember 2017 bis zum 30. November 2019 als Gastwissenschaftler am Institut für Statik und Dynamik.

Dr. **Nuo Li**, Chinese Academy of Sciences, China (VR), ist vom 1. Januar 2018 bis zum 30. Juni 2019 Gastwissenschaftlerin am Institut für Mineralogie.

Dr. **Shixia Li**, Qingdao Technological University, China (VR), war vom 1. März 2019 bis zum 31. August 2019 Gastwissenschaftlerin am Institut für Quantenoptik.

Dr. **Xinming Li**, Qingdao Technological University, China (VR), ist vom 1. März 2019 bis zum 30. September 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Maschinekonstruktion und Tribologie.

Dr. **Jinhua Mi**, University of Electronic Science and Technology of China, China (VR), ist vom 1. Oktober 2018 bis zum 30. September 2019 Gastwissenschaftlerin am Institut für Risiko und Zuverlässigkeit.

Dr. **Olivier Namur**, University of Liege, Belgien, ist vom 1. Januar 2017 bis zum 31. Dezember 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Mineralogie.

Gautam Neelakantan Mema-na, Indien, war vom 3. Mai 2019 bis zum 31. Juli 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Analysis.

Dr. **Matthew Norris**, USA, ist vom 1. August 2018 bis zum 31. Juli 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Organische Chemie.

Bayu Hadi Nugraha, Bandung Institute of Technology, Indonesien, war vom 1. August 2018 bis zum 31. Mai 2019 Gastwissenschaftler am Schering Institut.

Dr. **Alejandra Omarini**, Research and Transfer Center of

Entre Rios, Argentinien, ist seit dem 1. April 2018 als Gastwissenschaftlerin am Institut für Lebensmittelchemie.

Dr. Lucy Ombaka, Dedan Kimathi University of Technology, Kenia, ist vom 1. Oktober 2018 bis zum 30. September 2020 Gastwissenschaftlerin am Institut für Technische Chemie.

Luis Pena Ardila, ist vom 1. Mai 2019 bis zum 30. April 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Theoretische Physik.

Dr. Bianca Maria Rinaldi, Politecnico di Torino, Italien, ist vom 01. März 2019 bis zum 31. August 2019 Gastwissenschaftlerin am Zentrum für Gartenkunst und Landschaftsarchitektur.

Dr. Nasrollah Sepehrnia, Isfahan University of Technology, Iran, ist vom 1. Oktober 2018 bis zum 30. September 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Bodenkunde.

Talia Schoonees, Südafrika, war vom 1. September 2016 bis zum 31. August 2019 Gastwissenschaftlerin am Franzius-Institut.

Dr. Andrey Shoom, Memorial University of Newfoundland, Kanada, ist vom 1. Oktober 2017 bis zum 01. Oktober 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Gravitationsphysik.

Dr. Augusto Smerzi, Italien, ist vom 13. Februar 2019 bis zum 30. Juni 2020 Gastwissenschaftler an der Quest Leibniz Forschungsschule.

Dr. David Stuart, University of Cambridge, Vereinigtes Königreich, war vom 1. Oktober 2018 bis zum 31. August 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Analysis.

Dr.-Ing. habil. Jadambaa Temuujin, war vom 01. März 2019 bis zum 30. Juni 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Mineralogie.

Dr. Francesco Vetere, Università degli Studi di Perugia, Italien, ist vom 1. Februar 2019 bis zum 31. Oktober 2019 als Gastwissenschaftler am Institut für Mineralogie.

Dr.-Ing. Bac Nam Vu, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland, ist vom 1. Februar 2019 bis zum 31. Januar 2022 Gastwissenschaftler am Institut für Kontinuumsmechanik.

Prof. Pengfei Wei, Northwestern Polytechnical University, China (VR), ist vom 1. September 2018 bis zum 30. April 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Risiko und Zuverlässigkeit.

Dr. Daniel Zambo, Ungarn, ist seit dem 01. September 2018 Gastwissenschaftler am Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie.

Dr. Fei Zheng, Hong Kong Polytechnic University, Hongkong, ist vom 1. Dezember 2018 bis zum 30. November 2019 Gastwissenschaftler am Institut für Kontinuumsmechanik.

Dr. Xiasong Zhu, Huazhong University of Science and Technology, China (VR), ist seit dem 1. Mai 2018 bis zum 30. April 2020 Gastwissenschaftler am Institut für Theoretische Physik.

Dr. Xiaoying Zhuang, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland, ist vom 1. Dezember 2015 bis zum 30. November 2020 Gastwissenschaftlerin am Institut für Kontinuumsmechanik.

SONSTIGES

Prof. Dr. Joachim Escher, Institut für Angewandte Mathematik an der Fakultät für Mathematik und Physik, ist als Mitglied in die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft aufgenommen worden.

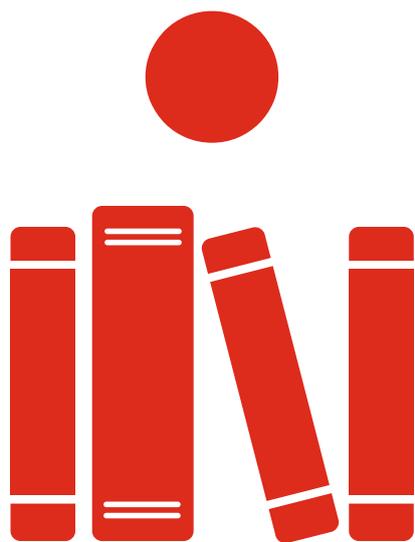
Die Bundesregierung hat Prof. **Dr. Dirk Lange**, Institut für Politikwissenschaft an der Philosophischen Fakultät, in die Sachverständigenkommission für die Ausarbeitung des 16. Kinder- und Jugendberichts „Förderung demokratischer Bildung im Kinder- und Jugendalter“ berufen.

Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Maier, Leiter des Instituts für Werkstoffkunde an der Fakultät für Maschinenbau, ist als ordentliches Mitglied in die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaft aufgenommen worden. Außerdem ist er neues Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaft.

Seit dem 1. April 2019 ist Prof. **Dr.-Ing. Udo Nackenhorst**, Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik, Nachfolger für Prof. Hans Bickes im Ombudsbüro für Studium und Lehre.



Lernen ist einfach.



Wenn man eine Finanzpartnerin hat, die sich ums Geld kümmert.

Mit uns liegen Sie richtig – vor, während oder nach dem Studium. Sprechen Sie uns an! Zum fairen KfW-Studienkredit genauso wie zu allen anderen Fragen rund um Ihre Finanzen. Infos und Beratung auch online oder im Chat.



Spitzenleistungen erbringen – Ziele erreichen

Seit mehr als 125 Jahren ist HEIDENHAIN an den wesentlichen Entwicklungen der Fertigungsmesstechnik maßgebend beteiligt. Vor mehr als 40 Jahren wurde die Unternehmensgruppe in eine gemeinnützige Stiftung eingebracht. Deren Hauptziel ist der langfristige, finanziell unabhängige Fortbestand des Unternehmens.

Deshalb reinvestiert HEIDENHAIN große Teile der Erträge in:

- + Forschung und Entwicklung
- + einzigartige Fertigungsprozesse
- + Kapazitätserweiterungen vor allem im Inland
- + Aus- und Weiterbildung
- + Gewinnbeteiligung der Mitarbeiter

Für den Hauptsitz des Unternehmens in Traunreut suchen wir:

- + **Software-Entwickler (m/w/d)**
- + **Ingenieure Elektrotechnik (m/w/d)**
- + **Informatiker (m/w/d)**
- + **Physiker (m/w/d)**

Technologiebegeisterten Bewerbern (m/w/d) mit oder ohne Berufserfahrung – gerne auch aus verwandten Disziplinen – bieten wir außergewöhnliche Entfaltung- und Gestaltungsmöglichkeiten in Produktentwicklung, Produktion, Qualitätssicherung und betriebsnahen Bereichen.