

# re:search

DAS FORSCHUNGSMAGAZIN



Hochschule Reutlingen  
Reutlingen University



## FRAGEN FORSCHEN LÖSEN

searching for solutions



**RRI**

Reutlingen Research Institute



## Editorial

Sehr geehrte forschungsinteressierte Leserinnen und Leser,

Forschung generiert Impact, angewandte Forschung generiert sehr viel Impact – auf Unternehmen, auf die Gesellschaft und natürlich auf die Hochschule selbst, unsere Studierenden, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Professorinnen und Professoren. Angewandte Forschung ist Voraussetzung, Grundlage und Nährboden für Transfer und Start-ups. Ob das stimmt? Schauen Sie sich die Themen und Projektbeispiele an, über die wir in der ersten Ausgabe unseres Forschungsmagazins re:search berichten.

Angewandte Forschung erzeugt Wirkung: Die Forschungsprojektmittel der Hochschule Reutlingen sind innerhalb von 7 Jahren um über 650 % gewachsen. Damit gehört die Hochschule zu den forschungsstärksten im Land Baden-Württemberg. Bei der Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen belegte sie 2016 den Spitzenplatz unter den Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Auf Seite 48 erfahren Sie mehr zum Wachstum der Forschung über die letzten Jahre.

Ein Bereich, der uns besonders beschäftigt, ist die Energiewende. Was sind die Herausforderungen, wie sehen mögliche Lösungswege aus? Wir haben unter anderem mit Klaus Saiger gesprochen, Geschäftsführer der Reutlinger FairNetz GmbH. Darüber hinaus geben wir einen Überblick über die vielen gesellschaftsrelevanten Themen, an denen wir gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft arbeiten: Egal ob es um soziologische Aspekte der Energiewende geht (Seite 10), um die Migration von Tumorzellen (Seite 20) oder um den Aufbau eines 3D-Druck Clusters (Seite 32) – wir fragen, forschen und lösen zu Themen, die uns alle angehen.

Schön, wenn wir Ihr Interesse geweckt haben. Blättern Sie durch, lesen Sie mehr und sprechen Sie uns an – dafür sind wir da!

Prof. Dr. Gerhard Gruhler, Vizepräsident Forschung

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Wissenschaftliche Leitung

Prof. Dr. Stephan Seiter, Wissenschaftliche Leitung



Dear readers and research enthusiasts,

Research generates impact, and applied research generates a lot of impact – on business, society, and of course on the university itself, our students, employees, and professors. Applied research is the prerequisite, foundation, and incubator for transfer and start-ups. Is that true? Take a look at the topics and the projects we report on in the first issue of re:search.

Applied research creates a powerful effect – research project funding at Reutlingen University has risen 650% over seven years. That makes us one of the strongest research institutions of higher education in the state of Baden-Württemberg. In the number of academic publications in 2016, we took first place among the universities of applied sciences. Starting on page 48 you can find out more about the growth of our research in recent years.

One area we have a particular focus on is the transition to renewable energies. What are the challenges, what kind of solutions are there? Among others, we spoke with Klaus Saiger, CEO of Reutlingen's FairNetz GmbH. We also provide an overview of the many socially-relevant topics we are working on with partners from both the worlds of academia and business. Whether it's the sociological aspects of energy transition (page 10), the migration of cancer cells (page 20) or the construction of a 3D-print cluster (page 32) – we search for solutions in issues which affect us all.

We hope to have made you curious! Please browse through, read on and get in touch with us – that's what we're here for!

Prof. Dr. Gerhard Gruhler, Vizepräsident Forschung

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Wissenschaftliche Leitung

Prof. Dr. Stephan Seiter, Wissenschaftliche Leitung

# Inhalt

- 03 Editorial
- 06 **FRAGEN**
- 07 Ohne Netze geht es nicht:  
Interview mit Klaus Saiger, Geschäftsführer  
von FairNetz, über die Herausforderungen der  
Energiewende

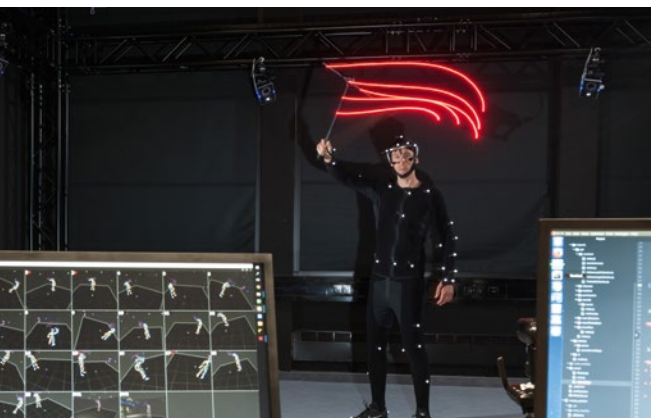
## 09 FORSCHEN

### Energie

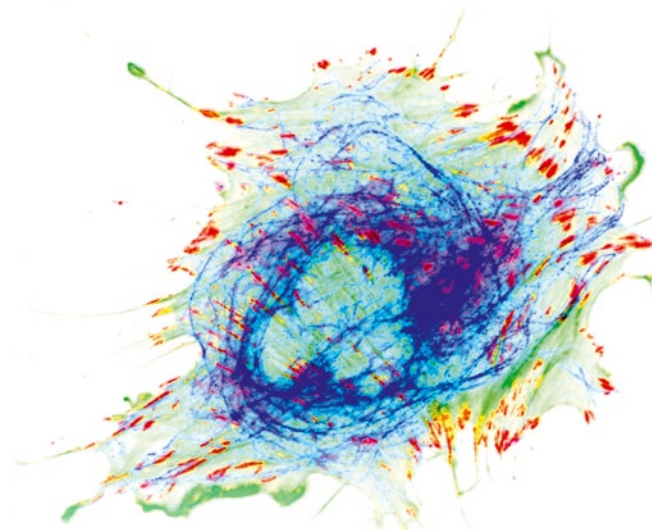
- 10 Kultur gegen die Energieverschwendung
- 11 Miteinander statt jeder für sich:  
Energiesystem ganzheitlich gedacht
- 12 Lasst den Sand am Südseestrand!  
Alternativen zu stahlbewährtem Beton

### Mensch und Maschine

- 13 Intralogistik: Warenlager sucht  
passenden Roboter
- 14 Industrie 4.0 unterm Brennglas in der  
ESB Logistik Lernfabrik
- 16 Das Auto erkennt Gesten und Grimassen



**16** *Forschung im Motion Capture Labor  
der Hochschule Reutlingen*



**18** *Ralf Kemkemer forscht  
an einem Analysechip für  
Tumorzellen*

### Spektroskopie

- 18 Mehr Wissen mit weniger Licht

### Medizin

- 20 Mikrokanäle für die Krebsforschung
- 22 Kopf-Hals-Karzinome:  
Entscheidungshilfe für den richtigen Schnitt
- 24 Tortenguss für eine Wunde:  
Tissue Engineering vom Feinsten
- 25 Zuhören. Fragen. Lösen.  
Interdisziplinäre Forschung über Smart Textiles

### Business und Management

- 26 Subsahara-Afrika: Märkte der Zukunft
- 27 Die dunkle Seite der Innovation:  
Erfolgreiches Innovationsmanagement

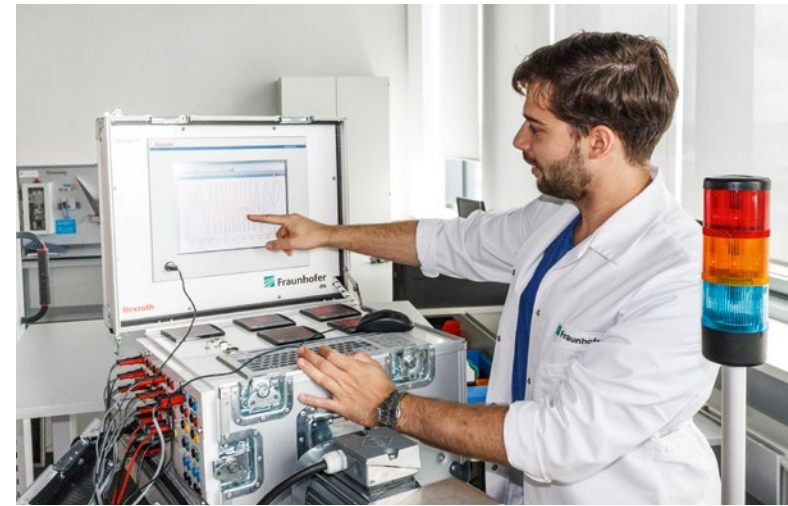
### Sport

- 28 Heiligenschein für den Fußballverein:  
Sozialpsychologie im Sport
- 30 Diagnose Arthrose:  
Meniskusimplantate versprechen Heilung
- 31 RoboCup: Die Fußballstars von morgen



**30** *„Wir wollen für und gemeinsam  
mit den Unternehmen der Region  
den 3D-Druck vorantreiben.“*

© KOMET Group GmbH



## 43

*Die Hochschule Reutlingen und Partner in Baden-  
Württemberg arbeiten an Konzepten für eine nachhaltige  
Energiewende*

© Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) – Universität Stuttgart

### 3D-Druck

- 32 In neuen Dimensionen

### Digitalisierung und mehr

- 35 Postdoc in Reutlingen
- 36 Pionierarbeit für den Entwurf von  
integrierten Schaltungen
- 38 Leistungselektronik:  
Winzige Puffer für mehr Power
- 39 Willkommen im Internet of Things
- 40 Zustand: kritisch  
Condition Monitoring gewinnt an Bedeutung
- 40 Agilität: Was der Kunde morgen will
- 40 ESP: Elchtest bestanden

## 42 LÖSEN

- 43 Dezentral und virtuell:  
Lösungsansätze für alternative  
Versorgungsstrukturen und mehr  
Energieeffizienz
- 46 Spielwiese für die Energiewende:  
Frank Truckenmüller im Interview

- 48 Zahlen & Fakten
- 50 Impressum

→ Wollen Sie re:search weiterempfehlen? Hier geht's zum Download:  
[www.reutlingen-university.de/research](http://www.reutlingen-university.de/research)

## European University Association (EUA)

Als herausragend forschungsstarke Hochschule sind wir Mitglied in der European University Association (EUA). Weitere Kriterien für die Mitgliedschaft sind Internationalisierung, erfolgreiche kooperative Promotionen, die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern und der Transfer. Mit 847 Institutionen aus 47 Ländern ist die EUA die größte Vereinigung europäischer Universitäten und Rektorenkonferenzen und nimmt entscheidenden Einfluss auf die europäische Hochschulpolitik.





# FRAGEN

DER KLIMAWANDEL UND MIT IHM DIE ENERGIEWENDE SIND PRÄSENTER DENN JE – AUCH BEI UNS AN DER HOCHSCHULE REUTLINGEN. WAS SIND DIE GRÖSSTEN HERAUSFORDERUNGEN? WORAUF MÜSSEN SICH NETZBETREIBER EINSTELLEN UND WIE WERDEN SICH DIE MÄRKTE VERÄNDERN? WIR HABEN NACHGEFRAGT – BEI KLAUS SAIGER, GESCHÄFTSFÜHRER DER REUTLINGER FAIRNETZ GMBH, EINEM ENGEN KOOPERATIONSPARTNER DES REUTLINGER ENERGIEZENTRUMS.

*CLIMATE CHANGE AND ENERGY TRANSITION ARE MORE PRESSING THAN EVER – HERE AT REUTLINGEN UNIVERSITY TOO. WHAT ARE THE BIGGEST CHALLENGES? WHAT CHANGES WILL SYSTEM OPERATORS HAVE TO MAKE AND HOW WILL THE MARKETS CHANGE? WE ASKED KLAUS SAIGER, CEO OF REUTLINGEN'S FAIRNETZ GMBH, A CLOSE CO-OPERATIVE PARTNER OF THE REUTLINGEN CENTRE FOR ENERGY RESEARCH*

## Ohne Netze geht es nicht

*Klaus Saiger ist Geschäftsführer der FairNetz GmbH, die Strom-, Gas- und Wassernetze in der Region Reutlingen betreibt. Das Unternehmen gestaltet die **Energiewende** aktiv mit und investiert in die Digitalisierung – aber auch in Leitungen.*

INTERVIEW: BERND MÜLLER

### Was sind die Herausforderungen der Energiewende?

**Klaus Saiger:** In der Branche sprechen wir von den drei großen „D“: Dezentralisierung, Dekarbonisierung und Digitalisierung. Dezentralisierung bedeutet: Früher gab es in der deutschen Stromversorgung ein paar hundert Kraftwerke, der Stromfluss war klar: vom Kraftwerk über verschiedene Netzebenen zum Verbraucher. Heute gibt es etwa 1,5 Millionen Erzeuger und der Strom kann in beide Richtungen fließen. Mit der Dekarbonisierung wird der Ausstieg aus der Kohleverstromung kommen. Und die Digitalisierung ist wichtig, weil wir die Integration der erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Stabilität der Netze nur mit mehr künstlicher Intelligenz erreichen können. Neben den drei „D“ ist die Sektorkopplung ein Thema: die effizientere Verknüpfung von Strom, Wärme und Verkehr.

### Wie stellen Sie sich bei FairNetz auf die Energiewende ein?

Wir versuchen die Entwicklungen einzubeziehen. Ein Beispiel: Wenn heute ein neues Wohngebiet erschlossen wird, planen wir, soweit möglich, Stromleitungen, die den Anstieg der Elektromobilität mit vielen Ladestationen berücksichtigen. Denn die Infrastruktur, die wir heute in die Erde legen, liegt dort 40 Jahre, also über das Jahr 2050 hinaus. Dann soll nach dem Willen der Politik 90 Prozent des Stroms aus Erneuerbaren Energien kommen und Elektroautos werden Verbrennungsmotoren abgelöst haben. Außerdem erproben wir in einem neuen Projekt mit der Hochschule Reutlingen einen automatischen Kabelverteiler, mit dem man überschüssigen Strom aus einem Niederspannungsstrang in einen anderen umleiten kann, wo gerade Strommangel herrscht. Und natürlich investieren wir in die Digitalisierung, indem wir unsere Netze zum Beispiel mit Sensorik und

Steuerungstechnik ausrüsten. Vor zwei Jahren haben wir die Prozessleittechnik unserer Netzleitstelle erneuert und damit für die Zukunft vorbereitet. Zudem bauen wir unsere Kommunikationsinfrastruktur kontinuierlich aus.





**Wer soll das bezahlen?**

Die Finanzierung der Energiewende ist ein wichtiges, auch politisches Thema. Technologieoffenheit, weniger Subventionen und mehr Markt sind zur effizienten Erreichung der Ziele notwendig. Es besteht große Einigkeit, dass wir eine wirksame CO<sub>2</sub>-Bepreisung brauchen. Die Preise für den Ausstoß von CO<sub>2</sub> sind heute zu niedrig und entfalten keine Steuerungswirkung. Allerdings muss das europäisch koordiniert erfolgen.

**Apropos: Was kommt auf die Kunden zu, welche Preismodelle werden Sie ihnen anbieten?**

Sie spielen auf Preismodelle an, die abhängig von der Netzsituation sind. Solche Modelle gibt es noch nicht, weil die Regulierung sie noch nicht zulässt. Eine Voraussetzung sind Smart Meter, also intelligente Messsysteme. Auch die gibt es noch nicht. Was wir heute schon einbauen, sind elektronische Stromzähler, die seit 2017 vorgeschrieben sind. Ihnen fehlen aber noch die Kommunikationsschnittstellen. Wenn die dazu kommen, könnten wir bei hoher Netzbelastung zur Entlastung zum Beispiel für kurze Zeit Ihre Gefriertruhe abschalten, soweit Sie uns diese sogenannte Flexibilität zur Verfügung stellen. Der Kunde bietet Flexibilität an und wird dafür über geringere Strompreise belohnt. Ein dafür notwendiger Flexibilitätsmarkt mit entsprechenden Produkten muss weiterentwickelt werden.

**Manche Experten sind der Meinung, dass die Netzstabilität rein dezentral sichergestellt werden kann, also ohne Eingriff der Netzbetreiber.**

Ich bin überzeugt, dass dies nicht der Fall sein wird. Ohne Netzbetreiber und ihre Netze geht es nicht. Jemand muss die Anlagen verbinden und Signale geben. Microgrids wird es geben, aber nicht komplett autark. Hinzu kommen die hohen Auflagen an die Messgeräte aus dem Eichrecht und den Datenschutz. Ich glaube auch nicht daran, dass man die Energiewende allein mit mehr Digitalisierung bewältigen kann. Wir werden auch in Zukunft Leitungen, zum Teil auch dickere als heute, verlegen müssen.

## Steckbrief FairNetz GmbH

(Stand 2016)

|                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| Netzanschlüsse   | 53.258                            |
| Netzlänge gesamt | 2725 km (Strom),<br>1007 km (Gas) |
| Jahreshöchstlast | 155 MW                            |
| Stromerzeugung   | 54,5 GWh                          |

**WE STILL NEED THE GRID**

Decentralisation, decarbonisation, and digitisation are the biggest challenges of the energy transition, says Klaus Saiger. But power lines will still be important, according to the FairNetz GmbH CEO.

# FORSCHEZEN

SO VIELFÄLTIG DIE HERAUSFORDERUNGEN IN DER GESELLSCHAFT SIND, SO UNTERSCHIEDLICH SIND DIE FORSCHUNGSTHEMEN DER HOCHSCHULE REUTLINGEN. VON DER ENERGIEWENDE ÜBER MEDIZINISCHE REVOLUTIONEN BIS HIN ZUR DIGITALISIERUNG, VON DER ZUSAMMENARBEIT ZWISCHEN MENSCH UND MASCHINE, ÜBER KLASSISCHES BUSINESS BIS HIN ZUM SPORT – DIE FOLGENDEN SEITEN GEBEN IHNEN EINEN KLEINEN EINBLICK IN DIE SPANNENDE WELT DER FORSCHUNG AN DER HOCHSCHULE REUTLINGEN.

RESEARCH TOPICS AT REUTLINGEN UNIVERSITY ARE AS VARIED AS THE CHALLENGES TO SOCIETY. FROM ENERGY TRANSITION, TO MEDICAL REVOLUTIONS, TO DIGITIZATION; FROM COOPERATION BETWEEN HUMANS AND MACHINES, TO CLASSIC BUSINESS STUDIES, TO SPORTS – THE FOLLOWING PAGES GIVE YOU A GLIMPSE OF THE EXCITING WORLD OF RESEARCH AT REUTLINGEN UNIVERSITY.



# Kultur gegen die Energieverschwendung

Werner König hat sich für seine Promotion ein ungewöhnliches Forschungsthema ausgesucht: *Welchen Einfluss hat die Unternehmenskultur auf die Energieeffizienz in kleineren Betrieben? Die Antwort verblüfft: einen größeren als man denkt.*

Ein Steinbruch in der Nähe von Freiburg. Die Mitarbeiter eines Mineralstoffwerks treffen sich zum Morgenmeeting, darunter auch die Energieteams. Wieviel Energie verbraucht ein Prozess mit einer bestimmten Maschine und wo kann man etwas abzwacken? Seit Jahren gibt es ein Energiemanagementsystem, jeder Mitarbeiter macht mit beim Aufspüren von Energielecks, das Engagement ist Teil der Unternehmenskultur.

## Verhaltensänderungen fallen schwer

„Das ist nicht überall so“, betont Werner König. Für seine Promotion bei Professorin Sabine Löbbe am Reutlinger Energiezentrum in Zusammenarbeit mit der Universität Wien geht der Soziologe in Betriebe, jeweils fünf Tage, elf Unternehmen in Baden-Württemberg nehmen teil. Dort beobachtet er, wie die Mitarbeiter miteinander umgehen, stellt Fragen, schaut sich die Unternehmenshistorie an. Wie beeinflusst die Unternehmenskultur in kleinen und mittelständischen Betrieben Entscheidungen für Energieeffizienz? Bisher hat sich die Forschung auf technische Maßnahmen konzentriert, die Unternehmenskultur wurde bisher kaum mit sozialwissenschaftlichen Methoden untersucht. König erläutert: „Was nützt eine energiesparende LED-Leuchte, wenn sie am Ende des Arbeitstags niemand ausschaltet?“ Die Kultur, etwa das Auftreten des Chefs, spiele sehr wohl eine Rolle. Das Problem: „Technische Änderungen fallen leicht, Verhaltensänderungen schwer.“

## Brennen für das Thema

Dass Werner König so leicht das Vertrauen der Partnerunternehmen gewonnen hat, verdankt er auch seinem Werdegang. Der 39-jährige Österreicher war ursprünglich Maschinenschlosser und weiß, worauf es im Umgang mit kleinen Betrieben ankommt. Erst danach sattelte er ein Soziologiestudium drauf und stieß vor einem Jahr ins Team von Sabine Löbbe. „Ich war sofort angetan von seinem Hintergrund und wie er für das Thema brannte“, so Löbbe. Das sieht man offenbar auch im Landesministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst so, das Königs Projekt mit 130.000 Euro fördert.

Welche Hebel haben Unternehmen nun, eine Kultur der Energieeffizienz zu etablieren? König empfiehlt Betrieben schon jetzt vier Maßnahmen: Automatisierung (den Faktor Mensch ausschalten durch Technik), Aufstellen von Verhaltensregeln, Motivation steigern sowie Sensibilisierung. Die letzte Strategie sei die wichtigste, aber auch die langwierigste. „Kulturänderungen dauern immer lange“, verdeutlicht König.

BERND MÜLLER

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/loebbe](http://www.reutlingen-university.de/research/loebbe)



### THE CULTURE OF ENERGY SAVING

What kind of influence does the corporate culture have on the energy efficiency of small and mid-sized enterprises? Werner König, a doctoral researcher on the team headed by Professor Sabine Löbbe, is investigating this matter. Initial findings show that the company's culture plays a greater role than first expected. It is important to raise awareness and change behaviour – but it takes time.

# Miteinander statt jeder für sich

„Wir müssen das Energiesystem ganzheitlich denken“, fordert Professor Bernd Thomas – und macht ernst: Eine intelligente Steuerung soll erneuerbare Energieerzeuger und Speicher für Strom und Wärme besser koordinieren.

Der Ausbau erneuerbarer Energien verläuft in Deutschland weiter rasant. Die Hoffnung, den Verbrauch fossiler Energieträger entsprechend schnell senken zu können, hat sich aber nicht erfüllt. Das hat zahlreiche Ursachen, eine ist die fehlende Koppelung der Sektoren. Damit ist die Kombination von Strom- und Wärmeerzeugung, -speicherung und Verkehr zu einem ganzheitlichen Energiesystem gemeint. Ein Beispiel ist die Photovoltaikanlage, deren Strom eine Wärmepumpe antreibt. Wirklich effizient ist das nur, wenn die Wärmepumpe erst dann anspringt, wenn auch tatsächlich Solarstrom erzeugt wird. Doch die Realität sieht anders aus: Die Anlagen stimmen sich nicht miteinander ab. Was fehlt ist eine übergeordnete Steuerung, die sektorenübergreifend arbeitet und alle Geräte so koppelt, dass die Eigenproduktion möglichst viel des Strom- und Wärmebedarfs deckt.

## Baukasten für Steuerungen

Dieses Ziel verfolgt Professor Bernd Thomas vom Reutlinger Energiezentrum in einem Projekt, das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg gefördert wird. „Wir entwickeln eine Art Baukasten mit Steuerungsmodulen“, so Thomas. Die können die Hersteller in ihre Anlagen integrieren, ohne diese verändern zu müssen. Das sei wichtig, um den sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Dass das im realen Betrieb funktioniert, hat er durch Messungen über zwei Jahre an einem Gebäude mit Blockheizkraftwerk, Photovoltaikanlage sowie einem Wärmespeicher belegt. Die Effizienz steige deutlich, auch wenn es übers Jahr noch Lücken bei der Selbstversorgung gebe.

## Kein Abfallprodukt

In einem Vorgängerprojekt hat Thomas eine intelligente Steuerung für Blockheizkraftwerke entwickelt. Diese werden normalerweise wärmegeführt betrieben, springen also an, wenn geheizt werden muss, Strom ist nur Abfallprodukt. Weil Strom immer wertvoller wird, erlaubt die Steuerung nun auch den stromorientierten Betrieb. Hier wird die Wärme, wenn gerade nicht benötigt, in einem Wärmespeicher vorgehalten.

Wenn das Förderprojekt 2018 ausläuft, soll das nicht das Ende sein. Bernd Thomas verdeutlicht: „Die Elektromobilität bringt neue Herausforderungen, bietet aber auch einen Strauß neuer Möglichkeiten.“

BERND MÜLLER

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/thomas](http://www.reutlingen-university.de/research/thomas)

## WORKING TOGETHER WORKS BETTER

Germany's push for renewable energy will only succeed if the relevant sectors – electricity, heating, transport – are taken together. Professor Bernd Thomas develops control modules to enable the coordination of electricity and heat generation and storage. The reward: Energy efficiency increases markedly.







# Lasst den Sand am Südseestrand!

Sand ist nach Wasser der wichtigste Rohstoff, insbesondere für die Bauindustrie. Stahlträger von Brücken etwa werden mit einer mindestens 7cm dicken Betonschicht ummantelt, um sie vor Korrosion zu schützen. Jeden Tag karren LKWs Ladung um Ladung feinsten Sand von den Stränden. Zudem gilt Beton als wahrer Klimakiller, ist er doch für rund 10 Prozent des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes verantwortlich. Die Forschung nach alternativen Materialien läuft auf Hochtouren. Eine Möglichkeit: Glasfasern statt Stahl. Nur ein Bruchteil des Betons würde benötigt, genauso stabil sind sie trotzdem. „Das Problem“, so Professor Torsten Textor, Sprecher des Zentrums für Interaktive Materialien (IMAT) „ist der hohe pH-Wert des Betons.“ Bisher halten dem nur spezielle teure Glasfasern stand. Textor möchte gemeinsam mit Professor Markus Milwich und Professor Volker Bucher von der Hochschule Furtwangen eine anorganische Schutzschicht für einfache Glasfasern entwickeln. Damit könnten diese als Bauträger massentauglich werden.

LILITH LANGEHEINE

## LEAVE THE SAND AT THE BEACH!

Sand is the main ingredient in concrete, demand is huge; in some cases, it is even "stolen" from beaches. And yet, concrete is disastrous for the environment, as vast amounts of CO<sub>2</sub> are released when it is produced. An alternative: fibreglass-reinforced concrete. Professor Torsten Textor is investigating the possibilities.

# Warenlager sucht passenden Roboter

Ein Team der ESB Business School entwickelt mit Partnern aus Ulm einen neuen Ansatz für einen breiteren Einsatz von Service-Robotern in der **Intralogistik**.

Das Warenlager: Fast jedes Unternehmen hat eins. Bei den einen ist es schon hochautomatisiert, bei den anderen macht der Mensch noch fast jeden Handgriff selbst, weil die Warenvelfalt zu groß ist oder die Abläufe zu komplex sind. Wie können Roboter hier trotzdem helfen? Mit dieser Frage beschäftigt sich das Projekt ZAFH Intralogistik unter Koordination von Professor Wolfgang Echelmeyer. Intralogistik, das sind vereinfacht gesagt alle Waren- und Materialflüsse innerhalb eines Betriebs. Echelmeyer erklärt: „Häufig existieren Lösungen für einzelne Aufgaben, eine Integration zu einem Gesamtsystem ist aber oft aufwändig.“

Genau hier setzt das Projekt an. Ein Forscherteam des Lehr- und Forschungszentrums Wertschöpfungs- und Logistiksysteme der ESB an der Hochschule Reutlingen entwickelt zusammen mit der Hochschule Ulm und der Universität Ulm ein Baukastensystem, mit dem Betriebe die passende Automatisierungslösung identifizieren können. Die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ist dabei ein wichtiger Aspekt – die Servicerobotik als Assistenz des Menschen.



Ein breites Netzwerk wirtschaftlicher Akteure aus der Region stellt sicher, dass das Projektteam die drängendsten Fragen aus dem betrieblichen Alltag adressiert.

ULRICH WILKE

© Schunk GmbH & Co. KG

## WAREHOUSE SEEKS COOPERATIVE ROBOT

Intralogistics is – put simply – the flow of all goods and materials within a company. In the project ZAFH Intralogistik, Professor Wolfgang Echelmeyer and his team aim to optimize these processes. A key aspect is the way humans and machines can work together.

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/echelmeyer](http://www.reutlingen-university.de/research/echelmeyer)



# FairflixtSonnig

**Die Energiewende für Ihr Zuhause: Fotovoltaik-Anlage mit SmartBox und Energiespeicher.**

Die beste Idee seit langem: Sie produzieren mit der Kraft der Sonne Ihren eigenen Solarstrom – und mieten die Fotovoltaik-Anlage von FairEnergie. Das erhöht Ihre Unabhängigkeit vom Stromnetz, optimiert Ihren Energieverbrauch und kann Ihre Stromkosten bis zu 75% senken. Eine gute Idee für Sie!

Wir kümmern uns um Planung, Installation und Monitoring. Sie profitieren von

- Solarstrom mit Rundum-Sorglos-Paket
- einer geringen monatlichen Pauschale
- zuverlässigen Partnern an Ihrer Seite
- einer Vergütung für den eingespeisten Strom
- einer Stromkostensenkung bis zu 75%

**bis zu 78%**

**Solarstrom selbst produzieren. Autarkiegrad und Energieverbrauch optimieren – keinen Cent investieren!**

In nur 5 Schritten geht es mit **FairflixtSonnig** ganz einfach zu Ihrer persönlichen Solar-Lösung auf [www.fairenergie.de](http://www.fairenergie.de)





# Industrie 4.0 unterm Brennglas

Die ESB Logistik-Lernfabrik ist der ganze Stolz von Professorin Vera Hummel. Dort können Studierende Engineering- und Produktionsprozesse einer Fabrik live ausprobieren und optimieren, Forschende können ihre Entwicklung testen. Denn die Lernfabrik versteht sich auch als Testfeld für die Fabrik von morgen im Kontext **Industrie 4.0**.

Mit der Automatisierung kommen die Roboter und zum Schluss verschwindet der Mensch aus den Fabriken. Technikverliebte Ingenieure glaubten bis in die 1990er Jahre allen Ernstes, dass vollautomatische Fabriken die Menschheit vom Joch der Lohnarbeit erlösen müssten. Es kam anders – zum Glück. Mit Industrie 4.0 steht nun die nächste Produktions-(r)evolution vor der Tür – und plötzlich steht der Mensch wieder im Mittelpunkt. Planer haben erkannt, dass es ohne menschliche Kreativität und Lösungskompetenz nicht geht. Nun geht es vor allem um die Frage, welche Rolle er künftig spielen wird.

## Improvisiert, aber realitätsnah

Die Herausforderungen für Mensch und Digitalisierung sind allerdings riesig. Wie die Synthese dennoch gelingen kann, untersucht Professorin Vera Hummel in

der Logistik-Lernfabrik der ESB Business School, der Industrie 4.0 Pilotfabrik der Hochschule Reutlingen. Wer das einstöckige Gebäude 12 betritt, stolpert fast über die beliebten Tretroller einer bekannten Schweizer Firma, die in Schachteln gestapelt sind. „Unser Wareneingang“, sagt die quirlige Maschinenbauingenieurin. Und an der anderen Wand: der Wareneingang. Dass das etwas improvisiert wirkt, macht nichts, schließlich verlassen die fertig montierten Roller nicht das Gebäude, sondern werden zerlegt und wieder an die gegenüberliegende Wand geräumt, von wo aus sie erneut die Fabrik durchlaufen.

Die ist hochmodern ausgestattet. Am Kommissionierplatz zeigt ein Pick-by-light-System mit Lämpchen an, aus welchem Behälter der Werker das nächste Bauteil nehmen muss.

„Mehr Roboter bedeuten nicht mehr Arbeitslosigkeit – sondern gezielte Arbeitsteilung.“



Ein Roboter unterstützt später die Person beim Zusammenbau des Rollers. Alles ist digitalisiert, mit Barcodes markiert, die Teile werden von einem autonomen Fahrzeug gebracht. Moderner geht es auch in echten Fabriken nicht zu – im Gegenteil: In der Lernfabrik wird Industrie 4.0 in Perfektion exerziert. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat offenbar die Bedeutung der Industrie 4.0 Pilotfabrik erkannt und fördert dort und in anderen Forschungsbereichen Investitionen von Lasern, kollaborativen Robotern, smart devices, Hochleistungs-3D-Druckern und weiteren Geräten mit 1,7 Millionen Euro.

Kein Wunder, dass sich die Einrichtung einen exzellenten Ruf erworben hat. Das hat sie vor allem Vera Hummel zu verdanken, die bereits 2004 am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart eine Lernfabrik für Advanced Industrial Engineering mit aufgebaut hat. Seit 2010 treibt sie als Professorin für Logistik an der ESB die Idee voran. Als einzige Hochschule für Angewandte Wissenschaften war Reutlingen 2012 Gründungsmitglied der Initiative europäischer Lernfabriken.

## Der Mensch bleibt wichtig

Ziel der Lernfabrik ist natürlich: Lernen. Angehende Wirtschaftsingenieure der ESB Business School können hier die neuesten Technologien rund um Industrie 4.0 ausprobieren, auch Unternehmen aus der Region sind eingeladen, innovative Fertigungsprozesse zu testen. Außerdem möchte das Forscherteam herausfinden, wie sich das Zieldreieck aus Zeit, Kosten und Qualität in künftigen Fabriken optimieren lässt, die keine Massenprodukte mehr herstellen, sondern Einzelanfertigungen – auch bei den Rollern gleicht keiner dem anderen. Diese Optimierung soll auch den Menschen dienen. So erkennt der Arbeitsplatz, wer daran arbeitet und passt Abläufe und Informationsbereitstellung individuell an. Ein junger Mitarbeiter erledigt viele Arbeiten manuell schneller, sein älterer Kollege bevorzugt dagegen vielleicht die Unterstützung durch einen kollaborativen Roboter. Intuition und Erfahrungswissen bleiben wichtig, dennoch bedarf es neuer Formen der Qualifizierung. Sicher sei, so Vera Hummel: „Mehr Roboter bedeuten nicht mehr Arbeitslosigkeit – sondern gezielte Arbeitsteilung.“

## Stolperfalle Teamwork

Digitalisierung hin oder her – oft sind es die simplen Dinge, an denen Prozesse scheitern. Zum Beispiel an mangelnder Abstimmung zwischen Teams. So hat das „Studierenden-Team Logistik“ Transportbehälter konzipiert und gebaut, die Bauteile nach dem Kanban Prinzip am Arbeitsplatz bereitstellen sollen. Leider gab es keinen Austausch mit dem Team „Arbeitssystemgestaltung“, das für die Regale zuständig war. Die Folge: Die Behälter waren zu groß für die Zuführung des Regalsystems. Vera Hummel greift bewusst nicht ein. „Die Studierenden sollen lernen, solche Probleme selbst zu lösen. So vertiefen sie ihre Handlungskompetenz und lernen das System Fabrik verstehen.“

Ab Sommer 2018 ist die Interimslösung in Gebäude 12 hoffentlich Geschichte. Dann zieht die Lernfabrik in ein neues Gebäude, das gerade am Parkplatz an der Altburgstraße errichtet wird. Nicht nur deshalb sieht Vera Hummel die Zukunft der Lernfabrik rosig: „Wir achten auf eine nachhaltige Verankerung der Lernfabrik in der Hochschule und in der Region.“ Zusammen mit den Kollegen Professor Daniel Palm und Professor Peter Ohlhausen findet sie auch als Testumgebung ihren Einsatz im Reutlinger Zentrum für Industrie 4.0 – einer Kooperation der ESB Business School mit den Fraunhofer Instituten IAO und IPA aus Stuttgart. Mehr zur Erfolgsgeschichte der ESB Logistik-Lernfabrik erfahren Sie im Hochschulmagazin *campus* auf Seite 67.

BERND MÜLLER

## INDUSTRY 4.0 IN FOCUS

The ESB Business School's logistics learning factory has made a name for itself beyond Reutlingen. Students can come here to learn the latest factory processes. The facility also helps to develop modern work environments in the era of industry 4.0. In summer 2018 the logistics learning factory moves into a new, purpose-built home.



# Das Auto erkennt Gesten und Grimassen

*Das autonome Fahrzeug kommt. Wächst damit das Unfallrisiko, etwa für Fußgänger? Professor Cristóbal Curio will das verhindern mit Algorithmen, die auch die Intention von Personen verstehen. Dabei kommt auch Hollywood-Technik zum Einsatz.*

„Das Problem beim autonomen Fahren ist der Mensch.“ Dieser provokante Satz stammt von keinem Geringeren als Rodney Brooks, Pionier für Robotik und Künstliche Intelligenz am MIT in Boston. Wie viele Pioniere seiner Zunft hat sich der Kognitionswissenschaftler mit zunehmendem Alter und Bekanntheitsgrad zu einem kritischen Mahner gewandelt. Brooks Aussage ist also keineswegs eine Klage über menschliches Unvermögen, sondern eine Mahnung an die Automobilhersteller, bei aller Technik-euphorie den Menschen nicht zu vergessen.

## Vorsicht beim Rückwärtseinparken

Cristóbal Curio müsste demnach ganz nach dem Geschmack von Rodney Brooks sein. Der Professor für Kognitive Systeme an der Fakultät Informatik der Hochschule Reutlingen möchte durch seine Forschung zu einer fruchtbaren Koexistenz von Mensch und Maschine beitragen. Anwendungsgebiete gibt es genügend. Zum Beispiel die boomende Mensch-Roboter-Kollaboration in Fabriken, wo Roboter direkt mit Personen zusammenarbeiten und diese nicht verletzen dürfen. Oder eben im Straßenverkehr, wenn eines nicht allzu fernen Tages Autos ohne Chauffeur durch die Städte fahren. Beim Rückwärtseinparken oder beim Überfahren eines Zebrastreifens muss das Fahrzeug in Sekundenbruchteilen entscheiden, ob die Person am Straßenrand das nahende Fahrzeug wahrgenommen hat und stehen bleibt, oder ob sie plötzlich losläuft. „Das erfordert eine technische Wahrnehmung der Umgebung“, so Curio, „denn der Mensch sendet ja keine Daten über sein Verhalten.“

Tests können erstmal nicht im realen Straßenverkehr stattfinden und schon gar nicht mit Personen aus Fleisch und Blut. Also verlagert Curio seine Versuche in den Computer. Wie das abläuft, demonstriert er auf seinem riesigen Bildschirm. In einer verblüffend echten Simulation fährt ein Auto eine Straße entlang, auf dem Gehweg unterhalten sich zwei Männer, Avatare genannt, einer winkt plötzlich in Richtung des Autos und läuft darauf zu. Einfach weiterfahren oder anhalten? Aus der Augenbewegung schließt die Software, dass der Fußgänger einen Insassen des Autos erkannt hat – also besser anhalten.

## Technik aus Hollywood

Doch wie kommt das Verhalten von Menschen in den Rechner? Es gibt viele Datenquellen über Personen im Straßenverkehr, die allerdings keine Aussage enthalten, was diese Personen als nächstes tun werden. „Wenn diese Daten zur Intention nicht vorliegen, muss man sie selbst erzeugen“, so Curio. Er nutzt dafür das Motion Capture Labor an der Hochschule Reutlingen, kurz MoCap 4.0, das selbst Filmproduzenten in Hollywood neidisch machen könnte. 20 Kameras unter der Decke des komplett schwarzen Raums nehmen Gesten und sogar Grimassen des Gesichts einer Person im Raum auf und übersetzen sie in Bewegungsdaten für den Computer. Dazu werden am Körper oder im Gesicht reflektierende Punkte befestigt und von den Kameras verfolgt. In Kinofilmen wird die Technik benutzt, um menschliche Bewegungen möglichst realitätsgetreu auf computeranimierte Gestalten zu übertragen. Die verblüffend echt wirkenden Gesten in Blockbustern wie Avatar oder Planet der Affen wurden so erzeugt.

Curio's Forschung ist hoch praxisrelevant. Im Projekt „Offene Fusions-Plattform“ arbeitet der Informatiker mit Zulieferunternehmen aus der Automobilindustrie zusammen, darunter Conti und Hella sowie Forschern vom DLR in Braunschweig, auch Street Scooter Research in Aachen ist in dem Projekt dabei, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird. Ziel des Projekts ist, die Intention von Fußgängern zu erkennen, so dass autonome Fahrzeuge darauf reagieren können.

## Vibrierender Gürtel

In autonomen Autos wird der Fahrer nicht arbeitslos, in kritischen Situationen muss er weiterhin eingreifen. Wenn das Fahrzeug nicht zweifelsfrei erkennt, ob ein Fußgänger auf die Straße laufen wird, muss es den Fahrer blitzschnell warnen. Zum Beispiel mit einem vibrierenden Gürtel, den der Fahrer um den Bauch trägt. Er hat mehrere vibrierende Segmente, die signalisieren, aus welcher Richtung die Gefahr droht. Der Gürtel wurde auch bereits erfolgreich getestet, um blinde Menschen zu lotsen. Eines Tages könnten wir alle smarte Textilien tragen, die durch Vibration Gefahren im Alltag melden, so Curio: „Wie ein sechster Sinn.“

Lesen Sie mehr über die Navigation für blinde Menschen im Hochschulmagazin *campus* auf Seite 46.

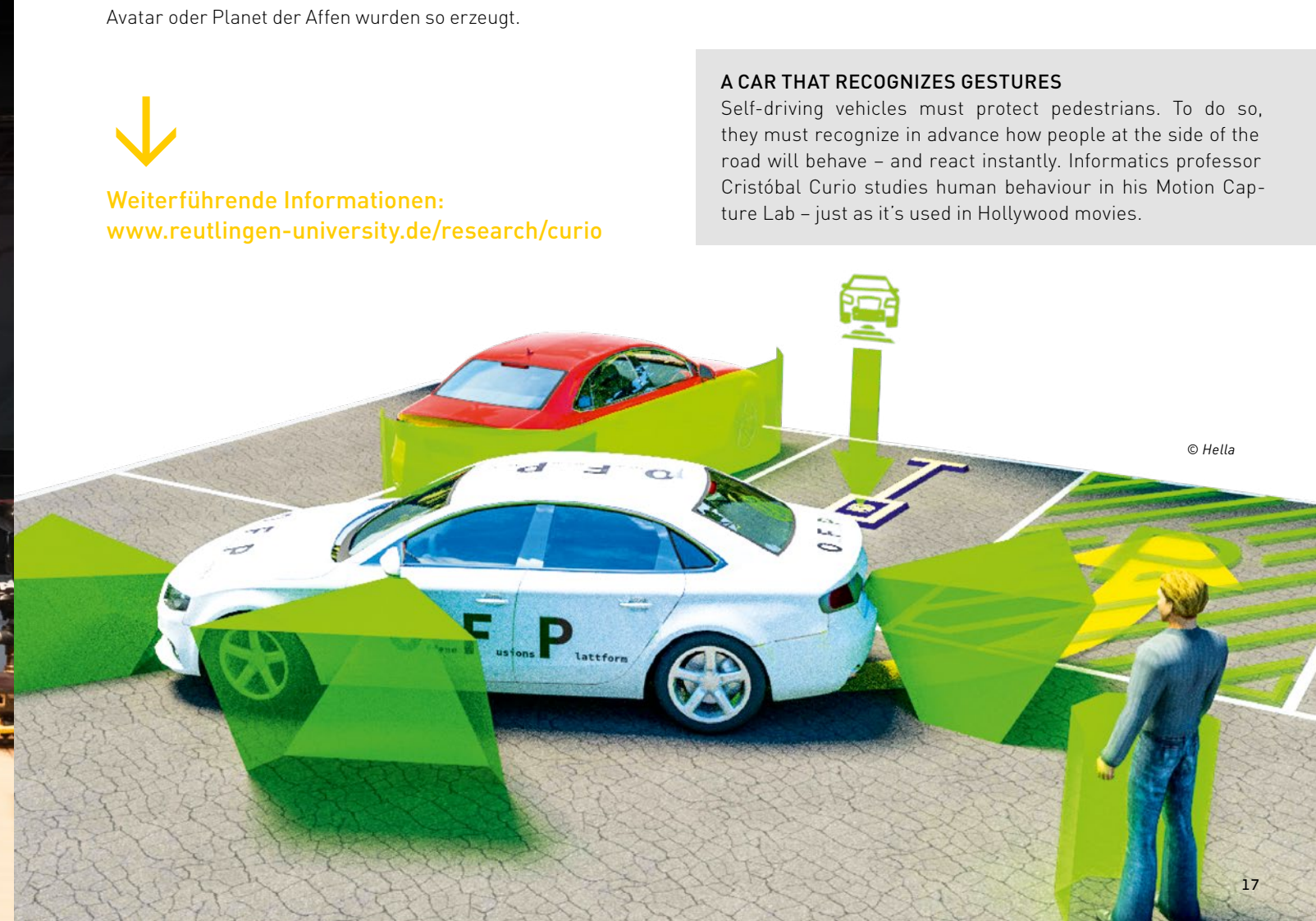
BERND MÜLLER



Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/curio](http://www.reutlingen-university.de/research/curio)

## A CAR THAT RECOGNIZES GESTURES

Self-driving vehicles must protect pedestrians. To do so, they must recognize in advance how people at the side of the road will behave – and react instantly. Informatics professor Cristóbal Curio studies human behaviour in his Motion Capture Lab – just as it's used in Hollywood movies.





# Mehr Wissen mit weniger Licht

Die **optische Spektroskopie** ist der Tausendsassa unter den chemischen Analysemethoden. Durch Lichtabsorption lassen sich kleinste Materialveränderungen in Werkstoffen, Lebensmitteln oder erkranktem Gewebe aufspüren. Doch für die Industrie und Kliniken sind die Methoden oft zu kompliziert und zu teuer. Hier setzen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Hochschule Reutlingen Maßstäbe – mit neuartigen Spektroskopie-Sonden, die Prozesse automatisieren und verlässlichere Ergebnisse liefern.

BERND MÜLLER

## GREATER KNOWLEDGE WITH LESS LIGHT

Optical spectroscopy can pinpoint the tiniest changes in materials, food, or diseased tissue. Yet the methods are often complex and expensive. Researchers at Reutlingen University are working on new spectroscopic probes which can automate the processes and deliver more reliable results.

## Technik gegen Tumore

Gutartig oder bösartig? Diese Frage belastet nicht nur Patienten, auch Ärzte tapen bei der Diagnose oft im Dunkeln. Einen Tumor der Mundschleimhaut ist unter dem Mikroskop nicht leicht zu erkennen, es passieren immer wieder Fehler. Die möchte Mona Stefanakis künftig vermeiden. Mit einer Kombination aus Spektroskopie und UV-Licht unterschiedlicher Lichtwellenlängen hat die Doktorandin im Promotionskolleg der Hochschule Reutlingen und der Universität Tübingen ein Diagnoseverfahren entwickelt, das den Pathologen bei seiner Arbeit unterstützt. Es ist schneller und kostengünstiger – und verlässlicher. „Der Arzt weiß künftig besser, welches Gewebe er weg-schneiden muss“, verdeutlicht Stefanakis. Lesen Sie mehr dazu auf Seite 22.



© Wood Kplus

## Messen ist besser als Fühlen

Schöne Maserung, raue Oberfläche – der Tisch ist ganz offensichtlich aus edlem Holz. Bei näherem Hinschauen entpuppen sich viele Oberflächen allerdings als Imitat, als imprägniertes Papier auf einer Spanplatte. Weil die Nachfrage dafür wächst, wünscht sich die Industrie hochautomatisierte Fertigungsprozesse. Doch gerade bei der Qualitätskontrolle gibt es noch viel zu tun – insbesondere im Hinblick auf Industrie 4.0. In der Regel verlässt man sich auf grobe technologische Tests, um zu prüfen, ob Feuchtegehalt und Härte stimmen, wenn das Papier die Imprägniermaschine verlässt.

Professor Andreas Kandelbauer möchte Abhilfe schaffen. Mittels Infrarotspektroskopie will der Chemiker verstehen, was beim Imprägnieren passiert und an welchen Prozessparametern man drehen muss, um ein möglichst perfektes Ergebnis zu bekommen – in Echtzeit. Das Projekt läuft bis 2018, eine Verlängerung bis 2022 ist geplant.

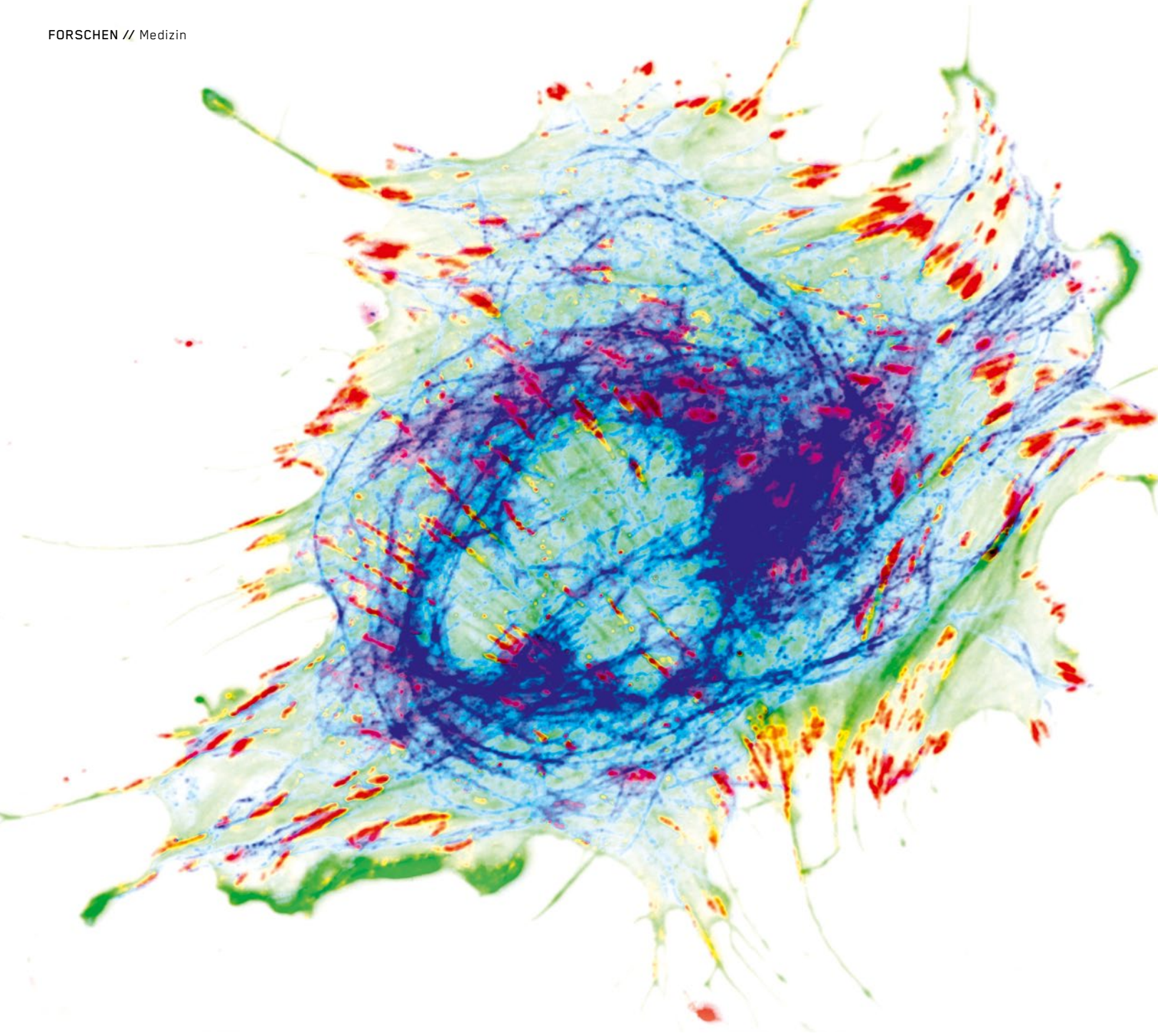
## Prozesskontrolle statt Endkontrolle

Zu bitter. Wenn eine Limonade komisch schmeckt, kann das an einer falschen Dosierung von künstlichen Süßstoffen liegen. Den Getränkeherstellern fällt es schwer, die genaue Dosierung zu überwachen, die bisherigen automatischen Analysemethoden versagen bei Zuckerersatzstoffen. Ein Ausweg ist eine kombinierte Raman-Fluoreszenz-Sonde, die mit Spektroskopie den Gehalt direkt in der vorbeifließenden Limonade misst. Bei Abweichungen kann das Personal sofort die Dosierung ändern und nicht wie bisher erst Stunden später nach einer Probenentnahme. Die Tests seien vielversprechend, so Barbara Boldrini, Chemikerin im Team von Professor Karsten Rebner und Edwin Ostertag, der selbst promovierter Lebensmittelchemiker ist. Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt läuft bis 2019, dann soll die Sonde serienreif sein.



© KHS GmbH/ frankreinhold.com





# Mikrokanäle für die Krebsforschung

Wie breiten sich **Tumorzellen** im Körper aus und bilden Metastasen? Ein mit Mikrosystemtechnik hergestellter Analysechip könnte Antworten liefern. Entwickelt hat ihn Ralf Kemkemer, Professor an der Fakultät Angewandte Chemie.

Krebs! Die Diagnose ist für Betroffene erstmal ein Schock. Doch die Medizin macht große Fortschritte und bei vielen Krebsarten sind die Heilungschancen heute gut. Anders sieht es aus, wenn der Arzt Metastasen in anderen Organen findet. Dann hat der Patient kaum Aussicht auf Heilung. Wie sich Metastasen bilden, ist deshalb eine Frage, an der weltweit unter Hochdruck geforscht wird. Manches ist bekannt, etwa dass Krebszellen elastischer sind als gesunde Zellen und dass Bruchstücke von Zuckermolekülen bei der Bildung von Metastasen eine Rolle spielen. Viele Prozesse liegen aber noch im Dunkeln. Um Tumorzellen, die durch das Lymph- oder Blutssystem vagabundieren, auf die Schliche zu kommen, benötigt die medizinische Forschung ausgefeilte Analysewerkzeuge.

Eines kommt aus Reutlingen. Dort arbeitet Professor Ralf Kemkemer an so genannten Mikrochip-Assays, mit denen Mediziner das Wandern von Tumorzellen genauer als bisher untersuchen können. Das Assay ist ein kleiner Plastikchip, der durch Belichten eines Fotolacks und Ätzen strukturiert wird. Diese Struktur wird in ein Polymer übertragen, das dann die erforderlichen Aussparungen enthält.

Das Assay made in Reutlingen hat ein Reservoir, in das Krebsforscher eine Lösung mit Tumorzellen geben. Bei genauem Hinschauen erkennt ein scharfes Auge feine Kanäle, die von diesem Reservoir nach außen führen. Legt man zwischen innen und außen ein elektrisches Feld oder ein chemisches Gefälle an, bewegen sich die Tumorzellen durch diese Kanäle nach draußen. Eine Kamera zeichnet die Bewegung in einem Zeitrafferfilm auf.

## Dick durch dünn

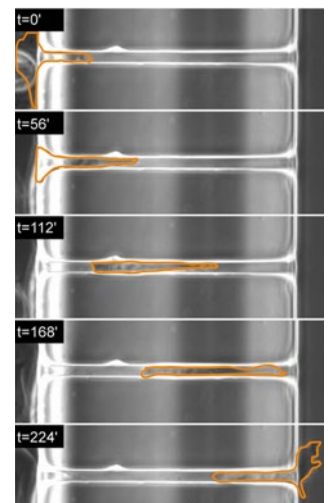
Das Problem: mit drei bis 15 Mikrometer Breite und zehn Mikrometer Höhe sind die Kanäle eigentlich zu eng für Zellen. Dass Tumorzellen dennoch durchschlüpfen, liegt an ihrer Fähigkeit, sich zu verformen. Genau diese Elastizität hilft den Tumorzellen auch im Körper, um aus der extrazellulären Matrix zwischen den Zellen zu entkommen und vom Blut fortgetrieben zu werden – das weiß man aus Tierversuchen. Wer eine Methode findet, dieses Durchquetschen der Tumorzellen durch das faserige Stützgewebe zu verhindern, etwa indem man die Elastizität der Zellen durch ein Medikament herabsetzt, dürfte den Nobelpreis sicher haben. Das Assay hilft, dieses Verhalten zu beobachten und künftige Therapieansätze zu bewerten. Eine Methode zur Krebsdiagnose für Patienten sei das Assay aber nicht, so Kemkemer, „es ist ein reines Forschungswerkzeug“.

Ralf Kemkemer kommt zugute, dass er beide Welten kennt: Er hat sowohl Physik als auch Biologie studiert und in Biophysik promoviert. Bevor er 2012 an die Hochschule Reutlingen kam, hat er die zentrale wissenschaftliche Einrichtung für Biomaterialien am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart geleitet, davor gründete er eine Firma für Messtechnik. Jetzt ist Kemkemer Prodekan und Leiter des Studiengangs biomedizinische Wissenschaft sowie Sprecher des kooperativen Promotionskollegs mit der Universität Tübingen mit derzeit zwölf Doktorandinnen und Doktoranden, 6 davon in Reutlingen. Woran diese unter anderem forschen erfahren Sie auf Seite 22 und im Hochschulmagazin camplus auf Seite 32.

## Lithografie und Reinraum im Selbstbau

Studierende, Doktoranden und die Laboringenieurin Kiriaki Athanasopulu unterstützen ihren Professor, anders wären Erfolge wie die Entwicklung des Mikro-Assays nicht möglich. Zum Belichten der Strukturen auf dem Chip ist ein Fotolithografie-Gerät notwendig, das normalerweise Hunderttausende Euro kostet und für eine Hochschule unerschwinglich ist. Also hat das Team einfach selbst einen solchen Apparat gebaut. Mit UV-LEDs, Elektronik, Optik sowie einer kleinen Reinraumkammer mit Filter passt er auf einen Tisch und kostet weniger als 1000 Euro. So reichten auch die rund 130.000 Euro, die der Lehrstuhl aus dem Projekttopf vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg bekam, weitere rund 70.000 Euro gingen an die Universitäten Heidelberg und Stuttgart.

BERND MÜLLER



## MICROSYSTEMS FOR CANCER RESEARCH

Metastases occur when tumour cells spread through the body. The cells squeeze through the supporting tissue and enter the bloodstream. Medical researchers aim to find out exactly how this happens. They are aided by an analysis chip created by Professor Ralf Kemkemer using microsystems engineering at Reutlingen University.



Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/kemkemer](http://www.reutlingen-university.de/research/kemkemer)



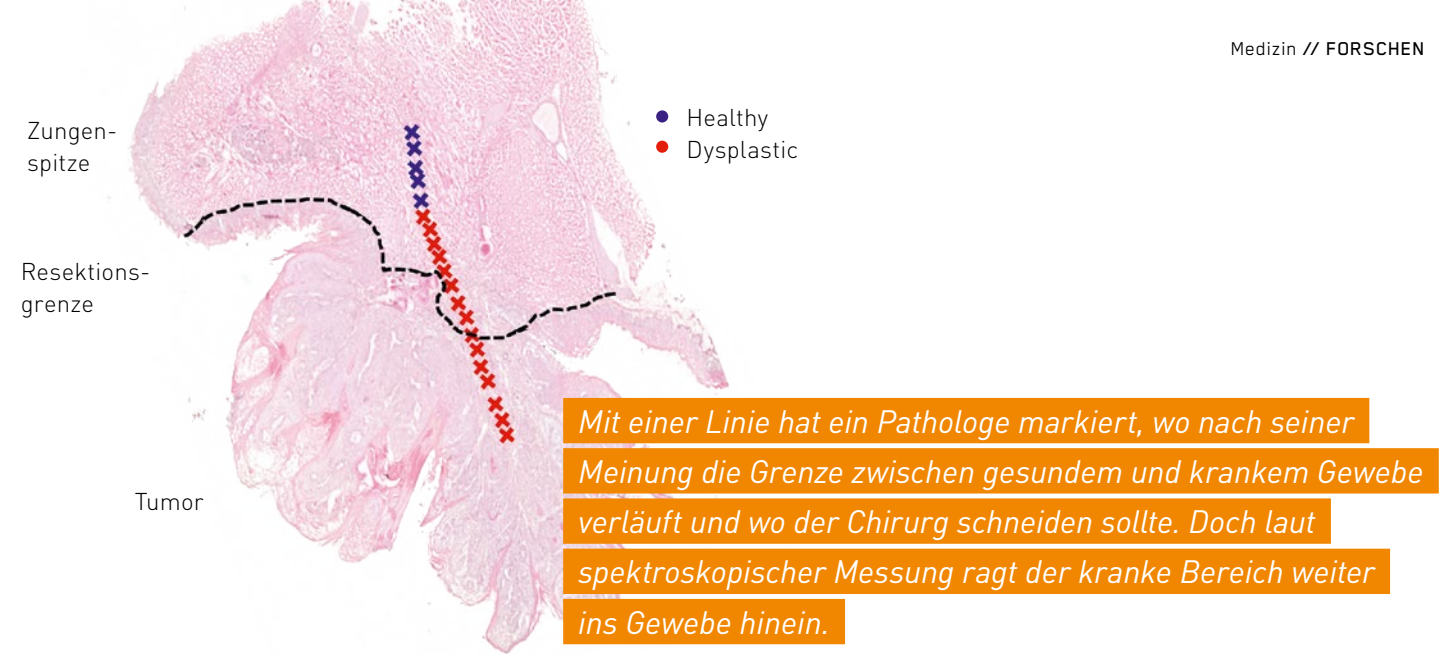
# Entscheidungshilfe für den richtigen Schnitt

*Gutartig oder bösartig? Bei **Kopf-Hals-Karzinomen** verlassen sich Pathologen bisher auf ihre Erfahrung – mit dem Risiko der Fehldiagnose. Eine Kombination aus zwei spektroskopischen Verfahren soll die Fehlerquote senken.*

Bei der Operation eines Tumors hat der Chirurg die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten – beide sind schlecht: Schneidet er zu wenig Gewebe weg, kommt der Tumor später vielleicht wieder, schneidet er zu viel weg, kann das die Lebensqualität des Patienten deutlich einschränken. Beim Ansetzen des Schnitts muss sich der Chirurg auf den Pathologen verlassen, der vorher unter dem Mikroskop hoffentlich sorgfältig untersucht hat, wo die Grenze zwischen gesundem und krankem Gewebe verläuft. Wie schwer das ist, zeigt das Beispiel der Kopf-Hals-Karzinome, womit im wesentlichen Tumore im Mund- und Rachenraum gemeint sind, die zu den zehn häufigsten Tumorerkrankungen zählen. Der Pathologe nimmt eine Gewebeprobe, färbt sie ein und untersucht sie unter dem Mikroskop. Ob die Diagnose stimmt, hängt von der Erfahrung des Pathologen ab und von einer Portion Glück. Wird ein und dieselbe Gewebeprobe von zwei Pathologen untersucht, kommt es bei etwa 20 Prozent der Untersuchungen zu widersprüchlichen Ergebnissen.

### Aus zwei mach eins

Das soll sich mit einem neuen Diagnoseverfahren von Edwin Ostertag, Postdoc an der Hochschule Reutlingen, und Doktorandin Mona Stefanakis ändern. Es basiert auf Spektroskopie, einer Gruppe physikalischer Methoden, um die Eigenschaften von Stoffen zu untersuchen. Die Arbeitsgruppe von Professor Karsten Rebner nutzt in diesem Fall die klassische optische Spektroskopie – allerdings mit einem Trick: Sie kombiniert zwei Varianten in einer Apparatur. Die Gewebeprobe wird dabei sowohl von hinten als auch von vorn mit Halogenlicht beleuchtet. Das Licht, das von vorn auf die Probe trifft, wird vom Gewebe gestreut, was in der Kamera ankommt, gibt Auskunft über die Struktur des Gewebes. Das Licht, das von hinten kommt, wird teilweise im Gewebe geschluckt und zurückgeworfen, was eine Aussage über die chemische Zusammensetzung erlaubt. Hier ist besonders der nicht sichtbare ultraviolette Anteil des Lichts interessant. Beide Aufnahmen erfolgen gleichzeitig, weil die Wege der Lichtstrahlen in der Apparatur kombiniert werden.



Mit einer Linie hat ein Pathologe markiert, wo nach seiner Meinung die Grenze zwischen gesundem und krankem Gewebe verläuft und wo der Chirurg schneiden sollte. Doch laut spektroskopischer Messung ragt der kranke Bereich weiter ins Gewebe hinein.

Für den Pathologen hat die neue Methode Vorteile. Er muss das Gewebe nicht vorher anfärben, dies beschleunigt den Arbeitsprozess. Und die Auswertung übernimmt eine Software. Sie markiert im Bild die gesunden und die kranken Bereiche. Von 100 Messungen gibt es bei circa acht Fällen eine Abweichung zwischen dem Urteil der Software und dem des Pathologen, hat Stefanakis bei Tests festgestellt. Gerade bei diesen unklaren Fällen könnte das neue Verfahren die Trefferquote erhöhen und Leben retten. „Wir wollen den Pathologen aber nicht überflüssig machen, er trifft immer die letzte Entscheidung“, versichert Ostertag.

### Software für umstrittene Fälle

Welchen Qualitätssprung das neue Verfahren für die Pathologen und damit auch für die Chirurgen und Patienten bringt, demonstriert Mona Stefanakis an einem Bild, das einen Schnitt durch das Zungengewebe einer Maus zeigt. Mit einer Linie hat ein Pathologe markiert, wo nach seiner Meinung die Grenze zwischen gesundem und krankem Gewebe verläuft und wo der Chirurg schneiden sollte. Doch laut spektroskopischer Messung ragt der kranke Bereich weiter ins Gewebe hinein, der Chirurg sollte also mehr

wegschneiden, um auf Nummer sicher zu gehen. „Mit unserer Methode weiß der Arzt künftig besser, welches Gewebe er entfernen muss“, so Mona Stefanakis, die Stipendiatin im gemeinsamen Promotionskolleg der Hochschule Reutlingen und der Universität Tübingen ist.

Noch befindet sich die neue Tumordiagnose im Laborstadium. „Am liebsten würden wir gleich morgen mit einem Entwicklungsprojekt loslegen“, sagt Edwin Ostertag. Doch dazu brauche man Partner, die das Projekt finanzieren. Etwa 30 Firmen weltweit kämen dafür infrage. Ostertag ist optimistisch dass es bald losgehen kann. Für den promovierten Lebensmittelchemiker ist die Erfindung erst der Anfang vielversprechender neuer Diagnoseverfahren für die Medizin und andere Anwendungen, etwa in der Qualitätssicherung von Lebensmitteln.

Lesen Sie mehr über das Promotionskolleg im Hochschulmagazin campus auf Seite 32.

BERND MÜLLER

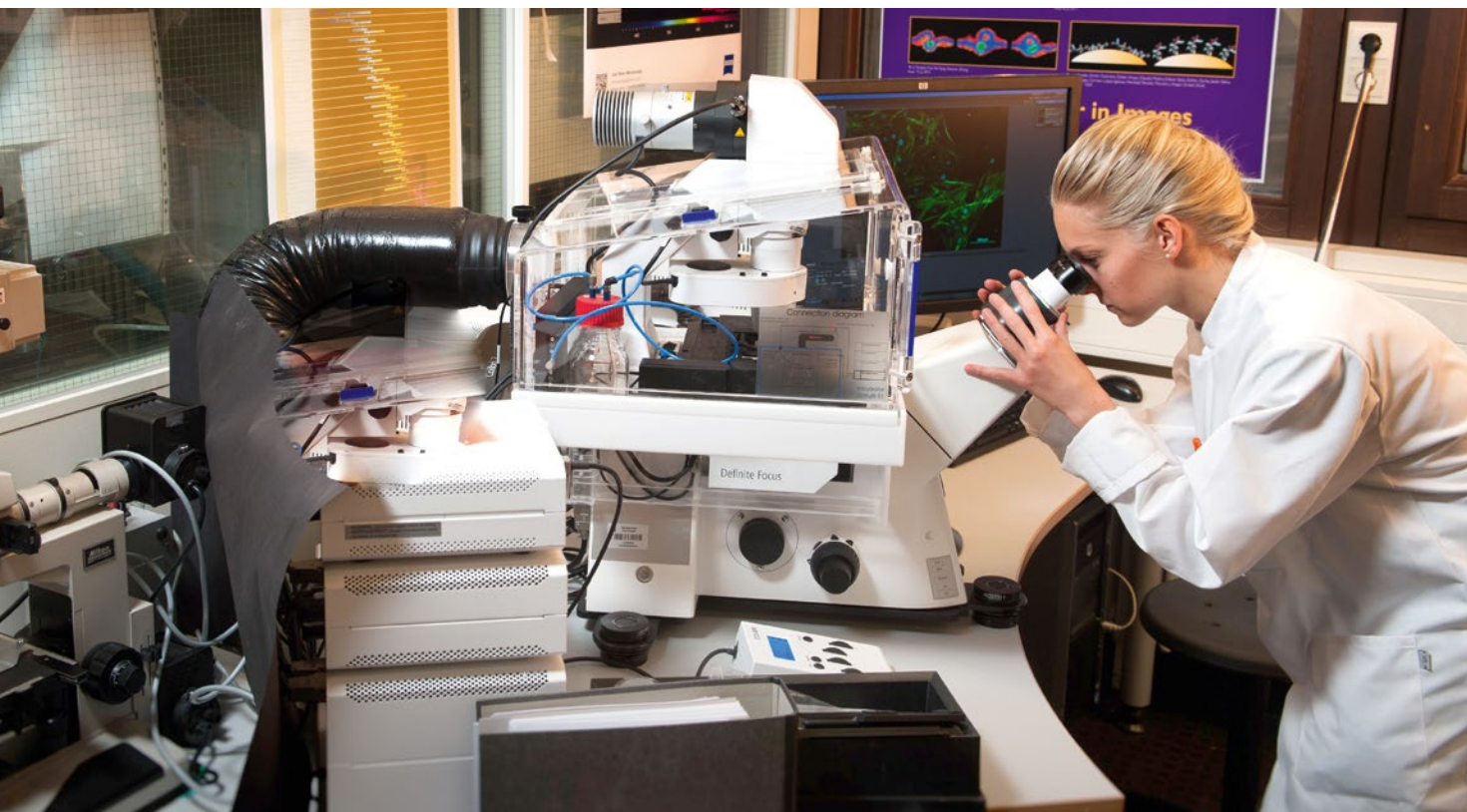
→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/ostertag](http://www.reutlingen-university.de/research/ostertag)



Das Untersuchungslicht wird teilweise im Gewebe geschluckt und erlaubt eine Aussage über die chemische Zusammensetzung (Hellfeld). Der gestreute Teil des Lichts offenbart die Struktur des Gewebes (Dunkelfeld).

### DECISION-MAKING SUPPORT IN CANCER SURGERY

Whether tissue is healthy or malign – a pathologist decides on the basis of his or her experience. Yet the results are not always reliable, says doctoral researcher Mona Stefanakis. Working with Edwin Ostertag, she has developed a diagnostic process combining two spectroscopic methods; it is designed to help pathologists assess head and neck cancers.





# Tortenguss für eine Wunde

Biomedizinische Forschung vom Feinsten: Professorin Petra Kluger züchtet Biomaterialien für die **Behandlung tiefer Wunden**.

Wenn wir uns verbrennen, verletzen oder krank sind, erleidet unsere Haut mitunter tiefe Wunden. Sind nur die obersten beiden Hautschichten zerstört, gibt es „smarte Pflaster“, gezüchtet aus patienteneigenen Zellen, die mit dem umliegenden Gewebe verwachsen und so die Wunde schließen. Doch was wenn die Verletzung noch tiefer geht und auch das darunterliegende Fettgewebe betroffen ist?

Petra Kluger, Professorin für Tissue Engineering und Biofabrication an der Hochschule Reutlingen, entwickelt zusammen mit der Universität Konstanz und der Universität Hohenheim eine neuartige Behandlungsmöglichkeit für solche Verletzungen. Gefördert wird das Projekt im Rahmen des Programms Glykobiologie des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst. Es handelt sich um die extrazelluläre Matrix, das Gerüst zwischen den Zellen, das diese selbst bilden und das dem Gewebe seine spezifische Struktur gibt. Diese Matrix ist je nach Gewebe unterschiedlich: Knochenzellen bilden eine sehr feste Knochenmatrix, Hautzellen bilden eine weiche Hautmatrix. „Durch eine spezielle Diät binden die Zellen nun besondere Bausteine in die Matrix ein und verändern so deren Eigenschaften“, erklärt Kluger.

### Gewebe mit Druckknopf

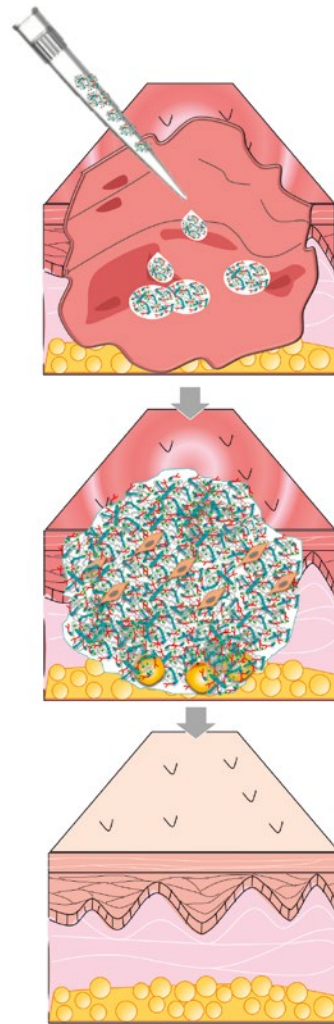
Besonders zwei Fähigkeiten soll die neue Matrix haben: Um Implantate zu beschichten, muss sie gut haften, als Füllmaterial für Wunden muss sie schnell aushärten.

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/kluger](http://www.reutlingen-university.de/research/kluger)

Dazu füttert die Professorin der Forschungsgruppe Smart Biomaterials die Zellen im Labor mit speziellen Zuckermolekülen: „Die Matrix bekommt dadurch so etwas wie einen Druckknopf, über den sie sich fest mit anderen Materialien verbindet, die das Gegenstück besitzen.“

Die Vision: Die extrazelluläre Matrix fließt wie Tortenguss in eine Wunde, dort wird sie fest, die körpereigenen Zellen besiedeln sie, bauen sie weiter auf und die Wunde schließt sich. Bis es wirklich so weit ist, werden aber noch ein paar Jahre vergehen. Denn Petra Kluger und ihr Team müssen noch viel über die „gezuckerte“ Matrix und das Zusammenspiel mit den Zellen herausfinden, Erkenntnisse dazu gibt es weltweit kaum. Wo genau bauen die Zellen den Zucker ein, den sie fressen? Welcher Zucker eignet sich am besten? Wie gelingt es, die fast flüssige Matrix auszuhärten? Die Antworten auf diese Fragen versprechen Fortschritte in vielen Bereichen der Biomedizin, zum Beispiel auch in der Entwicklung von Biotinten für den 3D-Druck. Lesen Sie mehr dazu auf Seite 34!

LILITH LANGEHEINE



© Ann-Cathrin Volz

### LIKE JELLY ON A WOUND

Professor Petra Kluger is developing a biomaterial to heal deep wounds. She feeds cells with special sugar molecules, giving the material specific properties. The aim is that in several years this material can flow into a wound like warm jelly, solidify, and close the wound.

# Zuhören. Fragen. Lösen.

Professor Volker Jehle forscht mit Kollegen aus fast allen Fakultäten an **Smart Textiles**.



„Wer interdisziplinär forschen will, muss vor allem eins können: Zuhören.“ Professor Volker Jehle von der Fakultät Textil & Design weiß, wovon er spricht. Seit fast 25 Jahren arbeitet er in der Textilforschung. Kaum ein Tag vergeht, an dem er sich nicht mit Maschinenbauern, Technikern oder Informatikern austauscht. Man müsse offen sein, sich immer wieder in neue Themen hineindenken und viele Fragen stellen. „Die klassische Textiltechnik gibt es nicht mehr. Es ist immer wieder spannend, wer da alles zu uns kommt“, so Jehle. Er hat schon am Schutz von Wiedereintrittskapseln in der Raumfahrt mitgearbeitet, Kühlelemente für die Plasmaphysik mitentwickelt und Nassvliese für die Aufbereitung von Wasser – ein wahrer Generalist also.

### Intelligente Garne

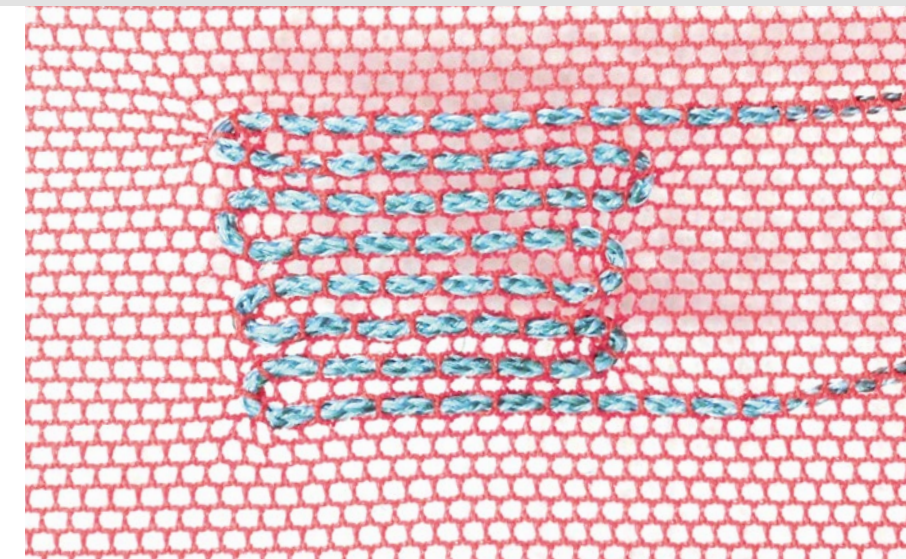
Sein neuestes Forschungsfeld: piezoelektrische Garne. Die Idee dahinter ist folgende: Wenn wir Materialien mit dem so genannten piezoelektrischen Effekt verformen, verschieben wir Ladungen und erzeugen dadurch Spannung. Ganz ähnlich entsteht der Funke bei einem Feuerzeug, nur dass wir dort nicht Textilien sondern piezokeramische Kristalle zusammendrücken. Die Spannung liefert Informationen über das Material, zum Beispiel über die Passform eines BHs: Besonders viel Spannung wird dort gemessen, wo sich der Stoff (zu) stark dehnt, besonders wenig, wenn der BH zu locker sitzt. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert die Entwicklung eines speziellen 3-Komponenten-Garns für genau diesen Einsatz.

### Funktional und trotzdem kuschlig weich

Auch die Smart Textiles sind ein Beispiel für die fachübergreifende Forschung von

### LISTEN. INQUIRE. FIND SOLUTIONS.

Functional and yet soft. The electronics not on the textile, but right inside it. That is the goal of Professor Volker Jehle's research. His work is interdisciplinary. His team is working on creating a thread with piezoelectric properties; colleagues from Engineering are helping with signal processing, others from Informatics with data transmission to the smartphone.



Volker Jehle und seinem Team am Zentrum für Interaktive Materialien (IMAT). Denn die Entwicklung des Garns allein reicht nicht. Die erzeugte Spannung ist meist so gering, dass sie verstärkt werden muss. Aber um wie viel? Wie werden die Signale verarbeitet? Und wie erfolgt die Übertragung, etwa an ein Smartphone? Hier sind Kollegen aus der Technik und Informatik gefragt.

Alle Smart Textiles Lösungen die heute schon marktreif oder auf dem Weg dorthin sind, haben eins gemeinsam: Die Elektronik, sei es eine Platine, Leiterbahn oder Elektrode, wird auf dem Textil befestigt.

Anders die Idee von Jehle: „Indem wir Stoff aus unserem Garn weben, integrieren wir die Elektronik direkt ins Textil.“ Zwar ist der Weg zu einem alltagsfähigen Produkt noch etwas weiter, aber das Warten lohnt sich: der Tragekomfort steigt immens.

Auch Studierende der Hochschule Reutlingen haben die Möglichkeit, in interdisziplinären Teams spannende Forschungsprojekte im Bereich Smart Textiles zu bearbeiten. Lesen Sie mehr dazu im Hochschulmagazin *campus* auf Seite 20.

LILITH LANGEHEINE



# Märkte der Zukunft

Professor Philip von Carlowitz ermittelt Erfolgsfaktoren für ein Geschäft in **Subsahara-Afrika**.

Schnellwachsende Volkswirtschaften, eine deutliche Verbesserung der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, überdurchschnittliches Bevölkerungswachstum: in Subsahara-Afrika liegen vielversprechende Zukunftsmärkte – auch für deutsche Unternehmen. Die sind dort jedoch noch wenig aktiv. Sie scheuen das Risiko, investieren lieber in vermeintlich sicherere Märkte. Laut Philipp von Carlowitz, Professor an der ESB Business School, ein strategischer Fehler: „Man muss jetzt die Fahne hissen und Kontakte aufbauen, um in 10 Jahren erfolgreich Geschäfte zu machen.“ Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg und den Afrika-Verein der deutschen Wirtschaft e.V. geht der Forscher daher der Frage nach: Worauf müssen deutsche Unternehmen achten, um in Subsahara-Afrika ein erfolgreiches Geschäft aufzubauen?

Hierzu spricht er mit Unternehmen, die bereits in dieser Region aktiv sind, allerdings meist nur über lokale Distributoren. Ergänzend interviewt er erfolgreiche, afrikanische Firmen vor Ort, die die lokalen Märkte gut kennen. Eine Publikation der Ergebnisse ist für 2018 geplant.

Kann der Forscher bereits jetzt eine Empfehlung geben? „Die lokale Präsenz ist Key“, weiß Carlowitz. Das Geschäft dort sei sehr personen- und vertrauensbezogen, daher sollte man vor Ort Gesicht zeigen und sich ein lokales Netzwerk aufbauen. „Außerdem ist das die beste Methode, um unverfälschte Marktinformationen zu erhalten.“

MARIJANA TOMIN

Fragen zum Thema beantwortet  
Professor Philipp von Carlowitz:  
[philipp.von-carlowitz@reutlingen-university.de](mailto:philipp.von-carlowitz@reutlingen-university.de)

## MARKETS OF THE FUTURE

Future global markets are evolving in Sub-Saharan Africa. German companies have not been very active in the region so far. Professor Philipp von Carlowitz is uncovering the most important factors for successful business. It soon became clear that patience and being present are the keys to success.



# Die dunkle Seite der Innovation

Jedes Unternehmen will innovativ sein. Denn wer regelmäßig neue Produkte auf den Markt bringt, hat die Nase vorn – zumindest auf den ersten Blick. Doch es gibt auch eine **Schattenseite der Innovation**: zunehmend komplexere Geschäftsprozesse. Wie Unternehmen die Früchte der Innovation ernten können, ohne Kunden und Mitarbeiter zu verprellen, daran forscht Martin Mocker, Professor an der ESB Business School.

Noch im Jahr 2003 gehörte Royal Philips, kurz Philips, zu den innovativsten Unternehmen überhaupt: in Europa auf Platz 1 bei den Patentanmeldungen, in den USA unter den Top Ten. Das Produktportfolio wurde immer weiter ausgebaut, im Jahr 2011 war Philips in mehr als 60 Produktkategorien aktiv. Trotzdem ging der Umsatz zurück, der Börsenwert des Unternehmens brach ein.

Der Grund: Mit jeder neuen Innovation entstand ein Wildwuchs an IT-Systemen und internen Prozessen. Kunden, die zu ihrem medizinischen Scanner die entsprechende Software benötigten, mussten sich an verschiedene Ansprechpartner wenden. Die Angestellten verloren in den mehr als 10.000 IT-Anwendungen den Überblick, die Kosten explodierten.

Diese Geschichte ist kein Einzelfall, wie Mocker zu berichten weiß. Gemeinsam mit seiner Kollegin Jeanne Ross vom MIT Sloan Center for Information Systems Research hat er eine schriftliche Umfrage unter 255 Topmanagern durchgeführt. Sieben großen Unternehmen haben sie in persönlichen Gesprächen mit 72 Executives nochmals genauer auf den Zahn gefühlt. Heraus kam: die Produktvielfalt ging bei fast allen mit erhöhten Schwierigkeiten bei Kunden und Mitarbeitern einher.

## Keine Innovation ist auch keine Lösung

Doch was machen erfolgreiche Innovatoren richtig? Die Forscher haben drei Maßnahmen herausgearbeitet: Produktentwickler müssen von Anfang an eng mit Kundenberatern und operativen

Mitarbeitern zusammenarbeiten. Unternehmen sollten kein möglichst vielfältiges, sondern ein integriertes Produktportfolio anstreben. Und sie sollten sich fragen: trägt die geplante Innovation wirklich zu unserem Unternehmenszweck bei? Ein klares Mission Statement kann hier als Leitlinie für Entscheidungen dienen. „Innovation with a purpose“ statt Innovationssucht ist die Devise.

Auch Royal Philips zog die Reißleine, reduzierte seine Produktpartien drastisch und setzte die beschriebenen Maßnahmen um. Der Aktienkurs hat sich seither verdoppelt. Die Forschungsergebnisse wurden im Harvard Business Review veröffentlicht und in bisher zehn Sprachen übersetzt.

MARIJANA TOMIN

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/mocker](http://www.reutlingen-university.de/research/mocker)

## THE DARK SIDE OF INNOVATION

Innovations can lead to a wild growth of business processes which can bring down a company. Professor Martin Mocker and researcher Jeanne Ross have found out how companies can harvest the fruits of innovation without putting off customers and employees.



# Heiligenschein für den Fußballverein

Wer kennt das nicht: Wenn wir jemanden nett finden, ist die Person in unseren Augen meist auch intelligent, großzügig, warmherzig – ohne dass wir das eigentlich genau wissen. Sozialpsychologen sprechen vom so genannten Halo-Effekt. Gibt es den auch im Sport? Professor Gerd Nufer von der ESB Business School hat 3.600 eingefleischte Fußball-Fans befragt. Er möchte mit statistischen Methoden wissenschaftlich nachweisen, was intuitiv logisch erscheint: Gewinn oder Scheitern eines Vereins beeinflussen auch die Wahrnehmung nicht-sportlicher Aspekte wie Trikot, Stadion oder Vereinsmanagement. Erstes Zwischenergebnis: Das Alltagsglück eines echten Fans steht und fällt mit dem Erfolg seiner Mannschaft.

LILITH LANGEHEINE

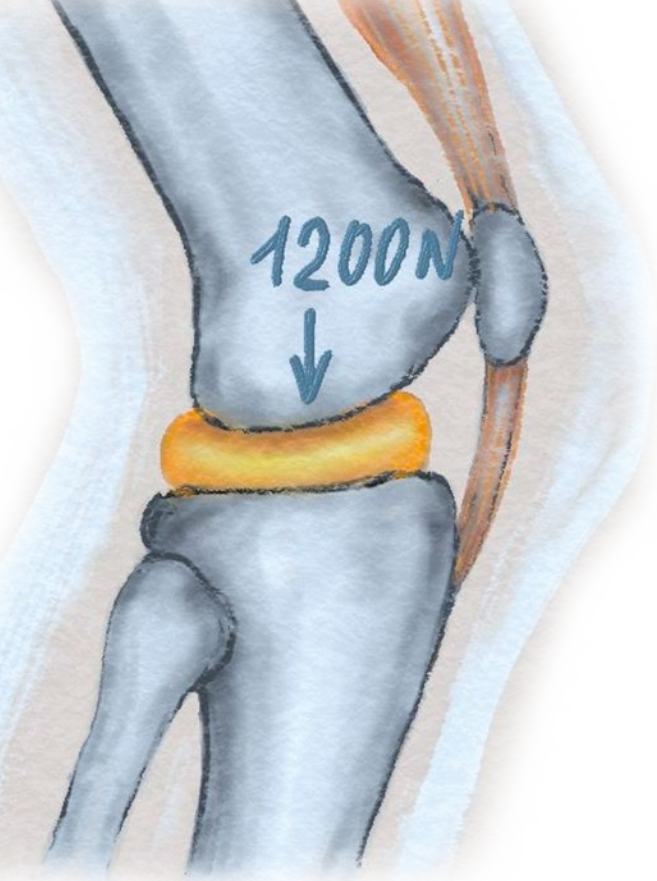


Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/nufer](http://www.reutlingen-university.de/research/nufer)

## SOCCER CLUBS IN THE HALO

Professor Gerd Nufer wants to prove scientifically what seems intuitively logical – that soccer fans assess non-sporting aspects of their club – such as its shirts – positively when the club is winning; and vice versa. Sociologists call this the halo effect.





© Oleksandra Samokhina

## Diagnose Arthrose

Günter Lorenz, Professor für Polymere Werkstoffe und Dekan der Fakultät Angewandte Chemie, entwickelt ein neues **Meniskusimplantat** aus biokompatiblen Kunststoff.

10 km und mehr läuft ein Profifußballer durchschnittlich in einem Spiel, davon etwa 1 km im Sprint, alle 5 Sekunden ändert er seine Laufrichtung. Viele absolvieren in ihrer Karriere mehrere hundert Spiele, dazu kommen tausende Trainingsstunden – eine unglaubliche Belastung für die Gelenke. Diese Überbelastung führt nicht selten zu Arthrose im Knie. Wenn der Meniskus so dünn ist, dass Knochen auf Knochen reibt, ist meist ein Implantat die letzte Heilungschance.

In der Arbeitsgruppe von Professor Lorenz entwickeln die promovierte Chemikerin Larysa Kutuzova und Ralf Koslik ein einzigartiges Meniskusimplantat. Zwei Dinge machen das Implantat so besonders: die Anpassung an verschiedene Knie-Geometrien und ein eigens für diese Belastung entwickelter Kunststoff. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

### Fünf verschiedene Knieformen

Das menschliche Knie kann ganz unterschiedlich geformt sein. Mathematiker des Konrad-Zuse-Instituts in Berlin werten derzeit mehr als 500 MRT-Datensätze aus und teilen die Geometrien mit Hilfe statistischer Methoden in verschiedene Gruppen ein. Für jede wird es ein eigenes Implantat geben. Günter Lorenz und sein Team entwickeln den Kunststoff dafür, angepasst an die mechanischen Aufgaben des Meniskus: Das Material muss im Kern sehr stabil sein, da der Meniskus bei jeder Bewegung großen Belastungen ausgesetzt ist. Gleichzeitig funktioniert er beim Laufen wie ein Stoßdämpfer. „Der Kunststoff muss deshalb ein bisschen Wasser aufnehmen können und weich werden“, erklärt Lorenz. „Aber nicht zu viel, sonst verformt er sich. Das ist eine Gradwanderung“.

### Intelligente Oberflächen

Ralf Kemkemer, Sprecher der Forschungsgruppe Smart Biomaterials der Hochschule Reutlingen und Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme modifiziert zusammen mit seiner Mitarbeiterin Kiriaki Athanasopulu die Oberfläche des Kunststoffes. Diese soll optimal mit der Flüssigkeit in den Gelenken, der Gelenkschmiere, reagieren. Darüber hinaus überprüfen sie die biologische Verträglichkeit des Implantats, indem sie die Prototypen mit lebendem Gewebe in Kontakt bringen. So können unerwünschte Reaktionen der eingesetzten Prothese im Organismus ausgeschlossen werden. Die Sporthochschule Köln wird die mechanische Funktion der Implantate testen, bereits in zwei Jahren soll die Sportklinik Pforzheim die erste klinische Studie durchführen. Heilung ist also in Sicht.

LILITH LANGEHEINE

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/lorenz](http://www.reutlingen-university.de/research/lorenz)

### COPYING HUMAN CARTILAGE

Professor Günter Lorenz and Professor Ralf Kemkemer are working together with partners from health services on special meniscus implants. These implants are adapted to various knee shapes and are comprised of bio-compatible plastic developed by the researchers to perfectly mimic the properties of knee cartilage.

## Die Fußballstars von morgen

Roboter der Hochschule Reutlingen trainieren täglich für die **Robocup-Weltmeisterschaft** und beweisen sich als Alltagshelfer.

Kurt steht im Tor, eine Kamera, die von oben das Spielfeld überwacht, zeigt ihm, wo der Ball liegt, Thomas Müller schießt und ... Kurt hält! Der Fußballroboter hat sich für das richtige Eck entschieden, die Roboter besiegen die Fußballweltmeister 2050! Zugegeben, ganz so weit ist die Technik noch nicht und 2050 wird Thomas Müller sicher nicht mehr spielen. Aber die Vision, die gibt es heute schon. Seit Mitte der 90er Jahre treten im Rahmen des internationalen Gemeinschaftsprojektes RoboCup Roboter gegeneinander an. Ziel des Projektes ist die Förderung der künstlichen Intelligenz und Robotik. Zunächst spielten die Roboter nur Fußball, heute gibt es auch eine Service-Liga, in der sie sich als Alltagshelfer beweisen. Immer vorne mit dabei sind seit 2009 die RT-Lions der Hochschule Reutlingen.

### Leonie und LeonaRT

Erste Titel sammelte das Team aus Studierenden und wissenschaftlichen Mitarbeitern um Professor Matthias Rätsch in der so genannten Mixed Reality Liga, in der kleine Würfelroboter auf einem virtuellen Spielfeld gegeneinander antraten. Seit 2013 starten sie mit Leonie in der @HOME-Liga. Für Michael Danner, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand bei Professor Rätsch, ist das noch viel spannender: „Beim Fußball gibt es nur eine bestimmte Anzahl an Bewegungsmustern, die der Roboter beherrschen muss. Alltagssituationen sind deutlich komplexer.“ Vor allem im Bereich maschinelle Bildverarbeitung gibt es noch viel zu erforschen. Dabei geht es immer um die Frage, was die Kameras eines Roboters sehen und erkennen können und wie sie diese Daten auswerten. „Ziel ist“, so Danner, „dass der Roboter seine Umgebung erkennt und seine Position darin ermitteln kann.“ Bei der RoboCup-Weltmeisterschaft 2017 in Japan musste Leonie zum Beispiel die Einkäufe einer alten Dame vom Auto zum Haus bringen. Ein nächster Schritt könnte sein, die Einkäufe aufzuräumen. Dazu müssen die Roboter auch unbekannte Objekte zuordnen können.

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/raetsch](http://www.reutlingen-university.de/research/raetsch)

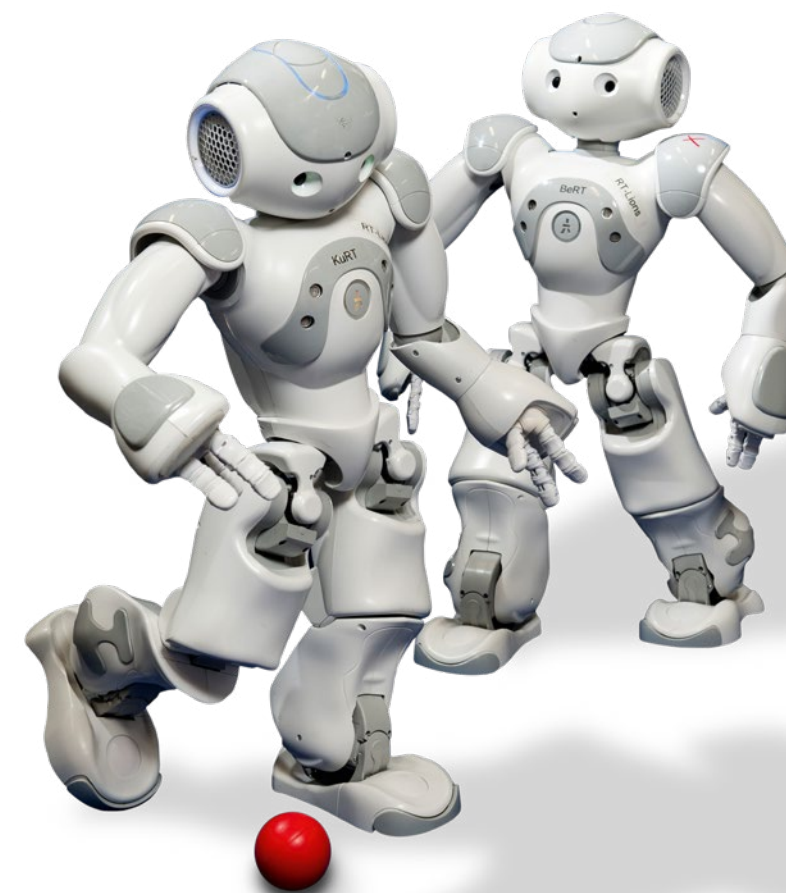
Vor ganz ähnlichen Herausforderungen steht der autonom fahrende Roboter LeonaRT, Teil eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojektes. Er muss sich autonom in einer Fabrikhalle zurechtfinden, Hindernisse und Gefahren erkennen, Kisten zuordnen und Bauteile abzählen.

„Egal ob Fußballstar, Alltagshelfer oder Fabrikroboter – letztlich geht es immer um die Interaktion zwischen Mensch und Maschine“, erläutert Danner. „Hmhmhm“, stönt Kurt da und fängt an zu lallen. Er braucht wohl Strom.

LILITH LANGEHEINE

### THE SOCCER STARS OF TOMORROW

Every year, a team headed by Professor Matthias Rätsch competes for the RoboCup. When it began, the team's robots only played soccer; today Leonie proves to be an all-round helper in the service league. The aim is to promote artificial intelligence and robotics. The RoboCup vision: robots beat the flesh-and-blood soccer world champions 2050.



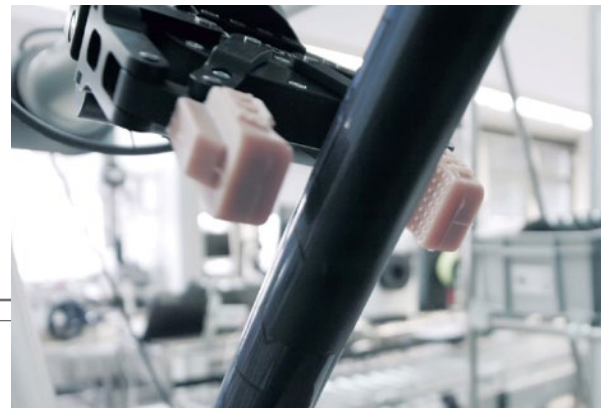


# In neuen DIMENSIONEN

An der Hochschule Reutlingen entsteht ein **3D-Druck**

Cluster, ein fakultäts- und fachübergreifendes Expertenzentrum mit umfassendem Know-How. Verschiedene Hochleistungs-Drucker stehen auf dem Campus verteilt und sind virtuell miteinander verbunden. „Wir wollen für und gemeinsam mit den Unternehmen der Region den 3D-Druck vorantreiben und in die industrielle Produktion integrieren“ erklärt Professor Gerhard Gruhler, Vizepräsident für Forschung der Hochschule. Die Drucktechnologie steht dabei nicht im Vordergrund. Vielmehr geht es darum herauszufinden, was mit 3D-Druck alles möglich ist. Die Geräte selbst können schon viel – sie drucken alles von Schokolade bis zu menschlichem Gewebe, bauen hochkomplexe Strukturen nach, so klein, dass man sie nur unter dem Mikroskop erkennt. Doch was genau kann gedruckt werden, was nicht? Wie müssen Bauteile und Geschäftsprozesse konzipiert sein, um die Vorteile und die Flexibilität der additiven Fertigungstechnologien auszuschöpfen? Und welche neuen Geschäftsmodelle lassen sich dadurch realisieren?

LILITH LANGEHEINE



## Fabrik der Zukunft

Alles Wissen über additive Fertigungsverfahren, über die Bauteile, ihre Form und Funktion, nützt nichts, wenn die Technologie nicht in die moderne Fabrikumgebung integriert ist. In der ESB Logistik-Lernfabrik, der Industrie 4.0 Pilotfabrik der Hochschule Reutlingen, untersucht Professorin Vera Hummel wie Mensch und Maschine in einer digitalen Fabrik zusammenarbeiten. Dank einer Förderung von insgesamt 1,7 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung konnte die Hochschule in zahlreiche Geräte investieren, die der Pilotfabrik und darüber hinaus ganz neue Möglichkeiten eröffnen. Neue Hochleistungs-3D-Drucker sollen mit den Robotern und den Anlagen der Fabrik virtuell und teilweise physisch vernetzt werden. Auch die Geschäftsmodelle müssen und werden sich ändern. „Irgendwann wird die Wertschöpfung beim Endkunden liegen“, ist sich Vera Hummel sicher: Ein Spielwarenhersteller vertreibt dann nur noch Druckdaten, Eltern drucken das Spielzeug für ihre Kinder nach eigenen Wünschen im eigenen Wohnzimmer. Mehr über die ESB Logistik-Lernfabrik erfahren Sie auf Seite 14 und im Hochschulmagazin campus auf Seite 67.



## Klein, unsichtbar und doch unschätzbar wertvoll

Tief im Keller von Gebäude 1A steht er, abgeschottet vom Rest des Campus, damit nichts und niemand ihn in seiner Präzision stören kann. Eine ganze Woche heißt es, benötigen Techniker um ihn einzurichten, fast eine halbe Million Euro hat er gekostet, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung: der neue 3D-Drucker bei Professor Karsten Rebner. Und dann: Nichts. Nichts ist zu sehen. Denn der „Nanoscribe“ druckt Bauteile und Geometrien im Nanobereich, ein paar zehntausendstel Millimeter klein. Die Möglichkeiten für die Forschung aber sind immens. So möchte Rebner zum Beispiel spezielle winzige Gitter und Linsen drucken, mit denen er ein Nanospektrometer bauen kann, zwei bis drei Millimeter groß. „Damit können wir neue instrumentelle analytische Methoden zur medizinischen Diagnostik entwickeln“, freut sich Rebner. Ein bisschen stolz ist er auch, schließlich haben in Deutschland nur wenige Hochschulen einen solchen Hochleistungsdrucker. Professor Günter Lorenz möchte mit dem „Nanoscribe“ Oberflächen für Meniskusimplantate drucken, winzige Strukturen ähnlich denen eines Golfballs, um die Reibung zu verbessern. Mehr zu den Implantaten erfahren Sie auf Seite 30.

## Alltagstauglich

Am anderen Ende der Drucker-Skala arbeitet Professor Richard Schilling von der Fakultät Textil und Design. Er untersucht den 3D-Druck von in Textilien integriertem Kunststoff. Ziel ist, die Steifigkeit von Kunststoff mit der Flexibilität von Textil zu vereinen – zum Beispiel für den Bau faltbarer Strukturen, also für den Übergang von „3D“ zu „4D“. Dabei verwendet er ganz einfache 3D-Drucker wie man sie im Handel kaufen kann.



## Die Passform macht's

Professor Helmut Nebeling beschäftigt sich mit der Gestaltung und den Merkmalen additiv gefertigter Bauteile. Wie komplex dürfen Bauteile sein, die gedruckt werden sollen? Welche Werkstoffe eignen sich gut, welche Formgebung? Und wie können diese Merkmale automatisiert ins CAD-System eingespeist werden? Nebeling, Techniker aus Leidenschaft, kennt die Bedürfnisse der Unternehmen: „Die Drucktechnologie ist soweit. Für die Unternehmen stellt sich jetzt die Frage, wie sie die additiven Fertigungstechnologien ganz konkret in ihre technische Prozesskette integrieren können.“ Eine neue Selektive-Laser-Sinter-Anlage soll helfen, die Erzeugung von Bauteilen aus Kunststoff, die einer großen Belastung ausgesetzt sind, noch besser zu verstehen und einzusetzen. Dabei schmilzt ein Laser Schritt für Schritt in haardicken Schichten die zu den Bauteilen gehörenden Teile eines Pulverbetts an, diese härten aus und geben die Form.



© KOMET GROUP GmbH





## Süße Druckkunst

Schokolade ist nicht gleich Schokolade, weiß Anian Bühler, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät Technik und Miterfinder eines Schokodruckers. Kakaobohne und Fettanteil verändern nicht nur den Geschmack, sondern auch das Schmelzverhalten. Das Entscheidende ist die richtige Temperatur: Die Schokolade muss flüssig genug zum Drucken sein, aber auch schnell wieder fest werden. „Wir können kontinuierlich drucken, weil wir mit einem offenen Extruder-System arbeiten anstatt – wie bisher üblich – mit einer Kartusche, die irgendwann leer ist.“, erklärt Bühler. Noch ist er nicht ganz zufrieden mit dem Erscheinungsbild der gedruckten Schokolade, aber es ist nur eine Frage der Zeit, dann wird es einen ausgereiften Prototypen geben – und der Reutlinger Schokodrucker den Weg finden zu Ritter Sport, Dr. Oetker und Co., um individuell und in kleiner Stückzahl Schokoladenformationen zu drucken.

## Was Zellen wollen

Tissue Engineering bezeichnet den künstlichen Aufbau von Gewebe – möglichst exakt und körpergetreu, zum Beispiel, um es nach einer Brustentfernung zu implantieren. Hier eröffnet der 3D-Druck ungeahnte Möglichkeiten. „Anders als im Metalldruck arbeiten wir mit einer Tinte, ähnlich wie beim Inkjetdruck“, erklärt Petra Kluger, Professorin für Tissue Engineering und Biofabrication. Nur kommt in die Kartusche keine normale Tinte rein, sondern Biotinte – Gelatine zum Beispiel oder andere biologische Substanzen, in denen sich Zellen wohlfühlen. Hinzu kommen die Zellen selbst – Knochenzellen, Hautzellen, Blutgefäßzellen, je nachdem, was für ein Gewebe gedruckt werden soll. Eine der größten Herausforderungen ist der Druck eines vollständigen künstlichen Blutgefäßsystems.



Auch Professor Ralf Kemkemer beschäftigt sich mit dem was Zellen wollen. In einem eigens angepassten 3D-Drucker möchte er organische Materialien drucken, zum Beispiel das Abbild einer Luftröhre. Grundlage dafür sind CT-Daten. Informatikprofessor Christian Thies unterstützt ihn mit der Verarbeitung und Aufbereitung der Daten.



## Und überall dabei ...

... ist die Informatik. Denn es geht immer um Daten, darum, wie Maße ermittelt werden, wie die Daten in den Computer kommen, wie sie ausgewertet, übertragen und letztlich gedruckt werden. „Wir müssen intelligente Prozesse entwickeln – und das beginnt bei der 3D-Druckdatenverarbeitung“, so Professor Cristobal Curio, Experte für Künstliche Intelligenz und Machine Vision. Wichtiges Anwendungsfeld des 3D-Drucks ist die personalisierte Medizin, etwa die Entwicklung individualisierter Prothesen, perfekt angepasst an den Körper. Die Daten dafür liefern zum Beispiel die 3D-Bodyscanner der Fakultät Informatik. „Wir wollen die 3D-Technologie nutzbar machen – für Ärzte und Patienten, für Unternehmen und Kunden“, fasst Curio das Ziel des 3D-Druck Clusters zusammen.

### PRINTING IN NEW DIMENSIONS

Researchers at Reutlingen University are creating a 3D-print cluster with comprehensive know-how. Various high-performance printers are located around campus and will be virtually connected with each other and with the Industry 4.0 pilot factory. The aim is to make this technology usable for companies and to further develop it together. The project is not about printing technology; it focuses on the technical process chain, business models, possible applications, potential and limitations.

# Postdoc in Reutlingen

*Daniel Thiemann untersucht im Team von Professor Arjan Kozica von der ESB Business School den Wandel zur digitalen Arbeitswelt. Das Besondere: Er hat eine abgeschlossene Promotion in Psychologie.*

Wissenschaftliches Personal mit abgeschlossener Promotion ist an den Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) noch relativ selten. Postdocs findet man in der Regel an Universitäten. Dort machen sie in ihrer akademischen Laufbahn Station zwischen Promotion und Professur. Daniel Thiemann erläutert die Vorteile einer HAW: „Der große Praxisbezug und die exzellente Vernetzung mit der Wirtschaft eröffnen ganz andere Möglichkeiten.“ Zuvor arbeitete er am Leibniz-Institut für Wissensmedien, Anfang 2017 schloss er seine Promotion zum Dr. rer. nat. an der Universität Tübingen ab.

Jetzt forscht er im Verbund mit der Universität der Bundeswehr München und Partnern aus dem Gesundheitswesen sowie einer KMU-Beratungseinrichtung in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „DigiTrain 4.0“. Das Thema: Wie können die Vorteile der Digitalisierung für die Arbeitswelt von morgen nutzbar gemacht werden?

### Technostress versus Vereinbarkeit

Die Digitalisierung bietet Chancen und Risiken: Intelligente Algorithmen können immer anspruchsvollere Aufgaben erfüllen. Dadurch werden zusätzliche Freiräume für die Mitarbeiter geschaffen – oder aber Arbeitsplätze wegrationalisiert. Telearbeit und Home-Office führen zu besserer Vereinbarkeit von Beruf und Familie – oder zu Technostress durch ständige Erreichbarkeit. Digitale Instrumente sorgen für Transparenz bei Entscheidungen und demokratische Strukturen am Arbeitsplatz – oder bringen die totale Kontrolle der Arbeitskräfte. Auf jeden Fall werden durch die Digitalisierung Aufgaben und Fähigkeiten schneller obsolet. Das erfordert lebenslanges Lernen und eine ständige Weiterqualifikation, erlaubt aber auch persönliche Weiterentwicklung und Neuorientierung.

### Praxisnähe und Transfer

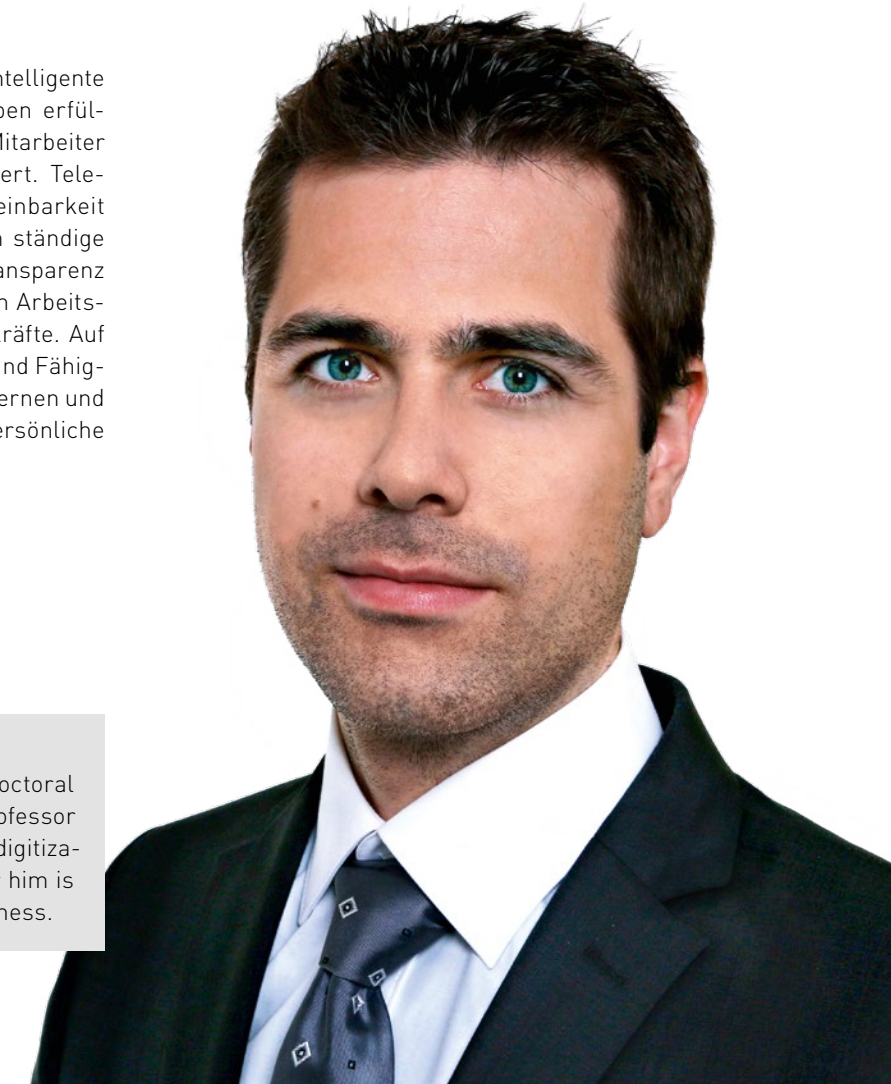
Ein Unternehmen muss gut planen, damit der Übergang zur digitalen Arbeitswelt gelingt und die Vorteile die Nachteile überwiegen. „Ein Ziel des Projektes ist es, hierfür Instrumente zu entwickeln“, erläutert Thiemann. Für ihn ein weiterer Vorteil als Postdoc an einer HAW: Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis wird groß geschrieben. Durch seine Tätigkeit an der Hochschule Reutlingen sieht Thiemann auch für sich selbst die Möglichkeit, leichter zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu wechseln. Ein Vorteil, von dem beide Seiten profitieren.

Mehr über die Arbeitswelt der Zukunft erfahren Sie im Interview mit Professor Arjan Kozica im Hochschulmagazin *campus* auf Seite 24.

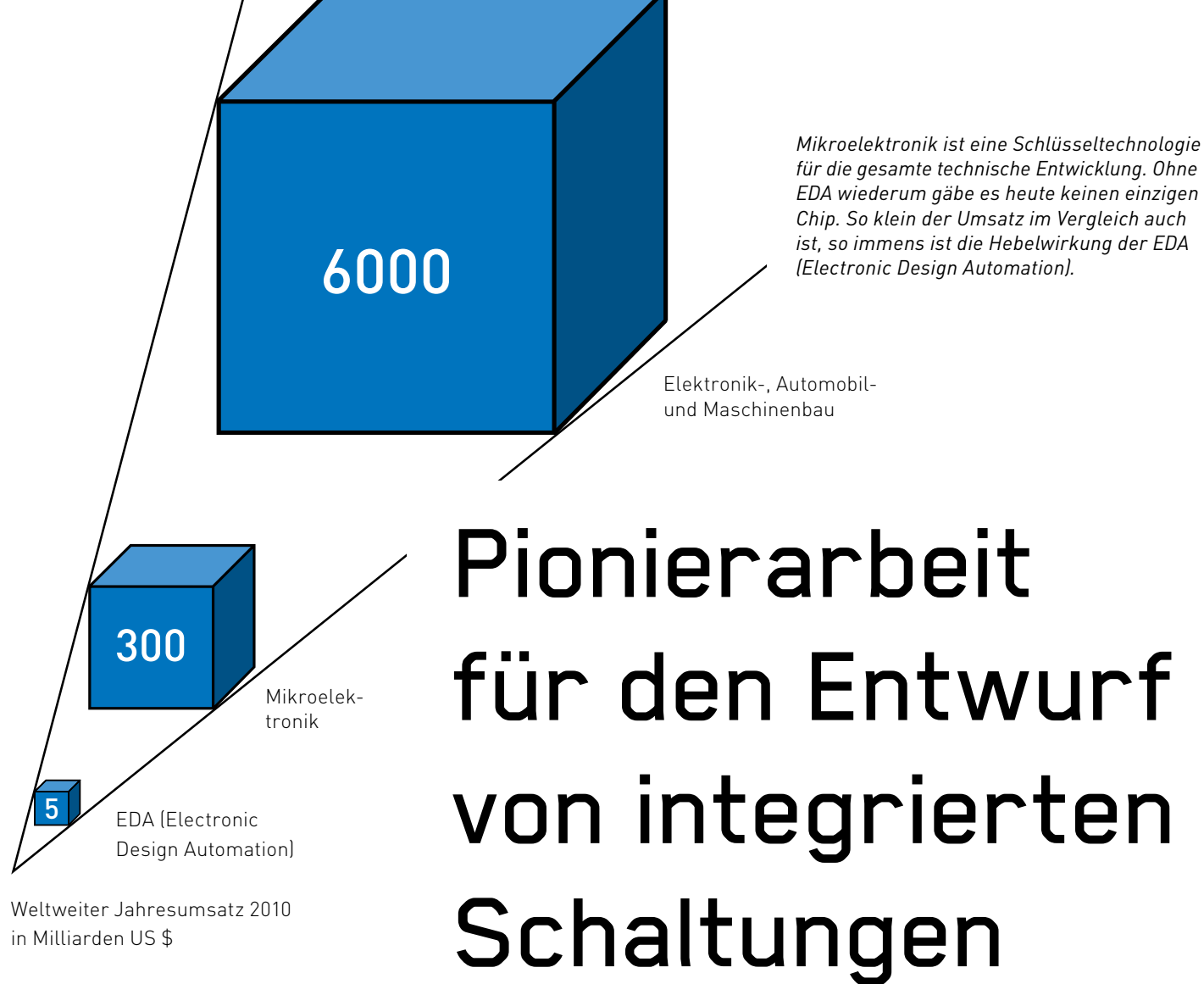
ULRICH WILKE

### POSTDOC IN REUTLINGEN

Daniel Thiemann is a Doctor of Psychology and a postdoctoral researcher at Reutlingen University. A member of Professor Arjan Kozica's team, he is investigating the affects of digitization on the workplace of tomorrow. The advantage for him is a strong practical element and excellent ties with business.







# Pionierarbeit für den Entwurf von integrierten Schaltungen

*Alles wird digital? Nicht alles, betont Professor Jürgen Scheible vom Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik in Reutlingen. An seinem Lehrstuhl entwickelt er neue Methoden zum Entwurf integrierter analoger Schaltungen – und leistet damit echte Pionierarbeit.*

Digitalisierung: Auf Wahlplakaten, in Koalitionsverhandlungen, auf Messen, in Betrieben, im Haushalt – nirgendwo entkommt man diesem Begriff. Die Welt, so scheint es, wird immer digitaler. Doch dieser Eindruck ist falsch, unsere Welt ist nämlich durch und durch analog. Wenn wir mit unseren Sinnen Licht, Temperatur oder Klänge wahrnehmen, so sind dies analoge Informationen. Viele Geräte, etwa unser Smartphone, haben deshalb Sensoren an Bord, die analoge Informationen aufnehmen, zum Beispiel die Ausrichtung des Bildschirms oder die Sprache im Mikrofon, erst dann werden diese Signale digitalisiert und weiterverarbeitet.

Für die Entwickler von Mikrochips wird das zunehmend zum Problem. Im digitalen Teil von Chips gilt nach wie vor das Moore'sche Gesetz, wonach sich die Integrationsdichte von Computerchips etwa alle 18 Monate verdoppelt. Die größten Chips haben heute zehn Milliarden Tran-

sistoren, Tendenz schnell steigend. Mit der Komplexität steigt aber auch der Aufwand beim Entwurf der Schaltungen – Experten sprechen hier von der Entwurfsschere. Dass diese Schere nicht zu weit aufgeht, verdanken die Chipentwickler Optimierungsalgorithmen, die diese Komplexität beherrschen und eine möglichst effiziente Anordnung der Milliarden Komponenten automatisch finden.

### Flaschenhals Entwurf

Anders im Analogteil: Auch nach 30 Jahren Forschung gibt es keine praxistauglichen Algorithmen, die den Entwurf von analogen Schaltungen auf Mikrochips automatisieren. Immer noch sitzen Elektroingenieure am Bildschirm, zeichnen Schaltpläne, dimensionieren einzelne Transistoren und schieben mit der Maus Bauteile und Leiterbahnen zusammen. Diese werden später in Miniatur in den Halbleiter eingebracht. Das wird für die Hersteller von integrierten

Schaltungen immer mehr zum Flaschenhals. Denn bis zu 90 Prozent des Aufwands zum Entwurf eines Mikrochips entfällt auf den analogen Teil, obwohl 90 Prozent der Transistoren im digitalen Teil liegt.

„Die Entwurfsautomatisierung für analoge Schaltungen ist gescheitert“, sagt Jürgen Scheible. Als Ursache sieht der Professor für Electronic Design Automation am Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik (rbz) in Reutlingen die irriige Annahme vieler Kollegen, man könne Komplexität im Analogbereich mit denselben Methoden wie im Digitalbereich lösen. Dabei ist die Herausforderung im Digitalen rein quantitativ und daher mit Optimierungsalgorithmen und ordentlich Rechenpower zu bewältigen. Im Analogen ist die Herausforderung allerdings qualitativ und daher auch durch optimierende Verfahren mit den schnellsten Rechnern nicht beherrschbar.

### Vorbild Mensch

Einen neuen Ansatz verfolgt Scheible zusammen mit den Doktoranden Daniel Marolt, Andreas Gerlach, Florian Leber, Matthias Schweikardt und Yannick Uhlmann. Er basiert auf Erfahrungswissen und versucht, das Vorgehen des Menschen nachzuahmen. Im Prinzip kann man sich das vorstellen wie ein Lehrling, der von seinem Meister lernt, indem er ihm über die Schulter schaut. Ähnlich soll das künftig ein so genannter prozeduraler Generator tun, eine Software, die das Vorgehen des Ingenieurs beim Entwurf einer analogen Schaltung protokolliert und typische Arbeitsmuster erkennt. Wiederkehrende Entwurfsstrategien werden in Skripte gepackt, die später automatisch ablaufen.

Bevor es so weit ist, braucht es allerdings eine Beschreibungssprache, die die menschliche Arbeit in einen Code abbildet. Der Anfang des Projekts ist also mühsam, bildet aber die Basis dafür, dass der Entwurf analoger Chips in einigen Jahren durch maschinenlernende Algorithmen immer mehr automatisiert werden kann. Am Ende könnten prozedurale Generatoren für Analogschaltungen mit den Algorithmen von Entwurfswerkzeugen für digitale

Schaltungen fusionieren – eine gewaltige wissenschaftliche Herausforderung, wie Scheible zugibt: „Am rbz leisten wir dazu echte Pionierarbeit.“

Auch bei der Ausbildung der Studierenden geht das rbz eigene Wege. Wo andere Hochschulen alles auf die Karte Digitalisierung setzen, konzentrieren sich die Reutlinger Dozenten im Studiengang Leistungs- und Mikroelektronik auf den Entwurf analoger Schaltungen – und schließen damit eine große Kompetenzlücke, die gerade für die deutsche Industrie kritisch werden könnte. Diese hat sich aus der Fertigung rein digitaler Chips zurückgezogen, ist dafür aber umso stärker bei Chips mit analogen Funktionen. Gerade die Automobilindustrie hat großen Bedarf an solchen Chips, sie kommen zum Einsatz für die Auslösung der Airbags oder beim ABS, und die Nachfrage wird weiter wachsen, vor allem durch das autonome Fahren und e-Mobility.

### Absolventen gesucht

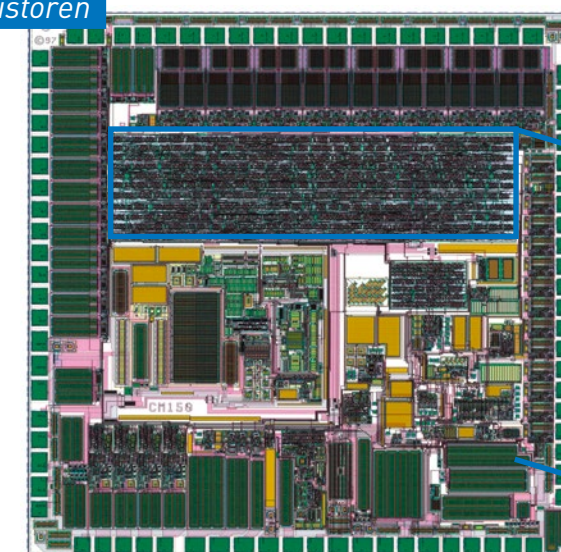
Keiner weiß das so genau wie Jürgen Scheible. Der gelernte Elektroingenieur mit dem schwäbischen Zungenschlag war viele Jahre bei Bosch in leitender Position im Entwurf von Chips tätig, bevor er 2010 Professor in Reutlingen wurde. Dort verfolgt er das Arbeitsgebiet weiter. Am rbz lernen die Studierenden, wie man einen Mikrochip baut – vom Entwurf bis zur Fertigung. Jeder Studierende entwickelt im Team einen neuen Chip, der anschließend in einer Halbleiterfabrik gefertigt wird. So hält am Ende jeder sein eigenes Stück Silizium in Händen, das dann getestet werden kann. Der hierbei erzielte Lerneffekt ist enorm. „Die Absolventen werden uns förmlich aus den Händen gerissen“, so Scheible.

BERND MÜLLER

### PIONEERING DESIGN FOR INTEGRATED CIRCUITS

Along with their digital circuits, most microchips also have an analogue part. Yet while there are automatic design tools for creating digital circuits, the analogue circuits continue to be designed by hand, which is labour intensive. Professor Jürgen Scheible aims to change that – with a wholly new approach using experience-based and self-teaching algorithms.

„90 Prozent des Aufwands zum Entwurf eines Mikrochips entfällt auf den analogen Teil, obwohl 90 Prozent der Transistoren im digitalen Teil liegen.“



Digital-Teil

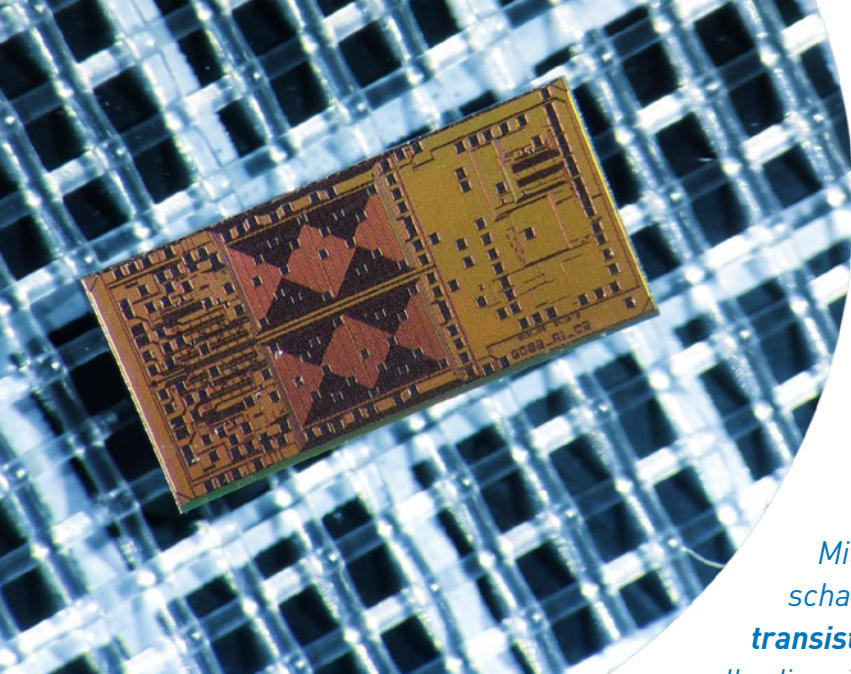
Der digitale Teil besteht aus vielen kleinen Transistoren, die automatisch platziert und verdrahtet werden.

Analog-Teil

Der Rest dieses Chips besteht aus manuell entworfenen Bauteilen, darunter auch große Leistungstransistoren.

© Robert Bosch GmbH





# Winzige Puffer für mehr Power

Mit kleinen Strömen große elektrische Leistungen schalten – das ist das Prinzip von **Leistungs-transistoren**. Der Entwurf solcher Schaltungen hat allerdings Tücken. Achim Seidel, Doktorand bei Professor Bernhard Wicht, hat sich eine clevere Lösung ausgedacht.



SOLAR

HOME APPLIANCES

INDUSTRIAL

E-MOBILITY

Manchmal sind große Innovationen ziemlich klein. Man muss schon sehr genau hinschauen, um zu erkennen, womit sich Achim Seidel beschäftigt: ein goldenes Plättchen auf einer Platine, umzingelt von elektronischen Bauteilen und Leiterbahnen. „Ein Leistungstransistor“, erläutert der junge Wissenschaftler, der demnächst seine Doktorarbeit am Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik abschließen wird. Kaum zu glauben, dass dieses nur Fingernagel-kleine Bauteil Ströme von 30 Ampere und 400 Volt schalten kann. Allerdings nur, wenn es korrekt angesteuert wird mit einem so genannten Leistungstreiber – einem noch kleineren Bauteil, das auf der Platine direkt daneben sitzt.

Leistungstreiber und -transistor werden heute massenhaft produziert, sie stecken in Geräten, wo hohe Ströme geschaltet werden. In Konvertern von Photovoltaikanlagen bringen sie den Gleichstrom aus den Solarmodulen auf Netzwechselspannung, in Netzteilen sorgen sie für das korrekte Laden von Elektroautos oder E-Bikes. Dennoch gibt es ein Problem: Das Bauteil ist empfindlich für Störungen aus benachbarten Leitungen, der Leistungstransistor schaltet dann eventuell nicht korrekt. Das umgehen die Entwickler, indem sie Treiber und Transistor nah nebeneinander bauen. Doch dann kann es leicht zur Überhitzung kommen.

## Mehr Freiheiten beim Entwurf

Seidel arbeitet an einem Ausweg aus diesem Dilemma. Auf seiner Testplatine hat er eine dritte Komponente hinzugefügt, einen winzigen Kondensator, der genau die Energieportion speichert, die der Treiber bei jedem Schaltvorgang auf den Transistor übertragen soll. Ein Überladen ist unmöglich, eine ausgeklügelte Kopplung des Kondensators über einen Spulenresonator sorgt für hohe Energieeffizienz. Der Lohn: Entwickler hätten künftig mehr Freiheiten beim Entwurf von leistungselektronischen Schaltungen.

Seidels Promotionsthema ist keine Auftragsforschung – aber dennoch nah an einer Anwendung: „Wenn alles funktioniert wie geplant, ist es zum Beispiel bei der Entwicklung von Ladegeräten für Elektro-Scooter relevant.“

BERND MÜLLER

## TINY TRANSISTORS FOR MORE POWER

Power transistors are used to convert electricity from photovoltaic systems or to charge electric cars. But they are sensitive, and combining them with the necessary gate driver requires great design skill. Doctoral researcher Achim Seidel is working on a technical trick to prevent interference and overheating.

# Willkommen im Internet of Things

**Forschung für die digitalisierte Lehre und das Internet of Things:** Im Roboter- und Telematik-Labor von Professor Gerhard Gruhler absolvieren Studierende Praktika von jedem Ort der Welt aus. Potenzial hat das auch in der Fernwartung.

Klack. Ein Licht geht an. Wie von Geisterhand bewegt sich der Arm eines Roboters, er fährt vor und zurück, rauf und runter. Am Schluss ein kleiner Ruck, der Arm fährt zurück an seine Ausgangsposition und dann: Stille. Niemand ist im Raum. Niemand bedient den Roboter. Oder doch?

Die Roboter und Anlagen im Mechatronik-Labor von Professor Gerhard Gruhler, Vizepräsident für Forschung der Hochschule Reutlingen, stehen immer bereit: für jedermann, jederzeit, von jedem Ort der Welt aus. Studierende können Laborpraktika aus der Ferne absolvieren, sie müssen einen Roboter bedienen, Bauteile vermessen, Daten interpretieren und auswerten. Jeder, egal ob Mitglied der Hochschule oder nicht, kann das ausprobieren, jeder kann sehen, was das Internet of Things alles möglich macht. Denn das ist der Trick: Die Anlagen im Labor sind mit dem Internet verbunden, die Webbrowser funktionieren wie eine Fernbedienung. Selbst das Licht kann der Nutzer aus der Ferne anschalten und so die Maschinen auch nachts bedienen und dabei beobachten.

„Die größte Herausforderung ist, das Labor jedem zugänglich zu machen“, so Gruhler. Sicherheit ist hier das Stichwort. Denn was wenn ein Hacker den Roboter falsch programmiert und dieser plötzlich um sich schlägt? Oder wenn er Befehle bekommt, Bewegungen ausführen muss, die ihn kaputt machen? Alle Anlagen sind hinter Schutzvorrichtungen, um die Gefährdung von Personen auszuschließen. Viel schwieriger ist der Schutz der Geräte selbst. Für jeden Roboter untersuchen Gruhler und sein Team, welche Bedienwege in der Programmierung ausgeschlossen werden müssen, damit er nicht zerstört werden kann – nicht nur vorsätzlich, auch aus Versehen, wenn der Nutzer zum Beispiel mitten im Programm aufhört.

„Das Labor soll die Präsenzpraktika nicht ersetzen“, erläutert der Vizepräsident die Zielsetzung. „Wir sehen es als Ergänzung und ideale Möglichkeit, den Studierenden nicht nur die Robotik, sondern auch grundlegende Aspekte der Digitalisierung zu vermitteln.“ Auch für Unternehmen ist die Thematik von großem Interesse, denn egal ob Praktikum oder Maschinenwartung aus der Ferne – die Technologie ist die gleiche: Das Internet of Things.

LILITH LANGEHEINE



LIVE

Probieren Sie es aus – hier geht's zum Labor: <http://vvl.reutlingen-university.de>

## WELCOME TO THE INTERNET OF THINGS

In the mechatronics laboratory of Professor Gerhard Gruhler, Reutlingen University's Vice-President of Research, robots are standing ready to be used, by anyone, anytime, from anywhere in the world. Students complete practical exercises from all over, and companies see how systems can be maintained long-distance. The internet of things makes it all possible.



# Zustand: kritisch

Professor Gernot Schullerus arbeitet an neuen **Condition Monitoring** Verfahren.

Die Verpackung von Pharmaprodukten ist vollautomatisiert, erst werden die Schachteln gefaltet, dann Pillen eingeschweißt und schließlich verpackt. Ein Kettenförderband transportiert die Schachteln durch einzelne Bereiche der Maschine. Wie lange wird die Anlage funktionieren? Wie hoch ist der Verschleiß? Für die Lebensdauer oder Wartungsintervalle von Maschinen und Anlagen gibt es bisher meist nur die Angaben des Herstellers. Sie beruhen auf Erfahrungswerten und statistischen Mitteln, Informationen über den tatsächlichen Betrieb fließen dabei nicht ein. Vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 mit zunehmender Digitalisierung und Vernetzung intelligenter Komponenten gewinnt

auch die Zustandsüberwachung, das Condition Monitoring, an Bedeutung. „Die Komponenten einer Anlage müssen kontinuierlich überwacht werden“, erklärt Professor Gernot Schullerus. Er entwickelt in Zusammenarbeit mit zwei Industriepartnern neue Verfahren zum Condition Monitoring für mechanische Komponenten von Antriebssystemen. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg fördert das Projekt.

LILITH LANGEHEINE

© Uhlmann Pac-Systeme GmbH & Co. KG



## A CRITICAL EYE ON SYSTEMS

As production processes become increasingly digitized, condition monitoring is becoming more and more important. Machines and systems must be checked continuously so that they may be maintained at the right time or replaced. Professor Gernot Schullerus has developed a new method to help the monitoring process.



# Was der Kunde morgen will

Was **Agilität** mit Kundenzufriedenheit zu tun hat weiß Professor Jürgen Münch.

Globalisierung und Digitalisierung. Wer an die Welt von morgen denkt, kommt um diese Begriffe nicht herum. Was sie konkret für jeden Einzelnen von uns bedeuten, lässt sich schwer vorhersagen. Den Unternehmen ergeht es genauso. Märkte werden immer dynamischer, Bedürfnisse der Kunden ändern sich rasant, Innovationen und disruptive Technologien stellen auf einen Schlag ganze Branchen auf den Kopf oder lassen sie ganz verschwinden: Das Smartphone ersetzt das Handy, der Streaming-Dienst die Musik-CD und vielleicht auch bald den Fernsehsender.

Die Liste von Unternehmen, die aufgrund verschlafener Entwicklungen ihre Position als Marktführer verloren haben, ist lang. Was kann ein Unternehmen tun, damit sein Geschäftsmodell auch morgen noch den Bedürfnissen der Kunden entspricht? Professor Jürgen Münch weiß eine Antwort: Agilität.

→ Weiterführende Informationen:  
[www.reutlingen-university.de/research/muench](http://www.reutlingen-university.de/research/muench)

Hierbei handelt es sich um ein Konzept, welches ursprünglich aus der Softwareentwicklung stammt. Agile Entwicklung passiert in kleinen Schritten, baut auf Kreativität und Wissen der Mitarbeiter auf und basiert auf kontinuierlichem Lernen. Das Unternehmen steht in ständigem Feedback mit den Kunden. Wie sich diese Prinzipien auch auf andere Branchen übertragen lassen, erforscht Münch. Derzeit im Fokus: die Automobil-Industrie – eine Branche die noch zeigen muss, ob sie die Zeichen der Zeit verstanden hat.

ULRICH WILKE

## FOR THE CUSTOMER OF THE FUTURE

Agility is a concept in software development which is based on small development steps, on the creativity of employees, and constant communication with customers. Professor Jürgen Münch is researching how these principles can be applied to other sectors. In his current focus: The automotive industry.

# Elchtest bestanden

Gemeinsam mit der Firma Holder aus Metzingen hat Professor Rolf Steinbuch das **ESP für Knickgelenk-Fahrzeuge** entwickelt.

Diese kleinen, hochspezialisierten Fahrzeuge bestehen aus zwei Teilen mit je einer Achse, die durch ein Gelenk verbunden sind. Sie kommen überall dort zum Einsatz, wo extreme Wendigkeit gefragt ist, beim Laubschneiden im Weinberg etwa oder beim Reinigen von engen Gassen.

Doch die hohe Wendigkeit bringt auch Nachteile. Muss ein schwer beladenes Fahrzeug bei schneller Fahrt zum Einsatzort plötzlich einem Hindernis ausweichen, kann die Ladung ins Schwanken geraten. Durch den zweigeteilten Aufbau kann das Fahrzeug dann leicht kippen. Genau hier setzt das Forschungsprojekt von Professor Steinbuch und der Firma Holder an. Gemeinsam haben sie eine innovative Fahrdynamikregelung entwickelt, die das Umkippen der Fahrzeuge verhindert. Hierfür waren aufwendige Simulationen am Computer notwendig. Im ersten Schritt hat Steinbuch eine Vielzahl von Fahrzeugdaten gesammelt. Mit Hilfe numerischer Modelle konnte er damit das Fahrverhalten realitätsnah am Computer simulieren. Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

ULRICH WILKE



© Max Holder GmbH

## TURNING BUT NOT TIPPING

Professor Rolf Steinbuch worked with the Holder company to develop electronic stability controls for articulated vehicles. Thanks to their small turning circle, some of these can be used in the pruning of vineyards or for cleaning narrow streets. A new, innovative stability control prevents them from tipping over.



## STEINBEIS – TRANSFERPARTNER DER HOCHSCHULE REUTLINGEN

Eine Unternehmensgründung ist Vertrauenssache. Steinbeis ist ein starker Partner für junge Gründer wie auch Professoren und Hochschulangehörige, die neben der eigentlichen Lehre ihre Expertise gemeinsam mit Partnern in Wirtschaft und Industrie in die Praxis bringen wollen: Davon profitieren Hochschule und Wirtschaft gleichermaßen – die Praxisnähe sichert die Aktualität der Lehre, der wissenschaftliche Fortschritt der Hochschule fördert direkt den Marktvorsprung der Unternehmen. Mit diesem Konzept hat sich Steinbeis seit Beginn der 1980er-Jahre zu einer der größten Start up-Plattformen in Europa entwickelt.

Die Hochschule Reutlingen und Steinbeis verbindet eine Jahre lange sehr erfolgreiche Zusammenarbeit: Verlässlich und unbürokratisch finden vor allem kleine und mittlere Unternehmen Partner für Entwicklungs- und Beratungsprojekte.



**GRÜNDEN mit Steinbeis**

Steinbeis-Stiftung | Vor Ort in der Region Neckar-Alb: [www.steinbeis-reutlingen.de](http://www.steinbeis-reutlingen.de)



# NEUE SOL LÖSUNGEN

DIE REUTLINGER PROFESSORINNEN UND PROFESSOREN FORSCHEN MIT HOCHDRUCK AN EINER NACHHALTIGEN ENERGIEWENDE. EINE MÖGLICHE LÖSUNG SKIZZIERT DAS VIRTUELLE KRAFTWERK NECKAR-ALB, ÜBER DAS FRANK TRUCKENMÜLLER AUF SEITE 46 BERICHTET. ÜBER WEITERE LÖSUNGSANSÄTZE HABEN WIR MIT ALEXANDER SAUER GESPROCHEN, PROFESSOR UND LEITER DES INSTITUTS FÜR ENERGIEEFFIZIENZ IN DER PRODUKTION AN DER UNIVERSITÄT STUTTGART, UND MIT STEFAN TENBOHLEN, EBENFALLS PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT STUTTGART UND LEITER DES INSTITUTS FÜR ENERGIEÜBERTRAGUNG UND HOCHSPANNUNGSTECHNIK.

*REUTLINGEN PROFESSORS ARE WORKING FULL SPEED AHEAD ON A SUSTAINABLE TRANSITION TO RENEWABLES. ONE POSSIBILITY IS OUTLINED BY THE VIRTUAL POWER PLANT NECKAR-ALB; FRANK TRUCKENMÜLLER REPORTS ON PAGE 46. WE SPOKE ABOUT OTHER SOLUTIONS WITH ALEXANDER SAUER, PROFESSOR AND HEAD OF THE INSTITUTE OF ENERGY EFFICIENCY AT THE UNIVERSITY OF STUTTGART, AND WITH STEFAN TENBOHLEN, ALSO A PROFESSOR AT THE UNIVERSITY OF STUTTGART AND DIRECTOR OF THE INSTITUTE OF ENERGY TRANSMISSION AND HIGH VOLTAGE ENGINEERING.*

## Dezentral und virtuell

*Neue Daten belegen: Das globale Klima wandelt sich rasant, der Ausstoß klimaschädlicher Gase hat sogar wieder zugenommen. Nur ambitionierte Maßnahmen für ein neues Energiesystem können das Ruder herumreißen. Die Hochschule Reutlingen und Partner in Baden-Württemberg arbeiten an Konzepten für eine nachhaltige Energiewende.*

Vor der Jahrtausendwende war die Energieversorgung noch einfach: Große Atom- oder Kohlekraftwerke speisten ihren Strom in die Netze, die ihn zig Kilometer weit bis ins kleinste Dorf brachten. Der Klimawandel war zwar schon ein Thema, schien aber noch weit weg und beherrschbar.

Diese Zeit ist vorbei. Der Klimawandel ist da und viele Länder haben mit dem Umbau ihrer Energiesysteme begonnen. Auch Deutschland, wo in den letzten zwei Jahrzehnten in hohem Tempo Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Wind und Sonne gebaut und mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz eine großzügige Förderung auf den Weg gebracht wurden. 2016 gab es schon Momente, wo das Angebot an erneuerbarem Strom in Deutschland den Verbrauch übertraf. Ist die Energiewende also auf gutem Weg?

### Netze nicht vorbereitet

Leider nein. Denn abgesehen von dem erfreulichen Ausbau von Solar- und Windenergie hakt es an vielen Stellen. So sind die Netze auf den Ansturm kleiner, dezentraler Erzeuger gar nicht vorbereitet. Statt von einem großen zentralen Kraftwerk fließt der Strom immer häufiger von einem Hausdach mit Photovoltaikanlage in die umgekehrte Richtung ins Netz, Instabilitäten nehmen dadurch zu. Bis 2050 sollen 80 Prozent unseres Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Weil der Wind aber nicht immer weht und die Sonne nicht immer scheint, müssen die Energieversorger bisher weitere Großkraftwerke in Reserve halten – was eigentlich nicht im Sinne der Energiewende ist.

**Um die Netze zu entlasten, taten die Netzbetreiber das naheliegende: dickere Leitungen verlegen.**

**„Es gibt aber intelligentere Lösungen als Kupfer zu vergraben.“**

Um die Netze zu entlasten, taten die Netzbetreiber das naheliegende: dickere Leitungen verlegen. „Es gibt aber intelligentere Lösungen als Kupfer zu vergraben“, sagt Professor Stefan Tenbohlen, Leiter des Instituts für Energieübertragung und Hochspannungstechnik an der Universität Stuttgart. Auswege sind regelbare Ortsnetztransformatoren oder Speicher, die Strom in einer Netzzelle bei Stromüberschuss speichern und bei Bedarf wieder einspeisen. So wird die elektrische Energie in der Gegend verbraucht, wo sie erzeugt wurde. Tenbohlen

favorisiert solche dezentralen Lösungen, also kleine intelligente Inselnetze – daher auch sein Engagement als Vorstand der Smart Grids Plattform Baden-Württemberg.

Und bei C/sells, dem „Schaufenster intelligente Energie“, einem Projekt von 41 Partnern aus Forschung, Industrie und Kommunen, das vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird und ein Gesamtvolumen von 100 Millionen Euro hat. 17 Demonstrationzellen befinden sich in Baden-Württemberg, eine „Zelle“ ist zum Beispiel der Flughafen Stuttgart. Dort wird untersucht, wie man den Strom aus den Photovoltaikanlagen auf den Gebäuden der Messe und des Parkhauses etwa durch intelligente Steuerung der Klimaanlagen im Flughafen effizienter nutzen und an andere Zellen vermarkten kann. „Das Umweltministerium in Baden-Württemberg hat erkannt, dass Smart Grids wichtig sind und hat viele wichtige Akteure zusammengerufen“, so Tenbohlen. So sei die Smart Grids Plattform entstanden und eben auch die Ideen für C/sells.

### Gut gedacht, schlecht gemacht

Maßnahmen für die Energiewende sind vielfältig, alle sind gut gedacht, aber nicht alle gut gemacht. Tenbohlen hält zum Beispiel nichts von intelligenten Stromzählern, so genannten Smart Meter, die nicht nur den Verbrauch erfassen, sondern auch Haushaltsgeräte ein- und ausschalten sollen, je nachdem wie es das Netz erfordert. Vor einigen Jahren noch als Grundvoraussetzung der Energiewende bezeichnet und im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende vorgeschrieben, setzen Energieexperten nun auf Dezentralität. Statt den Kühltürme vom Netzbetreiber in einem großen zentralen Smart Grid fernsteuern zu lassen, soll jedes Gerät besser einen eigenen Controller bekommen und sich selbst steuern. „Zentrale Lösungen sind zu langsam“, warnt Alexander Sauer, Professor am Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) an der Universität Stuttgart.

Sauer belegt das mit dem SAIDI-Index. Er listet die Häufigkeit der Stromausfälle, die länger als drei Minuten dauern, nach Ländern auf. Danach hat Deutschland mit die wenigsten Stromausfälle, ihre Zahl ist in den letzten Jahren sogar gesunken. Was der Index allerdings nicht sagt: Die Stromausfälle kürzer als drei Minuten haben deutlich zugenommen, die Energieversorger müssen heute häufiger zur Stabilisierung des Netzes eingreifen. Das spricht für dezentrale Regelstrategien, bei denen etwa Fabriken



wie Inseln agieren und ihre kontinuierliche Versorgung mit Strom und Wärme kurzfristig selbst sicherstellen. In der alten Denkweise bräuchte eine Fabrik mit hohem schwankendem Strombedarf etwa fürs Schweißen große Dieselgeneratoren, Blockheizkraftwerke und Speicher, um Ausfälle zu überbrücken. Doch das ist meist gar nicht nötig, häufig genügt es, dass die Computersteuerung nicht ausfällt, wofür weit geringere Leistungen reichen. So eine Fabrik könnte dann für die Steuerungen eine getrennte Stromversorgung aufbauen.

### Gleichstrom erobert die Netze

Neben dem Verkehr, wo die Elektromobilität nur schleppend vorankommt, ist die Industrie, die 60 Prozent des Stroms in Deutschland verbraucht, der Bereich, wo die größten Effizienzpotenziale schlummern. Auch hier gibt es vielversprechende Konzepte wie etwa im Projekt DC-Industrie. Dort untersuchen Projektpartner wie Daimler und Siemens, wie sich ganze Fabriken mit Gleichstrom betreiben lassen. Das hätte viele Vorteile: Die Photovoltaikanlage auf dem Dach liefert Gleichstrom, Batterien speichern Gleichstrom, auch die Antriebe in Robotern arbeiten damit. Die bisherige Wechselstrom-Infrastruktur ist stattdessen ineffizient und dürfte im kommenden Jahrzehnt von Gleichstrom-Inselnetzen abgelöst werden.

Solche Konzepte benötigen intelligente Regelstrategien. Professor Bernd Thomas vom Reutlinger Energiezentrum (REZ) entwickelt Strategien zur Steuerung von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, die einen stromgeführten Betrieb erlauben (siehe auch Seite 11). Das ermöglicht den Verkauf des Stroms, wenn die Preise an der Strombörse hoch sind. Wärme ist hier das Koppelprodukt, das sich einfach und preisgünstig speichern

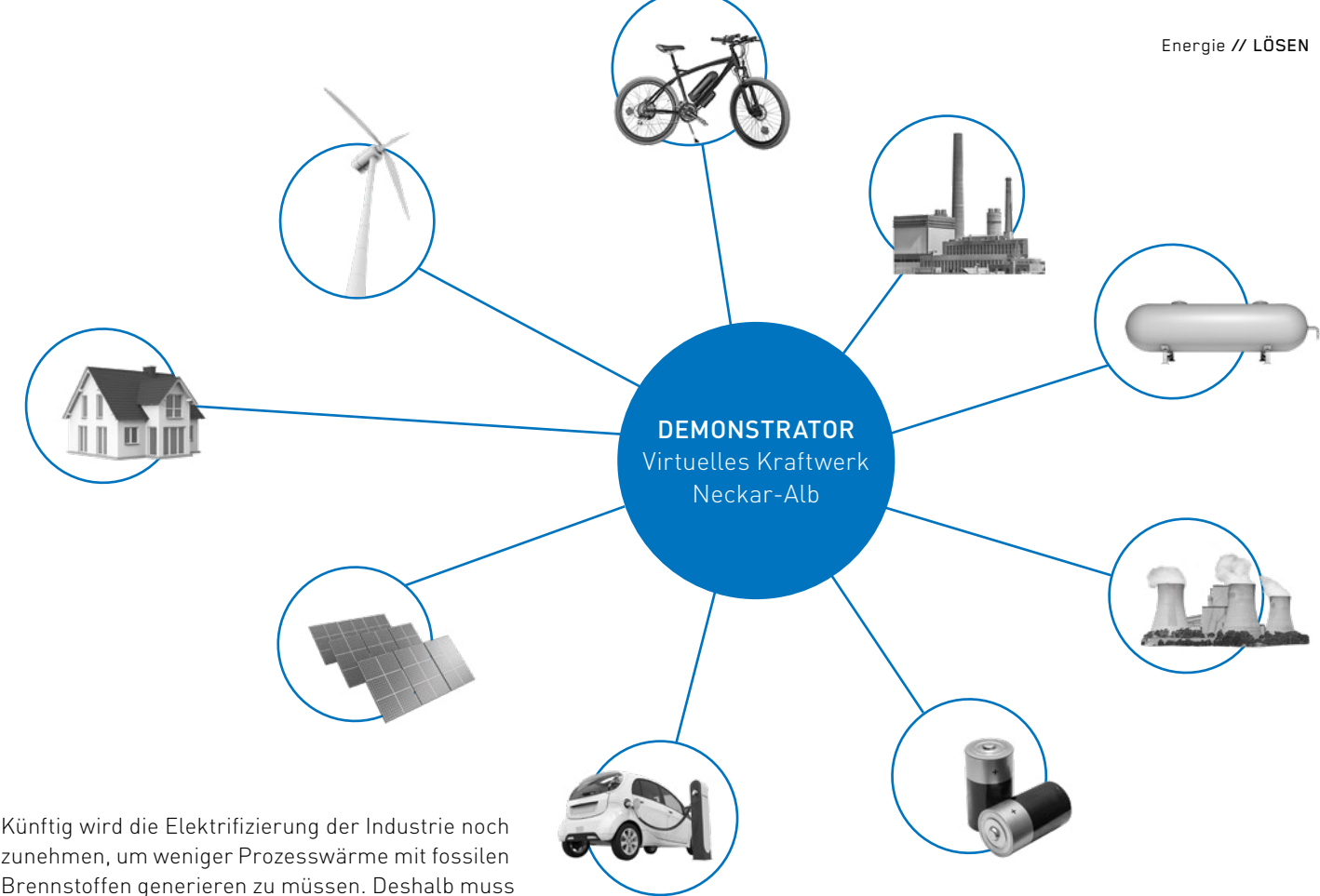
lässt. Besonders interessant ist die Anwendung in Industrien mit einem hohen Bedarf an Prozesswärme, beispielsweise in der Galvanik, also dem Beschichten von Metallen. Im Projekt Galvanoflex entwickelt Thomas eine Steuerung, die auch Wärmespeicher einbezieht, das Team von Alexander Sauer vom EEP prüft diese Steuerung in Simulationen, die auf echten Betriebsdaten eines Galvanikbetriebs beruhen.

Noch in einem weiteren Projekt arbeitet das EEP der Universität Stuttgart mit dem REZ zusammen: Entscheidung für Energieeffizienz heißt das Vorhaben, in dem Professorin Sabine Löbke untersucht, wie die Unternehmenskultur Energieeffizienz fördern oder behindern kann (siehe Seite 10). Das EEP begleitet das Projekt mit seinem Wissen über Produktionsprozesse und steuert empirische Daten bei.

### Die Industrie muss liefern

Derzeit wächst die Energieeffizienz der Industrie mit ca. 1,3 Prozent pro Jahr, das Dreifache wäre nötig, um das 2020-Ziel der Bundesregierung zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zu erreichen, was in weiter Ferne liegt. Die Hoffnung, die fehlende Energieeffizienz einfach durch schnelleren Zubau erneuerbarer Energien ausgleichen zu können, ist trügerisch. Sauer macht eine einfache Rechnung auf: An kalten Tagen bei brummender Industrieproduktion konsumieren alle Stromverbraucher in Deutschland maximal 90 Gigawatt, eine Leistung, die an manchen Tagen heute schon komplett mit Erneuerbaren zu decken ist.

© Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) – Universität Stuttgart



Künftig wird die Elektrifizierung der Industrie noch zunehmen, um weniger Prozesswärme mit fossilen Brennstoffen generieren zu müssen. Deshalb muss auch mehr Strom erzeugt werden – ohne Effizienzgewinne etwa 280 Terrawattstunden (TWh). Aktuell fließen durch das Stromnetz 521 TWh. Rechnet man die Elektromobilität mit etwa 290 TWh hinzu, summiert sich der erforderliche Energiebedarf auf astronomische 1100 TWh, ein Mehrfaches der in Deutschland verfügbaren Leistungsfähigkeit aller Kohle- und Atomkraftwerke, Windräder und Photovoltaikanlagen.

„Die Industrie muss ihre Energieeffizienz dringend steigern, sonst ist die Energiewende nicht zu schaffen“, so Sauer. Diese Forderung klingt komplizierter als sie ist, auch hier liegt der Schlüssel in mehr Intelligenz und in der Kopplung von Strom und Wärme. Bei Produktionsprozessen mit hohem Wärmebedarf könnte man die Abwärme eines Blockheizkraftwerks zum Vorheizen nutzen, für höhere Temperaturen sorgen elektrische Heizungen.

### Vorzeigeprojekt virtuelles Kraftwerk

Das Koppeln von Strom- und Wärmeerzeugung beziehungsweise -speicherung in einer Anlage mittels einer zentralen Steuerung ist das Konzept eines virtuellen Kraftwerks. Manche kommerziellen Anbieter fokussieren sich lediglich auf den Verkauf von Strom – das virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb geht weiter und betrachtet alle Energieformen ganzheitlich. Das Demonstrator-Projekt, an dem neben der Hochschule Reutlingen und der Universität Tübingen einige Netzbetreiber und Partner aus der Industrie beteiligt sind, ist auch international eines der ambitioniertesten Vorhaben seiner Art. In Gebäude 1 der Hochschule Reutlingen stehen in einer Halle bereits die Komponenten, darunter ein Blockheizkraftwerk, eine Absorptionskältemaschine sowie ein Batteriespeicher, auf dem Dach erzeugen Hybridmodule (gleichzeitig Photovoltaik und Solarthermie) aus der Sonnenenergie Strom und Wärme. Draußen warten Ladestationen auf Pedelecs, E-Scooter und Elektroautos. Überwacht wird die Anlage in der Leitwarte im ersten Stock, die intelligente Steuerung erledigt größtenteils eine Software der Firmen AVAT und ENISYST. Ziel des Demonstrator-Projekts ist, eine reale

Testumgebung zu schaffen und eine vollständige Wertschöpfungskette abzubilden, in die sich Unternehmen aus der Region mit ihren Anlagen einklinken können. Daneben gibt es Unterprojekte wie ein Hochschulgebäude, dessen Betonhülle als Wärmespeicher dient und einen flexibleren Betrieb erlaubt, wenn die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme gerade nicht verbraucht wird.

An dem Projekt ist auch die FairNetz GmbH beteiligt. Für das Virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb liefert der Betreiber von Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmenetzen in der Region Reutlingen Daten aus der Photovoltaikanlage auf dem Markwasenstadion und von einigen Blockheizkraftwerken. Auch in der Vergangenheit gab es schon einige gemeinsame Projekte mit der Hochschule. Für Klaus Saiger, Geschäftsführer von FairNetz, ist das eine Win-Win-Situation. „Wir haben keine eigene Forschung und Entwicklung und daher ist es für uns wichtig, dass wir das Know-how der Hochschule nutzen können, um mit den Veränderungen der Energiewelt Schritt zu halten.“ Umgekehrt profitiert die Hochschule, weil sie ihre Entwicklungen in der Praxis erproben könne. Saiger betont: „Und wir freuen uns, dass wir die Chance haben, Absolventen der Hochschule als Mitarbeiter zu gewinnen.“

BERND MÜLLER

### REDIRECTING OUR ENERGIES

Climate change is reality. It makes the restructuring of our energy systems all the more urgent. Researchers like Professor Stefan Tenbohlen and Professor Alexander Sauer of the University of Stuttgart are working on concepts for alternative supply structures and greater energy efficiency, for example in industry. The Reutlingen Centre for Energy Research is a partner in a number of these projects.



# Spielwiese für die Energiewende

*Frank Truckenmüller ist Professor für dezentrale Energiesysteme und Energieeffizienz am Reutlinger Energiezentrum (REZ). Er ist treibende Kraft hinter dem **virtuellen Kraftwerk Neckar-Alb**, das vielversprechende Impulse für die Energiezukunft liefert.*

## INTERVIEW: BERND MÜLLER

Bevor Sie 2012 als Professor an die Hochschule Reutlingen kamen, waren Sie bei Siemens und Alstom unter anderem für Dampfturbinen zuständig. Jetzt arbeiten Sie an erneuerbaren Energien, vor allem am virtuellen Kraftwerk. Ist das nicht ein Widerspruch?

**Frank Truckenmüller:** Für mich nicht. Statt mit Megawatt habe ich es heute eben mit Kilowatt zu tun. Die Technik der Großkraftwerke ist überholt, den erneuerbaren Energien gehört die Zukunft.

### Wie sieht diese Zukunft aus?

2050 rechne ich in Deutschland mit 40 Millionen so genannten Prosumern. Damit sind Personen gemeint, die Strom sowohl verbrauchen als auch selbst erzeugen, zum Beispiel mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach oder einer Brennstoffzelle im Keller. Schon heute gibt es Zeiten, wo wir die rund 80 Gigawatt Höchstlast in Deutschland komplett mit Erneuerbaren decken können, an etwa 130 Stunden pro Jahr haben wir sogar zu viel erneuerbaren Strom, was zu negativen Preisen an der Strombörse führt.

### Woran hakt es dann noch bei der Energiewende?

An der Flexibilität. Heute wird bereits jede zweite Photovoltaikanlage mit einem Batteriespeicher verkauft. So kann der Besitzer auch dann eigenen Strom verbrauchen, wenn die Sonne nicht scheint. Diesen Weg zu mehr Flexibilität müssen wir weitergehen, dazu gibt es viele Möglichkeiten. Elektroautos etwa haben Batterien mit bis zu 90 Kilowattstunden, die sich als Puffer eignen würden. Wichtig ist auch die Kopplung der Sektoren, also von Strom, Wärme, Verkehr. Alle Autos in Deutschland zusammen haben eine Motorleistung von rund 2000 Gigawatt. Kleine Motoren wie der Range Extender im BMW i3 mit 25 Kilowatt könnte man in der Garage mit Erdgas betreiben und als Blockheizkraftwerk einsetzen, wenn es zu wenig Strom aus Erneuerbaren im Netz gibt.

### Das klingt ziemlich visionär. Welche Konzepte sind bereits greifbar?

Sicherlich virtuelle Kraftwerke. Es gibt bereits kommerzielle Anbieter, die erneuerbaren Strom aus verschiedenen Quellen, zum Beispiel aus Biogas-Anlagen, bündeln und in Zeiten hoher

Strompreise ins Netz einspeisen. Das geht aus meiner Sicht aber noch nicht weit genug. Deshalb arbeiten wir an einem virtuellen Kraftwerk, das alle Sektoren koppelt: das virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb. Es ist als Infrastrukturmaßnahme gedacht, um die zukünftige Energiewelt erlebbar zu machen, und bietet somit Studierenden, hochschulexternen Projektpartnern und interessierten Professorinnen und Professoren vielseitige Möglichkeiten in Lehre und Forschung.

### Aus welchen Komponenten besteht dieses Konzept?

Wir haben bereits eine Hybrid-Anlage auf Gebäude 1, bestehend aus Photovoltaik und integrierter Solarthermie zur Wassererwärmung. Geplant ist eine weitere Photovoltaikanlage mit 200 Kilowatt auf den Gebäuden 3 und 4. In Gebäude 1 steht darüber hinaus ein Blockheizkraftwerk, das Strom und Wärme erzeugt, oder mit Hilfe einer Absorptionskältemaschine im Sommer auch Kälte. Demnächst kommt ein elektrischer Speicher mit etwa 12 kWh Kapazität hinzu. Außerdem integrieren wir die hauseigenen E-Scooter, Pedelecs und Ladestationen für Elektroautos. Alle diese Komponenten kommunizieren über Funk, Internet oder Kabel miteinander und mit der Außenwelt. So kann das virtuelle Kraftwerk ab 2019 an der Strombörse teilnehmen. Die vielleicht entscheidende Komponente ist die Software, die alles möglichst effizient steuert.

### Wann wird die Anlage in Betrieb genommen?

Die Inbetriebnahme erfolgt im Februar 2018, Ende 2018 soll der Ausbau vollständig sein. Finanziert wird die Einrichtung mit 500.000 Euro von der Hochschule, 400.000 Euro kommen vom Land Baden-Württemberg, noch einmal die gleiche Summe steuern die Projektpartner bei.

### Wer profitiert davon?

Das virtuelle Kraftwerk Neckar-Alb ist eine Art Spielwiese, auf der wir viele Aspekte der Energiewende ausprobieren können. Es steht allen offen, die eigene Komponenten und Strategien testen wollen. So können sich Erzeuger von erneuerbarem Strom aufschalten und herausfinden, welche Gewinne sie damit machen können. Und natürlich lernen unsere Studierenden sehr praxisnah die neue Energiewelt kennen.

→ Weiterführende Informationen:

[www.reutlingen-university.de/research/truckenmueller](http://www.reutlingen-university.de/research/truckenmueller)



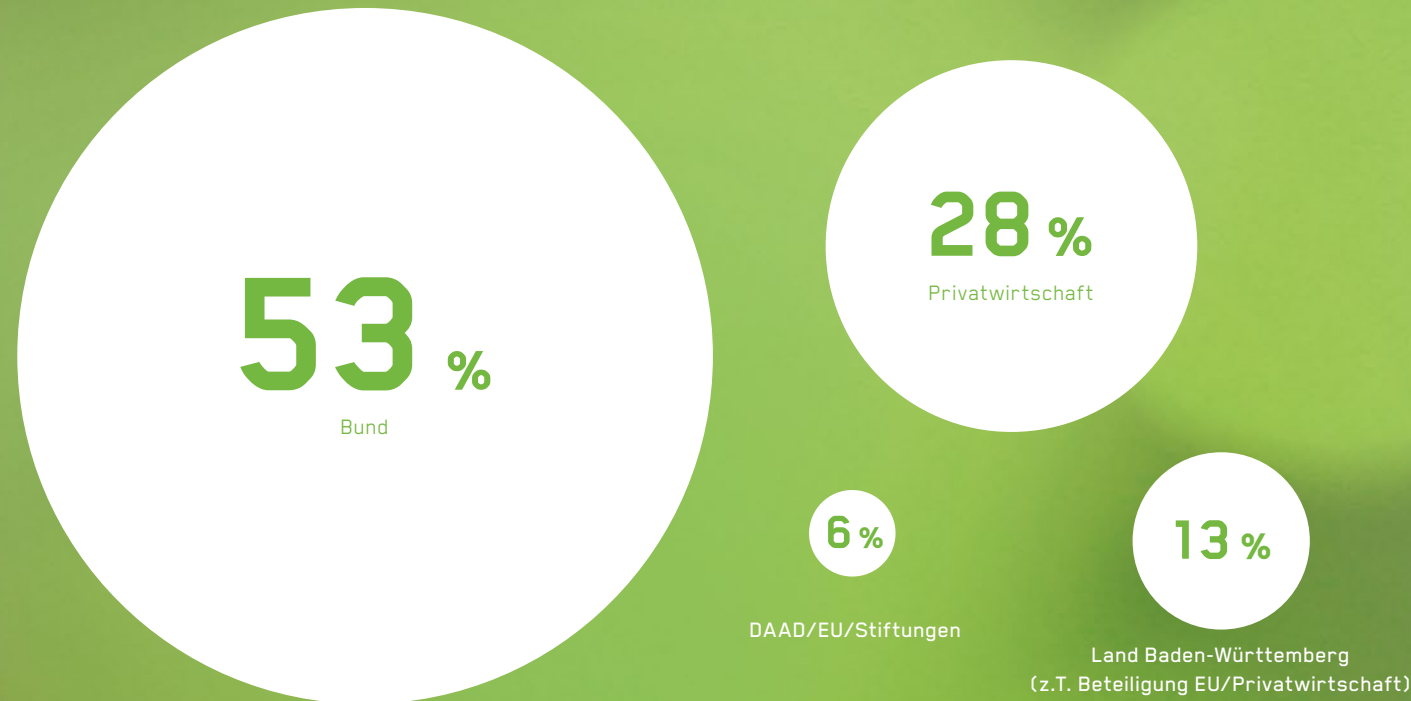
### TESTING GROUND FOR ENERGY TRANSITION

The energy supplies of the future will be decentralized and flexible, says Professor Frank Truckenmüller. At the Reutlingen energy centre, he develops and tests new concepts for the transition to renewables. Among his exemplary projects is the virtual power station Neckar-Alb, which goes on line in 2018 and is set to serve power companies and components manufacturers as a testing ground.



# Zahlen & Fakten

## Herkunft der in 2016 eingeworbenen Forschungsprojektmittel



## Forschungsdrittmittel

Eingegangene Forschungsdrittmittel in Mio €, berechnet nach den Kriterien der AG IV (Forschungsbeirat der HAW-Rektorenkonferenz Baden Württemberg), ab 2014 Nettowerte

▨ Drittmittel mit Forschungsbezug, z.B. Geräteausstattung, Forschungsgrundfinanzierung und -sponsoring

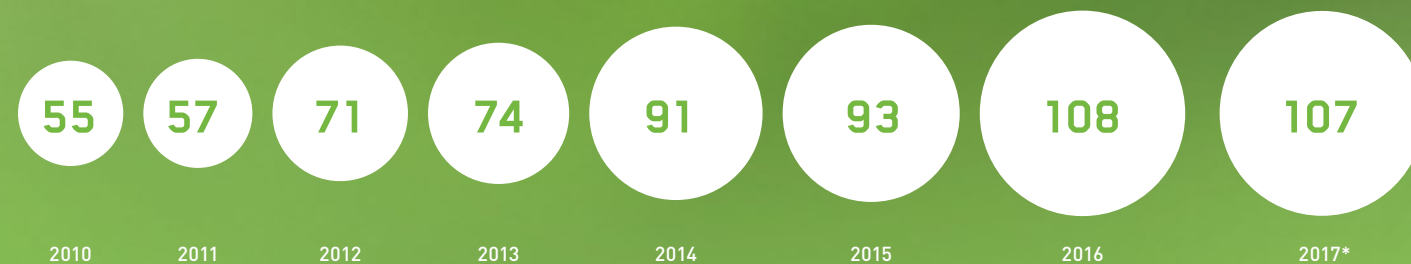
▧ Konkrete Forschungsprojekte

■ Gesamt



## Forschungsprojekte

Anzahl der aktiven Forschungsprojekte im Zeitraum eines Jahres

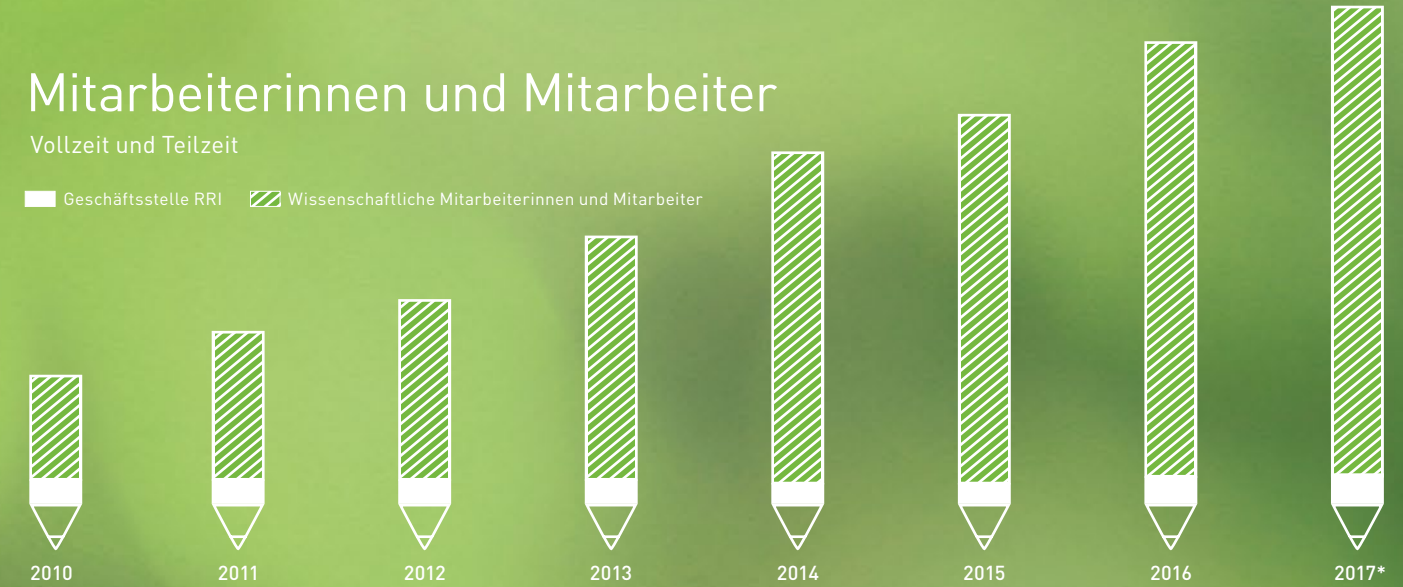


## Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Vollzeit und Teilzeit

■ Geschäftsstelle RRI

▨ Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter



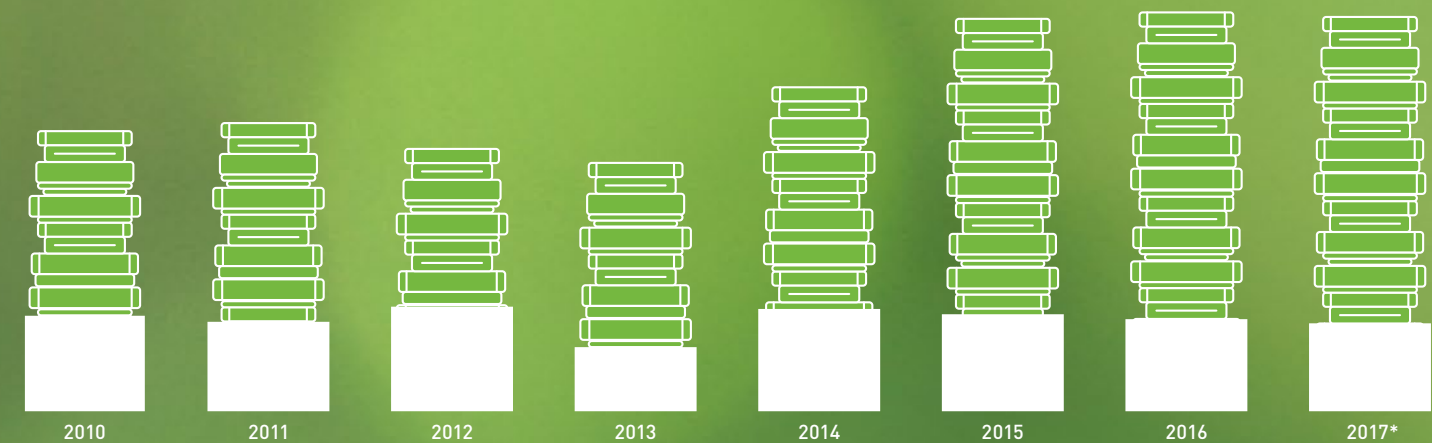
Im Zeitraum eines Jahres in der Forschung beschäftigte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (keine Vollzeitäquivalente)

| Jahr                                   | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017* |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Gesamt                                 | 32   | 43   | 51   | 67   | 88   | 97   | 115  | 124   |
| Geschäftsstelle RRI                    | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 7    | 8     |
| Wiss. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter | 26   | 37   | 45   | 61   | 83   | 92   | 108  | 116   |

## Wissenschaftliche Publikationen

■ Peer-Review-Publikationen

▧ Einfache wissenschaftliche Publikationen



Anzahl Publikationen (Dissertationen als Peer-Review-Publikationen gezählt)

| Jahr                         | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017* |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Gesamt                       | 192  | 201  | 181  | 171  | 224  | 271  | 278  | 272   |
| Peer-Review-Publikationen    | 65   | 62   | 73   | 44   | 70   | 66   | 63   | 62    |
| Einfache wiss. Publikationen | 127  | 139  | 108  | 127  | 154  | 205  | 215  | 210   |

\* Hochrechnung für 2017. Die finalen Zahlen lagen zum Zeitpunkt des Drucks noch nicht vor.



# Impressum

## Herausgeber

Reutlingen Research Institute, Hochschule Reutlingen / Präsident Prof. Dr. Hendrik Brumme

## Redaktion

Gesamtverantwortung: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gruhler, Prof. Dr. Stephan Seiter, Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Redaktion: Lilith Langeheine

Schlussredaktion: Prof. Dr. Stephan Seiter, Simone Bradbury

## Übersetzung

Amanda Crain

## Fotos

Hochschule Reutlingen, Fotoatelier Karl Scheuring,

S. 01 iStock: kav777, S. 08 iStock: ollo, S. 12 iStock: Freder, S. 13 iStock: Nordroden, Schunk GmbH & Co. KG, S. 16 Steffen Schanz, S. 17 Hella, S. 19 WoodKplus, S. 19 KHS GmbH/ frankreinhold.com, S. 24 Ann-Cathrin Volz, S. 27 Thinkstock: fotojog, S. 28 Thinkstock: Pixfly, S. 30 Oleksandra Samokhina, S. 32 KOMET GROUP GmbH, S. 33 Nanoscribe, S. 37 Robert Bosch GmbH, S. 38 Thinkstock: baurka, Grassetto, PhonlamaiPhoto, Nerthuz, S. 40 Thinkstock: kentoh, S. 40 Uhlmann Pac-Systeme GmbH & Co. KG, S. 41 Max Holder GmbH, S. 44 Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) – Universität Stuttgart, S. 45 Thinkstock: Bibigon, Nerthuz, Eshma, deebrowning, erserg, ymgerman

## Auflagenhöhe

1.500

## Druck

Sautter GmbH, Reutlingen

## Gestaltung

REFORM DESIGN, Stuttgart

## Erscheinungsdatum

Februar 2018, P-ISSN: 2568-8103, E-ISSN: 2568-8111

## Digitale Ausgabe

[www.reutlingen-university.de/research](http://www.reutlingen-university.de/research)

## Anzeigen

FairEnergie GmbH, Steinbeis-Stiftung

## Urheberrecht

Hochschule Reutlingen, alle Rechte vorbehalten

## Adresse

Hochschule Reutlingen  
Reutlingen University  
Reutlingen Research Institute  
Alteburgstraße 150  
72762 Reutlingen

T. 07121 271 - 1461

F. 07121 271 - 1404

[rri@reutlingen-university.de](mailto:rri@reutlingen-university.de)

[www.reutlingen-university.de](http://www.reutlingen-university.de)



WIR FRAGEN, FORSCHEN UND LÖSEN  
ZU THEMEN, DIE UNS ALLE ANGEHEN.

