

# RESILIENZ

resilience

## ENERGIE

Nicht nur sauber, sondern rein  
Seite 13

## LIEFERKETTEN

20 Kilometer mit  
einem Schweineschnitzel  
Seite 36

## WERTSCHÖPFUNG

Erbse ohne Wert  
Seite 38





# Und wie ist Dein Team?

Die einzige Sache, auf die wir noch stolzer sind als auf unsere Anwendungen, ist unser Team. Bei uns arbeiten engagierte, professionelle und freundliche Persönlichkeiten aus der Informatik, Mathematik oder auch Geisteswissenschaft.

**Komm zu mgm!**  
**Erlebe Wertschätzung.**  
[jobs.mgm-tp.com](http://jobs.mgm-tp.com)



Schreib uns eine E-Mail:  
[jobs\\_de@mgm-tp.com](mailto:jobs_de@mgm-tp.com)



## Editorial

Liebe forschungsinteressierte Leserinnen und Leser,

erst die Corona-Pandemie, dann der Krieg in der Ukraine und die Energiekrise. Es scheint, als rutschten wir von einer Katastrophe in die andere, ohne zu wissen, was als Nächstes kommt. Wir müssen uns der Frage stellen, wie wir solchen Krisen zukünftig begegnen können, wie wir resilienter werden. Vielleicht hilft ein Blick in die Natur? So schützt den Elefanten seine dicke, vernarbte Haut, auch wenn sie auf den ersten Blick nicht gerade hübsch erscheint. Der Eisbär trotzt dank Fell und Fettschicht jeder Kälte, den Fisch bewahrt seine schuppige Haut vor Krankheit und Bakterien, das Chamäleon passt sich an, immer und überall. Und wir?

Wie immer, wenn es darum geht, Dinge zu verbessern, brauchen wir kreative Ideen. Wir brauchen Menschen, die Neues ausprobieren, Rückschläge hinnehmen, andere Wege suchen. Wir brauchen: Forschung.

Auch die Forscherinnen und Forscher an der Hochschule Reutlingen leisten einen Beitrag dazu, unsere Gesellschaft widerstandsfähiger und robuster zu machen. Es geht um Lösungen für die Energiekrise (ab S. 10), um Ressourceneffizienz und Lieferketten (ab S. 26), um resiliente IT-Strukturen und eine resiliente Wirtschaft (ab S. 38). Und dass Forschung nicht erst mit dem Professorentitel beginnt, zeigen beeindruckende Beispiele unserer Studierenden (ab S. 22).

Lesen Sie doch mal rein – es lohnt sich!

Prof. Dr. Petra Kluger, Vizepräsidentin Forschung

Prof. Dr.-Ing. Anja Braun, Wissenschaftliche Leitung  
Reutlingen Research Institute (RRI)

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Wissenschaftliche Leitung  
Reutlingen Research Institute (RRI)



Dear research enthusiasts,

First the Corona Pandemic, then the war in Ukraine and now the energy crisis. It seems as if we are sliding from one disaster to another without knowing what will happen next. We have to ask ourselves how we can respond to such crises in the future, and how we can become more resilient. Maybe it would help to take a look at nature? Look how the elephant's thick, scarred skin protects him, even if it doesn't exactly look attractive at first glance. The polar bear defies even the coldest of temperatures, thanks to its fur and layer of fat, the fish's scaly skin protects it from disease and bacteria, the chameleon adapts, always and everywhere. And us?

As always, when it comes to improving things, we need creative ideas. We need people who try out new things, accept setbacks, explore other paths. We need: research.

The researchers at Reutlingen University are also making their contribution to making our society more resilient and more robust. It is a question of finding solutions for the energy crisis (from p. 10), resource efficiency and supply chains (from p. 26) as well as resilient IT structures and a resilient economy (from p. 38). And the fact that research is not something that begins with a professorial title, is shown by some impressive examples from our students (from p. 22).

Take some time and have a read – it's worth it!

Prof. Dr. Petra Kluger, Vice-President, Research  
Prof. Dr.-Ing. Anja Braun, Director RRI  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas, Director RRI

# Inhalt

26

*Endlich umdenken:  
ambitionierte Recyclingprojekte  
am TEXOVERSUM Faktultät Textil*



03 Editorial

## 06 FRAGEN

- 07 Klimaneutral geht nur mit Wasserstoff
- 08 Eine Frage an ...

## 09 FORSCHEN

### Energie

- 10 Ein großer Wurf für die Energiewende
- 13 Nicht nur sauber, sondern rein
- 14 Hundert Prozent Leidenschaft für null Energie
- 18 Mein Strom, dein Strom

### Über Grenzen hinweg

- 20 Kraftakt gegen die Krise
- 22 Früh übt sich



14

*Die perfekte Rezeptur:  
Wie ein Bäckermeister mit mutigen  
Energiesparmaßnahmen zum Vorbild  
für seine Branche wird.*

## Ressourceneffizienz und Lieferketten

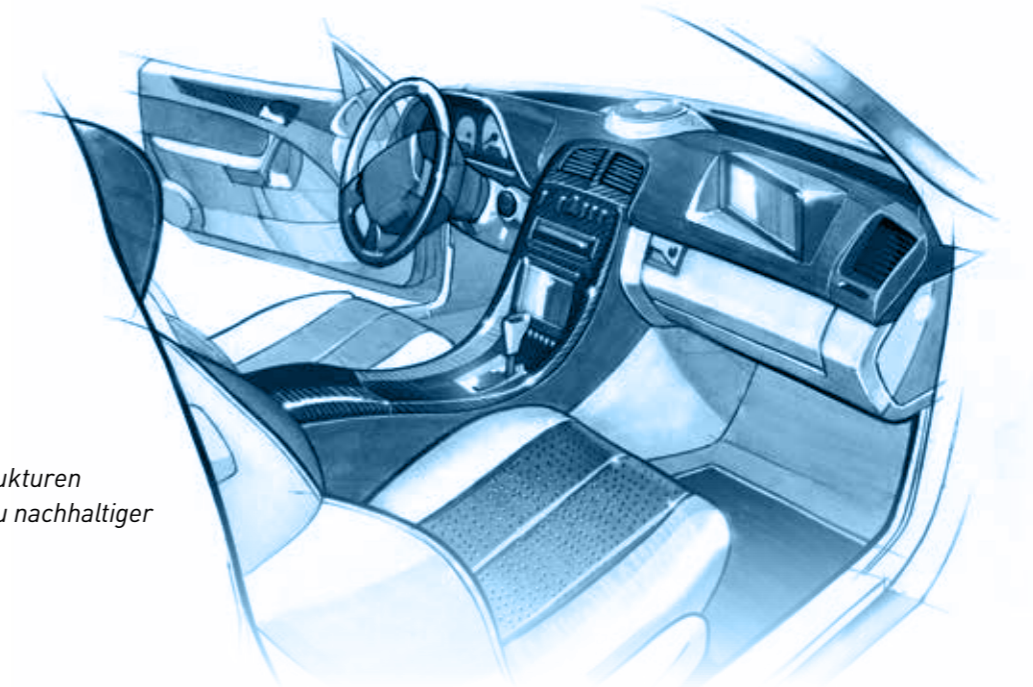
- 26 Endstation Nairobi
- 32 Vom Acker in den Karton
- 34 Chemiereaktor im Fingerhut
- 36 20 Kilometer mit einem Schweineschnitzel

## Resiliente Wertschöpfung

- 38 Erbse ohne Wert
- 42 Nachhaltig produzieren – aber wie?
- 44 Glaskugel für den Worst Case
- 46 Der schlafende Riese
- 48 Schöne Grüße von den Bandscheiben

42

*Immer im Kreis:  
Wie zirkuläre Strukturen  
den Automobilbau nachhaltiger  
machen können.*



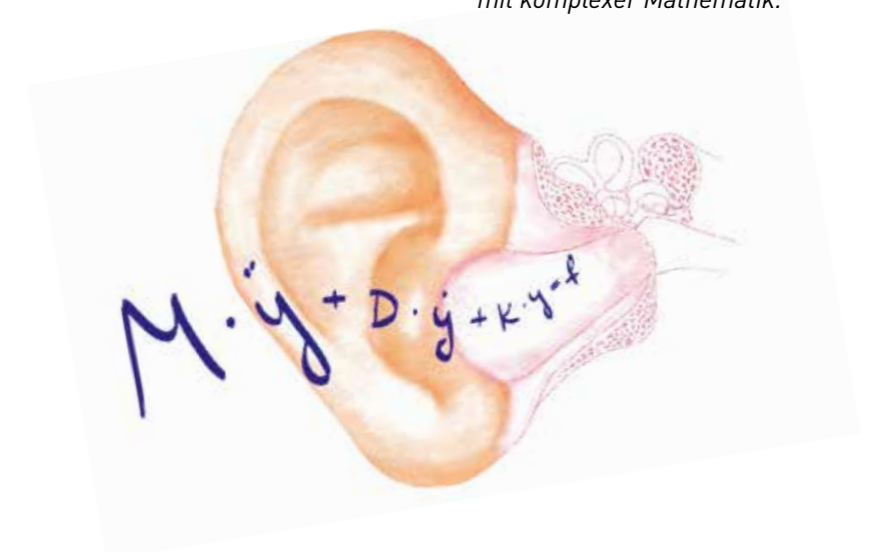
## 51 LÖSEN

- 52 Die Welt klingt wieder besser
- 56 Zahlen & Fakten
- 58 Impressum

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

52

*Hingehört:  
So löst Michael Lauxmann die  
Hörprobleme von Carmen Neuendorf  
mit komplexer Mathematik.*



## 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 48 Ländern ist die EUA die größte Vereinigung europäischer Universitäten und Rektorenkonferenzen und nimmt entscheidenden Einfluss auf die europäische Hochschulpolitik.





## FRAGEN

DASS WIR UNS DIESEN WINTER WARM ANZIEHEN MÜSSEN, IST KEINE FRAGE, IM WAHRSTEN SINNE DES WORTES. NICHT ZULETZT DER KLIMAWANDEL ZWINGT UNS JEDOCH, VIEL WEITER IN DIE ZUKUNFT ZU DENKEN. SO MÖCHTE DIE STADT TÜBINGEN ZUM BEISPIEL BIS 2030 KLIMANEUTRAL WERDEN UND SETZT DABEI UNTER ANDEREM AUF WASSERSTOFF, DAS „ÖL DER ZUKUNFT“. WAS SICH DIE STADTWERKE TÜBINGEN DAVON VERSPRECHEN UND WIE SIE IM PROJEKT HY-FIVE GEMEINSAM MIT DER HOCHSCHULE REUTLINGEN UND ANDEREN PARTNERN AN DER WASSERSTOFFZUKUNFT ARBEITEN, ERFAHREN SIE IM INTERVIEW MIT DR. ACHIM KÖTZLE, GENERALBEVOLLMÄCHTIGTER NETZE UND KONZESSIONEN DER STADTWERKE.

*THERE IS NO DOUBT THAT WE WILL HAVE TO WRAP UP WARMLY THIS WINTER, IN THE MOST LITERAL SENSE OF THE WORD. IF NOTHING ELSE, THOUGH, IT IS CLIMATE CHANGE THAT IS FORCING US TO THINK MUCH FURTHER INTO THE FUTURE. FOR EXAMPLE, THE CITY OF TÜBINGEN WANTS TO BECOME CLIMATE-NEUTRAL BY 2030 AND IS RELYING ON HYDROGEN, THE "OIL OF THE FUTURE", AMONG OTHER THINGS. WHAT THE MUNICIPAL UTILITIES OF TÜBINGEN ARE EXPECTING FROM THIS PROJECT, AND HOW THEY ARE WORKING ON THE HYDROGEN FUTURE IN THE HY-FIVE PROJECT TOGETHER WITH REUTLINGEN UNIVERSITY AND OTHER PARTNERS, YOU CAN FIND OUT IN THE INTERVIEW WITH DR. ACHIM KÖTZLE, GENERAL MANAGER OF NETWORKS AND CONCESSIONS AT THE MUNICIPAL UTILITIES.*



## Schon gewusst?

Die Haut des Eisbären unter seinem Fell ist... schwarz! Sie heizt sich schneller auf und speichert die Wärme besser. Eisbären können die Sonnenwärme so optimal nutzen.

# Klimaneutral geht nur mit Wasserstoff

*Die Stadtwerke Tübingen sind Partner der Hochschule Reutlingen im Projekt „Hy-FIVE“. Die Kooperation sei wertvoll, um die großen Potenziale einer Wasserstoffwirtschaft zu entwickeln, sagt Achim Kötzle, Generalbevollmächtigter Netze und Konzessionen der Stadtwerke.*

INTERVIEW: BERND MÜLLER

## Seit wann beschäftigen sich die Stadtwerke Tübingen mit Wasserstoff?

**Dr. Achim Kötzle:** Es wird Sie vielleicht überraschen, aber das tun wir seit 160 Jahren. Viele Stadtwerke sind gegründet worden, um Stadtgas aus Koks zu gewinnen, und Stadtgas enthält bis zu 50 Prozent Wasserstoff. Das ist aber eingeschlafen, weil Erdgas in den 1970ern das Stadtgas verdrängt hat. In den letzten Jahrzehnten haben wir uns nicht mehr mit dem Thema beschäftigt.

## Warum wird Wasserstoff nun wieder interessant für Sie?

**Kötzle:** Der Gemeinderat hat beschlossen, dass Tübingen bis 2030 klimaneutral werden soll. Dazu müssen wir wegkommen von fossilen Energieträgern und Wasserstoff ist dabei

ein wichtiger Baustein. Er kann Energie aus erneuerbarem Strom speichern für Zeiten, wenn der Wind nicht weht oder die Sonne nicht scheint, und so das Stromnetz stabilisieren. Als Betreiber von Energieinfrastruktur sind wir beim Thema Wasserstoff der ideale Mittler zwischen Erzeugern, Verbrauchern, Industrie und Politik.

## Was sind Ihre Ziele im Hy-FIVE-Projekt?

**Kötzle:** Wir werden einen Elektrolyseur mit 500 Kilowatt errichten und dort mit grünem Strom Wasserstoff erzeugen. Damit könnte man in der Zukunft zum Beispiel Brennstoffzellen-Busse oder anderen Schwerlastverkehr betanken. Ein wichtiger Aspekt ist die Sektorkopplung. Die Abwärme, die bei der Elektrolyse entsteht, wird bisher nicht genutzt. Wir wollen sie in unser Wärmenetz

einspeisen. Wir planen auch ein Solarthermie-Kraftwerk und wollen mit einer Wärmepumpe Wärme aus einer Kläranlage gewinnen. Außerdem entsteht bei der Elektrolyse Sauerstoff, den man zum Beispiel in der Industrie gebrauchen könnte oder in Kliniken.

## Das klingt so, als wäre die Wasserstoffzukunft sehr komplex und kleinteilig.

**Kötzle:** Das stimmt, aber sie bietet große Potenziale. In Zukunft werden wir Energie viel lokaler erzeugen und verbrauchen. Wenn Hy-FIVE ein Erfolg wird, dann könnte ich mir vorstellen, dass wir im nächsten Jahrzehnt in Wohn- und Industriequartieren Elektrolyseure betreiben, die lokal Wasserstoff erzeugen und speichern. Dazu müssen wir aber noch viel Erfahrung sammeln. So wollen wir mit Hilfe der Hochschule Reutlingen die Nutzungsstunden des Elektrolyseurs senken und die Lebensdauer und die Wirtschaftlichkeit erhöhen.

## CLIMATE-NEUTRAL IS ONLY POSSIBLE WITH HYDROGEN

The public utility company Stadtwerke Tübingen is a partner of Reutlingen University in the Hy-FIVE project. This collaboration is invaluable for developing the great potential of a hydrogen economy, says Achim Kötzle, General Manager Networks and Concessions of the municipal utility, in an interview.

→ Mehr über das Projekt Hy-FIVE und die Beteiligung der Stadtwerke Tübingen: : [www.reutlingen-university.de/research2023/swt](http://www.reutlingen-university.de/research2023/swt)



*Dr. Achim Kötzle, Generalbevollmächtigter Netze und Konzessionen der Stadtwerke Tübingen*



## Eine Frage an ...



... **PHILIPP TIEFENBACH**,  
Inhaber der Dorfbäckerei  
Tiefenbach in St. Johann

### **Können kleine Betriebe angesichts steigender Energiekosten überleben?**

Der Schwabe lebt vom Nichtausgeben. Um Energiekosten zu sparen, verbessere ich jeden Tag die Energieeffizienz in meinem Betrieb. Vieles dafür gibt es nicht zu kaufen, dann baue ich es selbst. → [S. 14](#)



... **KAI NEBEL**,  
Leiter des Forschungsschwerpunkts Nachhaltigkeit und Recycling des TEXOVERSUMs Fakultät Textil an der Hochschule Reutlingen

### **Ist Recycling die Lösung für die Ressourcenverschwendung in der Bekleidungsindustrie?**

Wir Menschen bevorzugen einfache Lösungen und sind Meister in der Selbstsabotage. Wir brauchen keine Klamotten aus Bananenfasern oder Rucksäcke aus Meeresplastik, die nur gut fürs Gewissen sind. Wir müssen einfach weniger konsumieren. → [S. 26](#)



... **ANNA GÖDDEKE**,  
Professorin für Industrieökonomie an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen

### **Wie kann man die Zahl der Studienabbrecher senken?**

In der Pandemie sind die Abbruchzahlen hochgegangen. Die Studierenden brauchen mehr Mut und Durchhaltevermögen. Da sind wir als Hochschule gefragt: Wir müssen die Studierenden Resilienz lehren. → [S. 38](#)



... **SEBASTIAN STEGMÜLLER**,  
Leiter Forschungsbereich Mobilitäts- und Innovationssysteme, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAQ

### **Mehr zahlen für Nachhaltigkeit? In der Automobilbranche ist die Bereitschaft dafür eher gering. Wie kann man das ändern?**

Nur teurer werden geht nicht. Wenn die Kunden für nachhaltige Materialien im Automobil bezahlen sollen, müssen wir ihnen einen Mehrwert bieten: hochwertiges und personalisiertes Design und zusätzliche Funktionen zum Beispiel. → [S. 42](#)

# NEUEN FORSCHEN

RESILIENZ HAT VIELE FACETTEN. FORSCHUNG ZU RESILIENZ AN DER HOCHSCHULE REUTLINGEN AUCH. MARC BRECHT UND FRANK WACKENHUT ZUM BEISPIEL HABEN EINEN SENSOR ENTWICKELT, DER ERKENNT, OB WASSERSTOFF AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN GEWONNEN WURDE ODER NICHT (SEITE 13). VOLKER JEHLE UND CHARLOTTE BRAUN WOLLEN AUS DER BRENNNESSEL IM GARTEN NACHHALTIGES VERPACKUNGSMATERIAL HERSTELLEN (SEITE 32). DIE TEAMS UM VERA HUMMEL UND OLIVER BURGERT ARBEITEN AN LÖSUNGEN, UM RÜCKENKRANKHEITEN ZU VERHINDERN – IN DER FABRIK UND IM OP (SEITE 48). DIE LISTE AN THEMEN IST LANG...

RESILIENCE HAS MANY FACETS. RESEARCH ON RESILIENCE AT REUTLINGEN UNIVERSITY, TOO. MARC BRECHT AND FRANK WACKENHUT, FOR EXAMPLE, HAVE DEVELOPED A SENSOR THAT DETECTS WHETHER HYDROGEN HAS BEEN PRODUCED FROM RENEWABLE ENERGIES OR NOT (PAGE 13). VOLKER JEHLE AND CHARLOTTE BRAUN WANT TO MAKE SUSTAINABLE PACKAGING MATERIAL FROM NETTLES IN THE GARDEN (PAGE 32). VERA HUMMEL AND OLIVER BURGERT AND THEIR TEAMS ARE WORKING ON SOLUTIONS TO PREVENT BACK PROBLEMS – IN BOTH THE FACTORY AND THE OPERATING THEATRE (PAGE 48). THE LIST OF TOPICS IS ENDLESS ...



#### Schon gewusst?

Unter der schuppigen Fischhaut sitzen zahlreiche Drüsen, die den Schleim absondern, der Fische so glitschig macht. Er schützt vor Krankheiten und reduziert den Widerstand im Wasser – so sparen Fische kostbare Energie.



# Ein großer Wurf für die Energiewende

*Wasserstoff ist das Öl der Zukunft. Bevor die Revolution der Energieversorgung wahr wird, sind noch viele Fragen zu klären. Einige Antworten soll das ehrgeizige Projekt „Hy-FIVE“ geben. Damit setzt sich die Hochschule Reutlingen mit ihren Partnern an die Spitze der Erforschung und Umsetzung von Wasserstoff-Infrastrukturen.*

Wasserstoff ist ein wahrer Tausendsassa. Er kann zu Düngemitteln verarbeitet werden oder dient in der Stahlherstellung als Reduktionsmittel für oxidiertes Eisen. Er dient als Treibstoff für Brennstoffzellen in Lkw, Zügen oder Schiffen oder als Energiespeicher für überschüssigen Solar- und Windstrom. Er lässt sich zu Heizzwecken verbrennen oder zu synthetischen Treibstoffen wie Methan oder Diesel verwandeln. Kurzum: Wasserstoff ist das Erdöl der Zukunft, bloß sauber und klimaneutral – zumindest wenn er aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.

Bis es soweit ist, müssen Wissenschaftler und Industrie eine lange To-Do-Liste abarbeiten. Von der Erzeugung über die Speicherung und Verteilung bis zur Nutzung sind viele Fragen offen – sowohl technische als auch organisatorische und wirtschaftliche.

## Gib mir fünf

Einen großen Schritt nach vorn soll das Projekt Hy-FIVE bringen. Das Akronym steht für Hydrogen Fahrzeuge Industrie Verteilung Erzeugung und beschreibt damit schon ganz gut, wie breit dieses Projekt aufgestellt ist. In dem Projekt haben sich mehrere Landkreise – von Tübingen im Westen bis Ulm im Osten – zur Modellregion Grüner Wasserstoff zusammengeschlossen. 18 Partner arbeiten in vier Projekten zusammen, die sich unter anderem mit dem Aufbau eines Industrieparks mit Wasserstoff-Infrastruktur, um die Herstellung von grünem Wasserstoff aus Wasserkraft sowie um die Versorgung einer LKW-Flotte mit Wasserstoff kümmern. Im vierten und größten Projekt namens H2-Grid soll in Tübingen und Reutlingen eine umfangreiche Wasserstoff-Infrastruktur aufgebaut und die Vernetzung aller Sektoren untersucht werden.

Im Teilprojekt H2-Grid ist die Hochschule Reutlingen federführend für Fragen der Sektorkopplung, also die bessere Verzahnung von Strom, Wärme, Mobilität und Industrie. „Bei der Energiewende wurde lange nur über Strom gesprochen“, so Professor Thorsten Zenner, der gemeinsam mit Professor Gernot Schullerus den Beitrag der Hochschule koordiniert. „Wärme, Mobilität und Industrie hat man verschlafen.“ In H2-Grid untersuchen die Partner zum Beispiel, wie sich die Abwärme eines Elektrolyseurs zur Wasserstoffherzeugung in ein Fernwärmenetz einspeisen lässt.

## Weniger Energie wegwerfen

In einem zweiten Arbeitspaket kümmert sich das Team um das Demand-Management, also die Koordinierung des Verbrauchs mit der Erzeugung des Wasserstoffs. Auch hier betritt das Projekt Neuland. Im heutigen Energiesystem wird die Energie nach dem Verbrauch erzeugt. In Zukunft ist es umgekehrt: Der Verbrauch richtet sich nach der Erzeugung. Das ist notwendig, weil man der Sonne nicht vorschreiben kann, wann sie zu scheinen hat. Laut Zenner werden die größten Probleme der Energiewende nicht schlechtes Wetter und zu wenig Wind sein, sondern Überkapazitäten – der Ökostrom würde quasi weggeworfen, wenn wir keine geeignete regelbare Abnahme fänden. Wasserstoff erlaubt es, diesen Überschuss sektorengerecht zwischenspeichern und später zu nutzen. Dafür braucht es neue Geschäftsmodelle, um die sich Zenner und Schullerus in einem dritten Arbeitspaket kümmern. Diese Geschäftsmodelle sollen die Wasserstoffwirtschaft auch interessant machen für kleinere Gemeinden und private Energiegemeinschaften.

## Autark ist nicht resilient

Aber auch die Konsumenten müssten mitziehen. Angesichts von Pandemie und Krieg wollen viele Bürgerinnen und Bürger energieautark sein, nach dem Motto: mein Haus, meine Photovoltaikanlage, mein Strom, mein Elektroauto. Das sei verständlich,

## Hy-FIVE im Überblick

**Ziel:** Aufbau einer wirtschaftlich selbsttragenden Wasserstoff-Infrastruktur mit regionaler Erzeugung von Wasserstoff

**Beteiligte Landkreise:** Tübingen, Reutlingen, Heidenheim, Alb-Donau, Ostalb sowie die Städte Schwäbisch Gmünd, Ulm

**Einsparung CO<sub>2</sub>:** 26.000 Tonnen/Jahr bei Vollausbau, 100.000 Tonnen im Projektzeitraum

**Gesamtbudget:** 32 Mio. € – Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und Land Baden-Württemberg

**Budget HSRT:** 2,8 Mio. €

**Projektdauer:** 2022–2027

*Wasserstoff ist das Erdöl der Zukunft, bloß sauber und klimaneutral – zumindest wenn er aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.*



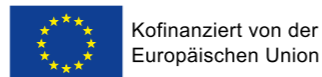




Anian Bühler (oben) und Thorsten Zenner (unten) bei einer Informationsveranstaltung für Schüler der Gewerblichen Schule Tübingen zum Thema Wasserstoff.

aber nicht im Sinne der Energiewende und auch nicht resilient, es mache das Energiesystem also nicht robuster, so Zenner. Das gelinge nur durch das intelligente Zusammenspiel der Sektoren und Energieträger auf einem nationalen und besser noch internationalen Level.

Und durch eine Bewusstseinsänderung, und zwar schon bei den Jüngsten. In der Woche des Wasserstoffs hat die Hochschule Reutlingen mit dem Landratsamt Tübingen und der Gewerblichen Schule Tübingen im Sommer 2022 eine Informationsveranstaltung für Schüler zum Thema Wasserstoff organisiert. In einem interaktiven Demonstrator konnten sie ausprobieren, wie Wasserstoff das Stromnetz stabilisieren kann. „Veranstaltungen mit Schülern und Aktivitäten wie auf der Landesgartenschau 2023 sind Teil von Hy-FIVE“, sagt Anian Bühler, der an der Hochschule Reutlingen im Förderprojekt letsgolING Bildungspartnerschaften mit Schulen für einen technisch versierteren Unterricht in MINT-Fächern koordiniert.



Übrigens: Hy-FIVE ist ein Verein, in den jeder – auch Privatpersonen – eintreten können. Der Jahresbeitrag liegt bei 50 Euro. Thorsten Zenner wirbt: „In unserem Verein erfahren Sie aus erster Hand, welche Chancen Wasserstoff für Sie in Zukunft bieten kann.“

BERND MÜLLER

**A MAJOR STEP FORWARD IN AN ENERGY TURNAROUND**

Hydrogen will revolutionise energy supplies. But there are still many questions to be answered. The ambitious Hy-FIVE project aims to provide some solutions. This puts Reutlingen University and its partners at the forefront of the research and implementation of hydrogen infrastructures.

# Nicht nur sauber, sondern rein

*Professor Marc Brecht entwickelt einen Sensor, der erkennt, ob Wasserstoff aus erneuerbaren Energien hergestellt wurde oder aus Erdgas. Für die Wasserstoffwirtschaft der Zukunft ist das ein wichtiges Puzzleteil.*

Am Wasserstoff hängen viele Hoffnungen. Gewonnen aus sauberem Strom aus erneuerbaren Energien, soll er als Treibstoff für Fahrzeuge dienen, als Brennstoff in Heizungen oder als Speichermedium, wenn die Sonne gerade nicht scheint oder der Wind nicht weht. Davon sind wir heute noch weit entfernt: 89 Prozent des Wasserstoffs wird in Deutschland durch Dampfreformierung aus Erdgas gewonnen und ist damit mitnichten nachhaltig. Und auch nicht sauber, denn Wasserstoff aus Erdgas enthält immer Spuren von Schadgasen, allen voran Schwefelverbindungen. Das ist schlecht für Brennstoffzellen, die nur einen Schadgasanteil von wenigen Hundert Millionstel an Molekülen auf Dauer aushalten, andernfalls leiden Ausbeute und Lebensdauer der Brennstoffzelle. Bisher ist es nicht möglich, diese Verunreinigungen im Wasserstoff ohne aufwendige Laboraufbauten zu messen.

Die Lösung dieses Problems steckt in einem kleinen Glasröhrchen im Labor von Marc Brecht, Professor für Experimentalphysik an der Hochschule Reutlingen. Wenn Post-Doc Frank Wackenhut die Spannungsversorgung hochdreht, leuchtet es ab mehreren Hundert Volt in dem Röhrchen violett, wie in einer kleinen Leuchtstofflampe. Das Licht kommt von einem Plasma aus Stickstoff, im Röhrchen befindet sich auch noch der zu untersuchende Wasserstoff. Ein optischer Sensor fängt das Licht auf und zerlegt das bunte

Spektrum in seine Farbbestandteile. Bestimmte Wellenlängen treten darin nur auf, wenn der Wasserstoff noch andere Gase enthält, wie Kohlenwasserstoffe oder Edelgase. Eine spezielle Software ist in der Lage, diese Beiträge zu erkennen und zu klassifizieren. Dann ist klar: Dieser Wasserstoff wurde aus Erdgas reformiert und stammt nicht aus einer sauberen Elektrolyse. Künftig könnte es eine Warnlampe in Brennstoffzellenautos geben, die verschmutzten Wasserstoff meldet.

Brecht und Wackenhut hatten diese wahrhaft zündende Idee, als sie sich beim Kaffee über die Glimmlämpchen unterhielten, die in Leuchtstoffröhren das Leuchtgas zünden. Jeder kennt das: Ist die Röhre kaputt, glimmt es an einem Ende immer noch rosa, das ist der Glimmzünder. Mehrere Tassen Kaffee später stand die Idee: Warum nicht das gleiche Prinzip auf die Analyse von Wasserstoff anwenden?

„Wir haben für diese Idee inzwischen ein Patent eingereicht“, sagt Marc Brecht. „Ich bin optimistisch, dass unser Sensor sowohl einen entscheidenden Beitrag zum Schutz von Brennstoffzellen als auch zur Klassifikation von grünem versus grauem Wasserstoff leisten kann.“

BERND MÜLLER

**NOT JUST CLEAN, BUT PURE**

Professor Marc Brecht is developing a sensor that detects whether hydrogen has been produced from renewable energies or from natural gas. This is important for a green hydrogen economy in the fight against climate change.







# Hundert Prozent Leidenschaft für null Energie

*Ist Philipp Tiefenbach ein Öko-Fantast? Vermutlich schon, werden viele Bäckerkollegen hinter vorgehaltener Hand sagen. Ganz und gar nicht, sagt Werner König von der Hochschule Reutlingen, der die **Bäckerei Tiefenbach** in einem Forschungsprojekt begleitet. Mit seinen mutigen und manchmal skurrilen Energiesparmaßnahmen sei Tiefenbach ein leuchtendes Vorbild für seine Branche und viele andere Handwerksbetriebe.*

Es ist kalt und es regnet und das im Sommer. Auf der Schwäbischen Alb nehmen das die Menschen mit Geduld. Immerhin gibt es hier in St. Johann auf 760 Metern Höhe einen warmen Ort, wo sich die gut 5.000 Einheimischen gerne treffen: die Dorfbäckerei Tiefenbach. Vor der langen gläsernen Glastheke mit den duftenden Backwaren laden ein paar Tische zum Verweilen ein, über dem Regal sieht man ein paar Bäcker bei der Arbeit: Mehl abwiegen, Teiglinge formen, ein Blech in den Ofen schieben. Der erste Kundenandrang am Morgen ist bewältigt, jetzt heißt es erstmal durchschnaufen.

Dann kommt Philipp Tiefenbach. Und die nächsten zwei Stunden sind alles andere als ruhig. Das Gespräch mit dem 41-jährigen Bäckermeister ist wie eine Achterbahnfahrt durch die Höhen und Tiefen seines Gewerbes und die Möglichkeiten und verpassten Chancen beim Energiesparen. Nach zwei Stunden brummt einem der Kopf und man ist sich nicht sicher, ob man die vielen Dutzend kleinen und großen Energiesparmaßnahmen vollständig mitbekommen hat. Nichts in dieser Bäckerei ist so wie in irgendeinem anderen Backbetrieb in Deutschland. Jeden Tag entwirft, optimiert, verwirft und optimiert erneut der Besitzer, wo sich ein Motor etwas drosseln, der Ölverbrauch verringern, die Solarleistung erhöhen oder ein Handgriff so verändern lässt, dass am Ende des Monats weniger Kilowattstunden auf der Rechnung stehen. Die Dorfbäckerei Tiefenbach ist Deutschlands energieeffizienteste Backstube. Niemand hat das jemals nachgeprüft, aber wer den Betrieb besichtigt und den jungen Bäcker hört, hat nicht den geringsten Zweifel, dass das stimmt.

In seiner Branche ist Philipp Tiefenbach so etwas wie ein bunter Hund. Viele Kollegen schütteln vermutlich den Kopf über so viel Öko-Engagement. Jedenfalls solange sie noch können, denn jeden Tag muss ein Bäcker seinen Laden schließen – 400 Betriebe machen in Deutschland jedes Jahr dicht. Des einen Leid, ist des anderen Freud. Auf ebay-Kleinanzeigen verschleudern ehemalige Kollegen ihre Einrichtung, vom Ofen über Kühlschränke bis zur Ladentheke. Fast täglich ist Tiefenbach auf dem Portal auf Schnäppchenjagd, um Geräte zu ergattern, die ihm beim Energiesparen helfen können. Einen Kühlraum, den Eisbereiter, zwei Blockheizkraftwerke, Motoren und vieles mehr stammen aus Geschäftsaufgaben. Kaum eines der Schnäppchen landet unverändert in der Backstube oder in der ehemaligen Scheune, wo das energetische Herz der Dorfbäckerei schlägt. Denn vieles, was die ehemaligen Kollegen verscherbeln, ist veraltet, lässt sich aber durch Tüftelerei optimieren und neu kombinieren. Dabei kommt Philipp Tiefenbach mitunter auf überraschende, manchmal gar skurrile Ideen. Unterstützt wird er dabei von seinem Bruder Lukas, der – was für ein glücklicher Zufall – Heizungsbauer ist.



*Bäckermeister Philipp Tiefenbach und Werner König von der Hochschule Reutlingen*

	<u>To Go</u>	<u>im Ca</u>
Espresso	1,60 €	1,7
dopp. Espresso	2,30 €	2,5
Cafe Creme	2,50 €	2,6
Großer Kaffee		3,5





Vieles, was die ehemaligen Kollegen verscherbeln, ist veraltet, lässt sich aber durch Tüftelei optimieren und neu kombinieren.

1980er Jahre und eigentlich nicht mehr zu retten – wie so viele andere Bäckereien mit Investitionsstau und angesichts des fehlenden Nachwuchses ohne Zukunftsperspektive. Seit der Übernahme wächst der Umsatz nun jedes Jahr um fünf bis acht Prozent – ganz ohne Werbung, nur durch Mundpropaganda. Weitere Filialen öffnen möchte der Bäckermeister nicht. Wer das versuche, gehe gesundheitlich kaputt. Entweder klein, aber fein bleiben mit einem Standort, oder zum Industriebetrieb expandieren und die großen Supermarktketten beliefern – dazwischen gebe es nichts.

Seine Begeisterung fürs Energiesparen möchte Tiefenbach nicht an die große Glocke hängen. Trotzdem bekommt es jeder mit. Zum Beispiel durch den Gipfelstürmer-Preis des Netzwerks regionaler Kompetenzstellen Energieeffizienz (KEFF). Der erste Preis würdigte die vorbildliche energetische Optimierung des Unternehmens, das Preisgeld von 10.000 Euro floss sofort in weitere Maßnahmen. Bei der Preisverleihung saß Werner König im Publikum. „Ich

Eine dieser Ideen ist der Luftbefeuchter im Kühlraum. Die kommerziell verfügbaren verbrauchen 15.000 Watt. Irgendwann sah Tiefenbach, wie Züchter von Koi-Karpfen ihre Teiche mit Nebelschwaden aus einem Ultraschallvernebler dekorieren. Ob das nicht auch im Kühlraum funktionieren könnte? Es funktioniert, und heute befeuchtet ein Vernebler aus dem Karpfenteich die Teiglinge, bevor sie in den Ofen wandern – mit nur 300 Watt Leistung. Oder die Eiswasseranlage, die Wasser für die Teigherstellung knapp über dem Gefrierpunkt hält. Tiefenbach hebt den Deckel und schüttelt den Kopf. Drinnen schwimmt ein Eisblock, der Edelstahlbehälter ist völlig ungedämmt – schneller kann man Energie nicht verschleudern. „Da setze ich Styroporplatten ein“, erläutert der Tüftler seinen Plan, den er in den kommenden Wochen umsetzen möchte.

2010 hat sich Tiefenbach mit dem Vorbesitzer der Dorfbäckerei getroffen. Der Betrieb war technisch auf dem Stand der

war sofort beeindruckt von Philipp Tiefenbach“, erinnert sich der Soziologe, der bei Professorin Sabine Löbbe an der Hochschule Reutlingen Energiesparmaßnahmen für kleine und mittelständische Betriebe entwickelt.

Im Projekt „Entscheidung für Energieeffizienz“ (gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg), das von 2016 bis 2018 lief, hat König festgestellt, dass Energiesparen für viele kleine Unternehmen eine komplexe und hürdenreiche Herausforderung darstellt. Die Kluft zwischen dem, was möglich wäre und dem, was tatsächlich umgesetzt werde, sei zu groß. Laut König mangle es an Bewusstsein und Wissen. Mit dem Folgeprojekt „EMSenQua“, das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wird (Förderkennzeichen 35308/01-44), trifft er daher ins Schwarze. Darin untersucht König, wie man Mitarbeitende fürs Energiesparen sensibilisiert und qualifiziert und welche Rolle die Führungskräfte spielen.



Mehr über das Projekt EMSenQua:

[www.reutlingen-university.de/research2023/koenig/EMSenQua](http://www.reutlingen-university.de/research2023/koenig/EMSenQua)

Mehr über das Projekt EntschEff:

[www.reutlingen-university.de/research2023/koenig/EntschEff](http://www.reutlingen-university.de/research2023/koenig/EntschEff)

Neben der Dorfbäckerei Tiefenbach nehmen fünf weitere Betriebe aus unterschiedlichen Branchen teil. Alle wollen energieeffizienter werden und bringen ihre eigene Perspektive ein. Sie sind sich der Herausforderungen im eigenen betrieblichen Alltag bewusst und kennen auch die Hürden in anderen Unternehmen. Die Bandbreite reicht von schlechten Erfahrungen bei der Energieberatung bis hin zu Reibereien zwischen Belegschaft und Chef über die Einführung von Maßnahmen.

Anders in der Dorfbäckerei: Dort herrscht ein regelrechter Wettbewerb unter den Mitarbeitenden, wie man den Stromverbrauch noch weiter senken kann. Den Ofen hochheizen und mit abnehmender Temperatur die unterschiedlichen Backwaren hineinschieben oder doch schon beim Aufheizen mit dem Backen beginnen? Solche Fragen werden in der Backstube leidenschaftlich diskutiert, der Chef muss dann schlichten und entscheiden: Beim Aufheizen kommen bei 200°C die Brötchen in den Ofen, dann bei 230° das Brot und zuletzt beim Abkühlen bei 200° der Kuchen – so ist es am effizientesten. Und die Spülmaschine läuft erst nachmittags, wenn es genug Solarstrom gibt.

Nach zwei Stunden verabschiedet sich Philipp Tiefenbach in den wohlverdienten Feierabend, sammelt in der Backstube seinen jüngsten Sohn ein, der kaum laufen aber schon backen kann und steigt ins Obergeschoss, wo die Familie wohnt. Um die Zukunft mache er sich keine Sorgen: „Alle drei Kinder haben eine Leidenschaft fürs Backen und könnten den Laden übernehmen.“

Wenn alle gesund bleiben, wird das in vielleicht 25 Jahren sein. Das nächste Ziel soll schon vorher erreicht werden: Die Dorfbäckerei Tiefenbach möchte Deutschlands erste Null-Energie-Bäckerei sein. Für die größte Hürde auf diesem Weg – den hohen Energiebedarf des Backofens – hat Tiefenbach bereits eine Idee: die Umstellung des Backofens auf Biomasse. Weil es auch dafür keine Lösung von der Stange gibt, tritt der Tüftler erneut selbst in Aktion: „Ich arbeite derzeit an einer Kombination der herkömmlichen Thermo-Öl-Heizung mit einem Pellet-Brenner.“ Die Entlastung fürs Klima wäre enorm: Statt 10.000 Litern Heizöl würde die Bäckerei 20.000 Kilogramm Pellets verfeuern – klimaneutral aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz.

BERND MÜLLER

#### ONE HUNDRED PERCENT PASSION FOR ZERO ENERGY

Philipp Tiefenbach is a baker and passionate hobbyist. Thanks to his energy-saving ideas, he is a shining example for his industry and many other artisan businesses, says Werner König from Reutlingen University. He is supporting the Tiefenbach bakery in a research project.







# Mein Strom, dein Strom

*Der Handel mit dezentral erzeugter Energie zwischen Nachbarn (so genannter Peer-to-Peer-Handel) scheitert bislang an fehlenden sicheren Abrechnungsmethoden und nicht geeigneten regulatorischen Rahmenbedingungen. Professorin Debora Coll-Mayor kennt eine Lösung: Blockchain.*



Sie wollen Ihren Stromanbieter wechseln? Angesichts steigender Preise vielleicht keine schlechte Idee. Der Wechsel ist einfach: Neuen Vertrag abschließen und der neue Anbieter kümmert sich um alles, um die Kündigung beim alten Anbieter und die korrekte Zuordnung des Stromzählers. Das klappt nur deshalb so reibungslos, weil das Energieversorgungssystem in Deutschland teilweise zentral verwaltet wird. Das steht allerdings im Gegensatz zur technischen Entwicklung: Immer mehr dezentrale Photovoltaik- oder Blockheizkraftwerke speisen Energie ins Stromnetz, Verbraucher sind somit nun auch Produzenten. Die wollen ihre Energie nicht nur selbst verbrauchen oder an den Netzbetreiber verkaufen, sondern selbst damit Handel treiben. Denn warum soll ich meinen Solarstrom nicht direkt an meinen Nachbarn verkaufen, der damit sein Elektroauto lädt, sondern muss den

*Debora Coll-Mayor, Professorin für verteilte Energiesysteme an der Hochschule Reutlingen*

Umweg über den Energieversorger gehen, obwohl der Strom doch nur ein paar Meter zum Nachbar zurücklegt? Die Antwort ist so einfach wie unbefriedigend: Weil es regulatorische Hindernisse gibt und keine Methode zur sicheren und transparenten Abrechnung. „Das Energiesystem lässt es heute nicht zu, als Besitzer einer kleinen Photovoltaikanlage direkt am Energiemarkt teilzunehmen oder ohne Weiteres Energie an die Nachbarn zu verkaufen“, so Debora Coll-Mayor, Professorin für verteilte Energiesysteme an der Hochschule Reutlingen.

#### Strom handeln wie mit Bitcoin

Doch es gibt einen Ausweg aus dem Dilemma: Distributed Ledger Technologien (DLT). Wem dieser Begriff nichts sagt, wird aber vielleicht schon mal den Begriff Blockchain gehört haben. Dahinter verbirgt sich eine DLT, die unter anderem bei der Kryptowährung Bitcoin genutzt wird. Die Blockchain kann man sich wie eine verteilte Buchführung vorstellen, nur

im Internet. Tausende oder gar Millionen Rechner auf der Welt führen Buch über Transaktionen, etwa von Kryptowährung – oder eben von gehandelter Energie. Hacker können die Blockchain nicht knacken, denn sie müssten mindestens die Hälfte der Rechner manipulieren, was unmöglich ist. Und was einmal in die Blockchain geschrieben ist, lässt sich nicht mehr ändern.

Mittlerweile sind auch Normungsbehörden auf die Blockchain aufmerksam geworden, allen voran die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE). Die Behörde möchte unter anderem wissen, wie man die Technologie in der Energiewirtschaft anwenden könnte und damit eine technische Spezifikation für die Industrie publizieren. Dazu hat die DKE verschiedene Forschungsprojekte in diesem Gebiet mit Debora Coll-Mayor gestartet, die im Verband auch Vorsitzende im Unterausschuss „Infrastruktur für den dezentralen Energiehandel“ ist. Derzeit gibt es vielleicht zehn relevante Blockchains weltweit, es wäre aber zum Beispiel denkbar, dass künftig jeder Besitzer einer Photovoltaikanlage ein eigenes Blockchain-Konto eröffnet, über die er seinen Strom handelt. Dazu würde er eine Wallet einrichten – eine Briefftasche für Kryptowährung, die sicherstellt, dass Anbieter und Abnehmer des Stroms wirklich die Personen sind, für die sie sich ausgeben und dass der Käufer den Strom an den Anbieter bezahlt.

#### Payback-Punkte fürs Öko-Image

Das ist keineswegs Zukunftsmusik, wie Solarcoins zeigt, eine Blockchain zum Handeln von Zertifikaten für saubere Energie. Gehandelt wird hier nicht der Strom selbst, der nach wie vor an den Netzbetreiber geht, sondern der Nachweis, dass man erneuerbare Energie erzeugt. Diesen können zum Beispiel Unternehmen kaufen, um sich ein Öko-

Image zu geben. Der Verkäufer sammelt in seiner Wallet Coins, die er gegen Geld tauschen kann. „Das kann man mit Payback-Punkten vergleichen, bisher ist es eher ein Experiment“, sagt Prof. Antonio Notholt, der mit Coll-Mayor daran arbeitet, dass die Erzeuger ihren Strom auch tatsächlich gegen Euro und Dollar handeln können.

Eine Anforderung dabei sind sichere digitale Identitäten. In einem vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst geförderten Projekt entwickelt das Hochschulteam eine Technologie,

die Identitäten von Geräten verwaltet. Ein Gerät könnte wieder eine PV-Anlage sein, die dort bekannt gibt, wem sie gehört, wo sie steht, welche Leistung sie gerade erzeugt. Wichtig sei dabei die Selbst-Souveränität, so Coll-Mayor: „Jeder Besitzer, beispielsweise einer PV-Anlage, kann entscheiden, welche Informationen er oder sie preisgibt.“

Bleibt noch ein großer Kritikpunkt, der vor allem an Bitcoin klebt: der Energieverbrauch. Das Schürfen der Kryptowährung verbraucht etwa so viel Energie wie Schweden. Damit dezentrale Energieerzeuger wirklich einen Beitrag zum Klimaschutz leisten können, darf die Blockchain zum Handel dieser Energie nicht den ganzen Ökostrom auffressen. Coll-Mayer beruhigt. Bei der Blockchain hinter Bitcoin handele es sich um eine veraltete Technologie. „Wir arbeiten heute mit Blockchains oder im allgemein DLTs, die nur einen Bruchteil dieser Energie verbrauchen.“

BERND MÜLLER

➔ [Über das DLT-lab an der Hochschule Reutlingen: https://dltlab.reutlingen-university.de](https://dltlab.reutlingen-university.de)

#### MY ELECTRICITY, YOUR ELECTRICITY

Trading de-centrally generated energy between neighbours has so far failed due to a lack of secure billing methods and unsuitable regulatory frameworks. Professor Debora Coll-Mayor has a solution: Blockchain.

FairNet

BRING PⓂOWER  
IN DEINE ZUKUNFT

STARTE DEINE BERUFLICHE KARRIERE BEI UNS!

INFORMIER  
DICH JETZT!

[www.swr-gruppe-karriere.de](https://www.swr-gruppe-karriere.de)



# Kraftakt gegen die Krise

Mit dem Ausbruch des Kriegs in der Ukraine hat das Reutlingen International Office alle Hebel in Bewegung gesetzt, um Studierenden und Wissenschaftlern aus der Ukraine zu helfen.

„Wir schaffen das“, wurde während der Flüchtlingswelle 2015 zum geflügelten Wort. „Wir haben es geschafft“, können die Mitarbeitenden des Reutlingen International Office (RIO) sagen. Was das RIO während der Corona-Pandemie geleistet hat, ist beeindruckend. Gemeinsam mit den anderen Institutionen der Hochschule haben die Mitarbeitenden des RIO in den Monaten des Lockdowns einen funktionierenden Hochschulbetrieb auf die Beine gestellt und besonders ausländische Studierende betreut. Dennoch zieht RIO-Leiter Professor Baldur Veit ein gemischtes Fazit: „Die letzten zweieinhalb Jahre gab es einen erheblichen Aderlass, es kamen zu wenig Austauschstudenten und Kooperationen mit ausländischen Hochschulen wackelten.“ Und die rein digitale Lehre habe wichtige Impulse gegeben, sei aber kein Vorbild für die Zukunft.

Und jetzt der Ukraine-Krieg. Wieder hat sich das RIO in der Krise selbst übertroffen. Es hat Geld- und Sachspenden gesammelt und den Transport organisiert. Hier hat sich vor allem Max Alber mit großem Einsatz engagiert. Für die Gast-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler und Studierende aus der Ukraine wurden Mittel des Erasmus-Programms oder von der Baden-Württemberg-Stiftung unbürokratisch umgewidmet, vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) gab es eine Ad-hoc-Förderung, so dass 19 Studierende aus der Ukraine mit Stipendien nach Reutlingen kommen konnten. Das RIO organisiert Sprachkurse, manche Ankömmlinge wohnen bei Mitarbeitenden der Hochschule – „die Hilfsbereitschaft ist riesengroß“, lobt Veit. Aktuell werden 35 ukrainische Studierende betreut.

Auch das Reutlingen Research Institute (RRI) unterstützt. Ukrainische Wissenschaftler können sich derzeit auf Projekte bewerben und das RRI koordiniert die Anfragen mit den Wissenschaftlern der Hochschule.

## SHOW OF STRENGTH AGAINST THE CRISIS

Since the outbreak of the war in the Ukraine, Reutlingen International Office has been providing non-bureaucratic support to students and academics from the Ukraine. One of them is Professor Oleksandr Balakhontsev. Together with colleagues from Reutlingen University, he has been researching renewable energies for years, and at the beginning of April he came to Germany.

Eine längere Kooperation gibt es mit Oleksandr Balakhontsev. Der Ingenieur hat das Projekt „Laboratories Across Borders“ mitorganisiert, bei dem ukrainische Studierende aus der Ferne Roboter und andere Experimente in den Laboren von Professor Arnd Buschhaus und Professor Antonio Notholt in Reutlingen fernsteuern und Experimente durchführen können.

Bei aller Hilfsbereitschaft für ukrainische Studierende und Wissenschaftler, dürfe man nicht vergessen: „Wir haben auch russische Studierende hier“, so Veit. Auch hier versuche man zu helfen, wo man könne. So haben Mitarbeitende der Hochschule zum Beispiel Privatkonten benutzt, um den russischen Studierenden gegen Quittung das Stipendiengeld auszubezahlen. Russische Bürger durften in Deutschland nämlich keine Konten eröffnen. Das hat sich glücklicherweise in der Zwischenzeit geändert. Dennoch halte man sich an die Sanktionen. Veit: „Die Partnerschaften mit russischen Hochschulen ruhen derzeit.“

BERND MÜLLER



# Wir haben sehr viel Hilfe bekommen

Professor Oleksandr Balakhontsev kam mit Beginn des Ukraine-Kriegs nach Deutschland. Mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Hochschule Reutlingen forscht er seit Jahren zu erneuerbaren Energien.

## Sie sind seit Anfang April in Reutlingen, sind der Hochschule aber schon länger verbunden. Wie kam es dazu?

Ich bin Associate Professor an der Technischen Hochschule in Dnipro. Mit der Hochschule Reutlingen haben wir seit vielen Jahren eine Partnerschaft, wo Studierende aus Dnipro in Reutlingen studieren können. Seit 2017 ist die Partnerschaft intensiver, drei Gastwissenschaftler arbeiten seither in Forschungsprojekten mit den Kollegen in Reutlingen zusammen, darunter auch ich. Mit Beginn des Krieges in der Ukraine bin ich mit meiner Frau und unseren beiden Kindern über Moldawien, wo meine Eltern leben, nach Deutschland gekommen.

## Wie wurden Sie hier aufgenommen?

Wir haben sehr viel Hilfe bekommen, von den Kolleginnen und Kollegen in der Fakultät und von der Hochschule. Die Vector-Stiftung hat unbürokratisch Geld zur Soforthilfe speziell für Forschungsprojekte ukrainischer Flüchtlinge bereitgestellt. So kann ich in Reutlingen an dem spannenden Projekt „GridScale“ arbeiten, das auch in andere Forschungsvorhaben der Hochschule eingebettet ist.

## Worum geht es in diesem Projekt?

Ich beschäftige mich mit großen Speichersystemen für Strom, Wärme und Wasserstoff aus erneuerbaren Energien. Ziel ist es, uns unabhängig zu machen von fossilen Rohstoffen und so die Resilienz der Energieversorgung zu erhöhen – ein hochaktuelles Thema also. In einem früheren Projekt, das vom DAAD gefördert wurde, habe ich mit Kollegen in Reutlingen ein Remote-Lab aufgebaut. Meine Studierenden in Dnipro können dort Experimente fernsteuern. Während des Corona-Lockdowns war das eine wertvolle Hilfe in der Lehre.

## Was planen Sie für die Zukunft?

Ich plane gerne für die Zukunft, aber zum ersten Mal in meinem Leben habe ich keinen Plan. Der Vertrag mit dem

Geld der Vector-Stiftung endet im Januar 2023. Was danach kommt, weiß ich nicht. Professor Notholt bemüht sich um Mittel für weitere Forschungsprojekte. Einen Erfolg gibt es bereits: So wurde das Projekt „PV-Diesel-Global“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert wird, um ein Jahr bis Januar 2024 verlängert. Aber es hängt auch von meiner Familie ab. Meine 15-jährige Tochter möchte zurück in die Ukraine, die 5-Jährige möchte gerne hierbleiben, für sie ist das ein großes Abenteuer.

BERND MÜLLER

# Cool Clean



- Kälteaggregate
- Schaltschränkkühler
- Kühltunnel
- Temperieranlagen
- Wärmepumpen

- Späneförderer
- Filteranlagen
- Magnetwalzen
- Sonderanlagen
- Behälterbau

Wir sind führend mit klimaneutralen Energiekonzepten mit CO<sub>2</sub> für unsere Zukunft nach Öl und Gas

[www.bkw-kuema.de](http://www.bkw-kuema.de)

Benzstraße 2 • D-72649 Wolfschlugen • Phone + 49 (0) 7022 / 5003-0 • [personal@bkw-kuema.de](mailto:personal@bkw-kuema.de)



Mehr über das Projekt „Laboratories Across Borders“: <https://www.lab-project.eu/>

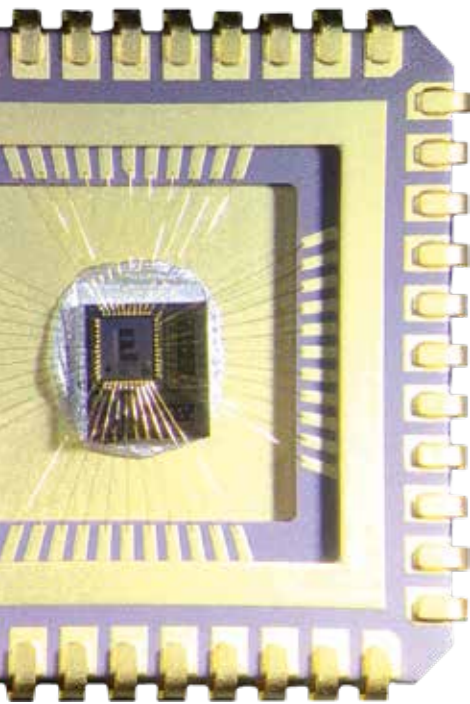


# Früh übt sich

An der Hochschule Reutlingen beginnt Forschung nicht erst mit dem Professorentitel. Studierende aller fünf Fakultäten können schon früh eigene Projektideen verwirklichen. Die Ergebnisse können sich sehen lassen! Und wer nach dem Studium noch nicht genug vom Forschen hat, dem hat die Politik nun den Weg geebnet, um in Reutlingen oder an einer anderen Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg zu promovieren.

## IT'S NEVER TOO EARLY TO START

At Reutlingen University, research does not just begin with the professor title. Students from all five faculties are given the opportunity to realize their own project ideas at a very early stage. The results are impressive! And for those who still haven't had enough of doing research after graduation, politics has now paved the way for them to do a doctorate in Reutlingen or at another university of applied sciences in Baden-Württemberg.



## Chips mit Grips

Im Master-Studiengang Leistungs- und Mikroelektronik (LEM) der Fakultät Technik arbeiten die Studierenden an innovativen und zukunftsweisenden Forschungsprojekten. Das Besondere: Durch die industrietypische Rollenverteilung in den Projekten werden sie optimal auf Karrieren

in verschiedenen Branchen vorbereitet. In einem der Projekte entwickelten vier Studenten beispielsweise einen Chip zur sensorlosen Ansteuerung geschalteter Reluktanzmotoren.

Diese Antriebsart findet sich zum Beispiel in Küchengeräten, Elektrowerkzeugen oder auch Hybridfahrzeugen und lässt sich besonders ressourcenschonend herstellen. In Reluktanzmotoren versorgt eine leistungselektronische Schaltung die Drahtwicklungen im Stator mit Strom, wodurch der Rotor in die gewünschte Drehung versetzt wird. Bislang waren kostspielige Sensoren oder komplexe Software nötig, um zu bestimmen, wann der Strom fließen muss.

Im Projekt iSCREAM (Integrated Sensorless Control for a Switched Reluctance Motor) entwarf das Projektteam einen Regelungschip, der die sensorlose

Ansteuerung des Motors ohne Software ermöglicht. In dem Chip und der zugehörigen Leistungselektronik sind die herkömmliche analoge Stromregelungsfunktion und der digitale Algorithmus zur Bestimmung des Umschaltzeitpunkts vereint. Das Projekt basierte auf einem Verfahren, das zuvor am Lehr- und Forschungszentrum Electronics & Drives (E&D) an der Fakultät Technik entwickelt wurde und auf Reluktanzmotoren mit gleichem Aufbau ausgerichtet ist.

Der Prototyp des Chips schafft einerseits eine solide Grundlage für weitere Forschungsansätze an der Hochschule. Vom Potenzial des Chips profitieren andererseits Unternehmen, die ähnliche Anwendungen entwickeln und Entwicklungsressourcen und Materialkosten einsparen möchten.

**Projektteam:** Erik John, Till Moldenhauer, Lukas Riedel, Zong Xern Sim  
**Betreuung:** Professor Eckhard Hennig

SVEN ROTTER

➔ [https://twitter.com/EDRT\\_iSCREAM](https://twitter.com/EDRT_iSCREAM)  
**Mehr über das E&D**  
[www.electronics-and-drives.de](http://www.electronics-and-drives.de)

## 3R – Alternativen zum Tierversuch

Wo immer möglich, verzichtet die biomedizinische Forschung heute auf Tierversuche. Die sogenannten 3R-Prinzipien (reduce, replace, refine) bieten dabei einen Rahmen, um Alternativen zu entwickeln. Die Hochschule Reutlingen nimmt diesen Auftrag sehr ernst und ist Mitglied im vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg geförderten 3R-Netzwerk. Im Labor BioMED der Fakultät Life Sciences/Angewandte Chemie werden Studierende in verschiedenen Projekten auf alternative Methoden vorbereitet.

In einem dieser Projekte entwickelte ein Studierendenteam ein Hydrogel für den 3D-Gewebedruck aus Chia- und Basilikumsamen. Der Schleim der Samen

eignet sich hervorragend als Hydrogel, weil ihm auch entzündungshemmende Eigenschaften zugeschrieben werden.

Die Studierenden testeten die Eignung des Hydrogels für den 3D-Druck mit Zellen, die sie im Reagenzglas kultivierten. Das Ergebnis ist vielversprechend und zeigt: Die Züchtung von Zellen in Kombination mit pflanzlichen Hydrogelen kann eine praktikable Alternative im Sinne von 3R werden.

**Projektteam:** Amelie Riemer, Franziska Poeske, Vanessa Kroner, Mike Struik  
**Betreuung:** Kiriaki Athanasopulu, Professor Ralf Kemkemer

SVEN ROTTER



➔ **Mehr über das Labor BioMED:**  
<https://biomed-lab.reutlingen-university.de>

## Mit der Thesis bis nach Nizza

Bachelorarbeiten dienen nur der Ausbildung von Studierenden? Saskia Wesseler aus der Fakultät Informatik hat das Gegenteil bewiesen: Ihre Bachelorarbeit bei Professor Oliver Burgert (siehe auch S. 48 ff.) zur Vermeidung von Fehlhaltungen in der interventionellen Radiologie stieß auf einem Kongress der Medical Informatics Europe (MIE) in Nizza auf reges Interesse und wurde sogar veröffentlicht.

Zur Vorgeschichte: Chirurgen der interventionellen Radiologie tragen während der Operationen zu ihrem eigenen Schutz einen

schweren Bleikittel. Dieser befördert jedoch Fehlhaltungen, die im schlimmsten Fall zu Bandscheibenvorfällen oder sogar Berufsunfähigkeit führen können.

Saskia Wesseler entwickelte den Prototypen eines Systems, das Chirurgen visuell auf Fehlhaltungen hinweist. Eine Tiefenkamera mit eingebauter künstlicher Intelligenz bestimmt während der OP die Gelenkpositionen des Chirurgen, der mithilfe einer Ampelanzeige eine Fehlhaltung auf einen Blick erkennt.

Die Zusammenführung der ergonomischen Betrachtung einzelner Gelenke und deren Bewertung basiert auf einer von Wesseler entwickelten Logik. „Vom positiven Feedback des internationalen Fachpublikums in Nizza war ich total überwältigt“, betont sie und blickt ihrem weiteren Studium umso motivierter entgegen.

**Projekt:** Saskia Wesseler  
**Betreuung:** Professor Oliver Burgert

SVEN ROTTER

➔ **Mehr über den Studiengang:**  
[www.inf.reutlingen-university.de/de/studium/medizinisch-technische-informatik-meti](http://www.inf.reutlingen-university.de/de/studium/medizinisch-technische-informatik-meti)





## Vlies statt Folie

Dass Forschung und Lehre an der Hochschule Reutlingen untrennbar miteinander verbunden sind, zeigt ein Forschungsprojekt von drei Studentinnen des TEXOVERSUMs Fakultät Textil. Verpackungsmüll ist inzwischen Sinnbild für Umweltverschmutzung und Klimakrise. Beatrice Steck, Nina Lehman und Julia Herzog entwickelten in einem Projekt im Rahmen der Vorlesung „Vliesstoff und Recycling“ ein Versuchsmuster für einen nachhaltigen Vliesstoff, der künftig Stretchfolien als Verpackungsmaterial von Paletten ersetzen soll.

Dazu recherchierten die Studentinnen nachhaltige Faserstoffe, die nach der Verfestigung zum Vlies ähnlich reißfest und dehnbar sind wie die Folie. Letztendlich entschieden sie sich für ein Faserflor aus Baumwolle und Polyester, dessen Einzelfasern sie zunächst mit dem Hochdruckwasserstahl verwirbelten. Danach brachten sie die Polyesterfasern im Durchströmofen zum Schmelzen, wodurch das Vlies an Festigkeit gewann. Von der im Prüflabor festgestellten Dehnbarkeit des Vlieses waren die

Studentinnen doch überrascht. Studentin Julia Herzog hat eine Vermutung: „Weil wir die Faserflor für den Vlies an der Laborkrempel hergestellt haben, lagen sie wohl lockerer. Das hat die Dehnbarkeit zusätzlich erhöht.“

Das im Projekt entwickelte Muster bietet eine solide Grundlage für weitere Forschungsansätze. Beispielsweise könnten mit dem gleichen Herstellungsprozess Vliesstoffe aus nur einem Faserstoff entwickelt werden, was das Recycling weiter erleichtern würde.

Mehr über die Forschung zu Vliesstoffen am TEXOVERSUM Fakultät Textil erfahren Sie auf Seite 32/33.

**Projektteam:** Beatrice Steck, Nina Lehman, Julia Herzog

**Betreuung:** Charlotte Braun, Professor Volker Jehle

SVEN ROTTER

➔ **Mehr über den Studiengang:**  
<https://www.tex.reutlingen-university.de/bachelor/textiles-ingenieurwesen>



## Ein Medikament nur für mich

Leukämie, spinale Muskelathropie, Netzhautdystrophie: Diese und andere vererbare, bisher nicht heilbare Krankheiten können hoffentlich bald mit Hilfe der Zell- und Gentherapie behandelt werden. Dabei schleusen Ärzte entweder gesunde Zellen in den Körper, die defekte Zellen ersetzen, oder Wirkstoffe, die fehlerhaftes Erbgut korrigieren. Da diese Wirkstoffe individuell auf den Patienten zugeschnitten sein müssen, sind Patientenproben für die Herstellung nötig. Das stellt klassische Lieferketten vor ungeahnte Herausforderungen: Es muss sehr schnell gehen, denn die Wirkstoffe sind nur begrenzt haltbar, und jeder Schritt muss exakt nachverfolgt werden können, um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten.

Consultants ein Referenzmodell für einen Life-Science-Industriestandard zur Koordination der Lieferkette über ein cloudbasiertes Management-System. Im Rahmen des Projektes entstanden über 150 Prozesse, die für die schnelle und nachverfolgbare Herstellung eines Zell- oder Gentherapie-Medikaments wichtig sind. Sehr ambitioniert sei das, betont Professorin Anja Braun, aber die Studierenden hätten das hervorragend gemeistert. „Der Kooperationspartner war sehr von den Ergebnissen angetan.“

**Projektteam:** Maria-Christina Arena, Lea Kunkel, Nicolas Haitz, Carolin Friedel, Dario Eskütt, Ismet Emirzeoglu  
**Betreuung:** Professorin Anja Braun

Die Projektgruppe des Masterstudiengangs Operations Management der ESB Business School erarbeitete gemeinsam mit dem Kooperationspartner Tenthpin Management

BERND MÜLLER

➔ **Mehr über den Studiengang:**  
[www.esb-business-school.de/studium/master/operations-management](http://www.esb-business-school.de/studium/master/operations-management)

## Promovieren in Reutlingen

Seit Herbst 2022 ist es endlich offiziell: Die Hochschulen für Angewandte Wissenschaft (HAW) in Baden-Württemberg erhalten im Rahmen eines Promotionsverbands das Promotionsrecht. Doch was heißt das nun genau für den wissenschaftlichen Nachwuchs der Hochschule Reutlingen?

Am 21. September 2022 hat der Wirtschaftsausschuss des Landtags dem neu gegründeten baden-württembergischen Promotionsverband das Promotionsrecht verliehen. Dem Verband gehören alle staatlichen HAW sowie die drei Hochschulen in kirchlicher Trägerschaft in Baden-Württemberg an. Für besonders

forschungsstarke Professorinnen und Professoren wurde zudem ein Promotionszentrum eingerichtet, um die Qualitätssicherung und den Austausch über Forschungsgrenzen hinweg zu gewährleisten. Heißt konkret: Alle Mitglieder des Promotionszentrums können zukünftig Promotionen durchführen, den Doktorgrad verleiht der Verband, die Beteiligung einer Universität ist nicht mehr zwingend erforderlich.

Insgesamt 223 Gründungsmitglieder haben sich für das Promotionszentrum qualifiziert, 20 davon sind Professorinnen und Professoren der Hochschule Reutlingen. Damit ist die Hochschule stark

vertreten und kann ein breites thematisches Spektrum abdecken. Von Sozial-, Verhaltens- und Wirtschaftswissenschaften über Informatik, Elektrotechnik und Ingenieurwissenschaften bis hin zu Lebenswissenschaften, Biotechnologie und Medizintechnik – in all diesen Fachbereichen können zukünftig an der Hochschule Reutlingen Promotionen begleitet werden. Weitere Professorinnen und Professoren können als Mitglieder in den Verband aufgenommen werden, wenn sie die Kriterien hinsichtlich der Forschungsstärke erfüllen.

➔ **Mehr über den Promotionsverband:**  
[www.promotionsverband-bw.de](http://www.promotionsverband-bw.de)



# Endstation Nairobi

*In der **Bekleidungsindustrie** läuft vieles schief. Mehr Nachhaltigkeit ist möglich, doch dafür müssen wir Verbraucher unser Verhalten ändern. Auch die Wissenschaft kann einen Beitrag leisten. Die Hochschule Reutlingen ist an ambitionierten Recyclingprojekten beteiligt.*

*„Wenn das alles nicht gelingt, landen unsere Altklamotten doch wieder auf der Mülldeponie in Afrika.“ – Kai Nebel, Hochschule Reutlingen*





Gekauft, zweimal getragen und dann aussortiert: Nichts ist so alt wie das T-Shirt vom letzten Sommer. Der Nachschub versiegt nie. Manche Bekleidungsketten schwemmen den Markt alle paar Wochen mit neuen Designs – der Begriff „Fast Fashion“ steht für den Irrsinn einer Industrie, die sich nicht um Nachhaltigkeit schert. Die Kunden wollen es so, lautet die Ausrede, und vermutlich ist da auch was dran. Dramatisch ist die Situation, weil es bis heute kein funktionierendes Recycling gibt, das alte Bekleidung zu neuer verarbeitet oder zumindest in einem Downcycling zu Putzlappen oder Blumentöpfen. 80 Prozent unserer Bekleidung wird „thermisch verwertet“, wie es beschönigend genannt wird. Heißt: Sie wird verbrannt.

Die Hersteller geloben Besserung, zum Beispiel die großen Sportartikelfirmen, die mit viel PR-Tamtam Rückgabeprogramme eingerichtet haben, etwa für Schuhe. So kann man in Nike-Shops seine getragenen Sneaker in eine Box werfen und die werden dann in Belgien zu „Grind“ verarbeitet, ein Granulat, aus dem man Sohlen für neue Schuhe machen kann. Klingt gut, aber stimmt das auch? Oder steckt dahinter doch wieder nur Greenwashing?

#### Journalisten auf Sneaker-Jagd

Flip wollte es genauer wissen. Das Medien-Start-up, das investigative Beiträge zu Nachhaltigkeitsthemen und Greenwashing recherchiert und publiziert, hat die Sneaker von zwölf Prominenten mit GPS-Sendern bestückt und ihren Weg verfolgt. Um es kurz zu machen: Das Ergebnis reicht von enttäuschend bis erschreckend. So landeten die Nike-Sneaker von Comedian Carolin Kebekus zwar tatsächlich in einem Recyclingwerk in Herenthout, Belgien. Doch das Flip-Team konnte aufdecken, dass dort überwiegend nagelneue Schuhe recycelt werden, Rückläufer aus dem Onlinehandel. Das Versprechen, hier aus Altem Neues zu machen, löst der US-Konzern nicht ein. Noch weniger Mühe geben sich die Wettbewerber: Die Puma-Sneaker von Linda Zervakis landeten auf einem Bazar in Nairobi in Kenia, die New Balance von Janin Ullmann irgendwo in Guinea, wobei

nicht ganz klar ist, ob sie in Second-Hand-Läden oder auf Mülldeponien endeten. Die Berichte darüber schafften es bis in die Tagesschau, der Aufschrei war groß.

Und jetzt? „Wir wollen nicht nur Missstände aufdecken, sondern zeigen, wie man es besser macht“, verspricht Christian Salewski, Chefreporter bei Flip. In einer zweiten Medienkampagne berichtet das Team nun, wie es gemeinsam mit Partnern einen Sneaker entwickelt, dessen Sohle aus Kunststoffgranulat von Schuhen besteht, die vor den Mülldeponien in Afrika abgefangen werden. Im Oktober 2022 hat Flip gemeinsam mit Monaco Ducks ein Crowdfunding gestartet. Für einen Beitrag zwischen 99 und 129 Euro erhalten Unterstützerinnen und Unterstützer ein paar MARABU-Sneaker, sobald diese produziert sind. Dabei kann der Käufer sicher sein, dass diese Schuhe wirklich nachhaltig produziert werden und den Müll reduzieren.

#### Bloß keinen Quatsch machen

Das garantiert Kai Nebel, Leiter des Forschungsschwerpunkts Nachhaltigkeit und Recycling des TEXOVERSUMS Fakultät Textil an der Hochschule Reutlingen. Er ist als kritischer Berater im Projekt dabei, das von der Bundestiftung Umwelt gefördert wird. „Wenn ihr Quatsch macht, haue ich euch auf die Finger, hat Kai Nebel gesagt – und wir sind froh, dass wir ihn an Bord haben“, sagt Christian Salewski. Nebel kalkuliert, ob es überhaupt sinnvoll ist, alte Schuhe aus Afrika zurückzuholen, zu granulieren und zu neuen Schuhen zu recyceln. Ja, sagt Nebel, aber noch besser wäre es, die alten Schuhe schon in Europa zu recyceln. Flip und Monaco Ducks werden mit ihrem Sneaker nicht die Welt retten, angesichts der 24 Milliarden Paar Schuhe, die jährlich weltweit hergestellt werden. „Wir wollen bewusst im Kleinen eine nachhaltige Lösung für das Textilmüllproblem in Afrika ausprobieren“, so Salewski.

Von der Hochschule Reutlingen mit dabei ist auch Tina Weber, Professorin für International Fashion Retail. Sie soll das Flip-Team bei der Marktforschung unterstützen. Sie lobt die Kooperation: „Wir treffen uns alle zwei Wochen in Teams-Calls, alles wird aufgezeichnet, alles ist transparent – auch Dinge, die nicht so gut klappen.“ Diese Transparenz soll Vorbild sein für künftige Kampagnen von Flip zu anderen Nachhaltigkeitsthemen. Der Weg als Ziel der Berichterstattung – für Salewski eine neue Form des Journalismus, der Investigation und Lösung verbindet.

#### Wir müssen weniger konsumieren

Für Kai Nebel ist der MARABU-Sneaker ein positives Vorbild. An anderen Ökoaktionen der BekleidungsHersteller lässt der Textilingenieur kein gutes Haar. Beispiel Got bag, ein Rucksack aus Meeresplastik. Damit werde das Meer nicht sauberer, so Nebel,



*Das Medienstart-up Flip entwickelt einen wirklich nachhaltig produzierten Sneaker. Kritischer Berater im Projekt ist Kai Nebel von der Hochschule Reutlingen (rechts im Bild).*







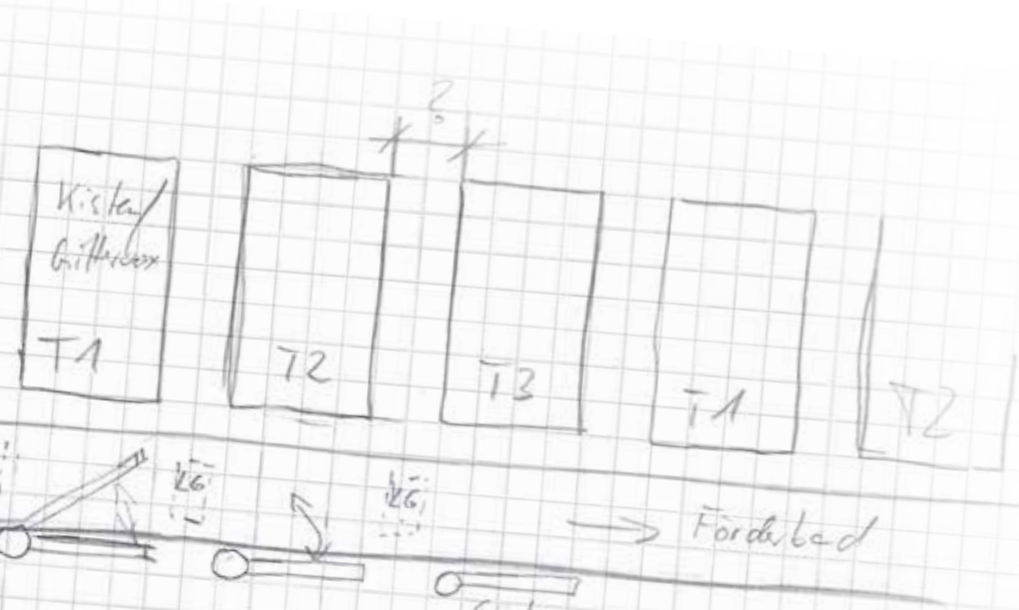
Elena Brake untersucht im Labor die Materialzusammensetzung neu entwickelter Bekleidung.

mehr Elastizität durch das synthetische Elasthan, Nähte sind auch bei Naturstoffen oft aus Polyester. Welche Materialien in welchem Anteil in einem T-Shirt oder in einer Hose stecken, sieht man ihnen nicht an. Doch das ist die Voraussetzung dafür, dass man den passenden Recyclingpfad wählen kann.

Hier setzt das ZIM-Kooperationsprojekt „C4“ an, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert wird (Förderkennzeichen ZF4029431SU9). Das Kürzel steht für Clean Crack Clothing Concept. Das Ziel des Projekts ist das Kennzeichnen, Sammeln, Sortieren und Recyceln synthetischer Fasern durch Pyrolyse zur Aufspaltung der Polymere in ihre Ursprungsform Rohöl. Zum Kennzeichnen wollen die Projektpartner RFID-Chips in Textilien einnähen, auf denen Informationen über die enthaltenen Materialien gespeichert sind, nicht nur zu den Oberstoffen, auch zu Garnen, Futter, Klebstoffen, Beschichtungen und Verschlüssen. Solche Chips werden heute schon in Mietwäsche verwendet, sie sind robust und überleben auch heißes Waschen, außerdem stören sie das Tragegefühl nicht. Die Wonneberger Manufaktur, eine mittelständische Näherei im sächsischen Mühlau, testet derzeit, wie sich die Chips am besten integrieren lassen, etwa auch in Knöpfen. ATG Automations-Technik Gröditz in Sachsen, ein weiterer Partner, baut einen Demonstrator für eine Sortieranlage, die die Chips ausliest und die Kleidungsstücke in unterschiedliche Container sortiert.

vielmehr komme dieses Produkt noch zu all den anderen oben drauf. Zudem bestehe das Produkt gar nicht aus Meeresplastik, habe nur einen geringen Recycleanteil und die Prozesskette liege im Dunkeln. Wobei man den Herstellern nicht unbedingt einen Vorwurf machen könne. Es liege an uns Verbrauchern: „Wir sind zu bequem, suchen den einfachsten Weg, unser Gewissen zu beruhigen.“ Zu mehr Nachhaltigkeit gebe es nur einen Weg: „Wir müssen weniger konsumieren und mehr auf regionale Produkte setzen.“

Und wir müssen mehr recyceln. Was aber gerade bei Bekleidung gar nicht so einfach ist. Denn kaum ein Kleidungsstück besteht aus nur einem Material. So bekommen viele Baumwollstoffe



Projekt „Cleanup-Sneaker“:



ZIM-Kooperationsprojekt „C4“:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

### Lücken im Kreislauf

Nach welchen Kriterien sortiert wird, untersucht Elena Brake, Doktorandin bei Projektleiterin Professorin Katerina Rose. Im Labor der Hochschule Reutlingen analysiert sie einzelne Materialzusammensetzungen von neu entwickelter Bekleidung der Hersteller. Diese Beurteilung dient der Kennzeichnung von Bekleidung. So kann später entschieden werden, ob diese sich mittels einer Kombination aus Hydrolyse zur Zersetzung von natürlichen Fasern und/oder Pyrolyse für Kunstfasern aufspalten und wiederverwenden lässt oder ob sie als Reststoff verbrannt werden sollte. „Das Material mit dem größten Anteil bestimmt den Prozess“, erläutert Brake. Im Idealfall soll so ein geschlossener Lebenszyklus entstehen, der von der Faser zum Kleidungsstück und über die Sortierung und Pyrolyse zum Rohöl und wieder zur Faser zurückführt und so Rohstoffe spart und die Abhängigkeit von Rohstoffimporten verringert. Noch hat der Kreislauf Lücken: So befinden sich Anlagen im industriellen Maßstab zur Pyrolyse von gemischten Kunststoffen noch in Testphasen und sind nicht zum Recycling von Bekleidung gedacht. Dieser Herausforderung widmet sich die Jan-Evangelista-Purkyně-Universität zusammen mit drei Betrieben in Tschechien, die in dem internationalen Projekt einen Demonstrator für die Pyrolyse bauen.

Hat das Projekt Erfolg und das industrielle Recycling von gemischter synthetischer Bekleidung gelingt, löst es ein riesiges Problem: Rund 70 Millionen Tonnen Polyester- und Polyamid-Fasern werden jedes Jahr produziert, 2030 werden

es 86 Millionen Tonnen sein und ein Ende des Anstiegs ist nicht in Sicht. Für Kai Nebel ist das Projekt ein wichtiger Meilenstein, ein Puzzlestück fehle aber: „Wir haben überhaupt keine Infrastruktur fürs Recycling, also keine Industrie, die aus alter Kleidung wieder neue Textilrohstoffe machen kann – die sitzt meist in Asien.“ Dies müsse regionaler organisiert werden. Außerdem müsse erst der Konsum und damit die Überschussproduktion runter, dann müsse die Nutzungsdauer der Kleidung erheblich verlängert werden. Erst dann könne man an Recycling denken – und auch dieses könne derzeit nur zu einem minimalen Teil zur ökologischen Nachhaltigkeit beitragen. „Wenn das alles nicht gelingt, landen unsere Altklamotten doch wieder auf der Mülldeponie in Afrika.“

BERND MÜLLER

### LAST STOP NAIROBI

The clothing industry needs to become more sustainable. But in order to achieve this, we consumers need to change our behaviour. Science can also make a contribution. Reutlingen University is involved in a number of ambitious recycling projects.



Mehr über die Enthüllungsgeschichten von Flip: [www.letsflip.de](http://www.letsflip.de)



## STEINBEIS – TRANSFERPARTNER DER HOCHSCHULE REUTLINGEN

Eine Unternehmensgründung ist Vertrauenssache. Steinbeis ist ein starker Partner für Professoren, Hochschulangehörige wie auch für junge studentische Gründer, die ihre Expertise neben Lehre, Studium und Forschung an der Hochschule auch in Projekte mit Partnern aus der Wirtschaft und Industrie einbringen können. Hochschule und Wirtschaft können sich gegenseitig befruchten: die Praxisnähe sichert die Aktualität der Lehre, der wissenschaftliche Fortschritt aus der Hochschule kommt der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zugute. 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 im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer. Seit 2014 gibt es das Kooperationsunternehmen Steinbeis Transfer GmbH an der Hochschule Reutlingen: Verlässlich und unbürokratisch finden hier vor allem kleine und mittlere Unternehmen Ansprechpartner für Forschung, Entwicklung und Beratungsprojekte.



GRÜNDEN mit Steinbeis

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





Charlotte Braun und Volker Jehle nehmen die Vliese genau unter die Lupe.

# Vom Acker in den Karton

**Weniger Kunststoffe, mehr pflanzliche Rohstoffe, am besten aus heimischen Gärten und Äckern – so lautet das Ziel eines gemeinsamen Projekts von Professor Volker Jehle der Hochschule Reutlingen und Professor Matthias Franz von der Hochschule der Medien in Stuttgart.**

Gelbe Säcke auf Mülldeponien in Malaysia, Plastikstrudel viermal so groß wie Deutschland im Pazifik: Kunststoffe haben keinen guten Ruf. Darum versucht man sie zu ersetzen, wo es nur geht – Plastiktüten durch Papiertaschen im Supermarkt oder Mittelkonsolen im Auto durch Pflanzenfasern. Doch mittlerweile schwingt das Pendel wieder zurück. Automobilhersteller setzen wieder auf reine Polyesterfasern, weil sich Gemische mit Pflanzenfasern schlechter recyceln lassen. „In einem geschlossenen Kreislauf von der Produktion bis zur Wiederverwertung sind Chemiefasern den Pflanzenfasern immer noch überlegen“, sagt Volker Jehle. An der Herkunft von Fasergrundstoffen, die in Vliesen oder Verpackungsmaterial verwendet werden, werde

sich daher so schnell nichts ändern. Knapp zwei Drittel des weltweiten Faserbedarfs von 100 Millionen Tonnen pro Jahr wird aus Kunststoffen hergestellt. Ein Drittel stammt aus Baumwolle, geringe Menge entfallen auf Wolle und Viskose, die aus Zellulose gewonnen wird.

Jehle und sein Team sind aber nicht die Typen, die die Flinte ins Korn werfen. Der Professor für Faser-, Garn- und Vliesstofftechnologie möchte Verfahren entwickeln, um Werkstoffe auch aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen. Das ist gar nicht so einfach. Während bei chemischen Prozessen das Ergebnis immer die gleiche Qualität hat, gilt dies bei Pflanzen nicht.

Je nach Faser, Herkunft, Erntezeitpunkt, Umweltbedingungen und Teil der Pflanze kann die Qualität stark schwanken. Außerdem stammen Fasern heute häufig aus Pflanzen, die von weit her kommen, zum Beispiel zellulosebasierte Rohstoffe aus Südamerika und Asien.

Im Projekt „Fasertec“ packt Jehle das Problem an der Wurzel. Mit Partnern des Forschungscampus Lenningen, Institut für Naturstoffverarbeitung der Stuttgarter Hochschule der Medien und mit Mitteln des Ministeriums für Ernährung, ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg entwickelt er Verfahren zur Herstellung von Vliesen aus heimischen Pflanzenresten. Hanf, Gras und sogar Brennnesseln sollen die Rohstoffe sein. Vieles wächst im Garten, fällt beim Grünschnitt an oder als Rest in der Landwirtschaft, wo es nach der Ernte untergepflügt wird. Die Faserbündel werden in Wasser separiert, wenn nötig mit einem natürlichen Bindemittel vermischt und dann auf ein Sieb geschwemmt. In der hochmodernen Nassvliesanlage in Jehles Labor verbinden sich die Fasern zu Vliesen. Sie eignen sich als Filter in Staubsaugerbeuteln oder als Verpackungsmaterial.

Bleibt aber die Frage: Welches Endprodukt erhält man, wenn man einen bestimmten Rohstoff verwendet? Das Vlies hat andere Eigenschaften, wenn es aus Weizenstroh hergestellt wird, als wenn es aus Brennnesseln besteht. Interessanter noch ist die umgekehrte Frage: Welchen Rohstoff muss man nehmen, wenn man eine genau definierte Eigenschaft erhalten möchte? Charlotte Braun, Doktorandin bei Volker Jehle, entwickelt dazu ein Prognosemodell. Der Kunde legt die Eigenschaft des Vlieses fest und das Modell empfiehlt, welcher Rohstoff sich eignet und welche Prozessparameter auf der Anlage einzustellen sind. Noch ist das Zukunftsmusik, doch eines sei klar, so Braun: „In den Pflanzen unserer Gärten steckt enormes Potenzial.“

BERND MÜLLER



Mehr über die Faserforschung am Forschungscampus Lenningen und das Projekt Fasertec:  
[www.hdm-forschungscampus.de](http://www.hdm-forschungscampus.de)

**Hanf, Gras oder sogar Brennnesseln sollen die Rohstoffe für die neuartigen Vliese sein.**



## FROM THE FIELD INTO THE BOX

Plant-based raw materials, preferably from local gardens and fields, is to replace plastics. Professor Volker Jehle of Reutlingen University is working on this with doctoral student Charlotte Braun. Their prediction model facilitates the choice of plant and process parameters depending on the required end product.





# Chemiereaktor im Fingerhut

*Weniger Rohstoffe und Energie, mehr Ausbeute: Professor Andreas Kandelbauer arbeitet mit seinen Kollegen Professor Günter Lorenz und Professor Karsten Rebner am Lehr- und Forschungszentrum Process Analysis & Technology (PA&T) an „intensiven“ chemischen Prozessen. Statt in großen Tanks sollen Chemikalien künftig in tausenden **Mikroreaktoren** hergestellt werden.*

Die Herstellung von Chemikalien funktioniert heute in etwa so: Man gebe zigtausende Liter der Ausgangsstoffe in einen großen Tank, bringe sie auf eine bestimmte Temperatur und rühre dabei kräftig um – fertig. Aber was, wenn zwischendrin der Strom ausfällt? Dann sind viele Kubikmeter Chemikalien und tausende Euro futsch. Und was, wenn der Kunde vielleicht nur ein paar Liter braucht? Dann muss das teure Nass aufwändig zwischengelagert werden, was bei aggressiven, giftigen und vielleicht sogar explosiven Stoffen keine Kleinigkeit ist. Die Prozessindustrie – so nennt sich die Herstellung von Gütern in nicht zählbaren Einzelstücken wie Flüssigkeiten, Gasen oder Lebensmitteln – wünscht sich eine Zukunft ohne dicke Tanks und Rührer in Baggerformat.

In den Laboren des PA&T kann man diese Zukunft schon heute bestaunen. Auf einem Labortisch stehen mehrere Mikroreaktoren: miniaturisierte Reaktionsgefäße nicht größer als ein Fingerhut, in die über dünne Schläuche die Ausgangsstoffe in einer ausgefeilten Choreografie zugeführt werden. Hinten kommt die fertige Chemikalie heraus, nur eben in Mengen von Millilitern. Die Prozessindustrie ist heiß auf diese Mikroreaktoren, weil sie gleich mehrere Probleme auf einmal lösen würden. Die Skalierung ist kinderleicht: Braucht man die doppelte Menge, schaltet man einfach doppelt so viele Reaktoren ein. Braucht man weniger, kann ein Teil der Reaktoren andere Stoffe herstellen. Die Umstellung geht schnell, der Spülvorgang nach einer Charge dauert nur Minuten. Damit entfällt auch das Problem, dass

ein neuer chemischer Prozess, der im Labor gut funktioniert, noch längst nicht in einem großen Tank klappt, wo andere Temperatur-, Druck- und Mischungsverhältnisse herrschen. Anders bei Mikroreaktoren: Funktioniert die chemische Synthese in einem, funktioniert sie auch in tausend Mikroreaktoren, weil ja alle gleich sind. Mikroreaktoren arbeiten zudem kontinuierlich, sie müssen nicht gefüllt und später wieder entleert werden, theoretisch können sie unendlich lange laufen, bei gleichbleibender Qualität.

Die größte Herausforderung ist dabei nicht die Chemie in den Mikroreaktoren, sondern die Analytik und Prozesssteuerung. Gemeinsam mit dem Automatisierungsspezialisten Festo in Esslingen entwickeln die Forscher am LFZ PA&T gerade die Prozessanalytik für Mikroreaktoren zur Herstellung von Biodiesel im Rahmen einer kooperativen Promotion mit der Universität Hohenheim. Künftig könnten die chemischen Reaktionen in den Mikroreaktoren auch zusätzlich mit Licht, Ultraschall oder Mikrowellen angeregt und gesteuert werden. Das soll Prozesse intensivieren, das heißt, weniger Rohstoffe und Energie sollen zu mehr Ausbeute führen. Für die Resilienz der Prozessindustrie wäre das ein großer Schritt. Kandelbauer: „Ziel ist, weniger Gas oder Öl zum Erwärmen der Reaktionen verwenden zu müssen und uns dadurch unabhängiger zu machen von Rohstoffimporten.“

BERND MÜLLER

## CHEMICAL REACTOR IN A THIMBLE

Less raw materials and energy, more yield: Professor Andreas Kandelbauer is working towards this goal. Using “intensive” chemical processes, it should be possible in future to produce chemicals in thousands of microreactors instead of in tanks.

*Schema der Mikroreaktoranlage in den Laboren des PA&T: Aus Rapsöl und Methanol wird Biodiesel erzeugt. Am Ende des Reaktors wird das Reaktionsprodukt mit Prozessanalytik charakterisiert und Abweichungen vom Sollwert an die Prozesssteuerung zur Optimierung des Prozesses weitergegeben.*



**YOUR  
CHEMISTRY  
CAREER**

450 Unternehmen. 110.000 Mitarbeiter.  
EINE STARKE BRANCHE.

## FINDE genau DEINEN JOB in der CHEMIE-Branche.

Für Einsteiger, Umsteiger, Aufsteiger:  
Die Unternehmen suchen im Bereich IT,  
BWL, Ingenieurwesen oder natürlich  
auch Chemie und Pharma.



[yourchemistrycareer.com](https://yourchemistrycareer.com)



# 20 Kilometer mit einem Schweineschnitzel

Wie wird unsere **Rohstoff-, Energie- und Lebensmittelversorgung** resilienter und nachhaltiger? HHZ-Professor Dieter Hertweck hat ein paar überraschende Antworten.

Wie wunderbar wäre es, wenn es so eine Nutzpflanze gäbe: wächst auf kargen Böden und steht damit nicht in Konkurrenz zu Nahrungspflanzen, braucht viel weniger Wasser als Mais, hat einen höheren Brennwert als Holz, bindet Kohlendioxid schneller als alle anderen Pflanzen auf dem Acker, wächst einmal gepflanzt 20 Jahre lang immer wieder nach und lässt sich zu Dämmstoff, Streu oder Biodiesel verarbeiten. Gibt's nicht? Doch: Chinaschilf, auch Miscanthus genannt. Den Namen sollten Sie sich unbedingt merken, denn das Wundergewächs aus der Familie der Süßgräser schickt sich an, etliche Probleme einer resilienten Energieversorgung zu lösen. Noch nicht einmal Artenschützer finden ein Haar in der Suppe. Chinaschilf sei sogar förderlich für die Artenvielfalt, sagen Biologen der Universität Hohenheim.

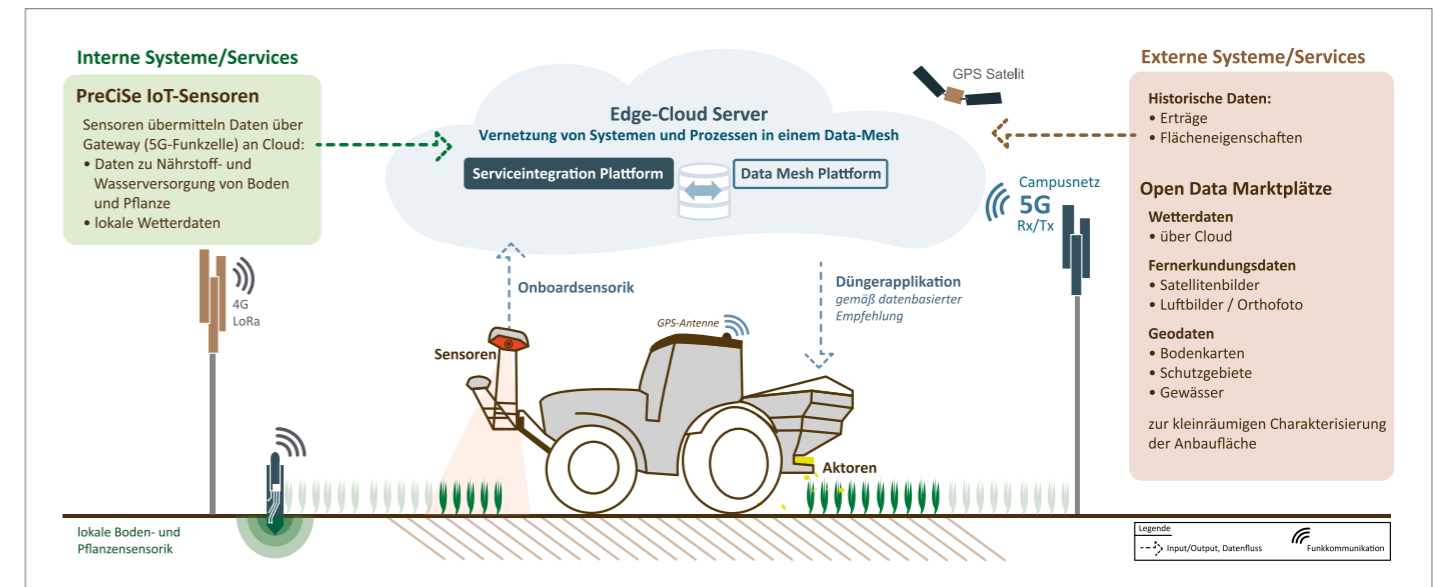
Keiner weiß das besser als Dieter Hertweck, Professor für Wirtschaftsinformatik am Hermann Hollerith Zentrum (HHZ) der Hochschule Reutlingen. Er arbeitet in dem aus Landesmitteln geförderten Projekt „Danube Alliance“ an der Frage, wie sich Biomasse-basierte Wertschöpfungsketten im Donauraum realisieren lassen. In Bulgarien sollen dazu Brachflächen erschlossen, das Schilf dann in einem umgebauten Kraftwerk verbrannt werden. Das lohnt sich in ziemlich vielen Regionen in Europa und weltweit – wo genau, analysiert die Forschungsgruppe Service Science

von Hertweck. Diese hat einen Simulationsdienst erstellt, der ökologische, ökonomische und soziale Dimensionen in Wertschöpfungsnetzwerken berechnet und visualisiert. Politiker, Unternehmer, Gewerkschafter, Landwirte und Umweltexperten können gemeinsam an einem Modell diskutieren, ob sich der Anbau rechnet, wie man das Schilf am sinnvollsten nutzt, welche Vorteile das fürs Klima oder die Beschäftigung bringt.

**Chinaschilf, das Wundergewächs aus der Familie der Süßgräser, schickt sich an, etliche Probleme einer resilienten Energieversorgung zu lösen.**

Und was ist daran nun resilient? Durch die Anzahl unterschiedlicher Verwertungspfade für Miscanthus kann man schnell auf Störungen in Märkten reagieren. Wenn kein Erdgas aus Russland fließt, nutzt man es für die Strom- und Wärmeerzeugung. Wird Öl teurer, gewinnt man vermehrt Biodiesel aus Pyrolyseöl. Und wird regional Dämmmaterial benötigt, kann die Bauindustrie auf Miscanthus-Dämmplatten zurückgreifen. Auch die Störungen selbst, wie zum Beispiel pandemie- oder kriegsbedingte Unterbrechungen der Lieferketten, lassen sich mit der Simulation testen und vorhersagen. Gleiches gilt für die Wirkung digitaler Services zur Steigerung der Resilienz wie verbesserte Wettervorhersagen, datenbasierte Wartung bei Erntemaschinen oder KI-basierte Logistikkentscheidungen. Die Simulation ist auch ein Ideenfinder und Umsetzungsratgeber für Geschäftsmodelle. Wenn zum Beispiel eine Region eine Wertschöpfungskette für ein Produkt aus Chinaschilf aufbauen möchte, gibt sie Auskunft, worauf man achten muss und wo die Hindernisse liegen.

Das Modell integriert die Ergebnisse unterschiedlicher Simulationsmethoden, die am HHZ für die Green Economy entwickelt werden. So wird derzeit im Projekt „5G-PreCiSe“, untersucht, ob



5G basiertes Precision Farming mit Echtzeitdatenverarbeitung sichert höhere Erträge bei geringerem Ressourceneinsatz.

sich die Wertschöpfung in der konventionellen Landwirtschaft mit Hilfe digitaler Düngekarten so verändern lässt, dass deutlich weniger Ressourcen wie Düngemittel, Wasser oder Boden verbraucht werden. Dabei zum Einsatz kommende Datenquellen wie Satellitenbilder, Sensordaten und Bodenbilder oder digitale Technologien wie 5G-Netzwerke und Edge Computing auf dem Traktor benötigen skalierbare Datenplattformen und Architekturen als Basis für die Simulation. Diese werden am HHZ in Kooperation mit Industrieunternehmen entwickelt.

Das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr mit rund vier Millionen Euro finanzierte Projekt (Förderkennzeichen 45FGU112\_I) soll bis zum Projektende 2024 gewährleisten, dass datenbasierte Düngeentscheidungen auf kleinsten Parzellen in Echtzeit getroffen und umgesetzt werden können. Diese Form der Präzisionslandwirtschaft bringt künftig ganz neue Akteure mit aufs Feld und ermöglicht innovative Geschäftsmodelle. Das HHZ modelliert und bewertet deren Rentabilität und Nachhaltigkeit.

Einen etwas anderen Weg geht Hertweck gemeinsam mit der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg im Projekt „Öko-trans“, das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst mit knapp 400.000 Euro finanziert wird. Das Land Baden-Württemberg möchte Landwirte dazu motivieren, von der herkömmlichen Landwirtschaft auf Bioanbau umzusteigen. Um einen zusätzlichen Anreiz zu schaffen und die Qualität der Lebensmittel in Kantinen zu verbessern, soll der Anteil an Bio-Lebensmitteln in öffentlichen Kantinen von heute 13,7 auf 30 Prozent bis 2030 erhöht werden. Zum einen gibt es Bedenken bei den Bauern, weil sie die bis zu 20 Prozent weniger Ertrag beim Umstieg irgendwie ausgleichen müssen. Diese Umstellung der Betriebe wird vom Projektpartner Hochschule Rottenburg erforscht. Eine noch größere Hürde sind die undurchsichtigen Lieferketten zwischen dem Acker und dem Teller. Dort gibt es unzählige Akteure, die an der Kartoffel oder dem Weizenkorn verdienen wollen. Gar nicht gefragt wird der Konsument, der in Kantine und Mensa oft das vorgesetzt bekommt, was sich dort am einfachsten zubereiten lässt und am billigsten ist.

Die Modelle des HHZ bringen hier Transparenz in die Wertschöpfungsketten und stellen digitale Architekturen zur besseren Integration der verschiedenen Akteure aus Landwirtschaft, Verarbeitung, Handel und Logistik bereit. Die Modelle sollen Kantinenbetreibern und Lieferanten helfen, bei Neuausschreibungen auf Bioprodukte zu setzen. Simulationsmodelle in Farm-2fork-Wertschöpfungsketten können aufzeigen, wieviel Energie und Wasser verbraucht werden, wenn man eine Entscheidung so trifft und nicht anders. Das führt zu so manchem Aha-Effekt. „Wie weit kann man mit einem Mittelklassewagen fahren, wenn er mit der Energie für die Produktion eines Schnitzels betankt wird?“, fragt Dieter Hertweck, und liefert die überraschende Antwort gleich dazu: „20 Kilometer.“ Wer der Umwelt etwas Gutes tun möchte, sollte also künftig häufiger mal mit dem Fahrrad zur Mensa fahren – und dort das vegetarische Gericht bestellen.

BERND MÜLLER

## 20 KILOMETRES WITH A PORK SCHNITZEL

Professor Dieter Hertweck from the Hermann Hollerith Zentrum is developing concepts to make our supply of raw materials, energy and food more resilient and sustainable. One outcome is a model for evaluating value chains, in organic farming, for example.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



# Erbse ohne Wert

Wie wird unsere **Wirtschaft resilienter**? Durch Corona und Ukraine-Krieg stellen sich Wirtschaft und Politik verstärkt diese Frage. Die ESB-Professoren **Andreas Taschner** und **Michel Charifzadeh** und Professorin **Anna Göddeke** kennen die Antworten.



Welchen Wert hat saubere Luft? Einen hohen, werden Sie jetzt vielleicht sagen, wer atmet schon gerne verpestete Abgase? Aus Sicht eines Betriebswirts sieht die Sache anders aus. „Was keinen Preis hat, hat keinen Wert“, sagt Professor Andreas Taschner, der an der ESB Business School Rechnungswesen und Controlling lehrt. In der Finanzberichterstattung eines Unternehmens müsse deshalb die Ressource „saubere Luft“ und ihr Verbrauch nicht auftauchen, sie sei nicht steuerungsrelevant, würde der Betriebswirt sagen. Controller wie Taschner, die gerne als Erbsenzähler gebrandmarkt werden, zählen diese Erbse also nicht, denn sie hat ja keinen Preis. Ein Volkswirt würde sagen, dass es sich hier um ein klassisches Marktversagen handele. Der Marktpreis – in diesem Fall null – entspricht nicht dem Wert der Ressource.

Dass das so nicht haltbar ist, dämmert vielen Unternehmen und auch der Politik. Wo es der Markt nicht regelt, erhalten Ressourcen einen Preis per Gesetz. Das ist etwa der Fall bei der CO<sub>2</sub>-Bepreisung durch Steuern und Emissionszertifikate, die künftig vermutlich immer teurer werden und damit den Unternehmen einen Anreiz setzen sollen, Emissionen einzusparen und für saubere Luft zu sorgen.

## Die neue Knappheit

CO<sub>2</sub>-Emissionen sind aber nur die Spitze des Eisbergs. Darunter verbirgt sich die Frage: Wie handeln wir nachhaltig, wenn es nicht-nachhaltige Alternativen gibt, die obendrein noch billiger sind? Wie komplex die Antwort darauf ist, sehen wir gerade am Beispiel Erdgas. Das war immer billig und wurde daher gerne zum Heizen und für Industrieprozesse genutzt, viele Arbeitsplätze hängen daran. Doch jetzt steht die Versorgung auf der Kippe und da zeigt sich, dass Nachhaltigkeit sich nicht allein in Euro messen lässt, auch die Sicht auf CO<sub>2</sub>-Emissionen greift zu kurz. Die Knappheit bedroht unsere Wirtschaft und unsere Gesellschaft, ja vielleicht sogar unsere Demokratie.

„Das Rechnungswesen ist sich dieser Lücken bewusst“, sagt Taschner. Eigentlich müsste es neben dem Unternehmensgewinn auch eine ökologische und eine soziale Bilanz aufstellen. Vorschläge dazu lägen auf dem Tisch, doch der Widerstand aus der Wirtschaft sei groß, zu kompliziert fänden es die Unternehmen.

„Das ist die BWL-Sicht“, sagt Anna Göddeke, Volkswirtschaftler würden soziale Kosten sehr wohl einkalkulieren. Die Professorin an der ESB Business School beschäftigt sich bevorzugt mit Branchen, wo der Markt nicht funktioniert. Die Industrie-ökonomin empfiehlt, mittels Steuern die wahren Kosten an die Verbraucher weiterzugeben. Beispiel gefällig? Durch die hohe

Besteuerung sind die bei Jugendlichen einst so beliebten alkoholischen Mischgetränke, so genannte Alcopops, gänzlich vom Markt verschwunden. Auch Tabak geht es steuerlich zunehmend an den Kragen. Umweltschädliches Verhalten zu subventionieren, wie beispielsweise beim Tankrabatt, hält Göddeke für grundfalsch.

## Sind Vorräte schlecht?

Nicht immer braucht es Steuern, um ein Umdenken einzuleiten. Manchmal tut es auch ein Virus oder ein Krieg. Interessant ist zu sehen, wie sich vor diesem Hintergrund gerade lieb gewonnene Gewissheiten in Luft auflösen. Ein Paradigma vor Corona war, dass Vorräte schlecht sind. Betriebe, die Rohstoffe und Bauteile ins Lager legten, wurden von Controllern belächelt. Denn Vorräte sind totes Kapital und verschwenden Platz, vielleicht braucht man sie nach einem Modellwechsel gar nicht mehr. Dieses Lean-Prinzip hat seinen Ursprung in den 1960er Jahren im Toyota-Prinzip, wonach Verschwendung zu vermeiden ist. Dazu gehören überflüssiges Material oder unnötige Wartezeiten – Müll oder Emissionen gehören übrigens nicht dazu. Volkswirte wie Anna Göddeke argumentieren anders, nämlich mit den Opportunitätskosten: Mit dem Geld, das im Lager nutzlos herumliegt, könnte man sinnvollere Dinge tun, zum Beispiel bessere Produkte entwickeln und so eine höhere Rendite erzielen.

Auf die Spitze getrieben hat dieses Prinzip die Automobilindustrie. Zulieferteile werden just-in-time vom Lkw ans Band geliefert, ein Lager gibt es nicht mehr. Schon ein längerer Stau auf der Autobahn kann da zum Risiko werden. Mit der Corona-Pandemie und dem Ukraine-Krieg sind ganze Lieferketten kollabiert. Weil es keine Mikrochips aus China mehr gibt, können keine Autos mehr gebaut werden. „Just-in-time ging schief“, sagt Andreas Taschner. Die schlanke Lieferkette ganz ohne Puffer sei überholt, Unternehmen legten wieder Vorräte an. Gleichzeitig diversifizierten sie ihre Lieferketten, um weniger abhängig von einzelnen Lieferanten zu sein.

## Wellenbewegung in der Lieferkette

Taschners Kollege Michel Charifzadeh hat sich damit genauer beschäftigt. In einem Forschungsprojekt hat sich der Professor für Rechnungslegung und Controlling die Lieferketten in der Automobilindustrie während der Corona-Pandemie angeschaut. Dazu hat er Finanzberichte von Automobilherstellern und Zulieferfirmen ausgewertet nach Kennzahlen wie etwa Vorräte und Liquidität. Tatsächlich sind die Vorräte angestiegen, und zwar in Wellenbewegungen durch die Lieferketten. Wenn weniger Autos gebaut werden, laufen zeitversetzt die Lager bei den Zulieferern über, was sich bis in die hintersten Äste der Lieferkette fortplant.



Von links nach rechts:  
Professorin Anna Göddeke,  
Professor Andreas Taschner,  
Professor Michel Charifzadeh



Für die Zulieferer kann das existenzbedrohend sein. Von ihren Kunden fließt weniger Geld, gleichzeitig müssen die eigenen Zulieferer und die Vorräte bezahlt werden. Einen Ausweg bieten Instrumente der Supply-Chain-Finanzierung. So könnten große Automobilhersteller ihre Rechnungen früher begleichen. Manche Hersteller, so Charifzadeh, nutzen ihre Marktmacht aber voll aus und überweisen das Geld oft erst Monate nach dem Eingang der Ware. Eine andere Option sind Kredite, die der Autobauer gemeinsam mit seinen Zulieferern aufnimmt. Denn je näher man in der Lieferkette an das Endprodukt Auto kommt, um so günstiger werden die Finanzierungskosten. Diesen Vorteil könnte man über ein flexibles Skonto an die Zulieferer weiterreichen. Für die Lieferkette wäre das insgesamt günstiger, hat Charifzadeh ausgerechnet.

Doch so richtig wollen sich die Autobauer für dieses Modell nicht erwärmen. Denn große Zulieferer, die ganze Module liefern, sind teilweise auch Konkurrenten. Und die meisten Zulieferer sind in viele Lieferketten eingebunden. Ein günstiger Kredit von VW an einen Lieferanten würde auch dem Konkurrenten Daimler helfen. Auch wenn die Hürden hoch seien: „Solche Finanzierungsmodelle wird es künftig mehr geben“, ist sich Michel Charifzadeh sicher. Sie steigerten die finanzielle Resilienz der Branche und in Folge davon auch die materielle Resilienz durch die Möglichkeit, mehr Vorräte anzulegen. Charifzadeh: „Ein Zurück in die Vor-Corona-Zeit wird es nicht geben.“

**Controlling muss sich wandeln**

Dieses Plus an Resilienz hat allerdings seinen Preis. „Eine resilientere Wirtschaft ist teurer“, sagt Andreas Taschner. Künftig müssen wir Preise bezahlen, die die wahren Kosten beinhalten. Für Charifzadeh muss sich auch das Controlling in den Unternehmen wandeln. Das schaue traditionell nur auf das eigene Unternehmen, was vor den Werkstoren passiere, ist ihm häufig egal. Künftig müssten Controller aber auch darauf achten, wie es den anderen Teilnehmern in den Lieferketten gehe. Dazu müsse vor allem mehr kommuniziert werden. Wenn heute ein Automobilhersteller eine große Bestellung aufgabe, komme das für den Zulieferer häufig überraschend. Charifzadeh schlägt ein Lieferketten-Kontrollzentrum vor, in dem sich alle Teilnehmer permanent abstimmen, wer welche Teile wann benötigt. Der ESB-Professor weiß, dass die Automobilbranche an so etwas arbeitet und teilweise auch schon nutzt. Über ein Glied in der Lieferkette würden diese Konzepte aber selten hinausgehen, denn zu viel Transparenz sei unerwünscht, weil dann auch Wettbewerber Einblick hätten in Liefermengen und Preise.

Hätte man das alles nicht vorhersehen und präventiv handeln können? Anna Göddeke ist skeptisch. Unternehmen würden das Risiko meist auf Basis der Vergangenheit einschätzen. „Hinterher ist es immer leicht zu sagen, man hätte es besser wissen können.“

BERND MÜLLER

**NO PRICE, NO VALUE**

How can our economy become more resilient? In the wake of Corona and the Ukraine war, companies and politicians are increasingly asking themselves this question. ESB professors Andreas Taschner, Anna Göddeke and Michel Charifzadeh know the answers.



**Wir erfinden jeden Tag  
das Rad neu.**

**Bring deine Karriere ins Rollen!**

Als einer der führenden Räder- und Rollenhersteller der Welt legen wir Wert auf Qualität – auch in der Personalentwicklung. Wir agieren international, beschäftigen über 1.200 Mitarbeiter, davon circa 900 am Stammsitz in Rosenfeld, und sind seit Jahren auf Expansionskurs. Eigene Arbeitserfahrungen sind durch nichts zu ersetzen. Erhalte einen Blick hinter die Kulissen und setze die erlernte Theorie in der Praxis ein. Speziell für Berufseinsteiger bieten wir Stellen mit vielfältigen Entwicklungsmöglichkeiten. Nähere Informationen findest du unter:

[jobs.blickle.career](https://jobs.blickle.career)



Blickle Räder+Rollen GmbH u. Co. KG  
Heinrich-Blickle-Straße 1  
72348 Rosenfeld





# Nachhaltig produzieren – aber wie?

*Kosten, Gewicht, Platzbedarf: So lautet der klassische Zielkonflikt der Automobilkonstruktoren. Und jetzt kommt auch die Nachhaltigkeit dazu und macht alles noch viel komplizierter. Hier setzt Professorin Anja Braun mit dem Projekt Cyclometric an: Es gibt Ingenieuren und Designern Entscheidungshilfen für die nachhaltige Entwicklung.*

Unsere Wirtschaft muss nachhaltiger werden – da wird wohl niemand widersprechen. Aber wie? Und vor allem: zu welchem Preis? Ein gutes Beispiel ist die Automobilindustrie: Nachhaltige Materialien, die in geschlossenen Kreisläufen geführt werden, wären an vielen Stellen im Fahrzeug möglich, machen dieses aber spürbar teurer. Sebastian Stegmüller hat eine Idee, wie man die Zahlungsbereitschaft der Kunden für mehr Nachhaltigkeit erhöhen könnte: „Mit hochwertigem und personalisiertem Design und zusätzlichen Funktionen“, empfiehlt der Managing Director für Mobilität und Innovationssysteme am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation in Stuttgart. Mehrwert statt Verzicht lautet seine Devise.

Wie das in der Praxis gehen könnte, untersucht Professorin Anja Braun von der ESB Business School mit Stegmüller und weiteren Partnern im Projekt „Cyclometric“. Sie entwickeln eine Entscheidungshilfe für Konstrukteure und Designer – zunächst am Beispiel einer Mittelkonsole fürs Auto, später für beliebige Bauteile. Welche Auswirkungen hat es auf die Nachhaltigkeit

der Mittelkonsole, wenn man faserverstärkten Kunststoff statt Metall nimmt und wenn man diesen mit Schrauben verbindet, statt zu kleben? Oder baut man das Teil besser gleich mit 3D-Druck? Schon bei scheinbar einfachen Bauteilen wird die Matrix der Abhängigkeiten unendlich komplex, weil jede Entscheidung Dutzende andere Entscheidungen beeinflusst.

In „Cyclometric“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird (Förderkennzeichen 02J21E034), ist Anja Braun federführend in zwei Arbeitspaketen. Dort bringt sie ihr Knowhow über Produktionsprozesse und Wertstoffkreisläufe in die Entscheidungsmatrix ein. „Die Entwickler sollen künftig sofort Verbesserungsvorschläge für mehr Nachhaltigkeit bekommen.“

Welche Auswirkungen das konkret in der Fertigung hat, möchte das Werk150 der Hochschule Reutlingen untersuchen. Dazu gestaltet die Lernfabrik ihre Wertschöpfungsstrukturen in zirkuläre Strukturen um, von der Rücklieferung über die Befundung,

Demontage bis hin zu erneuten Wertschöpfung. Der Kunde übernimmt dabei nicht mehr nur die Rolle des Konsumenten, er liefert nach der Nutzungsphase das Produkt zurück, das an der passenden Wertschöpfungsstufe wieder eingeschleust wird. „Ziel sind Kreislaufstrukturen, die immerzu auf möglichst hoher Wertschöpfungsstufe sowohl ökonomische als auch ökologische Nutzenpotenziale für Unternehmen in Einklang bringen“, so Anja Braun.

BERND MÜLLER

## SUSTAINABLE PRODUCTION – BUT HOW?

Cost, weight, space requirements: this is the classic conflict of interests faced by automotive designers. Sustainability makes everything even more complicated. In the Cyclometric Project, Professor Anja Braun provides engineers and designers with decision-making tools for sustainable development.



Mehr über das Projekt Cyclometric:  
[www.reutlingen-university.de/research2023/braun/cyclometric](http://www.reutlingen-university.de/research2023/braun/cyclometric)

GEFÖRDERT VOM





# Glaskugel für den Worst Case

*Künstliche Intelligenz kann helfen, IT resilienter zu machen. Professor Michael Möhring vom Herman Hollerith Zentrum (HHZ), weiß, wie es geht – und wo die Grenzen sind.*

Das Programm hängt, reagiert nicht mehr auf Tastendrücke, dann kommt auch noch der von Windows-Nutzern so gefürchtete Blue-Screen: Es ist immer ärgerlich, wenn der PC abstürzt, aber in der Regel beschränkt sich der Schaden auf ein paar Minuten verlorene Arbeitszeit. Anders in der Industrie: Dort können IT-Ausfälle erhebliche Konsequenzen haben, manchmal verliert das Unternehmen Millionensummen, etwa wenn das Band in einem Automobilwerk stundenlang stillsteht, wenn Bankkonten nicht erreicht werden können oder wenn in einem chemischen Prozess das verdorbene Endprodukt entsorgt werden muss. Die Resilienz von IT – die Robustheit gegen Störungen und das schnelle Wiederhochfahren in den Normalzustand – ist daher schon immer ein Thema in der Industrie, seit 1969 die erste speicherprogrammierbare Steuerung auf den Markt kam.

Früher hat man die Resilienz von IT durch Redundanz sichergestellt – Daten wurden doppelt als Backups gesichert, bei einem Hardwarefehler standen Ersatzcomputer im Keller bereit. „Das ist bei den schnell wachsenden Datenmengen als alleinige Lösungsmöglichkeit heute zu teuer“, sagt Michael Möhring. Der Wirtschaftsinformatiker ist seit kurzem Professor am Herman Hollerith Zentrum der Hochschule Reutlingen. Dort forscht er zu analytischen Systemen und Künstlicher Intelligenz, die IT resilienter macht – ohne hohe Kosten.

Praktische Erfahrungen hat Möhring bei der Bosch Group/BSH gesammelt, wo er bereits mehrere Jahre in diesem Themen-

gebiet tätig war. Darüber hinaus entwickelte er in KI-Industrieforschungsprojekten sowie für ein IT-Dienstleistungsunternehmen Konzepte für eine resilientere IT, die unter anderem bei DAX-Unternehmen zum Einsatz kommen. Im Kern geht es immer darum, frühzeitig zu erkennen, ob und wann die IT ausfällt. In der Produktion läuft heute nichts mehr ohne IT – von der Steuerung der Roboter über das Aufspielen der Software bis zur Inventarisierung des Geräts vor dem Versand.

Möhrings Methode sammelt Unmengen an Daten – von Servern, von Sensoren, von Maschinen, von Steuerungen – und erstellt mittels Neuronalem Netzwerk ein Modell, das regelmäßig mit neuen Daten trainiert wird. Erkennt das Modell Muster, die vom Erwartbaren abweichen, deutet das möglicherweise auf einen bevorstehenden Ausfall hin. Abweichungen können erst unmerklich passieren, zum Beispiel eine erhöhte Temperatur an einer Maschine oder minimale Verzögerungen im Produktionstakt. Sind ein vordefiniertes Muster und ein Schwellenwert erreicht, schlägt das System Alarm und gibt Hinweise, wo der Fehler liegen könnte.

Die Corona-Krise hatte erhebliche Auswirkungen auf die Resilienz von IT, so Möhring – manchmal anders als erwartet. So mussten die Mitarbeitenden von Unternehmen, die von der Krise profitiert haben, während der Pandemie Sonderschichten schieben, weil die Nachfrage der Kunden im Lockdown so hoch war. Was erstmal positiv klingt, hatte auch Nachteile. Es wurden

mehr Daten erzeugt, auf die die IT vielleicht gar nicht ausgelegt war. Das alles kann eine Produktion an den Rand ihrer Kapazität bringen – oder darüber hinaus, und gegebenenfalls zum Kollaps führen. Auch hat die Qualität von Computerhardware in der Pandemie merklich gelitten – Stichwort Chipkrise – und die Komplexität der IT-Systeme ist weiter gestiegen. Dies alles kann sich zu unvorhersehbarem Verhalten aufschaukeln. Solche und andere Unregelmäßigkeiten sind für Menschen kaum wahrzunehmen. Der KI-Algorithmus von Michael Möhring jedoch erkennt derartige Muster mit einer hohen Verlässlichkeit von bis zu über 80 Prozent.

Vielen Managern ist das zu wenig. Sie wünschen sich weit über 90 Prozent. Mit den bisherigen Daten und Analysemethoden sei das nicht zu schaffen, so der HHZ-Professor. Denn die nutzen nur strukturierte Daten, etwa von Servern oder Sensoren, die eindeutige Messwerte lieferten. Ein riesiger Schatz liege dagegen in semi- und unstrukturierten Daten: in Log-Dateien, Bildern, Videos, Geräuschen. In künftigen Projekten möchte Möhring strukturierte mit unstrukturierten Daten kombinieren und so die Vorhersagegenauigkeit in die Nähe von 90 Prozent und mehr zu heben. Ein weiteres vielversprechendes Forschungsfeld, das am HHZ ausgebaut werden soll, ist das so genannte Process-Mining. Es versucht Betriebsabläufe zu rekonstruieren und herauszufinden, warum Dinge so geschehen sind und nicht anders. Auch das kann dazu beitragen, Fehler zu erkennen und zu beheben.

Alle diese Ansätze nutzen Ereignisse, die schon passiert sind. Wäre es nicht besser, wenn man ganze IT-Infrastruktur und Produktionsstraßen schon vor der Inbetriebnahme exakt simulieren und Unregelmäßigkeiten vorhersagen könnte? Doch beim Blick in die Glaskugel macht der Mensch einen Strich durch die Rechnung. Die häufigste Ursache für IT-Ausfälle sei nämlich nicht die Technik, sondern falsche Planung und menschliches Versagen. Möhring: „Das kann man nicht alles simulieren, dazu ist die Welt zu komplex.“

BERND MÜLLER

## CRYSTAL BALL FOR THE WORST-CASE SCENARIO

Professor Michael Möhring from the Herman Hollerith Centre (HHZ) is investigating how artificial intelligence can make IT in production plants more resilient. The AI collects data from sensors and machines, and recognises anomalies in them that indicate future failures.

**SCHWARZ**



**Manche bieten Studentenjobs. Wir bieten Karriere-Highlights.**

Ob Praktikum, Werkstudententätigkeit, Abschlussarbeit, Traineeprogramm oder Direkteinstieg – entdecke unsere vielfältigen Möglichkeiten und steige in einen unserer spannenden Bereiche ein.



Informiere und bewirb dich unter:  
[www.jobs.schwarz/](http://www.jobs.schwarz/)  
studenten-absolventen

Entdecke unsere vielfältigen Fachbereiche!

JOBS.SCHWARZ



# Der schlafende Riese

**Afrika hat enormes wirtschaftliches Potenzial. Doch viele Unternehmen wissen nicht, wie sie auf dem Kontinent Fuß fassen können. ESB-Professor Philipp von Carlowitz forscht zu den Erfolgsstrategien.**

Wie werden Unternehmen erfolgreich? Diese Frage treibt Wirtschaftswissenschaftler und Berater seit jeher um, eine finale Antwort hat noch niemand gefunden. Richtig kompliziert wird es, wenn man die Frage ergänzt um den Halbsatz „in Afrika“. Viele Unternehmen überlegen sich, ihre Geschäftsaktivitäten auf den Kontinent im Süden auszudehnen – und geben es doch wieder auf. 54 Länder mit 54 Rechtssystemen, kleine und schwierige Märkte – Philipp von Carlowitz kann verstehen, dass westliche Unternehmen zögern. Doch damit ließen sie große Chancen ungenutzt, findet der Professor für internationales und strategisches Management an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen.

Von Carlowitz weiß, wovon er spricht. Als er anderthalb Jahre alt war, zogen seine Eltern nach Afrika, in Äthiopien und Kenia ist er zur Schule gegangen, hat in Südafrika studiert. Heute leitet er die Forschungsgruppe „Doing Business in Africa“ an der Hochschule Reutlingen und forscht seit vielen Jahren über die Erfolgsfaktoren im operativen Afrikageschäft. Er beschäftigt sich mit Themen wie Logistik, Vertrieb und Produktion in Afrika, unter anderem gemeinsam mit dem Kieler Institut für Weltwirtschaft in einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klima und vom Bundesministerium der Finanzen geförderten Projekt.



Philipp von Carlowitz forscht seit vielen Jahren über die Erfolgsfaktoren im operativen Afrikageschäft.



Für Unternehmen entwickelt von Carlowitz ganz konkrete Strategien, wie diese in Afrika Fuß fassen können und verfasst dazu Studien. Zum Beispiel untersuchte er für die Wirtschaftskammer Österreich, wie erfolgversprechende Geschäftsmodelle aussehen können und wie neue Technologien dabei unterstützen. Denn rückständig sei der Kontinent schon lange nicht mehr. In 30 Ländern gibt es ein Plastiktüten-Verbot, in Ruanda ist das 5G-Mobilfunknetz besser als in Deutschland, dort werden Medikamente mit Drohen und Papierfallschirm in entlegene Gegenden gebracht, Sharing-Plattformen boomen.

Dennoch sei es für Betriebe aus Europa oft besser nicht in Afrika zu produzieren, da die Rahmenbedingungen oft nicht adäquat seien und die Märkte noch zu klein. Unternehmen beliefern die afrikanischen Absatzmärkte dann über Exporte, teilweise auch aus Fertigungen in Südost- und Ostasien. Sich mit Afrika zu beschäftigen ist dennoch wichtig, findet von Carlowitz, nicht zuletzt wegen der Potentiale und der schon jetzt erzielbaren und oft beachtlichen Renditen. Wann ist der richtige Zeitpunkt, um in Afrika einzusteigen? Von Carlowitz' knappe Antwort: „Jetzt.“ Die Märkte würden stabiler und seien noch nicht hart umkämpft, auch wenn chinesische Unternehmen in vielen Ländern und Branchen gut aufgestellt sind. Doch auch China habe in seiner

groß angelegten politischen und wirtschaftlichen Initiative, der neuen Seidenstraße, nicht unbegrenzt Geld, und so würden sich auch für europäische Unternehmen immer wieder gute Möglichkeiten ergeben. Philipp von Carlowitz rät zur Eile: „Wer jetzt nicht in die afrikanischen Märkte eintritt, zahlt in zehn Jahren einen hohen Preis.“

BERND MÜLLER

## THE SLEEPING GIANT

Africa has enormous economic potential. But many companies do not know how to gain a foothold on the African continent. ESB Professor Philipp von Carlowitz researches the strategies that promise success.



Mehr über die Forschungsgruppe „Doing Business in Africa“:  
<https://dba.esb-business-school.de/dba>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

## Digitalisierung gemeinsam gestalten. Agil. Innovativ. Zuverlässig.

Praxisorientierte  
Forschung

Innovative  
Projekte

Interdisziplinäre  
Teams

Agile  
Strukturen

Als Entwicklungspartner für industrielle Anwendungen machen wir unsere Kunden zu Vorreitern in der digitalen Welt.

Gemeinsam auf dem Weg der Digitalisierung: Werden Sie Teil unseres Netzwerks — als Teammitglied, Kunde oder Partner.

IT Engineering Software Innovations GmbH • Jusistraße 4 • 72124 Pliezhausen  
 www.ite-si.de | info@ite-si.de



# Schöne Grüße von den Bandscheiben

**Rückenprobleme** gehören zu den häufigsten Berufskrankheiten. Im Werk150, der **Fabrik** der ESB Business School auf dem Campus, und im **OP-Saal** der Zukunft, dem Lehr- und Forschungsoperationssaal der Fakultät Informatik, suchen Wissenschaftler der Hochschule Reutlingen nach Lösungen – für höchst unterschiedliche Berufsgruppen.

Wo körperlich schwer gearbeitet wird, sind Bandscheibenvorfälle nicht weit – und Personal knapp.

Die Kiste mit den Betonplatten sieht ziemlich schwer aus: 15 Kilogramm mindestens, vielleicht ein paar mehr. Meine Bandscheiben tun schon beim Anblick weh. Und die soll ich jetzt vom Boden und auf das Förderband heben? Jan Schuhmacher macht ohne Kiste vor, wie es geht: In die Knie beugen und mit geradem Rücken aus den Oberschenkeln nach oben drücken. Ich gehe also in die Knie, packe die Griffe der Kiste und spanne die Muskeln in den Oberschenkeln an. Plötzlich spüre ich einen Ruck in der Lendenwirbelsäule, so als würde mir jemand in den Rücken treten. Fast ohne Anstrengung fliegt die Kiste förmlich auf ihre Zielposition. Die Bandscheiben? Sind noch heil. Das Geheimnis steckt in dem Exoskelett, das ich wie einen Rucksack über den Schultern trage. Zusätzlich ist das Gewirr aus Metall, Schaumstoffkissen und Klettbindern an meinen Oberschenkeln festgemacht. Wenn ich die Muskeln anspanne, erkennen Sensoren meine Intention, dann springen die beiden Elektromotoren an,

die auf Höhe meiner Hüftgelenke eingebaut sind, und geben mir den nötigen Schwung. Genial!

Wo körperlich schwer gearbeitet wird, sind Bandscheibenvorfälle nicht weit – und Personal knapp. Immer mehr Betriebe interessieren sich daher für solche Exoskelette. Sie entlasten die Wirbelsäule, es gibt aber auch Varianten, die den Arm unterstützen bei Arbeiten über Kopf. Mittlerweile hat sich herumgesprochen, dass Jan Schuhmacher ein Experte für ergonomisches Arbeiten in Industriebetrieben ist und sich besonders mit Exoskeletten auskennt. Der Projektkoordinator im Werk150 der Hochschule Reutlingen und wissenschaftliche Mitarbeiter von Professorin Vera Hummel hat schon einige Umsetzungsprojekte mit Unternehmen begleitet. Zum Beispiel im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts „Exo4LogiProd“ mit dem Unternehmen Eisenbau Heilbronn das große

Gastanks baut. Die werden innen mit Betonplatten beschwert, was wegen der Enge in den Tanks kein Roboter erledigen kann. Die Monteure sind daher ständig von einem Bandscheibenvorfall bedroht. Die Exoskelette senken das Risiko merklich, weshalb der Betrieb überlegt, nach Ende des Projekts einen der smarten Helfer anzuschaffen.

## Erst anpassen, dann heben

So einfach, wie es klingt, ist es leider nicht. Das Anlegen des Exoskeletts dauert ein paar Minuten, denn die Haltebänder müssen exakt auf die Körpergröße des Tragenden eingestellt werden, sonst schadet die Elektromotorik mehr als sie nutzt. Das Anpassen an die persönlichen Gegebenheiten ist jedes Mal notwendig, wenn eine andere Person das Exoskelett anlegt. Mit eigenen Gurten für jeden Mitarbeiter könnte darauf verzichtet werden. In Werken mit Schichtbetrieb ist das ein nicht zu unterschätzender Zeit- oder Kostenfaktor. Genau mit solchen Problemen setzt sich

Herr Schuhmacher auseinander, denn sie sind das größte Hindernis für die Nutzung dieser Assistenten – mal abgesehen vom Preis: Ein aktives Exoskelett mit Elektromotorik kostet mehrere Zehntausend Euro. Kleinere Betriebe müssen sich schon genau überlegen, wie sie diese Kosten amortisieren können. Andererseits: Ein ergonomischer Arbeitsplatz ist die Basis, dass die Mitarbeitenden lange gesund bleiben und ihre Tätigkeit ausüben

können. Dies haben zum Beispiel auch Flughäfen erkannt, bei denen vermehrt Exoskelette bei der Verladung von Gepäck zum Einsatz kommen. In Zeiten des Fachkräftemangels ist das Geld gut angelegt.

Dass Werker, die Betonplatten schleppen, häufig an Rückenproblemen leiden, leuchtet sofort ein. Aber Ärzte? „Bandscheibenprobleme sind unter den häufigsten Berufskrankheiten in der Chirurgie und

Interventionellen Radiologie“, sagt Professor Oliver Burgert. Der Medizininformatiker hat an der Hochschule Reutlingen den Operationssaal der Zukunft aufgebaut, der im Juli 2022 offiziell eingeweiht wurde. Dort dreht sich vieles um Digitalisierung, etwa bei dem interaktiven Bildschirm am Eingang, wo sich Chirurgen beim Händewaschen auf die OP vorbereiten und Röntgenbilder anschauen können.



Ein ergonomischer Arbeitsplatz ist die Basis, dass die Mitarbeitenden lange gesund bleiben und ihre Tätigkeit ausüben können.

GEFÖRDERT VOM





Im OP der Zukunft können Studierende den Alltag von Mediziner\*innen kennenlernen und neue IT-Lösungen entwickeln.

#### Operation gelungen, Patient verstorben

Um Ergonomie geht es auch am OP-Tisch. Burgert fordert mich heraus: Ich soll mit einer sehr langen Pinzette ein kleines Plastikpferd im Körper des Patienten-Dummies greifen und herausholen. Sehen kann ich die Figur aber nicht, sie erscheint nur auf dem Bildschirm über dem Kopf des Patienten. Ich bewege das Instrument nur minimal, aber jedes Mal greife ich daneben. Wäre das Plastikpferd ein Blinddarm, würde ich den so nicht erwischen und der Patient wäre vielleicht mittlerweile gestorben. Irgendwann gebe ich es auf und mein Respekt vor der Arbeit von Chirurgen ist deutlich gestiegen. „Wie fühlen sie sich?“, fragt mich Oliver Burgert. Tatsächlich: Durch die Anspannung und die unnatürlich gebeugte Haltung über dem Patienten kneift es etwas am Rücken, morgen werde ich da vielleicht Muskelkater haben. Und das war nur die Light-Version. Burgert erzählt von Operationen, wo der Chirurg über Stunden eine Bleiweste tragen muss, weil er das Röntgenbild zur Orientierung braucht. Derzeit betreut Burgert zwei Abschluss-

arbeiten von Studierenden, die gemeinsam mit der Radiologie der Uniklinik Tübingen eine Apparatur entwickelt haben, die eine ungesunde Körperhaltung erkennt und ein Alarmsignal abgibt. Auf einer Informatikfachkonferenz in Nizza haben die beiden Studierenden ihre Arbeit präsentiert und großes Interesse geweckt (siehe S. 23).

Wie ähnlich die Herausforderungen in unterschiedlichen Forschungsdisziplinen sind, zeigt wiederum ein Blick ins Werk150. In einem Forschungsprojekt untersucht Professorin Vera Hummel, wie man Werker dazu bringen kann, möglichst gelenkschonend zu arbeiten. Eine Kamera nimmt die Bewegungen auf und vergleicht sie mit einem digitalen Menschmodell. Rote Linien entlang der Wirbelsäule und der Extremitäten zeigen auf einem Bildschirm an, wenn die Person Arme, Beine oder Rücken zu stark belastet, bei grünen Linien ist alles okay – ein ganz ähnlicher Ansatz also wie in den Studierendenprojekten bei Oliver Burgert. Für ihr Konzept benötigt Vera Hummel nur

eine herkömmliche Webcam und einen Algorithmus mit Künstlicher Intelligenz, der die Bewegungen dem Menschmodell zuordnet. Entscheidend sei laut Hummel, dass der Werker seine Fehlhaltung sofort erkenne und korrigieren könne und das immer wieder im laufenden Betrieb. „Der Mensch ist ein Gewohnheitstier – gute Vorsätze halten meistens nur drei Wochen“, sagt sie. „Wir müssen die Werker so unterstützen, dass sie die neuen Hilfen nutzen, aber Freiräume behalten – und dafür ist KI ideal.“

Für Oliver Burgert ist die physische Belastung im Operationsaal nicht das einzige Problem. Chirurgen litten auch unter erheblichem Stress, einmal ausgelöst durch die physische Belastung, zum anderen aber durch die hohe Konzentration und den Zeitdruck bei einer OP. „Unser intelligenter Operationsaal soll die kognitive Last der Chirurgen verringern und durch weniger Stress eine bessere Arbeitsqualität bieten“, so Burgert.

Eine bessere Arbeitsqualität des Chirurgen – was könnte ich mir als Patient mehr wünschen? Ich verlasse den OP-Saal der Zukunft voller Respekt. Gut, dass es Profis gibt, die diese physischen und psychischen Anstrengungen auf sich nehmen, denke ich – und Experten wie Oliver Burgert, die sich darum kümmern, ihnen die Arbeit zu erleichtern.

BERND MÜLLER

# NEUWISOL

WIE WERDEN WIR RESILIENT? EINE DICKE HAUT ALLEINE REICHT NICHT, SICHER MÜSSEN WIR AUCH LERNEN UNS ANZUPASSEN, SO WIE DAS CHAMÄLEON. DIE FORSCHUNGSBEISPIELE AUS DEM LETZTEN KAPITEL MACHEN DEUTLICH: EINE SIMPLE LÖSUNG WIRD ES NICHT GEBEN. MANCHMAL FINDEN FORSCHER ABER GENAU DAS: EINE EINFACHE, KONKRETE LÖSUNG, DIE DAS LEBEN EINES INDIVIDUUMS VERBESSERT. BESONDERS EINDRUCKSVOLL ZEIGT DAS DIE GESCHICHTE DER HOCHSCHULMITARBEITERIN CARMEN NEUENDORF. NACH JAHRELANGEN EINSCHRÄNKUNGEN LEBT SIE HEUTE MIT EINER NEUEN PROTHESE IM MITTELOHR FAST BESCHWERDEFREI. DER FORSCHUNG VON MICHAEL LAUXMANN SEI DANK.

HOW CAN WE BECOME MORE RESILIENT? A THICK SKIN ALONE IS NOT ENOUGH, BUT WE MUST ALSO LEARN TO ADAPT, JUST LIKE THE CHAMELEON. THE RESEARCH EXAMPLES FROM THE LAST CHAPTER CLEARLY SHOW THAT THERE IS NO SUCH THING AS A SIMPLE SOLUTION. BUT SOMETIMES RESEARCHERS FIND JUST THAT: A STRAIGHTFORWARD, CONCRETE SOLUTION TO IMPROVE AN INDIVIDUAL'S LIFE. THE STORY OF UNIVERSITY EMPLOYEE CARMEN NEUENDORF IS PARTICULARLY IMPRESSIVE. AFTER YEARS OF RESTRICTIONS, SHE NOW LIVES ALMOST TROUBLE-FREE WITH A NEW PROSTHESIS IN HER MIDDLE EAR. THANKS TO MICHAEL LAUXMANN'S RESEARCH.

#### GREETINGS FROM THE IN-VERTEBRAL DISCS

Back problems are among the most common occupational health problems. In Werk150 at the ESB Business School and in the teaching and research operations room of the Faculty of Computer Science, scientists at Reutlingen University are looking for solutions for highly diverse professional groups.



#### Schon gewusst?

Chamäleons können sich mit ihrer Haut nicht nur tarnen. Je nach Stimmung, je nachdem ob sie entspannt sind, jemanden beeindrucken wollen oder Angst haben, sorgen winzige Kristalle in der Haut für ein wahres Farbspektakel.



# Die Welt klingt wieder besser

*Carmen Neuendorf lebte sechzehn Jahre lang mit einer losen **Prothese im Ohr**. Weil die Prothese nicht ausreichend auf sie angepasst war, hatte sich diese jedoch zweimal gelöst. Die Forschung von Professor Michael Lauxmann machte ihr Mut, sich eine neue individualisierte Prothese einsetzen zu lassen. Das Ergebnis kann sich hören lassen.*

Hören ist für viele Menschen eine Selbstverständlichkeit. Trotzdem leiden über ein Drittel der unter 55-jährigen Europäer an teilweise schwerwiegenden Hörproblemen. Auch Carmen Neuendorf von der Hochschule Reutlingen hatte viele Jahre mit solchen Problemen zu kämpfen. Verursacht durch eine schwere Mittelohrentzündung im Kindesalter stellte sich bei ihr mit Ende 20 ein Tinnitus im rechten Ohr ein. Schließlich suchte sie einen Arzt auf. Die Diagnose: Otosklerose.

Bei diesem Krankheitsbild verknöchert das eigentlich elastische Band an der Steigbügelfußplatte im Mittelohr. Dadurch gelangen die Schallwellen nicht mehr

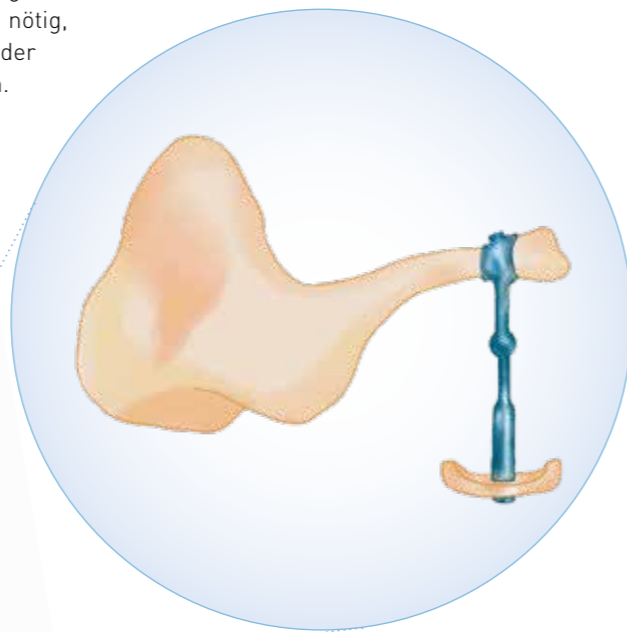
vollständig ins Innenohr, was das Hörvermögen beeinträchtigt. Abhilfe schafft hier eine sogenannte Stapesprothese. Diese wird in einem operativen Eingriff am Fortsatz des Ambossknochens angebracht und ersetzt die Funktion des Steigbügels.

## Alltag mit Hörproblemen

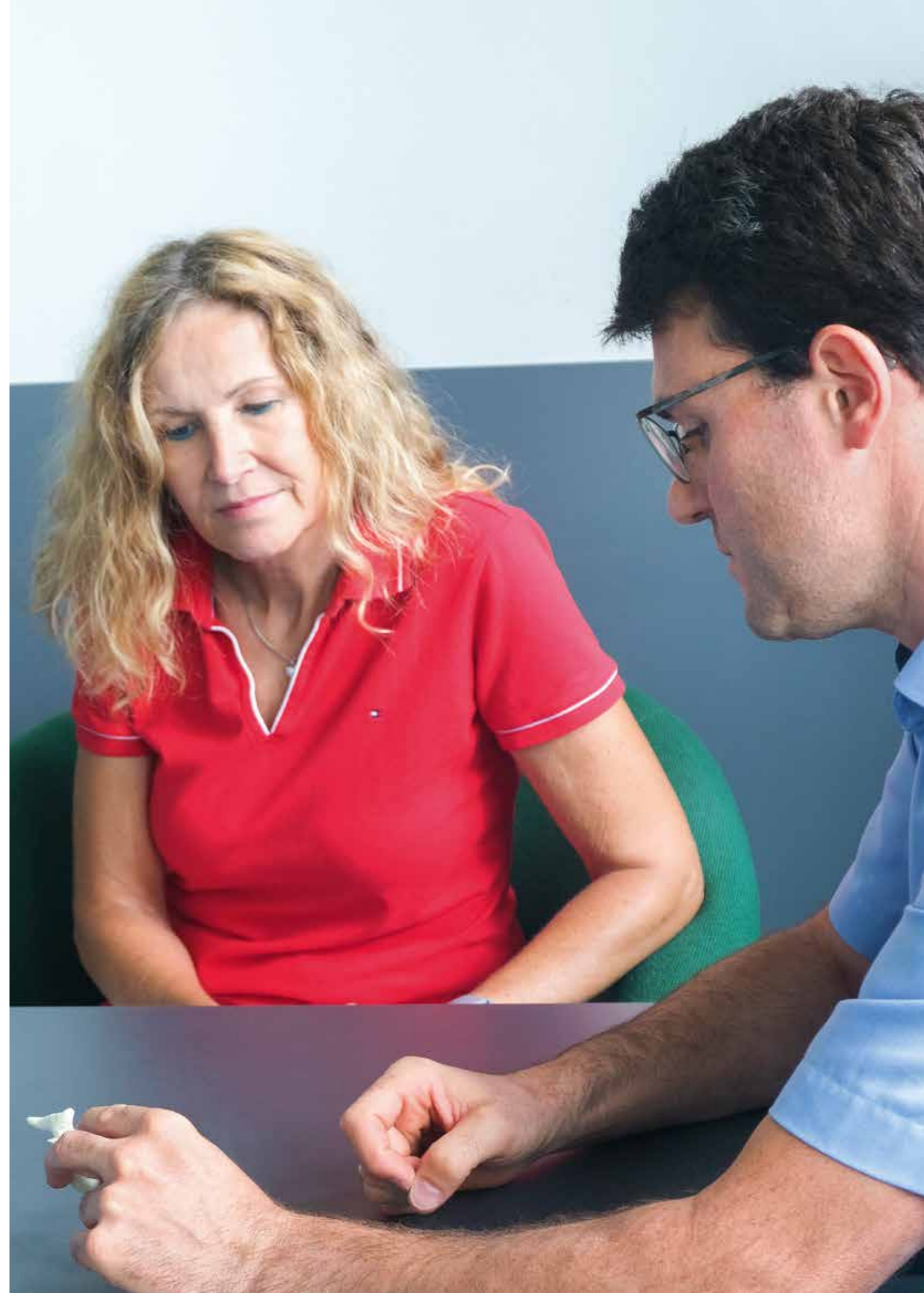
Eine optimale Anpassung der Prothese auf die Patienten ist allerdings schwierig. Im Fall von Carmen Neuendorf löste sie sich bereits nach wenigen Jahren. Eine weitere OP war nötig, um die Prothese wieder an der richtigen Stelle zu fixieren. Nachdem das Problem einige Zeit später wieder

auftrat, entschied sich Carmen Neuendorf aufgrund des Risikos gegen einen weiteren Eingriff.

Sechzehn Jahre lang lebte sie mit ihrem Hörproblem: „Viele alltägliche Situationen richtete ich danach aus. Ich telefonierte mit dem linken statt dem rechten Ohr und achtete darauf, dass meine Gesprächspartner links von mir standen.“



*Carmen Neuendorf ist an der Hochschule Reutlingen zuständig für Beschaffungen und Vergaben von öffentlichen Aufträgen. Bei der Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen des Drittmittelgebers für eine Geräteauschreibung kam sie in Berührung mit dem Fördermittelantrag von Michael Lauxmann.*







#### Mathe für's Ohr

Als die Einschränkungen zunehmend belastend wurden, suchte sie erneut ärztlichen Rat. Empfohlen wurde ihr ein Hörgerät. Carmen Neuendorf zögerte angesichts dieser schweren Entscheidung. Zu dieser Zeit wurde sie durch einen Forschungsmittelantrag auf die Forschung von Michael Lauxmann aufmerksam. Der Professor für Maschinenbau forscht seit Jahren mittels komplexer mathematischer Modelle an einer verbesserten Diagnostik und Therapie bei Hörproblemen.

In seiner Forschung sammelt Professor Lauxmann Daten zur Steifigkeit des Trommelfells, der Bänder und Gelenke im Mittelohr sowie zur Masse einzelner Knöchelchen. Das Zusammenspiel dieser geometrischen und mechanischen Eigenschaften des Ohres bildet er in einem

mathematischen Modell ab. Die Ergebnisse helfen dabei, Rückschlüsse auf die Übertragungseigenschaften des Mittelohrs zu ziehen, um die Hördiagnose und die Therapie kranker Ohren mit Mittelohrprothesen zu verbessern.

#### Eine individuelle Prothese

Mit dem Thema hatte er sich schon in seiner Promotion am Institut für Technische und Numerische Mathematik der Universität Stuttgart unter Leitung von Dr.-Ing. Eiber beschäftigt. Seinerzeit entwickelte er in Zusammenarbeit mit der Firma Kurz Medizintechnik in Dußlingen eine optimierte Mittelohrprothese.

In seinem aktuellen Forschungsprojekt arbeiten Lauxmann und sein Doktorand Dmitrii Burovikhin wieder an einer Optimierung von Stapesprothesen, dieses Mal gemeinsam mit der Firma MEDEL. Ziel

des Projekts ist es, das dynamische Übertragungsverhalten der Prothese durch individuelle Anpassung an die Patienten zu verbessern.

Als Carmen Neuendorf von der Überlegung erzählte, sich ein Hörgerät einsetzen zu lassen, riet ihr Lauxmann dringend davon ab. Er vermutete, dass das Problem woanders lag: „Die lose Prothese war mittlerweile zu einem größeren Problem geworden als die ursprünglich diagnostizierte Otosklerose“, führt er aus. „Ein im Mittelohr vagabundierender Fremdkörper kann zu Schwindel oder Gesichtslähmungen führen.“

„Nach dem Gespräch war ich richtig beunruhigt“, so Neuendorf. „Mir war klar geworden, wie schwerwiegend das Problem war und dass ich den momentanen Zustand nicht beibehalten konnte.“ Trotzdem schöpfte sie nach dem Gespräch neue Hoffnung. Sie folgte Lauxmanns Rat und wandte sich an eine Fachklinik, die sich auf Erkrankungen des Mittel- und Innenohrs spezialisiert hatte. Auch dort riet man ihr zur Einsetzung einer neuen verbesserten Stapesprothese.

#### Himmelweiter Unterschied

Die Einsetzung der optimierten Stapesprothese erfolgte unter Vollnarkose. Carmen Neuendorf ist darüber sichtlich

erleichtert: „Bei den ersten beiden Eingriffen mit der alten Prothese war ich hellwach. Eine Operation am Ohr buchstäblich mitzuhören, ist eine wirklich unangenehme Angelegenheit.“

Den Unterschied zur alten Prothese stellte sie sofort nach der Operation fest: „Der Klang war nicht mehr blechern und das Hörerlebnis wesentlich angenehmer.“ Auch der gelegentliche Schwindel, der mit der alten Prothese auftrat, ist für Carmen Neuendorf heute kein Thema mehr. Michael Lauxmann wundert dieser Unterschied nicht: „Passgenaue individualisierte Mittelohrprothesen in Verbindung mit der Expertise geschulter Mittelohrchirurgen können Welten im Hörerlebnis und in der Zuverlässigkeit ausmachen.“ Von diesem Quantensprung in der Behandlung von Otosklerose ist Carmen Neuendorf fasziniert: „Ich finde es absolut beeindruckend, dass es möglich ist, selbst so kleine Knöchelchen im Ohr durch individualisierte Prothesen zu ersetzen. Die Prothese in meinem Ohr bemerke ich nicht – außer, dass die Welt wieder besser klingt.“

SVEN ROTTNER

#### THE WORLD SOUNDS BETTER AGAIN

Carmen Neuendorf from Reutlingen University lived with a hearing problem for years. A prosthesis in her middle ear had come loose. Professor Michael Lauxmann's research has given her new hope. He uses complex mathematics to improve the treatment of such problems. Today, Carmen Neuendorf lives practically trouble-free.



**SIND SIE AUF DER SUCHE  
NACH EINEM ARBEITGEBER**  
in einer zukunftsorientierten  
Branche?

Aktuell suchen wir  
(m/w/d)

- ➔ Fertigungsplaner
- ➔ Entwickler Hardware / Software
- ➔ IT-Spezialisten
- ➔ Forschungsingenieure Leistungselektronik
- ➔ Spezialisten Regulatory Affairs

und viele mehr ...



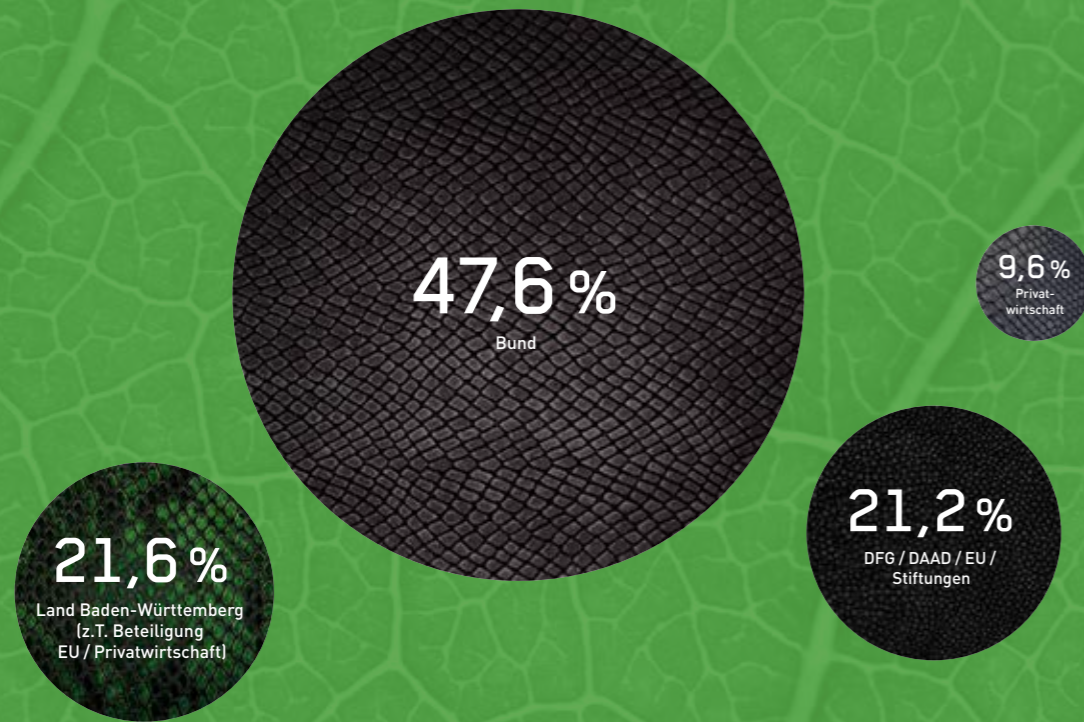
**JOIN US**  
karriere.erbe-med.com





# Zahlen & Fakten

## Herkunft der in 2021 eingeworbenen Forschungsprojektmittel



## Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Vollzeit und Teilzeit

□ Geschäftsstelle RRI □ Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

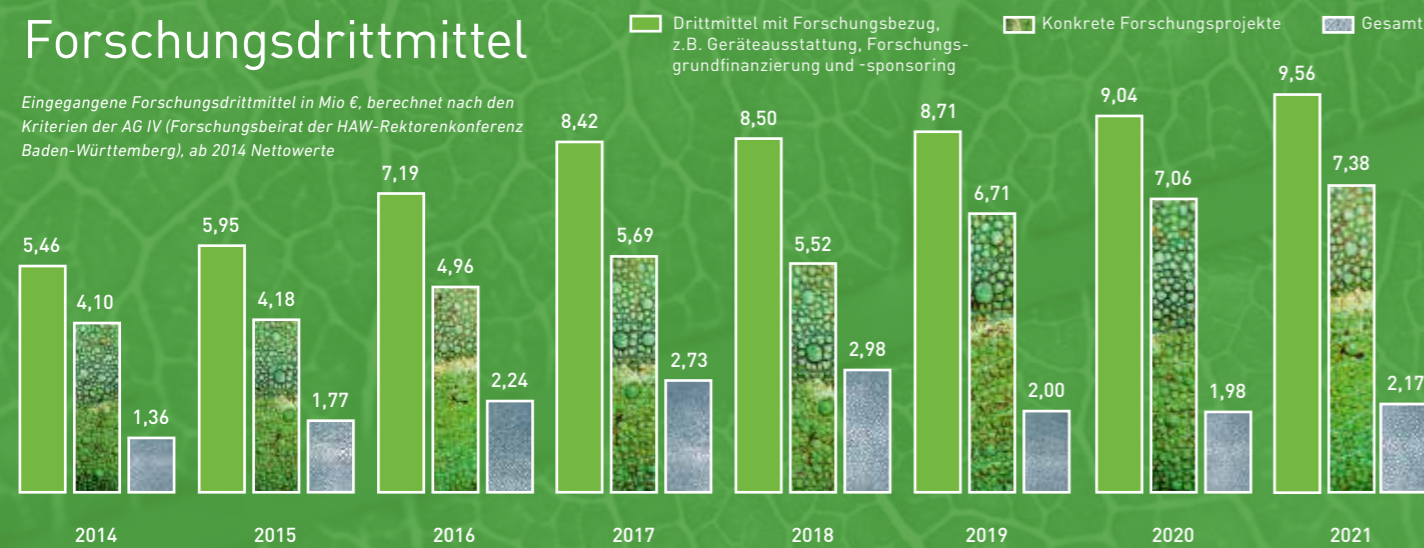


Im Zeitraum eines Jahres in der Forschung beschäftigte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (keine Vollzeitäquivalente)

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Gesamt	88	97	115	116	122	131	148	147
Geschäftsstelle RRI	5	5	7	7	8	8	8	9
Wiss. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	83	92	108	109	114	123	140	138

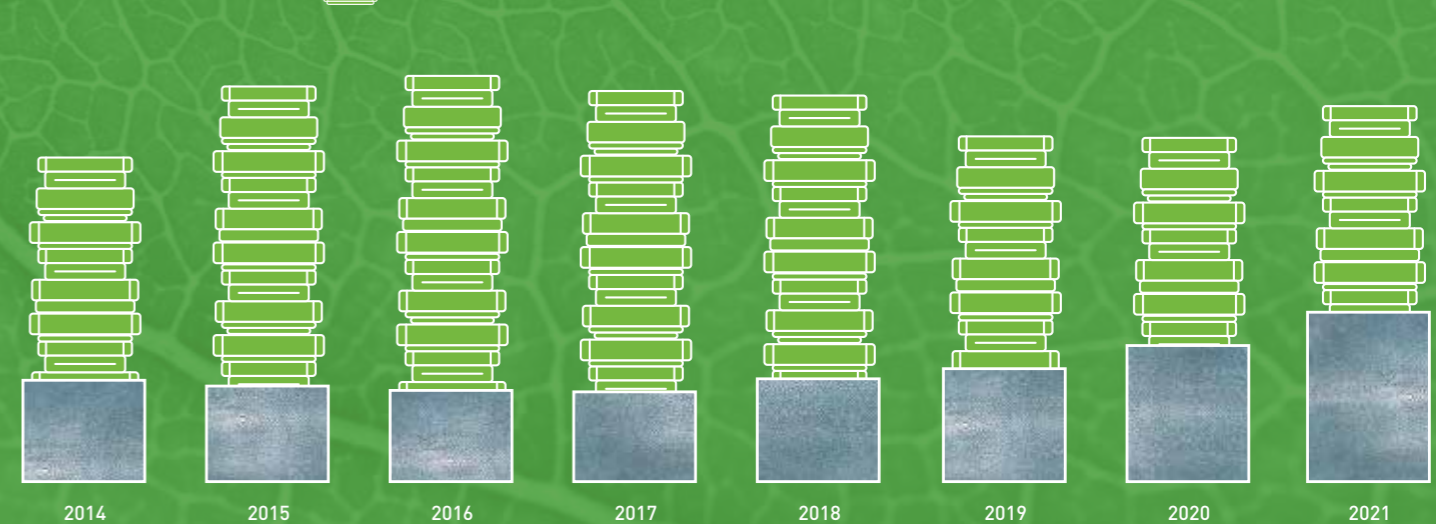
## Forschungsdrittmittel

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



## Wissenschaftliche Publikationen

□ Peer-Review-Publikationen □ Einfache wissenschaftliche Publikationen



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

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Gesamt	224	271	278	268	265	238	237	258
Einfache wiss. Publikationen	154	205	215	206	194	160	143	141
Peer-Review-Publikationen	70	66	63	62	71	78	94	117

## Forschungsprojekte

Anzahl der aktiven Forschungsprojekte im Zeitraum eines Jahres





# Impressum

## Herausgeber

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

## Redaktion

Gesamtverantwortung: Prof. Dr. Petra Kluger, Prof. Dr.-Ing. Anja Braun, Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Redaktion: Lilith Langeheine

Schlussredaktion: Sven Rottner, Anja Braun

## Übersetzung

Georgina Hodge

## Fotos

Hochschule Reutlingen,

Titel gmackenzie/stock.adobe.com, S. 4 (unten) Jürgen Fälchle/stock.adobe.com, (oben) GRND, S. 5 (oben) Oleg/stock.adobe.com, (unten) Oleksandra Samokhina, S. 6 Илья Подопригоров/stock.adobe.com, S. 9 Kondor83/stock.adobe.com, S. 10/11 malp/stock.adobe.com, S. 12 Landratsamt Tübingen/Anke Armbrust-Hikel, S. 13–17 Bernd Müller, S. 18 (oben) Sondern/stock.adobe.com, (Hintergrund) your123/stock.adobe.com, S. 20 Bernd Müller, (Hintergrund) HTGanzo/stock.adobe.com, S. 23 (oben) und S. 24 Oleksandra Samokhina, S. 25 the\_lightwriter/stock.adobe.com, S. 26–27 Lorenz Jeric für Flip, S. 28 GRND, S. 29/32/33 Bernd Müller, S. 33 Oleksandra Samokhina, S. 36 kikisora/stock.adobe.com, S. 38/39 j-mel/stock.adobe.com, S. 40 (links) j-mel/stock.adobe.com, (Hintergrund) Robert Kneschke/stock.adobe.com, S. 42/43 Oleg/stock.adobe.com, S. 44 Nmedia/stock.adobe.com, S. 46 Bernd Müller, S. 48 Oleksandra Samokhina, S. 49/50 Bernd Müller, S. 51 Unclesam/stock.adobe.com, S. 52 Oleksandra Samokhina, S. 56 MARIMA/stock.adobe.com, domnitsky/stock.adobe.com, alesmunt/stock.adobe.com, TextureMaster/stock.adobe.com, pandaclub23/stock.adobe.com, Eric Isselée/stock.adobe.com, TextureMaster/stock.adobe.com, bennytrapp/stock.adobe.com

## Auflagenhöhe

4.000

## Druck

Wahl-Druck GmbH, Aalen

## Gestaltung

REFORM DESIGN, Stuttgart

## Erscheinungsdatum

Januar 2023, P-ISSN: 2568-8103, E-ISSN: 2568-8111

## Digitale Ausgabe

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

## Anzeigen

mgm technology partners gmbh, FairNetz GmbH, BKW Kälte-Wärme-Versorgungstechnik GmbH, Steinbeis GmbH & Co. KG für Technologietransfer, Chemie.BW – die Verbände der Chemie- und Pharmaindustrie in Baden-Württemberg, Blickle Räder+Rollen GmbH u. Co. KG, Schwarz Dienstleistung KG, iT Engineering Software Innovations GmbH, Erbe Elektromedizin GmbH, ARBURG GmbH + Co KG

## Urheberrecht

Hochschule Reutlingen, alle Rechte vorbehalten

## Adresse

Hochschule Reutlingen  
Reutlingen University  
Reutlingen Research Institute  
Alteburgstraße 150, 72762 Reutlingen

T. 07121 271-1461

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

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

24

MILLIARDEN



Paar Schuhe werden weltweit jedes Jahr produziert.

20

KILOMETER

kann man mit einem Auto fahren mit der Energie, die für die Herstellung eines Schnitzels benötigt wird.



26.000

TONNEN

CO<sub>2</sub> soll das Hy-FIVE-Projekt mit grünem Wasserstoff einsparen.



25

MILLIONEN



Tage im Jahr fehlen Arbeitnehmer in Deutschland wegen Rückenschmerzen [Zahlen von 2016].

61

PROZENT

von 237 befragten Betrieben litten in Folge von Corona unter Kurzarbeit, unterbrochenen Lieferketten oder stillstehender Produktion. Das ergab eine Umfrage zur Resilienz des Fraunhofer ISI.



Schon gewusst?

Die obere Schicht der Elefantenhaut enthält viel Keratin, durch Bewegungen entstehen Risse in dieser Hornhaut. Die Risse speichern Wasser und Schlamm, mit dem die Dickhäuter Parasiten und UV-Strahlung abwehren.



ERFAHRUNGEN SAMMELN  
WISSEN AUFSAUGEN  
**LOSLEGEN**  
ANPACKEN  
DURCHBLICKEN  
REINSCHNUPPERN



WIR SIND DA.

Kunststoff ist nach wie vor ein zukunftsorientiertes Material, das als Wertstoff in eine funktionierende Kreislaufwirtschaft gehört. Als führender Maschinenhersteller für die nachhaltige Kunststoffverarbeitung bietet ARBURG vielfältige Möglichkeiten für eine fundierte Ausbildung, ein praxisnahes duales Studium oder ein Praktikum im kaufmännischen oder technischen Bereich.  
Mehr unter [www.arburg.com/de/karriere](http://www.arburg.com/de/karriere)

**ARBURG**