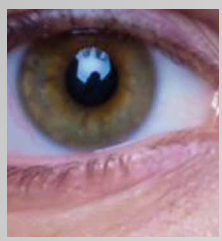
# FORSCHUNG LEBEN



# GESELLSCHAFT IM WANDEL

Universität Stuttgart

DAS MAGAZIN DER UNIVERSITÄT STUTTGART 01 | 2013

FORSCHUNG LEBEN GESELLSCHAFT IM WANDEL 01 | 2013

## FORSCHUNG LEBEN

Willkommen beim neuen Magazin der Universität Stuttgart!



Wolfram Ressel
Rektor der Universität Stuttgart

Heureka! Der Vergleich mit historischen Situationen von Rufern dieses „Ich hab's gefunden" – von Archimedes von Syrakus über Carl Friedrich Gauß bis zu Hugo Wolf – lag uns zwar fern. Doch die Stimmung war gut, als wir mit dem Wortpaar „FORSCHUNG LEBEN" den Titel für das vorliegende Heft gefunden hatten. Er sollte programmatisch die Perspektive benennen, die künftig für die Beiträge im neu konzipierten Magazin der Universität Stuttgart gelten wird. Die Prämisse „Technik, Wissen und Bildung für den Menschen" prägt das Selbstverständnis der Universität Stuttgart. Aus diesem resultieren herausragende Forschungsleistungen und eine internationale Forschungsreputation. Die Integration von Ingenieur-, Natur-, Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften in ein gemeinsames Profil erlaubt komplexe Forschungsansätze als Antwort auf die globalen gesellschaftlichen Herausforderungen, die „grant challenges". Und so wollen wir künftig in unserem Magazin FORSCHUNG LEBEN Fragestellungen und Probleme aus der Gesellschaft aufgreifen und über Lösungsansätze aus dem vielfältigen Forschungsspektrum der Universität Stuttgart informieren.

Dieses editorische Konzept macht auch transparent, dass Entwicklungen in Wissenschaft und Gesellschaft selten parallel verlaufen, dass die beiden Bereiche und ihre Dimensionen sich mitunter in vielschichtigen Bezügen und Spannungsverhältnissen gegenüberstehen. Die Komplexität solcher Relationen pointierte der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Professor Peter Strohschneider, in einem Vortrag an der Universität Stuttgart. Auszüge dieses Vortrags stehen am Beginn unseres neuen Magazins. Denn die Ausführungen sind paradigmatisch für den journalistischen Blick, mit dem wir künftig im Magazin der Universität Stuttgart gesellschaftliche und wissenschaftliche Themen aufgreifen werden. Zum Auftakt widmen wir uns dem Thema „Gesellschaft im Wandel". Wir würden uns freuen, wenn es uns gelingt, Sie nachhaltig als Leserin und Leser unseres Magazins FORSCHUNG LEBEN interessieren zu können. Und vielleicht rufen Sie dann ja auch bei der Lektüre in Zukunft ab und zu einmal: Heureka!



**Freiraum**
Editorial
**03**

**Nachrichten**
Studierende fahren von Rekord zu Rekord, eine preisgekrönte Biofassade und mehr Professorinnen gibt es auch…
**08**

**Gemeint**
**Gastbeitrag Peter Strohschneider**
Unabgestimmtheiten, Gegenstrebigkeiten, Missverständnisse: Zwischen Wissenschaft und Gesellschaft herrschen Spannungsverhältnisse. Und das ist auch notwendig, meint DFG-Präsident Prof. Dr. Peter Strohschneider in einem Gastbeitrag.



**10**

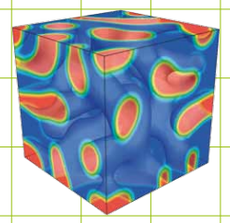
**Wie soll das gehen?**
**Energiewende 2.0**
Die Energiewende ist politisch beschlossen und von den Menschen gewünscht, doch an höheren Stromkosten oder Windrädern in Naherholungsgebieten scheiden sich die Geister. Die gute Nachricht: Es gibt Lösungen.



**14**

**Patent**
**Diversity-Forscherin Meike Tilebein**
Vielfalt treibt Innovationen voran, das wissen Biologen schon lange. Sie tut auch der Wirtschaft gut, meinte die Diversity-Forscherin Prof. Dr. Meike Tilebein und macht Vielfalt gleich zum persönlichen Lebensprinzip.
**22**

**Im Bilde**
**Simulationstechnologie**
Simulation und Modellierung sind für die Lösung komplexer Probleme in Wissenschaft und Wirtschaft unentbehrlich geworden. Hinter der Technologie verbergen sich Modelle, Algorithmen, Messungen, Versuche. Vor allem aber Menschen. Und manchmal auch Kunst …



**26**



**Faktor X**
**Maschinen als Helfer für den Geist**
Im Feuilleton wird das traditionelle Buch besungen, doch viele Menschen ziehen Internet-Storys vor und die Forschung erkennt die Potentiale der Digitalisierung. Müssen sich die Sprach- und Literaturwissenschaften neu erfinden?
**48**

**RPM – Revolutions per Minute**
**Forschungsergebnisse**
Von starken Paaren, schlauen Sportschuhen, effizienten Solarzellen und einer Turbine, die Rekorde schlägt.



**52**

## Forschung erleben

**Demographischer Wandel:**
Nur nicht i n Watte packen **54**

**„Elektromobilität ist ein Marathon“** **60**

**Industrielle Revolution Reloaded** **64**

**Photonik:**
Siegeszug der Lichtteilchen **74**

**Klimaforschung:**
Zwischen Mathematik und Wahrsagerei **80**

**Philisophie:**
Gedankenpool für die Probleme der Zukunft **82**

**Vom Wutbürger zum Mitplaner** **87**

**Satellit**
**Alumnus Thomas Weber, Forschungsleiter bei Daimler**



**70**

**Futur 22**
**Kosmisches Tempo**
In Stuttgart entsteht der leistungsfähigste Staubbeschleuniger der Welt.



**78**

**Weltsicht**
**Co.Co.Mat weltweit vernetzt**
**Gastwissenschaftler Camillo Michalka lässt sich von deutscher Raumordnung inspirieren.**
**90**

**ps:**
**Genese** **95**

Der Moment, in dem Sie bei uns eine Wertschätzung erleben,
die noch mehr über ZEISS sagt als alle Zahlen.
**Für diesen Moment arbeiten wir.**




ZEISS ist ein weltweit führendes Unternehmen der Optik und Optoelektronik mit rund 24.000 Mitarbeitern. Zusammen mit den Besten ihres Fachs arbeiten Sie hier in einem kollegialen Klima für technologisch bahnbrechende Produkte. Mitarbeiter von ZEISS stehen leidenschaftlich dafür ein, immer wieder etwas zu schaffen, das die Welt ein bisschen besser macht.

Starten Sie Ihre Karriere bei uns: www.zeiss.de/karriere

ZEISS

We make it visible.

Erfahren Sie alles im Web:

itk ENGINEERING

Karlsruhe | München | Ingolstadt | Stuttgart
Frankfurt | Marburg | Braunschweig | Graz
Barcelona | Tokyo | Detroit

**ITK Engineering AG – Entwicklungspartner für die Bereiche:**

- Software Engineering und Embedded Systems
- Modellbasierte Software-Entwicklung und Test
- Regelungstechnik und Signalverarbeitung




www.partner-schafft-perspektiven.de

**Suei ist seit 2008 Entwicklungsingenieurin bei ITK**

„Hier kann ich die Technik von morgen entwickeln und Innovationen vorantreiben!“

Suei entwickelt kundenspezifische Software für Anwendungen im Automobil- und Medizintechnikumfeld. „Was ich an ITK schätze? Dass ich mich in unterschiedlichen Projekten und Branchen einbringen kann. Dabei werde ich nicht allein gelassen: Bei Fragen kann ich auf mein Team zählen. Hier wird partnerschaftlich zusammengearbeitet.“

Besuchen Sie uns auf **www.partner-schafft-perspektiven.de** und erfahren Sie mehr darüber, was es heißt, bei der ITK Engineering AG zu arbeiten.

## ... aufgespießt

*PREISGEKRÖNTER BIOKUNSTSTOFF*

Eine 140 Quadratmeter große Biokunststoff-Fassade weihte der baden-württembergische Minister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Franz Untersteller, am 17. Oktober 2013 auf dem Universitäts-campus Stadtmitte ein. Das futuristische Bauwerk wurde aus einem neuen thermoplastischen Werkstoff hergestellt, der zu über 90 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen besteht und gleichzeitig witterungsbeständig und schwerentflammbar ist. Entwickelt wurde der Fassadenkunststoff durch das Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE) der Universität Stuttgart in Zusammenarbeit mit Projektpartnern. Mit der Projektidee und der Konzeptionierung gehört das ITKE zu den 14 Preisträgern im Bereich Wissenschaft des bundesweiten Wettbewerbs „Ausgezeichnete Orte im Land der Ideen“ 2013/14.



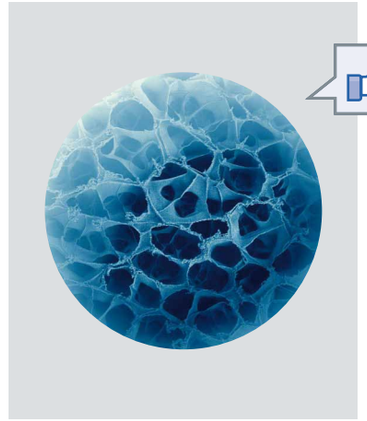


*RASANT UND ÖKOLOGISCH*

Gleich mehrere Rekorde konnten Stuttgarter Studierende in diesem Jahr bei technischen Wettkämpfen einfahren: Das Rennteam und das Greenteam krönten ihre erfolgreiche Rennsaison bei der Formula Student Italy in Verano de Melegari mit dem ersten Doppelsieg ihrer Geschichte. Sie fuhren mit ihren selbstgebauten Rennwagen sowohl bei den Benzinern, als auch bei den Elektrofahrzeugen Bestzeiten. Beim Aeolus-Race 2013, der Weltmeisterschaft für Ventomobile, gewann das Team InVentus der Universität Stuttgart die Silbermedaille. An dem Rennen im niederländischen Den Helder beteiligten sich windgetriebene Fahrzeuge aus fünf Ländern. Bestimmt wurde das schnellste Fahrzeug, das mit dem Umgebungswind als Energiequelle direkt gegen den Wind fahren kann. Hierbei erreichte InVentus eine Fahrgeschwindigkeit von 79,1 Prozent der Windgeschwindigkeit und übertraf damit den bisherigen Weltrekord von 75 Prozent.
Das Elektroflugzeug „e-Genius“ der Uni Stuttgart erreichte beim Green-Speed-Cup in Berlin-Straußberg eine Reichweite von 405 Kilometern – auch das ein Weltrekord. Mit einem umgerechneten Benzinverbrauch von 4,5 Litern ist der e-Genius eines der ökoeffizientesten Flugzeuge der Welt: Noch ist das Stuttgarter Energiesparwunder nur ein zweisitziger Prototyp, doch Prof. Rudolf Voit-Nitschmann vom Institut für Flugzeugbau ist zuversichtlich, dass die Forschungsergebnisse in Zukunft auch für größere Flugzeuge Verwendung finden.






Kurze Wege, gemeinsame Infrastruktur und vernetzte Köpfe – das ist das Erfolgsrezept des Projekthauses NanoBioMater der Universität Stuttgart. Biologen, Chemiker, Materialwissenschaftler und Ingenieure entwickeln dort mit Unterstützung der Carl-Zeiss-Stiftung intelligente biokompatible Funktionsmaterialien für die Medizintechnik, Diagnostik und Umweltanalytik.

Frauenförderung ...

**MEHR PROFESSORINNEN:** Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bewertete das Gleichstellungskonzept der Universität Stuttgart im Rahmen der ersten Ausschreibungsrunde zum zweiten Professorinnenprogramm als positiv. Damit hat die Universität die Möglichkeit, drei zusätzliche Professorinnen zu berufen, deren unbefristete Stellen in den ersten fünf Jahren jeweils über eine Anschubfinanzierung von bis zu 150.000 Euro jährlich finanziert werden. Uni-Rektor Prof. Wolfram Ressel: „Die Auszeichnung ist ein Beleg dafür, dass Frauenförderung eine vital gelebte Maxime an unserer Universität ist. Wir werden nun in den Gremien die Berufungen zügig beraten.“

Ausgezeichnet ...

**MASCHINENHAUS 2013:** Die Gemeinsame Kommission Maschinenbau (GKM) der Fakultäten 4 und 7 der Universität Stuttgart gehört zu den sechs Finalisten für den Hochschulpreis des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA). Dies entschied eine 14-köpfige Jury aus Wirtschaft und Wissenschaft in Frankfurt. Ende Oktober 2013 ermittelt diese Jury sodann den Sieger, der neben dem Preisgeld von 100 000 Euro auch die Auszeichnung „Bestes Maschinenhaus 2013“ erhält. Mit dem Hochschulpreis würdigt der VDMA zukunftsweisende Lehrkonzepte, die den Studienerfolg im Ingenieurstudium erhöhen. Insgesamt hatten sich in diesem Jahr 23 Fakultäten und Fachbereiche der Studiengänge Maschinenbau und Elektrotechnik um den VDMA-Hochschulpreis beworben.

*INTERNATIONALE SPITZENPLÄTZE*

Bei der dritten Auflage des internationalen QS World University Rankings konnten sich zehn Fachbereiche der Universität Stuttgart unter den Top 200 platzieren und dürfen sich damit zur Weltelite zählen. Zu den Aufsteigern, die es erstmals in die Spitzengruppe schafften beziehungsweise sich gegenüber dem Vorgängerranking verbesserten, gehören die Fachbereiche Maschinenbau (Platz 47) und Bauingenieurwesen (Platz 49) sowie die Stuttgarter Linguistik (Gruppe Top 100-150). Die Materialwissenschaften liegen erneut in der Gruppe der Top 50-100.
Im aktuellen Monitoring zum 7. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Kommission (FP7) konnte sich die Universität Stuttgart auf der Top 50-Liste der europäischen Hochschulen platzieren (Platz 30). Damit schnitt die Universität Stuttgart als zweitbeste deutsche Hochschule und als beste reine Universität in Deutschland ab. Angeführt wird die Top 50-Liste von der University of Cambridge, als einwerbestärkste deutsche Hochschule platzierte sich das Karlsruher Institut für Technologie auf Platz 15.

# Wissenschaft – Wirtschaft – Gesellschaft

## Anmerkungen zu ihrem Spannungsverhältnis



**„Im Kern geht es um das neue Neue, also um grundlegende Erweiterungen der Möglichkeiten, die Welt – in ihren natürlichen wie in ihren kulturellen Dimensionen – wissenschaftlich zu verstehen und anzueignen.“**

Professor Dr. Peter Strohschneider
Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

**Der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Professor Dr. Peter Strohschneider, war am 5. Februar 2013 zu Gast an der Universität Stuttgart. Im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Exzellenz im Dialog“ hielt er einen Vortrag mit dem Titel „Selbstbezug und Fremdbezug – Über das Spannungsverhältnis von Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft“. Der Vortrag, der den Start in die zweite Förderphase des Exzellenzclusters Stuttgart Research Centre for Simulation Technology (SRC SimTech) im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder markierte, adressierte programmatisch das Themenfeld, das künftig in FORSCHUNG LEBEN im Zentrum stehen wird. Deshalb veröffentlichen wir nachfolgend, in überarbeiteter und gekürzter Fassung, den Vortrag des DFG-Präsidenten.[1]**

---

Ein ziemlich unoriginelles Thema scheint sich vorzunehmen, wer über die Relationen von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft spricht. Deren Zusammenhänge sind ebenso dicht und vielfältig, wie man sie häufig und in vielfältigen Perspektiven beschrieben hat. An dieser Stelle sei nur zweierlei angedeutet:
Wir leben in einer globalisierten Wissensgesellschaft, deren Wohlstand konstitutiv auf Ökonomien beruht, die ohne Wissenschaft und Technik nicht zu denken sind. Dies ist dort besonders deutlich zu sehen, wo es um Technik und Technologien geht, aber auch anderswo: in der Finanzindustrie, in der öffentlichen Verwaltung und im Recht, in den Sozialsystemen oder in der Kultur- und Medienindustrie, um nur einige Beispiele zu nennen. Und stets ist Wissenschaft dabei nicht alleine in Gestalt des Transfers von verwertbarem wissenschaftlichem Wissen allgegenwärtig, sondern auch in Gestalt von akademisch gebildeten und wissenschaftlich ausgebildeten Personen.
Wissenschaft und Technik formen unser individuelles und gesellschaftliches Leben in jeder Hinsicht. Umgekehrt aber beruht auch moderne Wissenschaft konstitutiv auf gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen, über die sie nicht selbst verfügt. Dies gilt sozial und kulturell, denn Wissenschaft braucht Personal, also Menschen, die nicht schon studier- oder forschungsfähig geboren werden, sondern außerhalb der Wissenschaft sozialisiert und ‚gebildet‘ und mit entsprechenden Voraussetzungen ausgestattet werden müssen. Es gilt zudem rechtlich und gesellschaftlich, denn Wissenschaft braucht juristische Freiheitsgarantien und eine staatlich gewährleistete stabile, verlässliche soziale Ordnung. Und es gilt nicht zuletzt ökonomisch, denn Wissenschaft kostet sehr viel Geld, das sie nur zum kleinsten Teil selbst und direkt erwirtschaftet.
Diese und andere gegenseitige Bedingungs- und Abhängigkeitsverhältnisse von Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft sind allgemein geläufig, und im öffentlichen wissenschaftspolitischen Diskurs schlagen sie sich denn auch nieder in Schlagworten: Dasjenige vom „Rohstoff Geist“, welcher der einzige sei, über den dieses Land verfüge und in welchen daher umso mehr investiert werden müsse, gehört ebenso dazu wie die von der „Bildungsrepublik Deutschland“ und der „Wissensgesellschaft“. Auch andere vielgebrauchte Begriffe wie der „High-Tech-Standort“ oder die „Wertschöpfungskette“ gehören hierher. So weit, so selbstverständlich.
Schon etwas weniger selbstverständlich mag es im wissenschaftspolitischen Diskurs sein, darauf hinzuweisen, dass Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft nicht allein funktional miteinander verknüpft sind, sondern dass zwischen ihnen zugleich auch *Spannungsverhältnisse* herrschen: also Unabgestimmtheiten, Gegenstrebigkeiten, Missverständnisse – Abgrenzungserfordernisse zwischen Wissenschaft auf der einen, Wirtschaft und Gesellschaft auf der anderen Seite. Ja man muss sagen, dass derartige Spannungen in gewisser Hinsicht geradezu notwendig auftreten.
Dies sieht man etwa, sobald man die Frage stellt, worum es in der Wissenschaft, der modernen zumal, geht. Auf den ersten Blick erscheint sie schnell beantwortet: Eine höchst alltägliche Annahme besteht darin, dass Wissenschaft Nicht-Wissen durch Wissen ersetze. Aber so einfach ist es in Wahrheit keineswegs. Bevor die Wissenschaft das heliozentrische Weltbild entwickelte, gab es bereits das geozentrische: Man ‚wusste‘, dass die Sonne um die Erde kreise. Das war zwar ein falsches Wissen, aber doch ein Wissen – und sogar ein, wie man heute sagen würde, ‚evidenzbasiertes‘.

### *DAS NEUE NEUE*

Moderne Wissenschaft, so gesehen, ersetzt also nicht Nicht-Wissen durch Wissen, sondern sie ersetzt altes schlechtes Wissen durch besseres, präziseres neues Wissen. Sie ist damit befasst, nicht wie Wissen überhaupt, sondern wie neues wissenschaftliches Wissen in die Welt kommt, und zwar nicht allein das Neue bloß im Sinne des bis dato Ungedachten, sondern vor allem auch im Sinne des bisher ganz Undenkbaren. Um es paradox zu sagen: Es geht in der Wissenschaft, erst recht in jenem speziellen Segment, das sich als erkenntnisgeleitete Grundlagenforschung beschreiben lässt, nicht lediglich um jenes alte Neue, das sich aus dem gegebenen Bestand von Problemen und Lösungen wissenschaftlich extrapolieren lässt. Im Kern geht es vielmehr um das neue Neue, also um grundlegende Erweiterungen der Möglichkeiten, die Welt – in ihren natürlichen wie in ihren kulturellen Dimensionen – wissenschaftlich zu verstehen und anzueignen.
Wenn man in diesem Sinne Forschung primär konzipiert als wissenschaftliche Neuerkenntnis von Weltsachverhalten – und in einem weiteren Schritt als Umsetzung solcher Erkenntnis – , dann akzentuiert man sie ganz anders, als wenn man Forschung im Schema von Problem und Lösung denkt. Und diese Umakzentuierung scheint mir erforderlich, wiewohl wissenschaftliche Welterkenntnis zur Lösung ungezählter Schwierigkeiten der individuellen wie kollektiven Daseinsbewältigung gewiss beigetragen hat und auch künftig beitragen kann und soll.
Doch das Schema von Problem und Lösung beschreibt die Wissenschaft allenfalls ausschnittsweise: Wissenschaft löst ja nicht nur Probleme, sie schafft auch welche, zum Beispiel ökologischer, bioethischer oder finanzpolitischer Art. Sodann gibt es Probleme, die auch die Wissenschaft wohl nicht lösen kann, so etwa dasjenige der Knappheit gesellschaftlicher Güter oder unser aller Sterblichkeit. Und schließlich gibt es Herausforderungen, deren wissenschaftliche Bearbeitung sich im Muster von Problem und Lösung schwerlich fassen lässt.
Letzteres lässt sich am Beispiel der sogenannten *grand challenges* klar machen, also an gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen wie Klimawandel, den großen Volkskrankheiten, demographischen Veränderungen oder der

[1] Dieser Beitrag wiederholt auch Argumente, die in ähnlicher Weise und teilweise in gleichem Wortlaut bereits früher an anderer Stelle vorgetragen oder gedruckt worden sind.

Welternährung. Denn was macht eigentlich die ‚Größe' dieser Herausforderungen aus? Es ist ja kaum ihre globale Dimension allein; auch die Finanzindustrie oder religiöse Konfliktaufladungen etwa sind globale Phänomene, ohne dass wir sie zu den *grand challenges* rechnen würden. Nein, ‚groß', ja zu groß sind jene Herausforderungen zunächst vor allem, weil sie sich als solche gerade nicht beforschen lassen und weil sie a priori alle disziplinären Grenzen überschreiten. Zum Gegenstand von Forschung kann der Klimawandel nur werden, indem man ihn in eine unabsehbare Zahl natur-, sozial-, technik- und wirtschaftswissenschaftlicher, aber auch kulturwissenschaftlicher Forschungsfragen auseinanderlegt, die oft äußerst spezialisiert sind.

*KOMPLEXE HERAUSFORDERUNGEN*

*Grand challenges* sind also zu komplex, als dass sie wissenschaftlich einfach im Schema von ‚Problem' und ‚Lösung' behandelbar wären.
Daraus lässt sich folgern: Je größer und bedrängender gesellschaftliche Herausforderungen werden, umso wichtiger ist es, in der Wissenschaft nicht ausschließlich auf das *alte* Neue zu setzen – so bedeutsam die gezielte Suche nach Lösungen ist, die von den schon bekannten Problemen her determiniert werden. Man muss daneben und zugleich vielmehr auch auf das *neue* Neue setzen: auf das Hinausschieben der Grenzen des Denkbaren, auf das emphatisch Innovative, auf Antworten, die nicht schon von den gestellten Fragen vorgezeichnet sind.
Der amerikanische Wissenschaftssoziologe Robert K. Merton hat in diesem Zusammenhang von *serendipity* gesprochen, vom Finden dessen, was man gar nicht gesucht hatte, obwohl man durchaus auf der Suche gewesen war. Und die weltgeschichtliche Bedeutung dieses Entdeckungsprinzips verdeutlicht am prägnantesten Kolumbus: Amerika war keineswegs die Lösung für das Problem des Seeweges nach Indien – und trotzdem in der Retrospektive ziemlich relevant.

*SPANNUNGSFELD RELEVANZ*

Einer in der hier angedeuteten Weise sich selber verstehenden Wissenschaft stehen stets die Erwartungen von Gesellschaft und Wirtschaft an die Wissenschaft gegenüber. Diese Erwartungen richten sich nicht auf die wissenschaftliche Relevanz der methodisch geleiteten Erkenntnis der Welt, sondern typischer Weise auf das, was man die direkte gesellschaftliche, ökonomische oder politische Relevanz der Ergebnisse von Forschung nennen kann. Auch dies ein Spannungsverhältnis. In ihm kommt alles auf die Balancen an: Die Wissenschaft darf gegenüber Wirtschaft und Gesellschaft so wenig vorsätzlich irrelevant sein wollen, wie sie etwa programmatisch undisziplinliert sein dürfte. Und sie muss bedenken, dass es in ökonomischen und gesellschaftlichen – und natürlich auch politischen – Entscheidungslagen zuweilen schwer ist, die Bedeutung der Erweiterung der Grundlagen unseres wissenschaftlichen Wissens plausibel zu machen, weil ihre sachlichen und zeitlichen Zusammenhänge mit dem, was unmittelbar und bedrängend einer direkten Lösung harrt, öfters verdeckt sind.
Im Gegenzug dürfen allerdings auch Gesellschaft und Wirtschaft ihre Relevanzen und Fremdbezugserwartungen gegenüber der Wissenschaft nicht so stark machen, dass der produktive Eigensinn von Wissenschaft darunter litte. Um den Preis der Funktionsfähigkeit der Wissenschaftsgesellschaft kommen Gesellschaft und Wirtschaft – sowie auch hier selbstverständlich wieder ebenso die Politik – nicht um die Einsicht herum, dass Wissenschaft und Forschung mehr leisten müssen, als von ihnen erwartet wird, um eben das leisten zu können, was Gesellschaft, Wirtschaft und Politik auch an konkreten Problemlösungen sehr zu Recht von ihnen erwarten. Um Amerika zu finden, muss man auch Indien suchen.
Die gesellschaftliche und wirtschaftliche Leistungskraft von Wissenschaft beruht gerade darauf, dass sie nicht allein externen Problemvorgaben folgt, sondern stets zugleich auch ihrem spezifischen Eigensinn – und dass sie mehr ist als allein ein Instrument für gesellschaftlich, wirtschaftlich oder politisch definierte Zwecke, nämlich auch, um es einmal emphatisch auszudrücken, eine Kulturleistung.

## „Um Amerika zu finden, muss man auch Indien suchen."

### Exzellenzcluster Simulation Technology (SimTech)

Simulation und Modellierung sind für die Lösung komplexer Probleme in den Natur-und Ingenieurwissenschaften wie in den Lebens- und Geisteswissenschaften unentbehrlich geworden. Die Simulationstechnik von isolierten Ansätzen aus verschiedenen Disziplinen und Theorien zu einer ganzheitlichen Systemwissenschaft zu verbinden, ist das Ziel des im Jahr 2007 eingerichteten und 2012 auf weitere fünf Jahre bewilligten Exzellenzclusters Simulation Technology (SimTech). SimTech ist es in der ersten Förderperiode gelungen, die unterschiedlichsten an der Universität Stuttgart vorhandenen Kompetenzen auf dem Gebiet der Simulationsforschung erfolgreich zusammenzuführen. So konnte der Forschungsverbund ein hervorragendes, interdisziplinäres Fundament aufbauen, von dem der Cluster in den kommenden Jahren profitieren wird.
Zu den visionären Anwendungsfeldern zählen etwa das simulationsbasierte Design neuer Werkstoffe mit maßgeschneiderten Hightech-Eigenschaften, die vollständig virtualisierte Entwicklung von Prototypen und die Simulation komplexer und umfassender Methoden in der Umwelttechnik. Außerdem sollen die Forschungsarbeiten in den Bereichen Biomechanik und Systembiologie stärker miteinander verzahnt werden, um der Vision eines ganzheitlichen Menschmodells näher zu kommen.
Schließlich rückt auch das Thema „High Perfomance Computing" stärker in den Fokus. So soll etwa die Zusammenarbeit mit dem Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS) weiter ausgebaut werden, wobei der Cluster von dem neuen Rechnersystem „ Hermit" profitiert.

SimTech Cluster of Excellence

www.simtech.uni-stuttgart.de

# Energiemix 2.0 – Gelingt die Wende?

## Von Fukushima zum Ökostrom im Alltag




**Deutschland im Jahr 2050: Riesige Windparks weit draußen auf dem Meer, an Land drehen sich Rotorblätter mit einem Durchmesser von bis zu zwei Fußballfeldern surrend im Wind. Der Strom aus der Steckdose stammt zu 80 Prozent aus erneuerbaren Energien wie Wind, Sonne, Wasser und Biomasse. Das Wasser in Heizungsrohren und aus dem Wasserhahn hat die Solaranlage auf dem Dach aufgewärmt…. Hirngespinst oder Realszenario? Und wie begeistert man die Menschen dafür – trotz der Kosten?**

Nach dem Atomunfall im japanischen Fukushima beschloss die Bundesregierung, schrittweise der Kernenergie den Rücken zu kehren und den Umstieg auf erneuerbare Energien zu forcieren. „Die Energiewende wird unser aller Leben verändern“, sagt Wolfgang Weimer-Jehle. Damit sie gelingt, müssen die Menschen bereit sein, sich anzupassen, beispielsweise Wäsche waschen, wenn Strom billig ist und es verschieben, wenn wenig Strom da ist, weil der Wind schwach weht oder die Sonne sich hinter Wolken versteckt. Sie sollen ihre Häuser dämmen, Stromschleudern durch energieeffizientere Geräte ersetzen und Energie sparen.
Weimer-Jehle ist wissenschaftlicher Geschäftsführer des Zentrums für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart (ZIRIUS). Der Physiker interessiert sich dafür, wie Technik, Gesellschaft, Organisationen und Nutzerverhalten bei der Energiewende zusammenwirken und sich gegenseitig beeinflussen. Er sagt: „Menschen ändern ihre Alltagsroutinen nicht gerne“. Es braucht neutrale Vertrauensinstanzen, etwa Energieberater oder auch den Nachbarn, der sein Haus bereits gedämmt hat. Und man muss einen Zeitpunkt erwischen, an dem sich Routinen sowieso ändern, wie etwa bei einem Umzug. Eine weitere Strategie sind Bürgerbeteiligungen. „Eine Windenergieanlage sieht plötzlich viel schöner aus, wenn man als Mitbesitzer davon profitiert“, erklärt Weimer-Jehle.
Doch manche Bemühungen könnten durch den sogenannten Rebound-Effekt wieder zunichte gemacht werden. So könnte jemand, der ökologischen Strom bezieht, dazu verleitet sein, noch mehr „Stromfresser“ anzuschaffen. Am ZIRIUS untersucht Birgit Mack mit ihrem Team, ob es gelingt, Verbraucher mit „intelligenten Zählern“, die zu jeder Tageszeit anzeigen, wie viel Energie gerade verbraucht wird, zu einem bewussteren Umgang mit Energie zu motivieren. Es ist Teil des umfangreichen Forschungsprogramms Energy-Trans zu den sozialen Aspekten der Energiewende, an dem die Universität Stuttgart beteiligt ist.

### *BRISANTE ÖKOSTROM-UMLAGE*

Die Konzentration auf erneuerbare Energien soll Deutschland unabhängig von Öl- und Gasimporten machen und gleichzeitig den Ausstoß an klimaschädlichen Treibhausgasen um 80 Prozent reduzieren. Doch nicht jeder ist begeistert, wenn er vor seiner Haustür eine Windenergieanlage hat oder Freiflächen-Photovoltaikmodule die Landschaft zupflastern. Unter einer Starkstromleitung mag niemand sitzen. Sie müssen verstärkt ausgebaut werden, um den Strom aus den windstarken Regionen im Norden in den Süden zu transportieren und umgekehrt Solarstrom in den Norden. Bei Biomasse ist es die vermeintliche Konkurrenz zur Lebensmittelerzeugung. „Es gibt keine Energieform, die keine Akzeptanzprobleme hat“, folgert Weimer-Jehle.
Als politisch-sozialen Sprengstoff bezeichnet er die gestiegene Ökostrom-Umlage, die auf die Strompreise der Bürger aufgeschlagen wird. „Die Verbraucher empfinden es zunehmend als Gerechtigkeitsdefizit, wenn weder Anlagen- noch Netzbetreiber für die Lasten der Energiewende aufzukommen haben, Teile der Industrie von der Umlage befreit sind und die Kosten vor allem auf ihren Schultern abgeladen werden.“

### *DAS STUTTGART 21-PHÄNOMEN*

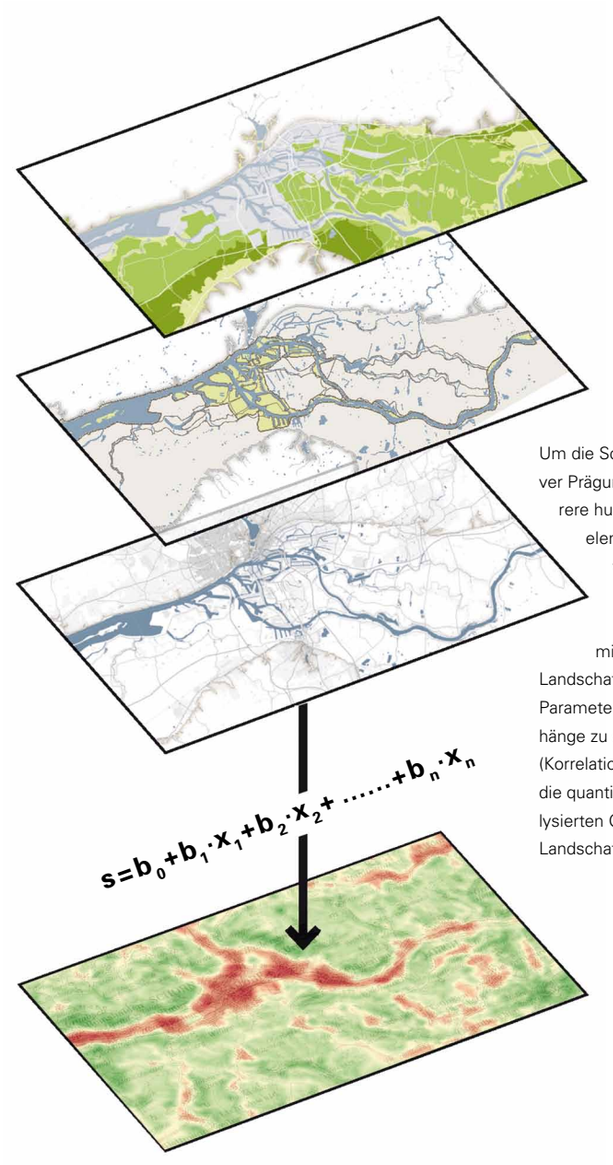
Weimer-Jehle betont: „Wenn die öffentliche Akzeptanz verloren geht, ist das gefährlich für die Energiewende“. Die große Herausforderung sei es, die Belastungen für die Menschen auf gerechte Art und Weise zu organisieren: „Das sollte nicht am Schreibtisch durch Ingenieure entschieden werden, wir müssen die Betroffenen mit ins Boot holen“, sagt der Physiker. Seine Kollegin Pia-Johanna Schweizer und ihre Arbeitsgruppe entwickeln und testen zurzeit verschiedene Beteiligungsverfahren. Dabei gebe es auch Zielkonflikte: Je schneller beispielsweise Ingenieure den schleppenden Netzausbau beschleunigen wollen, desto weniger Zeit bleibt, um die Bürger einzubinden. „Wenn sich ´Stuttgart 21´ auf Bundesebene mit der Energiewende nicht wiederholen soll, muss man sich mehr Zeit für den Netzausbau nehmen“, folgert Weimer-Jehle.

### *SPITZENPLATZ FÜR STROM AUS WINDKRAFT*

Der größte Anteil des Ökostroms wird aus Windenergie erzeugt, überwiegend von Anlagen an Land. Bereits heute kostet eine Kilowattstunde Windstrom vom Festland je nach Standort zwischen fünf und neun Cent und ist damit nach der Wasserkraft die günstigste erneuerbare Energiequelle. Deshalb und weil die Windenergiequelle noch längst nicht ausgeschöpft ist, bezeichnet die Bundesregierung sie als „zentralen Pfeiler“ der Energiewende: 2012 erzeugten rund 23.000 Windräder 46 Milliarden Kilowattstunden Strom, das sind etwa sieben Prozent des in Deutschland erzeugten Stroms. Bis 2030 soll es ein Viertel werden.

### *LANDSCHAFT KONTRA WINDKRAFT?*

Bei der Suche nach geeigneten Standorten an Land stoßen Planer von Windräder auf drei Konfliktherde, so der Landschaftsarchitekt Frank Roser: Verschiedene Vogelarten wie Rot- und Schwarzmilan sowie Fledermäuse, die häufig mit den Rotorblätter von Windenergieanlagen kollidieren, und das Landschaftsbild, in das Windräder eingreifen. Die ersten beiden Punkte lassen sich teilweise lösen, indem der Standort verschoben wird oder das Windrad zur Hauptflugzeit der Fledermäuse abgeschaltet wird.
Bleibt noch das Landschaftsbild, für das sich durch die Windkraftdebatte immer mehr Leute interessieren. Roser untersucht am Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, welche Landschaften die Menschen als besonders hochwertig empfinden. Dafür hat er 300 repräsentative Landschaftsbilder




Um die Schönheit einer Landschaft jenseits subjektiver Prägungen zu analysieren, werden zunächst mehrere hundert Fotos unterschiedlichster Landschaftselemente und -strukturen aufgenommen und von mehreren 100 Menschen bewertet. Zudem werden Geodaten untersucht und im Rahmen einer statistischen Analyse mit den Durchschnittsbewertungen der Landschaftsbilder verknüpft. Dabei werden diejenigen Parameter ermittelt, die die auffälligsten Zusammenhänge zu den Durchschnittsbewertungen aufweisen (Korrelation). Das Ergebnis ist ein Rechenmodell, das die quantitativen Zusammenhänge zwischen den analysierten Geodaten und den mit Bildern bewerteten Landschaftsausschnitten zeigt.

aus sechs Regionen Baden-Württembergs von 400 Personen bewerten lassen und untersucht, wie die verschiedenen Landschaftselemente und Bildbewertungen zusammenhängen. Bis Ende 2013 will Roser die Landschaftsbildqualität ganz Baden-Württembergs untersucht haben.
Das Erstaunliche: Die befragten Personen waren sich relativ einig. „Schön ist eine Landschaft demnach insbesondere dann, wenn sie eine bewegte Topografie zeigt, also Hügel oder Täler aufweist, und sie sollte aus verschiedenen Elementen bestehen, beispielsweise abwechselnd Gewässer, Wald, Streuobst, Grünland und Acker zeigen“, fasst Roser zusammen. Gewerbegebiete, Hauptstraßen und Hochspannungsleitungen wirkten sich hingegen negativ aus. Auch Bilder mit Windenergieanlagen kamen bei den Befragten tendenziell schlechter weg, allerdings sind belastbare Ergebnisse hier nicht vor Ende des Jahres zu erwarten.
Bislang schenkten Wissenschaftler dem Thema Windenergieanlagen und Landschaftsbild wenig Beachtung. Es fehlte eine Planungsgrundlage für Betreiber solcher Anlagen und so landeten Be-



Installation und Wartung der riesigen Windräder auf dem Meer – im Bild das Testfeld Alpha Ventus – sind eine enorme Herausforderung.

schwerden von Windkraftgegnern regelmäßig vor Gericht. „Manche Windkraftbefürworter befürchten nun, dass die Anzahl möglicher Standorte für Windräder weiter beschnitten wird“, sagt Roser. Doch der 43-Jährige kann beschwichtigen: „Nur ein sehr kleiner Teil der Potentialflächen für Windenergienutzung liegen in Baden-Württemberg in den Bereichen der schönsten Landschaften“. Dazu zählen nach seinen Untersuchungen die Hochlagen und Täler des Schwarzwalds, der Albtrauf, das Bodenseeufer, die Hügellandschaft des Allgäu, das Kocher- und Jagsttal sowie der Kaiserstuhl. Wenige Probleme mit dem Landschaftsbild, dafür aber viel Wind gibt es dagegen großflächig vor allem in Hohenlohe.

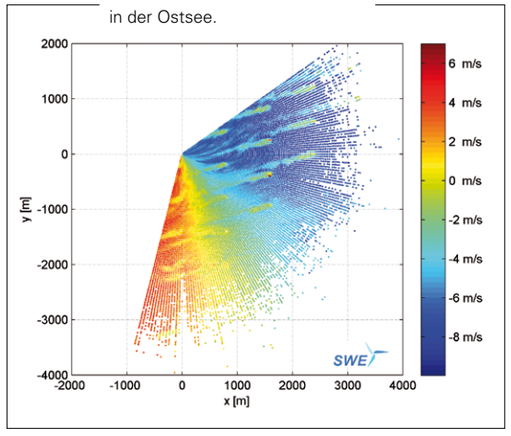
### *TREND ZU GIGANTISCHEN WINDRÄDERN*

Doch die guten Standorte auf dem Festland mit Windgeschwindigkeiten von mehr als acht Meter pro Sekunde auf Rotornabenhöhe sind mittlerweile weitestgehend besetzt. Daher müssen die Betreiber auch ein Auge auf Gebiete werfen, wo der Wind nur mittelmäßig bis schwach weht. „Früher waren diese Standorte nicht wirtschaftlich, man hatte einfach nicht die richtige Anlage dafür“, sagt Prof. Po Wen Cheng, der am Institut für Flugzeugbau den ersten Lehrstuhl für Windenergieanlagen in Deutschland innehat. Der Trend gehe daher zu immer höheren Anlagen und größeren Rotorblättern. Das größte Windrad Baden-Württembergs in Dornstadt (Alb-Donau-Kreis) hat einen Rotordurchmesser von 117 und eine Turmhöhe von 140 Metern. Allein die Verlängerung des Rotorblattes von bislang 50 auf 58,5 Meter erhöht laut Vermarkter den Kapazitätsfaktor der Anlage um ein Fünftel. Der Kapazitätsfaktor beschreibt den Auslastungsgrad einer Turbine, wobei 100 Prozent bedeutet, dass die Turbine jeden Tag rund um die Uhr bei voller Leistung läuft. Die noch größeren Windräder werden sich an Land nicht durchsetzen, ist Cheng sicher, weil die Bevölkerung sie nicht akzeptieren wird und die Riesenrotoren sich per LKW nur mühsam an ihren Standort transportieren lassen.

### *WIND MIT TÜCKEN*

Technisch stoßen die einzelnen Windräder bereits jetzt an ihre Effizienzgrenzen. „Auf Windparkniveau können wir aber noch viel machen, um die Effizienz zu steigern, ohne die Anlage teurer zu machen“, berichtet der Taiwanese. „Bei unglücklicher Anordnung innerhalb des Windparks kann eine Anlage im Windschatten durchaus 30 Prozent weniger Windenergie abbekommen“, erklärt Cheng. Hinter der Anlage verwirbelt der Wind in verschiedene, sich permanent ändernde Richtungen, seine Geschwindigkeit ist abgebremst. Fachleute nennen diesen Effekt Nachlauf. Um die künftigen Windparkanlagen möglichst wenig dieser Turbulenzen und damit auch höherem Verschleiß

Lidar Scan des Windgeschwindigkeitsfelds im Windpark Baltic I in der Ostsee.



auszusetzen, müssen die Ingenieure die Anlagen optimal regeln. Bereits seit längerem erforschen die Wissenschaftler des Stiftungslehrstuhls Windenergie ein optisches Fernerkundungssystem, das vom Boden aus bis in 150 Meter Höhe die Windgeschwindigkeiten und -richtungen messen kann – ohne dass dafür ein hoher Wind-Messmast errichtet werden muss. Bei dieser LIDAR genannten Technologie schießen Laserstrahlen in verschiedene Luftrichtungen und werden dabei von Aerosolpartikeln, etwa Staubteilchen, reflektiert, die mit dem Wind mitgetragen werden. Aus dem Laufzeitunterschied zwischen ausgesandtem und reflektiertem Signal lässt sich die Geschwindigkeit und Richtung des Windes ableiten. Für ganze Windparks wie den ersten kommerziellen deutschen Windpark Baltic I in der Ostsee haben die Forscher so bereits den Nachlauf gescannt.

*LASERAUGEN SCANNEN WINDGESCHWINDIGKEIT*

Nun wartet eine weitaus schwierigere Aufgabe auf Cheng und seine Mitarbeiter: In dem Projekt „LIDAR complex“ wollen sie die Windverhältnisse in bergigem Gelände bestimmen. „Wenn ich dort an einem Standort messe, kann ich nicht genau sagen, wie die Windgeschwindigkeit ein paar Kilometer entfernt ist“, erklärt der studierte Luft- und Raumfahrtingenieur. Anders als im Flachland oder auf See treten im Hügelland zusätzliche Effekte wie lokale Beschleunigung, Verwirbelung und Änderung des Windprofils auf. Bei der Bestimmung der Windgeschwindigkeit muss daher noch eine Korrektur erfolgen, die diese Effekte berücksichtigt. „Wird bei der Planung eines Windparks das Windenergiepotential über- oder unterschätzt, kann das erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen für den Betreiber haben“, erklärt Cheng.

Im Gegensatz zum Festland weht der Wind auf See stärker und verlässlicher. Die Anlagen auf deutschem Nordseegebiet haben laut Cheng einen Auslastungsfaktor von über 50 Prozent verglichen mit teilweise unter 20 Prozent in Süddeutschland. Dennoch hinkt der Ausbau der so genannten Offshore-Windenergie, nicht zuletzt wegen der fehlenden Netzanbindung, hinterher.

*RAUE BEDINGUNGEN AUF SEE*

„Der Unsicherheitsfaktor sind die Kosten: Wir haben wenige große Anlagen mit langjähriger Betriebserfahrung“, sagt Cheng. Der erste deutsche Windpark auf See, das Testfeld Alpha Ventus nördlich von Borkum, ist drei Jahre alt. Ob eine Anlage vorzeitig ausfallen wird und wie hoch letztendlich die Betriebskosten sind, kann niemand genau sagen. Das spiegelt sich auch in den derzeit fast doppelt so hohen Einspeisevergütungen für Offshore-Strom wieder.
Auf See nagen Wind und Wellen unnachgiebig am Material der Anlagen. Die Wartung der Windparks, die teils 100 Kilometer von der Küste entfernt liegen, ist daher bei Sturm und hohen Wellen schwierig. Gelingt es, vorherzusagen, wann extreme Witterungsbedingungen zu erwarten sind und wie sie sich auf Rotor und Tragstruktur auswirken, könnten die Anlagen künftig so gebaut und reguliert werden, dass sie möglichst wenig Belastungen ausgesetzt sind. Dadurch ließe sich Material sparen und somit auch die Kosten für Offshore-Strom wesentlich senken. Im Testfeld Alpha Ventus werten die Forscher des Stiftungslehrstuhls daher Daten von mehreren hundert Sensoren aus, die an zwei Windenergieanlagen angebracht sind. Sie messen etwa die Materialdehnungen der Anlage sowie Windgeschwindigkeit und Wellenhöhen und berechnen daraus die Schwingungen des Rotors und die Belastungen, die auf die Anlage einwirken. Anschließend vergleicht Chengs Team die gemessenen mit am Computer simulierten Belastungen, um die Simulationsmodelle zu verbessern. Damit sollen die auf die Anlage wirkenden Belastungen genauer vorausgesagt werden.
Für den Ökostrom der Zukunft werden sich Wind und Sonne ergänzen, so dass sich schwankende Einspeisungen über das Jahr besser ausgleichen lassen. Während nämlich der Wind an trüben Wintertagen oft besonders lebhaft bläst, hat die Sonne ihren großen Auftritt in den Sommermonaten und während der Mittagszeit. Für eine sichere Energieversorgung brauche es sicher noch flexible Energieträger, etwa Gaskraftwerke, die in wenigen Minuten hochgefahren werden können, wenn der Strombedarf kurzfristig steigt und wenig Wind- und Sonnenstrom vorhanden ist. Aber, so versichert Cheng: „Der momentane Strombeitrag der erneuerbaren Energien ist noch keine Gefahr für die Netzstabilität“. Allerdings müsse noch viel geforscht werden, um künftig das Stromnetz intelligent zu steuern.

*RIESENSPEICHER FÜR SONNENWÄRME*

Während die Energiewende beim Strom in aller Munde ist, fristet sie bei der Bereitstellung von Wärme noch ein Schattendasein. Im vergangenen Jahr lag der Anteil der erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung in Deutschland bei etwa einem Zehntel. Dabei wird etwa die Hälfte der Energie für Wärme verbraucht. Allein in privaten Haushalten gehen weit über drei Viertel des Energiebedarfs auf das Konto von Heizung und Warmwassererwärmung. Hier setzt Harald Drück auf die Heizkraft der Sonne. Greift er an das Austrittrohr eines der Solarkollektoren auf dem Dach des Institutsgebäudes am Pfaffenwaldring 10, so ist er begeistert, wie warm es trotz Außentemperaturen um den Gefrierpunkt ist.
Bis 2050 könne die Hälfte des Wärmebedarfs in Deutschland mit Solarthermie gedeckt werden, so der Leiter von Europas größtem Prüfzentrum für thermische Solartechnik am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik. Bisher ist es weniger als ein Prozent. „Derzeit ist es wirtschaftlich attraktiver, Wärme mit Solarstrom zu erzeugen als mit Solarthermie, weil die Förderung für Photovoltaikanlagen zehnmal höher ist“, klagt Drück. Wenn Hausbesitzer sich angesichts der begrenzten Dachfläche entscheiden müssen zwischen der Stromproduktion mittels einer Photovoltaikanlage und einer solarthermischen Anlage, gewinnt meist noch die Photovoltaik. Im Gegensatz zu Strom lässt sich Wärme jedoch gut speichern. „Wenn wir solar heizen wollen und wie 2012/13 Winter mit wenig Sonne haben, dann müssen wir die Wärme



Dr. Harald Drück mit dem Prototyp eines thermochemischen Speichers. Mit der Technologie soll eine acht bis zehn Mal höhere Speicherdichte als bei Wasser erreicht werden.





Der Wärmespeicher für ein Wohnquartier kann unter einer Grünanlage verschwinden.

speichern“, erklärt Drück. Üblicherweise geschieht das in Wasser. Das Problem ist jedoch die Größe des Wärmespeichers. Er muss mindestens so groß sein, dass er die von den Sonnenkollektoren auf dem Dach über mehrere aufeinander folgende Sonnentage erzielten Überschüsse für einige Tage zwischenspeichern kann. Wird ein Einfamilienhaus ausschließlich solar geheizt, fasst der Wassertank bis zu 40.000 Liter und reicht meist vom Keller bis zum Dach. Drück favorisiert daher einen solaren Deckungsanteil von 70 bis 90 Prozent: „Ich kann die Speicher um ein Vielfaches kleiner wählen und die restliche Wärme mit Holzöfen zuführen, wodurch das ganze System deutlich kostengünstiger wird“. Der Maschinenbau-Ingenieur erforscht unter anderem thermochemische Speicher. Sie haben theoretisch eine acht bis zehn Mal höhere Speicherdichte als Wasser und können daher kleiner und kostengünstiger gebaut werden als Warmwasserspeicher. Einen ersten Prototyp gibt es schon. Das Prinzip des 20-Liter-Speichers beruht auf einer reversiblen chemischen Reaktion. Dabei wird die überschüssige Solarwärme genutzt, um eine chemische Verbindung in ihre Komponenten zu spalten, zum Beispiel die Auskristallisation eines Salzes wie Magnesiumsulfat aus wässriger Lösung. Bei der Rückreaktion von Wasser mit Magnesiumsulfat entsteht wiederum Reaktionswärme, die zum Heizen oder Erwärmen von Trinkwasser genutzt wird. Dieser Vorgang lässt sich beliebig oft wiederholen. „So lange die beiden Komponenten keinen Kontakt zueinander haben, lässt sich die in chemischer Form gespeicherte Energie beliebig lange verlustfrei speichern“, sagt Drück. Warmwasserspeicher hingegen kühlen über Nacht langsam ab und müssen aufwendig gedämmt werden.

*NEUES GEBÄUDE FÜR DIE FORSCHUNG*

Nun wollen Drück und sein Team erstmals beweisen, dass ein thermochemischer Speicher das Zeug hat, ein Gebäude das ganze Jahr hindurch zu 100 Prozent mit Sonnenwärme zu versorgen. Auf einer Fläche von etwa 60 Quadratmeter am Pfaffenwaldring 6 soll bald ein Versuchsgebäude stehen, das Drück und sein Kollege Henner Kerskes zum Vergleich ein Jahr konventionell beheizen und im darauf folgenden Jahr solarthermisch.
Es ist ein neuartiger segmentierter Speicher, bei dem gezielt nur einzelne Zonen durch die Sonnenwärme erhitzt werden. Da so immer nur ein Teil des Speichermaterials erwärmt wird, setzt die Regeneration des Speichermaterials, in diesem Fall die Verdunstung von Wasser von einem Adsorbtionsmaterial viel früher ein. „Der Speicher wird dadurch deutlich effektiver und die Wärmeverluste, die bei thermochemischen Speichern bei der Regeneration entstehen, fallen niedriger aus“, erklärt Drück.

*VOM EINFAMILIENHAUS ZU GANZEN SIEDLUNGEN*

Anfangs kamen Solarwärmeanlagen vor allem in neu gebauten Ein- und Zweifamilienhäuser zum Einsatz. Sie werden teilweise um den großen Wärmespeicher herum gebaut. Doch mittlerweile tüfteln Forscher und Anlagenanbieter daran, wie sich auch bestehende Mietshäuser, öffentliche Gebäude und Gewerbebetriebe solarthermisch heizen lassen.
Der Platz für den teils mehrere 1000-mal größeren Wärmespeicher, der für eine ganze Siedlung nötig wird, sei nicht das Problem, so Drück. Er kann auch unter Grünflächen verschwinden.
Voraussetzung sei jedoch, dass bereits ein Nahwärmenetz existiert, das die Wärme über Rohre an die Haushalte transportiert. „In einem Stuttgarter Vorort, in dem jeder Haushalt ein anderes Heizsystem hat, ist es relativ schwierig, ein Nahwärmenetz zu installieren“, sagt Drück. Mit seiner Arbeitsgruppe simuliert und analysiert der Solarthermie-Experte in zahlreichen Projekten das Betriebsverhalten von verschiedenen Anlagenkonzepten. So waren sie auch bei Deutschlands größter solarthermischer Anlage mit 7.500 Quadratmeter Kollektorfläche in Crailsheim beteiligt, die 2012 eingeweiht wurde. Dort wird eine Siedlung mit rund 250 Wohneinheiten sowie einer Schule und einer Sporthalle etwa zur der Hälfte mit Solarwärme versorgt.
Doch wie wird unser Energiesystem im Jahr 2050 tatsächlich aussehen? Das wird auch davon abhängen, wie sich unsere Gesellschaft entwickelt: Haben wir die finanziellen Mittel, um erneuerbare Energien stärker voran zu bringen? Bleibt die Politik bei ihrem Kurs, gibt es Korrekturen bei der Förderung oder gar erneut eine Kehrtwende? Hinweise können die Gesellschaftsszenarien liefern, die Wolfgang Weimer-Jehle innerhalb des Forschungsprojekts Energy-Trans plant. Letztendlich weiß es niemand. „Für die Energiewende gibt es keine einzige Lösung“, sagt Windexperte Po Wen Cheng, „es muss ein optimiertes Gesamtpaket geschaffen werden, zu dem alle erneuerbaren Energien gehören.

*Helmine Braitmaier*

# Professorin für gelebte Vielfalt

## Meike Tilebein erforscht Diversität in den Ingenieurwissenschaften

**Vielfalt treibt Innovationen voran. Das wissen Biologen schon lange. Dass sich diese Erkenntnis auch in der Betriebswirtschaft durchsetzt, ist unter anderem Meike Tilebein zu verdanken. Die Professorin und Leiterin des im Jahr 2009 gegründeten Instituts für Diversity Studies in den Ingenieurwissenschaften (IDS) der Universität Stuttgart erforscht die Chancen und Risiken von Heterogenität. So entwickelt sie beispielsweise Strategien, wie Unternehmen verhindern können, dass sie eine Kooperation abbrechen müssen, weil die Unternehmenskulturen zu unterschiedlich sind.**

Wer sich mit der umtriebigen 47-Jährigen unterhalten möchte, erwischt Meike Tilebein mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf gepackten Koffern. Die Wissenschaftlerin lebt Vielfalt schon bei ihren Arbeitsorten: Drei Tage in der Woche verbringt sie als Leiterin des Zentrums für Management Research der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung in ihrem Büro in Denkendorf (Kreis Esslingen). Dort erarbeitet sie mit einem 16-köpfigen Team Konzepte für die Textilindustrie, wie die mittelständisch geprägten Unternehmen bestmöglich mit ihren Partnern zusammenarbeiten. Denn statt nur mit Baumwolle arbeiten die Textilfirmen heute auch mit Drähten und beliefern nicht mehr nur den Bekleidungshandel, sondern auch die Medizintechnik oder die Automobilindustrie. Branchen, die nicht unbedingt auf derselben Wellenlänge kommunizieren. Genau darauf kommt es aber an, erklärt Tilebein: „Wenn man sich mit Leuten unterhält, die enorm weit weg sind von der eigenen Perspektive, dann dauert es eine Zeit, bis man eine gemeinsame Sprache gefunden hat und Prozesse über Unternehmensgrenzen hinweg funktionieren.“

In ihrer zweiten Funktion leitet die Wissenschaftlerin das Institut für Diversity Studies auf dem Uni-Campus in Stuttgart-Vaihingen. Anders als in Denkendorf geht es hier um Grundlagenforschung: Wie entwickelt sich in einem Team die Zusammenarbeit? Welche Rolle spielen Berufs-, Abteilungs- oder Organisationskulturen für die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens? „Heterogene Teams – oder weiter gefasst – heterogene Elemente sind in vielen Systemen sehr wichtig für die Erneuerungsfähigkeit“, sagt Tilebein. „Das kennt man ja aus der Biologie: Es braucht eben außer der typischen, geraden Gurke auch noch andere Varianten, die das Ganze weiterentwickeln können. In Organisationen, bei Teams, in Netzwerken von Unternehmen ist es genauso.“ Dazwischen ist die Professorin auch noch unterwegs zu diversen Treffen von EU-Projekten, zu Messen, Vorträgen oder Gremiensitzungen.
Sich selbst sieht sie als Brückenbauerin zwischen den heterogenen Welten, auch weil sie die unterschiedlichen Sprachen der Ingenieure und der Betriebswirte spricht. Diversität ist das Forschungsgebiet von Meike Tilebein, sie zieht sich auch als roter Faden durch die Karriere der gebürtigen Osnabrückerin. Weil sie Kybernetik studieren wollte, kam sie nach Stuttgart. Denn diese interdisziplinäre Wissenschaft der dynamischen Systeme, wie Maschinen, Organismen oder Unternehmen, die auf Impulse von außen reagieren, wurde nur hier gelehrt. Schon damals war Meike Tilebein in dem technischen Fach die Vielfalt in Person: „In meinem Studienjahrgang war ich die zwei Prozent Frauenanteil“, erzählt sie. Ihre beiden Kinder bekam sie bewusst schon als Studentin, „weil wir damals dachten, dass wir uns so beide um die Kinder kümmern können.“ Ihr Plan ging weitgehend auf. Heutigen Studentinnen rät sie dennoch von diesem Weg ab. Durch die Bachelor-Abschlüsse habe sich der Druck zu stark erhöht.




„In Organisationen ist es wie in der Biologie: Es braucht eben außer der typischen, geraden Gurke auch noch andere Varianten, die das Ganze weiterentwickeln können.“
Prof. Meike Tilebein, Diversity-Forscherin.

*SYSTEME IM BLICK*

Als Vertiefungsrichtung wählte Tilebein zunächst die Bioverfahrenstechnik, bei der etwa Enzyme oder Medikamente mit Mikroorganismen hergestellt werden. Der Zufall in Form eines Aushangs führte Tilebein an den Lehrstuhl für Planung und strategisches Management des betriebswirtschaftlichen Instituts. Dort war ein Diplomarbeitsthema ausgeschrieben: Wissensbasiertes Entscheidungsunterstützungssystem mit objektorientierter Programmierung. Damit konnte die angehende Kybernetikerin Tilebein wieder die Systeme in den Blick nehmen. Als erste interne Doktorandin sorgte sie auch an diesem Lehrstuhl für mehr Vielfalt. Von 1995 bis 2007 arbeitete Tilebein dort als wissenschaftliche Mitarbeiterin. Die junge Akademikerin promovierte im Sonderforschungsbereich „Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion“ (SFB467) zu einem Thema, das die Biologie mit der System-Betrachtung und der Unternehmensführung verband: Wie komplexe biologische Systeme ohne zentrale Steuerung auskommen und „trotzdem erstaunliche Dinge vollbringen“. Etwa, wie es einem Vogelschwarm gelingt, unfallfrei aufzufliegen und Hindernissen auszuweichen. Nach welchen Prinzipien sich diese komplexen, anpassungsfähigen Systeme organisieren, untersuchte die Doktorandin unter anderem in mathematischen Modellen der Evolutionsbiologie. „Und da tauchte die Themen Diversität in der Informationsverarbeitung als eine wichtige Stellschraube auf, damit ein System lebensfähig und wandlungsfähig ist“, erinnert sich Tilebein. „Seitdem lässt mich dieses Thema Diversität nicht mehr los.“

Es folgte 2007 ihre Stelle als erste Juniorprofessorin für Innovationsmanagement an einer privaten Universität in Oestrich-Winkel und 2009 die Rückkehr nach Stuttgart: Jetzt ist sie die erste Leiterin eines Instituts an den traditionsreichen Stuttgarter Maschinenbau-Fakultäten und die erste Leiterin einer Forschungseinrichtung in der Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW). Obwohl es sich dabei wieder um so eine Premiere als erste Frau handelte, wie Tilebein sie nicht mehr erleben möchte. „Ich habe diese Situation in den letzten 25 Jahren immer wieder gehabt und wünsche mir in den Führungspositionen mehr Kolleginnen.“ Auch deshalb hält sie Vorträge und engagiert sich in Initiativen, die Frauen für die Berufe der Naturwissenschaften und Technik begeistern wollen. Bei der eigenen Tochter hat es geklappt: Sie studiert Wirtschaftsinformatik.

*DEN BLICKWINKEL WEITEN*

Doch obwohl der Professorin aufgrund der eigenen Erfahrungen und wegen ihrer Mitgliedschaft im Gender-Beirat der Universität die Geschlechter-Gerechtigkeit am Herzen liegt, plädiert sie auch intern dafür, den Blickwinkel von der reinen Geschlechterdebatte auf Diversität zu weiten: „Man muss auch die Themen Internationalität und Interdisziplinarität auf den Tisch bringen.“ Damit schließt sich der Kreis von der Wissenschaftlerin zur vielfach engagierten Hochschullehrerin: Innovation durch Diversität, das rät sie nicht nur Unternehmen, wenn sie ihnen etwa bei Auslandsaktivitäten empfiehlt, „ein Spiegel der Märkte zu sein“, die Eigenheiten der Kulturen zu kennen. Das gilt auch für die Wissenschaft selbst. „Vielfalt wird auch ein Thema bei der zukünftigen Forschungsförderung durch die Europäische Union. Und an der Uni Stuttgart sollte die Zusammenarbeit über die Fakultäten hinweg, wie im Exzellenzcluster SimTech und in der Graduiertenschule GSaME, weiter gefördert werden.“

*Daniel Völpel*



MTU Aero Engines



Mehr Schwung bei der Arbeit –
wir sorgen für den Antrieb!

Die MTU Aero Engines entwickelt, fertigt, vertreibt und betreut zivile und militärische Antriebe für Flugzeuge und Hubschrauber sowie Industriegasturbinen. Unser Schlüssel zum Erfolg sind Antriebe für die Luftfahrt von morgen – noch sparsamer, schadstoffärmer und leiser. Mit rund 8.200 Mitarbeitern sind wir weltweit präsent und in Deutschland zu Hause. Werden auch Sie Teil unseres engagierten Teams als

Ingenieur (m/w)

für den Bereich Entwicklung, Fertigung, Qualitätsmanagement, Einkauf und Logistik, Instandsetzung oder Vertrieb.

Bei der MTU erwarten Sie maßgeschneiderte Entwicklungsprogramme und ein umfangreiches Weiterbildungsangebot. Wir bieten Ihnen eine Reihe von Zusatzleistungen, die ganz auf Ihre Bedürfnisse abgestimmt sind: Eine zeitgerechte Altersversorgung gehört für uns ebenso dazu wie Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf, zum Beispiel mit unseren flexiblen Arbeitszeitmodellen oder der betriebsnahen Kindertagesstätte TurBienchen. Darüber hinaus engagiert sich die MTU im Bereich Gesundheit und Fitness.

top ARBEITGEBER 2013 DEUTSCHLAND
CERTIFIED BY THE CRF INSTITUTE

Mehr unter www.mtu.de/karriere.

# Ich sehe was, was Du nicht siehst!

**Die Regel des bekannten Kinderspiels gilt auch für die Simulationstechnologien: So erkennen die Forscherinnen und Forscher im Exzellenzcluster SimTech hinter den blanken Daten ihrer Messungen und Modelle, ihren neuen Methoden und Reflexionen immer noch die Vielschichtigkeit ganz realer Problemstellungen. Die komplexe Wirklichkeit wird in den abstrahierenden Simulationen stellvertretend „erprobt“ und damit nachvollziehbar, häufig auch vorhersehbarer abgebildet.**

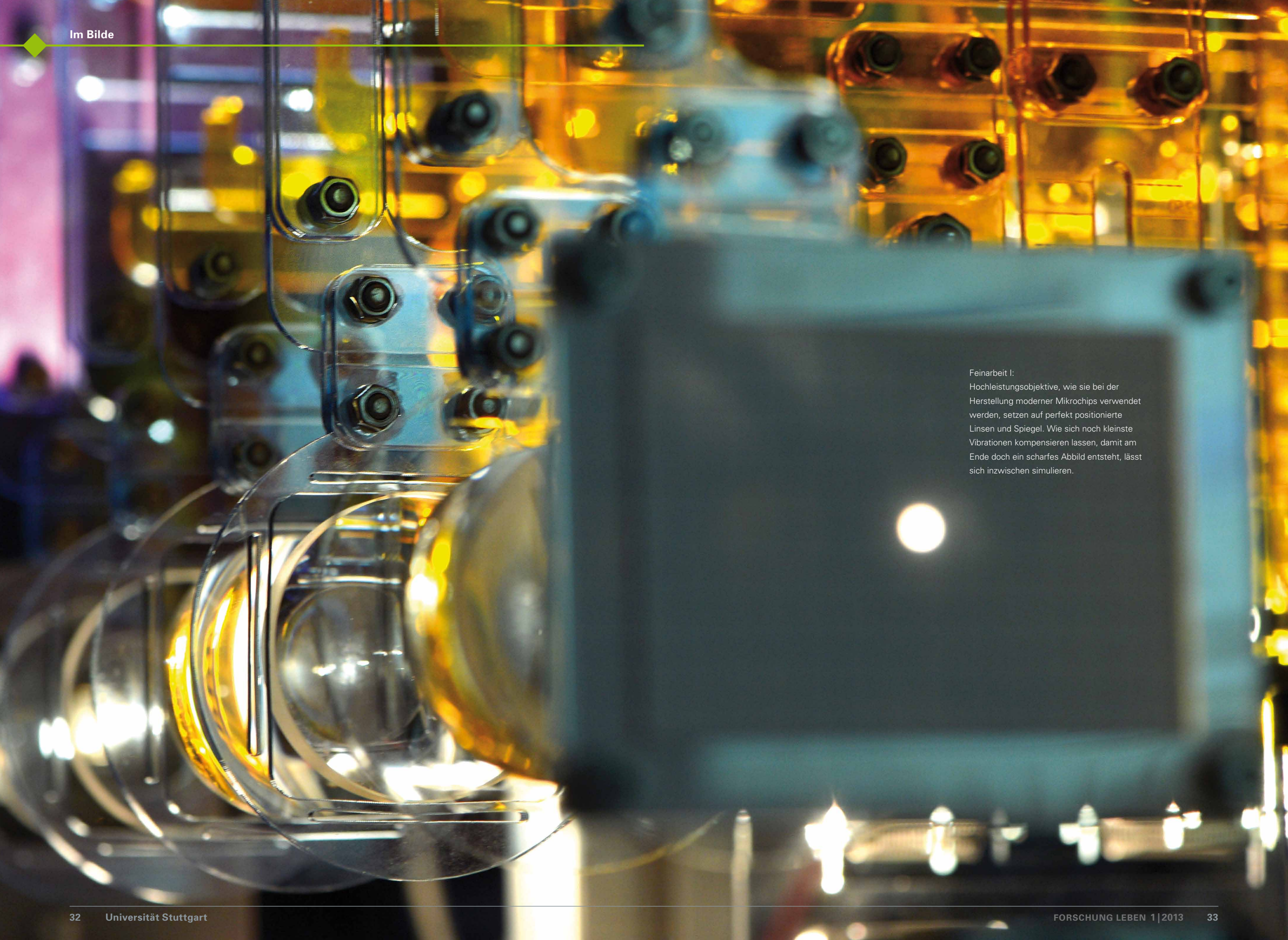
Der Weg bis zum allgemeinverständlichen – oder gar begehbaren – Bild ist jedoch lang und setzt auf die Zusammenarbeit unterschiedlichster Disziplinen. Auf den nächsten Seiten laden Momentaufnahmen aus dem vielfältigen Forschungsalltag von SimTech dazu ein, sich unbefangen auf die eigentümliche Schönheit, die Rätselhaftigkeit und kunstvolle Ästhetik der Bilder einzulassen. „Ich sehe was, was Du nicht siehst!“ ist also auch hier die Aufforderung, ein zweites Mal hinzuschauen.



Virtuelle Welt:
In 3D-Visualisierungen kann man inzwischen nicht nur Spazierengehen, sondern auch abstrakte, höchst komplexe Datensätze überschaubar darstellen und so begreifbar machen.

Pfadfinder I:
Per „Eye Tracking“ lassen sich mit speziellen Webcams und Brillengestellen die Blickbewegungen des Betrachters nachvollziehen. Die leuchtenden Scanpfade zeigen, wo bei Audrey am aufmerksamsten hingeguckt wird.

Pfadfinder II:
Die zweigeteilte Simulation macht die Signalwege in der Zelle sichtbar. Grau in der Mitte liegt der Zellkern, auf der linken Seite ist die atomare Struktur der Signalproteine auf ihrem Weg durch die Zelle erkennbar, rechts werden sie vereinfacht als kleine Kügelchen dargestellt.



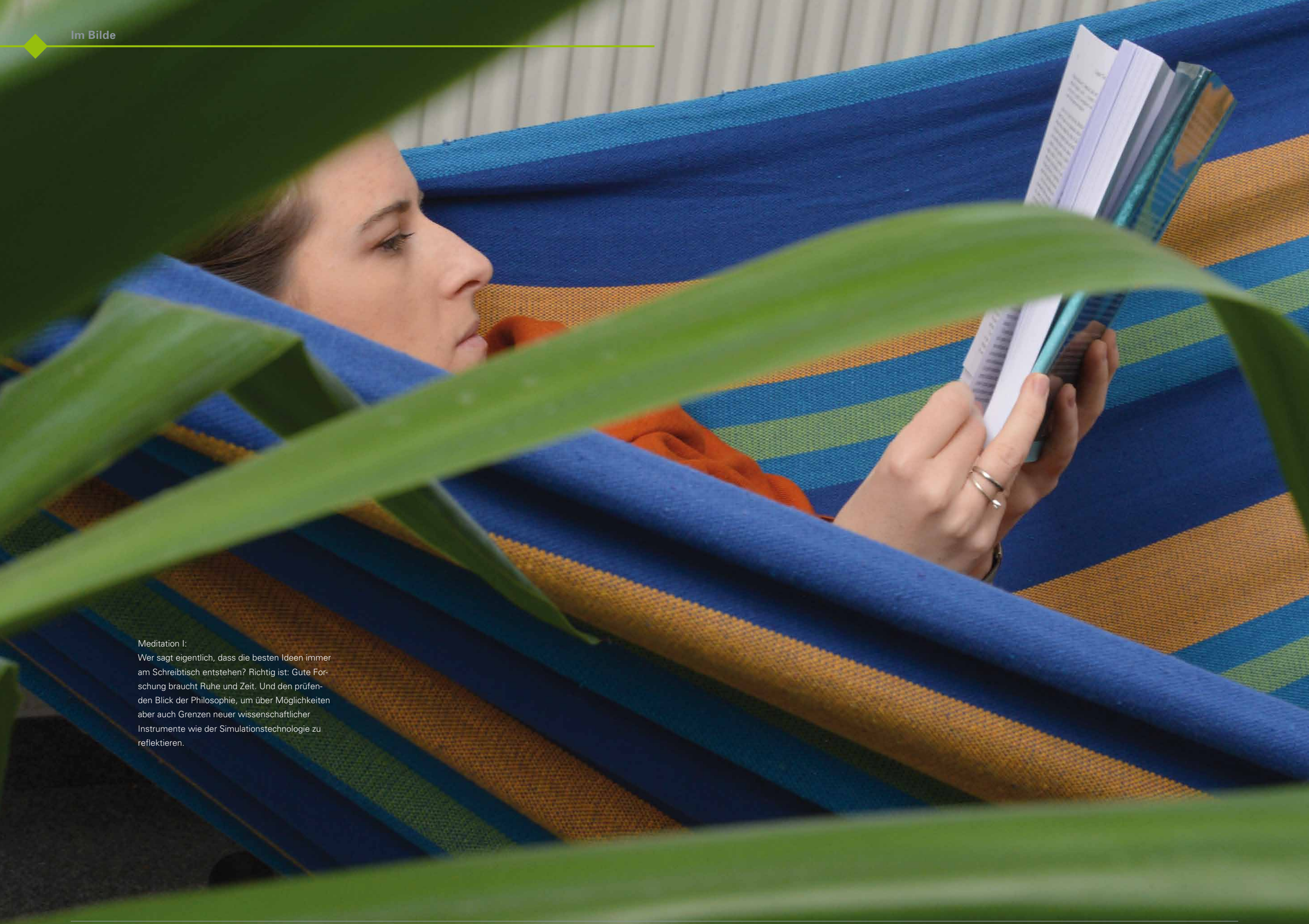
Feinarbeit I:
Hochleistungsobjektive, wie sie bei der Herstellung moderner Mikrochips verwendet werden, setzen auf perfekt positionierte Linsen und Spiegel. Wie sich noch kleinste Vibrationen kompensieren lassen, damit am Ende doch ein scharfes Abbild entsteht, lässt sich inzwischen simulieren.

Feinarbeit II:
Passt der Aufbau? Stimmt die Berechnung? Der Abgleich der in Simulationen gewonnenen Daten mit real beobachtbaren Größen hilft, Forschungsergebnisse zu bestätigen und neue Erkenntnisse zu gewinnen.

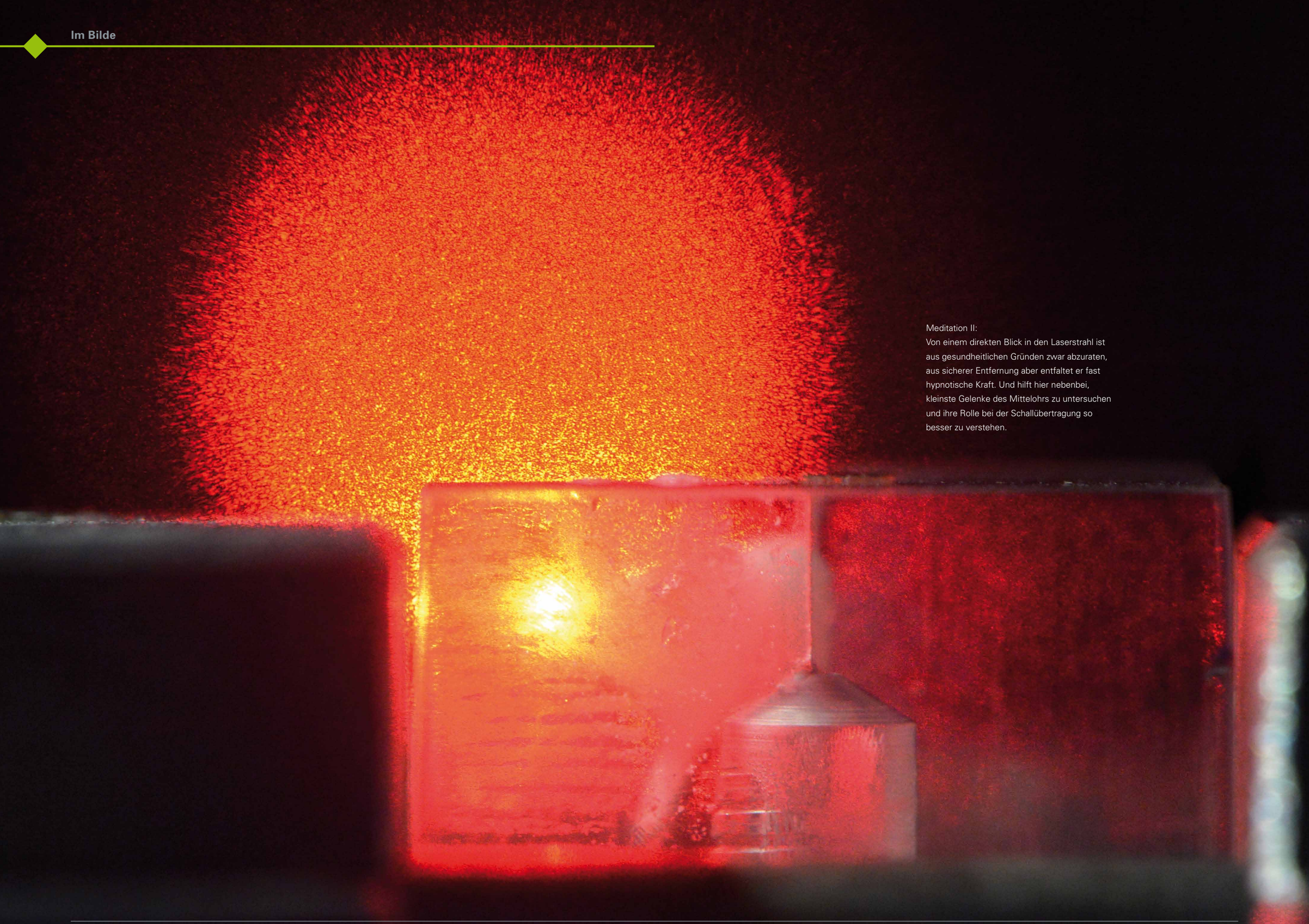
Relativitätstheorie I:
Der energiebetriebene Flitzer „braust“ in Wirklichkeit mit maximal einem Zentimeter pro Sekunde um die Kurve und ist das Ergebnis eines Studierendenprojekts. Für den wissenschaftlichen Nachwuchs sorgt der eigene Studiengang „Simulation Technology“.



Relativitätstheorie II:
Ganz ohne Raumkrümmung stehen in der Versuchshalle für Wasserbau gut 90 gerade Längenmeter für Experimente zur Verfügung. Umweltsimulationen wie etwa zu Grundwasserströmungen finden zwar fast ausschließlich am Computer statt – beim kollegialen Austausch aber hilft die erweiterte Perspektive.



Meditation I:
Wer sagt eigentlich, dass die besten Ideen immer am Schreibtisch entstehen? Richtig ist: Gute Forschung braucht Ruhe und Zeit. Und den prüfenden Blick der Philosophie, um über Möglichkeiten aber auch Grenzen neuer wissenschaftlicher Instrumente wie der Simulationstechnologie zu reflektieren.



Meditation II:
Von einem direkten Blick in den Laserstrahl ist aus gesundheitlichen Gründen zwar abzuraten, aus sicherer Entfernung aber entfaltet er fast hypnotische Kraft. Und hilft hier nebenbei, kleinste Gelenke des Mittelohrs zu untersuchen und ihre Rolle bei der Schallübertragung so besser zu verstehen.

Höchstleistungsrechner I:
Im gesamten Simulationszyklus ist die Mathematik eine feste Größe – von der Modellierung und numerischen Simulation über die Visualisierung bis hin zur Validierung und Interpretation.



Höchstleistungsrechner II:
1 000 000 000 000 000 Rechenoperationen und mehr schafft Deutschlands schnellster Supercomputer – genug, um bei SimTechs Computersimulationen nicht heiß zu laufen.

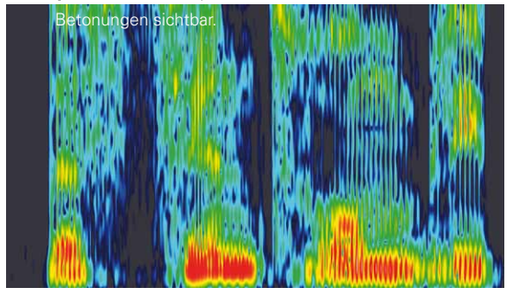
# Maschinen als Helfer für den Geist

## Digitalisierung schafft neue Zugangsmöglichkeiten zu Sprache und Literatur

**Bücher, E-Mails, Blogs: Nie zuvor haben die Menschen so viel geschrieben und gelesen wie heute. Ein großer Teil der schriftlichen Kommunikation und Sprache läuft inzwischen aber über elektronische Kanäle. Darauf müssen sich Sprach- und Literaturwissenschaften einstellen. An mehreren Instituten der Universität Stuttgart leisten Geisteswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler daher Pionierarbeit mit elektronischen Forschungsprojekten. Sie machen 700 Jahre alte Texte für jeden verfügbar, verhelfen zu neuen Erkenntnissen über Autoren und Quellen oder tragen dazu bei, Missverständnisse in der Kommunikation auszuräumen.**

Wer auf seinem Mobiltelefon eine Kurznachricht schreibt, bekommt heute schon nach den ersten Buchstaben das komplette Wort vorgeschlagen. Damit ein Programm die richtigen Wörter vorschlägt, müssen Sprachwissenschaftler die Regeln der Grammatik erarbeiten. Gemeinsam mit Computerlinguisten gilt es dann, den Maschinen diese oft komplizierten Regeln beizubringen. Unter anderem mit diesen Regeln und mit statistischen Worthäufigkeiten beschäftigen sich rund 50 Forscherinnen und Forscher im Sonderforschungsbereich 732 „Incremental Specification in Context“, dem derzeit größten Projekt der elektronischen Geisteswissenschaften, der „E-Humanities“, an der Uni Stuttgart. Unter der Federführung von Prof. Artemis Alexiadou vom Institut für Linguistik und mit einem Budget von jährlich zwei Millionen Euro von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gehen sie der Frage nach, wie man Mehrdeutigkeiten in der Sprache erkennen und auflösen kann. Dazu kooperieren die Sprachforscher mit den Computer-Fachleuten um Prof. Grzegorz Dogil und Prof. Jonas Kuhn vom Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung (IMS), internationalen Forschungseinrichtungen sowie den Unternehmen Sony und Google.

Experimentelle Phonetik: Spektrogramme machen Sprache und Betonungen sichtbar.



Eine ihrer wichtigsten Fragen ist die Bedeutung, in welcher ein Autor ein Wort verwendet. „In jeder Sprache gibt es Wörter, die mehrere Bedeutungen haben“, erklärt Alexiadou. „Zuerst einmal erforschen wir, was diese mehreren Bedeutungen sind.“ In einem zweiten Schritt finden die Linguisten heraus, in welchen Kombinationen diese Wörter auftreten. „Dann wollen wir aus der Sicht der theoretischen Linguistik erklären, wieso das so ist, warum manche Wörter diese Möglichkeit haben und andere nicht.“ Gleichzeitig untersuchen die Computerlinguisten, ob man etwa mit Hilfe der Statistik vorhersagen kann, wie oft sich die Wörter in dieser Bedeutung in einem Text finden. Das Ziel sind korrekte maschinelle Übersetzungen. „Wenn Sie beispielsweise an das Europaparlament denken, dort müssen alle Vorlagen übersetzt werden. Dabei hat man das Problem, wie ein Wort exakt in der anderen Sprache wiedergegeben wird“, sagt Alexiadou. „Wenn die Maschine das wortwörtlich übernimmt, kommen manchmal total falsche Sätze heraus.“



Aufnahme eines Dialogs im schalltoten Raum im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 732. Durch die Glasscheibe wird eine saubere Trennung der Sprachsignale gewährleistet. Das Projekt untersucht, wie sich Gesprächspartner im Dialog phonetisch aneinander anpassen.

### *IM ZIMMER, INS ZIMMER, ZUM BAHNHOF…*

Diese Schwächen will die Gruppe mit einer Kombination aus statistischen Verfahren und den Regeln der theoretischen Linguistik lösen. Vor welchen Schwierigkeiten die Zweierteams des Graduiertenkollegs aus Sprachwissenschaftlern und Computerlinguisten stehen, macht die Professorin am Satzbau deutlich: „Bei den meisten Präpositionen ist es so: Wenn Sie den Dativ nehmen, ist es lokal, wenn Sie den Akkusativ nehmen, gibt er eine Richtung an“, erklärt Alexiadou. Also „ich tanze im Zimmer“ oder „ich tanze ins Zimmer“. Daraus könnte man eine Regel ableiten. „Aber dann haben Sie die Probleme mit einer Präposition wie *zu*. Diese nimmt den Dativ, gibt aber eine Richtung an“, verdeutlicht die Linguistin: „Ich gehe zum Bahnhof.“ Diese Vielfalt müssen die Maschinen erst noch lernen.

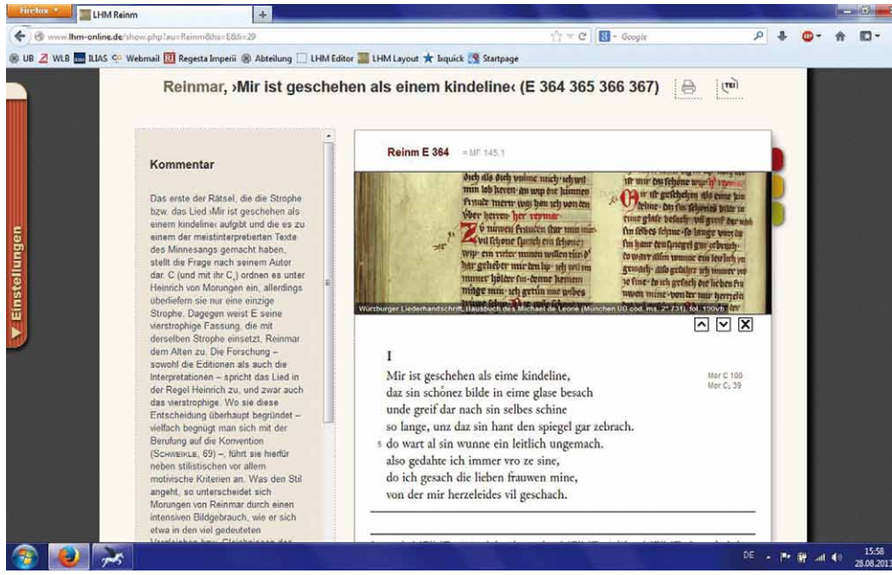
Eine besondere Herausforderung stellt die Kommunikation dar, in der die eigentliche Information weglassen wird, wie Alexiadou an einem Alltagssatz verdeutlicht: „Wenn Sie zu mir sagen, dass es heute heiß ist, wollen Sie mir damit vielleicht bedeuten, dass ich ein Fenster öffnen soll.“ Um Regeln für diese Art von Sprache zu finden, werten die Computerlinguisten auch Nachrichtentexte und Bundestagsreden aus. Langfristig sollen Maschinen in der Lage sein, selbst die Informationen korrekt zu verarbeiten, die der menschliche Geist verpackt und versteckt. Im dritten Teil des Sonderforschungsbereichs, der sich von 2014 an für vier weitere Jahre anschließen soll, wollen die Forscher daher die gesammelten Daten und Erkenntnisse zusammenführen und die Arbeit mit der Sprache weiter vereinfachen, wie Alexiadou hofft: „Teile davon werden sicher dazu beitragen, dass maschinelle Übersetzungen noch besser werden.“

### *ZÄHLEN STATT HERMENEUTIK*

Auch in der Forschung über Literatur eröffnen Computer Möglichkeiten, die dem Geist bisher verwehrt blieben. Alte Texte und deren neue Nutzungsmöglichkeiten erschließen daher zwei Projekte am Institut für Literaturwissenschaft: Prof. Sandra Richter, Abteilung Neuere deutsche




Hierarchische Visualisierung von Emil Staigers ‚Grundbegriffe der Poetik' (Zürich 1946) in Kapitel, Seiten und Sätze.




Die digitale Aufbereitung des Liedes „Mir ist geschehen als einem kindelîne" hilft bei der Klärung der Autorenschaft des vielinterpretierten Minnesangs.

Literatur, hat sich gemeinsam mit dem IMS und den Informatikern vom Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme der Universität Stuttgart vorgenommen, die Entwicklung der Wissenschaft über die Dichtkunst elektronisch zu analysieren. Dazu wollen die Forscher 20 repräsentative Texte aus der Literaturwissenschaft vom 18. bis zum 20. Jahrhundert digitalisieren und neue Werkzeuge daran testen und entwickeln. 650.000 Euro stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung für das Projekt „ePoetics" zur Verfügung. Die Begründung: Es wird die wissenschaftlich bedeutsamen Texte digital verfügbar machen. Zudem will das Team, an dem sich auch die Technische Universität Darmstadt beteiligt, Programme entwickeln, mit denen man jede Art von argumentierendem Text digital analysieren lassen kann. Denn bei der Frage, wie man Texte so erfasst, dass man sie wissenschaftlich bearbeiten kann, steckt die Wissenschaft noch in den Kinderschuhen. „Vieles läuft über Quantitäten", sagt Sandra Richter über die Vorteile der E-Humanities. „Und das ist ein Bereich, über den in den hermeneutischen Wissenschaften bisher überhaupt noch nicht ausreichend diskutiert worden ist. Da geht man bisher qualitativ vor und zählt nur selten." Um ein Werkzeug zu entwickeln, das solche quantitativen Verfahren und auch komplexe Funktionen beherrscht, hat sich die Literaturwissenschaftlerin die Poetiken seit Ende des 18. Jahrhunderts vorgenommen und die Frage, wie sich diese bis ins 20. Jahrhundert gewandelt haben – etwa, welche Schlüsselbegriffe aufkamen. Das Korpus der Poetiken und Ästhetiken von 1770 bis 1960 dokumentieret das Denken und Schreiben über Literatur und andere Künste für fast 200 Jahre.

Zunächst werden die Texte in Darmstadt erfasst. Anschließend entwickeln acht Informatiker, Fachleute für maschinelle Sprachverarbeitung und Literaturwissenschaftler Analyse-Tools. Entstehen soll eine Kombination aus algorithmischen und computergestützten mit traditionell hermeneutischen Methoden des Textverständnisses. Mit anfangs 20 ausgewählten Texten will Richter ihr Programm entwickeln und testen. Später soll es auf ein größeres Korpus ausgeweitet werden.
Welche Erkenntnisse durch diese Kombination möglich werden, erklärt Richter am Beispiel der Erhabenheit in der Betrachtung der Literatur: „Wenn wir schauen, wie oft taucht der Begriff des Erhabenen in den Poetiken des ausgehenden 18. Jahrhunderts auf, dann ist das ziemlich häufig. Nun fragt man sich: Was heißt es, wenn in einem Text 100 Mal der Begriff des Erhabenen vorkommt? Da kann man hermeneutisch sagen, dieser Umstand ist begründet in der Rezeption von Edmund Burke und Immanuel Kant", so Richter. „Damit lernen wir, dass diese Poetiken ganz zentral jene beiden Texte in den Mittelpunkt rücken. Das hat Konsequenzen für die Behandlung des gesamten Wissensbereiches, weil man sagen kann: Damals hat die ältere Poetik, die diese Konzepte ignorierte, sich umgestellt und ist zu einer Art moderner Wissenschaft geworden."

### *DIGITALER MINNESANG*

Die digitale Analyse von Texten zeigt auch den Weg auf für die Lösung eines Problems, das der Deutsche Wissenschaftsrat aufgeworfen hat: Was wird aus Bibliotheken, Archiven und Datenbanken im digitalen Zeitalter? Wie eine solche Lösung aussehen kann, führt Prof. Manuel Braun, Abteilung für Germanistische Mediävistik, an seinem Computer vor – wenn auch erst in einer Demoversion. Mit dem Projekt „Lyrik des hohen Mittelalters. Eine exemplarische elektronische Edition", hat sich Braun vorgenommen, den Minnesang in Teilen digital herauszugeben. Über den Strophen- oder Autorennamen wählt der Altgermanist in dem Programm zunächst ein Lied Walthers von Mezze aus. Dieses kann er als Digitalisat aus der Handschrift Codex Manesse oder als Transkription aufrufen. Ein Kommentarfeld informiert über die Überlieferung des Liedes und die Sekundärliteratur. Die vier verschiedenen Abschriften, in denen das Lied weitergegeben wurde, lassen sich in beliebiger Reihenfolge nebeneinanderstellen und vergleichen.

### *HANDSCHRIFTEN WERDEN LESBAR*

Mit wenigen Klicks macht Braun den handschriftlich überlieferten Text für heutige Augen lesbar, indem er Eigenheiten der mittelalterlichen Schreibpraxis an heutige Gewohnheiten anpasst, etwa die Darstellung des Graphems ö durch die Übereinanderschreibung von e und o, die fehlende Unterscheidung der Grapheme u und v oder den fehlenden Zeilenumbruch.
Für die Edition arbeitet Braun mit Prof. Florian Kragl und Dr. Sonja Glauch von der Universität Erlangen zusammen. Das von der DFG mit 200.000 Euro geförderte Projekt soll zeigen, welche enormen Vorteile es hat, wenn man die zwischen den Jahren 1150 und 1300 entstandenen Texte digital herausgibt. Zunächst planen die drei, neun Autoren des Minnesangs aus dem 13. Jahrhundert digital zu transkribieren. Danach werden 1.254 von 10.000 Strophen der mittelhochdeutschen Lyrik im Internet zur Verfügung stehen.
Die Autoren sind allesamt in verschiedenen Abschriften überliefert, weshalb die digitale Edition hier ihre Stärken ausspielen kann: Existieren von einem Lied mehrere Versionen, lässt sich das im gedruckten Buch nur im Paralleldruck darstellen. Dabei müssen die Texte in einer festen Reihenfolge angeordnet werden. „Bei einer elektronischen Ausgabe habe ich die Möglichkeit, das hin und her zu schalten", sagt Braun. Zudem soll das Programm über ein Werkzeug verfügen, das jedes Wort gleich in seiner Stammform anzeigt. „Dies ist wichtig für die Suchfunktion", erklärt Braun. „Denn wenn Sie beispielsweise wissen wollen, wie oft das Wort ezzen vorkommt, wollen Sie ja auch Formen wie az oder hât gezzen mit erfassen." So lässt sich ohne großen Aufwand herausfinden, was bisher fast unmöglich war: Was waren die meistgebrauchten Wörter eines Autors? Hatte er einen reichen oder eingeschränkten Wortschatz?
Für Braun liegt der Vorteil der E-Humanities auf der Hand: „Früher hätte man die Faksimiles aus der Bibliothek holen, nebeneinander legen und vergleichen müssen." Heute geht das am Bildschirm mit wenigen Klicks.

*Daniel Völpel*

www.uni-stuttgart.de/linguistik/sfb732/
www.uni-stuttgart.de/literat/

# 1:10!

*STARKE PAARUNG*

Der hochspezifische Nachweis von genetischem Material ist für die moderne Medizin, die Forensik und die Biologie eine wichtige Aufgabe. Manche DNA-Sequenzen lassen sich jedoch nur schlecht nachweisen, weil ihre Kernbasen schwache Basenpaare ausbilden. Insbesondere die Kernbase Adenin („A“ im genetischen Alphabet) bindet nur schwach an die komplementäre Base Thymin (T). Marco Minuth und Prof. Clemens Richert vom Institut für Organische Chemie der Universität Stuttgart haben einen chemischen Ersatz für das Thymin gefunden, der eine stärkere und selektivere Basenpaarung mit Adenin eingeht und berichteten darüber in der führenden Fachzeitschrift „Angewandte Chemie“.
Dadurch gelingt es, ungewollte Basenkombinationen in der Doppelhelix wirkungsvoller zu unterdrücken und Fehlinterpretationen bei genetischen Analysen leichter zu vermeiden.

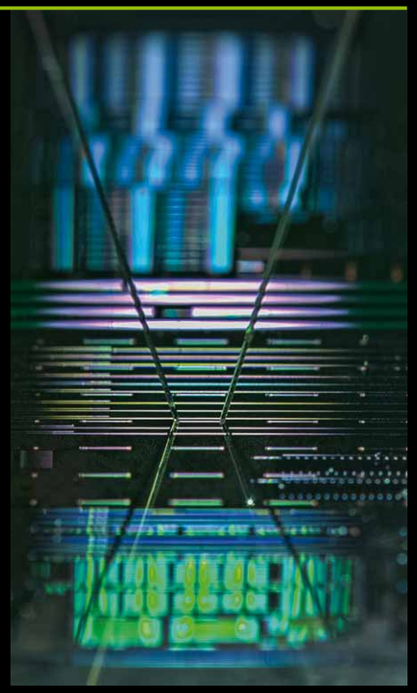


*SCHLAUE LAUFSCHUHE*

Sportverletzungen durchs Laufen sind äußerst unangenehm. Und oft bemerken Betroffene zu spät, wenn sie durch ungünstige Bewegungen eine Fehlbelastung verursachen. Forscher am Institut für Sport- und Bewegungswissenschaften (Inspo) der Universität Stuttgart entwickeln einen „Smart Shoe“, dessen Sensoren genau davor warnen – und zwar während des Laufens. Noch sind die elektronischen Komponenten zu groß und zu schwer, um in einen Schuh integriert zu werden. Doch die Partner am Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens (PFI) arbeiten bereits fieberhaft an einer Minitiaturisierung.

*WELTREKORD IN SACHEN ENERGIEEFFIZIENZ*

Forschern des Instituts für Elektrische und Optische Nachrichtentechnik (INT) der Universität Stuttgart und des Instituts für Mikroelektronik Stuttgart (IMS CHIPS) gelang ein Weltrekord bei der energieeffizienten photonischen Integration in Silizium. Dies ist ein wichtiger Schritt zur Eindämmung des Energieverbrauchs bei der Datenübertragung im Internet und in der Telekommunikation.
Die Wissenschaftler arbeiteten mit optimierten aperiodischen Gitterstrukturen im Nanometerbereich mit einem neu entwickelten Rückseitenspiegel. . Dadurch konnte in der Koppeleffizienz für Licht aus der Standardglasfaser in integrierte photonische Wellenleiter auf Siliziumscheiben ein Rekordwert von 87 Prozent erreicht werden.





*WIRKUNGSVOLLE SOLARZELLEN*

Die Photovoltaik boomt zwar weltweit, doch die Situation für deutsche Hersteller von Solarzellen und -modulen ist kritisch. Gründe dafür sind weltweite Überkapazitäten. Insbesondere Hersteller aus China schwemmen massenhaft Billig-Module mit einem Wirkungsgrad von etwa 15 Prozent auf den Markt. Deutsche und andere europäische Hersteller können nur mithalten, wenn sie Zellen und Module mit höherem Wirkungsgrad zu konkurrenzfähigen Preisen anbieten. Das Institut für Photovoltaik (IPV) der Universität Stuttgart hat nun auf der Jagd nach höchsten Wirkungsgraden mit möglichst einfachen Produktionsprozessen einen neuen Rekord erzielt. In einem vom Bundesumweltministerium geförderten Projekt gelang es, Zellen aus kristallinem Silizium mit nahezu 22 Prozent Wirkungsgrad herzustellen.
Das Erfolgsgeheimnis liegt in einem am Institut entwickelten Laserprozess, mit dem es gelingt, Rückseitenkontaktzellen ohne jegliche Maskierungsschritte herzustellen. Hierdurch entfällt fast die Hälfte der bei der Produktion solcher Zellen erforderlichen Prozessschritte. Als nächstes wollen die Wissenschaftler die 23-Prozent-Marke knacken. Der Zellprozess sollte sich relativ rasch in die industrielle Produktion umsetzen lassen.“

*REKORDTURBINE*

An der Universität Stuttgart steht seit Mai 2013 ein Schnittmodell der Siemens Gasturbine des Typs SGT5-8000H. Im Original hält diese Gasturbine im Betrieb in einem Gas- und Dampfturbinen(GuD)-Kraftwerk seit rund zwei Jahren den Weltrekord im Wirkungsgrad mit 60,75 Prozent. Im Maßstab 1:10 dient das Modell der größten und leistungsstärksten Gasturbine von Siemens Studierenden und Lehrkräften in den Fakultäten Energie-, Verfahrens- und Biotechnik sowie Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie an der Universität Stuttgart als praktisches Anschauungsobjekt.



# Nur nicht in Watte packen

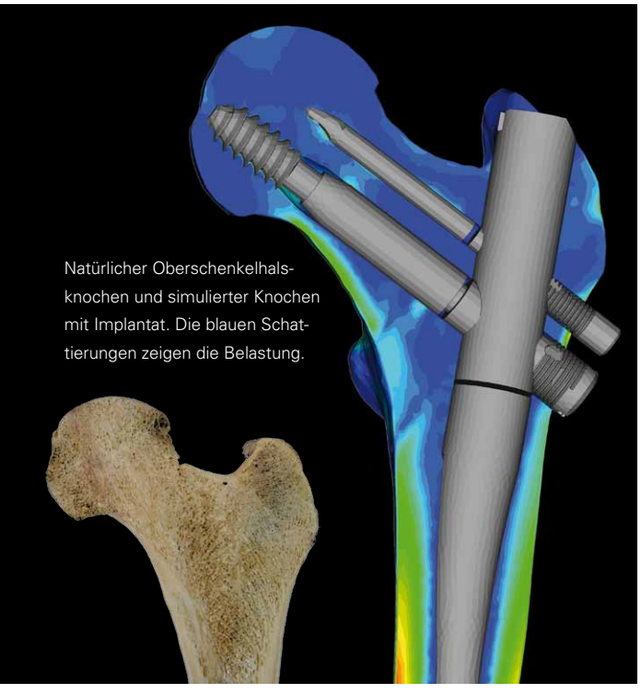
## Innovationen für eine alternde Gesellschaft



Die Herausforderungen des demographischen Wandels können nur gemeinsam gemeistert werden: An der Universität Stuttgart arbeiten Bewegungswissenschaftler, Ingenieure, Informatiker und Architekten gemeinsam daran.

**Wissenschaftler der Universität Stuttgart erforschen, wie die Gesellschaft der wachsenden Gruppe älterer Menschen gerecht werden kann. Gesundheits- und Bewegungsexperten sind ebenso gefragt wie Ingenieure, Informatiker, Städteplaner und Sozialwissenschaftler.**

Es ist eine der häufigsten Verletzungen in Deutschland: Etwa 160.000 Menschen erleiden jährlich in Deutschland einen Oberschenkelhalsbruch. Die Folgen sind oft schwerwiegend: Viele der meist älteren Patienten verlieren ihre Selbständigkeit, ein Viertel von ihnen stirbt im ersten Jahr nach der Verletzung. Deutlich bessere Heilungschancen haben Patienten, wenn der Knochen mit Implantaten stabilisiert wird. Das Problem: Bisher ist es nur schwer möglich, die Implantate so passgenau und patientenspezifisch anzufertigen, dass sie ausschließlich die Heilung fördern und nicht zu Komplikationen führen. Bei etwa zehn Prozent der Patienten kommt es deshalb zu negativen Folgen. Mediziner und Ingenieure der Universität Stuttgart haben gemeinsam eine Lösung für dieses Problem entwickelt. Auf den Computern des Hochleistungsrechenzentrums Stuttgart (HLRS) simulieren sie die individuelle Knochenstruktur der Patienten und finden so passende Implantate. „Wir entwickeln einen Weg, für jeden Patienten individuell entscheiden zu können, welches Implantat am besten passt“, sagt Ralf Schneider, Ingenieur am HLRS. Möglich werden diese Simulationen durch schiere Rechenkraft: Bisher dauerte der Rechenvorgang pro Patient eine Woche, mit den am HLRS entwickelten neuen Simulationsmethoden nur noch wenige Stunden.



Natürlicher Oberschenkelhalsknochen und simulierter Knochen mit Implantat. Die blauen Schattierungen zeigen die Belastung.

### *MEHR ALTERSTYPISCHE VERLETZUNGEN*

Zeit ist Gesundheit: Die Schnelligkeit der Riesen-Rechner kann nach einem Oberschenkelhalsbruch in Einzelfällen Leben retten – und häufig Schmerzen und Einschränkungen minimieren. Wenn alte Menschen nach einer Fraktur des Oberschenkels nicht nach ein oder zwei Tagen operiert werden, drohen lebensgefährliche Folgen wie Thrombosen oder Infektionen. Schneider hofft, dass die computergestützte Simulation des optimalen Implantats in naher Zukunft Marktreife erlangt – und dann vielen Patienten Folgeoperationen und Komplikationen ersparen kann.
Sicher ist: Der Bedarf an computergestützten Lösungen in der Behandlung von Oberschenkelhalsbrüchen wird steigen. Betroffen sind fast nur Menschen, die älter als 60 Jahre alt sind – und diese Gruppe wächst beständig. Nach Schätzungen des statistischen Bundesamts werden im Jahr 2050 etwa 37 Prozent der Menschen dazu gehören. Entsprechend wird die Zahl der alterstypischen Verletzungen steigen, sagt der Freiburger Orthopäde Peter Helwig. „Das ist nicht nur ein Problem der Patienten, sondern auch ein Problem aus wirtschaftlicher Perspektive“, führt der Mediziner aus.
Schon heute kooperiert die Universität Stuttgart mit Ingenieurgesellschaft LASSO aus Leinfelden-Echterdingen, um die Simulationstechnik tauglich für den Massenmarkt zu machen. Das Ziel: Ärzte und Krankenhäuser sollen eines Tages die Ergebnisse der Computertomographie eines Patienten an die Ingenieure schicken können, diese geben dann zeitnah eine Empfehlung für ein individuell maßgeschneidertes Implantat ab.

### *BEWEGUNG FÜR EIN LANGES LEBEN*

Die Herausforderungen einer älter werdenden Gesellschaft beschäftigen auch die Sport- und Gesundheitswissenschaftlerin Prof. Nadja Schott. Im Mittelpunkt ihrer Forschung steht die Frage, wie Mobilität und Gesundheit älterer Menschen durch den Lebensstil und vorbeugende Übungen lange erhalten werden kann. Dass Bewegung die Gesundheit von jungen wie alten Menschen fördert, ist inzwischen Allgemeingut. Irritierend dürfte für einige hingegen die These von Nadja Schott sein: Alte Menschen sollten nicht geschont, sondern an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit gebracht werden.



Der Hochschulsport der Universität Stuttgart bietet auch Trainingsprogramme für und mit Senioren.

„In Deutschland heißt Seniorensport noch oft: betreutes Sitzen mit Augenrollen“, sagt sie. „Wir packen die älteren Menschen in Watte, aus Angst, es könnte etwas passieren.“ Doch diese Schonhaltung sei kontraproduktiv, sagt Schott. Ihre Studierenden an der Uni Stuttgart lässt sie deshalb ganz praktisch Trainingsprogramme für und mit Senioren durchführen. Die häufigste

Reaktion: „Oh, die können aber noch viel!“ So lassen sich durch frühzeitiges und regelmäßiges Üben körperliche und kognitive Fähigkeiten lange auf einem stabilen Niveau halten. Damit sinkt das Risiko von Erkrankungen und Verletzungen wie Oberschenkelhalsbrüchen, andererseits steigt die Lebensqualität der älteren Menschen. Ein Nebeneffekt des anspruchsvollen Seniorensports, der vor Leistungstests nicht zurückschreckt: Auch Männer fühlen sich davon mehr angesprochen, bei herausfordernden Kursen steigt deren Teilnahmequote von zehn auf fünfzig Prozent. „Zudem ist das ein soziales Event“, stellt Nadja Schott fest. Diese erfreulichen sozialen Nebenwirkungen erlebt die Wissenschaftlerin selbst bei Kursen, die sie mit ihren Mitarbeitern im Robert-Bosch-Krankenhaus (RBK) in Stuttgart anbietet. „Das ist gleichzeitig eine Freundschafts- und Partnerbörse.“

Die Forschungen zum Zusammenhang zwischen Bewegung und Lebensqualität haben einen weiteren interessanten Hintergrund: Australische Forscher haben den Zusammenhang zwischen der Gehgeschwindigkeit älterer Menschen und ihrer Sterbewahrscheinlichkeit untersucht. Das Ergebnis: Wer schneller als 0,8 Meter pro Sekunde geht, hängt den Sensenmann ab. Prof. Clemens Becker, Geriater am RBK und Honorardozent an der Uni Stuttgart, verweist gerne auf diese Studie, um zu zeigen, wie wichtig motorische Fähigkeiten für ältere Menschen sind. Becker hat bei der Behandlung älterer Menschen festgestellt, dass die Gehgeschwindigkeit aussagekräftige medizinische Diagnosen erlaubt. Mehr noch als klassische Risikofaktoren wie Bluthochdruck oder erhöhte Cholesterin- und Zuckerwerte lässt das Gehtempo Rückschlüsse auf Erkrankungsrisiken zu. Noch ein Vorteil: „Die Messung ist leicht durchführbar und intuitiv zu verstehen“, so Becker.

## *WOHNRAUM FÜR ALT UND JUNG*

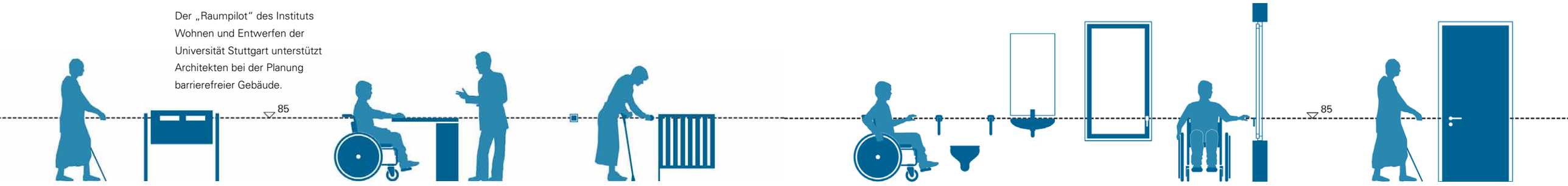
Körperliche Fitness und gute medizinische Behandlung sind zentrale Bausteine eines guten Lebens im Alter. Wichtig sind jedoch auch die Rahmenbedingungen, die Stadt- und Verkehrsplanung vorgeben. Im Studiengang „Integrierte Gerontologie“ der Universität Stuttgart erforschen Wissenschaftler interdisziplinär, wie der ideale Wohnraum der Zukunft für Jung und Alt aussieht. Der Gesundheitswissenschaftler und Studiengangsleiter Prof. Wolfgang Schlicht fasst die Zielsetzung so zusammen: „Wenn Mobilität aufrechterhalten werden soll, weil sie für Eigenständigkeit und soziale Kontakte wichtig ist, wird man Technik und Umwelt attraktiv für Alte gestalten müssen.“

Die Soziologin Melanie Schölzke, die zurzeit den Masterstudiengang absolviert, beschäftigt sich mit zukunftsfähigen Wohnformen in einer immer älter werdenden Gesellschaft. Dabei stieß sie auf Wohnungsbaugesellschaften im Stadtteil Bad Cannstatt, die in ihren Planungen die Bedürfnisse älterer Menschen mit dem Netzwerkgedanken verbinden. Junge Familien helfen ihren älteren Nachbarn beim Einkaufen oder bei Reparaturen; im Gegenzug gießen die Senioren die Blumen der Nachbarn, wenn diese im Urlaub sind. Die Bürgersteige in der ganzen Siedlung sind niedrig – das ist für Rollatoren genauso wichtig wie für Kinderwägen.

In Stuttgart-Bad Cannstatt wird die Zahl der über 65-jährigen in den nächsten zwanzig Jahren um 24 Prozent steigen – und damit eine zentrale Zielgruppe der Vermieter werden. Mit den Folgen des demografischen Wandels für den Städtebau beschäftigt sich an der Universität Stuttgart auch der Städteplaner und Architekt Prof. Helmut Bott. Für ihn ist klar, dass die Planung von Wohngebäuden immer in den Kontext der Infrastruktur und des sozialen Netzes eingebunden sein muss. Ziel einer nachhaltigen Entwicklung von Wohnquartieren sollte deshalb auch sein, die Vernetzung zwischen den Generationen gezielt zu fördern. Nur so ist es möglich, dass der Umbruch des demografischen Wandels nicht zu Vereinzelung und einer Verschlechterung der Lebensqualität führt.

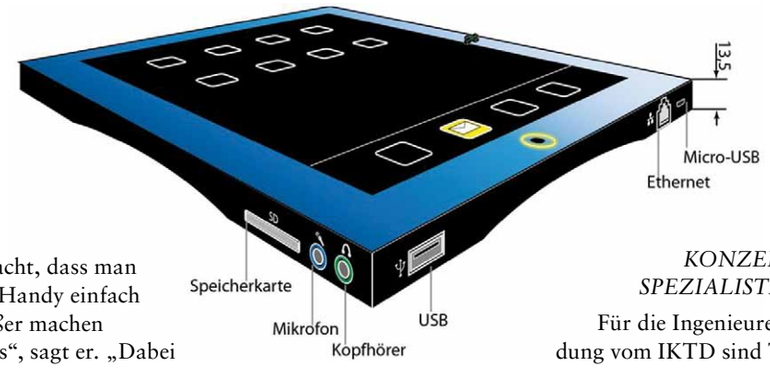
## *HIGH-TECH FÜR SENIOREN*

Dieser Umbruch findet nicht nur im Großen und Ganzen, sondern auch im Kleinen und Alltäglichen statt. Der demografische Wandel beeinflusst deshalb auch massiv die Art und Weise, wie Technologie für den täglichen Gebrauch gestaltet wird. Gerade älteren Menschen war der Zugang zu moderner Technologie lange verschlossen. Nachlassende Fähigkeiten und Angst vor Komplexität erschwerten Senioren die Bedienung der Geräte. Inzwischen findet ein Paradigmenwechsel statt: Gerade die Anpassung an die Bedürfnisse alter Menschen führt zu guter Bedienbarkeit für alle. Zu den ersten Versuchen, moderne Technik seniorengerecht zu gestalten, gehörten riesige Handy-Tasten. Sie sollten älteren Menschen, deren Seh- und Tastsinn nachlässt, eine Hilfe sein. Doch als sie Mitte der neunziger Jahre auf den Markt kamen, wollte sich kaum jemand damit sehen lassen: Denn schon von weitem war sichtbar: Hier ist jemand nicht mehr ganz auf der Höhe. Weil sich keiner das Etikett „Technik-Opa“ anheften wollte, verschwanden die gut gemeinten Senioren-Telefone bald vom Markt. Den Leiter des Forschungs- und Lehrgebiets Technisches Design am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Uni Stuttgart, Prof. Thomas Maier, wundert das nicht. „Man hat




Der „Raumpilot“ des Instituts Wohnen und Entwerfen der Universität Stuttgart unterstützt Architekten bei der Planung barrierefreier Gebäude.

Seniorengerechtes iPad, konzipiert im Rahmen einer Bachelor-Arbeit am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design der Universität Stuttgart.




gedacht, dass man das Handy einfach größer machen muss“, sagt er. „Dabei hat man die Stigmatisierung nicht beachtet.“ Das hat sich in den vergangenen Jahren grundlegend gewandelt. „Wie versuchen Ergonomie, also die gute Handhabung, und ästhetische Aspekte zusammen zu bringen“, beschreibt Maier den Paradigmenwechsel, den die Entwickler vom IKTD verinnerlicht haben.

Auch ältere Menschen wollen schöne Dinge ansehen und anfassen. Diese Einsicht liegt dem „Universal Design“ zu Grunde, das aus den USA kommt. Das Prinzip: Wenn ein Gerät für ältere Menschen gut geeignet ist, dann bedienen es auch jüngere gerne. Idealtypisch für diese Entwicklung stehen die Smartphones und Tablet Computer, denen die Firma Apple den Weg in den Massenmarkt geebnet hat. Tasten gibt es nur wenige, die Symbole und Schriften können leicht im Display vergrößert werden, ohne dass der Sitznachbar etwas merkt.

In Deutschland folgt man diesem Mega-Trend bisher zögerlich. Thomas Maier sieht den Grund dafür auch in der mangelnden Wertschätzung der Älteren in der Gesellschaft. In Japan etwa, dem Industrieland mit dem höchsten Anteil älterer Menschen, sind die Senioren auch bei der Produktentwicklung viel stärker im Blick. In Deutschland wird die Alterspyramide in zehn bis fünfzehn Jahren ähnlich aussehen. Prof. Maier setzt deshalb auf die Öffnung der technischen Disziplin für andere Fächer. „Wir sind auf die Gesellschafts-, Sozial- und Sportwissenschaftler angewiesen“, sagt er. Seit zwei Jahren kooperiert das IKTD deshalb im Rahmen des Studiengangs „Integrierte Gerontologie“ eng mit diesen Fächern.

### *KONZERNE SUCHEN SPEZIALISTEN*

Für die Ingenieure mit Designausbildung vom IKTD sind Telefone und Tablet-Computer nur ein Teil ihrer Arbeit. Sie prüfen und verbessern viele Produkte aus gerontologischer Perspektive: Bankautomaten, Fernbedienungen oder auch DVD-Spieler. Eine ganz entscheidende Erkenntnis über das Bedienverhalten von Senioren: Ihr Seh- und Hörvermögen lässt oft stark nach, aber ihr Tastsinn bleibt länger erhalten. Senioren wollen sich die Geräte durch Ertasten erschließen. Außerdem ist es wichtig, dass sie vom Gerät Rückmeldung erhalten. „Deshalb arbeiten wir am haptischen Feedback“, so Maier. Inzwischen gibt es erste Exemplare von Displays, die dem Benutzer fühlbar Rückmeldung geben. Neben modernster Kommunikationstechnologie entwickeln die Stuttgarter Ingenieure auch klassische Hilfsmittel, bei denen ebenso die Erkenntnisse der Integrierten Gerontologie zum Tragen kommen. In enger Zusammenarbeit mit einem mittelständischen Betrieb wurde ein „Treppensteiger“ für Rollstühle ergonomisch optimiert. Nach eingehenden Gebrauchsanalysen auf den Treppen des Instituts entstand ein Prototyp, der die Prinzipien von Einfachheit und Eleganz verband. Inzwischen ist der Treppensteiger erfolgreich in Serie gegangen. Nicht nur Spezialbetriebe, sondern auch die großen Technologiekonzerne haben erkannt, wie wichtig es für Ingenieure ist, sich in Ältere einfühlen zu können. Autohersteller wie BMW und Audi arbeiten schon lange an Lösungen für ältere Fahrer, immer mehr Firmen setzen gezielt auf „Senior Entwickler“. Denn junge Ingenieure können sich nur bedingt vorstellen, wie Ältere mit Technik umgehen. Maier ist überzeugt, dass die Entwicklungsabteilungen in Zukunft verstärkt Ingenieure mit gerontologischer Kompetenz suchen werden. „In fünf bis zehn Jahren sind diese Spezialisten heiß begehrt.“

*Simon Laufer*

Rollias, ein am Institut für Automatisierung und Softwaretechnik der Universität Stuttgart entwickelter vollautomatisierter Rollator mit Elektroantrieb und Tablet-PC soll künftig Menschen mit Mobilitätsschwierigkeiten unterstützen. Das Tablet bietet am Rollator bisher unbekannte Zusatzfunktionen wie Kommunikation, Navigation und Informationsbeschaffung.



**MASTER:ONLINE Integrierte Gerontologie**

Mit dem Master:Online-Studiengang „Integrierte Gerontologie“ reagiert die Universität Stuttgart auf die demographische Entwicklung, die sowohl gesellschaftlich als auch individuell herausfordernd ist. Der Studiengang steht unter dem Motto: „Der demographische Wandel als Chance – Das Altern gesellschaftlich und individuell gelingend gestalten.“ An der Konzeption und an den Angeboten des Studiengangs arbeiten Hochschullehrer aus der Architektur (Leben und Wohnen im Alter), der Arbeitswissenschaft (Ageing workforce), des Technischen Designs (Intelligente Technik), der Gesundheitswissenschaften (Gelingend Altern), der Sportwissenschaft (Körperliche Aktivität im Alter), der Sozialwissenschaften (Soziale Systeme und Risiken im Alltag) sowie der Gerontologie (Pathologie des Alterns und Rehabilitation) im interdisziplinären Verbund.

Der Master:Online Integrierte Gerontologie richtet sich an Berufstätige, die sich parallel zu ihrer Tätigkeit weiterbilden möchten. Das didaktische Konzept des Studiengangs mischt Online- mit Präsenzanteilen. Nach dem Studium sind die Absolventen befähigt, als Führungskräften für Arbeitsbereiche rund um den Demografischen Wandel das individuelle Altern zu unterstützen und die gesellschaftlichen, politischen, technischen und wirtschaftlichen Bedingungen zu gestalten.

www.moig.uni-stuttgart.de

# „Elektromobilität ist ein Marathon“

## Fahren mit Strom: Fahrzeuge der Zukunft?

**Auf der Internationalen Automobilausstellung 2013 (IAA) standen Elektrofahrzeuge im Mittelpunkt. Ihre Beschleunigung lässt das Herz vieler Autoliebhaber schneller schlagen und ihr klimafreundlicher Ruf ist über die meisten Zweifel erhaben. Doch die Rennstrecke zur kraftstofffreien Mobilität ist lang und reich an Hürden. Wie schaffen es Elektrofahrzeuge aus den Startlöchern in die Breitentechnologie?**

In Stuttgart begegnen sie einem seit Ende vergangenen Jahres verstärkt: die blau-weißen Elektroflitzer eines Carsharing-Anbieters fallen im Meer der konventionellen Autos auf, am Straßenrand oder angestöpselt an eine der aufgestellten Ladesäulen. Die Augen von Prof. Hans-Christian Reuss leuchten, während er erzählt: „Wir haben ein Elektrofahrzeug, das aus dem Stand unter vier Sekunden von Null auf Hundert Stundenkilometer beschleunigt“. Reuss ist Lehrstuhlinhaber für Kraftfahrzeugmechatronik an der Universität Stuttgart. Ein Verbrennungsmotor hingegen gibt erst ab einer bestimmten Drehzahl ein Drehmoment ab – quasi die Kraft, damit die Räder sich drehen.

Nach einem Beschluss der Bundesregierung sollen angesichts der zur Neige gehenden fossilen Kraftstoffe bis 2020 eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen fahren. Der Vorteil: Sie stoßen lokal keine gesundheits- und klimaschädlichen Schadstoffe aus. Zum 1. Januar 2013 waren allerdings erst 7.114 reine Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen, bei insgesamt 43,4 Millionen zugelassenen PKWs. „Elektromobilität ist ein Marathon und kein Sprint“, bemerkt Reuss, „es wird erst richtig losgehen, wenn es mehr Elektrofahrzeuge gibt“. Derzeit gibt es an die 20 Modelle in Deutschland, noch mal so viele werden bis 2014 erwartet. Bisher ist es ein Auto für Idealisten, denn die Stromer sind fast doppelt so teuer wie Autos mit Otto- oder Dieselmotor und Parkplätze mit Stromanschlüssen vielerorts noch Mangelware. Doch ohne Autos gibt es keine Ladeinfrastruktur, und ohne Ladeinfrastruktur keine Autos. Prof. Nejila Parspour ist überzeugt, dass derzeitige kabelgebundene Ladesysteme nur ein Übergang sind: „Die Vision der Zukunft sind Autos, die kabellos geladen werden – und zwar automatisch, ohne dass der Fahrer aussteigen muss“. Beim Parken vor dem Supermarkt, beim Halt vor der roten Ampel oder auch beim langsamen Vorwärtsrollen ließe sich die Batterie eines Elektroautos immer wieder etwas nachladen und somit die Reichweite erhöhen. „Komplettes Entladen und Vollladen mögen derzeitige Lithium-Ionen-Batterien überhaupt nicht, so dass sich auch die Lebensdauer der Batterie erhöht“, erklärt die Professorin, die das Institut für Elektrische Energiewandlung (IEW) leitet.

Parspours Team hat ein Ladesystem entwickelt, das drei Kilowatt – die übliche elektrische Leistung aus der heimischen Steckdose – per Induktion von einer im Straßenboden unsichtbar eingelassenen stromdurchflossenen Spule über einen 15 Zentimeter großen Luftspalt an eine zweite Spule im Fahrzeugboden überträgt. Der Wirkungsgrad liegt bei 90 Prozent, Ziel sind 95 Prozent. Um in der Fahrzeugspule hohe Spannungen hervorzurufen, muss die Straßenspule ein hochfrequentes Magnetfeld von 100 Kilo-Hertz erzeugen. „Die Fahrzeuginsassen vor der elektromagnetischen Strahlung abzuschirmen, ist kein Problem, aber die Halbleiterbauelemente in den Schaltungen werden instabil“, weiß Parspour und tüftelt mit ihren Mitarbeitern an neuen Schaltplänen.

### *SMALL TALK AN DER STROM-TANKSTELLE*

Etwa einen Kilometer von Parspours Institut entfernt, am nordöstlichsten Eck des Vaihinger Campus hat Reuss´ Arbeitsgruppe am Institut für




E-Mobilität und sportliches Fahren müssen kein Widerspruch sein.

Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen die Spule in den Fahrzeugboden eingebaut und dafür gesorgt, dass die Kommunikation zwischen Auto und Ladestation reibungslos funktioniert. So muss das Auto der Ladestation mitteilen, ob die Batterie geladen werden muss, wann die beiden Spulen direkt übereinander liegen, damit kein Energieverlust droht, und sich für die spätere Abrechnung ausweisen. In dem Projekt BIPOL-Plus erforschen Parspour und Reuss mit weiteren Partnern ein kabelloses Schnellladesystem mit 22 Kilowatt Ladeleistung. Damit ließe sich die Batterie eines Elektro-Smart mit einer Kapazität von etwa 20 Kilowattstunden in etwa einer halben Stunden vollladen anstatt wie bisher in sechs Stunden.

Das ist immer noch lange verglichen mit den wenigen Minuten für das Betanken von konventionellen Autos. „Es steht fest, dass die Autos mehr stehen als fahren“, entgegnet Parspour: Wenn ich zur Arbeit fahre und wüsste, dass ich dort mein Auto laden kann, wäre der Weg zur Elektromobilität noch mehr geebnet“. Nichts destotrotz bedeutet das Fahren mit einem Elektroauto nicht nur beim Laden eine gewisse Umstellung: Es ist ein völlig anderes Fahrgefühl. Fast geräuschlos kommt es daher. Was jedoch für die Ohren eine Wohltat ist, kann für Fußgänger gefährlich werden, wenn sie nicht merken, dass sich beim Überqueren einer Straße ein Auto nähert.

### *EIN MITDENKENDES AUTO – DAMIT DER SEGEN NICHT ZUM FLUCH WIRD*

Stolz präsentiert Hans-Christian Reuss das Herzstück seines Instituts: den Stuttgarter Fahrsimulator. Darin fährt ein realer Mensch in einem realen Auto – nur die Straße, auf der er fährt, stammt aus dem Computer, ebenso wie die Häuser und Bäume, an denen er vorbeirollt, sowie die weiteren Verkehrsteilnehmer, etwa Fußgänger. In den kommenden drei Jahren wollen Reuss´ Mitarbeiter ein Fahrerassistenzsystem entwickeln, das Fußgänger auf der Straße erkennt und automatisch ein Brems- und Ausweichmanöver des Autos einleitet. Wie gut es funktioniert, wird

Marco Zimmer am Institut für Elektrische Energiewandlung mit einem Induktionssystem, über das Elektroautos berührungslos aufgeladen werden können.



unter anderem im Fahrsimulator getestet. Ein weiterer Teil des Projekts ZuSE, zu dem auch das Institut für Straßen- und Verkehrswesen unter anderem die Strecken- und Fahrbahnsimulation beisteuert, ist der generellen Sicherheit und Zuverlässigkeit von Elektrofahrzeugen gewidmet. „Elektrofahrzeuge haben viel mehr Freiheitsgrade“, stellt Reuss fest. Elektromotoren sind leichter steuerbar und werden daher eher mit automatisierten Funktionen ausgestattet als die herkömmlichen „Verbrenner“. Ob sie zuverlässig funktionieren, muss vorher ausgiebig getestet werden, beispielsweise die einzelnen Radantriebe, die den herkömmlichen Zentralmotor ersetzen. „Stellen Sie sich vor, eines der vier Räder würde während der Fahrt in eine andere Richtung drehen wollen: Die Stabilität des Fahrzeugs wäre gefährdet“, sagt Reuss.



Fahrziel Sicherheit: Im Stuttgarter Fahrsimulator werden auch Fahrerassistenzsysteme für Elektroautos getestet.

## *VOM INDIVIDUALVERKEHR ZUR BREITENTECHNOLOGIE*

Für Städte ist das Elektroauto das ideale Fahrzeug, findet der gebürtige Düsseldorfer: „Gerade bei stockendem Verkehr, wenn im unteren Drehzahlbereich gefahren wird, lässt es sich sehr einfach bewegen“. Und bei jedem Bremsvorgang wird ein Teil der Energie in die Batterie zurückgespeist. „Das Elektrofahrzeug nimmt einem Berge nicht übel“, erzählt Reuss: „Die Reichweite verkürzt sich natürlich beim Bergauffahren, aber verlängert sich auch wieder beim Bergabfahren“. Auf Autobahnen werden Elektroautos wohl auch in naher Zukunft eher selten anzutreffen sein. Der Knackpunkt ist nach wie vor die geringe Speicherkapazität der Batterien, welche die Reichweite einer Batterieladung auf 100 bis 200 Kilometer begrenzt.
Doch selbst bei Kurzstrecken sind die Möglichkeiten der Elektrofahrzeuge noch nicht ausgeschöpft. Wie die Technologie in Bussen, Taxen oder

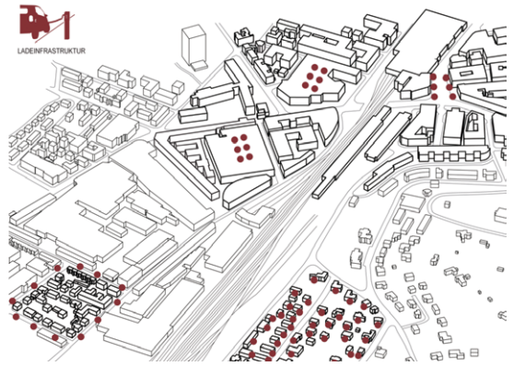



Forschungsladestation auf dem Campus Stuttgart-Vaihingen.

Kommunalfahrzeugen rentabel eingesetzt werden kann, untersuchen mehrere Institute der Uni in Projekten innerhalb des Verbunds „Schaufenster Elektromobilität LivingLab BWe mobil“. „Da haben die Kommunen viele Ideen, zum Beispiel Elektrofahrzeuge für den nächtlichen Lieferverkehr in Fußgängerzonen“, berichtet Reuss.

## *E-MOBIL-FREUNDLICHE STADTQUARTIERE*

Wie viel Elektromobilität letztendlich zum Klimaschutz beiträgt, hängt davon ab, ob der Strom aus regenerativen Quellen stammt und wie viele Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren. „Weitere Hindernisse der Elektromobilität sind neben den Kosten auch die Frage, in wie weit sich das Mobilitätsverhalten der Nutzer ändern muss und ändern wird“, so Dr. Wolfgang Rid vom Städtebau-Institut. Auch die Gegebenheiten einer Stadt spielen eine Rolle, ob Elektroautos sich durchsetzen. Rid hat daher




Auf dem Dach, am Straßenrand oder in der heimischen Garage: Die Infrastruktur zum Laden von Elektroautos kann auf verschiedenste Weise in ein Stadtviertel integriert werden.

eine Quartierstypologie für Elektromobilität entwickelt. „Einfamilienhausquartiere weisen beispielsweise andere energetische Potentiale, Nutzerprofile und infrastrukturelle Anforderungen im Hinblick auf Elektromobilität auf als verdichtete innerstädtische Quartiere“, erzählt er. „Wer im Stuttgarter Westen mit Blockrandbebauung wohnt, ist Laternenparker und braucht eine öffentliche Ladeinfrastruktur“, ergänzt Rid. Einfamilienhausbesitzer können ihr Elektroauto hingegen in der eigenen Garage an die Steckdose hängen. Anhand der Quartierstypologie von Göppingen und Schwäbisch Gmünd untersucht Rids Arbeitsgruppe, wie häufig, wo und wann Elektrofahrzeuge und eCarSharing genutzt werden, wie viel Energie verbraucht wird und wo Elektromobilität an ihre Grenzen stößt.
Zurück am IEW blickt Nejila Parspour jedenfalls zuversichtlich in die Zukunft: „Wenn in Stuttgart alle Menschen Elektroautos fahren würden, wäre die Luft wunderbar“.

*Helmine Braitmaier*

# Industrielle Revolution Reloaded

## Die Fabrik der Zukunft muss nachhaltig und wandlungsfähig sein

Wie von Geisterhand: Die Fabrik der Zukunft ist ein hochflexibler Organismus, in dem Maschinen und Fertigungsstücke mit Lieferanten, Technikern und Kunden Informationen austauschen.

**Die Fabrik der Zukunft arbeitet wie von Geisterhand. Halbfertige Wagen schieben sich durch die Halle, beschreiben Kurven, bremsen und beschleunigen wieder. Ihre elektronischen Steuerungen wissen, welche Teile noch fehlen. Ihre Sensoren sehen, wann der richtige Roboter frei ist und steuern ihn an. Dessen elektronisches Gehirn identifiziert in Sekunden den Fahrzeugtyp, der heranrollt. Sein Greifarm fährt aus, wählt das passende Teil und setzt es ein. Egal ob es Motor, Lenkrad oder Elektronikkomponente ist.**

Es ist ein unendliches Spiel in immer neuen Kombinationen. Was die Autofabrik von heute prägt, wird es nicht mehr geben. Weder Fließbänder, noch starre Taktzeiten, in denen jeder Arbeitsschritt exakt erledigt sein muss. Wenn es irgendwo klemmt, wird nicht mehr die gesamte Montage stillstehen. Per Internet stehen alle Maschinen in Verbindung mit den gebauten Autos. In Lichtgeschwindigkeit tauschen sie Informationen aus mit all denen, die den Produktionsprozess beeinflussen: Zulieferer, Kunden, Produktionstechniker oder Autohäuser – sie alle sind ständig miteinander vernetzt. Die Fabrik der Zukunft ist ein technisch hochflexibler Organismus. Vor allem aber ist sie kein Hirngespinst, sondern soll Schritt für Schritt Realität werden. Die intelligente, vollvernetzte Fabrik, nachhaltig und wirtschaftlich, ist das Ziel von Ingenieuren, Wissenschaftlern und Politikern. Mächtige Industrieverbände wie VDMA (Maschinen- und Anlagenbau), ZVEI (Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) und Bitkom (Informationstechnologien) haben die Bedeutung erkannt. Die Bundesregierung will die Entwicklung der vernetzten und wandelbaren Fabrik mit bis zu 200 Millionen Euro unterstützen.

Einer der wichtigsten Vordenker für den Paradigmenwechsel in der Produktion ist Thomas Bauernhansl. Der Professor leitet an der Stuttgarter Universität das traditionsreiche Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) sowie das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung. Für ihn steht fest, dass die Fertigungsweise der Industrie umgekrempelt werden muss. „Wir brauchen einen grundlegenden Wandel“, lautet das Credo des Maschinenbauingenieurs. Am deutlichsten werde das im deutschen Autobau. Kundenwünsche, schärfere Umweltgesetze und neue Wettbewerber zwingen zum Umdenken – so seine These.

### *VORREITER AUTOMOBILBAU*

Er spricht von einer neuen industriellen Revolution, bei der die Autoindustrie Vorreiter werden muss, wie vor rund 100 Jahren mit Henry Ford. Der US-Industrielle gilt als Erfinder der Fließbandfertigung und Wegbereiter der modernen Massenproduktion, die noch heute bei der Herstellung von Maschinen, Konsumgütern und Elektronik Standard ist. Zwar sind die Produktionsanlagen heute moderner, die Abläufe effizienter als zu Zeiten Fords. Es werden Kosten gesenkt, externe Lieferanten hinzugenommen und Arbeitsschritte an Dienstleister abgegeben. Ein grundlegender Wandel aber sei ausgeblieben, so Bauernhansl. „Das Produktionsprinzip in der Automobilindustrie ist seit Henry Ford unverändert.“ Ein Zustand, den Experten für bedenklich halten.



Prof. Thomas Bauernhansl: „Das Produktionsprinzip in der Automobilindustrie ist seit Henry Ford unverändert.“

Denn die Industrie steht weltweit unter Druck. Immer häufiger entscheiden Käufer nicht mehr nur nach streng wirtschaftlichen Kriterien. Sie wollen Produkte, bei deren Herstellung und Nutzung wenig Rohstoffe und Energie verbraucht werden. „Nachhaltigkeit ist der zukünftige Treiber von Innovationen“, sagt Bauernhansl. Die Fertigung der Zukunft müsse deshalb sparsam mit ihren Ressourcen umgehen. Außerdem verlagern sich die Zentren für Innovationen. Immer mehr Entwicklungen kommen aus Schwellenländern, wodurch der Konkurrenzdruck steigt. Gleichzeitig versuchen Unternehmen, bislang vernachlässigte Kundengruppen zu erschließen. In immer kürzeren Abständen bringen sie neue, maßgeschneiderte Produkte auf den Markt. Die Zahl der Varianten steigt.
In der Fahrzeugindustrie wird dieser Trend sehr deutlich. Mit neuen Modellen kämpfen die Hersteller um Nischenkunden. Im Angebot sind Geländewagen, Coupés, Combis, Cabrios oder Stufenhecklimousinen, in allen erdenklichen Ausführungen mit Hunderten von Extras, mit sportlichem, klassischem oder futuristischem Design. Alternative Antriebsformen wie Elektromotor oder Brennstoffzelle lassen die Zahl der Modelle noch weiter wachsen. Allein im deutschen Autohandel kann der Kunde zwischen etwa 3000 Varianten wählen wie eine Untersuchung an der Universität Duisburg-Essen ergab. Hinzu kommen unvorhersehbare Schwankungen der Nachfrage, wie sie die Schuldenkrise in Südeuropa ausgelöst hat. Das alles führt dazu, dass die Komplexität in der Fertigung explodiert.

### *WISSENSCHAFT UND WIRTSCHAFT HAND IN HAND*

Große Hersteller merken das und suchen nach Auswegen. Die Unternehmen Daimler, Bosch und BASF haben sich deshalb zu einer Initiative zusammengeschlossen und wollen gemeinsam mit der Universität Stuttgart erforschen, wie sie den Automobilbau fit für die Zukunft machen können. Ihr Projekt mit dem Namen ARENA2036 (Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles) haben sie erst vor kurzem aus der Taufe gehoben. Mit dabei sind renommierte Organisationen, unter anderem Fraunhofer-Institute, Institute des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die beiden Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung (DITF). Mehrere mittelständische Unternehmen sind zudem an einzelnen Projekten beteiligt. Für die Kernprojekte fließen in den ersten 15 Jahren Fördermittel in Höhe von 30 Millionen Euro. Materialforscher sollen an der Seite von Ingenieuren, Chemikern, Informatikern und Arbeitsmedizinern den Autobau revolutionieren. Geplant ist neben der reinen Forschung eine ganz neue Form der Zusammenarbeit. Geschäftsführer von ARENA2036 ist Peter Froeschle. Der 50-jährige Ingenieur war bis vor kurzem bei Daimler, wo er 21 Jahre gearbeitet hat. Im Entwicklungszentrum nahe Kirchheim unter Teck forschte er an alternativen Antrieben. Fahrzeuge mit wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen gehörten ebenso zu seinem Gebiet wie reine Elektroautos oder Hybridantriebe. Unternehmen betrachten die Arbeit von ARENA2036 mit Interesse. „Viele würden am liebsten sofort eintreten“, sagt Froeschle. Aber bei einem Forschungscampus gehe es nicht darum, dass die Mitgliederliste in kurzer Zeit ganz lang werde. Ziel sei eine dauerhafte und enge Zusammenarbeit.

### *HOHE ANFORDERUNGEN AN DIE PARTNER*

Sowohl die Zahl der Projekte als auch die der Partner sollen in den kommenden Jahren deutlich steigen. Die beitrittswilligen Organisationen und Unternehmen müssen aber hohe Anforderungen



Dr. Peter Froeschle: „Die ARENA2036 ist neben der reinen Forschung eine ganz neue Form der Zusammenarbeit.“

erfüllen. Dazu gehört, dass sie sich mit eigenen Ressourcen wie Personal in neue, gemeinsame Forschungsprojekte einbringen. Die bestehenden Partner von ARENA2036 haben alleine für die ersten fünf Jahre Eigenbeiträge im Umfang eines zweistelligen Millionenbetrages eingeplant. Außerdem sollen neue Teilnehmer eigene Technologien vorantreiben, die sich mit dem Know-how der ARENA-Mitglieder sinnvoll ergänzen. „Wir wollen Partner, die sich selber einbringen und nicht nur an unseren Ideen interessiert sind“, sagt Michael Waldbauer, Leiter des Rektoratsbüros der Universität Stuttgart.
Ehrgeizige Entwickler aus verschiedenen Unternehmen zu einer fruchtbaren Zusammenarbeit zu bewegen, ist nicht einfach. Selbst große Konzerne mussten im Lauf der Wirtschaftsgeschichte immer wieder Allianzen lösen, da sich Entwickler nicht auf einen gemeinsamen Kurs einigen konnten.
Solche Fehlschläge will Froeschle bei ARENA2036 verhindern. Eine Arbeitsgruppe befasst sich deshalb auch mit der Frage, wie selbstbewusste Spitzenleute aus Industrie, Universität und Forschung erfolgreich unter einem Dach zusammenarbeiten können. Sie soll herausfinden, was Kreativität und Gemeinschaftssinn fördert, wie gute Ideen entstehen und was man tun muss, damit vielversprechende Ergebnisse nicht in irgendeiner Schublade landen. Nicht auszuschließen, dass auch die Architektur des Arbeitsplatzes ein Erfolgsfaktor ist. Die bislang rund 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von ARENA2036 beziehen erst einmal verschiedene Gebäude auf dem Campus Vaihingen. Doch die Fläche wird nicht reichen. Planer konzipieren deshalb eine Forschungsfabrik. Deren Architektur soll den Gedankenaustausch zwischen Forschern aus Wirtschaft und Wissenschaft erleichtern. Womöglich werden Bürocontainer in den Hallen der Versuchsproduktion stehen. Die einen arbeiten an Schreibtischen, während die anderen in Rufweite an neuen Maschinen schrauben. In spätestens fünf Jahren soll der Neubau stehen. Derzeit sind dreißig Millionen Euro dafür veranschlagt.

### *PRODUKTION OHNE ABFALL*

Irgendwo in diesem Gebäude werden auch Mitarbeiter von Professor Bauernhansl sitzen. Sie beschäftigen sich unter anderem mit Biopolymeren. Das sind Kunststoffe, die von Bakterien komplett abgebaut werden können. Plastikmüll würde dann verrotten wie Laub. Die Naturwissenschaftler und Ingenieure tüfteln zudem an Systemen, die es ermöglichen, Werkstoffe komplett zu verbauen. „Material, das hereinkommt, darf die Fabrik nur als Produkt verlassen und nicht als Abfall“, beschreibt Bauernhansl sein Ziel.
Andere Wissenschaftler seines Teams erforschen die Grundlagen der Rekuperation, ein Verfahren, das dazu dient, mit der Hitze von Abgasen Frischluft zu erwärmen. Auch an Superkondensa-



Fahrerlose und äußerst wendige Transportlösungen wie dieses am Institut für Fördertechnik und Logistik der Uni Stuttgart entwickelte Doppelkufensystem besorgen künftig den Materialtransport zu den Maschinen oder ins Lager. Die Prototypen werden gemeinsam mit der Böblinger Firma Eisenmann zur Serienreife geführt.

toren arbeitet Bauernhansls Institut. Funktionieren diese Wunderbatterien, könnten sie Handys in 20 Sekunden aufladen. Womöglich lässt sich die Technik eines Tages auf Elektroautos übertragen. Die langen Ladezeiten verleiden selbst geneigten Kunden derzeit noch den Spaß am Fahren.
Das hohe Gewicht der Batterien ist ein weiteres Hindernis für den Durchbruch der Elektromobilität. Die Energiespeicher wiegen oft mehrere hundert Kilo. Das kostet Kraft, was wiederum zu Lasten der Reichweite geht. Aus diesem Grund ist es für Elektroautos von herausragender Bedeutung, dass die Batterie und der Rest des Wagens weniger wiegen. Auch beim herkömmlichen Benzinantrieb spielt das Gewicht eine Rolle. Wird zum Beispiel ein Mittelklassewagen um 100 Kilogramm leichter, sinkt der Kraftstoffverbrauch um bis zu 0,3 Liter je 100 Kilometer.

*LEICHTBAU ALS TREIBER*

Leichte Materialien für die Produktion nutzbar zu machen, ist das Anliegen von Peter Middendorf. Der Professor leitet das Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart. Luftfahrzeuge dürfen nicht zu schwer sein, sonst können sie nicht abheben. Diesen Erfahrungsschatz bringen die Wissenschaftler nun in den Automobilbau ein.
Ihr Labor sollen sie künftig in dem neuen Gebäude von ARENA2036 haben. Heute laufen die meisten praktischen Arbeiten in der großen Verfügungshalle des Forschungsverbunds auf dem Uni-Campus. Den Laien erinnert der Ort an die Werkstatt von Daniel Düsentrieb. Auf einer Empore stehen Geräte, die an Stickmaschinen aus der Bekleidungsindustrie erinnern, unter der Decke gleitet ein Kran auf einer Stahlschiene. Junge Menschen in T-Shirts eilen mit Unterlagen in der Hand zu ihren Forschungsplätzen. Der eine schneidet mit der Bogensäge ein Metallteil zurecht, ein anderer trifft im Vorübergehen Absprachen mit dem Professor. In dieser Halle dreht sich alles um sogenannte Faserverbundstoffe, das sind Materialien, die meist aus Kunststoff und Kohlenstoff bestehen und die zu Fäden gesponnen werden können. Für Middendorf sind diese Textilstrukturen der Schlüssel zum Durchbruch des Leichtbaus. Seine Disziplin sieht er außerdem nicht nur auf Autos und Flugzeuge begrenzt. „Leichtbau ist für alles geeignet, wo Massen beschleunigt oder abgebremst werden."
Wie zum Beispiel für einen Greifarm aus Faserverbundstoff, den Middendorf seinem Besucher vorführt. Meist sind solche Geräte heute noch aus Stahl und müssen in den Fabriken mit Strom oder reichlich Muskelkraft bewegt werden. Der Greifarm aus Faserverbundstoff ist hingegen federleicht. Der Professor lächelt und bewegt ihn ohne Mühe hin und her. Beim Autobauer VW sind bereits einige dieser Modelle versuchsweise im Einsatz. Mit Leichtbau lässt sich also auch in der Fabrikfertigung noch viel Energie sparen. Immerhin verursachen laut Umweltbundesamt verarbeitendes Gewerbe und Industrie in Deutschland ein Fünftel der Kohlendioxidemissionen.



Geflecht mit Kohlefasern und einigen Grilon-Stützfäden.




„Leichtbau ist für alles geeignet, wo Massen beschleunigt oder abgebremst werden." Prof. Peter Middendorf mit einem federleichten Greifarm aus Faserverbundstoff.

Einen brauchbaren Faserverbundstoff zu entwickeln, ist jedoch schwierig. Das liegt auch an den hohen Kosten für Material und Herstellung. Karbonfasern müssen gewickelt, dann mit Harz getränkt und gehärtet werden. Je nach Verfahren kommen die Teile in einen Spezialofen, wo sie aushärten. Auf Rohstoffe entfallen rund 20 Prozent der Gesamtkosten, die manuelle Fertigung schlägt mit etwa 80 Prozent zu Buche.

*HERAUSFORDERUNG SERIENPRODUKTION*

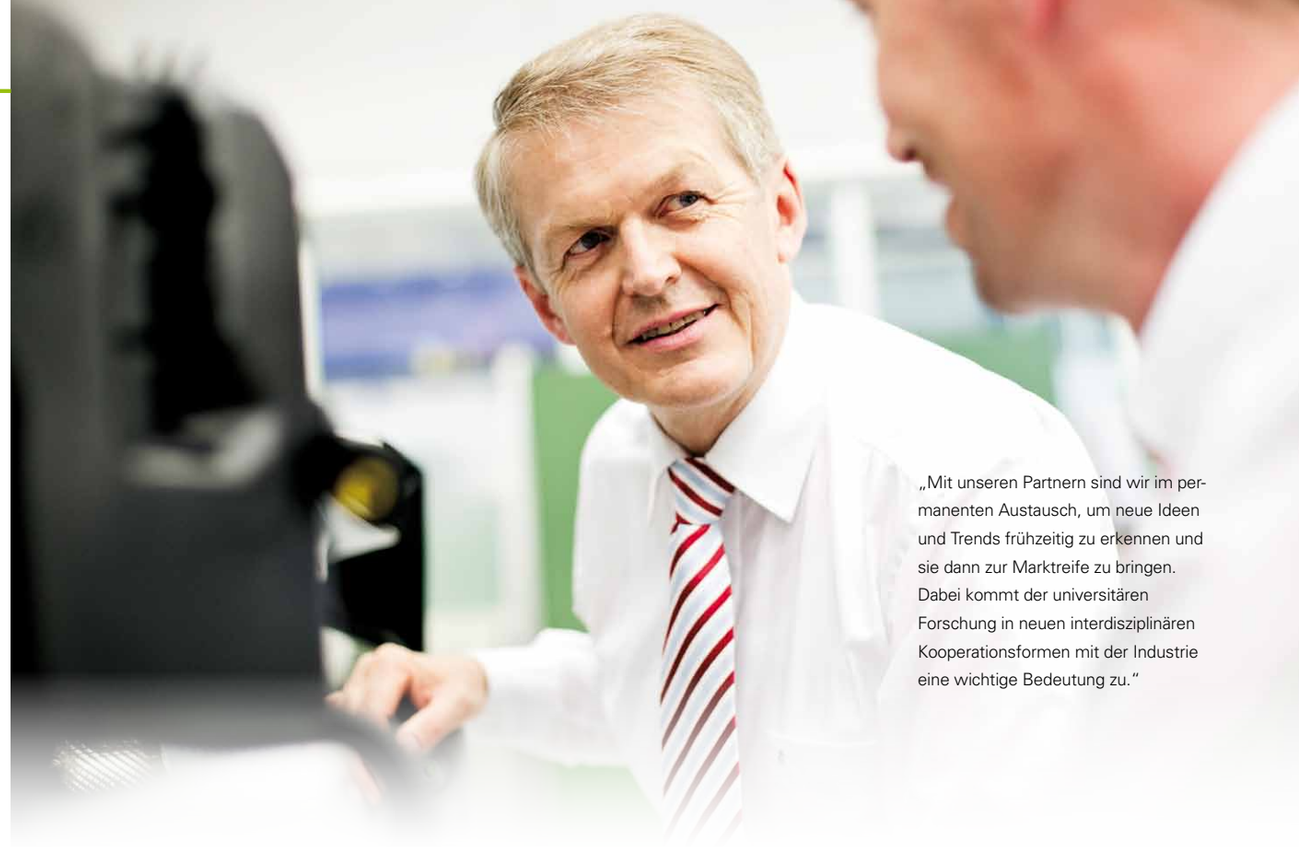
Bei einem Flugzeug, das ohnehin weitgehend von Hand gebaut wird, kann man sich das erlauben. Bei Autos, die in Stückzahlen von weit mehr als 100.000 vom Band laufen, ist es inakzeptabel.
Die Erforschung leichter Werkstoffe allein reicht also nicht aus. Ihr Einsatz erfordert vielmehr völlig neue Fertigungsprozesse. Der Leichtbau ist damit wichtiger Treiber eines Paradigmenwechsels in der Produktion.
Middendorfs Forschung konzentriert sich auf Verfahren und Material. Wer die Halle betritt, schaut zunächst auf ein mannshohes Flechtrad, an dem rundherum Spulen angebracht sind. Wenn es sich dreht, zwirbeln sich 78 Fäden aus verschiedenen Fasern ineinander. Es entsteht ein Gewebe, das geformt, mit Harz versetzt und getrocknet wird. Auf diese Weise entsteht ein neues Bauteil. „In dem man unterschiedliche Fasern auf unterschiedliche Weise einbringt, kann man die Eigenschaften des Materials beeinflussen", so Middendorf.
Dadurch lässt sich auch das verändern, was Fachleute als „Lastpfadrichtung" bezeichnen. Denn die Härte des Materials ist nur ein Kriterium. Das andere ist die so genannte „Steifigkeit". Ist sie nicht gegeben, biegt und dehnt sich ein Auto während der Fahrt. Die Steifigkeit wird durch die Lage der Fasern bestimmt. Da unterschiedliche Kräfte auf ein Auto einwirken, muss sie sich also je nach Fahrzeugpartie unterscheiden. Autos aus Faserverbundstoff können ganz anders gebaut werden. Vorstellbar ist, dass bestimmte Funktionen von Anfang an in ganze Komponenten integriert sind. „Möglicherweise können wir eines Tages Sensoren gleich in die Struktur mit einflechten", sagt Middendorf. Ein Montageschritt würde entfallen. Denkbar wäre auch, dass elektrische Leitungen gleich mit eingewebt werden. Die Verlegung von Kabeln wäre dann nicht mehr nötig.
Ähnliche Chancen eröffnet die Sandwich-Bauweise mit Verbundstoffen. Zwischen zwei dünnen Deckschichten befindet sich ein luftiger Stützkern, der aussieht als hätte ihn ein Origami-Meister kunstvoll gefaltet. Durch seine Hohlräume könnte warme Luft strömen und die Leitungen der Heizungen ersetzen. „Eine Unmenge von Funktionen sind möglich, die wir selbst noch nicht erkannt haben", so Middendorf.
Bis es soweit ist, gibt es viel zu tun. In der Autoindustrie gehen Innovationen seit jeher einen langen Weg. Nicht nur Hersteller und Kunden, auch Versicherungen, technische Kontrolleure oder Werkstätten müssen mitziehen. Middendorf weist daraufhin, dass selbst gute Erfindungen scheitern können, wenn nur eine wichtige Stelle blockt.
Trotzdem hat ARENA2036 einen eng getakteten Zeitrahmen. Zwischenergebnisse sollen regelmäßig in die Industrie abfließen, neue Technologien sich nach drei bis vier Modellzyklen in der Fahrzeugindustrie durchgesetzt haben. Umgerechnet also bis zu dem Jahr, das Bestandteil des Namens von ARENA2036 ist. Dieser Zeitpunkt ist übrigens auch aus einem anderen Grund bedeutsam: Im Jahr 2036 feiert die Branche den 150. Geburtstag des Automobils.

*Heimo Fischer*

www.arena2036.de

# Dirigent des Wissens

## Thomas Weber, Forschungs-Chef bei Daimler



„Mit unseren Partnern sind wir im permanenten Austausch, um neue Ideen und Trends frühzeitig zu erkennen und sie dann zur Marktreife zu bringen. Dabei kommt der universitären Forschung in neuen interdisziplinären Kooperationsformen mit der Industrie eine wichtige Bedeutung zu.“

**Schadstoffarm, unfallfrei und online verbunden – so stellt sich Prof. Dr. Thomas Weber die Mobilität der Zukunft vor. Der 59-Jährige hat an der Universität Stuttgart Maschinenbau studiert und ist heute als Vorstandsmitglied der Daimler AG für Forschung und Entwicklung verantwortlich. Ein Gespräch über Netzwerke, Trichter und visionäre Autos.**

**? Herr Prof. Weber, vor kurzem endete die Internationale Automobilausstellung IAA, der Slogan lautete „Die automobilste Show der Welt“. Konnte man dort auch die ‚automobilste‘ Zukunft ablesen – und welche Rolle spielt dabei der Standort Deutschland?**

› Die IAA ist eine extrem wichtige Messe, die größte Automobilshow der Welt - und Mercedes-Benz konnte dort viele Ausrufezeichen setzen: Wir haben mit dem „S 500 Plug-In Hybrid“ die effizienteste S-Klasse aller Zeiten gezeigt, mit dem „S 500 Intelligent Drive“ die sicherste und intelligenteste S-Klasse mit autonomer Fahrtechnologie vorgestellt und mit dem Concept-Car „S-Class Coupé“ haben wir auch die schönste S-Klasse alle Zeiten präsentiert. Darüber hinaus haben wir mit der B-Klasse electric drive endgültig bewiesen, dass die Elektromobilität von der Laborphase weg auf der Straße angekommen ist und damit auch für Familien interessant wird. Gleichzeitig bieten diese modernen Konzepte viel Fahrspaß. Insgesamt war eine große Bandbreite an Highlights, auch bei unseren Wettbewerbern, zu sehen, die zeigt, dass die Zukunft der Automobilität nach wie vor in Deutschland vorangetrieben wird.

**? Wie sieht die Mobilität der Zukunft aus?**

› Wir sehen Mobilität immer auch im Zusammenspiel mit anderen Verkehrsträgern wie Flugzeug und Schiene. Aber in bestimmten Bereichen des Gütertransports, bei Personengruppen und vor allem im Individualverkehr führt auch in der Zukunft am Auto kein Weg vorbei. Hierfür brauchen wir Ideen und Innovationen. Für uns stehen dabei zwei große Visionen im Vordergrund: das unfallfreie Fahren und das emissionsfreie Fahren. In beiden Bereichen wurde das Verkehrsmittel Auto in der Vergangenheit kritisch diskutiert. Wir haben das Ziel, die Unfallzahlen, die in den vergangenen Jahren ja schon enorm gesunken sind, mit der richtigen Technik an Bord weiter zu minimieren. Hier spielen unsere zahlreichen Assistenzsysteme eine wichtige Rolle. Das Thema autonomes Fahren passt perfekt in diese Vision und bietet ein großes Potential für die Mobilität der Zukunft. Dahinter steckt allerdings noch ein enormer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.
Nicht anders ist es beim emissionsfreien Fahren. Ein modernes Euro6-Fahrzeug wirkt an einer dicht befahrenen Kreuzung schon heute wie ein Luftreinigungsgerät. Elektrofahrzeuge sind ganz frei von Emissionen und zudem sehr geräuscharm, daher sehen wir hier eine große Chance, nicht nur die Ballungsräume der Welt umwelttechnisch in die Zukunft zu führen.

**? Daimler investiert in diesem und dem kommenden Jahr 10,8 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung. Was sind die Schwerpunkte?**

› Etwa die Hälfte dieses Budgets geht in die so genannten „grünen“ Technologien und dient der Reduzierung von Emissionen und des $CO_2$-Verbrauchs. Dabei schauen wir aber ganz klar auf das Gesamtfahrzeug: modernste Motoren, effiziente Getriebe, Leichtbaukonzepte sowie die Optimierung der Aerodynamik. Daneben spielen sowohl neue Fahrzeugkonzepte wie Car2go und die Daimler Mobilitätsplattform Moovel als auch das unfallfreie Fahren eine große Rolle. Entscheidend mit Blick auf die jüngere Generation wird auch das Thema „Connectivity“ sein, also die Möglichkeit, auch beim Autofahren mit Geschäftspartnern oder Freunden online in Verbindung zu bleiben. Dahinter steckt die Herausforderung, die Kommunikationssysteme so im Fahrzeug anzuordnen und – zum Beispiel durch Sprach- oder Gestensteuerung - zu bedienen, dass der Fahrer nicht abgelenkt wird und Spaß bei der Nutzung hat.

**? Wie funktioniert das Zusammenspiel mit der universitären Forschung?**

› Stellen Sie sich das Modell eines Trichters vor: Am Anfang versuchen wir das ganze Spektrum an weltweiten Ideen und Innovationen zu screenen und zu verstehen – hier liegt die Stärke der Grundlagenforschung und damit der Universitäten. Je näher wir an die strukturierte Serienentwicklung heranrücken, desto stärker kommen Einrichtungen für angewandte Forschung sowie Zulieferpartner ins Spiel. Mit allen diesen Partnern sind wir im permanenten Austausch, um neue Ideen und Trends frühzeitig zu erkennen und sie dann zur Marktreife zu bringen.
Dabei kommt der universitären Forschung in neuen interdisziplinären Kooperationsformen mit der Industrie eine wichtige Bedeutung zu. Ein sehr schönes Beispiel ist für mich das Promotionskolleg Hybrid: Hier bieten wir, zusammen mit der Uni Stuttgart, jungen Menschen die Möglichkeit, im Rahmen ihrer Promotion die Hybridtechnologie weiterzuentwickeln und zur Serie zu führen.

**? Daimler ist Partner der ersten Stunde im Forschungscampus ARENA2036 an der Universität Stuttgart. Welche Potentiale ergeben sich aus dieser Kooperation?**

› ARENA2036 eröffnet uns die Möglichkeit, über einen längeren Zeithorizont die Potentiale des Leichtbaus zu erforschen - mit der Universität Stuttgart als einen starken Partner, der dafür Organisation und Gebäude zur Verfügung stellt, aber auch mit potentiellen Anwendern aus Zuliefer- und Abnehmerseite. In Verbundprojekten wollen wir gemeinsam Technologien vorantreiben, um die bisher eher unflexible Fertigung zu einem wandlungsfähigen, hochflexiblen Produktionssystem weiterzuentwickeln. Die Besonderheit liegt darin, dass diese Kooperation nicht an ein bestimmtes Produkt wie das Auto gebunden ist, sondern branchenübergreifend geforscht wird.
Sie ist auch funktionsübergreifend, das heißt, sie bezieht das Produkt ebenso ein wie den Produktionsprozess. Und sie fragt, wie Wissenserzeugung und Wissenstransfer zukünftig effizienter und schneller organisiert werden können.



Hoch-automatisiertes Fahren ist technisch schon heute möglich. Aber es gibt noch drei große Lernfelder.

All dies trägt dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandorts Baden-Württemberg weiter zu steigern. Dabei geht es nicht um Patriotismus, sondern um Zukunftsperspektiven. Wenn es uns gelingt, Stuttgart zu einem Innovations-Zentrum für solche wichtigen Zukunftstechnologien auszubauen, ist die Region anziehend, zum Beispiel für die besten Studierenden aus aller Welt, die hier top ausgebildet werden und dann möglichst den Weg in unsere Unternehmen finden.

**? Als Sprecher der Gruppe Mobilität in der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft beraten Sie die Bundesregierung bei der Umsetzung der Hightech-Strategie 2020. Wird Ihre Stimme dort gehört – oder gibt es Reibungsverluste?**

› Das Ziel der Initiative lautet eine Million Elektrofahrzeuge in Deutschland bis 2020, das ist anspruchsvoll. Wir begrüßen diese Initiative und unterstützen sie aktiv. Politik, Industrie, Wissenschaft, Verbände und Gewerkschaften wirken darin zusammen, um ganzheitliche Roadmaps auszuarbeiten - das gab es noch nie. Die Vernetzung aller Beteiligten bietet die große Chance, Forschungsprogramme zu gestalten und Fördergelder auf wichtige Zukunftsthemen zu lenken, die für die Wettbewerbsfähigkeit unseres Landes und der Industrie entscheidend sind. In diesem Rahmen hat man zum Beispiel erkannt, dass neben den reinen Fahrzeug- und Antriebsthemen auch Leichtbau eine wichtige Rolle für die Mobilität der Zukunft spielt. In der Folge hat die Universität Stuttgart zusammen mit der Industrie das Projekt ARENA2036 ins Leben gerufen und sich damit im Wettbewerb gegen andere Förderprojekte durchgesetzt.

**? Noch einmal zurück zum autonomen Fahren: Was sind die Herausforderungen – technisch wie gesellschaftlich?**

› Viele Unfälle sind auf Ermüdungserscheinungen oder auf die Überforderung des Fahrers in komplexen Verkehrssituationen zurückzuführen. Zudem werden aufgrund des demographischen Wandels die Fahrer älter, Aufmerksamkeit und Reaktionsvermögen lassen nach. Hier können Assistenzsysteme unterstützen. In der S-Klasse sind davon heute schon über 20 an Bord, wie zum Beispiel Müdigkeitsdetektion, Spurhaltefunktion und Abstandswarnung. In der nächsten Stufe kann man mit solchen Systemen den Fahrer auch von monotonen und ermüdenden Fahrsituationen, zum Beispiel im morgendlichen Dauerstau, entlasten. Hier bieten wir bereits in der neuen S-Klasse den Stop&Go-Pilot an. Einen weiteren großen Schritt in Richtung hoch-automatisiertes Fahren haben wir mit unserem Forschungsfahrzeug „S 500 Intelligent Drive“ unlängst auf der historischen Berta Benz-Route erfolgreich demonstriert, einer höchst anspruchsvollen Strecke, die durch Ballungsräume mit vielen Ampeln und Kreisverkehren sowie über enge, verkehrsreichen Landstraßen führt. Auf diesen über 100 km haben wir gezeigt, was heute technisch schon möglich ist.
Gleichzeitig haben wir aber auch erkannt, dass es noch drei große Lernfelder gibt: Wir müssen die Straßenverkehrsordnung fit machen für die neuen technischen Möglichkeiten, wir brauchen sehr viel präzisere Karten und die Rechnersysteme zur Online-Auswertung der gigantischen Datenflut müssen deutlich leistungsfähiger werden. Hier appelliere ich auch an die Forscher und Wissenschaftler der Universität Stuttgart, uns bei der Lösung dieser wichtigen Zukunftsthemen aktiv zu unterstützen – eine Win-Win-Situation für beide Seiten.
Wir selbst haben darüber hinaus mit unserer Daimler und Benz-Stiftung das Projekt „Villa Ladenburg“ angestoßen, um die gesellschaftlichen Aspekte des autonomen Fahrens zu untersuchen – im Wissen, dass schon viele Innovationen gescheitert sind, weil die Gesellschaft nicht rechtzeitig involviert wurde.

**? Sie haben einst an der Universität Stuttgart studiert, heute halten Sie Vorlesungen an Ihrem ehemaligen Institut. Was möchten Sie Ihren Studierenden mitgeben?**

› Mir ist es wichtig, meine Praxiserfahrung und Anwendungsperspektiven einzubringen. Ich möchte den Studierenden zeigen, bei welchen Zukunftstechnologien es sich besonders lohnt, sich damit auseinanderzusetzen – interdisziplinär, mutig und international. Das sind sehr intensive Diskussionen – auch für mich. Denn ich erfahre auf der anderen Seite, was die jungen Menschen heute bewegt und beschäftigt, womit sie sich auseinandersetzen und wofür sie sich interessieren.

**? Sie sind seit zehn Jahren Mitglied des Universitätsrats – wo sehen Sie Ihre Verantwortung?**

› Aus dem ursprünglich politisch gewollten und an den Universitäten ja durchaus kontrovers diskutierten Gremium ist inzwischen ein gutes Miteinander geworden. Unser Ziel ist es, die Universität zu unterstützen und wichtige Zukunftsentwicklungen mit anzuschieben. Darüber hinaus hat man als Externer eher die Möglichkeit, auf Probleme und Missstände hinzuweisen, auch wenn das im ersten Moment nicht jeder hören will. Und bei dem sehr aktuellen Handlungsbedarf, wie zum Beispiel bei dem viel beklagten Investitionsstau für Gebäude und Infrastruktur, können wir von außen unsere Netzwerke nutzen, um auch solche Themen schneller anzugehen.

**? Noch eine persönliche Frage: Sitzen Sie eigentlich lieber am Steuer oder entspannt auf dem Rücksitz eines (vielleicht bald autonom fahrenden) Autos?**

› Ich schätze beides: Bei beruflichen Fahrten arbeite ich gerne auf der Rückbank, und am Wochenende fahre ich selbst – zum Beispiel mit meiner Tochter auf der kurvenreichen B27 nach Tübingen. Die staunt dann, was die Fahrerassistenzsysteme von Mercedes-Benz heute schon alles können.

Herr Prof. Weber, wir danken Ihnen für das Gespräch!

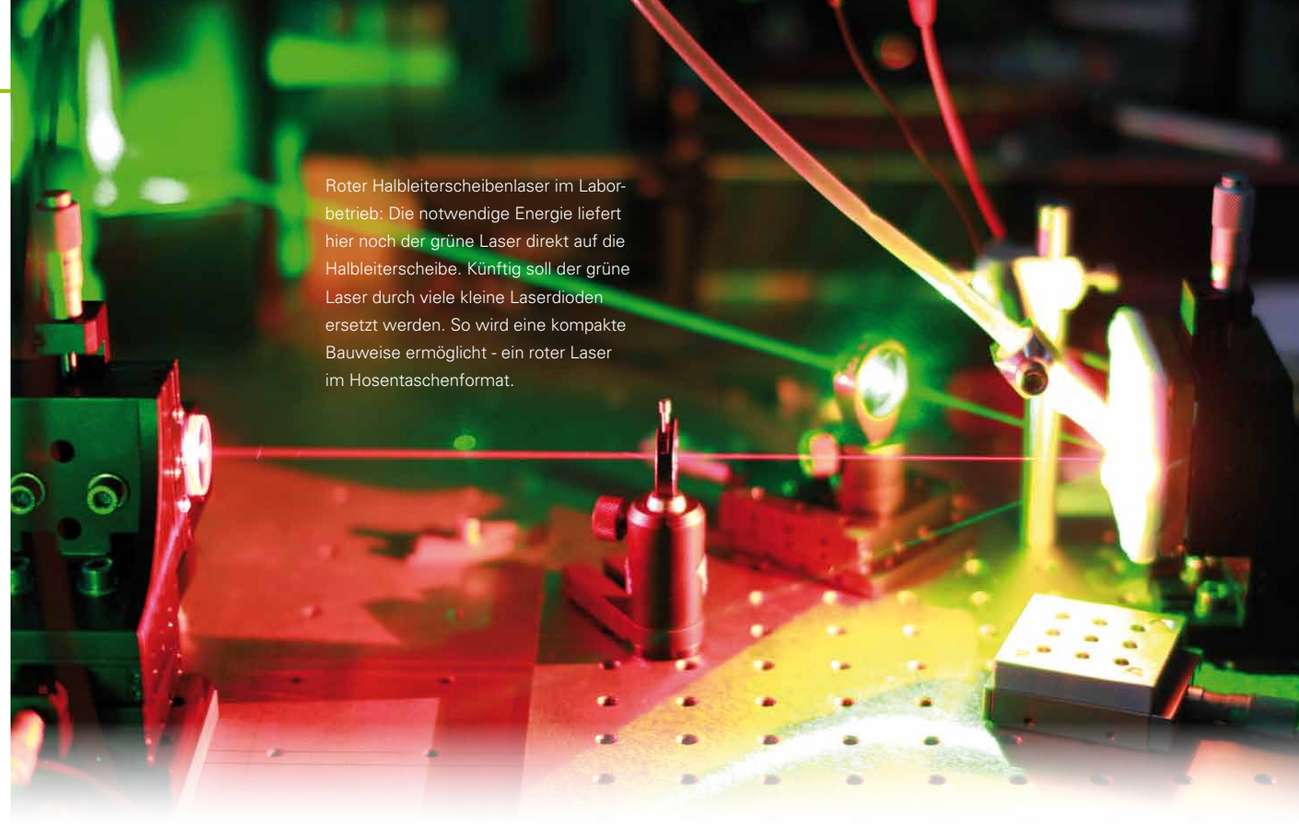
*Die Fragen stellten Dr. Hans-Herwig Geyer und Andrea Mayer-Grenu*

**Satellit**

Prof. Dr. Thomas Weber ist seit dem 1. Januar 2003 Vorstandsmitglied der Daimler AG und in dieser Funktion seit 1. Mai 2004 verantwortlich für Konzernforschung & Mercedes-Benz Cars Entwicklung. Thomas Weber wurde am 26. Mai 1954 in Scharnhausen geboren. Nach einer technischen Ausbildung in der damaligen Daimler-Benz AG studierte er Maschinenbau an der Universität Stuttgart und promovierte dort 1987. Im selben Jahr trat er in die damalige Daimler-Benz AG ein. 2010 wurde er durch die Universität Stuttgart zum Honorarprofessor bestellt.

# Siegeszug der Lichtteilchen

## Das Forschungszentrum SCoPE treibt die Erforschung der Photonik voran



Roter Halbleiterscheibenlaser im Laborbetrieb: Die notwendige Energie liefert hier noch der grüne Laser direkt auf die Halbleiterscheibe. Künftig soll der grüne Laser durch viele kleine Laserdioden ersetzt werden. So wird eine kompakte Bauweise ermöglicht - ein roter Laser im Hosentaschenformat.

**Zur Photonik zählt man alle Verfahren in Wissenschaft und Industrie, bei denen Licht zum Einsatz kommt. Materialien werden auf diese Weise geprüft oder Bilder auf Displays dargestellt, Ärzte setzen das Licht bei bestimmten Therapien als Werkzeug ein. Zwölf Institute aus drei Fakultäten der Universität Stuttgart wollen die Chancen der Photonik gemeinsam nutzen und haben sich im Stuttgart Research Center of Photonic Engineering (SCoPE) zusammengeschlossen. Dort treiben sie in zahlreichen gemeinsamen Projekten die Erforschung von Licht und Optik voran.**

Die Spannung steigt, als Hermann Kahle das Licht ausknipst und der Laborraum schwarz wird. „Jetzt setzen wir den Laser in Betrieb“, sagt der Doktorand. Kurz darauf ist in dem abgeschirmten Glaskasten ein roter Strahl zu sehen. Ein Licht, so gebündelt und stark wie es eine gewöhnliche Lampe niemals erzeugen könnte. Das Farbenspiel ist ein für das menschliche Auge sichtbares Detail der Arbeiten, die Kahle und sein Gruppenleiter Michael Jetter am Institut für Halbleiteroptik und Funktionelle Grenzflächen der Uni Stuttgart ausführen. Das Interesse der beiden Wissenschaftler gilt allerdings weniger der Schönheit dieses intensiven Lichts. Ihnen geht es um die Frage, mit welchen Methoden sich ein Laserstrahl erzeugen lässt, um ihn für neue Anwendungsbereiche nutzbar zu machen.
Jetter und Kahle gehen der Frage nach, wie sich Halbleitermaterialien einsetzen lassen, um Strukturen und Bauteile zu schaffen, die Licht aussenden und dann in ganz unterschiedlichen Anwendungen zum Einsatz kommen. Ihre Arbeiten sind Teil eines in der breiten Öffentlichkeit noch unbekannten Wissenschaftszweigs, der sich Photonik nennt.

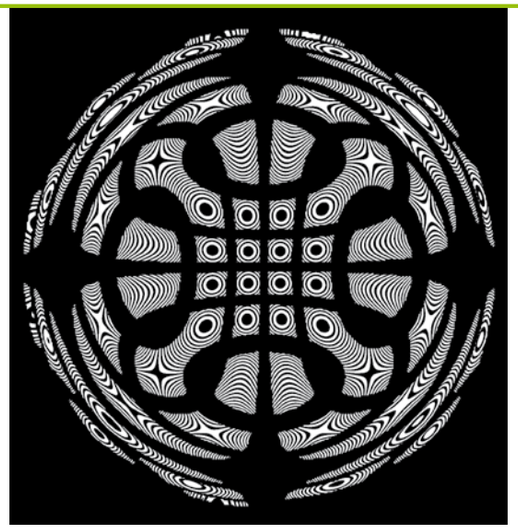
Mögen die künftigen Einsatzmöglichkeiten der Photonik in ihrer Gesamtheit noch nicht absehbar sein - einig sind sich Wissenschaftler und Manager in einem Punkt: Die Bedeutung des Forschungszweigs wird gewaltig wachsen.
Aus dem Verbund SCoPE ist denn auch bereits ein Masterstudiengang entstanden. Ingenieure oder Physiker können in vier Semestern einen Masterabschluss im Fach „Photonic Engineering“ machen. Das große Netzwerk der beteiligten SCoPE-Institute und deren Industriepartnern eröffnet den Studierenden und Absolventen zahlreiche Forschungsmöglichkeiten, die Möglichkeit zur Promotion und überdurchschnittliche Berufschancen.

### *VIELFÄLTIGE LASERFORSCHUNG*

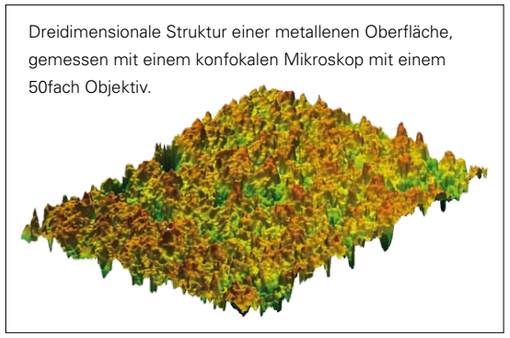
Allein der Bereich Laserforschung ist für Laien noch schwer zu überblicken. Aus dem, was Forscher – unter anderem auch am Institut für Strahlwerkzeuge der Universität Stuttgart – entwickelt haben, entstand in den vergangenen Jahrzehnten ein dynamischer Wirtschaftszweig. Konzerne wie das Unternehmen Trumpf aus Ditzingen bei Stuttgart bieten Laser und Lasersysteme zum Markieren, Schweißen, Löten oder Schneiden an.
Laser werden weiter an Bedeutung gewinnen, ist auch Steffen Ehrenmann überzeugt. Als Produktmanager verantwortet er bei Trumpf den Bereich Markierlaser- und Markiersysteme. „Mit der Lasertechnik lässt sich ein sehr hoher Grad an Automatisierung erreichen. Das ist ein großer Vorteil.“ Dank neuer Entwicklungen und sinkender Preise pro Watt Laserleistung, so Ehrenmann, werde sie künftig in immer mehr Bereichen zum Einsatz kommen.
Die Forschungen von Jetter und Kahle an der Uni Stuttgart könnten auch für das Lasermarkieren bedeutsam werden. Die beiden arbeiten an einem Laser, bei dem die Wellenlänge innerhalb eines bestimmten Bereichs stufenlos regelbar ist und der sowohl rote als auch ultraviolette Strahlen in ein und semselben Gerät produzieren kann.
Die Wellenlänge eines Laserstrahls ist ungeheuer wichtig, denn von ihr hängen die Einsatzmöglichkeiten ab. Laser, die sich im Betrieb verändern lassen, sind zwar schon heute erhältlich. Doch eine technisch elegante Lösung, die den Leistungsverlust in Grenzen hält, steht noch aus.
Wer Aufbau und Funktion eines Lasers nur ansatzweise verstehen will, muss sich in der komplexen Quantenphysik halbwegs auskennen. Herz des Lasers ist das sogenannte aktive Medium. Ob ein Stoff als Medium geeignet ist, hängt von seiner Fähigkeit ab, absorbiertes Licht für eine gewisse Zeit zu speichern. Diese Eigenschaft bringen Edelsteine mit, aber auch Gase und Halbleiter. In das Medium wird Energie gepumpt – zum Beispiel Licht. Das regt die Atome des Mediums an und hebt ihre negativ geladenen Elektronen auf ein höheres Niveau. Fallen die Elektronen zurück auf ihr ursprüngliches Energieniveau, geben sie Licht einer ganz speziellen Wellenlänge und Energieportion ab.

### *SAUSENDE PHOTONEN*

Diese einzelnen Lichtteilchen werden Photonen genannt. Streift solch ein Photon weitere, ebenfalls angeregte Atome, senden diese ihrerseits ein identisches Photon aus. Mit Hilfe von zwei gegenüberliegenden Spiegeln werden diese Photonen nun wie beim Tennis hin- und hergeworfen. Der beschriebene Vorgang wiederholt sich unzählige Male. Die Zahl der zwischen den Spiegeln hin- und her sausenden Photonen nimmt rapide zu. Dort entsteht ungeheuer helles, scharf gebündeltes Licht. Nun der Trick: Einer der Spiegel reflektiert nur 80 Prozent des Lichts. Den Rest lässt er durch. Das ist der Laserstrahl. Laser wurden seit ihrer Erfindung immer wieder verbessert und variiert. Dutzende Funktionsweisen gibt es. Der Laser von Jetter und Kahle nutzt als Medium eine Halbleiterscheibe.
Die Herstellung ist schwierig. Da ist zum einen die Kühlung des Geräts. Sie hat unmittelbaren Einfluss auf die Qualität des Strahls. Dann die Durchstimmbarkeit der Wellenlängen. Sie wird mit Hilfe eines rotierenden Quarzglases erreicht. Schließlich muss die Ausgangsleistung groß, das Lasergerät aber klein ausfallen, um auch mobil einsetzbar zu sein.
Der anspruchsvollste Abschnitt ist die Herstellung der geeigneten Halbleiterscheibe. Dazu werden auf ein Substrat sogenannte Quantenfilme aufgetragen – hauchdünne Schichten, die aus einer Kombination von Arseniden und Phosphiden bestehen. Diese Substanzen müssen Atomlage für Atomlage aufgebracht werden. Kein Mensch könnte so eine Arbeit am Mikroskop ausführen. Der hochsensible Vorgang geschieht in einem speziellen Labor, wo



Interferenzmuster, das mit einem TWI Interferometer ermittelt wurde, einem Verfahren, das in wenigen Sekunden moderne Spiegel- und Linsenflächen mit Nanometer-Auflösung vermessen kann. Damit soll die Herstellung von Optiksystemen schneller und effizienter werden.



Dreidimensionale Struktur einer metallenen Oberfläche, gemessen mit einem konfokalen Mikroskop mit einem 50fach Objektiv.



Inspektion der Abnutzung eines Diamant-Schneidkantenwerkzeugs mit einem Weißlichtinterferometer.

hinter schützenden Glaswänden die Substanz als Gas mehrmals über den Halbleiter geführt wird. Immer wieder legen sich Atome ab, so lange, bis das Gitter steht und die gewünschte Schichtdicke erreicht ist. Ein Vorgang, den nur wenige Experten fehlerlos durchführen können. „Es gibt weltweit keine wissenschaftliche Gruppe, die dieses Verfahren mit phosphidischen Materialien so beherrscht wie wir“, sagt Jetter.

### *KREBSTHERAPIE MIT LASERLICHT*

Am Ende der Forschungen kann ein Gerät stehen, das zum Beispiel für Ärzte in Krebskliniken interessant ist. Mediziner haben es bereits geschafft, Tumorpatienten mit Hilfe des richtigen Laserlichts zu heilen. Zur Behandlung von Prostatakrebs ist Infrarotlicht geeignet. Bei Lungen- oder Blasenkrebs kommt eher gelbes Laserlicht in Frage. Haben Tumorzellen die Lunge angefallen, setzen Mediziner rotes Laserlicht ein. Ein praktisches, regulierbares Gerät würde die Handhabung vereinfachen. Die entsprechende Behandlungsmethode heißt Photodynamische Therapie (PDT). Ärzte spritzen dabei dem Patienten ein lichtempfindliches Medikament gegen Krebs, das sich bevorzugt in Tumorzellen ablagert. Dort bleibt die Substanz so lange wirkungslos, bis sie mit Licht der richtigen Farbe in Berührung kommt. Das führt der Arzt über einen endoskopischen Laser an das kranke Organ heran. Punktgenau aktiviert er mit dem Laser das Medikament. Vorteil ist, dass wenig gesundes Gewebe zerstört wird, außerdem bleibt ein kleiner Einschnitt statt einer riesigen Operationsnarbe.

### *OPTISCHE SENSOREN IN DER QUALITÄTSKONTROLLE*

Die Möglichkeiten der Photonik gehen weit über die Nutzung von Lasern hinaus. In modernen Fabriken treten ganz andere optische Techniken ihren Siegeszug an. Zum Beispiel in der Qualitätskontrolle von technischen Bauteilen, die fehlerfrei sein müssen, da bei einem Defekt hohe Kosten entstehen können.
Das trifft auf Motorzylinder zu. Heute sind es oft noch hochspezialisierte Experten, die fertige Produkte mit dem Auge prüfen müssen. Um Automotoren herzustellen, die möglichst wenig Schmiermittel brauchen, wachsen jedoch die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Zylinderlaufflächen. Die Fähigkeiten der Prüfer stoßen dabei an ihre Grenzen.
Marc Gronle vom Institut für Technische Optik der Uni Stuttgart arbeitet deshalb an einem automatisierten Prüfsystem, das über optische Sensoren die Topografie und Oberflächen automatisch abtastet und die Informationen mit einer Software verarbeitet und abgleicht. Defekte werden so schnell aufgespürt.
Aktuell befasst sich Gronle mit der Frage, wie Zahnräder flexibel und effektiv geprüft werden können. Das ist gar nicht so einfach. Denn die unterschiedlichen Bereiche der winzigen Zähne müssen ganz unterschiedlichen Anforderungen entsprechen. Die Zahnflanken unterliegen beispielsweise sehr genauen Formanforderungen, um möglichst mit der ganzen Fläche über den Gegenzahn abzurollen, der Zahnkopf darf zudem keine markanten Dellen haben. Gronles Ziel ist ein Prüfgerät, das für unterschiedliche Produkte flexibel eingesetzt werden kann. Über eine Software würden die Daten dann eingespeist. „Interessant wäre das besonders für Unternehmen, die nur kleine Serien produzieren“, sagt Gronle. „Sie müssen heute oft noch mit dem Auge prüfen, da sie sich Spezialmaschinen für nur eine Anwendung nicht leisten können.“

### *ABHÖRSICHERE DATENÜBERTRAGUNG*

Methoden der Photonik kommen auch bei Problemen der abstrakteren Art zum Einsatz. Für Helmut Fedder vom 3. Physikalischen Institut der Uni Stuttgart spielen winzig kleine Photonen die zentrale Rolle. Die Teilchen sollen aber kein Licht erzeugen, sondern Informationen transportieren. Auf diese Weise will Fedder Daten so verschlüsseln, dass jemand, der abhört, unweigerlich entdeckt würde. Zu diesem Zweck hat das Institut eine Photonenquelle entwickelt, die auf Knopfdruck genau ein einzelnes Lichtteilchen aussendet.
Ein Spion, der diese Impulse abhört, würde sich verraten, denn Photonen lassen sich nicht messen, ohne beeinflusst zu werden. Der Grund dafür ist, dass zwei miteinander verschränkte Photonen verschiedene Polarisationen annehmen können. Sobald der Zustand des einen Photons offengelegt wird, ist auch der Zustand des anderen Photons klar. Es verändert sich ebenfalls. Wer das nicht versteht, muss nicht verzweifeln. Auch Fachleuten sind die Zusammenhänge in der Tiefe noch nicht endgültig klar.
Das gilt auch für Quantencomputer, mit denen sich zahlreiche Physiker der Universität Stuttgart, darunter die Preisträger des ERC-Advanced Grants des Europäischen Forschungsrats, Prof. Tilman Pfau und Prof. Jörg Wrachtrup (Leibniz-Preisträger 2012), beschäftigten. Herkömmliche Rechner speichern Daten in einer kleinsten Einheit, den sogenannten Bits. Diese können den Zustand 0 oder 1 annehmen. Ein Quantenbit in Form eines Photons hingegen kann sich in beiden Zuständen gleichzeitig befinden. Daraus folgt, dass ein Quantencomputer noch wesentlich schneller arbeiten könnte als ein heutiger Hochleistungsrechner. Von der Weltraumerkundung über die Klimaforschung bis zur Medizin - eine derartige Rechenkraft könnte unsere Gesellschaft revolutionieren.
Anders als die Lasertechnik steckt die Forschung am Quantencomputer aber noch in den Anfängen. Wissenschaftler sind erst dabei, die Grundlagen zu entdecken. Bis der Quantencomputer ein Massenprodukt wird, muss also noch vielen Photonik-Spezialisten ein Licht aufgehen. Und auch für das Forschungszentrum SCoPE erwächst daraus noch einiges Wachstumspotential.

*Heimo Fischer*

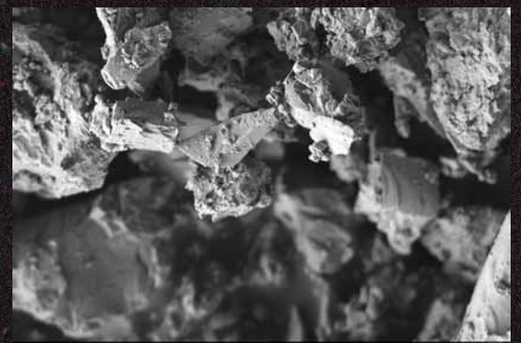
www.scope.uni-stuttgart.de
www.scope.uni-stuttgart.de/master-photonics

# Partikel mit kosmischem Tempo

## In Stuttgart entsteht der leistungsfähigste Staubbeschleuniger der Welt

**Im Weltraum bewegen sich kleinste Staubteilchen, die Informationen über die Entstehung des Sonnensystems mit sich tragen. Diesen Datenschatz zu heben, ist eines der Ziele der Forscher um Dr. Ralf Srama. Ihr Werkzeug am Institut für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart: ein Staubbeschleuniger.**

Milliarden von Mikrometeoriten rasen zu jeder Sekunde mit unvorstellbarer Geschwindigkeit im All umher. Wenn sie auf Planetenoberflächen oder gar teure Satelliten treffen, gibt es heftige Einschläge mit Lichtblitzen und Kraterbildung - in winzigem Maßstab, versteht sich. Nach einem Sekundenbruchteil ist das Spektakel vorbei.
Genau solche Einschläge stellen die Forscher um Dr. Ralf Srama nach. „Wir beschleunigen kleinste Partikel in der Größe zwischen Zigarettenrauch und einem Pulverkörnchen auf kosmische Geschwindigkeiten“, erklärt der Wissenschaftler.
Derzeit nutzt das Forscherteam den Staubbeschleuniger am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, in etwa zwei Jahren soll die geplante, weltweit leistungsfähigste Anlage in Stuttgart feinste Partikel auf Geschwindigkeiten von bis zu 100 Kilometern pro Sekunde beschleunigen können.
Die Assoziationen, die der Begriff Staubbeschleuniger beim Laien weckt, sind dabei garantiert falsch. In der rund 20 Meter langen Anlage wird nicht das beschleunigt, was der Normalbürger unter Staub versteht, sondern feinste Metall- oder Kunststoffpartikel bis hin zu wahrhaft exotischem Material. Srama greift in ein Regal in seinem Büro im Neubau des IRS in Stuttgart-Vaihingen und holt ein Döschen mit dunkelgrauem Pulver hervor: „Das ist Mondstaub“, erklärt er dem staunenden Besucher.



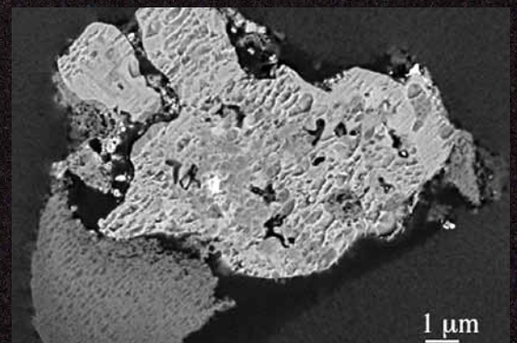

*WOZU MÜSSEN PARTIKEL AUF BIS ZU 360.000 KM/H BESCHLEUNIGT WERDEN?*

„Wir wollen verstehen, was da draußen herumfliegt“, erklärt der promovierte Raumfahrttechniker und Physikingenieur. Das Interesse am Weltraumstaub hat ganz praktische Gründe: Mit jeder neuen Weltraummission werden hochempfindliche Geräte ins All gesandt, die keinesfalls beim Kontakt mit Mikrometeoriten Schaden nehmen sollen. Deshalb werden etwa ihre Oberflächenmaterialien zuvor im Staubbeschleuniger beschossen und getestet.
Immer öfter gehen zudem Staubdetektoren per Rakete auf die Reise, um die Zusammensetzung der Staubpartikel im All zu untersuchen. „Jedes Staubinstrument, das in den vergangenen 30 Jahren geflogen ist, war mindestens einmal bei uns im Labor“, sagt Srama. Im IRS werden die Flugeinheiten mit entwickelt, ausgiebig getestet und schließlich kalibriert.
Die Erforschung interstellaren Staubs wurde hier nicht nur begründet, das Team ist nach wie vor auch weltweit führend. Die einschließlich Studenten 17 Forscher arbeiten mit Kollegen aus den USA, aus Japan, Indien, Frankreich, Großbritannien oder Russland zusammen. „Das ist ein sehr dynamisches Forschungsfeld, in das immer mehr Kollegen einsteigen“, weiß Srama.
Die Materialprüfung ist nur ein Bereich der Arbeit am Staubbeschleuniger. Vor allem tragen die Versuchsreihen dazu bei, die Informationen zu entschlüsseln, die der Staub transportiert. Hochempfindliche Massenspektrometer erlauben beim Aufprall Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Partikel und deren Herkunft. „Man kann über den Einschlag eines Staubteilchens dessen Zusammensetzung bestimmen“, erklärt Srama. Diese wiederum verrate viel über den Mutterkörper. So sei dank der Staubforschung belegt, dass etwa organische Moleküle wie Aminosäuren über interstellaren Staub transportiert werden könnten. Auch Wasservorkommen auf fernen Himmelskörpern wurden so belegt.
Könnte also über die Staubforschung ein Beweis für außerirdisches Leben gelingen? „Das weiß man nicht genau“, sagt Srama schmunzelnd. Science-Fiction sei jedenfalls kaum angebracht: „Die Physik und die Chemie sind überall gleich, grundlegend Neues ist da nicht zu erwarten.“ Die Phantasie zu beflügeln gelingt dem Wissenschaftler dennoch: In Versuchen wurden Bakterien durch das Beschleunigerrohr geschossen – und trotz des Aufpralls mit einigen tausend Stundenkilometern und Temperaturen von 10.000 Kelvin überlebte ein Großteil der Einzeller …

*Jens Eber*

Zusammenstoßende Galaxien, aufgenommen mit dem Hubble-Weltraumteleskop der NASA. Im Vordergrund Partikel von Mond- (links) und Sternenstaub, deren Eigenschaften und Einschläge das Team um Dr. Ralf Srama untersucht.








Dr. Ralf Srama mit dem Modell des künftigen Staubbeschleunigers am Institut für Raumfahrtsysteme der Universität Stuttgart.

# Zwischen Mathematik und Wahrsagerei

## Wie der Klimawandel berechenbar(er) wird



„Wettermacher“ in der CAVE des Höchstleistungsrechenzentrums: Die Darstellung zeigt die Kopplung unterschiedlich aufgelöster 3D-Wettersimulationsmodelle mit simultaner Visualisierung der Luftströmungen (rot/orange/gelb) im Umkreis der Galway Bay/Irland und der Wasserströmungen des Nordatlantiks. Weiß im Bild: Wolkenbildung.

**Dass sich das weltweite Klima verändert, ist unter Wissenschaftlern weitgehend Konsens. Genaue Prognosen, welche regionalen Folgen der Wandel haben wird, sind dagegen extrem schwierig. Supercomputer wie „Hermit“ am Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS) helfen, die wahrscheinlichsten Modelle zu berechnen.**

Würde Dr. Hans-Jürgen Panitz die Berechnung eines Klimamodells in diesem Moment auf einem modernen PC starten, hätte er plötzlich viel Wartezeit vor sich. Nur einen Kaffee trinken zu gehen oder einen Moment Luft zu schnappen, würde nicht reichen. Der Wissenschaftler vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) könnte sich sogar sehr viel vornehmen, denn der Rechner würde erst um das Jahr 2033 ein Ergebnis anzeigen – wenn seine Bauteile so lange durchhielten.

Panitz lässt deshalb mit dem Höchstleistungsrechner „Hermit“ am HLRS rechnen. Damit lässt sich diese Zeit drastisch verkürzen. „Hermit rechnet 10.000 Mal so schnell wie ein normaler PC“, erklärt HLRS-Direktor Prof. Michael Resch. Die Berechnung von Klimamodellen bildet nach den Ingenieurwissenschaften einen zweiten Schwerpunkt beim Betrieb des mit 110.000 Prozessoren ausgestatteten Supercomputers, zu etwa 20 Prozent, schätzt Resch, lasten Klimaforscher den Rechner aus. Eine heute gestartete vollständige Klimamodellberechnung würde etwa die Hälfte der Rechnerleistung „Hermits“ binden und mehrere Monate dauern.

Um zu erklären, warum ein Klimamodell einem Rechner so viel abfordert, muss Hans-Jürgen Panitz erst einmal tief Luft holen. „Das Klimasystem ist hochkomplex“, sagt er. Es bestehe nicht nur aus Atmosphäre, sondern auch aus Biosphäre und den Gewässersystemen, der Hydrosphäre. Jede unterliege anderen Zeitskalen. „Die Atmosphäre reagiert relativ schnell, im Bereich von Tagen; bei den Ozeanen reden wir dagegen von Dekaden bis hin zu Jahrtausenden.“ Zudem müsse die zu untersuchende Region dreidimensional betrachtet werden, nicht als Fläche. Für die Berechnung eines Klimamodells legen die Forscher daher über eine Region ein Gitter von typischerweise 200 Mal 200 Punkten horizontal und weiteren 50 Punkten in der Vertikalen. An jedem dieser zwei Millionen Gitterpunkten muss ein komplexes Gleichungssystem gelöst werden – nicht nur einmal, sondern üblicherweise in einem 100-Sekunden-Abstand für einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren.

Eine ungeheure Anzahl von Rechenschritten entsteht. Erst seit wenigen Jahren sind solche komplexen Berechnungen überhaupt möglich, und Panitz räumt ein, dass diese Modelle noch immer nicht sehr fein aufgelöst seien. Noch enger müssten die Gitter geknüpft werden, noch kürzer die zeitlichen Abstände gewählt werden, um etwa die möglichen Entwicklungen regional noch genauer darstellen zu können.

### *KLIMAWANDEL IM UNTERGRUND*

Solch präzise Modelle würde sich auch Prof. András Bárdossy wünschen. Bárdossy und seine Kollegen am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung an der Universität Stuttgart (IWS) erforschen in mehreren Projekten die Auswirkungen des Klimawandels auf unterschiedliche Bereiche des Wasserhaushalts.

Eine Untersuchung befasst sich mit möglichen Veränderungen am Bodensee. „Es geht dabei um die Durchmischung des Wassers“, erklärt Bárdossy. Dabei gelange mit Sauerstoff angereichertes Wasser beim Abkühlen in tiefere Schichten des Sees. Untersucht wird nun, ob diese für die Wasserqualität immens wichtige Durchmischung auch bei verändertem Klima weiter funktioniert.

Diese Frage ist sehr bedeutend: Laut Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung beziehen vier Millionen Menschen ihr Trinkwasser aus dem „Schwäbischen Meer“.

Während sich Veränderungen im Bodensee vergleichsweise langsam vollziehen, bekommen die Menschen im Land andere Auswirkungen des Klimawandels unmittelbarer zu spüren. „Die Erwärmung bringt uns ein Problem mit dem Schnee“, führt Professor Bárdossy ein weiteres Beispiel an. Klassischerweise liege der Schnee hierzulande im Dezember und Januar, mitunter auch deutlich länger. „Jetzt ist es häufig so, dass Schnee fällt, und nach einer Woche wird es wärmer, also schmilzt der Schnee wieder ab.“ Dann droht Hochwasser in den Flüssen. Besonders gefährlich seien Situationen, in denen es auf Schnee regne und ihn schlagartig abschmelze.

Solche Ereignisse, betont der promovierte Mathematiker, ließen sich nicht eindeutig dem Klimawandel zuschreiben. „Wir können lediglich eine Tendenz feststellen“, sagt Bárdossy. Eine solche Tendenz sei der Anstieg intensiver Niederschläge im Sommer. „Wir haben häufiger richtige Gewitterregen, die auf einer kleinen Skala riesige Probleme bringen“, sagt Bárdossy. Bei solchen Unwettern entstanden im vergangenen Sommer in Baden-Württemberg Schäden in Millionenhöhe. „Die Tendenz, dass Kurzzeitniederschläge intensiver werden, ist ziemlich sicher“, sagt der Wissenschaftler.

Zeitweilig extreme Niederschläge führen allerdings nicht erst in den Flüssen zu Problemen, sie beschäftigen beispielsweise auch Stadtplaner. So müssen bei der Planung neuer Siedlungen oder bei anstehenden Sanierungen von Abwasserleitungen höhere Spitzenlasten einkalkuliert werden. Schon heute würden Leitungen im Vergleich zur Vergangenheit eher etwas überdimensioniert, damit sie auch die Wassermengen eines ungewöhnlich hohen Niederschlags bewältigen können, bestätigt Bárdossy.

Welche Maßnahmen dagegen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten vordringlich sein werden, will auch der Experte nicht prognostizieren. „Das wäre Wahrsagerei“, sagt er. Bestehende Klimamodelle seien wie der tägliche Wetterbericht im Fernsehen bei den Niederschlägen am wenigsten genau. „Niederschlag ist eben ein sehr komplexer Prozess“, sagt Bárdossy. „Wenn Sie auf den Himmel schauen, dann sehen sie Wolken, und die sind alles, aber nicht gleichmäßig.“

Wichtig sei aber, die bestehenden Systeme gut zu kennen und sensible Punkte zu identifizieren. Schwerpunktmäßig will das Team um Bárdossy das Thema Kurzzeitniederschläge noch intensiver untersuchen. „Das ist ein sehr wichtiger Faktor, weil in Infrastrukturmaßnahmen sehr viel Geld vergraben wird.“

*Jens Eber*



# Gedankenpool für die Probleme der Zukunft

## Wozu braucht man heute eigentlich noch Philosophie?

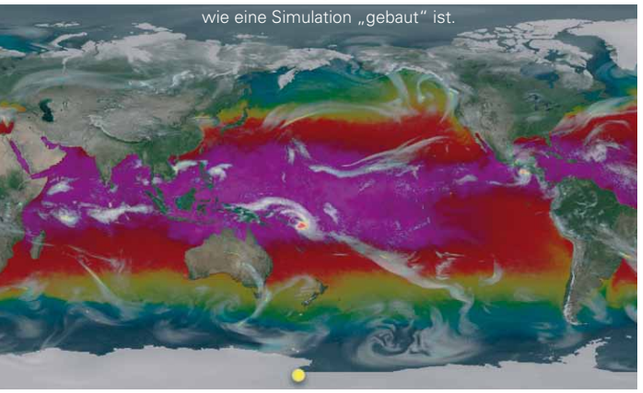
**Die Anspielung auf den Taxischein kennt wohl jeder, der Philosophie studiert und nach den Berufsperspektiven gefragt wird. Doch was „bringt“ die scheinbar brotlose Kunst in einer von Technologie und Ökonomie getriebenen Gesellschaft und warum brauchen wir sie gerade heute? Stuttgarter Philosophen geben Antworten.**

---

Die wissenschaftliche Karriere von Prof. Catrin Misselhorn, der Leiterin des Instituts für Philosophie der Universität Stuttgart, begann mit einem persönlichen Konflikt in der Schulzeit. „Die Glaubenssätze meiner Eltern und Lehrer reichten mir als Lebensgrundlage nicht aus.“ Stattdessen suchte der Teenager nach Meinungen, die einer rationalen Überprüfung standhalten – und war mitten in der klassischen Motivation eines Fachs, von dem schon Descartes forderte, es solle rational begründbare Erkenntnisse von falschen Meinungen und Vorurteilen trennen wie gute von faulen Äpfeln.
„Es geht um die Wahrheit“, betont die Professorin noch heute und untersucht mit dieser Grundhaltung ein Forschungsfeld, das sie als Integrative Wissenschaftstheorie an der Schnittstelle von Wissenschaft, Kunst und Technik bezeichnet. Dahinter verbirgt sich die Überlegung, dass weiterreichende Erkenntnisse möglich sein können, wenn die verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, statt wie bisher oft die Kluft zu kultivieren, im Diskurs voneinander lernen. So kommt man zum Beispiel bei der Erforschung der Kunstrezeption zu neuen Sichtweisen, wenn neben Aspekten der Kunstgeschichte oder der Ästhetik auch Erkenntnisse aus den Neurowissenschaften und der Psychologie berücksichtigt werden. Ähnlich verhält es sich, wenn – wie im Forschungsschwerpunkt Digital Humanities an der Universität Stuttgart – Informationstechnologien zur Erschließung geisteswissenschaftlicher Inhalte herangezogen werden. „Hier ist aber auch zu fragen, ob die Digitalisierung die Geisteswissenschaften verändert und ob sie am Ende überhaupt die Fragen beantwortet, die man gestellt hat.“
In einem weiteren Forschungsprojekt geht es um psychologische, ethische und ästhetische Aspekte neuer Technologien. Misselhorn fragt beispielsweise, welche Gefühle Roboter im Menschen auslösen. Auch hier zieht sie Erkenntnisse aus anderen Disziplinen hinzu, etwa psychologische Konzepte zur Entstehung von Empathie. Die Bewertung der Gefühlsbildung greift wiederum tief in die Produktentwicklung und -gestaltung hinein: Sollen, dürfen Roboter überhaupt menschenähnlich aussehen?

### *MODERNER ANSATZ MIT LANGER TRADITION*

Der integrative Ansatz hat Tradition in der Stuttgarter Philosophie. Schon Max Bense schlug in den 1970er-Jahren den Bogen von der Philosophie zu den Naturwissenschaften, beschäftigte sich als einer der ersten Vertreter seines Fachs mit Nachrichtentechnik und Kybernetik. Bis heute gehört die enge Vernetzung von Ingenieur- und Naturwissenschaften mit den Sozial- und Geisteswissenschaften zum besonderen Forschungsprofil der Universität Stuttgart. Sie ermöglicht ein „produktives Interagieren“ (Misselhorn) und spiegelt sich in Projekten wie der Tagung „Collective Agency and Cooperation in Natural and Artificial Systems“, die Misselhorn in diesem Sommer gemeinsam mit dem Systemtheoretiker Prof. Frank Allgöwer ausgetragen hat. In die Tagungsorganisation eingebunden war auch [illegible] Krumpe, ein Informatiker, der [illegible] als Nebenfach [illegible]



Klimasimulationen bilden die Variablen des komplexen Wettergeschehens nie vollständig ab, dienen aber als Grundlage für weitreichende Entscheidungen. Philosophen fragen nach, wie eine Simulation „gebaut“ ist.

eine andere Richtung zu drehen“. Das Tagungskonzept gehörte zu den Gewinnern des uniinternen Wettbewerbs „Geist trifft Maschine“.
Agenten-Systeme bestehen aus mehreren intelligenten Akteuren, die als Kollektiv ihr spezifisches Wissen, ihre Pläne und Ziele abstimmen. Das können Menschen sein, aber auch technische „Wesen“ mit künstlicher Intelligenz, wie Roboter, Drohnen oder Avatare. Im Rahmen der Tagung tauschten sich rund 50 Philosophen und Ingenieure darüber aus, wie die Maschinen untereinander und mit dem Menschen kooperieren und welche ethischen Fragen dies aufwirft. Wer trägt die Verantwortung, wenn Autos autonom durch die Städte fahren oder in Fabriken Roboter wie von Geisterhand die Produktion übernehmen? Welche Verfahren sind bei Stör- oder Konfliktfällen nötig, damit das System nicht stockt oder gar Amok läuft? „An einer technisch orientierten Universität lässt sich ein solcher Diskurs sehr viel leichter realisieren als anderswo“, betont Misselhorn.
Bei der Beschreibung von kollektivem Handeln spielen soziale Simulationen eine wichtige Rolle. Hier können Philosophen präzisieren, wie die Kollektive strukturiert sind und abstrakte Konzepte für ihr Verhalten entwickeln. „Bisherige Ansätze zum Verhalten von Gruppen gehen meist von wenigen Akteuren aus“, erklärt Misselhorns Doktorand Tom Poljansek. „Wenn man aber das Verhalten einer Fußballmannschaft oder gar Massenphänomene wie den arabische Frühling verstehen will, muss man ein sehr viel breiteres Spektrum an Strukturen analysieren.“ Im Rahmen seiner Doktorarbeit entwickelt Poljansek eine Typologie unterschiedlicher Gemeinschaftsformen und beschreibt, wie deren Subjekte miteinander verbunden sind. Sprechen sie direkt miteinander oder richtet sich einer an viele? Handeln sie miteinander oder gegeneinander? Gemeinsam mit Forschern des Exzellenzclusters Simulation Technology (SimTech) an der Uni Stuttgart will er ein empirisch nachprüfbares Modell entwickeln, eine Art sozialer Mathematik. Damit, so die Hoffnung, könnte man zum Beispiel vorhersagen, wie die Teilnehmer einer Veranstaltung sich verhalten, wenn sie in Panik geraten.

### *FALLSTRICKE DER SIMULATIONSTECHNOLOGIE*

Die philosophische Reflektion der Simulationstechnologien steht im Mittelpunkt des Forschungsinteresses der SimTech-Juniorprofessorin Ulrike Pompe-Alama. Welche Folgen haben die inzwischen so allgegenwärtigen Verfahren für das wissenschaftliche Arbeiten, für die Gesellschaft überhaupt? Das klingt abstrakt, kann aber hoch politisch sein. Beispiel Klimawandel: Klimasimulationen haben die Eigenart, dass sie etliche wichtige Variablen des komplexen Wettergeschehens gar nicht erfassen. Obwohl ihre Treffsicherzeit daher durchaus fraglich ist, dienen sie als Grundlage für weitreichende Regelungswerke, von Gesetzen zur CO2-Reduzierung bis zu Versicherungstarifen.
Nicht viel anders sieht es bei der Simulation von Wirtschaftskreisläufen aus, die als Entscheidungsbasis für Konjunkturprogramme oder Sozialleistungen herangezogen werden. „Bei jeder Simulation muss man hinterfragen, wie sie gebaut ist und welche Interessen dahinterstecken“, erklärt Pompe-Alama. „Die Philosophie hat da einen sehr frühzeitigen Auftrag.“
Daran schließt sich die Frage an, wie man Simulationen für den Wissenserwerb nutzbar machen kann – Kontextualisierung nennt sich das in der zweiten Förderperiode des Exzellenzclusters SimTech.
Eine wichtige Rolle spielt dabei die Visualisierung, also die Darstellung von Forschungsergebnissen in Bildern. Auch hier stellen sich viele ethische Fragen. „Bilder suggerieren, dass das Abgebildete wahr ist, aber sie können trügerisch sein.“ Schon die Farbwahl kann die Aussage beeinflussen. Und wie visualisiert man eigentlich Unsicherheiten?

### *WAS IST EINE GUTE ERKLÄRUNG?*

Der Philosophie des Geistes selbst geht Philip Hübl auf die Spur. Zudem beschäftigt sich der Juniorprofessor für Theoretische Philosophie mit Handlungstheorie, Sprachphilosophie, Metaphysik, Wissenschafts- und Erkenntnistheorie.
In einem seiner Forschungsprojekte fragt er, was eine gute wissenschaftliche Erklärung ist. „Große Themen wie Gewalt oder Religion wurden lange nur aus kulturwissenschaftlicher Perspektive erklärt. Aufschlussreicher ist aber, deren psychologische und neurowissenschaftliche Dimensionen zu untersuchen.“ Geistes- und naturwissenschaftliche Erklärungen seien nicht so unterschiedlich, wie man vermuten könnte. „Die Unterscheidung, dass Geisteswissenschaftler Handlungen mit Gründen verstehen und Naturwissenschaftler Naturvorgänge mit Ursachen erklären, beruht auf einem Denkfehler“, kritisiert Hübl. „Auch Handlungen verlangen Kausalerklärungen.“ Verursachung sei der Mörtel, der die Welt zusammenhält.

### *„NIEMANDEN DAVONKOMMEN LASSEN“*

Dennoch: Nicht immer wird die Stimme der Philosophie bei Ingenieuren oder Naturwissenschaftlern gerne gehört. Wenn aber Technologien die Lebensqualität der Menschen oder die Arbeitswelt verändern, „dann kann man niemanden davonkommen lassen“, betont Catrin Misselhorn engagiert. Deutlich wird dieser Anspruch auch an ihrem Forschungsprojekt MotionEAP, in dem Assistenzsysteme zur Effizienzsteigerung am Arbeitsplatz, im Produktionsprozess in Unternehmen sowie in Behindertenwerkstätten entwickelt werden. Solche Systeme unterstützen Menschen mit kognitiven Einschränkungen im Arbeitsprozess, wenn Koordination und Überblick gefragt sind. Sie basieren auf Verfahren der Bewegungserkennung, geben mit Hilfe neuer Projektions- und Displaytechnologien Anweisungen und setzen motivationsfördernde Elemente ein. Das leise Unbehagen im Bauch, das man an dieser Stelle verspüren mag, fassen Philosophen in Worte: „Durch die Technologien wird einerseits Menschen mit Handicap der Zugang zum Arbeitsmarkt erleichtert, das ist ein wichtiger Schritt zur Verwirklichung der allseits geforderten Inklusion“, skizziert Misselhorns Doktorand Hauke Behrendt die Problematik. „Andererseits stellt sich die moralische Frage, ob die Betroffenen ihrer Autonomie beraubt werden und ob es überhaupt recht ist, Menschen mit Behinderung ein Leistungssystem aufzuzwingen.“
Bei so viel Brisanz sollte es leichtfallen, die Philosophie aus dem „Elfenbeinturm“ der Wissenschaft hinaus in die Gesellschaft zu tragen. Dennoch ist das Spannungsfeld von Philosophie und Öffentlichkeit in Fachkreisen ein Thema intensiver Debatten, begleitet vom Misston der







Prof. Catrin Misselhorn,
Jun.Prof. Ulrike Pompe-Alama und
Jun.Prof. Philip Hübl

Popularisierung. In der Bevölkerung jedenfalls sei das Interesse an philosophischen Fragen groß, und das nicht nur im Feuilleton, hat Catrin Misselhorn beobachtet. „Aber wir müssen die Foren für den Diskurs nutzen und uns neue schaffen." Deshalb geht die Philosophie-Professorin auch an die Volkshochschule (VHS) und spricht dort über Soziale Roboter in der Altenpflege oder veranstaltet einen Philosophy-Slam. Ulrike Pompe-Alama hat sich, ebenfalls in Kooperation mit der VHS, schon beim Welttag der Philosophie der UNESCO engagiert. Und Philipp Hübl hat mit seinem Buch „Folge dem weißen Kaninchen" gleich einen SPIEGEL-Bestseller gelandet, in dem er den Leser auf unterhaltsame Art mit den großen Fragen des Lebens – Gott, Freiheit, Bewusstsein, Tod und andere – konfrontiert.

*ALLZWECKWAFFE IM ARBEITSMARKT*

Ohnehin stößt das Stichwort Elfenbeinturm bei den Stuttgarter Philosophen auf wenig Verständnis. „Philosophen sind die letzten Generalisten unserer Zeit und können sich daher oft schneller als andere in neue Themen einarbeiten", betont Hübl. Eine Fähigkeit, die Philosophen auf dem Arbeitsmarkt übrigens weitaus gefragter macht, als es das eingangs erwähnte Bild vom Taxifahrer vermuten lässt. Wer es geschafft hat, sich im Studium durch einen gewaltigen Textkanon zu lesen, seinem Professor ab dem ersten Semester mit Argumenten Paroli zu bieten, spielerisch Ideen zu entwickeln und lustvoll zu diskutieren, ohne Wunden zu hinterlassen, der ist auch für das Berufsleben gut gewappnet. Wenn dann noch fachliche Zusatzqualifikationen dazu kommen, taugen Philosophen in Unternehmen als „universell einsetzbare Allzweckwaffe" (Misselhorn). Gesucht sind sie überall dort, wo es darum geht, komplexe Sachverhalte zu analysieren, zu strukturieren und ungewöhnliche Lösungen aufzuzeigen.
Überdies erweist sich so manches, was zunächst als Orchideen-Forschung belächelt wird, als nützlich, wenn die gesellschaftlichen Fragen sich ändern. Das hält Catrin Misselhorn auch den Politikern entgegen, die philosophische Lehrstühle zum Gegenstand von Sparpaketen machen wollen. „Mit der Philosophie ist es wie mit der Grundlagenforschung: Ihre Relevanz oder Verwertbarkeit ist nicht immer unmittelbar erkennbar. Aber sie ist ein wichtiger Gedankenpool für die Lösung zukünftiger Probleme."

*Andrea Mayer-Grenu*




Bürgerdialoge wie hier zur Anbindung des Landesflughafens an das Bahnprojekt Stuttgart21 sind ein beliebtes Verfahren zur Einbindung der Betroffenen in die Planung von Großprojekten, aber kein Erfolgsgarant. Stuttgarter Wissenschaftler erforschen, wie Partizipation gelingen kann.

# Vom Wutbürger zum Mitplaner

## Wie Bürgerbeteiligung gelingen kann

**Große Infrastrukturprojekte sorgen in der Bevölkerung immer häufiger für Verdruss und Proteste. Dabei sollen sie allen nützen, egal, ob es um Bahnhöfe oder Stromleitungen geht. Die Schlichtung und Volksabstimmung über Stuttgart 21 zeigten, dass Wutbürger zu Mitgestaltern und -entscheidern werden, wenn man sie lässt. Wie man Planung und Partizipation juristisch und soziologisch bestmöglich kombiniert, das erforschen Stuttgarter Wissenschaftler – und haben gleich einen eigenen Studiengang dazu gestartet.**

Der wichtigste Faktor für eine erfolgreiche Bürgerbeteiligung ist für den Soziologen Prof. Ortwin Renn ein eher weicher: Eine positive Einstellung der Organisatoren und Teilnehmer zu dem Beteiligungsverfahren. Dies habe eine Metastudie in den USA zu allen Partizipationsprozessen im Umweltbereich gezeigt: „Wenn Leute dabei sind, die sagen, das ist doch Quatsch, dann ist es zum Scheitern verurteilt", sagt Renn. „Aber das ist eben keine Sache, bei der man einen Hebel umstellen kann." Genau dort setzt deshalb der Masterstudiengang „Planung und Partizipation" an, der im Wintersemester 2013/14 startet. Er soll Leuten, die später in entsprechenden Funktionen arbeiten, das Wissen und das Bewusstsein für partizipative Verfahren vermitteln. Maßgeblich beteiligt sind an der Universität Stuttgart das Institut für Sozialwissenschaften, Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie, unter Leitung von Prof. Renn und der Studienkoordinatorin Dr. Gisela Wachinger, die Fakultät für Architekturwissenschaften mit verschiedenen Instituten sowie die Abteilung für Rechtswissenschaft am Institut für VWL und Recht unter Prof. Volker Haug. „Der besondere Reiz liegt in der Interdisziplinarität, weil klar ist, dass gute Planung, gute Partizipation nicht möglich ist, wenn man das nur isoliert aus einem Blickwinkel betrachtet", sagt der Jurist Haug.
Auch in der Helmholtz-Allianz ENERGY-TRANS zur Energiewende, an der die Universität Stuttgart als eine von vier Hochschulen beteiligt ist, bauen die Juristen und Soziologen gemeinsam die Säule „Planung und Partizipation" auf. Bis

2016 sollen sie neue Verfahren für die Planung von Infrastrukturmaßnahmen finden, etwa für Überlandleitungen, Pumpspeicherkraftwerke und Windparks. Dazu gilt es, tragfähige Wege der politischen Beschlussfassung unter Mitwirkung der Bürgerschaft zu finden. Welche Forschungsfragen sich im Detail stellen, zeigt beispielsweise eine bereits veröffentlichte Arbeit von Kai Schadtle, ein Mitarbeiter Haugs. Er untersuchte unter dem Titel „Neue Leitungen braucht das Land – und Europa!“, welche Möglichkeiten der Bürgerbeteiligung die EU-Verordnung zu Leitlinien für die transeuropäische Energieinfrastruktur im Vergleich mit den deutschen Gesetzen vorsehen. Schadtle kam zu dem Ergebnis, dass die EU-Verordnung für Deutschland einen Rückschritt darstellt, weil sie die Mitsprache bei der Frage, ob eine Leitung gebaut wird, einschränkt. Die Soziologen um Ortwin Renn untersuchen die Strukturen und Dynamik von Beteiligungsprozessen mit zwei Zielen, wie der Professor erläutert: „Das eine ist, Verfahren, die laufen, zu evaluieren und Hinweise zu geben, wie man sie besser machen kann. Das zweite ist, Antworten auf die Frage zu finden: Wie können wir im Rahmen deliberativer Demokratietheorien Formen der Bürgerbeteiligung finden, die juristisch kompatibel sind und die Ziele der Entscheidungsfindung unterstützen?“

*FÜNF ERFOLGSKRITERIEN*

Maßgeblich für ein erfolgreiches Partizipationsverfahren sind laut Renn fünf Kriterien: Läuft das Verfahren transparent, effektiv, effizient, fair und kompetent ab? Indem sie diese Punkte kontinuierlich überprüfen, können die Wissenschaftler laufende Prozesse direkt verbessern. So stellte sich etwa beim Bürgerdialog Zukunftstechnologien des Bundesministeriums für Bildung und Forschung heraus, dass der Bereich „medizinische Betreuung im späten Alter“ auf nur geringes Interesse stieß. Also rieten die Stuttgarter dem Ministerium, das Thema auf den gesamten Bereich der Intensivmedizin auszuweiten. „Danach war das Interesse viel größer“, sagt Renn. Viel häufiger als zum Thema selbst können die Soziologen aber Verbesserungsvorschläge zu Verfahrensfragen unterbreiten. „Es gibt kein Verfahren, bei dem nichts schief läuft“, so Renn. Zusätzliche Erkenntnisse, wie die Bürger bestmöglich mitentscheiden, gewinnen er und seine Mitarbeiter bei den Prozessen, die sie selbst organisieren.

Aktuelles Beispiel ist der Gesundheitsdialog, den Gisela Wachinger gemeinsam mit Sarah Wist im Auftrag des Sozialministeriums Baden-Württemberg und des Landesgesundheitsamtes konzipiert und moderiert. In diesem Verfahren sollen die Bürger auf kommunaler Ebene bei Fragen der Gesundheitsversorgung und der Prävention mitentscheiden. Seit dem Frühjahr 2013 laufen dazu fünf Pilotprojekte. Im Landkreis Calw etwa steht eine konfliktträchtige Entscheidung an: die Zukunft der beiden Kreiskliniken in Calw und Nagold. In zwei Bürgerforen können Interessierte aus allen Kreiskommunen das dazu angeforderte Fachgutachten erst vorbereiten und dann bewerten, bevor der Kreistag seine Entscheidung trifft. Mitentscheider statt Wutbürger auch hier: Andernorts sorgten Klinikschließungen zuletzt für erbitterte Proteste.

*ÜBERZEUGUNGSARBEIT BEI JURISTEN*

Welche Formen der Beteiligung rechtlich überhaupt möglich sind, dieser Frage widmen sich Volker Haug und seine Juristen. „Wir untersuchen partizipationsrechtliche Mechanismen und Wirkungen und bringen diese in einen größeren rechtlichen Kontext“, erklärt der 48-jährige Fachmann für Partizipationsrecht, der vor zwei Jahren nach Stuttgart kam. Das beginne mit echter Überzeugungsarbeit: Bei vielen Juristen sei Partizipation unbeliebt, einige bestritten die demokratische Legitimation der Bürgerbeteiligung. „Das sehe ich anders. Deshalb versuchen wir, dafür das Feld zu bereiten. Jura ist ja eine Wertungs- und Meinungs-, eine Diskussionswissenschaft“, sagt Haug. Doch wie kann man Partizipationsrecht fassen? „Partizipation ist mehr, als Pläne auszulegen. Für mich bedeutet Partizipationsrecht jede Form, in der Bürger an hoheitlichen Entscheidungsprozessen teilhaben, und zwar in einer verbindlichen Weise.“ Dazu gehören die Petition, natürlich die Beteiligung in Planungsverfahren sowie Elemente direkter Demokratie wie Volksbegehren und -entscheide. Die Volksabstimmung zu Stuttgart 21 und deren juristische Legitimität hat Haug ebenfalls untersucht. Er kommt zu einem kritischen Urteil, „weil man über die Ausübung eines Kündigungsrechts hat abstimmen lassen, das gar nicht bestand.“ Für die Zukunft bedeutsam ist ein anderer Aspekt dieser Studie: Inwieweit sind die Quoren bei der Volksabstimmung in Baden-Württemberg sinnvoll? Antworten zum Sinn dieser Hürden für eine Volksabstimmung gibt Haug auch in einem weiteren Aufsatz. Darin vergleicht der Jurist die Vorgaben zur Partizipation im Kommunalrecht der 16 Bundesländer. Er stellte formale und inhaltliche Vorgaben gegenüber, wie etwa die Bereiche, auf die sich eine Abstimmung beziehen darf. Dazu verglich er die Quoren und die jeweiligen Rechtsvorschriften. Haug wies nach, dass die Bestimmungen zur Beteiligung höchst unterschiedlich ausgestaltet sind: Das Bundesland Hamburg zum Beispiel hat ein ausgesprochen partizipationsfreundliches Kommunalrecht, während das Saarland seinen Bürgern die Mitsprache am schwersten macht. Für die Politik taugt dieser Vergleich als eine Art Checkliste, was man einführen oder ändern müsste, wenn man das Kommunalrecht partizipationsfreundlicher gestalten wollte.

*Daniel Völpel*

**Master Planung und Partizipation**

Bürgerproteste gegen neue Bauvorhaben, Sanierungsmaßnahmen oder Infrastrukturprojekte treten verstärkt dann auf, wenn die Betroffenen nicht oder nicht ausreichend in den Entscheidungsprozess einbezogen wurden. Doch Konzepte und Methoden, die eine sachgerechte Einbeziehung der Öffentlichkeit in Planungs- und Entscheidungsprozesse ermöglichen, sind Mangelware. Abhilfe schafft seit dem Wintersemester 2013/14 der neue Master-Studiengang „Planung und Partizipation“ an der Universität Stuttgart. Das bundesweit erste Ausbildungsprogramm dieser Art vermittelt Studierenden vertieftes Fachwissen zu den Themen öffentlicher Planung und ein praxisgerechtes Erfahrungswissen über die Organisation und Durchführung von Beteiligungsverfahren. Passend zu den Anforderungen des beruflichen Einsatzfeldes wurde der Studiengang interdisziplinär und besonders praxisnah konzipiert. Auf das neue Studienangebot gingen aus dem Stand heraus über 100 Bewerbungen aus dem gesamten Bundesgebiet ein. Die künftigen Absolventen finden ein breites Betätigungsfeld in der kommunalen Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

www.uni-stuttgart.de/planupart/

*CO.CO.MAT GEHT IN DIE DRITTE RUNDE*

Der Sonderforschungsbereich Transregio 21 (SFB/TRR 21) wurde um vier Jahre verlängert. Die Wissenschaftler der Universitäten Stuttgart, Tübingen und Ulm erhalten von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die dritte Periode 7,7 Millionen Euro. Zusätzlich steuern die Forschungseinrichtungen rund 1,5 Millionen Euro aus Eigenmitteln bei. Der Verbund mit dem Titel „Quantenkontrolle in maßgeschneiderter Materie“, kurz Co.Co.Mat, widmet sich seit 2005 der Erforschung der faszinierenden Phänomene der Quantenphysik.

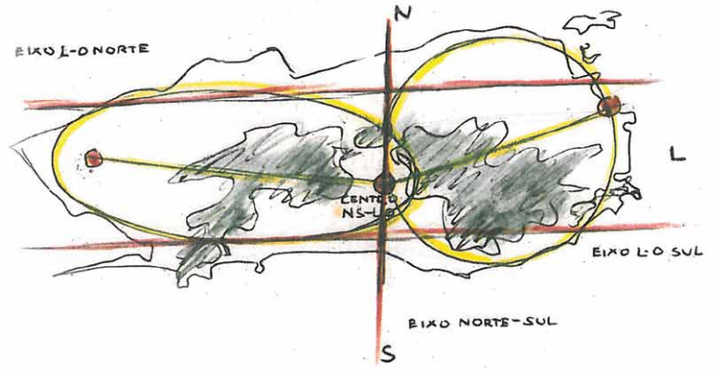
„In den letzten Jahren haben wir verstärkt auf hybride Ansätze gesetzt, um das Beste aus den zwei Welten der Atom- und Festkörperphysik zu neuen Anwendungen zu kombinieren und neuartige Quantenzustände der Materie zu untersuchen“, erklärt der Sprecher des Verbunds, Prof. Tilman Pfau vom 5. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart.

Die wissenschaftliche Bilanz der letzten vier Jahre kann sich sehen lassen. Über 200 Artikel wurden in renommierten Fachzeitschriften veröffentlicht. Zwei ERC Advanced Grants gingen 2011 an die Stuttgarter Forscher Jörg Wrachtrup und Tilman Pfau. Jörg Wrachtrup wurde 2012 mit dem Leibniz Preis der DFG ausgezeichnet. In der dritten Förderperiode beteiligen sich erstmals auch Projekte am Grenzgebiet von Physik und Biologie.

## Co.Co.Mat weltweit vernetzt

Der transregionale Sonderforschungsbereich Co.Co.Mat vereinigt nicht nur Physiker der Universitäten Stuttgart, Ulm und Tübingen. In die Projekte fließen Kooperationen mit einer Vielzahl führender Forschungseinrichtungen rund um den Globus ein. Unsere Weltkarte zeigt, wie weit gespannt dieses Netzwerk ist.






Ausschnitt aus Bebauungsplan für Barra da Tijuca.

## Stadtentwicklung mit den Menschen

### Der Brasilianer Camilo Michalka lernt von deutscher Raumordnung

**Identität. Das Wort fällt oft, wenn man mit Prof. Camilo Michalka spricht, Bauingenieur an der Universidade Federal in Rio die Janeiro. „Sie ist der Schlüssel für Lebensqualität." Wie Städte gestaltet werden, damit sie Identität stiften, erforscht der 63-jährige Brasilianer mit österreichischen Wurzeln ein Jahr lang als Gastwissenschaftler am Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) der Universität Stuttgart.**

Lachend wedelt Camilo Michalka mit einem dünnen Stapel Papier und wirft temperamentvoll die Haare aus dem Gesicht. „Das ist der Bebauungsplan für Barra da Tijuca, Buntstiftzeichnung mit ein paar Zeilen Text." Das Stadtviertel am Rande von Rio de Janeiro wurde in den 1970-er Jahren aus dem Boden gestampft und wuchert seither in das Schwemmland zwischen Meeresküste und Bergen. Heute leben in der einst fast unbewohnten Gegend mehr als 220.000 Menschen. Über die Anbindung mit Straßen und öffentlichen Verkehrsmitteln haben sich die Stadtgründer ebenso wenig Gedanken gemacht wie über Schulen, Abwasserkanäle oder die biologischen Folgen für die empfindliche Lagunenlandschaft. Die Folgen spürt die Bevölkerung noch heute: Verkehrschaos, Umweltschäden, stressige Lebensbedingungen, Perspektivenlosigkeit bis hin zur Gewalt. „Mit solchen Städten identifizieren sich die Menschen nicht, also setzen sie sich auch nicht für Sicherheit und Ordnung ein, und die Lebensbedingungen werden noch schlimmer", beschreibt Michalka den Kreislauf.
Brasilien ist zwar der bevölkerungsreichste Staat Südamerikas, aber nicht sehr dicht besiedelt. Durchschnittlich 22,5 Einwohner leben auf einem Quadratkilometer, in Deutschland sind es 225. Dennoch sprengen vierzehn Städte die Drei-Millionen-Grenze. Allein im Großraum São Paulo drängeln sich über 20 Millionen Menschen und selbst Manaus inmitten des Amazonasbeckens schafft es auf etwa zwei Millionen. Tendenz steigend bei einer Bevölkerung, die Jahr für Jahr um etwa zwei Millionen wächst.

*KLEINSTÄDTE STÄRKEN STATT MEGACITIES*

Raumplanung in Brasilien zielt denn auch meist darauf, die Infrastruktur in den Megacities zu verbessern. Kleinere Ortschaften mit weniger als 35.000 Einwohnern dagegen finden wenig Beachtung. Dabei machen sie knapp 80 Prozent der brasilianischen Gemeinden aus. Viele dieser Kommunen stagnieren in ihrer Entwicklung oder schrumpfen, weil die Bewohner in die Ballungsräume abwandern. Eine Fehlentwicklung, meint Camilo Michalka. „Die brasilianischen Großstädte haben ihre Grenzen erreicht. Weiteres Wachstum können wir nur bewältigen, wenn wir die kleinen Städte stärken." Doch wie schafft man es, diese Kommunen auszubauen, ohne die Fehler der Vergangenheit zu wiederholen?
Eine Antwort findet sich in São José do Vale do Rio Preto, 20.000 Einwohner, 140 Kilometer von Rio entfernt. In dem Agrarstädtchen mit dem klangvollen Namen unterstützt Michalka gemeinsam mit einer Soziologin die Stadtverwaltung bei der Errichtung eines „Plano Diretor". Zu einem solchen Entwicklungsplan sind die Kommunen seit den späten 1980er-Jahren per Verfassung verpflichtet. Er zielt darauf, Stadtentwicklung, Infrastruktur und Umweltfragen in einem Guss zu denken und zu planen. Wie man einen Plano Diretor macht, wissen freilich die wenigsten Gemeinden, vorhandene Leitlinien sind in verschiedenen Dokumenten verstreut. „Kommunen gehen die Probleme daher mit Einzelmaßnahmen an. Da werden Stadtviertel gebaut, ohne die Schulen zu erweitern. Oder es wird ein spezieller Schultyp, zum Beispiel eine technische Schule, gebaut, ohne dass man auf die passenden Beschäftigungsmöglichkeiten im Anschluss achtet."
Gerade die Ausbildung sei aber ein entscheidender Faktor, um junge Menschen eine Perspektive zu bieten und sie langfristig an den Ort zu binden. Statt starrer Angebote empfiehlt Michalka ein Haus der Bildung, in dem flexibel und temporär Kurse für verschiedene Branchen beziehungsweise Fachrichtungen angeboten werden. „Das kann dann einmal Tourismus, ein andermal Pflanzenschutz sein, je nachdem, welcher Bedarf vor Ort gerade besteht." Ebenso wichtig sei es, das Bewusstsein für den Umweltschutz zu schärfen. „Brasilien hat da viel verpasst, wir haben unsere Städte zubetoniert, die Gewässer verschmutzt und die Bäume abgeholzt." Zurück bleiben seelenlose Steinwüsten, Zeugnis einer Planung ohne die Betroffenen.



*LOKALE AGENDA AUF BRASILIANISCH*

Bürgerbeteiligung lautet daher das Schlüsselwort auf dem Weg zu menschlicheren Städten. Die Lokale Agenda 21 schreibt sie den brasilianischen Kommunen vor. Doch die Umsetzung der relativ neuen Gesetze steckt noch in den Kinderschuhen. „In Sachen Bürgerbeteiligung bei Bauprojekten können wir von Deutschland sehr viel lernen", meint Michalka. Ein Satz, der erstaunen mag, wenn man an die Proteste gegen Stuttgart 21 oder den Ausbau des Frankfurter Flughafens denkt. Der sich aber relativiert beim Blick in die Geschichte Brasiliens. Mehrere Phasen der Diktatur und ein Militärregime in den Jahren von 1964 bis 1985 sind kein Nährboden für eine Politik des Gehörtwerdens. Viele Brasilianer haben es verlernt, ihre Stimme zu erheben. „Wenn deutsche Wissenschaftler denken, sie könnten in Brasilien einfach mit den Anwohnern diskutieren, täuschen sie sich gewaltig", kommentiert Michalka augenzwinkernd. Stattdessen laufe die Kommunikation über Abgeordnete, „und die denken erst mal an ihre Wiederwahl." Dennoch – oder gerade deshalb – studiert Michalka die Partizipationsprozesse in Deutschland während seines Forschungsaufenthalts sehr genau und schaut sich die Äußerungsverfahren für betroffene Anwohner an. Er ackert sich durch Raumplanungsgesetze, Bauordnungen und Regelungen zum Umweltschutz. Ebenso



In den Metropolen Brasiliens wie hier am Rande von Rio de Janeiro sind die Grenzen des Wachstums erreicht. Camilo Michalka setzt daher auf die Entwicklung der Kleinstädte.

befasst er sich mit der Geschichte der Städte im deutschsprachigen Raum und schaut, was deren Identität ausmacht. Michalka kennt sie gut, der Vater stammt aus Wien, viele Kollegen und Freunde leben in Deutschland. Er selbst hat von 1981 bis 1986 an der Universität Stuttgart bei Prof. Schlaich und Prof. Kurt Schäfer promoviert. Nach Jahren als selbstständiger Bauingenieur in Brasilien kehrte er 1999 nach Stuttgart zurück und arbeitete am Städtebau-Institut bei Prof. Eckhart Ribbeck.

*ANDERE VORZEICHEN, ÄHNLICHE FRAGEN*

Mit dem Gastgeber des jetzigen Forschungsaufenthalts und Leiter des IREUS, Prof. Stefan Siedentrop, verbindet ihn eine mehrjährige Zusammenarbeit. Auch Siedentop beschäftigt sich, wenngleich unter den Vorzeichen des demographischen Wandels, mit dem Bevölkerungsrückgang im ländlichen Raum und dem Trend des Zuzugs in die großen Städte. „Zwar geht es in Deutschland darum, Infrastrukturen zu erhalten, die man in Brasilien überhaupt erst aufbauen muss“, meint Michalka. Dennoch seien die Fragestellungen ähnlich, „das macht den Austausch wertvoll.“ Michalka möchte die Erfahrungen Deutschlands mit Entwicklungsplänen und Bürgerbeteiligung in seine Arbeit in der Heimat integrieren. „Man kann die deutsche Organisation zwar nicht kopieren, aber Ideen daraus ziehen, die für Brasilien nützlich sind.“ Wichtig sei es, ein ganzheitliches Verfahren zu entwickeln, an dem sich die brasilianische Städte bei der Erstellung eines Entwicklungsplans orientieren können. Ein solcher Leitfaden müsse umfassend, aber auch unkompliziert sein. Dass brasilianische Städte ab morgen mit ihren Bewohnern geplant werden, glaubt auch Michalka nicht. „Aber langfristig wird sich das Denken verändern“.

*Andrea Mayer-Grenu*





# Genese

Herbst 2012, die Idee: Wir machen ein neues Forschungsmagazin. Statt der bisherigen Universitätszeitschrift. Soll die Leserinnen und Leser packen. Begeisterung für Wissenschaft wecken. Etwas Besonderes sein, überzeugen.

März 2013, kalter Wintertag, hoch über den Dächern der Stuttgarter Innenstadt: Brainstorming. Wozu überhaupt eine neue Zeitschrift? Wie sieht der ideale Leser aus? Ziele, Themen, touch and feel. Fragebogen, Modulationskurven, Seitenplan. Und schließlich: Titeldebatte. Forschung und Gesellschaft, Hinterfragt, USancen, Bense, null7elf – oder womöglich Stuttgart31? The winner is: FORSCHUNG LEBEN.

Juni 2013, erwartungsvoller Mausklick: Die Entwürfe sind da! Wow-Effekt trifft auf Qual der Wahl. Die Schrift von Variante 1 und die Linie von Variante 2 oder umgekehrt? Blau, gelb oder grün, grau oder silbrig? Eines ist jedenfalls klar: Das Guckloch auf dem Titel muss sein!

Sommer 2013, Feinarbeiten: Angebote verhandeln, Seiten setzen, Interviews führen, Texte schreiben, redigieren. Glücksgefühle bei tollen Fotos. Manchmal auch die Mühen der Ebene - erinnern, mahnen, Termine jonglieren.

Oktober 2013, heiße Phase: Schlussredaktion, die Spannung steigt. Am Ende läuft die Zeit davon, wie immer.

November 2103, Geschafft, die erste Ausgabe von FORSCHUNG LEBEN ist fertig. Uns Machern hat es Spaß gemacht. Unsere Leserinnen und Leser werden ihn hoffentlich haben!

*Das Redaktionsteam*

# Impressum
## Abbildungsverzeichnis

**Herausgeber:** Universität Stuttgart

**Anschrift:** Universität Stuttgart, Kepplerstraße 7
Telefon 0711 685-82211, Fax 0711 685-82188
hkom@uni-stuttgart.de, www.uni-stuttgart.de

**Redaktion:** Dr. Hans-Herwig Geyer, Andrea Mayer-Grenu

**Konzept:** Tempus Corporate
www.tempuscorporate.zeitverlag.de

**Gestaltung und Umsetzung:** Zimmermann Visuelle Kommunikation
www.zimmermann-visuelle-kommunikation.de

**Anzeigen:** ALPHA Informationsgesellschaft
info@alphapublic.de, www.alphapublic.de

**Druck:** Offizin Scheufele, Stuttgart

**Auflage:** 10.000

MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C106007

Print geprüft www.bvdm-online.de

**Abbildungsverzeichnis:** Alpha Ventus: S. 17 oben; ARENA2036/Storz Medienfabrik: S. 64/65; Audi AG: S. 61 oben; BWLV/Löhmann: S. 8 oben Mitte; Daimler AG: S. 5 oben rechts, 71/72; DFG/Lichtenscheidt: S. 11; Eber Jens: S. 79 unten rechts; Eisenmann: S. 67 unten; FKFS: S. 62 links/rechts; Fotolia: S. 1, 15, 82/83, 94; HLRS: S. 54, 81, 84; IEW: S. 61 unten; IFB: S. 68; IKTD: S. 58 oben; IMS: S. 48/49; IMS Chips: S. 52 unten; InSpo: S. 52 oben; IPV: S. 53 oben; ITW: S. 20-21; IWE: S. 56/57; Mountain High Maps: S. 90/91; NASA: S. 78/79; Privat: S. 67 oben, 86, 93 oben; Regenscheit Uli: S. 3, 19, 23, 55, 58 unten, 69, 87, 93 unten; SCoPE: S. 75, 76, 77; Siemens AG: S. 53 unten; SimTech/David Ausserhofer: S. 26-29, 32-47; SWE: S. 17 unten; Steinert Michael: S. 66 links; Städtebau-Institut: S. 63; Universität Heidelberg: S. 51; Universität Stuttgart: S. 8, 9, 16; Valentin Schwind/Claudia Betia: S. 30; VIS: S. 50; ZSB/SimTech: S. 31






**Ein Zusammenschluss. Viele Möglichkeiten.** Mit der Integration der Behr-Gruppe in den MAHLE Konzern bewegen wir Großes und gestalten mit Leidenschaft die Zukunft. Als weltweit führender Hersteller von Komponenten und Systemen für den Verbrennungsmotor und dessen Peripherie zählt MAHLE nun auch zu den führenden Erstausrüstern im Bereich Fahrzeugklimatisierung und Motorkühlung. Mit unseren rund 65.000 Mitarbeitern arbeiten wir gemeinsam an der Optimierung vorhandener und der Entwicklung neuer, zukunftsweisender Technologien. Und das an 140 Standorten und in 10 großen Forschungs- und Entwicklungszentren weltweit. Profitieren Sie von unserem internationalen Netzwerk und der neuen Vielfalt an Entwicklungsperspektiven: Wir bieten Ihnen Freiraum für eigene Ideen, Eigenverantwortung und immer wieder neue Herausforderungen. Dafür entwickeln Sie die besten Lösungen – zusammen mit Ihren neuen Kollegen. Überzeugen Sie sich selbst, und prägen Sie die Zukunft mit MAHLE.

**www.jobs.mahle.com**

top ARBEITGEBER 2012/13 AUTOMOTIVE DEUTSCHLAND
CERTIFIED BY THE CRF INSTITUTE

MAHLE

*Driven by performance*