

bild der wissenschaft **plus**

Deutschlands erstes Wissenschaftsmagazin



Aufbruch in Aalen

Wie eine Hochschule Zukunftstechnik entwickelt

Eine Sonderpublikation in Zusammenarbeit mit der  **Hochschule Aalen**

18. April 2018

ZEISS SYMPOSIUM

OPTICS IN THE QUANTUM WORLD

3 THEMEN-WORKSHOPS

// Quantum Sensors and Metrology
// Quantum Computing and Simulation
// Quantum Communication

Kommt das optische Quantenzeitalter? Dieser Frage widmet sich das ZEISS Symposium „Optics in the Quantum World“ am 18. April 2018 in Oberkochen. Auch wenn sich die moderne Quantentechnologie noch in einem frühen Stadium befindet, birgt sie ein enormes Potenzial, die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu bewältigen. Deshalb steht sie im Fokus des zweiten ZEISS Symposiums. Registrieren Sie sich jetzt und nehmen Sie teil an diesem besonderen Expertenaustausch! Nutzen Sie die Gelegenheit, Ihr Know-how einzubringen, mit anderen Teilnehmern zu diskutieren und Ihr Netzwerk sowie Ihre Quantenexpertise weiter auszubauen.

zeiss.com/symposium





Ralf Butscher, Ressortleiter bild der wissenschaft

Liebe Leserin,
Lieber Leser,

Als ich für dieses Heft nach Aalen fuhr, hatte ich nostalgische Gefühle. Denn die Gegend ist für mich wie eine zweite Heimat. Mein Vater stammt von der Ostalb, und häufig besuchten wir dort meine Großeltern. Damals dachte ich: „Wir fahren aufs Land“. Denn der Landstrich wirkte dörflich und rustikal. Wie sich das geändert hat!

Wer heute nach Aalen kommt, wird von einer modernen und prosperierenden Stadt empfangen. Schmucke Altstadt Häuser und formidabile neue Geschäftsgebäude im Zentrum, viel Industrie und Gewerbe drum herum. Die Stadt hat sich zu einer urbanen Perle entwickelt – und zum wirtschaftlichen Motor für Ostwürttemberg.

Dazu beigetragen hat die Hochschule Aalen. Sie wächst rasch und bildet viele junge Menschen in den Disziplinen aus, die Unternehmen im Umland händierend suchen. Und die Institution leistet noch mehr: Sie ist eine der führenden Fachhochschulen in punkto Forschung. Mit ihren Schwerpunkten, unter anderem auf Elektromobilität, Industrie 4.0 und Batterietechnik, haben sie exakt die Themen im Fokus, die für Zukunft entscheidend sind. Das Potenzial der Forschung an der Hochschule Aalen hat man offenkundig auch in Berlin erkannt. Das belegen die fünf Millionen Fördermittel, die das BMBF im Rahmen der FH-Impuls-Maßnahme für das „SmartPro“-Projekt der Hochschule bis 2020 bereitstellt.

Woran die Wissenschaftler in Aalen arbeiten und was sie bereits erreicht haben, können Sie auf den folgenden Seiten lesen. Ich meine, sie belegen: Es darf gern mehr Geld in Forschung an Fachhochschulen fließen. Dort ist es gut angelegt – wie die aufblühende Ostalb zeigt.

Herzlich, Ihr Ralf Butscher



Der Fotograf Thomas Klink setzte die Arbeit der Aalener Forscher optisch in Szene. Für manches Bild riskierte er sogar seine Kamera.

Inhalt

4 Aalen rockt

In Ostwürttemberg zieht eine der dynamischsten Hochschulen Deutschlands Professoren und Studierende an

11 Detektivarbeit zwischen den Elektroden

Batterien der Zukunft müssen viele gute Eigenschaften besitzen. Forscher in Aalen sind ihnen auf der Spur

16 Goldrausch am Kocher

Sechs Patente auf neue Werkstoffe schaffen die Basis für bessere Elektroautos

20 „Einmalige Chance, das Profil der Hochschule weiterzuentwickeln“

Rektor Gerhard Schneider erklärt den Erfolg und die Ziele der Hochschule Aalen

23 Dominic Hohs: Studieren am Experimentiertisch

Der Forschungsmaster-Student hat große Ziele

24 Linsen nach Wunsch

Der 3D-Druck eröffnet viele neue Möglichkeiten – auch zur Herstellung komplexer Optik-Bauteile

26 Zahnrad mit Köpfchen

Das dreidimensionale Drucken metallischer Komponenten ist ein Schlüssel zur Industrie 4.0

28 Das Team mit Tiefblick

Automatisierung, Datenkorrelation und neuronale Netze führen die Forscher zu Zukunftstechniken

30 Gas im Guss

Wie Autos, Flugzeuge und Maschinen leichter werden können, lässt sich in der Gießerei der Hochschule Aalen erfahren

34 Martina Winkler: Vom Zufall zur Berufung

Die Leichtbau-Expertin trägt neue Gießtechniken aus dem Labor in die Industrie

AUFBRUCH IN AALEN:

So schaffen Forscher einer Hochschule für Angewandte Wissenschaften die Basis für technischen Fortschritt



IMPRESSUM

AUFBRUCH IN AALEN

Eine Sonderpublikation von *bild der wissenschaft* in Kooperation mit der Hochschule Aalen

ERSCHEINUNGSTERMIN: November 2017

HERAUSGEBERIN: Katja Kohlhammer

VERLAG: Konradin Medien GmbH
Ernst-Mey-Straße 8
70771 Leinfelden-Echterdingen

REDAKTIONSLEITER SONDERPROJEKTE:
Wolfgang Hess

CHEFREDAKTEUR: Prof. Christoph Fasel

PROJEKTLEITUNG: Ralf Butscher

GRAFISCHE GESTALTUNG: Beate Böttner

AUTOREN: Bernd Eberhart, Wolfgang Hess,
Michael Vogel, Eva Wolfangel

FOTOGRAFIE: Thomas Klink

BILDREDAKTION: Ruth Rehbock

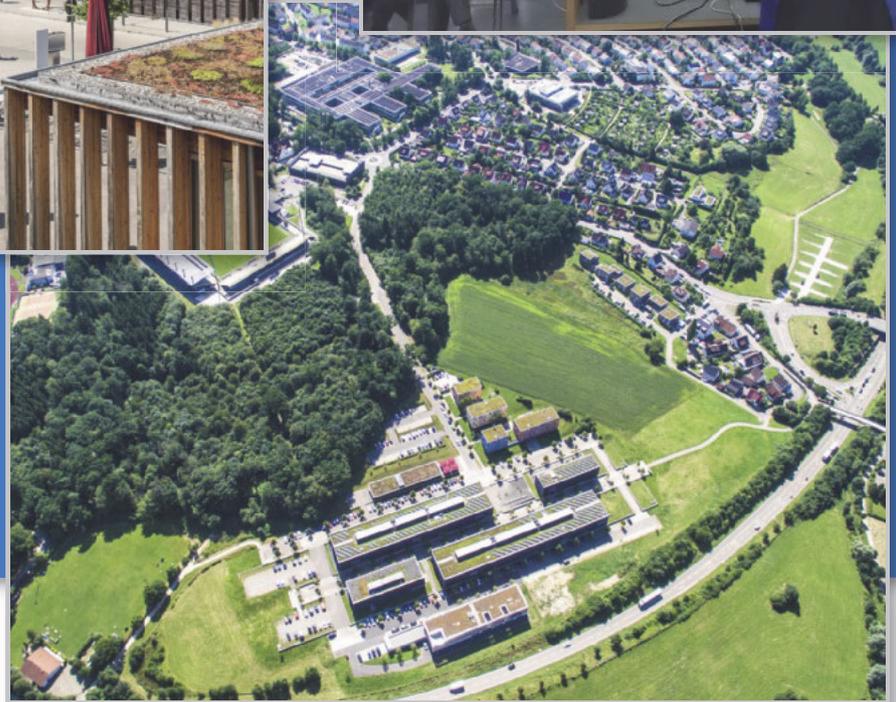
REDAKTION HOCHSCHULE AALEN:

Dr. Kristina Lakomek, Dr. Ralf Schreck,
Saskia Stüven-Kazi, Monika Theiss

VERTRIEB: Kosta Poullos

DRUCK: Konradin Druck, Kohlhammerstraße 1–15
70771 Leinfelden-Echterdingen

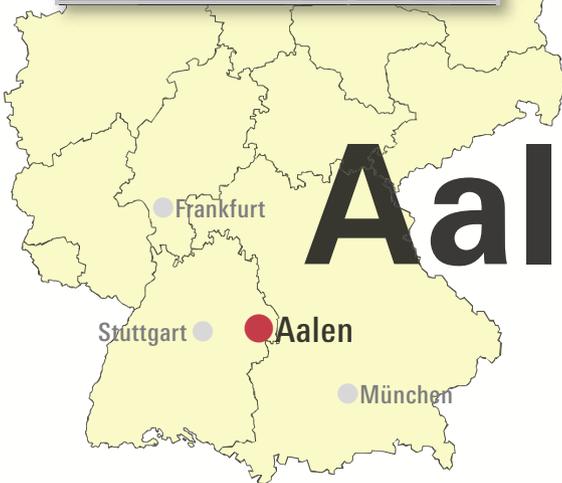
Weitere Exemplare von „Aalen im Aufbruch“ können Sie anfordern bei:
Leserservice *bild der wissenschaft*
Tel. 01805-260155
leserservice@wissenschaft.de



Der weitläufige Hochschulcampus am Stadtrand bietet exzellente Bedingungen, um erfolgreich zu studieren, zu forschen und mit pfiffigen Ideen Unternehmen zu gründen.

Forschen mit Leidenschaft auf der Alb

Aalen rockt

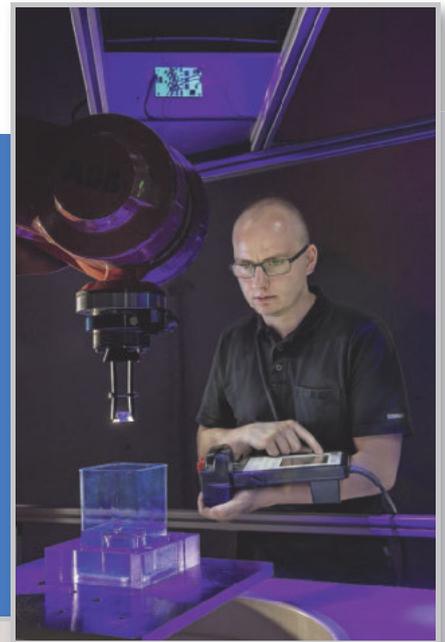


Die rund 70 000 Einwohner große Stadt Aalen im Osten Baden-Württembergs hat eine der dynamischsten Hochschulen Deutschlands. Ein Grund: Professoren, Studierende und die regionale Wirtschaft ziehen an einem Strang

von Wolfgang Hess



Foto: Hochschule Aalen



Der emotionalste Moment ist, wenn der Rennwagen auf den Rädern steht und aus eigener Kraft fährt. Dann sind die vielen Nächte schlagartig vergessen, die das Team durchgearbeitet hat“, berichtet Carolin Reichelt begeistert. Die Studentin im Fach International Sales Management and Technology ist 25 Jahre alt und bereits seit drei Jahren Gesamtprojektleiterin im E-Motion-Rennteam der Hochschule Aalen. Dort sind 57 Studierende aktiv. „Wir bauen jedes Jahr einen neuen Elektromotor, aktuell sogar zwei. Neben unserem schon üblichen E-Rennwagen wollen wir 2018 erstmalig auch einen autonom fahrenden Elektromotor an den Start bringen“, sagt Reichelt. Rennen fahren die Studierenden auf dem Hockenheimring oder dem Red Bull Ring bei Salzburg. Das Ganze firmiert unter dem Begriff Formula Student und wird vom Verein Deutscher Ingenieure unterstützt.

Der Konstruktionswettbewerb begeistert viele junge Menschen. 2017 kämpften allein in Deutschland an die 30 Teams um eine Teilnahme. Manche studieren schon deshalb gerne in Aalen, um in ihrer Freizeit und neben dem Studium Elektromotoren mitentwickeln zu können. Beispielsweise Alexander Topp, der im vergangenen Jahr erfolgreich sein Studium der Internationalen Betriebswirtschaft beendete und Marketingleiter des Aalener Formula-Student-Teams war. Auch Carolin Reichelt ist deswegen aus dem Raum Stuttgart nach Ostwürttemberg gezogen: „Ich habe mich nur an Hochschulen mit einem Formula-Student-Team beworben und mich aufgrund der Qualität der Lehre für Aalen entschieden“, sagt sie.

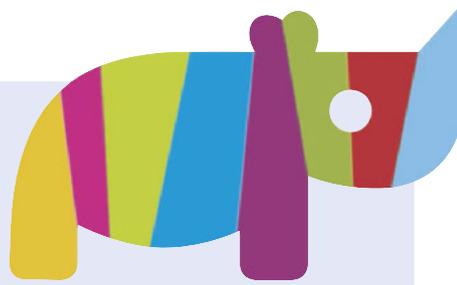
Auch Larissa Konzmann, die im ersten Mastersemester das Fach Wirtschaftsinformatik studiert, hat ihre Gründe, die sie an die Hochschule Aalen geführt haben: „An den großen Unis ist man nur eine

Nummer, hier ist der Kontakt zu den Dozenten viel direkter – und man ist schnell im Grünen.“ Auch Carmen Ehrler schätzt die persönliche Ansprache der Dozenten. Sie studiert BWL für kleine und mittlere Unternehmen – ein Fach, das es in Deutschland nur selten gibt. Dadurch möchte sie fit werden, um später einmal das elterliche Unternehmen für Klima- und Lüftungstechnik führen zu können. Mark Auwärter, im vierten Semester Maschinenbau/Produktentwicklung und Simulation, studiert hier aus pragmatischen Gründen: „Die Hochschule ist von meinem Wohnort gut zu erreichen“, sagt er.

Von China auf die Ostalb

Auf Hongfei Chen trifft dieses Argument gar nicht zu. Sie kommt aus Hangzhou in China und studiert in Aalen Chemie im Bachelor-Studiengang. In die Region auf der Ostalb hat sie aufgrund eines Austauschprogramms ihrer China Jiliang

Neugier wecken



„explorhino ist ein Aushängeschild für die Hochschule Aalen“, schreibt Rektor Prof. Gerhard Schneider im Editorial der jüngsten Ausgabe des Hochschulmagazins „limes“. 2009 hat die Werkstatt junger Forscher ihre Pforten geöffnet – damals noch unter anderem Namen. Gerade entsteht ein Neubau, der Kindern und Jugendlichen künftig gigantische Möglichkeiten zum Spielen und Ausprobieren bieten wird.

Wie schmeckt elektrischer Strom? Was ist ein Bluescreen? Warum friert ein Eisbär nicht? Das sind Fragen, denen die Kinder auf eigene Faust nachgehen können. „Wir wollen die in jedem jungen Menschen steckende Neugier ankurbeln“, sagt Dr. Susanne Garreis, Leiterin von explorhino. Mit dem bunten Nashorn auf eine Entdecker-Safari zu gehen (daher explorhino), hat einen ernsten Hintergrund. Die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Deutschlands hängt davon ab, dass künftig mehr Menschen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik (MINT) studieren. In den Schulen wird zwar viel Wissen vermittelt. Doch es ist wenig Zeit zum Grübeln, Knobeln, Tüfteln und spielerischen Lernen. Hier möchte explorhino ergänzend wirken und die Neigung zu MINT-Fächern mit eigenen Experimenten beflügeln.

Rund 100 Exponate laden im neuen Science Center zum Mitmachen ein. Auch andere Fakten sind beeindruckend: 150 Kindertagesstätten und 50 Schulen als Unterstützer, über 100 Schulklassenbesuche, an die 100 Kindergeburtstage sowie einen Fanclub von 300 Familien zählte Susanne Garreis 2016. Auch in den Schulferien ist explorhino aktiv: Ob Forschercamp, Trickfilmworkshop oder ein Besuch am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt – mit vielfältigen Kursen und Aktionen stemmen die Mitarbeiter ein buntes Ferienprogramm.

Entstanden ist das Ganze aus der Privatinitiative der Unternehmerfamilie Grimminger. Sie ist Inhaberin der Kessler & Co. GmbH, eines führenden Herstellers von Antriebskomponenten für schwere Fahrzeuge (Umsatz: rund 300 Millionen Euro jährlich). Inzwischen wird das Schülerlabor zusätzlich dauerhaft gefördert von den Unternehmen Zeiss und LMT Group sowie zahlreichen weiteren Unterstützern. „explorhino steht mitten in der Gesellschaft und strahlt über die Region hinaus“, freut sich Leiterin Susanne Garreis.

Infos: www.explorhino.de

Knobeln, tüfteln, eigenhändig experimentieren: explorhino regt Kinder und Jugendliche an zum spielerischen Lernen. Das macht Spaß und weckt Lust auf Technik und Naturwissenschaften.



Foto: Georg Schöberl

University gefunden, einer von weltweit über 100 Partnerhochschulen der Hochschule Aalen. Als eine von 600 ausländischen Studierenden spricht Hongfei inzwischen vorzüglich Deutsch.

Gestartet ist die Bildungseinrichtung, die aktuell rund 5800 Studierende zählt, im April 1962 als Staatliche Ingenieurschule mit gerade einmal 32 Studenten. Seit elf Jahren brilliert die Hochschule Aalen bei Rankings ununterbrochen als forschungsstärkste Hochschule für angewandte Wissenschaften im ohnehin forschungstarken Baden-Württemberg. Sie untergliedert sich in die fünf Fakultäten Chemie, Elektronik und Informatik, Maschinenbau und Werkstofftechnik, Optik und Mechatronik sowie Wirtschaftswissenschaften. Die über 150 Professorinnen und Professoren werben pro Jahr rund 10 Millionen Euro Forschungsmittel ein.

Rektor ist seit 2008 Prof. Dr. Gerhard Schneider, der durch seine Erfahrung als Max-Planck-Forscher und diverse Positionen bei der Robert Bosch GmbH geschickt für die Bildungsregion Ostwürttemberg agiert. So ist er Vorstandsmitglied von HAW BW e.V., einem Verbund der 23 baden-württembergischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften, der die Interessen von 3000 Professoren und über 100 000 Studierenden vertritt.

Eine Stütze der Region

„Für die Ausbildung talentierter junger Menschen ist die familiäre und konzentrierte Atmosphäre an der Hochschule Aalen von großem Vorteil“, sagt Prof. Dr. Michael Kaschke, Vorstandsvorsitzender der Carl Zeiss AG und Vorsitzender des Hochschulrats der Hochschule Aalen. Zeiss (Umsatz: knapp fünf Milliarden Euro pro Jahr) ist einer der größten industriellen Arbeitgeber in der Region und beschäftigt am Standort Ostwürttemberg knapp 7000 Beschäftigte (weltweit: über 25 000). Andere Unternehmer sehen in der Hochschule Aalen ebenfalls eine Stütze der Region. „Die Hochschule bildet qualifizierten Nachwuchs mit entsprechendem Praxiswissen aus, wovon auch wir enorm profitieren“, betont Dr. Jochen Kress, Mitglied der Geschäftsleitung der Mapal Dr. Kress KG, einem Aalener Werkzeugbau-Unternehmen mit weltweit 5100 Beschäftigten.



Mit Eifer am Start: Seit etlichen Jahren entwickeln Studierende aus Aalen erfolgreich Boliden mit Elektroantrieb für Rennen der Formula Student.

Die Region Ostwürttemberg umfasst den Landkreis Heidenheim und den Ostalbkreis. Im produzierenden Gewerbe arbeiten dort knapp die Hälfte aller Beschäftigten – ein bundesweit erstaunlich hoher Wert. Hauptarbeitgeber sind Maschinenbau-Unternehmen und Kfz-Zulieferer. Jeder zweite Ostwürttemberger arbeitet in forschungs- und entwicklungsintensiven Unternehmen. Die Industrie- und Handelskammer (IHK) Ostwürttemberg unterstützte alle Ausbaustufen der Hochschule und arbeitet seit vielen Jahren in Hochschulgremien mit.

Auch der Ostalbkreis identifiziert sich mit der Hochschule. „Schon über Jahrzehnte bringen sich Hochschule und Landkreis in die standortorientierte Zusammenarbeit im Rahmen der Zukunftsinitiative Ostwürttemberg ein. Das schafft Vertrauen und Mehrwert“, sagt Landrat Klaus Pavel. Aktuell haben sich über 900 engagierte Akteure aus Bürgerschaft, Wirtschaft und Verbänden an einem dynamischen Kreisentwicklungspro-

zess beteiligt, in den vor allem auch die Hochschulen mit Expertisen, cleveren Ideen und wegweisenden Forschungsmaßnahmen eingebunden sind. Der Ostalbkreis wurde vom Land Baden-Württemberg dafür als innovative „WINregion“ prämiert und hat in einem Förderkorridor bis 2020 Innovationsprojekte im Volumen von über 30 Millionen Euro auf Gleis gesetzt. Dazu gehört auch der Neubau des Zentrums Technik für Nachhaltigkeit an der Hochschule Aalen, mit dem man die erfolgreiche Kooperation gerne fortsetzt und perspektivisch längst in Richtung 2030 unterwegs ist.

Wachstum am Waldrand

Die Stadt Aalen engagiert sich ebenfalls für eine starke Hochschule. Schließlich wächst durch sie die Attraktivität Aalens und der ganzen Region – etwa beim Wettbewerb um junge Talente. „Der Waldcampus ist eines der wichtigsten Ziele unserer Stadtpolitik“, betont Oberbürgermeister Thilo Rentschler. Insgesamt 60

Millionen Euro werden im Rahmen des Masterplans 2020 vom Land, der Stadt und der Hochschule investiert. Der Waldcampus sieht die Verbindung der beiden Campus-Teile vor. „Neue zentrale Dienste wie Kinderbetreuung und Mensa sowie das Fakultätsgebäude der Wirtschaftswissenschaften lassen die Hochschulteile zusammenwachsen“, sagt Rentschler.

In den letzten zwölf Jahren hat die Hochschule Aalen deutlich an Dynamik zugelegt. 2006 weihte sie einen zweiten Standort ein, der nur wenige Meter vom ersten entfernt liegt. 2008 öffnete die Werkstatt junger Forscher explorhino (siehe Infokasten „Neugier wecken“, S. 6), 2015 das Innovationszentrum INNO-Z (siehe Infokasten „Kluge Köpfe und Macher hereinspaziert“, S. 8).

Und dann der Coup: Im Juni 2015 schrieb das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF das Förderprogramm „Starke Fachhochschulen – Impuls für die Region“, kurz: FH-Impuls, aus. Dadurch sollen forschungsstarke


INNO>Z

 DAS INNOVATIONSZENTRUM
AN DER HOCHSCHULE AALEN

Kluge Köpfe und Macher hereinspaziert

„Wir wollen eine Kultur des Versuchens schaffen“, sagt Dr. Andreas Ehrhardt, Geschäftsführer des Innovationszentrums an der Hochschule Aalen (INNO-Z), das im Juni 2015 offiziell loslegte. Inzwischen sind knapp 40 Gründerunternehmen im Haus. „Darüber freuen wir uns sehr“, sagt Ehrhardt.

Beim Gang durch Büros, Labore und Maschinenhalle begegnet man jungen Frauen und Männern, die sich mit spannenden und innovativen Geschäftsideen beschäftigen. Zum Beispiel: Wie kann man die Lebenszeit von Handys verbessern? Wie verdient man mit gesundem Fast Food Geld? Oder: Wie lassen sich Fitnessgeräte mit intelligenten Apps steuern?

Sven Jooss, Co-Founder von „Fitfood“, hat seinen guten Job beim Weltmarktführer Zeiss aufgegeben und setzt zusammen mit Alexander Abele jetzt voll auf die Herstellung von vollwertiger Nahrung: „Wir bieten frisches, leckeres und qualitativ hochwertiges Fast Food zu einem fairen Preis an. Dafür haben wir ein Konzept für eine Restaurantkette in der Systemgastronomie entwickelt – mit interaktivem Bestellsystem für die individuelle Menüzusammenstellung“, berichtet er.

Mit 3D-Druck sind Johannes Lutz und seine Schwester Maria gestartet. Ihr Unternehmen „Mark3D“ erfüllt den Traum eines jeden Ingenieurs, das fertige Bauteil in kürzester Zeit in den Händen zu halten. „Wir drucken faserverstärkte Bauteile in wenigen Stunden aus. Unsere Drucker finden im Konstruktionsbüro auf jedem Schreibtisch Platz“, berichtet Lutz. Das Unternehmen des Noch-Studenten beschäftigt inzwischen neun Menschen und macht mittlerweile einen Millionenumsatz.

Über den Standort Aalen sagt Johannes Lutz: „An Chancen fehlt es uns hier nicht. Man muss die Hochschule und das Innovationszentrum als Sprungbrett für die Karriere begreifen – als Netzwerk, um sich weiterzuentwickeln.“

1400 Quadratmeter Nutzfläche stehen Gründerinnen und Gründern insgesamt zur Verfügung. „Das Standardbüro hat 17, und die Labore haben 26 oder 60 Quadratmeter. Alle Büros sind durch Türen verbunden. Durch die modulare Bauweise können die Gründerfirmen problemlos wachsen“, sagt Ehrhardt. Einmal im Monat treffen sich die Gründer sowie Gründungsinteressierte aus der Hochschule und der Region Ostwürttemberg zu einem „Gründerabend“ im INNO-Z. „Dann referieren Experten über den Schutz von geistigem Eigentum, über Unternehmensfinanzierung oder Internationalisierung“, erklärt Ehrhardt. „Und ich berichte über Neuigkeiten und Wissenswertes aus der Gründerszene.“

2017 startete die Hochschule gemeinsam mit Hochschulen aus Reutlingen und Stuttgart die Gründungsinitiative „Spinnovention“. Unterstützt durch Finanzmittel des Landes soll die Gründungskultur an den Hochschulen gefördert werden. In Aalen entstand daraus das Projekt „stAart-UP!de“. „Wir hoffen, dass sich Studierende dadurch stärker als bisher damit auseinandersetzen, ein eigenes Unternehmen als eine attraktive berufliche Option ins Auge zu fassen“, sagt der INNO-Z-Geschäftsführer.

Infos: innovationszentrum-aalen.de, www.staartup.de



Schub für den Start in die Selbstständigkeit: Am Innovationszentrum INNO-Z stehen jungen Firmengründern 1400 Quadratmeter Fläche und eine moderne Infrastruktur zur Verfügung.

Fachhochschulen unterstützt werden, „die einen bereits vorhandenen Forschungsschwerpunkt mit ausreichend Umsetzungspotenzial ausbauen und ihr Forschungsprofil nachhaltig schärfen wollen.“ Ein Ziel der Strukturförderung ist es, Kooperationen der Hochschulen mit der regionalen Wirtschaft anzuschließen. Die rund 200 Fachhochschulen in Deutschland konnten sich um ein Gesamtbudget von 100 Millionen Euro bewerben. Eine erste Projektskizze musste bis September 2015 eingereicht werden. 81 Hochschulen taten das, 20 kamen in die engere Wahl – auch die Hochschule Aalen.

In den darauffolgenden Wochen musste die 15-seitige Projektskizze zu einem umfassenden Strategiekonzept erweitert werden. Ein kleines Team arbeitete in den Pfingstferien mit Hochdruck und oft bis spät nach Mitternacht an neuen Konzepten und ausgefeilten Formulierungen. Die Erleichterung war riesengroß, als Ende Mai der 660 Seiten umfassende und 3,3 Kilogramm schwere Gesamtantrag fristgerecht eingereicht wurde.

Anfang Juli 2016 fuhren die Professoren Dagmar Goll und Gerhard Schneider als Vertreter der Hochschule Aalen nach Bonn ins Forschungsministerium, um ihr Programm „Smarte Materialien und intelligente Produktionstechnologien für energieeffiziente Produkte der Zukunft“ einem international besetzten Gutachtergremium vorzustellen. Die etwas längliche Headline rührt daher, dass sich alle beteiligten Forscher in der Projektbezeichnung wiederfinden sollten. Damit das dann doch leichter über die Lippen geht, kam es zu dem eingängigen und einprägsamen Kürzel „SmartPro“.

Vor der offiziellen Präsentation setzten sich Goll und Schneider am Bonner Rheinufer auf eine Bank und spielten die Inhalte nochmals durch. „Jede Hochschu-

le hatte nur zehn Minuten Zeit“, erinnert sich Schneider. „Ich war aufgeregt wie vor meiner Promotionsprüfung“.

Erfolgsmeldung aufs Handy

Zwei Wochen voller Bangen folgten. Am 21. Juli erhielt Schneider mitten in einer Sitzung aufs Handy eine E-Mail von dem Aalener Bundestagsabgeordneten Roderich Kiesewetter: „Mit eurem SmartPro seid ihr einer der zehn Sieger“, schrieb er. „Drei andere Hochschulen aus Baden-Württemberg waren auch erfolgreich.“ Gerhard Schneider strahlte voller Glück. Denn das hieß, dass der Bund die Hochschule Aalen ab 2017 vier Jahre lang mit insgesamt fünf Millionen Euro bei angewandten Forschungsprojekten fördert.

„Innovationen aus der Materialforschung sind ein Schlüssel zur Lösung unserer Zukunftsaufgaben“, betont Bundesforschungsministerin Johanna Wanka. 70

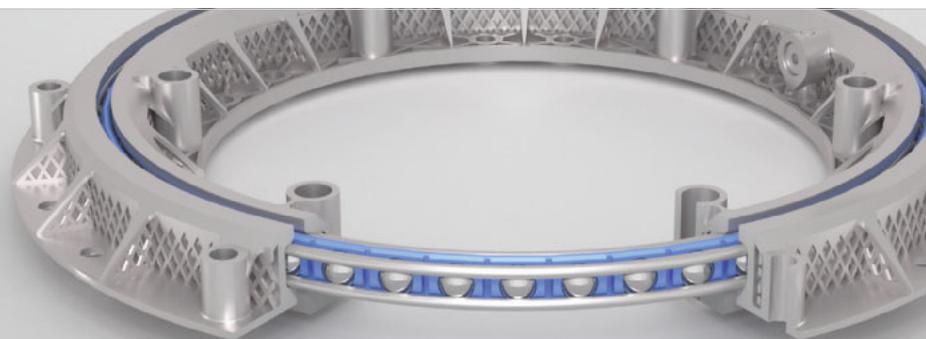
Prozent aller neuen Produkte beruhen auf neuentwickelten Materialien. Hier setzt das Aalener Konzept an. „Im Fokus von SmartPro stehen Materialien mit anwendungsoptimierten Eigenschaften und das Entwickeln von intelligenten Produktionstechnologien“, sagt Dr. Ralf Schreck, an der Hochschule Aalen zentraler Ansprechpartner für Forschung und Transfer.

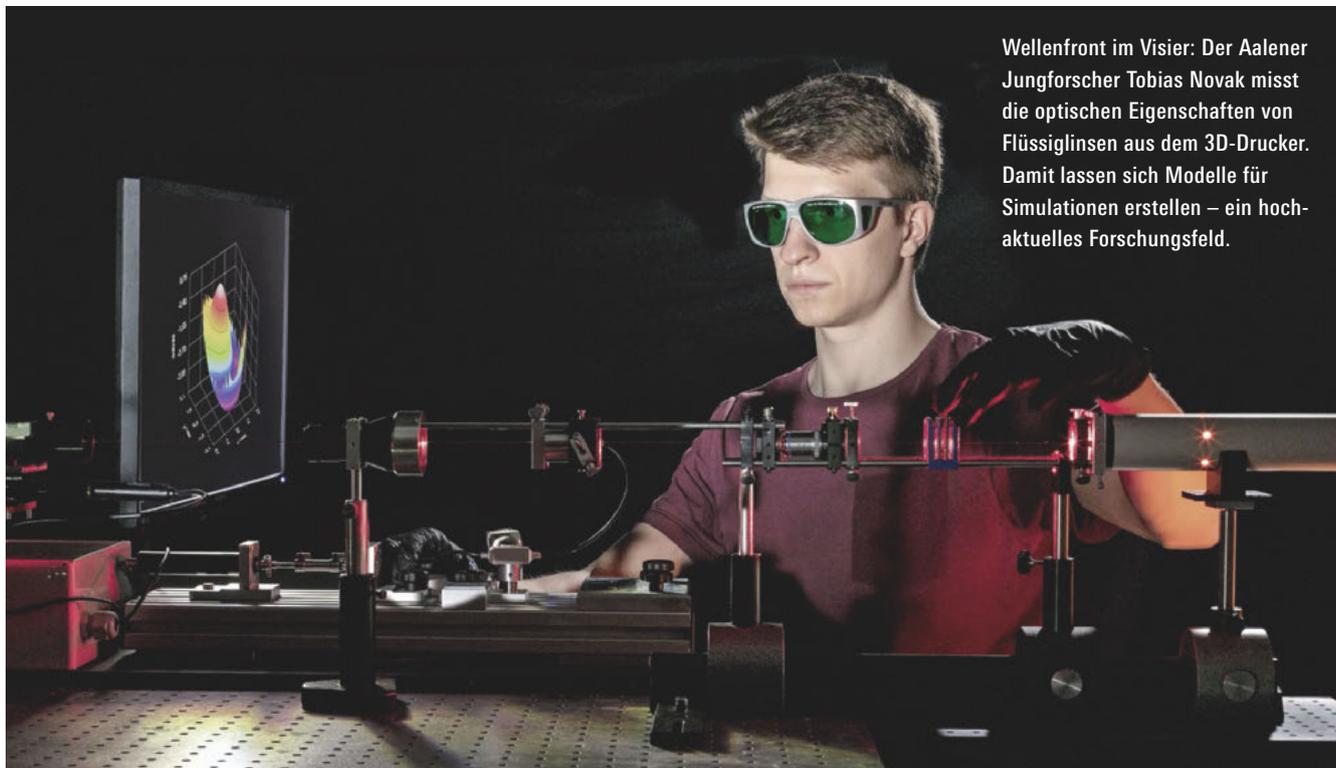
Ausgehend von den bestehenden Forschungsschwerpunkten „Photonik“ sowie „Neue Materialien und Fertigungstechnologien“ sollen durch die fünf Millionen Euro vier Anwendungsbereiche angekurbelt werden: Leichtbau, Energiewandler, Energiespeicher und Additive Fertigung (etwa 3D-Druck). Diese Weichenstellung liegt auf der Hand: Bei manchen Energiespeicher-Technologien und Materialien für Energiewandler sowie in einigen Sektoren des Leichtbaus hat Aalen eine Alleinstellung in der deutschen Forschung.



Zum Organisationsteam des SmartPro-Projekts gehören (von links) Dagmar Goll (SmartPro-Sprecherin), Volker Knoblauch (Sprecher Forschungsschwerpunkt „Neue Materialien und Fertigungstechnologien“) und Gerhard Schneider (Rektor) sowie Ralf Schreck (Forschungskordinator) und Kristina Lakomek (SmartPro-Management).

90% leichter als Stahl: Leichtbaulager aus 3D-Druck-Aluminium





Wellenfront im Visier: Der Aalener Jungforscher Tobias Novak misst die optischen Eigenschaften von Flüssiglinsen aus dem 3D-Drucker. Damit lassen sich Modelle für Simulationen erstellen – ein hochaktuelles Forschungsfeld.

„Ein wesentliches Ziel der Forschungsinitiative FH-Impuls ist, dass sich Fachhochschulen strategisch aufstellen und neue Forschungsthemen erschließen, die auch noch in fünf oder zehn Jahren interessant sein werden“, sagt Forschungskordinator Schreck. All das auf einen Nenner gebracht heißt: Die Hochschule Aalen möchte durch ihre Forschungsergebnisse zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende beitragen.

Sichtbarkeit und Attraktivität

Dass SmartPro dem international besetzten Gutachtergremium imponiert hat, liegt auch daran, dass es der Hochschule gelang, mehr als 30 Unternehmen aus der Region mit ins Projekt zu holen. „Sie beteiligen sich mit rund 800 000 Euro über die vier Jahre“, verrät Schreck. Die Hälfte dieser Firmen gehört zu den für Baden-Württemberg typischen KMUs – kleine und mittlere Unternehmen mit unter 250 Beschäftigten und 50 Millionen Euro Umsatz. „SmartPro verknüpft die Hochschule Aalen noch intensiver mit der Region Ostwürttemberg“, sagt Rektor Schneider. „Sie wird dadurch sichtbarer und attraktiver – weit über die Region hinaus.“

Die Aalener sind überzeugt, dass die

Millionen des BMBF für SmartPro bestens angelegt sind. Sie arbeiten schon jetzt auf eine Folgeförderung hin, nach der großen Evaluation 2020. SmartPro schafft insgesamt 20 neue wissenschaftliche Stellen. Eine hat Dr. Kristina Lakomek inne. Sie hat der Ludwig-Maximilians-Universität München – einer der besten Universitäten Europas – wegen Aalen adieu gesagt und kümmert sich nun um die weitere inhaltliche Ausgestaltung von SmartPro.

„Derzeit bringen wir gemeinsam mit der Wirtschaft weitere attraktive Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf den Weg, insbesondere mit den regionalen KMU. Sie werden unser starkes Kooperationsnetzwerk ausbauen und SmartPro gezielt thematisch wie methodisch weiterentwickeln und dabei auch neue Professoren und neue Industriepartner einbeziehen“, erklärt Kristina Lakomek.

Auch auf anderen Feldern trumpft die Hochschule Aalen auf. Im August 2017 rollten Bagger auf den Campus und begannen, die Baugrube für zwei neue Forschungszentren auszuheben. „Wir sind die erste Hochschule für angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg und die dritte in Deutschland, die beim Forschungsbauten-Programm von Bund und

Ländern erfolgreich war“, sagt Schreck. Im Zentrum innovativer Materialien und Technologien für effiziente elektrische Energiewandler-Maschinen (ZiMATE) und im Zentrum Technik für Nachhaltigkeit (ZTN) werden künftig Forschungsaktivitäten der Hochschule Aalen gebündelt.

Beide Zentren werden als ein Komplex errichtet. Möglich ist das durch die fast zeitgleiche Genehmigung der beiden Fördermaßnahmen – das ZiMATE wird zu 50 Prozent vom Bund gefördert, das ZTN zu 50 Prozent mit Fördergeldern der EU. Im Herbst 2019 sollen die Einrichtungen an die Hochschule übergeben werden. Insgesamt sind dann 26 Millionen Euro in die Hand genommen worden, um den Forschungsstandort Aalen zu festigen.

Das alles funktioniert natürlich nur, wenn neben dem akademischen Personal auch die Studierenden mitziehen. Das Verhältnis zwischen Wissenschaftlern und Nachwuchsforschern stimmt offenbar. ●

Kontakt

Monika Theiss (Kommunikation Hochschule Aalen): Monika.Theiss@hs-aalen.de
Dr. Kristina Lakomek (Management SmartPro): Kristina.Lakomek@hs-aalen.de

Infos: www.hs-aalen.de

Auf dem Weg zum Energiespeicher der Zukunft

Detektivarbeit zwischen den Elektroden

Forscher suchen nach dem Alleskönner unter den Batterien. Dabei geht es ihnen zum Beispiel um leistungsfähige Elektroautos mit großer Reichweite

von Eva Wolfangel

Laborbrille, Elektrolytbad und ein selbst konstruierter Rahmen, in dem eine blank geschliffene, glänzende Edelstahlplatte eingespannt ist: Andreas Waibel ist bereit, die Zukunft zu gestalten. Der Weg in die Zukunft führt in diesem Fall in ein Labor der Hochschule Aalen, in dem unzählige Becken mit verschiedenfarbigen Flüssigkeiten gefüllt sind. Darin sind Metall-Ionen aller Art gelöst.

In Waibels Fokus steht der Nickelelektrolyt. Es ist ein besonderer Elektrolyt, der

auch das Aktivmaterial einer Batterie enthält: kleine, in Schwebelösung gehaltene Partikel. Der Bachelorstudent wartet, bis die richtige Temperatur für seinen Versuch erreicht ist. Dann wird er die blanke, polierte und penibel entfettete Edelstahlplatte eintauchen, damit sich eine Nickelschicht darauf abscheidet. Dabei – das ist das Neue an dem Versuch – werden sich die Aktivmaterial-Partikel in die Schicht integrieren. Wie das genau funktioniert, wird nicht verraten.

„Bei diesem Aufbau kann man am Ende die abgeschiedene Dispersionsschicht in Form einer Kompositfolie wieder von der Edelstahlplatte abziehen – und fertig ist unsere Batterie-Elektrode“, sagt Waibel. So testet er diverse Möglichkeiten, die Elektrodenfolie zusätzlich mit einer Struktur zu versehen. Sie verbessert die Eigenschaften der Folie für den späteren Einsatz in Batterien weiter. Für den jungen Mann ist der Job als studentische Hilfskraft eine Gelegenheit, sein im Studien-

Nickelhaltige Kathoden wecken Hoffnung auf bessere Batterien. Hier bereiten Sandra Meinhard und Timo Sörgel einen Versuch zu ihrer Herstellung vor.



gang Oberflächentechnologie erworbenes Wissen anzuwenden – und vielleicht ein bisschen zur Revolution der Energieversorgung beizutragen.

Welcher Weg hierzu genau beschritten wird, erläutert Prof. Timo Sörgel, der die Batterieforschung im Projekt SmartPro koordiniert und ebenfalls gespannt ist auf das Ergebnis. Denn dieser kleine Versuch zur Nickelabscheidung könnte eine Idee voranbringen, die er in die Welt gebracht hat: Timo Sörgel forscht an zukunftsweisenden Batteriestrukturen. Dabei will der Leiter des Forschungsinstituts für Innovative Oberflächen (FINO) der Hochschule Aalen nicht nur neue Materialien testen, sondern auch den Herstellungsprozess verändern. Denn bisher werden die elektrochemischen Aktivmaterialien zusammen mit inaktiven Hilfsstoffen auf die Stromsammelrfolien als „Slurry-Masse“ aufgetragen. Dabei kommen auch giftige Lösungsmittel zum Einsatz. Der neue Prozess vereinfacht den Aufbau der Elektroden und ist umweltfreundlich.

Aktuell beschäftigen sich die Forscher damit, den Herstellungsprozess so stabil zu machen, dass nur noch möglichst geringe Schwankungen in den Eigenschaften der Elektroden resultieren. Oft merken es die Experten erst hinterher, wenn eine Batterie nicht so funktioniert wie sie sollte. Macht man sich die Mühe, sie zu öffnen und mit präzisen Verfahren nach der Ursache des Versagens zu suchen, stellt sich oft heraus: Das Problem liegt in Schwankungen beim Herstellungsprozess.

Suche nach Auffälligkeiten

Um das zu verstehen, müssen wir dieses Labor kurz verlassen und mit einer Forscherin sprechen, die schon viele Batterien untersucht hat: Dr. Ute Golla-Schindler, Mitarbeiterin am Institut für Materialforschung der Hochschule Aalen, sitzt zwischen modernen Elektronenmikroskopen, mit denen sich Details in Batteriematerialien bis in den Nanometerbereich präzise erkennen lassen. Die Forscherin bildet damit die auf Kupfer- oder Aluminiumfolien aufgetragenen Partikelstrukturen der Anode und Kathode ab und sucht nach Auffälligkeiten bei den Aktivmaterialien – etwa Rissen, neu entstandenen Schichten oder chemischen Veränderungen. Diese versucht sie mit der Historie

der Batterie in Verbindung zu bringen: etwa mit der Herstellung oder mit Lade- und Entladevorgängen. „Ein Traum wäre es, eine ewig haltbare Batterie zu entwickeln, die sehr viel Energie in sich trägt“, sagt Ute Golla-Schindler, als wäre es das Selbstverständlichste der Welt. Und wer bedenkt, was diese Welt alles mit der Energie vorhat in den nächsten Jahren – von E-Autos bis hin zu erneuerbaren Energien –, muss ihr recht geben. Schließlich geht es bei all dem ums Speichern und Nutzen von Energie.

Batterieleichen auf dem Prüfstand

Die Batterietechnik ist an vielen Stellen verbesserungswürdig. „Da ist Luft nach oben“, hört man oft an der Hochschule Aalen. Ute Golla-Schindler sitzt am Ende der Kette: dort, wo die „Batterieleichen“ liegen. „Ich würde sie gern zerstörungsfrei prüfen“, sagt sie. „Aber noch müssen wir die Batterien öffnen, um Schwachstellen zu finden.“ Davon will die Expertin weg, zurück zum Anfang.

„Wir arbeiten an Analyseverfahren, die sich schon bei der Entwicklung neuer Batteriematerialien einsetzen lassen, um erste Produktionsfehler oder Alterungseffekte früh zu erkennen“ – nicht erst im Nachhinein, wenn man herausfinden will, was schiefgegangen ist. Daher kooperiert das Materialanalytik-Team eng mit den anderen beiden Gruppen, die sich mit neuen Materialien und Verfahren der Batterieherstellung beschäftigen. Dazu gehört auch das Team von Timo Sörgel, in dessen Labor wir nun zurückkehren.

Sörgel hat den Schichten aus Aktivmaterialien, Additiven und Bindern, die bislang als zähe, honigartige Masse auf eine Metallfolie aufgetragen werden und später Anode und Kathode bilden, den Kampf angesagt. Das muss auch einfacher gehen, sagte er sich, als er 2011 aus der Industrie an die Hochschule kam. Eines der Themen, die er mitbrachte, war die Dispersionsabscheidung – ein Verfahren, das zuvor noch nicht zur Batterieherstellung angewandt worden war. Dabei werden funktionale Partikel in eine sich galvanisch abscheidende Metallschicht eingebaut. „Eine solche Dispersionsschicht kann man auch als Elektrode verwenden“, lautet die Hypothese des Forschers. Timo Sörgel hat sie gemeinsam mit seinen

Für die Entwicklung von Hochenergie-Lithium-Ionen-Zellen müssen die beiden Aalener Forscher Christian Weisenberger und Volker Knoblauch (rechts) tief in eine sogenannte Glovebox greifen. Dort lässt sich unter Schutzgas mit den hochreaktiven Substanzen experimentieren.



Kollegen veröffentlicht – und gleich zum Patent angemeldet.

Künftig könnten Elektroden so entstehen, wie das Andreas Waibel im Labor versucht: mit einer Edelstahlplatte und einer Nickelelektrolyt-Lösung. So ließen sich vielleicht Batterien der Zukunft formen. Nebenbei ließe sich dann auch die Struktur der Schichten beeinflussen, meint Sörgel: „Batterien mit identischen Aktivmaterialien haben zwar immer die gleiche Spannung, doch sobald Strom fließt, verändert die Struktur ihre Eigenschaften.“ So kann man etwa die Effizienz steigern.



Jeder kennt das Phänomen aus dem Alltag: Das Smartphone wird bei intensiver Nutzung und beim Aufladen heiß. Die Wärme ist verlorene Energie. „Wie groß der Verlust ist, hängt stark von der Struktur der Elektroden ab“, erklärt Sörgel. Und je weniger Energie auf diese Art verloren geht, umso effizienter ist die Batterie.

Das Gewicht ist entscheidend

Ein Ziel ist zudem, Batterien für ihren Zweck zu optimieren, sagt Sörgel. „Je nach Anwendung sind unterschiedliche Eigenschaften nötig.“ So sind in Autos immer

noch Bleiakkumulatoren als Starterbatterie verbaut, obwohl sie sehr schwer sind. Doch für Elektrofahrzeuge wären sie ungeeignet. Während man bei elektronischen Geräten wie Smartphones vor allem auf die Größe der Akkus schaut, ist in Autos und Flugzeugen das Gewicht entscheidend. Sörgel und seine Kollegen haben auch schon mit Schäumen experimentiert, auf die sie das Elektrodenmaterial per Dispersionsabscheidung aufgetragen haben. „Dabei bleiben die Poren des Schaums erhalten und das Aktivmaterial lässt sich effizienter nutzen“, sagt Sörgel.

Eine weitere Stellschraube beim Entwickeln der Batterie der Zukunft ist die Mikrostruktur der Elektroden. Daran forscht Prof. Volker Knoblauch vom Institut für Materialforschung, wenige Türen weiter. „Wir brauchen neue Materialsysteme, um hochleistungsfähige Batterien zu entwickeln“, sagt er. Dafür sei es wichtig zu wissen, welche Merkmale des Elektrodenaufbaus zu welchen Eigenschaften der Batterien führen.

Auch Knoblauchs Weg führt immer wieder zu Ute Golla-Schindler und ihren modernen Mikroskopen. Denn gerade im



Um prismenförmige Lithium-Ionen-Zellen zu charakterisieren, nutzen Andreas Jansche und Timo Bernthaler (rechts) die Aufnahmen eines Lichtmikroskops, mit dem die Probe abgescannt wurde. Bei der Analyse der Bilder hilft den Forschern ein intelligenter Algorithmus für maschinelles Lernen.

Alter zeigen sich die Schwächen einer Batterie. Bisher ist das kaum verstanden. Auf einmal hält der Smartphone-Akku nur noch zwei Stunden – aber was mit ihm geschehen ist, kann niemand erklären. Fest steht nur, dass er alt geworden ist. „Wir müssen verstehen, welche Mechanismen zu der Alterung einer Zelle führen“, stellt Volker Knoblauch fest.

In seinem Labor stehen mehrere manns-hohe Klimaschränke. An einem hängt ein Zettel: „Langzeitversuch“. Dort werden Batteriezellen unter definierten Bedingungen immerzu geladen und entladen. Eine ausgeklügelte Sicherheitstechnik sorgt dafür, dass auch bei extremen Testbedingungen nichts passieren kann. Doktorand Christian Weisenberger testet hier, wie sich Batterien mit Aktivmaterialien der nächsten Generation nach einer bestimmten Zahl von Lade- und Entladezyklen verändern.

„Batterien sollen eine höhere Energie- und Leistungsdichte haben, um große Reichweiten bei kurzen Ladezeiten zu ermöglichen“, formuliert Weisenberger seine Wünsche an die Energiespeicher. „Zudem sollen sie sicher sein, lange halten – und das zu möglichst geringen Kosten.“ Noch lässt sich das nicht alles unter einen Hut bringen, aber Weisenberger ist hochmotiviert, die Widersprüche aufzulösen.

Kaum erforschte Beziehungen

Wie dick ist die ideale Elektrode, wie stark sollte sie verdichtet sein? Diese Beziehungen zwischen Eigenschaften und Wirkung sind bisher kaum erforscht. „Wir suchen das Optimum der Mikrostruktur für die Materialsysteme von morgen und übermorgen“, sagt der Jungforscher. So hat eine poröse Elektrode eine hohe Leistungsdichte: Sie lässt sich schnell be- und entladen. Dafür ist ihre Energiedichte ge-

ringer: Die Batterie muss schon bald neu geladen werden. „Doch jeder will lange Strecken mit dem Elektroauto fahren und möglichst wenig Zeit zum Laden benötigen. Das ist – noch – ein Widerspruch.“

Die Lösung dieses Paradoxons schlummert in den zahlreichen Glove-Boxen der Labore: luftdicht abgeschlossenen Arbeitskabinen, in die man nur mit fest angebrachten Handschuhen greifen kann. Weisenberger und seine Kollegen haben hier etliche verschiedene Elektrodenmaterialien mit unterschiedlichen Strukturen zu Zellen verbaut und unterziehen sie einer Reihe von Experimenten. „Wir wollen die Mikrostruktur der Elektroden so manipulieren, dass beides gleichzeitig möglich ist: schnell laden und weit fahren“, sagt Volker Knoblauch.

Dabei bestreiten die Forscher in seinem Team ganz neue Wege, indem sie etwa Laser zum Modifizieren der Elektroden

nutzen oder sich der nächsten Generation von Batterien widmen: den Feststoffbatterien. Dafür bringt Doktorand Weisenberger immer wieder Zellen ans Limit – wie die im Langzeitversuch. „Um zu verstehen, wie sich Änderungen der Mikrostruktur auswirken, machen wir eine sogenannte Post-Mortem-Analyse“ sagt er. Es ist wie im Krimi: „Erst wird die Todesursache identifiziert, danach der Tathergang.“

Einen anderen Ansatz verfolgt Andreas Jansche: Der Masterstudent hat eine große prismatische Zelle, wie sie für ein Hybridfahrzeug genutzt werden könnte, aufgeschnitten und so präpariert, dass er sie per Lichtmikroskop inspizieren kann. Die vielen eng gewickelten Schichten wirken mit der dazwischen angebrachten Isolation wie dicht aufgerollte Tüten. Jansche interessiert sich für die Fertigungsqualität der Batterie. Daher sucht der Student nach Fehlerquellen wie Fremdpartikeln oder Schwankungen in den Schichtdicken.

Das Mikroskop mit Scanningtisch und Rechner rastert die Zelle in Millimeter-schritten ab, sodass Fotos in hoher Auflösung entstehen. Bis zu 35 000 Bilder kommen so pro Zelle zusammen. „Kein Mensch kann sich die alle anschauen“, sagt Jansche. Der angehende Informatiker arbeitet deshalb daran, das mithilfe von Künstlicher Intelligenz zu automatisieren. Schließlich sollen Fehlerquellen möglichst schnell entdeckt werden – und nicht erst,

wenn die Batteriefabrik schon tagelang Ausschuss produziert hat.

„Wie lässt sich die Fertigungsqualität bewerten?“, fragt Dr. Timo Bernthaler, Betreuer von Jansche und Leiter des Instituts für Materialforschung. Ziel ist nicht nur, einen automatischen Prozess zu entwickeln, der Fehler erkennt, sondern auch, ihn in die Produktion zu integrieren.

Perfekte Akkus fürs E-Mobil

Forschungspartner ist ein Unternehmen der Autoindustrie, das in großem Stil in die Herstellung von Batterien für Elektrofahrzeuge einsteigen will. Und die sollen möglichst perfekt sein. Bisher ist es üblich, Zellen in der Produktion zu röntgen. „Doch damit sieht man nicht alles. Und was man sieht, erst sehr spät“, sagt Bernthaler. Wenn Batterien in Elektroautos eingebaut werden, gilt es, Vorfälle wie bei den 2016 in Brand geratenen Handys von Samsung zu vermeiden. „Im Untersuchungsbericht des Herstellers steht, dass es genau um die Themen geht, die uns jetzt bewegen“, sagt Bernthaler. Einzelne Lagen waren durch eine zu dichte Packung so stark verformt, dass sie rissen und ein Kurzschluss die Folge war.

Verbesserungsbedarf gibt es bereits vorher. Moderne Batterien für E-Mobile, die Tausende Euro kosten, will niemand so oft tauschen wie das Handy. Da ist Luft nach oben. In Aalen wird diese Lücke gefüllt. ●



Die Bedeutung von Batterien als Energiespeicher wächst, etwa in elektronischen Geräten. Im Bild: ein aufgeschnittener Lithium-Ionen-Akku.

Kontakt

Prof. Dr. Timo Sörgel:
Timo.Soergel@hs-aalen.de
Prof. Dr. Volker Knoblauch:
Volker.Knoblauch@hs-aalen.de

Infos:

www.hs-aalen.de/fin
www.hs-aalen.de/imfaa

Junge Forscher legen los!

Wir fördern Forschungsprojekte der Hochschule Aalen sowie das explorhino Schülerlabor und das explorhino Science Center an der Hochschule Aalen.

Neue Materialien für Magnete der Zukunft

Goldrausch am Kocher

Die Hochschule Aalen hat schon sechs Patente auf Werkstoffe, die für künftige Elektroautos prägend sein können. Mit detektivischem Spürsinn suchen die Forscher in der Stadt am Kocher weiter

von Eva Wolfangel

In diesem kleinen eingelassenen Gefäß steckt also die Zukunft der Elektromotoren. Genauer: die Zukunft der Energiewandlung. Es könnte ein winziger Aschenbecher sein, mit einem dicken schwarzen Rand und einer Vertiefung in der Mitte, in der sich eine metallisch glänzende Substanz befindet. Doch schon die Art, wie Prof. Dagmar Goll das kleine Ding von der Größe einer Portionspackung Marmelade in der Hand hält, zeigt: Es ist etwas Besonderes.

„Wir suchen das magnetische Gold“, bestätigt die Professorin für Physik der Magnetwerkstoffe und Sprecherin des Projekts SmartPro. Das kleine wertvolle Etwas ist ein sogenannter Tiegel – und hat es in sich. Darin könnte eine Revolution stecken. Mehr verrät Dagmar Goll nicht. Die Forscherin hat sich wie eine Detektivin auf Spurensuche gemacht.

Der Tiegel ist das Ergebnis eines Verfahrens, das am Institut für Materialforschung der Hochschule Aalen das Licht der Welt erblickt hat – zumindest für diese Anwendung. Und es geht so: Neue Magnetmaterialien sind gesucht wie nie. Das liegt zum einen daran, dass die Elektrifizierung immer leistungsfähigere, leichtere und kompaktere Energiewandler erfordert: Elektromotoren für Autos, Generatoren für Wind- oder Solarstrom und Aktoren für autonome Systeme. Alle beruhen auf der Wirkung von Magneten und bringen bisherige Materialien an ihre Grenzen. Zum anderen enthält das heute beste Magnetmaterial Seltenerd-Metalle. „Ein Elektromotor enthält rund 500 Gramm Neodym und Dysprosium“, sagt Goll.



Dagmar Goll ist neuen magnetischen Werkstoffen mit besonderen Eigenschaften auf der Spur. Das Metallband, das sie in den Händen hält, wurde an der Schmelzspinnanlage im Hintergrund gefertigt.

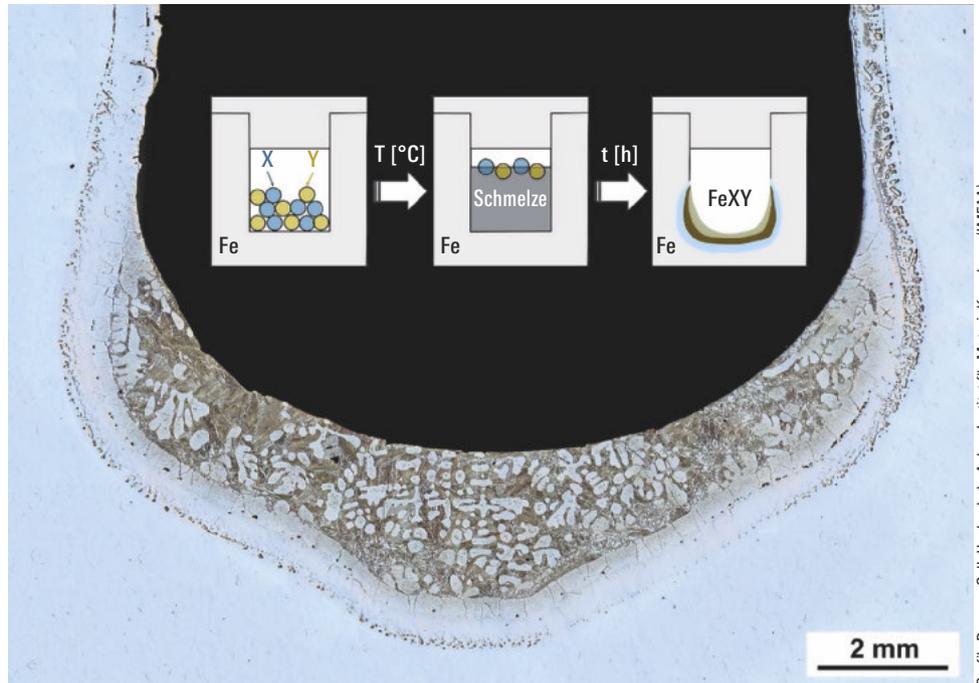
Wie der Name sagt, sind Seltenerd-Metalle recht selten, doch vor allem sind sie ein endlicher Rohstoff. Der Großteil davon kommt aus China und unterliegt starken Preisschwankungen. Das beschert den Ingenieuren ein Dilemma: Neodym-Eisen-Bor-Magnete gelten als die leistungsfähigsten ihrer Art, sind aber teuer. Auf der anderen Seite stehen kostengünstige Hartferrite als Werkstoffalternative. Doch sie sind leistungsschwach. „Dazwischen klafft eine riesige Lücke“, sagt Goll.

Lückenfüller gesucht

Warum also nicht einfach ein neues magnetisches Material entdecken, das nicht oder nur zum kleinen Teil aus Seltenerd-Metallen besteht – oder das auf relativ günstigen Seltenerd-Metallen wie Cerium basiert? Gesucht ist ein Material, das die Lücke füllt oder gar das Spektrum an Magnetwerkstoffen am oberen Ende erweitert. Das Periodensystem der Elemente ist zwar endlich, doch Kombinationsmöglichkeiten zwischen den Elementen gibt es viele – und nur ein Bruchteil davon ist bisher in Experimenten untersucht worden. Neodym-Eisen-Bor als Magnetmaterial ist seit 1984 bekannt. „Aus magnetischer Sicht wäre es an der Zeit, ein neues vielversprechendes Material zu entdecken“ meint Goll.

An der Hochschule Aalen arbeiten Forscher in den Teams von Dagmar Goll und Rektor Prof. Gerhard Schneider seit über zehn Jahren daran. Sie müssen dafür nicht alle möglichen Kombinationen des Periodensystems testen. „Aus der Materialforschung weiß man, dass sich vier Übergangsmetalle grundsätzlich für Magnete eignen“, sagt Schneider: Kobalt, Nickel, Eisen und Mangan. Dazu sind rund 50 weitere Elemente potenziell interessant.

Doch auch mit diesen Einschränkungen sind Millionen Kombinationen der chemischen Elemente möglich, von denen bislang nur rund 1500 untersucht worden sind. Die meisten davon sind Systeme aus zwei oder drei Stoffen. „Dazu kommen die vielen möglichen Kombinationen aus vier oder mehr Elementen, die sich zudem in diversen Zusammensetzungen kombinieren lassen“, sagt Goll. „Das eröffnet ein riesiges Potenzial.“ Doch die Suche nach der besten Kombination gleicht der Suche nach einer Nadel im Heuhaufen.



In einem Schritt zu zahlreichen Materialkandidaten: Das dafür genutzte Hochdurchsatzverfahren haben Forscher in Aalen entwickelt. Dazu werden Stoffe in einen Tiegel gegeben und erhitzt. Nach einiger Zeit entstehen in dem Gefäß durch chemische Reaktionen viele verschiedene Legierungen.

Um die gewaltige Aufgabe zu meistern, haben die Forscher in Aalen ein Priorisierungsverfahren entwickelt: Es zeigt, welche Element-Kombinationen technisch, ökonomisch und ökologisch aussichtsreich sind. Nach diesem Check bleiben rund 1000 Top-Kombinationen aus drei oder vier Elementen übrig. Doch noch niemand hat sie experimentell untersucht, geschweige denn in allen möglichen Varianten von Zusammensetzungen geprüft. „Man wäre eine Doktorarbeit lang damit beschäftigt, nur eine einzige Kombination zu testen“, sagt Schneider.

Kreatives Konzept

Da sich für die Bewältigung dieser immensen Aufgabe keine 1000 Doktoranden anstellen lassen, setzten Goll und Schneider auf ein kreatives Konzept: Sie haben das Hochdurchsatzverfahren entwickelt, dessen Ergebnis der Inhalt jenes kleinen Tiegels ist, den Dagmar Goll nun wie einen Schatz in der Hand hält. Dort werden alle Elemente einer zu testenden Kombination hineingebracht. Das Gefäß selbst besteht aus dem Hauptelement der beteiligten Stoffe, etwa aus Eisen. Zusammen mit den anderen zwei oder drei Ele-

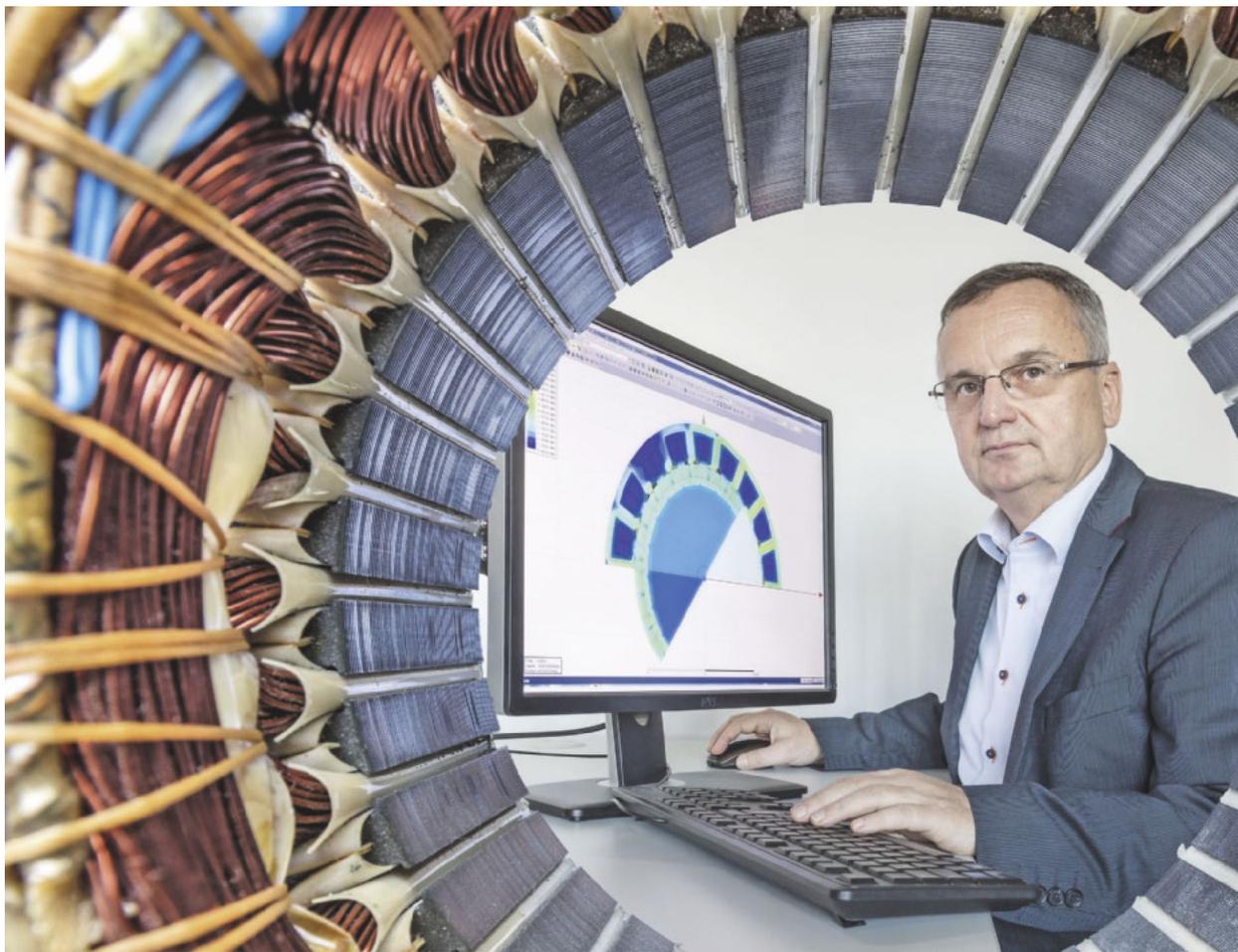
menten wird das Ganze erhitzt. „Den Rest regelt die Thermodynamik“, sagt Schneider lapidar, als sei es das einfachste Verfahren der Welt.

Tatsächlich reagieren die Elemente bei Wärmezufuhr im Tiegel miteinander und bilden neue Phasen. Ist die Temperatur hoch genug, schmelzen die Bestandteile im Reaktionsgefäß. Zwischen der Schmelze und dem noch festen Gefäß gibt es eine chemische Reaktion. Dabei diffundieren Atome an der Grenzfläche ins Material des Behälters ein – es entsteht ein Konzentrationsgradient, ein Diffusionspaar. „Idealerweise bekommt man dann in einem einzigen Tiegel alles an Legierungen abgebildet, was in diesem System möglich ist“, sagt Schneider – „zumindest alles, was die Kinetik erlaubt und was uns interessiert. Und das in wenigen Tagen!“

Danach lässt sich mit einem effizienten Analyseverfahren feststellen, ob sich unter den entstandenen Legierungen ein vielversprechendes Magnetmaterial verbirgt. Dabei nutzen die Forscher eine Besonderheit der Materialien, die durch den Magnetismus entsteht: Unter einem Mikroskop und in polarisiertem Licht zeigen sich an ihrer Oberfläche typische Muster, die an

Grafik: Dagmar Goll, Hochschule Aalen, Institut für Materialforschung (IMFAA)

Der Mann mit dem Durchblick bei Elektromotoren: Heinrich Steinhart leitet das Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik. Er hat mit seinem Team unter anderem einen Motor für elektrisch angetriebene Motocross-Bikes entwickelt. Nicht nur dafür sind leistungsstarke Magnete enorm wichtig.



Magnete für den Motor

Viele Elektromotoren sind sogenannte permanentmagneterregte Synchronmaschinen. Sie bestehen aus einem unbeweglichen Stator und einem beweglichen Rotor, in denen sowohl Dauer- als auch Weichmagnete verbaut sind. Dauermagnete produzieren, nachdem sie einmal magnetisiert worden sind, von sich aus ständig ein Magnetfeld. Sie befinden sich üblicherweise im Rotor. Weichmagnete verstärken das Magnetfeld von stromdurchflossenen Spulen, mit denen sie umwickelt sind. Erst dadurch entfalten sie ihre magnetischen Eigenschaften. Sie sind in der Regel im Stator enthalten.

Eine leistungsstarke Elektronik steuert die Pole der Weichmagnete so, dass sie von den Dauermagneten abgestoßen werden. Das führt zur Rotation des Antriebs. Solche permanenterrregten Synchronmaschinen zeichnen sich mit einem Wirkungsgrad bei der Energiewandlung von bis zu 95 Prozent durch eine deutlich höhere Effizienz aus als andere Antriebskonzepte: Nur rund fünf Prozent der hineingesteckten elektrischen

Energie gehen durch Umwandlung in Wärme verloren.

Je leistungsstärker die Magnete sind, desto leichter und kompakter lassen sich die Motoren bauen. Und umso größer ist die Reichweite eines damit ausgerüsteten Elektroautos. Besonders leistungsstark sind Seltenerd-Magnetmaterialien als Dauermagnete sowie Elektrobänder als Weichmagnete. Allerdings sind bis zu 1,5 Kilogramm an Seltenerd-Metallen und 40 bis 100 Kilogramm Elektrobänder-Material pro Antrieb erforderlich.

Die große Herausforderung bei Dauermagneten liegt in der Minimierung des Gehalts an Seltenerd-Metallen. Darüber hinaus bewegt man sich im Betrieb der Motoren am Limit der maximal möglichen Einsatztemperatur von etwa 200 Grad Celsius. Das Manko der Elektrobänder: Sie stoßen wegen der immer höher drehenden Maschinen an Grenzen. Bei diesen Magneten gilt es, die auftretenden Verluste zu minimieren. Zudem wird es technisch immer wichtiger, die Eigenschaften der Werkstoffe auf die Anforderungen der Maschine maßzuschneidern.

Zebrastrifen oder Rosettenfenster erinnern. Physiker nennen die bizarren Hell-Dunkel-Muster Domänenmuster. Sie sind der Fingerabdruck des Magnetmaterials.

Besonders aussichtsreiche Materialien zeigen Domänenmuster mit recht groben Streifen oder Rosetten sowie einem großen Hell-Dunkel-Kontrast. „Daraus lassen sich erste Rückschlüsse ziehen auf die Eigenschaften von Magneten, die daraus hergestellt werden, und auf die Merkmale damit gebauter Maschinen“, sagt Goll. „Je größer das Muster, desto widerstandsfähiger ist der Magnet gegenüber Störfeldern in der Maschine. Und je größer der Kontrast, umso stärker wirkt der Magnet“.

So fand die Aalener Forschergruppe vielversprechende Magnetwerkstoffe, auf die sie bereits sechs Patente besitzt. Die neuen Materialien sind preisgünstig, leis-



tungsstark und kommen mit einem geringen Anteil an Seltenerd-Metallen aus.

Doch der Tiegel, den Dagmar Goll in der Hand hält, ist noch nicht das Ende ihrer Detektivarbeit. Der Weg bis zu einem neuen Werkstoff ist weiter: Im nächsten Schritt muss das neue Material in größerer Menge synthetisiert werden. So lässt es sich umfassender auf seine physikalischen und chemischen Eigenschaften hin untersuchen. Daran schließt sich die Entwicklung einer geeigneten Prozesstechnik an, um aus dem Werkstoff „richtige“ Magnete zu fertigen. Das kann mehrere Jahre dauern. Erst danach kann die Produktion in großer Stückzahl beginnen. Allerdings: „Die Weichen dafür sind durch die gezielte Suche nach ‚magnetischem Gold‘ bereits gestellt“, freut sich Gerhard Schneider.

Aggregate fürs Elektro-Bike

Wofür sich das magnetische Gold künftig einsetzen lässt, kann man bei Prof. Heinrich Steinhart besichtigen, Professor für Leistungselektronik – und ein Mann der Praxis. Viele seiner Experimente zeigen vor allem eines: Leistungsstarke Magnete mit besonderen Eigenschaften werden dringender gebraucht denn je. Zuletzt entwickelte Steinhart den Motor für ein Motocross-Elektro-Bike. „Das war eine enorme Herausforderung“, sagt er: Die Sportler fahren viele Runden mit hohem

Tempo, wobei extreme Drehmomente und Sand den Motoren zu schaffen machen. Viele Magnete geben da auf, laufen heiß oder liefern nicht genügend Leistung.

Doch leistungsstarke Magnete finden nicht nur Anwendung im Antrieb für Elektrofahrzeuge, sondern – in miniaturisierter Form – auch in Robotern für digital vernetzte Produktionsanlagen, der Industrie 4.0. Doktorand Daniel Lebsanft tüftelt dazu am optimalen Antrieb für das Gelenk eines Roboterarms. Am Computer simuliert er Reibung, Kraft, Beweglichkeit, Energieströme, Magnetismus – und die entstehende Wärme. „Im Gelenk ist wenig Platz, trotzdem muss der Roboter stark sein und exakt arbeiten“, erklärt Lebsanft. Dann zeigt er einen seiner Motoren: „Versuchen Sie mal, die Welle zu drehen.“ Das gelingt nur mit viel Kraft. Der Grund liegt im Rastmoment – einer weiteren Krux auf dem Weg zur präzisen Technik. „Ein kräftiger Roboter kommt nicht ohne leistungsstarke und maßgeschneiderte Magnete aus“, sagt Teamleiter Heinrich Steinhart. Zum Glück sitzen die Experten dafür wenige Türen weiter. ●

Kontakt

Prof. Dr. Dagmar Goll:

Dagmar.Goll@hs-aalen.de

Prof. Dr. Heinrich Steinhart:

Heinrich.Steinhart@hs-aalen.de

Der Mythos lebt.

FRECH®

Wer sich für diese Maschine entscheidet, erwirbt ein Lebensgefühl. Sie macht aus jedem, der auf ihr sitzt, einen anderen Menschen – auch dank unserer Druckgussteile.

Auf Anlagen der FRECH Gruppe sind sie nicht nur kostengünstig und ressourcenschonend hergestellt, sondern auch von atemberaubender Schönheit.

Ein Versprechen, an dem wir uns täglich messen lassen. Sehen Sie selbst.

The World of Die Casting Technology

www.frech.com



Gerhard Schneider

ist seit 2008 Rektor der Hochschule Aalen. Schneider (*1958) promovierte am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart und arbeitete von 1988 bis 1989 an der Universität von Sao Paulo in Brasilien als Professor Visitante. 1989 setzte er seine Karriere in der Forschung bei der Robert Bosch GmbH fort. Von 1996 bis 2001 war der Metallkundler an der Hochschule Aalen Professor für Werkstoffkunde. Anschließend wechselte er wieder zurück zu Bosch. Dort war er von 2005 bis 2007 Executive Vice President der Robert Bosch Corporation im kalifornischen Palo Alto. Schneider ist Mitglied zahlreicher Gremien und Kommissionen mit den Schwerpunkten Forschung und Transfer.

„Einmalige Chance, das Profil der Hochschule weiterzuentwickeln“

Gerhard Schneider ist Rektor einer der erfolgreichsten Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Die Dynamik an der Hochschule Aalen skizziert dieses Interview

Das Gespräch führte Wolfgang Hess

Die Hochschule Aalen sieht sich als forschungsstarke Hochschule.

Woran machen Sie das fest, Herr Prof. Schneider?

Der erste Indikator ist das hohe Drittmittelvolumen. Die Forschung an unserer Hochschule für angewandte Wissenschaften wird nicht grundfinanziert. Daher müssen wir sogenannte Drittmittel aus Projektausreibungen von Bund und Ländern in Konkurrenz zu anderen Forschungseinrichtungen gewinnen. Dazu unterhalten wir ein gutes Netzwerk zu Firmen und öffentlichen Institutionen. Unsere Forschung orientiert sich häufig an Fragen, mit denen diese Partner auf uns zukommen. Daraus resultiert ein Großteil unseres jährlichen Forschungs-

fünf Millionen Euro bezuschusst. Übrigens: Viele Hochschullehrer, die sich bei uns bewerben, machen das inzwischen mit Bemerkungen wie „Aalen ist mir als forschungsstarke Hochschule bekannt, dort zu arbeiten interessiert mich sehr“.

Was unterscheidet die Forscher der Hochschule Aalen von Wissenschaftlern an Universitäten?

Unsere Forscher gehen häufig aktuelle technologische Herausforderungen mit eigenen Ideen an. In dieser Motivation unterscheiden sie sich kaum von Universitätsforschern. Da wir keine Grundfinanzierung der Forschung haben, können unsere Wissenschaftler aber nur forschen, wenn sie

sofort auch noch viel Zeit in die Forschung zu investieren. Doch jene, die Forschertalent verspüren, möchten wir unterstützen – durch gute Rahmenbedingungen, um auch forschen zu können. Das heißt etwa: Nachlass beim Deputat an Lehrverpflichtung. Niemand kann gleichzeitig 18 Semesterwochenstunden lehren und dann auch noch erfolgreich forschen. Zudem braucht es dazu gut ausgestattete Labore und gelegentlich auch eine Anschubfinanzierung, um etwas Neues ausprobieren zu können.

In Aalen gibt es rund 30 Bachelor- und ebenso viele Masterstudienangebote. Nach welchen Kriterien definieren Sie die Studiengänge?

Wenn sich die Wirtschaft rasant entwickelt, müssen wir mit unseren Studiengängen auch das erforderliche aktuelle Wissen anbieten können. In den letzten Jahren haben wir viele neue Bachelorstudiengänge eingerichtet – etwa den Maschinenbau-Studiengang Produktentwicklung und Simulation sowie den Elektrotechnik-Studiengang Internet der Dinge. Als Masterstudiengang bereiten wir gerade Datenanalyse und Künstliche Intelligenz vor.

Wie läuft der Transfer von Forschungsleistungen in die Wirtschaft?

Seit 2015 haben wir das Innovationszentrum INNO-Z, das wir schon vor etwa zehn Jahren geplant hatten. Die Idee ist, die Schnittstelle zwischen Wirtschaft und Hochschule zu professionalisieren und einen Transfermanager zu etablieren. Diese Person soll registrieren, was Unternehmen suchen. Sie

budgets von knapp zehn Millionen Euro. Ein zweiter Indikator unserer Forschungsstärke ist die hohe Zahl unserer wissenschaftlichen Publikationen. Wer sich die Entwicklung von Drittmittelforschung und Publikationszahlen anschaut, erkennt die Dynamik, mit der sich die Forschung an unserer Hochschule entwickelt. Im forschungsstarken Bundesland Baden-Württemberg stehen wir übrigens seit elf Jahren an erster Stelle der Hochschulen für angewandte Wissenschaften, wenn man Drittmittel und Publikationen pro Professor betrachtet.

Welche Merkmale gibt es noch?

Einmal ist das die exzellente Forschungsinfrastruktur. Neben dem modernen Gerätepark sind das zwei Forschungsgebäude, die wir im Wettbewerb mit anderen deutschen Hochschulen vom Wissenschaftsrat beziehungsweise vom Land Baden-Württemberg eingeworben haben – eine Investition von rund 26 Millionen Euro. Baubeginn war im Sommer 2017. Ein weiterer Indikator ist die Förderung unseres Konzepts „SmartPro“ durch das Bundesforschungsministerium. Nur 10 von 81 Fachhochschulen, die an der bundesweiten Ausschreibung „FH-Impuls“ teilnahmen, wurden ausgewählt und werden nun mindestens vier Jahre lang mit je rund

Gutachter und Partner aus Firmen von ihrer Arbeit überzeugen. Deshalb ist der Kontakt zu Unternehmen – insbesondere aus der Region – fundamental wichtig.

Hochschulprofessoren sollen vor allem lehren. Wie reagieren Ihre Kolleginnen und Kollegen auf zusätzliche Forschungsaufgaben?

Unsere Professorinnen und Professoren machen einen super Job in der Lehre. Das wertschätze ich sehr. Wir wollen nicht jeden dieser guten Lehrenden mit ihrer extrem hohen Lehrbelastung dazu überreden, ab

Seit elf Jahren an der Spitze in Baden-Württemberg



So wird das neue Forschungsgebäude aussehen, an dem seit Sommer 2017 auf dem Aalener Hochschulcampus gebaut wird.

Broghammer, Jana, Wohleber/Harter + Kanzler

bringt dann die richtigen Leute aus Wirtschaft und Hochschule zusammen. Eine Dienstleistung für unsere Hochschulprofessoren muss es sein, dass sie sich nicht um Organisatorisches zu kümmern brauchen. Das leistet der Transfermanager. Unsere Wissenschaftler sollen sich darauf konzentrieren können, ihre fachliche Expertise einzubringen und so im konkreten Fall zur Lösung beizutragen.



Forschung ist erfolgreich und öffentlich sichtbar. Abgerundet wird unsere strategische Ausrichtung durch das Innovations- und Transferzentrum INNO-Z, das unsere Wirkung hinein in Wirtschaft und Gesellschaft verstärkt. Die Qualität von Lehre und Forschung ist dabei für uns von immenser Bedeutung.

Die Öffentlichkeit nimmt Universitäten anders wahr als Hochschulen der angewandten Wissenschaften. Manche sprechen sogar von einer Zweiklassengesellschaft ...

... was mich ärgert. Natürlich haben wir unterschiedliche Profile. Doch wir plädieren für eine leistungsorientierte Förderung beider Hochschultypen. Wenn jemand bei uns eine hervorragende Forschungsidee hat, sollte er/sie gefördert und nicht aus Statusgründen behindert werden. Das Klannendenken unterdrückt Innovationspotenziale. Ich höre immer wieder im Zusammenhang mit Forschungsprojekten, im betreffenden Fall handle es sich bloß um eine Fachhochschule – um keine richtige Uni! Dabei stehen Hochschulen für angewandte Wissenschaften gerade dafür, dass ihre Forschungsergebnisse direkt in die Praxis einfließen.

Sagen Sie uns doch bitte, warum Studierwillige gerade an die Hochschule Aalen kommen sollen.

Aalen liegt im Zentrum des prosperierenden Süddeutschlands – zwischen München und Stuttgart. Unsere Region gehört zu den innovativsten in ganz Deutschland – mit Weltunternehmen wie Zeiss, Bosch, BMW. Ein weiterer Aspekt ist, dass wir auf unseren Fokusthemen Technik und Wirtschaft in Lehre und Forschung nachweislich auf anspruchsvollem Niveau arbeiten.

Wie hoch ist der Frauenanteil an der Hochschule Aalen?

Es ist unbefriedigend, dass wir wenige Frauen in hochattraktive, mit großen Perspektiven versehene technische Felder locken können. Bei den Fächern Gesundheitsmanagement und Betriebswirtschaftslehre sieht es deutlich besser aus.

Was kennzeichnet die Studierenden?

Wir verstehen uns als regionaler Player bei Maschinenbau, Elektrotechnik, Mechatronik, Informatik, Wirtschaftswissenschaften und Chemie. Bei uns studieren vor allem Leute, die in der Region verwurzelt sind. Die regionale Industrie setzt auf sie und hofft, dass sie nach ihrem Studium hier auch arbeiten. Neben diesem regionalen Aspekt sind wir in einigen Bereichen auch bundesweit höchst attraktiv – etwa bei Augenoptik, Oberflächentechnik und Materialographie. Studierende dieser Fächer haben oft eine abgeschlossene Lehre. Sie kommen nach Aalen, weil sie speziell unsere Studieninhalte suchen.

Wie sind die Gehaltsaussichten?

Unsere Absolventen studieren Themen, die im Beschäftigungssystem stark nachgefragt werden, und finden in der Regel gleich nach ihrem Abschluss einen gut bezahlten Arbeitsplatz. Die Gehälter liegen im oberen Bereich und unterscheiden sich nach mir bekannten Untersuchungen nicht von den Einkommen vergleichbarer Universitätsabsolventen.

Wie sieht Ihre Strategie aus?

Als wichtiger regionaler Player bespielen wir die Themenfelder Bildung und Innovation vom Kindesalter bis zum Transfer unserer Forschungsergebnisse in die Wirtschaft. Im explorhino, der Werkstatt für junge Forscher, werden Jungen und Mädchen spielerisch angesprochen, um sie für Technik- und Naturwissenschaften zu begeistern. In unserer Hochschulausbildung werden solide Grundlagen mit langer Halbwertszeit vermittelt, auf die unsere Bachelor- und Masterabschlüsse aufsetzen. In unseren Forschungsfeldern haben wir eine hervorragende Infrastruktur, die anwendungsbezogene

Wie steht es bei kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU) um die Kooperation mit Hochschulen?

Wenn es um strategisch wichtige, langfristige Fragen geht, lohnt es sich, daraus Forschungsprojekte zu definieren. Das kann ein, zwei Jahre dauern. KMUs ist das oft zu zeitaufwendig. Sie verlieren dann das Interesse an einer weitergehenden Kommunikation. Deshalb wollen wir den Transfermanager etablieren, der den Brückenschlag zwischen einem rasch agierenden KMU und unseren akademischen Strukturen leistet. Eine wichtige Rolle bei der Interaktion mit Unternehmen spielt auch unser „SmartPro“-Projekt.

Was erhofft sich die Hochschule Aalen von dem Projekt SmartPro?

Mit dem Siegerbeitrag SmartPro beim Wettbewerb „FH-Impuls“ des Bundesforschungsministeriums wollen wir wichtige Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung der regionalen Innovationskraft leisten. SmartPro steht für smarte Materialien und intelligente Produktionstechnologien für energieeffiziente Produkte der Zukunft. Da geht es etwa darum, Materialforschung und Fertigungstechnologien zukunftsorientiert zusammenzubringen. Zudem ist SmartPro eine einmalige Chance, das Hochschulprofil gemeinsam mit der Wirtschaft weiterzuentwickeln. Mit SmartPro wollen wir Strukturen optimieren, an Qualität weiter zulegen und den Forschungstransfer befördern. Daran beteiligen sich 14 unserer aktivsten Professorinnen und Professoren sowie über 30 Firmen diverser Branchen. Es geht um Elektromobilität, Industrie 4.0, Batterietechnik, Leichtbau, autonome Systeme. ●

Kontakt

Monika Theiss (Kommunikation Hochschule Aalen): Monika.Theiss@hs-aalen.de

Jungforscher Dominic Hohs

Studieren am Experimentiertisch

Dominic Hohs ist einer von über 50 Studierenden zum Forschungsmaster. Er schätzt die Kombination aus Wissenschaft und Praxisbezug

Magnete ziehen Dominic Hohs magisch an. Jene, die er untersucht, finden in den Spulen von Elektromotoren Verwendung. Damit solche Motoren noch besser werden, muss das Verhalten der Magnete möglichst gut verstanden werden. Hohs geht der Frage nach, wie die Struktur des magnetischen Materials die späteren Eigenschaften des Elektromotors beeinflusst. Der 27-Jährige macht am Institut für Materialforschung (IMFAA) in Aalen seinen Forschungsmaster im Studiengang Advanced Materials and Manufacturing.

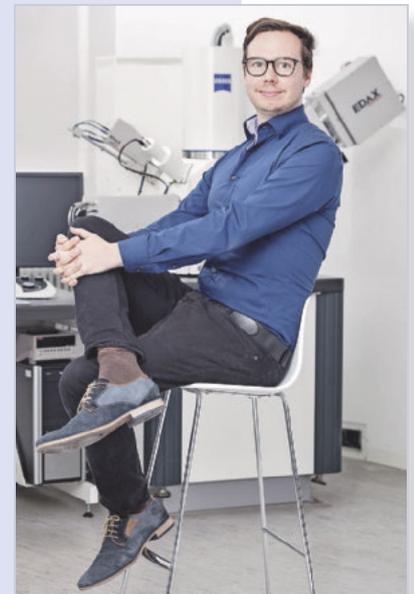
Den Studiengang gibt es seit 2013. Er unterscheidet sich von einem klassischen Masterstudium durch den Fokus auf angewandte Forschung. Zwar gibt es wie in jedem Studium Vorlesungen, doch ein Großteil der Zeit ist für die experimentelle Arbeit im Labor reserviert. „In dem interdisziplinären Studiengang spielen Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften eine wichtige Rolle, aber alles ist sehr praktisch ausgerichtet“, sagt Hohs. „Meine Forschungstätigkeit ver-

teilt sich zur Hälfte aufs Labor, wo ich Proben synthetisiere und charakterisiere, und zur Hälfte auf Datenauswertung am Schreibtisch.“ Der Student schätzt vor allem, dass er selbstständig ein Projekt bearbeiten kann: „Ich lerne nicht nur für Prüfungen, sondern indem ich forsche.“ Erste eigene Forschungsergebnisse stellte Hohs bereits auf Fachtagungen vor.

Der gebürtige Solinger hat ideale Voraussetzungen für den Master mitgebracht. Nach der Schule absolvierte er eine Ausbildung zum Technischen Assistenten für Metallographie. Danach arbeitete er zwei Jahre an der Fachhochschule Köln. „Mein Ziel waren die Auswahl und Optimierung eines geeigneten Werkstoffs für die Fertigung einer innovativen Feder“, sagt Dominic Hohs.

2012 schrieb er sich in Aalen für das siebensemestrige Bachelorstudium Neue Materialien und Materialographie ein. Dank seines Vorwissens arbeitete Hohs parallel als wissenschaftliche Hilfskraft am IMFAA, präparierte Proben, machte Auswertungen. Dabei lernte er durch andere Studierende den Forschungsmaster kennen. So kam es, wie es kommen musste: Hohs schrieb seine Bachelorarbeit auf dem Gebiet, auf dem er als Hilfskraft gearbeitet hatte, und setzte dort auch seinen Master fort.

Nebenbei gründete Hohs die jung-DGM Ortsgruppe Aalen in der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde. „Die regelmäßigen Treffen haben Teilnehmer aus diversen Studiengängen, vom Studienanfänger bis zum Doktoranden“, sagt er. Im Vordergrund steht der Wissenstransfer, etwa auf Exkursionen oder beim Vorstellen von Themen für Abschlussarbeiten. Ausbildung, Bachelor, Master – Hohs hat noch nicht genug vom Forschen: Er wird auch am IMFAA promovieren. Die Magnete lassen ihn nicht los. **MV ●**



Rarität im Studienangebot

Ein Forschungsmaster (Master by Research) wird nur an wenigen deutschen Hochschulen angeboten. Die Studierenden sind eng in die Arbeitsgruppen der forschungsstarken Professoren eingebunden und werden intensiv im sorgfältigen wissenschaftlichen Arbeiten geschult. „Sie lernen, die richtigen Fragen zu stellen, Vorgehensweisen zu deren Lösung zu entwickeln und umzusetzen. Und, ganz wichtig: die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen und zu diskutieren, um sie damit zu Erkenntnissen zu machen“, erklärt der Aalener Studiendekan Prof. Volker Knoblauch. „Die Messlatte legen wir dabei sehr hoch, und wir erwarten von unseren Studierenden, dass sie mit Ende des Studiums eine wissenschaftliche Publikation zu ihrem Thema verfassen.“ Die Resonanz der Industrie ist groß und die Absolventen können sich meist ihren Traumjob aussuchen – falls sie nicht Blut geleckt haben und als Doktoranden der Forschung an der Hochschule bleiben.

Infos zum Studiengang: www.hs-aalen.de/AMM

Der schnelle Weg zur perfekten Optik

Linsen nach Wunsch

Immer mehr Unternehmen setzen auf 3D-Druck. Forscher in Aalen schaffen die Grundlagen, um damit auch komplex geformte optische Bauteile fertigen zu können

von Michael Vogel

Es gab mal eine Zeit, da steckten höchstens in Kinderspielzeug oder billiger Importware Kunststofflinsen. Leistungsfähige Optiken waren dagegen aus Glas. Das ist lange vorbei. Heute gibt es viele komplexe Geräte, die in irgendeiner Form Licht bündeln oder leiten müssen und hierfür Optiken aus transparenten Kunststoffen nutzen.

Brillengläser und Kontaktlinsen sind dafür bekannte Beispiele, doch auch in der Kamera eines Smartphones und bei Bewegungsmeldern geht nichts mehr ohne Kunststoff. Der große Vorteil gegenüber Glas: Kunststoffoptiken lassen sich günstiger herstellen und ihre Oberflächenform kann komplexer gestaltet werden. Außerdem ist Kunststoff leichter als Glas. An-

ders als eine Glaslinse muss man eine Kunststofflinse auch nicht schleifen, sondern kann sie spritzgießen.

Auch hier bleibt die Entwicklung nicht stehen. Wenn Prof. Andreas Heinrich von der Hochschule Aalen über Kunststoffoptiken nachdenkt, hat er vor allem die Beseitigung ihrer Schwächen im Sinn: „Fertigt man etwa eine Linsenkombina-



Glanzeistung aus dem Drucker: Rainer Börret leitet an der Hochschule Aalen den Bereich Optische Fertigungstechnik. Der 3D-Druck bietet ganz neue Möglichkeiten. So lassen sich damit optische Elemente mit einer außergewöhnlichen Form oder feinen inneren Strukturen herstellen.

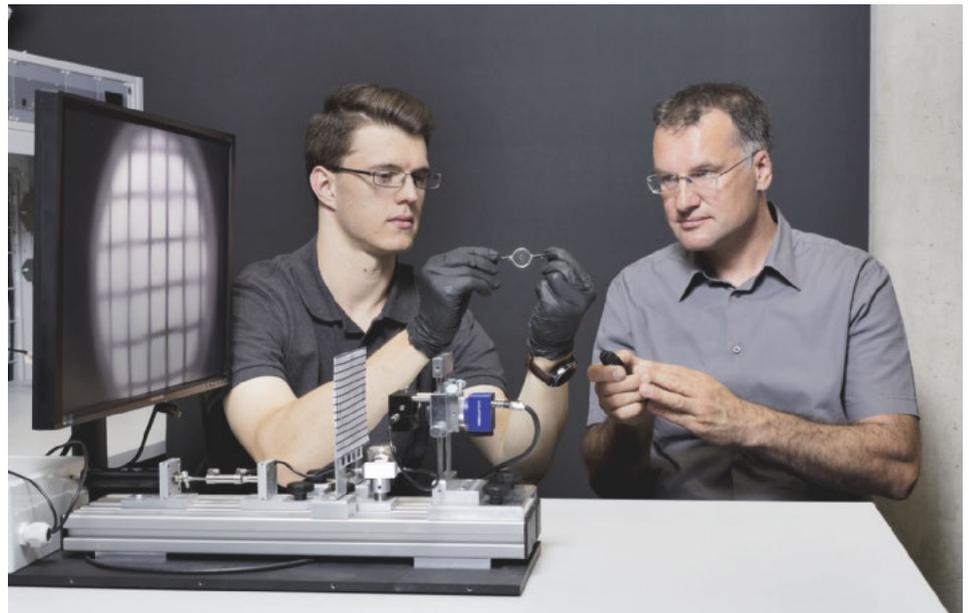
Optik auf dem Teststand: Sebastian Hägele und Andreas Heinrich (rechts) prüfen Abbildungseigenschaften und Lichtstreuung einer dreidimensional gedruckten Flüssiglense.

tion im Spritzguss, so entwickelt man die Optik und ihre mechanische Halterung immer separat. Das kostet Zeit und Bauroum. Zudem lassen sich in so gefertigten Linsen keine Strukturen ins Innere einbringen.“ Der 3D-Druck hebt solche Beschränkungen für die Optik auf. Das Potenzial ist bekannt, auch wenn es bislang nicht viele gibt, die daran forschen. Heinrichs Arbeitsgruppe und das Team seines Kollegen Prof. Rainer Börret gehören zu diesen wenigen.

Fäden oder Flüssigkeit

Die Kunststoffe liegen für den Druck entweder als dünne Fäden vor, die aufgeschmolzen und schichtweise aufgetragen werden, oder als flüssiges Ausgangsprodukt, das Schicht für Schicht mit UV-Licht oder einem Laser gehärtet wird. So ist in Heinrichs 3D-Druckern ein transparenter Würfel mit einer Kugel als eingelagertem Streuzentrum entstanden. „Von unten projizieren wir mit einem winzigen Beamer über eine Vorsatzoptik ein Video des rotierenden Erdballs in diese Kugel, sodass es aussieht, als ob die Kugel selbst rotiert“, erklärt der Forscher. Die flächenhafte Bildinformation des Videos wird also auf einem Körper umgesetzt. Würfel, Vorsatzoptik und Halterung sind per 3D-Druck in einem Rutsch entstanden.

Mehr Anwendungsbezug hat eine komplexe 3D-Optik, die als Ausgang eines Lichtleiters dient. Mit ihr lässt sich während der Fertigung die Qualität eines Pumpenbauteils prüfen. „Das Bauteil sieht aus wie ein Turm mit einer Wendeltreppe an seiner Innenwand. Die Form dieser Wendeltreppe möchten wir vermessen“, sagt Heinrich. „Die Steigung der Wendel kann von Bauteil zu Bauteil variieren. Das heißt: Die bei der Qualitätskontrolle zu vermessende Fläche hat überall eine andere Neigung und Krümmung.“ Mit klassischer Messtechnik ist das schwierig zu prüfen – und nicht billig. „Per 3D-Druck dagegen können wir eine preisgünstige Optik fertigen, die dem komplexen Verlauf der Wendel nachempfunden



ist“, sagt Heinrich. Die erforderliche Optik erinnert an die Wendel und lässt sich mit konventionellen Verfahren nicht fertigen. Der 3D-Druck bringt den Durchbruch.

Einen weiteren Ansatz verfolgen der Physiker und sein Team mit Flüssiglinsen: zwei dünne Membranen, die ein zylinderförmiges Volumen begrenzen. Pumpt man ein optisches Öl in den Hohlraum, lassen sich die Membranen wölben, sodass eine Linse entsteht. Über den Öldruck ist die Brennweite veränderbar. „Per 3D-Druck können wir mechanische Strukturen einbringen, die mit den Membranen verbunden sind – etwa Ringe oder einen dreizackigen Stern – und so der Linse mehrere Brennweiten aufprägen“, sagt Heinrich.

Linsen mit Ring und Stern

Durch einen Ring im Inneren entstehen zwei ringförmige Linsenbereiche, die verschiedene Brennweiten haben. Der dreizackige Stern erzeugt drei „Tortenstücke“ unterschiedlicher Brennweite. „Interessant sind gedruckte Flüssiglinsen für die Messtechnik oder die optische Inspektion zur Qualitätssicherung, zum Beispiel in der Massenfertigung“, sagt Heinrich.

Allerdings: Kommt eine Optik aus dem 3D-Drucker, ist sie nicht so schön durchsichtig, wie man sich das wünscht. Vielmehr müssen die optisch wirksamen Flächen wie bei einer Glaslinse zunächst poliert werden. Hier kommt Rainer Börrets Team ins Spiel, das Verfahren entwickelt, um mit Industrierobotern komplexe Kunststoffoberflächen zu polieren. „Heute geschieht das meist noch von Hand“, berichtet Börret. „Das ist wirtschaftlich

nicht sehr attraktiv und geeignetes Personal ist schwer zu finden.“

Doch Börrets Team setzt bei der Automatisierung nicht erst beim Polieren an: „Wir untersuchen, ob sich mit einem modernen Industrieroboter, der sich in alle Richtungen bewegen kann, der Druckprozess optimieren lässt.“ Der Druckkopf wäre damit beliebig kippbar, zusätzlich ließe sich die Fläche, auf der die Optik schichtweise entstünde, in den drei Raumachsen bewegen.

Verdeutlichen lässt sich das an einem schichtweise gefertigten, gebogenen Lichtleiter: An jedem Schichtübergang gibt es unvermeidliche Inhomogenitäten: Unterschiede in den Materialeigenschaften, an denen das Licht gestreut wird. Das ist unerwünscht. Könnte man, so der Gedanke der Aalener Forscher, die zu druckenden Schichten möglichst häufig parallel zum Lichtweg legen, gäbe es weniger Streuung.

„Mit einem beliebig schwenkbaren Druckkopf und einem passenden Bahnverlauf beim Drucken ist das möglich, wie wir bereits belegen konnten“, verrät Börret. „Unser Ziel ist aber, eine Oberflächengenauigkeit von einem Mikrometer zu erzielen, sodass wir mit der Genauigkeit im Spritzguss konkurrieren können.“ Rainer Börret und sein Team sind auf dem Weg dorthin. ●

Kontakt

Prof. Dr. Rainer Börret:
Rainer.Boerret@hs-aalen.de
Prof. Dr. Andreas Heinrich:
Andreas.Heinrich@hs-aalen.de
Infos: www.hs-aalen.de/zot

Die gesamte Prozesskette im Visier

Zahnrad mit Köpfchen

Mit dem 3D-Druck von metallischen Bauteilen lassen sich ganz neue Funktionen für smarte Produkte schaffen

von Michael Vogel

Zahnräder gehören bei vielen Antrieben zu den Bauteilen, ohne die nichts läuft. Insofern sind Zahnräder etwas ziemlich Alltägliches. Jenes, das vor Prof. Markus Merkel auf dem Tisch liegt, hebt sich von dieser Masse der Zahnräder jedoch ab: In ihm sind Hohlräume. „Wir schaffen sozusagen mit den Löchern zusätzlichen Nutzen“, spitzt Merkel zu. Der Ingenieur und Professor an der Hochschule Aalen druckt mit seiner Arbeitsgruppe solche Zahnräder aus Metallpulvern. Ein Laser schmilzt in einer Pulverschicht ausgewählte Bereiche auf, die sich mit den bereits geschmolzenen Bereichen der darunter liegenden Schicht verbinden. So entsteht Schicht für Schicht ein Produkt mit dreidimensionaler Form, eben das Zahnrad.

Das Ende der Verschwendung

Ein Vorteil dieses „additiven“ Fertigungsverfahrens ist der sparsame Umgang mit Ressourcen. Während etwa beim Fräsen eines Zahnrads aus einem massiven Metallblock das herausgefräste Material zu Abfall wird, kommt beim 3D-Druck von Anfang an nur so viel Material zum Einsatz, wie für das Produkt gebraucht wird. Zu den Anwendungen des Verfahrens, die Merkel und sein Team bei ihrer Forschung im Hinterkopf haben, gehören Elektroantriebe und Getriebe, die starken Tempoänderungen ausgesetzt sind. Mit dem 3D-Druck lassen sich in einem einzi-

gen Prozessschritt Hohlräume im Bauteil erzeugen. „Das ist mit etablierten Fertigungsverfahren unmöglich“, sagt Merkel.

Mit den Hohlräumen ist das Zahnrad leichter und hat kleinere Massenträgheitsmomente, wodurch zum Beschleunigen und Abbremsen weniger Energie nötig ist. Zusätzlich lässt sich durch diese Hohlräume ein Kühlmittel leiten, sodass eine externe Kühlung überflüssig wird. Das reduziert den Platzbedarf.

„In die Hohlräume lassen sich aber auch Sensoren oder Aktoren integrieren“, spinnt Markus Merkel den Gedanken weiter. „Dann könnte das Zahnrad mit den übergeordneten Baugruppen kommunizieren und zum Beispiel in Echtzeit einen problematischen Anstieg der Temperatur melden – damit das Gesamtsystem reagieren kann, bevor das Zahnrad oder das Getriebe Schaden nimmt.“

Additive Fertigungsverfahren sind an vielen Forschungseinrichtungen und auch in Unternehmen ein heißes Thema. Das Interessante an der Aalener Herangehensweise erläutert Merkel wie folgt: „Wir befassen uns an der Hochschule mit dem kompletten Zyklus des Verfahrens – vom Ausgangsmaterial, über die Drucktechnik bis hin zur Oberflächennachbearbeitung der Bauteile.“ Dahinter steht ein allgemeiner Anspruch: „Wer bei uns studiert und forscht, soll komplexe Prozesse verstehen und vernetzt denken können“, betont Merkel. Die Konstruktion des Bauteils er-



Blick in die Black Box: Durch eine Glasscheibe kann Markus Merkel den Druckprozess verfolgen. In dem 3D-Drucker schmilzt Laserlicht ein metallisches Pulver auf. So lassen sich Schicht für Schicht komplex geformte Produkte aus Metall herstellen.

folgt computergestützt und digital, die Analyse seiner mechanischen Eigenschaften ebenfalls. Der eigentliche 3D-Druck beruht ausschließlich auf digitalen Daten.

Werkzeuge oder Formen sind dabei nicht nötig. Selbst die Qualitätsanalyse des entstandenen Bauteils liefert umfassende digitale 3D-Daten, die dann in die Verbesserung von Material und Technologie einfließen können. „Wir sind mit unserer Herangehensweise voll Industrie 4.0-tauglich und zukunftsfähig in der Forschung aufgestellt“, unterstreicht Merkel.

Allerdings: Die Oberfläche eines Zahnrads fühlt sich nach dem Drucken viel rauer an, als wenn es gefräst worden wäre. Hier kommt Simon Ruck ins Spiel, wissen-



schaftlicher Mitarbeiter und Doktorand im Team von Prof. Harald Riegel. Ruck forscht mit seinen Kollegen an Laserverfahren, mit denen sich eine raue Oberfläche glätten lässt. „Bei dieser Art von Nachbearbeitung müssen wir sehr sorgfältig vorgehen, sonst wird das gedruckte Bauteil unbrauchbar“, erklärt er.

Feinputz mit Laserpulsen

Nach dem 3D-Druck befinden sich auf der Oberfläche des Zahnrads nämlich noch zahlreiche Restpulverpartikel, die dort während der Fertigung haften geblieben sind. Um sie loszuwerden, wird die Oberfläche mit Laserpulsen erwärmt, die kürzer sind als eine Mikrosekunde. „Durch Sprengen wir die unerwünschten Partikel und Oxidschichten weg“, sagt Simon Ruck. „Würden wir mehr Energie zuführen, geschähe dies allerdings so heftig, dass die Partikel winzige Krater in die Oberfläche rissen. Das ist natürlich nicht gewollt.“

Nach dem Reinigen folgt das Laserpolieren, mit dem die Forscher die Oberflächenrauigkeit auf ein Vierzigstel reduzieren: auf einen „arithmetischen Mittelrauwert“ von unter 0,2 Mikrometern. Das Laserpolieren, bei dem eine hauchdünne Randschicht der Oberfläche nochmals aufgeschmolzen wird, setzt genauso wie der 3D-Druck ein hochreines Material voraus, weshalb konventionell gefertigte Metallbauteile oft Probleme bereiten.

Die Oberflächennachbearbeitung von 3D-Konturen geht in der Industrie bisher nur per Hand. „Um es maschinell zu machen, müssen wir zum Laserpolieren einen Roboter einsetzen, der die Kontur ausreichend genau verfolgen kann, sich also nicht bloß in den drei Raumachsen bewegt“, erklärt Ruck. An einer weiteren Verbesserung dieser Methode werden die Forscher aus Aalen im Rahmen des SmartPro-Projekts auch künftig arbeiten.

Das Ausgangsmaterial für den Druck des Zahnrads ist eine Aluminiumlegierung,

die als Pulver kommerziell erhältlich ist. Doch das muss an den Prozess des verwendeten 3D-Druckers angepasst werden, damit die Qualität stimmt. Diese Aufgabe übernimmt der Materialwissenschaftler und Doktorand Tim Schubert am Institut für Materialforschung (IMFAA) gemeinsam mit Dr. Timo Bernthaler und Rektor Prof. Gerhard Schneider. „Dass der Druck zunächst keine befriedigenden Resultate lieferte, hatte banale Gründe – etwa variierende Restfeuchten in unterschiedlichen Chargen des Pulvers“, erklärt Schubert. Mit verschiedenen Geräten analysieren er und seine Kollegen daher die Eigenschaften der Pulver und Druckerzeugnisse, um sie mit den jeweils gewählten Prozessparametern für den 3D-Druck in Einklang zu bringen. So lassen sich die idealen Einstellungen für das Drucken finden – durch Teamwork in der Forschung. ●



Tim Schubert vom Aalener Institut für Materialforschung entwickelt passgenaue pulverförmige Metalle für die Verwendung beim 3D-Druck.

Kontakt

Prof. Dr. Markus Merkel:
Markus.Merkel@hs-aalen.de
Prof. Dr. Harald Riegel:
Harald.Riegel@hs-aalen.de

Infos:

www.hs-aalen.de/zvp
www.hs-aalen.de/laz

Werkstoffanalysen als Dreh- und Angelpunkt

Das Team mit Tiefblick

Ohne Datenkorrelation, Automatisierung und neuronale Netze geht nichts beim Entwickeln von Zukunftstechnik. Forscher in Aalen beherrschen diese Klaviatur

von Michael Vogel

Viele Menschen werden künftig mit Elektroautos fahren, deren Energie aus einem Akku kommt. Ideal wäre da eine Karosserie aus leichten Bauteilen, die dennoch stabil und sicher ist. Das lässt sich aus Sicht eines Materialforschers nur umsetzen, wenn die Eigenschaften der Werkstoffe, etwa die Beschaffenheit der Elektrode im Akku, auf mikroskopischer Skala bekannt und beeinflussbar sind.

„Um das wissenschaftlich angehen zu können, müssen wir früh analytisch in die Materialentwicklung eingebunden sein“, sagt Dr. Timo Bernthaler vom Institut für Materialforschung (IMFAA) der Hochschule Aalen. Denn nur wer weiß, welche mikrostrukturellen Eigenschaften in dem Bauteil dessen Funktion bestimmen, kann nachvollziehen, warum es sich im Großen wie gewünscht verhält – oder eben nicht.

Am IMFAA stehen viele moderne Geräte: Licht-, Röntgen- und Elektronenmikroskope sowie Computertomografen. Damit ermitteln die Forscher die Struktur von Werkstoffen: Woraus besteht das Material? Wie körnig ist es? Gibt es Fehler oder Fertigungseinflüsse? Spannend ist das Zusammenspiel der Verfahren, denn jedes trägt zum Bild bei: Im Computertomograf wird der Werkstoff zerstörungsfrei mit Röntgenlicht durchleuchtet und dreidimensional dargestellt. Mikroskope nutzen Licht oder Elektronen, um Infos bis zur atomaren Dimension zu liefern.

Der 3D-Druck mit Hartmetallen ist ein Beispiel für die wachsende Bedeutung



Die Forscher im Team von Timo Bernthaler können auf eine einzigartige Kombination von Messgeräten, experimentellen Verfahren und fachlichen Kompetenzen aufbauen.

der Analytik in der Materialforschung. Ein Hartmetall besteht aus einer Metallmatrix als Trägerstruktur. Darin sind sogenannte Hartstoffe als kleine Partikel eingelagert. Das sorgt gegenüber konventionellem Stahl für eine höhere Härte und Steifigkeit. Für die Herstellung eines Werkstücks bedeutet es: Ein Bohrer oder Fräswerkzeug aus Hartmetall kann mit höherer Geschwindigkeit arbeiten. Und Zeit ist in der Fertigung bekanntlich Geld.

Weniger Fehler bei Hartmetallen

Bauteile aus herkömmlichen Metall- oder Legierungspulvern lassen sich in hoher Qualität im 3D-Druck herstellen – doch bei Hartmetallen klappt das noch nicht: Die Pulverpartikel reagieren empfindlich auf das starke Erhitzen durch den Laser, der zum Drucken dient. IMFAA-Wissenschaftler Tim Schubert hat daher ein neues

Verfahren zur Vorbereitung des Pulvers entwickelt. „Wir gewinnen die Partikel aus einer Suspension“, verrät er. Dadurch lassen sich Qualität und Zusammensetzung besser kontrollieren. Die Folge sind weniger Fehler beim Druckprozess.

Die Entwicklung verlief im Wechsel zwischen Probenherstellung und Analytik. „Wir haben die Proben mechanisch und mikroskopisch untersucht und dann auf Basis der Ergebnisse den materialseitigen Prozess variiert“, berichtet Schubert. Inzwischen sind die Aalener auf einem guten Weg. Qualitativ hochwertige 3D-Druck-erzeugnisse aus Hartmetall sind absehbar.

Doch die Materialanalytik bleibt nicht stehen, erläutert Timo Bernthaler: „Es gibt eine rasante Entwicklung, an der wir maßgeblich beteiligt sind.“ Es geht um drei Bereiche, in denen die Aalener forschen: korrelative, automatisierte und sensorische Mikroskopie. Verdeutlichen lässt sich das am Beispiel von Elektroden in Batterien für Elektroautos. So eine Elektrode hat mikroskopisch betrachtet keine homogene Struktur: Sie enthält verschiedene, auch





Das Elektronenmikroskop ermöglicht Andreas Kopp detaillierte Einsichten in das Werkstoffgefüge, zum Beispiel an der Oberfläche von Elektroden oder Graphitteilchen.

fremde Partikel. „Die können wir zwar tomografisch sehen – aber wir sehen nur grob, wie groß sie sind“, sagt Bernthaler.

Mit dem Lichtmikroskop ließe sich die Elektrodenstruktur präziser betrachten. Doch um einen Fremdpartikel zu treffen, müsste die Elektrode dort, wo er sitzt, fürs Mikroskop geschliffen und poliert werden. „Die Stelle exakt zu treffen, ist auf-



Das Wissen über die Materialstruktur führt zu Fortschritten beim 3D-Druck von Metallen.

wendig und meist nicht automatisierbar“, sagt Bernthaler. Gezielter geht es per Elektronenmikroskop: 3D-Daten des Tomografen dienen als „Landkarte“, um die Position des Partikels zu finden. Mit einem Ionenstrahl graben die Forscher bis dorthin und analysieren mit Elektronenmikroskop und gekoppelter Analytik seine chemische Beschaffenheit. Erst die Korrelation liefert die gewünschte Information.

An Elektroden lässt sich auch zeigen, worum es bei der automatisierten Mikroskopie geht. „Wir sind heute in der Lage, gestapelte Elektroden, wie sie in Akkus von Elektroautos verwendet werden, lichtmikroskopisch abzubilden, um Unregelmäßigkeiten zu erkennen“, sagt Bernthaler. Die Elektroden können 50 Quadratzentimeter groß sein: „eine Riesensfläche unterm Mikroskop.“ Weil das immer nur winzige Ausschnitte erfasst, wäre ein Mensch damit überfordert, jeden Ausschnitt zu prüfen. „Da kommen rasch 100 000 Einzelbilder zusammen.“ Der Ausweg liegt im maschinellen Lernen: Mit selbst entwickelten Algorithmen erkennt das Team Ab-

weichungen in den Elektroden und wertet sie aus – die Analyse läuft automatisch.

„Nutzt man umfassende Bilddaten, um computergestützt ein künstliches neuronales Netz zu trainieren, gelangt man zur sensorischen Mikroskopie“, sagt Bernthaler: „Wir können dann Strukturdaten aus den Bildern auf Basis von Künstlicher Intelligenz und Modellen mit realen Eigenschaften verknüpfen.“ Langfristig, so die Vision des Forschers, ließen sich so auch Alterung oder Speicherkapazität vorher-sagen. „Die gebündelte Kompetenz in drei Bereichen gibt es in Deutschland nur selten“, sagt Bernthaler: „vor allem nicht in Verbindung mit dem Know-how in Werkstoff- und Prozesstechnik, das wir in Aalen auch haben.“ Das ebne neuen Techniken den Weg in die Industrie und mache das IMFAA zum attraktiven Forschungspartner weit über Ostwürttemberg hinaus. ●

Kontakt

Dr. Timo Bernthaler:
Timo.Bernthaler@hs-aalen.de
Infos: www.hs-aalen.de/imfaa

Leichtbau ist eine Schlüsseltechnologie

Gas im Guss

Forscher in Aalen beschreiten verschiedene Wege, um Bauteile für Autos, Flugzeuge oder Maschinen leichter und damit klimaverträglicher zu machen. Ein Rundgang durch die Labore

von Bernd Eberhart

Geringeres Gewicht bei gleicher oder besserer Performance: Der Leichtbau ist eines dieser Prinzipien, die in ihrer schlichten Genialität viele Branchen der Industrie beschäftigen. Die Anreize für eine Leichtbaulösung sind und waren immer die gleichen: Material und damit Kosten zu sparen und eine höhere Energieeffizienz zu erreichen. Inzwischen kommt ein weiteres, brandaktuelles Thema hinzu: klima- oder gesundheits-schädliche Emissionen wie den Ausstoß an CO₂ zu reduzieren.

Die Forscher an der Hochschule Aalen haben das Zukunftspotenzial des Leichtbaus früh erkannt und einen Teil ihrer Aktivitäten darauf ausgerichtet. Sie sehen die Hochschule als zentrale Forschungsplattform und wichtigen Technologieentwickler auf diesem Feld – Hand in Hand mit hochspezialisierten kleinen und mittelständischen Unternehmen im Raum Ostwürttemberg.

Produkte neu denken

Leichtbau wäre zu kurz gefasst, wenn er auf den Austausch von Materialien reduziert würde. Vielmehr geht es darum, Produkte oder Einzelteile von Grund auf neu zu denken, zu konstruieren und effizienter zu gestalten. Das funktioniert nur, wenn Forscher aus verschiedenen Bereichen eng kooperieren und vernetzt denken – und so aus verschiedenen Leichtbau-Techniken eine umfassende Philosophie entwickeln.

Als forschungsstarke Bildungseinrichtung kombiniert die Hochschule Aalen Know-how und langjährige Erfahrung

mit kurzen Wegen. Der erste Weg führt zu Prof. Lothar Kallien in das Gießereilabor, eines der größten Labore der Hochschule – und eine der größten akademischen Gießereien in ganz Süddeutschland.

Feine Rippen im Aluminium

In dem Labor wird eine breite Palette von Gusstechniken angewendet. „Doch im Vordergrund unserer Forschungsaktivitäten steht der Druckguss mit Leichtmaterialien wie Aluminium und Magnesium“, sagt Kallien, der die Gießereitechnologie Aalen leitet. Zum Beweis angelt er ein Bauteil vom Regal. Feine Strukturen und Rippen ziehen sich über das Aluminiumteil, unterschiedlich dicke Wände sind zu erkennen. Und das Werkstück ist leicht – überraschend leicht. „Ein solcher Federbeintopf wurde bisher aus zehn Stahlblechteilen zusammengesetzt“, erklärt Kallien. „Heute wird er einfach aus Aluminium druckgegossen. Das spart über zehn Kilogramm Gewicht pro Auto.“

Vor der ersten von vier Druckgießmaschinen in seinem Labor, die mit zwei Roboterarmen bestückt ist, macht der Forscher erneut Halt. Die rund 680 Grad Celsius heiße Aluminiumschmelze wird hier mit bis zu 200 Kilometern pro Stunde in eine Stahlform eingeschossen. Der komplette Füllvorgang der Form dauert nur 50 Millisekunden. Dabei wird klar: Das Verfahren ist weit mehr als klassische Gießerei – der Druckguss gehört in den Bereich der modernen Fertigungstechnik.

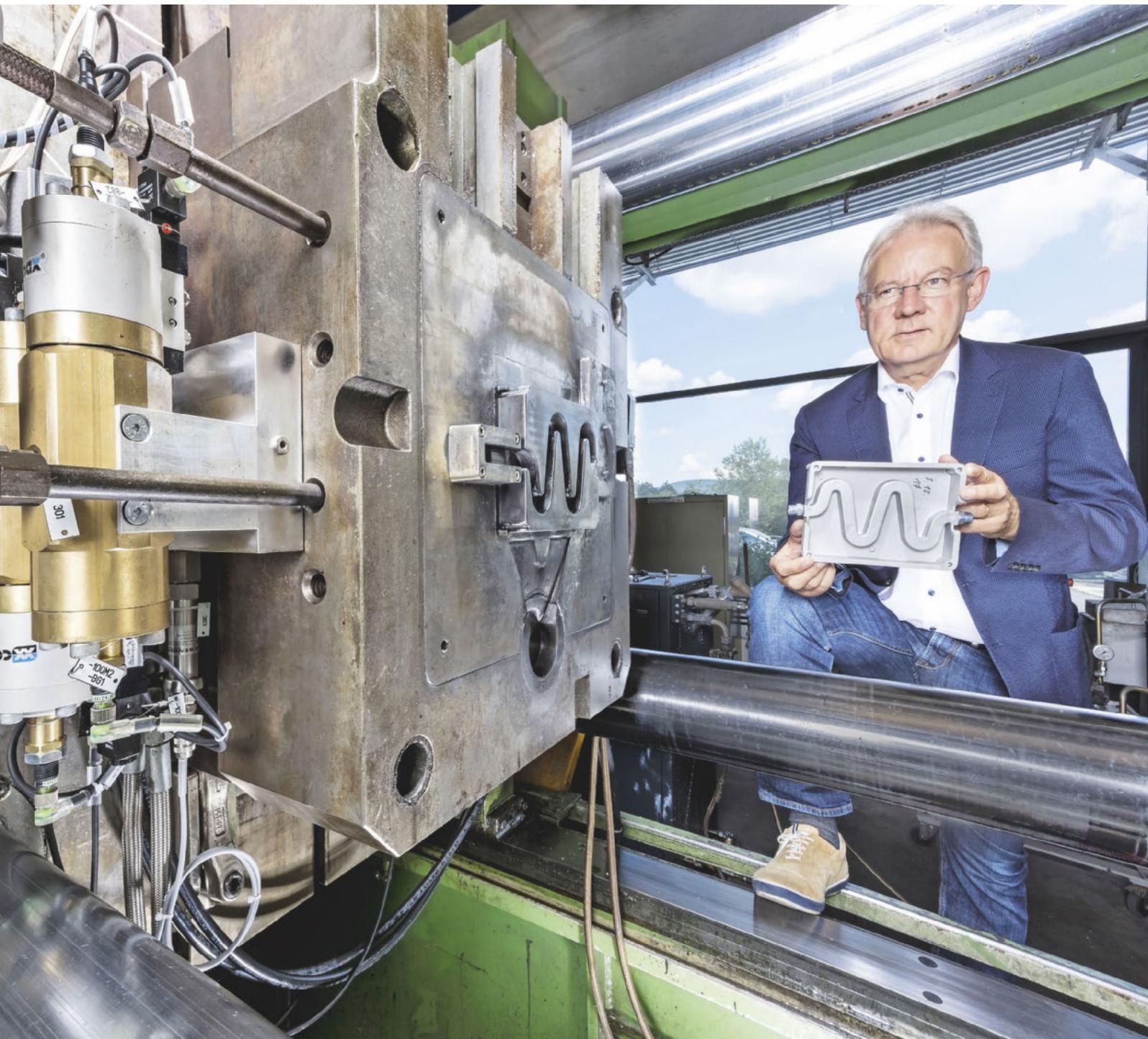
„Die Gießereibranche hierzulande muss darauf achten, technologisch am Ball zu

bleiben“, mahnt Lothar Kallien. „In einem Elektrofahrzeug zum Beispiel gibt es vielleicht weniger Eisengussteile. Aber auch in Zukunft gilt: Ohne Guss ist ein Auto gar nichts. Der Druckguss jedenfalls ist zukunftssicher.“ Gefragt sind innovative Verfahren, um dünnwandige und stabile Leichtmetallbauteile zu gießen – etwa das Gasinjektions- und das Salzkernverfahren, die beide in Aalen maßgeblich vorangetrieben werden.

„Deutschland ist international weit führend in der Gusstechnologie“, betont



Frisch gegossen: Lothar Kallien, Leiter des Gießereilabors, präsentiert ein hohlgeblasenes Druckgussteil. Zur Herstellung kam das Verfahren der Gasinjektion zum Einsatz. Am Werkzeug ist das Injektionsventil zu sehen.



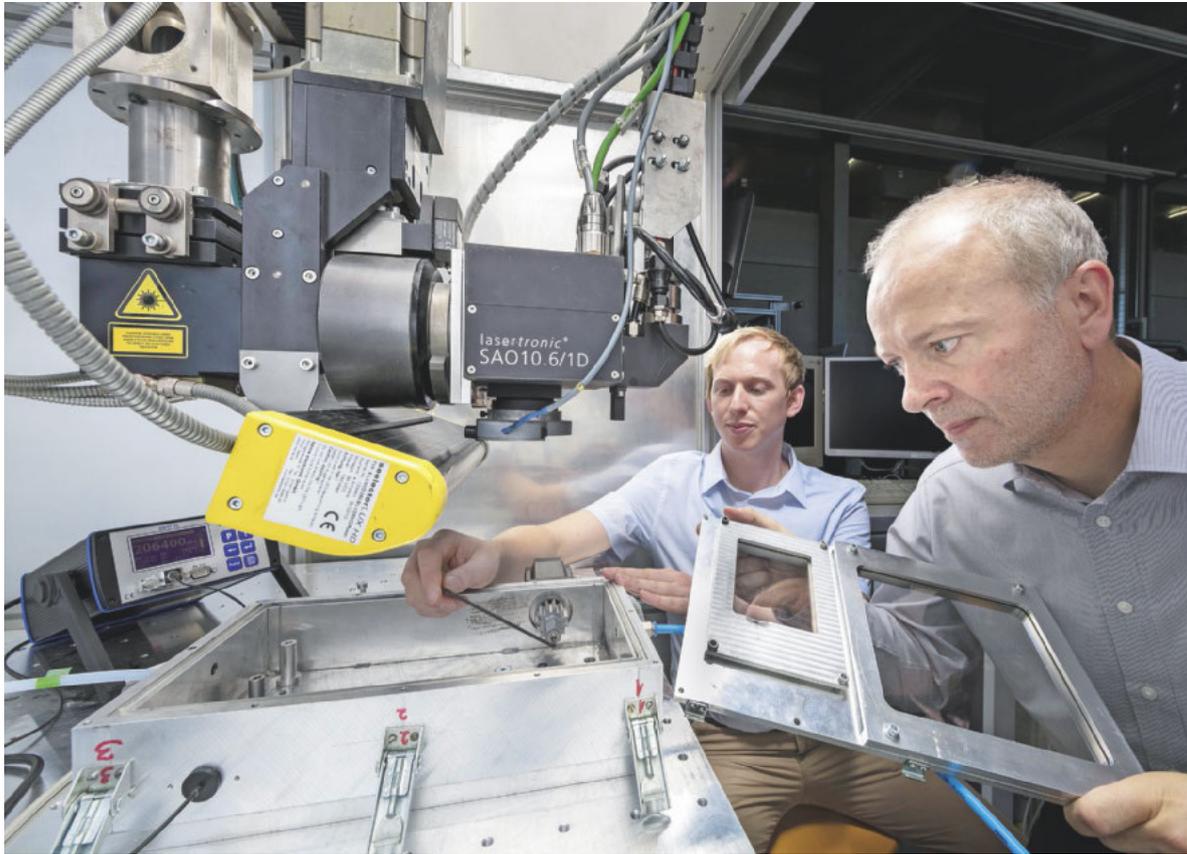
Kallien. Mit seiner Arbeit setzt er alles daran, dass das so bleibt – unter anderem im Rahmen des mit EU-Mitteln geförderten Projekts „MUSIC“, bei dem in internationaler Kooperation Qualitätsstandards für das Druckgießen und Kunststoff-Spritzgießen erarbeitet wurden.

Aus einer Vitrine nimmt Lothar Kallien einen rund zwei Zentimeter dicken, gebogenen Stab. Schwer liegt er in der Hand, die Oberfläche fühlt sich mehlig trocken an – ein Salzkern. Das Prinzip, nach dem ihn die Forscher einsetzen, äh-

nelt dem der Sandkerne im Eisenguss: Das Salz wird nach dem Gießen aus dem Metallteil gespült. Zurück bleibt ein genau bemessener Hohlraum. Die salzige Variante der Gusskerne hält auch dem enormen Druck stand, der beim Gießen von Aluminium oder Magnesium notwendig ist. In Aalen wird vor allem an der idealen Zusammensetzung der Salzschnmelzen geforscht, aus denen die Kerne geformt werden.

Noch im Experimentalstadium aber schon bald in der Serie befindet sich das

Gasinjektionsverfahren. Bekannt ist es aus der Kunststoffverarbeitung: Heißer Kunststoff kommt in eine Form, später werden bestimmte Bereiche mit bis zu 400 Bar Stickstoff wieder frei geblasen. Dadurch entstehen Hohlräume und Kanäle im Bauteil. „Das dauert bei den langsam abkühlenden Kunststoffen ein paar Sekunden“, erklärt Lothar Kallien. „Doch im Druckguss muss eine Gasinjektion in Millisekunden erfolgen.“ Viele Gießer hatten bezweifelt, dass das möglich ist. Kallien hat es versucht. Nun hält er eines der ersten



Laser statt Lappen: Harald Riegel (rechts), Leiter des Laser-Applikationszentrums, und Doktorand Simon Ruck reinigen im Labor die Oberfläche gedruckter Bauteile. Dazu nutzen die beiden Aalener Forscher das Licht eines Lasers.

Ergebnisse in der Hand: ein wassergekühltes Elektroniksteuergehäuse aus Aluminium, aus einem Stück gegossen. Quer über der Rückseite verläuft ein Kanal, der per Gasinjektion frei geblasen worden ist.

Ausgründung bietet Service

Mit klarem Blick auf praktische Anwendungen erforschen die Aalener Gießerei-Experten Techniken, Materialien und Abläufe. Angegliedert an die Hochschule ist die Gießerei Technologie Aalen (GTA) GmbH – eine Firmenausgründung, die regionalen Unternehmen eine enge Kooperation bei Entwicklung und Service rund um die Herstellung von Gussteilen anbietet. So sind Forschung und Transfer dabei gewonnener Ergebnisse in die Praxis in Aalen direkt miteinander verknüpft.

Am Ausgang des Labors hält Lothar Kallien noch eine echte Weltneuheit bereit. Sein jüngstes Projekt befasst sich mit dem Fügen: der dauerhaften Verbindung unterschiedlicher Materialien. Stolz zeigt er auf eine schmale Platte aus Carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK), die oben fest mit einem Aluminiumteil verbunden

ist. Das CFK ist weder angeklebt noch angeschweißt – sondern in einem neu entwickelten Verfahren mit Aluminium druckumgossen.

Das Metall ist so dünn gegossen, dass es schnell genug abkühlt, um die Kunstharz-Matrix des CFK nicht zu beschädigen. An der Platte baumelt ein Eisengewicht. „2,5 Tonnen“ steht darauf. „Wir haben in einem virtuellen Test tatsächlich schon ein ganzes Auto drangehängt“, berichtet Kallien. „Und es hat gehalten.“ Der Forscher ist überzeugt: Im Druckumgießen wartet die nächste große Innovation in Sachen Gießereitechnik.

Die Gusstechnik ist eine Sache, die ideale Gestaltung der Bauteile eine andere: die Sache von Dr. Wolfgang Rimkus. Er leitet das Technologiezentrum Leichtbau – eine gemeinsame Einrichtung der Hochschule Aalen, der Stadt Schwäbisch Gmünd, der dortigen Hochschule für Gestaltung und des Forschungsinstituts für Edelmetalle und Metallchemie (FEM).

Rimkus beschäftigt sich unter anderem mit dem Formleichtbau: „Wie komme ich zum idealen Design einer Form und damit

eines Bauteils?“ So beschreibt der Forscher die dort wichtige Fragestellung. Sein Beitrag zum Leichtbau erfolgt vollständig digital, mit speziellen Softwaretools und mächtiger Rechenleistung. Zentral ist für Rimkus die sogenannte Topologie-Optimierung. Die Ausgangsfrage dabei: Wie lässt sich ein Teil soweit auf seine spezifischen Belastungen hin optimieren, dass es möglichst wenig Gewicht bei mindestens gleicher Steifigkeit aufweist?

Materialverbrauch halbieren

Durch die exakte Definition der Anforderungen können die Berechnungen das Material so reduzieren, dass nur Strukturen erhalten bleiben, die tatsächlich einen Beitrag zur Steifigkeit und Funktionalität leisten. Einsparungen von einem Drittel bis zur Hälfte des Materials sind möglich. Auf seinem Monitor zeigt Wolfgang Rimkus das dreidimensionale Modell des Seitenaufprallschutzes in einer Autotür. Er klickt durch verschiedene Versionen des Bauteils: In einem evolutiv anmutenden Prozess durchläuft es die vom Computer berechneten Stadien. Die Ähnlichkeit zum

Urzustand bleibt, doch wirkt das ganze Teil immer schlanker, dynamischer, fast bionisch – an Strukturen in der Natur ausgerichtet.

„Die Topologie-Optimierung kann man mit natürlichen Wachstumsprozessen vergleichen“, erklärt Rimkus: „Nehmen Sie einen Baum, um den der Wind immer in der gleichen Richtung weht. Er wird seinen Stamm nur an einer Seite verstärken, um dem Wind zu trotzen.“ Die Simulationen gehen später Hand in Hand mit der Erprobung von Prototypen – deren Resultate wieder Einfluss auf die Simulation haben.

„Topologisch optimierte Strukturen lassen sich hervorragend gießen, da der Konstrukteur bei der Herstellung von Gussteilen viel Freiheit in der Gestaltung der Geometrie hat“, sagt Lothar Kallien.

Simulationen machen Tempo

Das Technologiezentrum Leichtbau, das Wolfgang Rimkus leitet, ist im Forum Gold und Silber im rund 30 Kilometer entfernten Schwäbisch Gmünd untergebracht. Dort sind viele Unternehmen zu finden, die von den Forschungsaktivitäten und Dienstleistungen rund um die Topo-

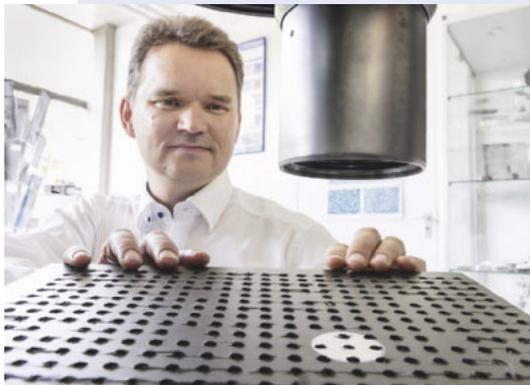
logie-Optimierung profitieren können. „Unsere Simulationen beschleunigen und verbessern den Entwicklungsprozess ungemein. Dadurch helfen wir, Zeit und Kosten zu sparen“, sagt Rimkus. Er denkt dabei vor allem an Mittelständler, denen das Know-how in diesem Bereich häufig fehlt.

Mit einem Schmunzeln empfangen uns Prof. Volker Knoblauch und Dr. Dieter Meinhard in den Laboren des Instituts für Materialforschung (IMFAA). „Professor Kallien hat sicher vom Druckumgießen geschwärmt“, mutmaßen die beiden Materialforscher, die sich vor allem mit adhäsiven Fügeverfahren beschäftigen, mit dem Verkleben verschiedener Bauteile. Sie sind am Leichtbauprojekt „InDiMat“ von SmartPro beteiligt – und sie eint die Lust am gesunden Wettbewerb. Erforscht

Spannende Bohrungen

Um ein innovatives Forschungsthema unter möglichst vielen Aspekten bearbeiten zu können, kooperieren die Hochschulen Aalen, Mannheim und Ulm im Verbundprojekt SPANTEC light. Das Ziel: die Zerspanung von Leichtbaumaterialien wie Carbonfaser-verstärktem Kunststoff (CFK) besser zu verstehen. Dr. Dieter Meinhard, Forschungsmitarbeiter am Institut für Materialforschung IMFAA und Projektleiter des Forschungs-

vorhabens, hält eine CFK-Platte in der Hand. Gut 200 Löcher wurden in einer Testreihe gebohrt. Auffällig ist, wie die Bohrlöcher immer weiter zerfasern, ausfransen – der Bohrer nutzt sich im Lauf der Zeit ab. „Unsere Fragen sind jetzt: Inwiefern stören diese sogenannten Delaminationen? Machen sie ein CFK-Bauteil weniger stabil – oder sind sie vernachlässigbar?“ Weitere Fragen sind: „Hält ein



Dieter Meinhard inspiziert mit unterschiedlich scharfen Bohrern ausgehöhlte Löcher in CFK.

sauberes Bohrloch länger als ein ausgefranstes? Welcher Bohrer ist ideal? Und wie lange darf ich ihn nutzen, bis er ersetzt werden muss?“

Im Untergeschoss der Hochschule Aalen werden die Proben von Andreas Häger, Doktorand an der Hochschule Aalen, auf Herz und Nieren untersucht und in Lebensdauertests bis zum Versagen geprüft. Mit unterschiedlichen Detektionsmethoden kommen die Professoren Schneider, Schuhmacher und Knoblauch so den Schäden auf die Spur – per Mikroskop, Ultraschall oder Computertomografie. „Ein Verkehrsflugzeug hat mehrere Hunderttausend gebohrte Nietlöcher“, erklärt Dieter Meinhard. Viele befinden sich in CFK-Teilen, die in modernen Flugzeugen einen Großteil der Außenwand ausmachen.

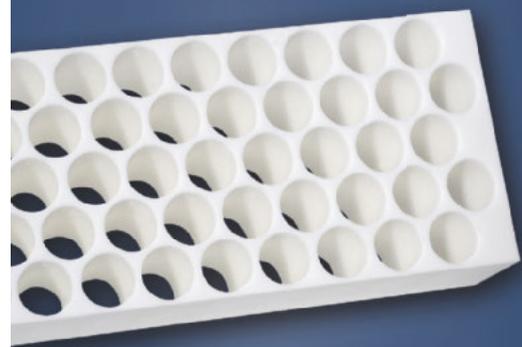
„Unsere Forschungsarbeiten zielen darauf ab, die Qualität der Bohrlöcher und die Auswirkungen von Schädigungen bewerten zu können“, sagt Meinhard. Diese Erkenntnisse gehen in die Entwicklung leistungsfähigerer Bohrer bei kooperierenden Unternehmen ein.

LATENT HEAT
SYSTEMS (LHS)



SICHERHEIT
UND LEISTUNG

beim Einsatz von Akkus



Temperatenausgleich bei Ladezyklen
Brandschutz zwischen den Zellen
Verlängerung des Lebenszyklus > 40 %

outlastlhs.com

Jungforscherin Martina Winkler

Vom Zufall zur Berufung

Martina Winkler trägt neue Gusstechniken aus dem Forschungslabor in die Industrie

„Mit der Gießereibranche habe ich genau mein Ding gefunden“, sagt Martina Winkler. Seit Frühjahr 2017 hat sie eine Stelle bei der Firma Frech in Schorndorf, einem Experten in Sachen Druckguss. Auch nach einigen Jahren im Bereich Guss ist die junge Frau noch immer fasziniert von den verschiedenen Prozessen: „Schon das flüssige Metall finde ich unglaublich. Und dass beim Druckguss sekundenschnell ein fertiges Bauteil herauskommt, ist einfach genial.“

Dabei ist Martina Winkler eher durch Zufall in die Branche gestolpert. An der Hochschule Aalen war sie eingeschrieben im Bachelorstudiengang Maschinenbau/Fertigungstechnik. Auf einer Firmenexkursion zu den Schwäbischen Hüttenwerken SHW AG im benachbarten Wasseralfingen, einem führenden Automobilzulieferer, erlebte sie, wie ein riesiger Motorblock gegossen wurde.

Beeindruckt davon wählte sie deshalb das Gießereilabor von Prof. Lothar Kallien für ihre Studienarbeit im sechsten Semester – und ist dann einfach dort geblieben: für die Bachelorarbeit, für die Stelle als Hilfwissenschaftlerin während ihres Masterstudiums im Industrial Management und für ihre Doktorarbeit, die gemeinsam von Forschern der Hochschule Aalen und der Technischen Universität Clausthal in Niedersachsen betreut wurde.

Selbstoptimierende Systeme für den Druckguss standen dabei im Mittelpunkt ihrer Forschung. Und jetzt kann sie ihre erarbeitete Expertise direkt im Beruf einbringen: Auch bei Frech feilt sie an zukunftsweisenden Schnittstellen zwischen Druckguss und Industrie 4.0 – der Produktion der Zukunft.

Mit der Männerdominanz in der Gießereitechnik hatte Martina Winkler nie ein Problem. „Klar, ich war fast immer und überall die einzige Frau“, berichtet sie. „Doch damit komme ich gut klar. Wenn man genauso anpackt und selbst keinen Unterschied macht, dann wird man ganz einfach als Kollegin angenommen.“ Mit Samthandschuhen sei sie zwar bestimmt nicht angefasst worden, lacht Winkler. Aber Samthandschuhe haben im Gießereilabor ja auch nichts verloren. BE ●



werden verschiedene Fügeverfahren. Jede hat ihre Stärken und Schwächen und ganz spezifische Anwendungsfelder. Im Gegensatz zum Gießereilabor wirkt das Labor der Materialwissenschaftler wie eine andere Welt: Hier herrscht fast Reinraumatmosphäre. Diverse Analysegeräte und Lichtmikroskope reihen sich aneinander, ein Computertomograf und zwei Elektronenmikroskope stehen in voneinander abgetrennten Räumen.

„Moderner Leichtbau ist ein Hybrid-Leichtbau – ein großer Materialmix“, sagt Volker Knoblauch. „Darum haben wir riesigen Forschungsbedarf für Fügeverfahren.“ Jedes Aluminiumteil, Magnesiumstück oder CFK-Laminat stößt irgendwo an ein anderes Material – und muss fest damit verbunden werden. Gerade im Fahrzeugbau wird viel geklebt. Oft ist das die leichteste und stabilste Lösung. Und sie hält auch einem Kostenvergleich stand.

Hunderte Meter lange Klebefugen

„Mehrere Hundert Meter an Klebefugen ziehen sich durch ein modernes Auto“, berichtet Knoblauch. Doch welcher Stoff klebt welche Materialkombinationen am besten? Wie wird der Kleber idealerweise aufgetragen, wie lange sollte man ihn pressen und aushärten lassen? Inwiefern wirken sich Schwankungen der Temperatur auf die Verbindung aus? Und wie verhält sich eine Klebnaht bei einem Unfall? Diese Fragen stellen sich Volker Knoblauch und sein Team – um in Klebeversuchen, Belastungstests und mit Hightech-Analysegeräten Antworten zu finden.

Auch die richtige Oberflächenbehandlung der zu klebenden Materialien macht einen gewaltigen Unterschied. Gerade bei CFK-Bauteilen ist es wichtig, dass der Kleber nicht nur an der Kunststoff-Matrix haftet, in die die Kohlefasern eingebettet sind – sondern auch an den Fasern selbst, die dem Werkstoff seine hohe Stabilität verleihen. Jeder Heimwerker kennt das Prinzip: Vor dem Verleimen zweier Holzstücke werden diese mit Schleifpapier angeraut. Das vergrößert die Oberfläche und sorgt für besseren Halt.

Auch CFK lässt sich anschleifen. Doch bessere Ergebnisse bringt eine Vorbehandlung per Laser – ein Spezialgebiet von Prof. Harald Riegel, Professor für Lasertechnologie an der Hochschule Aa-



Symbolträchtig: Wolfgang Rimkus, Leiter des Technologiezentrums Leichtbau, forscht in Räumen des Forums Gold und Silber in Schwäbisch Gmünd (im Hintergrund). Auch dem Leichtbau stehen wohl goldene Zeiten bevor.

len. Das Funktionalisieren und Reinigen von Oberflächen sind Schwerpunkte seines Teams. „Wir sorgen dafür, dass Klebungen bestmöglich gelingen“, erklärt Riegel: „teils auch zwischen Oberflächen, die sonst nicht zu kleben wären.“

Im Labor stehen Industrielaser in vielen Größen – manche so kompakt wie eine Mikrowelle, andere groß wie eine Garage. Mitarbeiter Simon Ruck zeigt zwei bearbeitete Teile. Das eine ist eine zentimeterstarke Stahlplatte, die in der Mitte aufgeraut ist wie ein Klettverschluss. Ein Kunst-

stoffblock ist auf die raue Stelle geschmolzen, unverrückbar – ein grobes Beispiel für Laser-Oberflächenvorbehandlung. Daneben hält der Doktorand ein Zahnrad aus Aluminiumguss. Es ist dunkelgrau gefärbt. Doch ab der Mitte strahlt es in hellem Silber – das Ergebnis einer gründlichen Oberflächenreinigung mit dem Laser. Eine solche Vorbehandlung, etwa von Klebeflächen, ist effektiv, funktional und reduziert den Bedarf an chemischen Reinigungsmitteln. Damit ist die Methode auch umweltfreundlich.

„Was wir lasern, ist uns egal“, sagt Harald Riegel. „Wir können alles: Aluminium, Stahl oder CFK – dazu beliebige Muster in allen möglichen Tiefen und Rauigkeiten.“ Je nach Anwendung, Bauteil und Materialmix suchen die Forscher die perfekte Oberfläche. „Letztlich sind wir überall drin, wo uns später keiner sieht“, scherzt Riegel. Sein Team ist ein wichtiges Bindeglied – zwischen Metall und CFK, Guss und Klebstoff, zwischen Lothar Kallien, Wolfgang Rimkus und Volker Knoblauch. Die unsichtbaren Details zeigen, wie komplex der Leichtbau ist – und wieviel Know-how und Forschung auf höchstem Niveau nötig sind, um bei dem Zukunftsthema vorn dabei zu sein. ●

Kontakt

Prof. Dr. Lothar Kallien:

Lothar.Kallien@hs-aalen.de

Dr. Wolfgang Rimkus:

Wolfgang.Rimkus@hs-aalen.de



ksk-ostalb.de

Konzentrieren Sie sich auf Ihr Studium – um Ihre Finanzen kümmern wir uns.

Wenn's um Geld geht



**Kreissparkasse
Ostalb**

Campus-Splitter

1962: Gründung als Staatliche Ingenieurschule Aalen mit 32 Studenten

1965: Spatenstich für den Neubau, entworfen von Architekt Günter Behnisch, der auch das Münchner Olympiastadion geplant hat

1971: Erweiterung zur Fachhochschule

Mehr als **100** Partnerhochschulen in **45** Ländern

Rund **5800** Studierende, **10 Prozent** davon kommen aus dem Ausland

Die Studierendenzahl wuchs in den vergangenen zehn Jahren um **70 Prozent**

Über **60** Bachelor- und Masterstudienangebote, eine Besonderheit ist der Studiengang zum Forschungsmaster „Neue Materialien und Fertigungstechnologien“

527 Mitarbeiter einschließlich **152** Professorinnen und Professoren

10 Millionen Euro Forschungsdrittmittel und etwa **300** Publikationen pro Jahr

120 Forschungsmitarbeiter, davon verfolgen **55** eine Promotion

Zwei neue Forschungszentren ab 2019 mit einer Investition von **26 Millionen** Euro

40 Start-ups mit über **100** Gründerinnen und Gründern am Innovationszentrum INNO-Z

10 000 Kinder und Jugendliche pro Jahr bei explorhino, der Werkstatt junger Forscher an der Hochschule Aalen

Die Struktur im Hintergrund zeigt das Materialgefüge einer dendritisch erstarrten Kupferlegierung. Sie wurde aufgenommen mit einem Lichtmikroskop bei sogenanntem Differentialinterferenzkontrast, wodurch ein plastischer Effekt entsteht.