

# *Der* SPEZIALIST

Das Magazin für Technik und Management

**AGATE revolutioniert Kernforschung** Weltweit einzigartiges Forschungsprojekt

**Die Stadt als Rohstofflager** Industrielle Wiederverwertung von Ressourcen

**Roboter im vielseitigen Einsatz** Arbeitskollege und Katastrophenhelfer



Leidenschaftliche Fußballer: Gerjan Mazenier und Dr. Ralf Napiwotzki, die General Manager der Brunel GmbH. Beide haben mehr als 30 Jahre Fußballerfahrung und nutzen jede Gelegenheit, Spiele im Stadion zu sehen – gern auch gemeinsam. Rivalitäten kennen sie dabei nicht, denn Gerjan Mazenier ist Fan von Twente Enschede, während das Herz von Dr. Ralf Napiwotzki für Schalke 04 schlägt.

## „Die besten elf sind ...



---

Fußball bewegt viele Menschen. So auch Gerjan Mazenier und Dr. Ralf Napiwotzki, General Manager der Brunel GmbH. Ein Gespräch über die Gemeinsamkeiten von Fußball und Job.

---

# ... noch lange nicht die beste Elf“

Fußball ist für uns beide, wie für viele andere, eine große Leidenschaft. Und da uns zum Kicken mittlerweile leider die Zeit fehlt, nutzen wir jede Gelegenheit, Spiele im Stadion live zu sehen. Egal ob Twente Enschede oder Schalke 04 – Fußball bewegt viele Menschen, erzeugt Vorbilder und bietet zudem viele Parallelen zur Arbeitswelt. Die Spieler gewinnen mit Leidenschaft Spiele und wir Kunden. Für den Spielaufbau braucht es ebenso ein gutes Teamwork wie beispielsweise für die Projektabwicklung in der Industrie. Dabei zeigt sich immer wieder: Die besten elf sind noch lange nicht die beste Elf. Denn bei guter Teamarbeit bringt jeder seine Stärken im Sinne der Mannschaft ein. Das ist auch in der Branche der Personal- und Ingenieurdienstleister die wichtigste Voraussetzung für Erfolg.

Hinzu kommt: Wer körperlich fit ist, der ist auch geistig fit, meistert wachsende Anforderungen und wird irgendwann zum Spielmacher. Im Sport wie im Job. Das funktioniert bei Brunel bereits gut. Mehr als 70 Prozent unserer Führungskräfte kommen aus den eigenen Reihen. Da können sich die Fußballclubs in Sachen Nachwuchsarbeit bei uns noch etwas abschauen.

Aber für Erfolg braucht es auch Zielorientierung. Wichtig ist es dabei, das Ziel immer vor Augen zu haben. Hier wiederum können wir uns am Sport ein Beispiel nehmen. In der Wirtschaft neigen wir manchmal dazu, während des „Spiels“ noch über den Ball und den Rasen zu diskutieren, während diese Fragen beim Fußball alle vorher geklärt sind. Auf dem Platz geht es nur noch darum, Tore zu schießen.

Für uns gibt es zwei solcher Ziele: Sportlich sind es natürlich die stetigen Titelgewinne für Twente Enschede und Schalke 04. Beruflich ist es der Ausbau der Internationalität von Brunel. Die Wirtschaftswelt verändert sich, es entsteht ein globaler Arbeitsmarkt. Dabei gilt für Brunel das Gleiche wie für einen Fußballer: Wir müssen auf uns und das Umfeld achten. Darum bauen wir das europäische Netzwerk konsequent weiter aus. Auf dem Weg müssen wir stets auf Ereignisse, wie etwa die jüngste Finanzkrise, reagieren. Jedoch gilt auch in schlechten Zeiten: Der Ball muss ins Tor.



**Nun geben wir den Ball an Sie ab und wünschen eine gute Lektüre.**

Gerjan Mazenier

Dr. Ralf Napiwotzki

# Köpfe dieser Ausgabe



> **01 SALUN HAMZIC [41]:** bezeichnet sich selbst als „Vollblutkonstrukteur“. Nach seinem Maschinenbaustudium in Novi Sad in Serbien kam er 1995 nach Deutschland. Mit seiner Familie, die ihm neben der Arbeit sehr wichtig ist, lebt er heute in Köln. Dort ließ er sich unter anderem zum 3-D-CAD-Experten weiterbilden. Seine branchenübergreifende Berufserfahrung als Konstruktionsingenieur führte ihn 2010 über Brunel zur Zentralabteilung Technologie (ZAT) im Forschungszentrum Jülich. Dort schätzt der gebürtige Montenegriner vor allem den Teamgeist im aktuellen Projekt: Mit seinen Kollegen konzipiert er eine Anlage, die in Zukunft zur Reduzierung radioaktiver Nuklearabfälle eingesetzt werden könnte. Mehr zu diesem weltweit einzigartigen Projekt lesen Sie auf Seite 06.



> **02 MARKUS MÖHLER [41]:** startete seine Brunel Karriere als Niederlassungsleiter in Ulm und ist seit 2010 Geschäftsbereichsleiter in Süddeutschland. Als Sohn eines Mechanikers wurde dem Diplom-Wirtschaftsingenieur sein Technikinteresse schon in die Wiege gelegt. Immer wieder beschäftigt er sich mit modernsten Produktionstechniken, um die Anforderungen der Kunden gemäß den Markterfordernissen bestmöglich verstehen und entsprechend darauf reagieren zu können. Fasziniert ist er dabei vom Innovationspotenzial der neuen Technologien. „Es ist wichtig, diese Prozesse vorausszusehen und sich frühzeitig darauf einzustellen“, erklärt er, denn das schaffe wichtige Wettbewerbsvorteile. Welche Rolle Deutschland in der Entwicklung neuer Technologien spielt, lesen Sie auf Seite 20.



> **03 PROF. DR. HELMUT RECHBERGER [43]:** Das Ressourcenmanagement war dem Spezialisten für Abfallwirtschaft zu Beginn seines Maschinenbau-Studiums noch völlig unbekannt. Erst eine Vorlesung über den anthropogenen Stoffhaushalt weckte sein Interesse für die Bereiche Urban Mining und Recyclingtechnologien. Seit 2003 ist er Professor für Ressourcenmanagement an der Technischen Universität Wien und sieht in der Optimierung der Rohstoffnutzung großes Potenzial und Handlungsbedarf: „Unsere heutige Nutzung ist noch nicht optimal, so dass die Relevanz des Fachgebiets weiter steigen wird.“ Zu dieser Verbesserung beizutragen, sei eine wichtige Aufgabe. Welche Rolle die Stadt als Rohstofflager bei der Verwertung knapper werdender Rohstoffe spielt, lesen Sie ab Seite 38.

## Schauplätze dieser Ausgabe



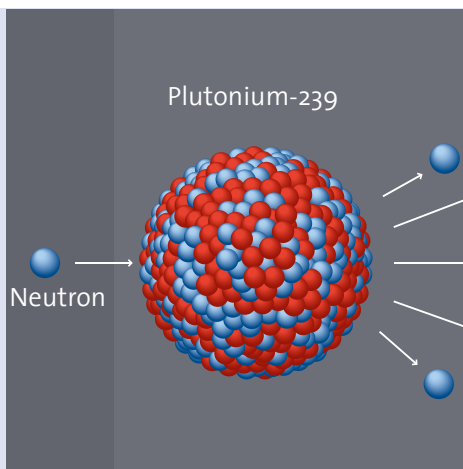
Brunel Spezialisten weltweit im Einsatz:  
Lesen Sie auf Seite **42** mehr über die internationalen Projekte von Erik Herzog.

# Inhalt

## DER SPEZIALIST

- SEITE **06** **Forschung: AGATE revolutioniert die Kernforschung**
- SEITE **12** **Im Fokus: Industrie-Roboter in vielseitigem Einsatz**
- SEITE **17** **Kompakt: Aus unserer Sicht, Kurzmeldungen, Tipps, Termine**
- SEITE **20** **Im Dialog: Deutschland als Wegbereiter für die vierte industrielle Revolution**
- SEITE **24** **Wissen: Das Auto der Zukunft?**
- SEITE **26** **24 Stunden: Unterwegs in Europa mit Gerjan Mazenier**
- SEITE **30** **History: Völlig losgelöst von der Erde – 50 Jahre bemannte Raumfahrt**
- SEITE **35** **Kompetenz: Effektiv, praxisnah, zukunftsweisend – Schulungen von Brunel**
- SEITE **38** **Forschung: Die Stadt als Rohstofflager**
- SEITE **42** **Profil: Zwischen den Zeitzonen unterwegs**
- SEITE **44** **Spektrum: HIV-Point-of-Care-Tester – Elektronikentwicklung für innovative Medizintechnik**
- SEITE **48** **Wissen: Wie funktioniert ein Flugschreiber?**
- SEITE **50** **Querdenken: Auf den Geschmack gekommen**
- SEITE **54** **Ausblick: Jugendforscher blicken in die Zukunft: Energie aus der Mikrowelle**

Impressum



Forschung – SEITE **06**



Im Fokus – SEITE **12**



History – SEITE **30**



# AGATE revolutioniert die Kernforschung: Konzept zur Reduktion radioaktiver Abfälle

Ob Ausstieg aus der Kernenergie oder nicht – eine Frage bleibt: wohin mit den hochradioaktiven Nebenprodukten, die bei der Uranspaltung entstehen? Die Transmutation könnte den gordischen Knoten durchschlagen. Mit der gezielten Umwandlung langlebiger Radionuklide in stabile Isotope ließe sich die Endlagerproblematik deutlich entschärfen, so das Ergebnis von AGATE, einer Konzeptstudie der RWTH Aachen.

TEXT > Dr. Ralf Schrank



Audio-Version unter: [www.brunel.de/podcast](http://www.brunel.de/podcast)



## PORTRÄT

Dr. rer. nat. John Kettler studierte Physik an der TU Dortmund und schrieb seine Doktorarbeit am Forschungszentrum Jülich zum Thema Charakterisierung radioaktiver Abfälle. Die Promotion erfolgte 2010 an der RWTH Aachen. Heute arbeitet der 31-Jährige dort im Institut für Nuklearen Brennstoffkreislauf. Er ist außerdem Geschäftsführer der Aachen Institute for Nuclear Training GmbH. [www.nuclear-training.de](http://www.nuclear-training.de)

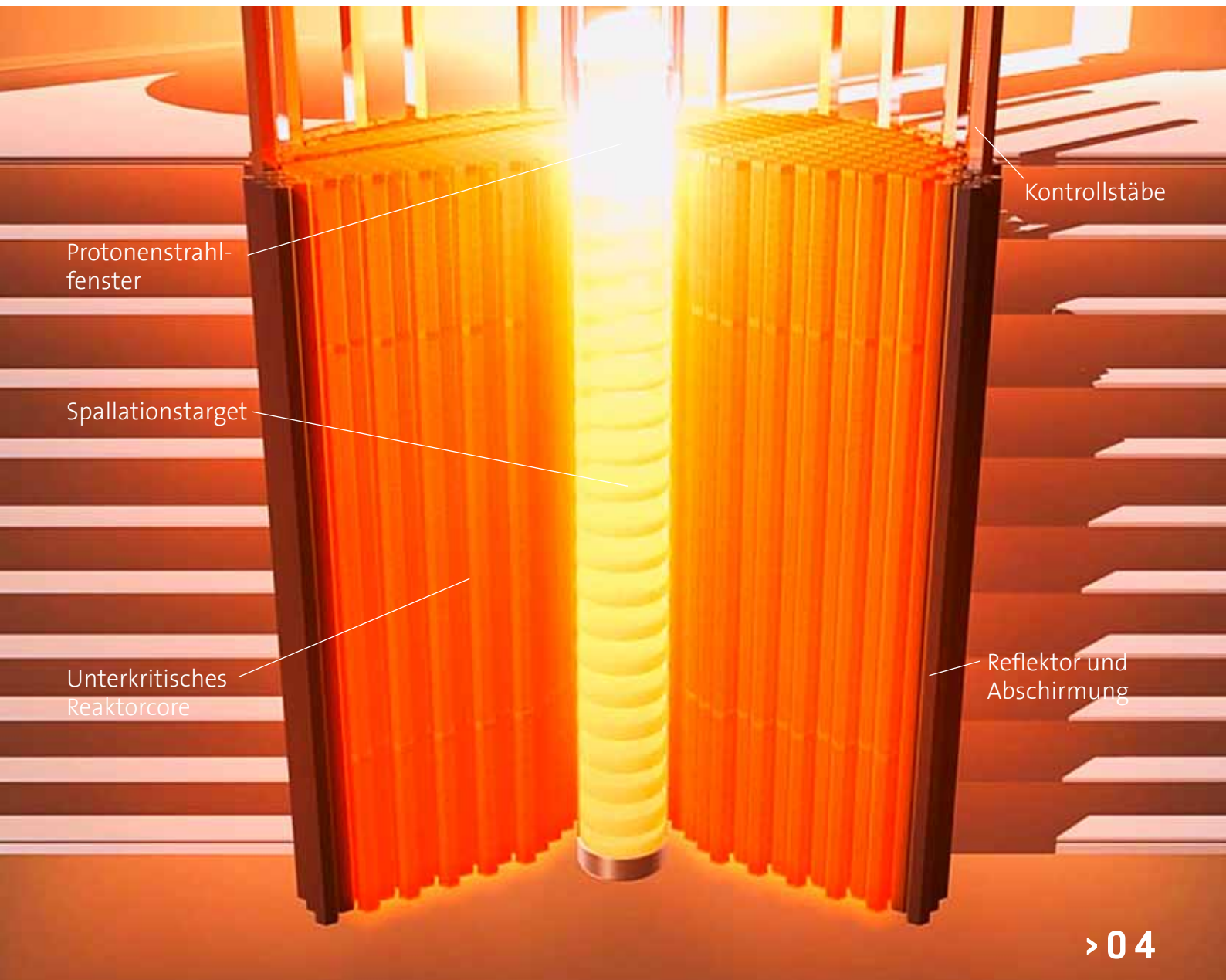
Ein technisch und gesellschaftspolitisch schlüssiges Konzept zur Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen aus Kernkraftwerken – etwa zehn Prozent des insgesamt erzeugten Kraftwerkabfalls – ist nirgendwo auf der Welt in Sicht. Diese Reste entwickeln selbst Wärme und enthalten Radionuklide, die zum Teil etliche Millionen Jahre strahlen. Bei der Uranspaltung entstehen in geringer Menge das Jod-Isotop 129 mit einer Halbwertszeit (HWZ) von 15,7 Millionen Jahren sowie langlebige Transurane wie Plutonium-242 (HWZ 375.000 Jahre) und Neptunium-237 (HWZ 2,1 Millionen Jahre). Ihre Endlagerung über geologische Zeiträume ist mit schwer abschätzbaren Risiken verbunden. Andere Entsorgungskonzepte sind ökonomisch nicht realisierbar und technisch problematisch, wie etwa die Verklappung hochradioaktiver Abfälle

im Weltraum. Und Reaktortypen, in denen hochradioaktive Stoffe gar nicht erst entstehen oder erneut als Brennstoff dienen, befinden sich allenfalls im Stadium von Gedankenmodellen, wie der Laufwellenreaktor oder die Kopplung von Fusions- und Kernreaktor. Andere wiederum sind politisch nicht durchsetzbar oder umstritten: Der Bau kommerzieller Brutreaktoren, so genannter schneller Brüter, wurde zumindest in Deutschland aus Sicherheitsgründen und wegen der Gefahr der Plutonium-Proliferation eingestellt.

## NUKLEARE TRANSMUTATION ALS ALTERNATIVE ZUR ENDLAGERUNG

„In dieser Situation ist die Transmutation das einzige, in überschaubarem Zeitrahmen realisierbare Konzept, die Endlagerproblematik zu entspannen“, so Dr. John Kettler vom Institut für Nuklearen Brennstoffkreislauf an der RWTH Aachen. Kettler arbeitete seit Anfang 2010 an der kürzlich fertig gestellten Konzeptstudie AGATE (Advanced Gas-cooled Accelerator-driven Transmutation Experiment) für eine gasgekühlte beschleunigergetriebene Transmutationsanlage. Entwicklungspartner waren neben der RWTH Aachen das Forschungszentrum Jülich, die Siemens AG und das Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS). Auftraggeber der Studie war das Land Nordrhein-Westfalen.

Transmutation ist die gezielte Umwandlung von Atomkernen durch Beschuss mit



schnellen Neutronen. Das extrem langlebige und hochradioxische Jod-129 transmutiert zum Beispiel durch Einfang eines Neutrons zum stabilen, nicht radioaktiven Xenon-130. Die transmutierbaren langlebigen Radionuklide aus den abgebrannten Brennstäben müssen zunächst abgetrennt (Partitioning) und dann im Transmutationsreaktor in kurzlebige oder stabile Nuklide umwandelt werden (Transmutation). Denkbare P&T-

Strategien (Partitioning & Transmutation) werden bereits seit 2004 im EUROTRANS-Projekt der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) untersucht. In Belgien befindet sich eine alternative P&T-Technologie mit Schwermetall-Kühlung in der Design-Phase. AGATE sollte nun speziell die gasgekühlte Variante unter die Lupe nehmen.

#### > 04

Der Protonenstrahl trifft von oben auf die Wolframscheiben im Spallationstarget. Dabei werden die für die weiteren Spaltprozesse notwendigen energiereichen Neutronen freigesetzt.



**PORTRÄT**

Dr. rer. nat. Ghaleb Natour lebt seit 1979 in Deutschland. Er studierte Physik an der Universität Heidelberg, wo er 1989 in Physikalischer Chemie promovierte. Elf Jahre lang leitete der 51-Jährige das Engineering & Technology Center der Philips-Forschung in Aachen. Seit 2010 ist er Leiter der Zentralabteilung Technologie (ZAT) am Forschungszentrum Jülich. [www.fz-juelich.de/zat](http://www.fz-juelich.de/zat)

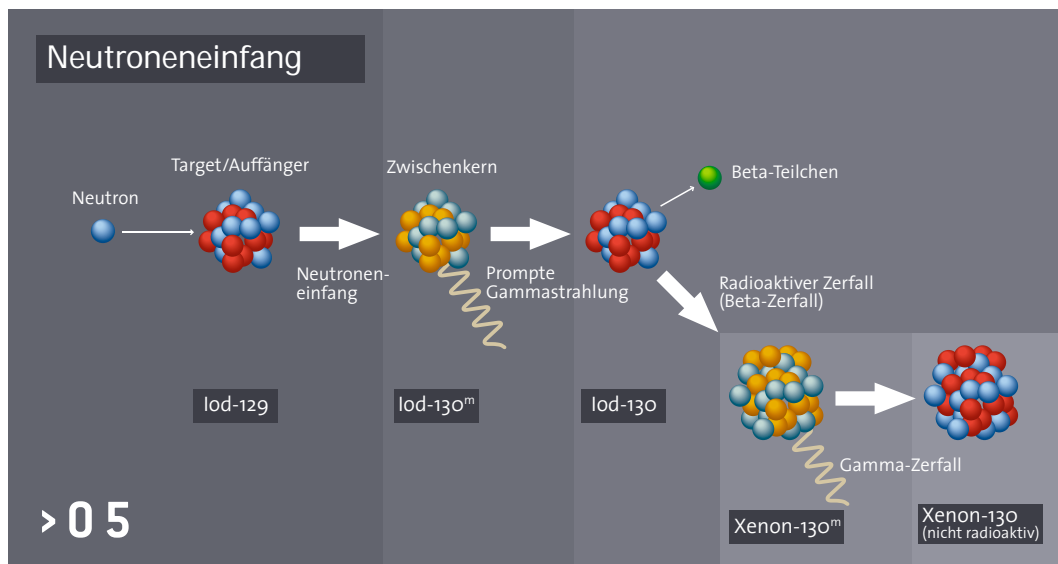
Die Kühlung ist Dreh- und Angelpunkt der technischen Realisierung, da bei der Transmutation große Mengen an Wärme entstehen, die ein effizientes Kühlsystem abführen muss. Helium als Kühlmittel hat hier gegenüber Metallschmelzen klare Vorteile: geringere Korrosionsanfälligkeit, einfachere Wartung sowie keine Aktivierung des Kühlmittels, wodurch sehr viel weniger radioaktiver Sekundärabfall erzeugt wird. Vor allem bremst Helium die Neutronen nicht so stark ab, so dass höhere Transmutationsraten erreicht werden

können. Die Wärmekapazität ist im Vergleich zu Metallschmelzen deutlich geringer. AGATE zeigt, dass die Gaskühlung technisch und ökonomisch sinnvoll ist und eine Transmutationsanlage für 1,0 bis 1,1 Milliarden Euro gebaut und in Betrieb genommen werden könnte. „Vorher jedoch“, so Dr. Ghaleb Natour, Leiter der Zentralabteilung für Technologie (ZAT) im Forschungszentrum Jülich, „müssen wir im Rahmen einer technischen Design-Studie mit Versuchsständen und Tests die Konzepte für die einzelnen Komponenten einer zukünftigen Anlage konkretisieren. Das wird vier bis fünf weitere Jahre in Anspruch nehmen.“

**TRANSMUTATION: KERNSPALTUNG OHNE SELBST-ERHALTENDE KETTENREAKTION**

Herz einer P&T-Anlage ist ein Komplex aus Teilchenbeschleuniger und Transmutationsreaktor. Der Beschleuniger erzeugt energiereiche Protonen, die beim Auftreffen auf ein so genanntes Spallationstarget energiereiche Neutronen freisetzen (engl. to spall = absplittern). Die schnellen Neutronen prallen auf die zu transmutierenden, vom Kühlmittel überströmten Brennelemente. Dabei laufen im Prinzip die gleichen Spaltprozesse wie in einem Kernreaktor ab. Der entscheidende Unterschied: Der Transmutationsreaktor wird unterkritisch betrieben, es kommt also nicht zur selbsterhaltenden Kettenreaktion. Im Fokus der AGATE-Forscher standen neben dem Helium-Kühlkreislauf das Protonenstrahlfenster, das das Ultrahochvakuum des

**> 05**  
Die durch den Protonenbeschuss erzeugten (ungeladenen) Neutronen können in Atomkerne der radioaktiven Spaltprodukte eindringen. Dieser Neutroneneinfang bewirkt beispielsweise die Transmutation des radioaktiven Iod-129 in das stabile Isotop Xenon-130.





Beschleunigers (kleiner als  $10^{-9}$  Millibar) vom Helium-Überdruck (60 bar) im Reaktorraum trennt, sowie das Spallationstarget. Da Fenster und Target durch Druck und Wärme hochbelastet sind, sieht das AGATE-Konzept vor, beide zu einer Einheit zusammenzufassen und als austauschbaren Einschub zu konzipieren.

### WELTWEIT EINZIGARTIGES KONZEPT ERFORDERT HÖCHSTES INGENIEUR-KNOW-HOW

Für Brunel Mitarbeiter Salun Hamzic, der im Jülicher ZAT-Team Konstruktionskonzepte für Fenster und Target entwickelte, war die Mitarbeit am AGATE-Projekt die Herausforderung seines Lebens – jedenfalls bislang. „AGATE ist weltweit einmalig und die gesamte Anlage äußerst komplex. Das verlangt eine langjährige Konstruktionserfahrung und ein tiefes technisches Verständnis für Werkstoffeigenschaften und -design“, so der Diplom-Ingenieur.

Die CAD-Konstruktion des segmentierten, etwa ein Meter langen Plattentargets aus geschichteten Wolframkugeln oder -scheiben, das Design des Protonenstrahlfensters – beides erforderte höchste Ingenieurskunst. Beim Strahlfenster beispielsweise erzwingen die enormen Druckunterschiede und die hohe thermische Belastung einerseits eine Mindestwandstärke, will man die mechanische Stabilität gewährleisten. Andererseits darf das Fenster nicht zu dick ausgelegt werden – nur so können Strahlverluste minimiert und die Generierung von zu viel Verlustwärme vermieden werden. Beim Durchgang der hochenergetischen Protonen durch das Fenster entsteht sehr viel Wärme, die wiederum dessen Festigkeit beeinträchtigt. Die Antwort der AGATE-Ingenieure auf diese Problematik ist ein doppelwandiges Paraboloid aus einer speziellen Aluminium-Legierung, in dessen Spalt Wasser als Kühlmittel zirkuliert. Die Op-

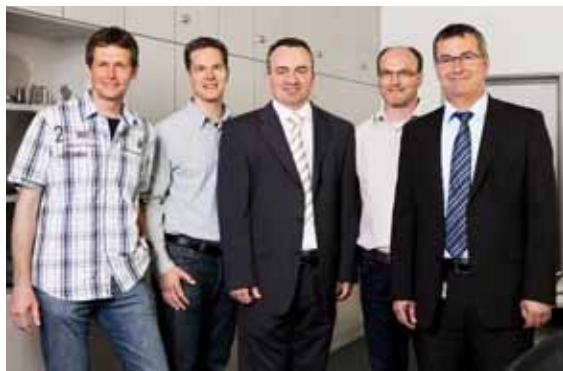


timierung des Fensters hinsichtlich Stabilität und Kühlung erfolgte mithilfe umfangreicher numerischer Simulationen in der ZAT.

„Mit AGATE haben wir ein schlüssiges P&T-Konzept vorgelegt“, fasst Projektleiter Kettler zusammen. „Nun müssen die physikalischen und technischen Parameter in einer zu errichtenden Demonstrationsanlage optimiert werden.“ Dies werde, so Kettler, die Zusammenführung aller kompetenten deutschen Forschungseinrichtungen erfordern – und noch weitere ein bis zwei Jahrzehnte Forschungsarbeit. Eine Modellanlage für Transmutation erwartet er daher frühestens ab dem Jahr 2030.

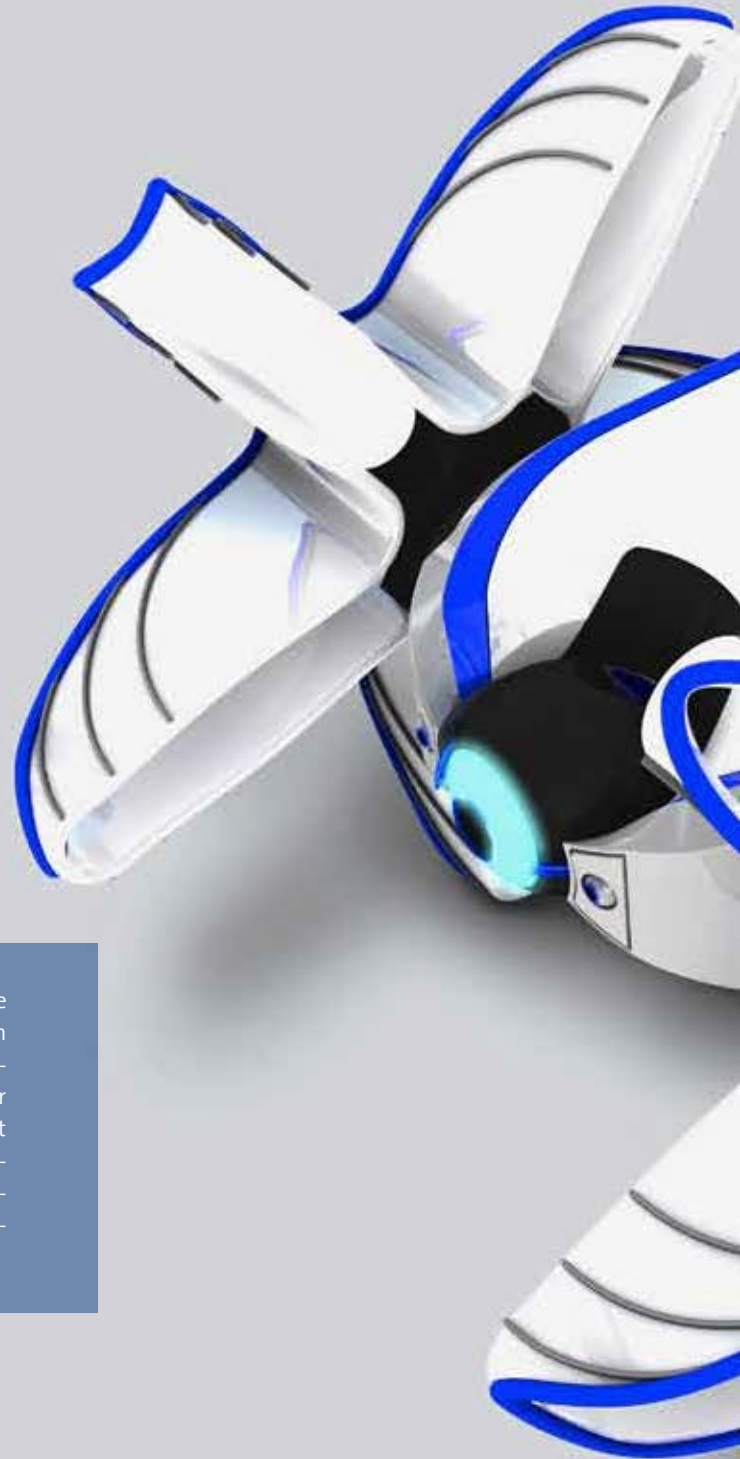
#### > 06

Bei der Konstruktion des Einschubs aus Spallationstarget und Protonenstrahlfenster am Computer greift Konstruktionsexperte Salun Hamzic auf seine Erfahrungen im Bereich Anlagenbau, Vakuumtechnik und 3-D-CAD-Systeme, hier CATIA V5, zurück.



### INFO

Am AGATE-Projekt sind neben Dr. John Kettler (2. v. li.), Dr. Ghaleb Natour (re.) und Dipl.-Ing. Salun Hamzic (Mitte) auch Dr.-Ing. Jörg Wolters (li.), ZAT-Fachgruppenleiter für die Auslegung und numerische Simulation sowie Dr.-Ing. Frank Martin Esser (2. v. re.) als ZAT-Projektleiter beteiligt. Weitere Partner sind Siemens und das Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS). Der Bericht zur Konzeptstudie wurde im Rahmen der Bandreihe „Aachen Nuclear Safety Reports“ veröffentlicht.



➤ Der wohl größte Vorteil neuer Roboter-Technologien ist, wenn diese menschliche Helfer in gefährlichen Situationen ersetzen und so Leben retten können. Der 2008 in Kooperation mit der Berliner Feuerwehr entwickelte Prototyp „firegard“ ist so ein hochentwickelter Löschroboter für Branddetektion und Brandbekämpfung. Das Leichtgewicht ermittelt nicht nur Dimension und Intensität des Brandes, sondern misst mit speziellen Sensoren auch die Konzentration giftiger Substanzen. Die integrierte Infrarot-Kamera liefert selbst bei dichtem Rauch Bilder. Das Design wurde von Hagen Täuscher, Newon Industrial Design, entwickelt.



**> Technische Daten**

Breite: 800 mm

Länge: 1500 mm

Raddurchmesser: 720 mm

Löschmitteltank: 20 l Fassungsvermögen



# Kollegen statt Konkurrenten – Industrie-Roboter im vielseitigen Einsatz

Roboter-Technologien dringen in immer mehr Industriebereiche vor. Im Fokus von Wirtschaft und Forschung stehen aktuell vor allem Roboter für den boomenden Wirtschaftszweig Erneuerbare Energien sowie Rescue Robots für den Katastrophenschutz. Vor allem in der Zusammenarbeit mit Menschen ist bei den Robotern besonderes „Fingerspitzengefühl“ gefragt.

TEXT > Robert Uhde



## PORTRÄT

Dr. Andreas Pott arbeitet seit 2006 in der Abteilung Robotersysteme am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Er hat unter anderem die Entwicklung des Seilroboters IPANema initiiert und geleitet. 2010 erhielt er den Walter Reis Award for Robotics sowie die Otto-Kienzle-Gedenkmünze.

Der Wunsch, menschliche oder übermenschliche Fähigkeiten an mechanische Einheiten oder künstliche Wesen zu delegieren, ist so alt wie die Menschheit selbst. Wirkliche „Roboter“, also universell einsetzbare Maschinen, die spezielle und nach einem bestimmten Programm festgelegte Aufgaben ausführen, sind allerdings eine Erfindung des 20. Jahrhunderts. Und auch der Begriff „Roboter“ selbst wurde erst durch die Science-Fiction-Literatur unserer Tage geprägt. Darauf aufbauend erkannte auch die Industrie das Potenzial und stellte Ende der 1950er Jahre den ersten Prototypen eines Industrieroboters vor.

50 Jahre später hat sich die Technologie als fester Bestandteil der Produktionskette etabliert. Neben der Automobilindustrie sind

es vor allem die Elektro- und die Metallindustrie sowie die Branchen Pharmazie und Kosmetik, die auf Robotik setzen. Relativ neu ist der Einsatz dagegen im Katastrophenschutz, in der Medizin, im Haushalt sowie im Bereich Erneuerbare Energien. Die steigende Bedeutung der Robotik lässt sich auch anhand von Zahlen belegen: Der Umsatz der Hersteller betrug 2010 bundesweit rund 7,5 Milliarden Euro und lag damit um 24 Prozent über dem Ergebnis von 2009. Ähnlich positive Zahlen erwarten die Firmen auch für 2011. Wachstumspotenziale bieten dabei neben der Automobilindustrie insbesondere die Nahrungsmittel- sowie die Metall- und Kunststoffindustrie.

## BELASTBARE ROBOTER SIND ZUNEHMEND GEFRAGT

Große Chancen für die Robotik bietet momentan der stark wachsende Bereich Erneuerbare Energien. Denn beim Aufbau von Windparks oder großen Solarfeldern müssen tausende gleichartiger Elemente in kürzester Zeit nach einem wiederkehrenden Muster montiert werden. „Solche monotonen Tätigkeiten könnten ähnlich wie in der Automobilindustrie durch klassische Industrieroboter ausgeführt werden“, so Andreas Pott vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA). „Aufgrund der maximal zulässigen Traglast von etwa 500 Kilogramm



&gt; 07

kommen heutige Roboter hier allerdings schnell an ihre Grenzen. Denn die hausdachgroßen Parabolspiegel, die beim Aufbau eines Solarfeldes montiert werden, wiegen zumeist etwa sieben Tonnen. Außerdem erfordert die Montage Systeme, die eine größere Reichweite als lediglich ein bis zwei Meter besitzen.“

Eine vielversprechende Lösung bietet hier der am Fraunhofer IPA entwickelte Seilroboter IPAnema. Das

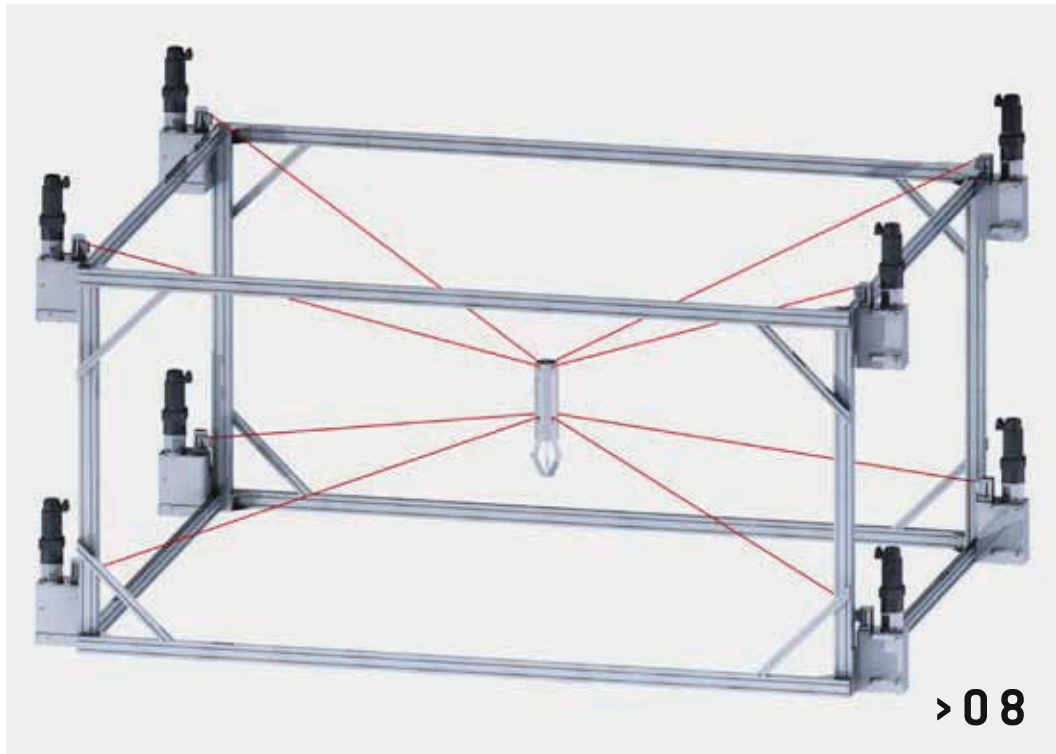
System basiert auf einer Konstruktion aus verspannten Seilen, die durch eine variable Anzahl von Seilwinden dazu angetrieben werden, schwere Nutzlasten über Entfernungen von bis zu acht Metern gezielt im Raum zu bewegen. Ein großer Vorteil gegenüber herkömmlichen Industrierobotern ist insbesondere das geringe Eigengewicht von

**> 07**  
Der vom japanischen Roboterexperten Satoshi Tadokoro entwickelte Prototyp Quince kam bereits nach dem Erdbeben in dem havarierten Atomkraftwerk Fukushima zum Einsatz.



## > 08

Seilroboter IPAnema: Durch die Nutzung von Seilwinden als Antriebssystem können große Kräfte erzeugt und auf eine Plattform übertragen werden, die dadurch über weite Strecken hochdynamisch bewegt werden kann.



IPAnema: „Denn auf diese Weise können die Lasten energiesparend mit hoher Beschleunigung und mit hohen Geschwindigkeiten von bis zu zehn Metern pro Sekunde transportiert werden“, so Andreas Pott. Darüber hinaus lässt sich IPAnema relativ einfach auf- und abbauen und wiederverwenden. „Würden die dadurch möglichen Kosteneinsparungen bei der Montage von Parabolspiegeln oder Rotorblättern tatsächlich realisiert, dann würde das eine deutlich verbesserte Wettbewerbsfähigkeit der regenerativen Energien ermöglichen.“

Ein denkbare Anwendungsfeld für IPAnema sind die riesigen, bis zu 3.000 Quadratkilometer großen Solarfelder des Desertec-Projektes, mit dem in den kommenden Jahrzehnten rund 15 Prozent des europäischen Strombedarfes durch Solarstrom aus der Sahara gedeckt werden sollen. „Um hier effektiv arbeiten zu können, wollen wir bis 2015 industriell einsetzbare Montagesysteme mit einer Größe von 20 mal 20 Metern entwickeln“, zeigt sich Andreas Pott optimistisch.

Das Aufgabenfeld für moderne Roboter ist im Prinzip unbegrenzt. „Dennoch ist es bislang nicht gelungen, den autonomen und vielseitig verwendbaren Haushaltshelfer zu entwickeln, wie wir ihn aus Hollywood

kennen“, erklärt Prof. Dr. Oskar von Stryk, der an der TU Darmstadt maßgeblich an der Entwicklung von biologisch inspirierten Robotern sowie von humanoiden und vierbeinigen Robotern beteiligt ist. „Anders als klassische Industrieroboter, die nur in einer speziell abgestimmten und vom Menschen abgeschotteten Umgebung agieren können, soll diese zweite Klasse von Robotern vor allem im direkten Umfeld des Menschen agieren und muss dementsprechend ‚autonom‘ wahrnehmen, verstehen und auf Veränderungen reagieren können“, erläutert der Robotikexperte.

### ELASTISCHE ROBOTERSYSTEME ALS DRITTE HAND DES ARBEITERS

Ein großes Hindernis dabei ist das Thema Sicherheit: „Denn durch die hohe Unfallgefahr ist es bisher kaum möglich, dass Mensch und Roboter Hand in Hand zusammenarbeiten“, so von Stryk. Problematisch sind insbesondere die bislang zumeist sehr starren Be-

wegungsabläufe der Roboter, die bei einer eventuellen Kollision keinerlei Elastizität bieten, so dass die wenigen bislang eingesetzten Systeme in aller Regel sehr langsam arbeiten müssen. „An der TU Darmstadt und mit unserer Firma BioRob GmbH arbeiten wir deshalb an der Entwicklung von bio-inspirierten, leichtgewichtigen und elastischen Roboterarmen, die Kollisionen möglichst vermeiden oder abfedern und die somit deutlich schneller arbeiten können“, so Oskar von Stryk. Ausgestattet mit einem einfachen Sicht- und Orientierungssystem können diese Roboterarme dann als „dritte Hand“ des Arbeiters ohne große Anlernzeit wirtschaftlich zur Produktion von kleineren und mittleren Stückzahlen eingesetzt werden – „und zwar vorzugsweise dort, wo entsprechende Handgriffe für Menschen auf Dauer stark belastend und ergonomisch kritisch sind“.

Die Basis für solche elastischen Robotersysteme sind spezielle, mit Federn ausgestattete und mit Motoren betriebene Seilzüge, die die Funktion menschlicher Muskeln und Sehnen nachahmen. Neben Roboterarmen werden auch humanoide zweibeinige Roboter entwickelt, deren Bewegungsabläufe dem menschlichen Gehen nachempfunden sind. Bislang ist das Anwendungsgebiet allerdings noch beschränkt, da die Technik noch nicht endgültig ausgereift ist. Eine willkommene



## PORTRÄT

Prof. Dr. Oskar von Stryk leitet die Forschung zu biologisch inspirierten Robotern und mobilen Roboterteams im Informatik-Fachgebiet Simulation, Systemoptimierung und Robotik an der TU Darmstadt. Für die Entwicklung des bio-nischen Roboterarms wurde er mehrfach ausgezeichnet, unter anderem mit dem Hessischen Kooperationspreis.

Gelegenheit, die Systeme zu testen, ist daher der RoboCup. Bei diesem weltweit größten Wettbewerb messen sich jedes Jahr die weltweit besten Roboter beim Fußball. In der Klasse „Humanoid KidSize“ treten dabei drei gegen drei autonome, bis zu 60 Zentimeter große humanoide Roboter gegeneinander an. „2009 und 2010 waren wir hier mit unserem Team ‚Darmstadt Dribblers‘ Weltmeister“, so Oskar von Stryk. Und bei der WM 2011 in Istanbul landete das Team auf dem dritten Platz.



## > 09

Das Antriebssystem des patentierten Roboterarms BioRob orientiert sich am elastischen und antagonistischen Muskel-Sehnen-Apparat des menschlichen Arms. Der lernfähige Roboter kann schon nach geringer Einarbeitungszeit Routineaufgaben in der Produktion übernehmen.

> 09



## > 10

Prof. Dr.-Ing. Satoshi Tadokoro aus Japan, Präsident des International Rescue System Institute und Professor an der Universität Tohoku in Sendai, arbeitet als Roboterspezialist intensiv an der Entwicklung von Rettungsrobotern. Hier zu sehen mit seiner amerikanischen Kollegin Prof. Robin Murphy und der ebenfalls für Notsituationen entwickelten Active Scope Camera.



„Erstmals gelang es dabei im Rahmen eines regulären WM-Spiels, dass ein autonomer humanoider Roboter-Torwart den Ball im Strafraum hochgehoben und in das gegnerische Feld geworfen hat.“

### ROBOTER ALS RETTUNGSKRÄFTE – KONZIPIERT FÜR KATASTROPHEN-SZENARIEN

Stärker an der Realität orientiert ist die so genannte Rescue-Robot-Liga. Hier operieren die Roboter in einem Katastrophen-Szenario und müssen dort versteckte Opfer suchen und gleichzeitig Kartierungen durchführen. So sportlich es dabei auch zugeht, letztlich ist der Wettbewerb nur ein erweiterter Test für den Einsatz im realen Katastrophenfall. Denn dann können solche Systeme dazu beitragen, das Leben von Verschütteten oder Verletzten zu retten. „Das gilt vor allem dort, wo Menschen nur unter hohem gesundheitlichem Risiko und unter Einsatz ihres Lebens arbeiten können, also zum Beispiel in Fukushima“, erklärt Prof. Dr. Satoshi Tadokoro, Präsident des International Rescue System Institute und Professor an der Universität Tohoku in Sendai.

Die Anforderungen an derartige Roboter sind extrem hoch. „Die Systeme müssen einerseits geländegängig und robust sein und gleichzeitig autonom und flexibel in einer hoch unstrukturierten Umgebung agieren können“, so Tadokoro. In Fukushima kam neben un-

bemannten T-Hawk-Aufklärungsdrohnen und dem geländegängigen Roboter PackBot insbesondere der Erkundungsroboter Quince zum Einsatz, der speziell für chemische, biologische, radiologische und nukleare Katastrophenszenarien konzipiert worden ist. Darüber hinaus haben Tadokoro und sein Team das wurmartige System Active Scope Camera entwickelt, das ähnlich wie ein Endoskop in Hohlräume vordringen und von dort aus Kamerabilder liefern kann. Trotz dieser vielversprechenden Ansätze sind nach dem Atomunfall in Fukushima letztlich nur wenige Roboter angefordert worden. Dennoch ist Satoshi Tadokoro zuversichtlich, dass die bestehenden technischen Probleme gelöst werden und sich die Systeme in den kommenden fünf bis zehn Jahren weiter durchsetzen werden. Dem verstärkten Einsatz des Roboters als Freund und Helfer der Menschen stünde dann nichts mehr im Wege.



Aus unserer Sicht

## Brunel Warschau: Brücke nach Osteuropa



Karolina Kosmala.

Am 1. August 2011 hat Brunel in Warschau einen neuen Standort eröffnet. Neben Breslau, wo Brunel bereits seit 2008 vertreten ist, wird mit der Etablierung einer zweiten Niederlassung in Polen nun eine weitere Brücke gen Osteuropa geschlagen. „Besonders in und um Warschau beobachten wir gerade ein rasantes Wachstum. Vor allem die Branchen Öl- und Gasindustrie, Erneuerbare Energien sowie Maschinenbau und die Elektrotechnik erleben in Polen gerade einen Boom“, weiß die neue Niederlassungsleiterin Karolina Kosmala. „Immer häufiger erfordern die Aufträge ganze Projektteams und komplette

Entwicklungsdienstleistungen.“ Karolina Kosmala sieht in Warschau einen wichtigen Ort, um diesen steigenden Anfragen und Anforderungen aus dem In- und Ausland gerecht zu werden. Dank der zentralen Lage sei die polnische Hauptstadt ein idealer Knotenpunkt für den europäischen Handel und das Transportnetzwerk. „Durch die Erweiterung unseres Netzwerks um den Standort Warschau können wir unsere Kompetenzen optimal vernetzen und den polnischen sowie internationalen Kunden Dienstleistungen aus einer Hand bieten.“

## Wenn Blicke steuern können

Forscher der Aalto-Universität in Helsinki haben eine Brille entwickelt, die eine Verbindung von digitaler Welt und Realität ermöglicht. Die Technologie basiert auf dem Prinzip: Was mich interessiert, das sehe ich mir an. Mini-Kameras an der Sehhilfe zeichnen auf, welches Objekt der Träger fokussiert und im Inneren der Brille werden dazu passende Textinformationen angezeigt. Das System ist lernfähig: Ignoriert der Nutzer diese Daten, werden sie beim nächsten Hinschauen ausgeblendet. Für die Marktforschung, die Medizin und die industrielle Montage könnte diese „Augmented Reality“-Brillentechnik zukünftig an Bedeutung gewinnen. Auf der CeBIT wurde dieses Jahr erstmals ein Laptop mit der „Eye Tracking“-Funktion vorgestellt, die jedoch keine Brille erfordert. Zwei versteckte Sensoren unterhalb des Bildschirms registrieren dabei die Reflektionen auf der Augennetzhaut des



Benutzers. Durch unsichtbare Infrarotstrahlen wird so die Steuerung der Maus oder das Navigieren zwischen Programmfenstern allein durch Augenbewegung ermöglicht.

Fünf bis zehn Jahre könnte es laut der finnischen Forscher noch dauern, bis ein Modell wie dieses auf den Markt kommt.



## EADS produziert Nylon-Rad aus Puderschichten

Im März 2011 hat das Luft- und Raumfahrtunternehmen EADS das weltweit erste „Airbike“ vorgestellt. Das Nylon-Fahrrad wiegt bei gleicher Stabilität rund ein Drittel weniger als ein Rad aus Aluminium oder Stahl. Bei der Produktion am britischen Standort Filton wurde das „Additive Layer Manufacturing“-Verfahren (ALM) angewandt: Ein Objekt wird am Computer in ein Schichtmodell umgerechnet und mittels 3-D-Druck in einem Stück gefertigt. Dabei werden millimeterweise feine Pulverschichten aus Metall, Kohlen- oder Kunststoff übereinandergeschichtet und mit einem Laser verschmolzen. Durch eine vertikale Absenkung der Baufläche nach jeder Schicht entsteht so ein dreidimensionales Produkt. In der Industrie ist der 3-D-Druck von Bauteilen und Modellen schon seit den



Das Speichendesign der Airbike-Räder ist an den Sichel-Propeller des Airbus-Transportflugzeugs A400M angelehnt.

1990er Jahren im Einsatz. Die Methode gewinnt auch für die Herstellung größerer Komponenten an Bedeutung. Durch die Produktion am Stück werden gezielt Rohstoffe eingespart. Zudem wird aufgrund des geringen Gewichts bei Fahr- und Flugzeugen ein niedrigerer Treibstoffverbrauch erwartet.

Wer hat's erfunden?

## Der USB-Stick

Als der Israeli Dov Moran 1998 auf einer Geschäftsreise nach New York durch plötzliches Versagen seines Notebooks eine wichtige Präsentation nicht fertig stellen können, kam dem Elektronik-Ingenieur eine Idee: Ein mobiles Medium mit höherer Speicherkapazität als eine Diskette müsste es geben, um auch große Dateien extern sichern zu können. Auf Basis der USB-Technologie (universaler serieller Bus) – 1996 von Intel eingeführt und als Schnittstelle für externe Hardware bereits in vielen PC integriert – ent-

wickelte Moran mit seiner Firma M-Systems den ersten USB-Stick. Der „DiskOnKey“ hatte ein Speichervolumen von acht Megabyte und verkaufte sich trotz anfänglich negativer Prognosen millionenfach. Seitdem M-Systems im Jahr 2006 von der SanDisk Corporation übernommen wurde, widmet sich der heute 56-jährige USB-Stick-Erfinder einer neuen Entwicklung: Modu, ein Mobiltelefon im Scheckkartenformat, das sich in unterschiedliche Funktionsgeräte wie etwa Radio oder Spielkonsole verwandeln lässt.



Dov Moran.

## Gezielte Klimapolitik dank GMES

Die Europäische Weltraumbehörde ESA hat ein Satelliten-System entwickelt, das ab 2013 einen ständigen Zugang zu Daten und Bildern hinsichtlich der Unterstützung der nationalen und europäischen Umwelt- und Sicherheitspolitik gewährleisten wird. Zudem soll damit die Überwachung und Reaktion im Fall von Umweltkatastrophen verbessert werden. Als Teil des von der EU geführten GMES-Programms (Global Monitoring for Environment and Security) kann die neue Satelliten-Generation gemeinsam mit anderen nationalen Erdbeobachtungssatelliten etwa die Luftqualität von Städten und die Beschaffenheit von Binnen- und Küstengewässern sowie Ozeanen messen. GMES ist ein weltweit einmaliges Informationssystem mit Fokus auf die weltraumgestützte Erdbeobachtung. Ausgestattet mit speziellen Radar- und optischen Technologien ermöglichen die so genannten Sentinel-Satelliten eine exzellente Bildauflösung und die Erstellung vielfältiger, maßgeschneiderter Bildprodukte. In dem von der ESA geführten Weltraumsegment von GMES sind bis heute mehr als 2,4 Milliarden Euro investiert worden.

# Brunel Termine 2011



18.–20. Okt.

Die **eCarTec**, internationale Leitmesse für Elektromobilität, stellt in München innovative Technologien rund um das E-Auto vor. Die Messe richtet sich an Entwickler, Designer, Händler und private Fahrzeugkäufer.

[www.ecartec.de](http://www.ecartec.de)



2.–4. Nov.

Die **Airtec** in Frankfurt am Main gilt als internationale B2B-Plattform für die Zulieferindustrie der Luft- und Raumfahrt. Bei über 300 Ausstellern können sich Fachbesucher über Trends und Technologieneuheiten informieren.

[www.airtec.aero](http://www.airtec.aero)



Zuliefermesse Maschinenbau

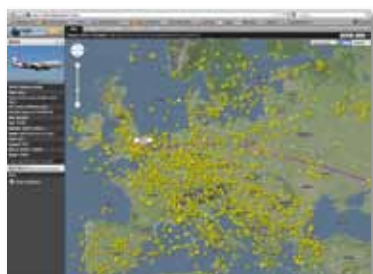
9.–11. Nov.

Beim **Forum Maschinenbau** in Bad Salzuflen wird Brunel mit einem Stand vertreten sein. In Halle 20, Stand B17 können sich Fachbesucher über Produktentwicklung und Industriedienstleistungen informieren.

[www.forum-maschinenbau.com](http://www.forum-maschinenbau.com)

## Tipps

### Webtipp



[www.flightradar24.com](http://www.flightradar24.com)

Auf der Website lassen sich Flugzeuge nachverfolgen, die mit der ADS-B-Technik ausgerüstet sind. Diese ermöglicht es flightradar24, die Position von Flugzeugen anzuzeigen – hauptsächlich im europäischen Luftraum. Flugdaten wie etwa Höhe, Geschwindigkeit sowie Flugnummer und Flugzeugtyp werden online übermittelt und können per Mausklick abgerufen werden.

### Buchtipp



**Brian Greene: Der Stoff, aus dem der Kosmos ist – Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit.** Goldmann Verlag, München, 2008

Brian Greene hat eine Mission: komplexe physikalische Theorien so unterhaltsam zu erklären, dass jeder sie verstehen kann und will. Von Einsteins Konzept einer flexiblen Raumzeit bis zur Quantenmechanik – Greene findet für alles anschauliche Beispiele. Ein Buch für jeden, der sich für das komplexe Zusammenspiel von Raum und Zeit interessiert.

### Science-Center-Tipp



**Turm der Sinne**

Der Turm der Sinne in Nürnberg führt dem Besucher die Beeinflussbarkeit menschlicher Wahrnehmung vor Augen. Unter dem Motto „Was wir wahrnehmen, ist nicht immer wahr“ werden in naturwissenschaftlichen Experimenten die Grenzen der Sinne vorgestellt. Optische Täuschungen sowie Experimente für Hand, Nase, Ohren und Mund stellen jedes Sinnesorgan auf die Probe.  
[www.turmdersinne.de](http://www.turmdersinne.de)



# Industrie 4.0 – Deutschland als Wegbereiter für die vierte industrielle Revolution

Drahtlos vernetzte Fabriken und digitale Produktgedächtnisse – Deutschland steht eine industrielle Revolution bevor. Wie sich die so genannte Industrie 4.0 auf Volks- und Betriebswirtschaft auswirken könnte, erörtern Prof. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster, Vorsitzender der Geschäftsführung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz, und Markus Möhler, Geschäftsbereichsleiter bei Brunel.

INTERVIEW > Swantje Grigull



## PORTRÄT

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster studierte Informatik in Hamburg. Nach wissenschaftlichen Praxisjahren in den USA arbeitet der 58-Jährige heute in Saarbrücken als Vorsitzender der Geschäftsführung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI GmbH) und Lehrstuhlinhaber für Informatik an der Universität des Saarlandes.

**Der Spezialist:** Herr Wahlster, was verbirgt sich hinter dem Begriff „Industrie 4.0“?

**Wolfgang Wahlster:** Er beschreibt die Entwicklung hin zu einer Industrie der Zukunft. Wir stehen erneut vor einer Revolution der Produktionstechnik. Möglich macht dies der Einsatz von so genannten cyber-physischen Systemen: Im „Internet der Dinge“ lassen sich durch eine Online-Verbindung auch aus der Ferne Informationen zum Zustand von Dingen, Objekten und Geräten ermitteln und erweitern. In einer Fabrik werden so etwa alle Bereiche durch Mikrorechner über verschiedene Funkprotokolle drahtlos miteinander vernetzt. Jede Komponente enthält Senso-

ren, Speicher und Kommunikationsmodule, so dass die Maschinen untereinander online Informationen austauschen, um autonom eine Selbstoptimierung durchzuführen. Mit einer zusätzlichen Verbindung zur betriebswirtschaftlichen Software wird der Produktionsbereich eng mit der Geschäftswelt verknüpft.

## AUTONOME SELBSTOPTIMIERUNG UND DIGITALE PRODUKTGEDÄCHTNISSE

**Der Spezialist:** Und wieso „4.0“?

**Wahlster:** Die erste und zweite industrielle Phase wurden durch die Einführung mechanischer Produktionsanlagen und seit Anfang des 20. Jahrhunderts durch Arbeitsteilung und Massenproduktion mittels elektrischer Energie geprägt. In den 1970er Jahren begann der Einsatz von Elektronik und Robotik – die dritte industrielle Revolution. Nun ergibt sich durch die Verwendung kostengünstiger Funksensoren eine ganz neue Art der Produktion: Hier sagt der Rohling der Maschine, wie er bearbeitet werden muss. Jedes Produkt ist mit einem digitalen Produktgedächtnis ausgestattet. Damit kann beispielsweise auch jedes einzelne Gerät nachweisen, wie viele Ressourcen verbraucht wurden. Durch intelligente Softwaresteuerung können so bis zu 25 Prozent an Energie und wertvollen Rohstoffen eingespart werden. Die Industrie 4.0 ist also nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch sehr wertvoll.



&gt; 11

**Der Spezialist:** Herr Möhler, welche Konsequenzen hat diese Entwicklung für Unternehmen?

**Markus Möhler:** Wenn die Entwicklung Realität wird, müssen wir die Prozesskette anders aufstellen: Die Ressourcenplanung wird eine andere, Produktzyklen werden kürzer und die Planungen schneller. Durch zukünftiges „high-resolution-management“ kön-

nen Unternehmen den Produktionsprozess jederzeit per Smartphone bis ins Detail verfolgen. Damit wird absolute Transparenz gewährleistet. Firmen können sich auf das Produkt und die Prozessoptimierung konzentrieren, da das Qualitätsmanagement durch die Produkte selbst erfolgt. Florierende Branchen wie Maschinenbau, Medizintechnik oder Logistik werden durch Industrie 4.0 ihre Marktposition weiter ausbauen.

**> 11** Direkt am Körper befestigte „wearable computer“ werden neben Smartphones in der Industrie 4.0 Standard sein. In der Smart Factory Kaiserslautern ermöglichen die Geräte eine schnelle und gezielte Kommunikation zwischen Mitarbeitern und Maschinen.



## PORTRÄT

Markus Möhler studierte Wirtschaftsingenieurwesen in Schweinfurt. Von 2008 bis 2010 absolvierte er einen Master of Business Administration an der Donau-Universität Krems. Heute ist der 41-Jährige als Geschäftsbereichsleiter für die Brunel Niederlassungen in Stuttgart, Ulm, Lindau und Karlsruhe verantwortlich.

**Der Spezialist:** Und welche Konsequenzen sehen Sie auf Arbeitnehmerseite?

**Möhler:** Die Implementierung dieser Technologien wird zu veränderten Arbeitsumgebungen und Anforderungen an die Mitarbeiter führen. Besonders in der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie in den Bereichen Mechatronik und Automatisierung werden die fachlichen Anforderungen steigen. Einerseits werden Know-how-Träger für die Entwicklung spezieller Technologien gebraucht, andererseits sind Unternehmen zunehmend auf Fachkräfte angewiesen, die das Ganzheitliche nicht aus den Augen verlieren, die Produktion weiterentwickeln und steuern. Denn Industrie 4.0 bedeutet, unterschiedlichste Bereiche miteinander zu verknüpfen, die bisher separat ablaufen. Projekt- und Teamarbeit werden dabei eine wichtige Rolle spielen.

## INNOVATIONSPOTENZIAL UND NEUE GESCHÄFTSFELDER DURCH INDUSTRIE 4.0

**Der Spezialist:** Herr Wahlster, noch klingt das alles nach Science-Fiction – kommt diese intelligente Industrie schon zum Einsatz?

**Wahlster:** Derzeit haben wir drei Demonstrationsfabriken in Deutschland, so genannte Future Factories. Eine davon wird vom Deut-

schen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Kaiserslautern betrieben: eine weltweit erstmals völlig sensorbasierte und drahtlos vernetzte Fabrik mit digitalen Produktgedächtnissen. Cyber-physische Systeme unterschiedlichster Firmen arbeiten hier perfekt in einer neuartigen semantischen Servicearchitektur zusammen. Dabei werden einem Produkt jeweils neue relevante Informationen hinzugefügt und kontextualisiert, also zueinander in Beziehung gesetzt. Mit diesen Forschungsfabriken zeigen wir bereits heute, dass Industrie 4.0 in kleinem Maßstab funktioniert. In spätestens fünf Jahren wird die Technologie so weit entwickelt sein, dass erste größere Fabriken in Realproduktion aufgebaut oder schon bestehende umgerüstet werden können.

**Der Spezialist:** Welche Rolle spielt Deutschland bei dieser vierten industriellen Revolution?

**Wahlster:** Auf dem Gebiet der eingebetteten Computersysteme – die Basis für die Industrie 4.0 – zählen wir bereits zu den führenden Nationen. Dieser Bereich wächst jährlich um 18 Prozent. Sowohl in der Herstellung von Sensoren, der Nahbereichsfunktechnik, als auch bei der Unternehmenssoftware sind wir sehr stark. Industrie 4.0 soll eines der Zukunftsprojekte in der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung werden. In den nächsten zehn Jahren kann sich Deutschland zum Leitanbieter für den Export von standardisierten Komponenten entwickeln.

**Möhler:** Die deutsche Technologiebranche zeichnet sich durch höchst qualifizierte Mitarbeiter, hohe Produktivität, optimierte Prozessqualität und Termintreue aus. Am Beispiel von Elektro-, Medizin- und Automobiltechnik hat die deutsche Wirtschaft bewiesen, dass sie dank flexibler Arbeitszeitmodelle und industrieller Kernkompetenzen die Krise überwinden und die Beschäftigungszahlen in der Produktion weitgehend halten konnte. Daran müssen wir anknüpfen. Neben der Prozessoptimierung ergibt sich durch Industrie 4.0 in diversen Anwendungsbereichen ein großes Innovationspotenzial. Neue Geschäftsfelder werden im Bereich der Identifikationstechno-



&gt; 12

logien und Übertragungsstandards wie RFID und Near Field Communication entstehen. Auch für die Energieversorgung dieser Systeme muss eine Weiterentwicklung der technologischen Standards erfolgen.

### DEUTSCHLAND IST TREIBENDE KRAFT DER INDUSTRIE 4.0

**Der Spezialist:** Und wie reagiert das Ausland auf die deutsche Vorreiterrolle?

**Wahlster:** Die in Deutschland gestartete Entwicklung, das „Internet der Dinge“ zur Basis zukünftiger Fabriken zu machen, wird im Ausland aufmerksam verfolgt. Es gibt ein riesiges Interesse aus beispielsweise Frankreich, den USA und Singapur. Nun müssen wir un-

seren Vorsprung nutzen. Durch eine eng abgestimmte Zusammenarbeit von Maschinenbau, Elektrotechnik sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie mit der Unterstützung von Forschung, Wirtschaft und Politik können wir unser sehr anspruchsvolles Ziel erreichen.

**Der Spezialist:** Herr Wahlster und Herr Möhler, ganz herzlichen Dank für das interessante Gespräch!

### > 12

Die Fabriken der Zukunft zeichnen sich durch Vernetzung, Selbstorganisation und Bedienerfreundlichkeit der Anlagenkomponenten aus. Durch die so optimierten Produktionsprozesse können Industrieunternehmen künftig Zeit und Ressourcen einsparen.



Im Fokus der Forschung zum „Auto der Zukunft“ steht neben Fahrkomfort und moderner Unterhaltungselektronik vor allem die Sicherheit. Innovative Fahrerassistenzsysteme und eine zunehmende Vernetzung zwischen Auto und Umgebung sollen das Autofahren in Zukunft einfacher und sicherer machen. Auch die Umweltverträglichkeit der Kraftstoffe spielt eine große Rolle.

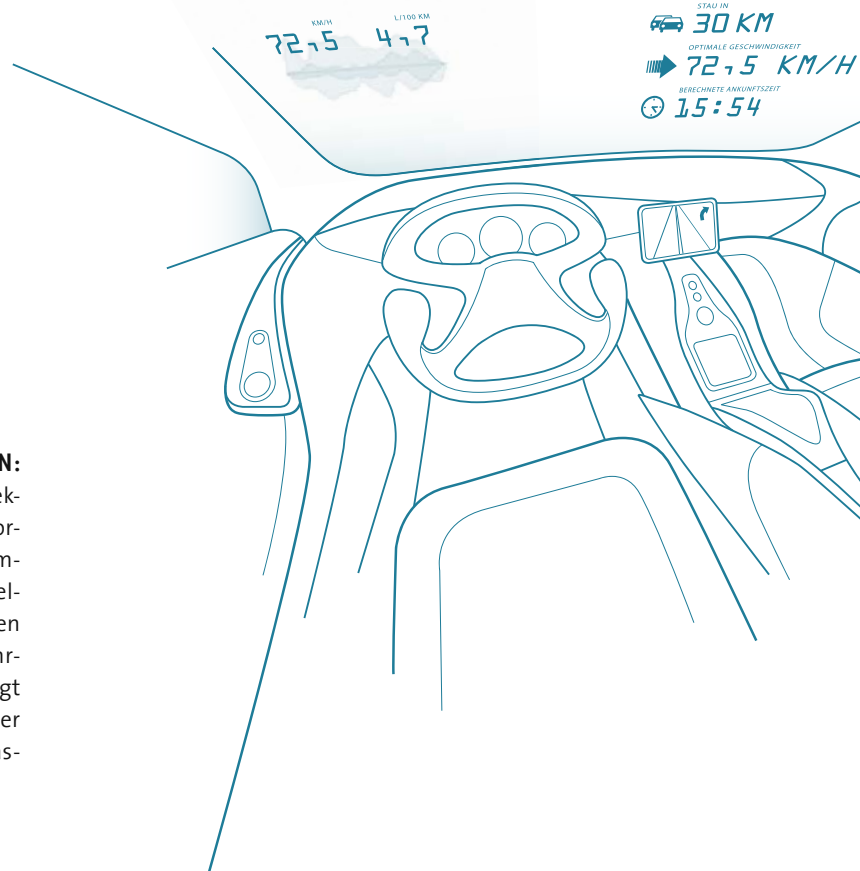
# Das Auto der Zukunft?

TEXT > Lisa Schwarzien

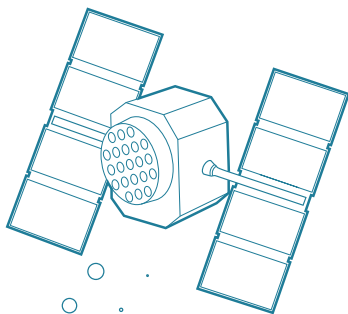
## ANTRIEB MIT BRENNSTOFFZELLEN UND BATTERIEN:

Die Zukunft gehört der Elektromobilität. Hybridantriebe, die Elektro- und Verbrennungsmotor kombinieren, sind auf dem Vormarsch. Die Lithium-Ionen-Batterien, die regelmäßig am Stromnetz aufgetankt werden müssen, könnten sich mittels Solarzellen auf dem Autodach zukünftig auch durch die Sonne aufladen lassen. Höhere Reichweiten ermöglichen Brennstoffzellenfahrzeuge, deren Energie durch Wasserstoff direkt im Auto erzeugt wird. Noch ist diese Technologie teuer und es mangelt an einer flächendeckenden Infrastruktur. Doch schon ab 2015 sollen Wasserstoffautos in Serie gehen.

**SICHERHEIT DURCH SENSORIK:** Das bereits in PKW serienmäßig eingebaute Stabilisierungsprogramm ESP wird mit der adaptiven Abstandsregelung (ACC) kombiniert und durch Video-Sensoren erweitert. Beim Fahren kann so permanent der gesamte Verkehrsraum im Umkreis von 50 Metern analysiert und das Tempo angepasst werden. Bei Bedarf wird eine automatische Teil- oder Vollbremsung eingeleitet. Mittels Radar-, Kamera- und Ultraschallsensoren sowie eines integrierten Autopiloten werden Autos im Stau selbst beschleunigen und die Spur halten können. Dank einer schnelleren Reaktionszeit durch Sensorik kann das Fahrzeug zudem plötzlich auftretenden Hindernissen automatisch ausweichen.







**VERNETZTE FAHRZEUGE:** Die Kommunikation zwischen Fahrer, Auto und Umwelt wird durch GPS, WLAN und den neuen Mobilfunkstandard LTE zunehmen. Meldet beispielsweise ein Auto dichten Verkehr oder Stau, so könnte es anderen Fahrzeugen in der Nähe unmittelbar alternative Routen vorgeschlagen. Diese „Car2Car“-Kommunikation wird ergänzt durch den Austausch zwischen Auto und Infrastruktur (Car2X). Intelligente Ampeln etwa sollen die Schaltung je nach Verkehrssituation anpassen. Auch Kreuzungsassistenten und Baustellenlotsen sind in Planung. Zudem ist eine verstärkte Vernetzung der Fahrzeugkomponenten untereinander sowie zwischen Fahrer und Fahrzeug zu erwarten. Das Smartphone wird künftig verstärkt für die Anpassung individueller Einstellungen genutzt werden. Bereits Realität sind Apps, die als Autoschlüssel oder ferngesteuerte Zündung dienen.

**ALLES IM BLICK:** Das so genannte Head-up-Display könnte schon bald serienmäßig den Bildschirm in der Mittelkonsole sowie die Armaturenanzeige ablösen. Alle relevanten Fahrinformationen werden direkt an die Windschutzscheibe projiziert. Navigationsanweisungen, Geschwindigkeit und Tankfüllung können so bequem im Sichtfeld abgelesen werden, während der Blick weiterhin auf die Straße gerichtet bleibt. Durch den verlängerten Betrachtungswinkel wird die Ermüdung der Augen, ausgelöst durch den Wechsel zwischen Kurz- und Weitsicht, reduziert. Die Bedienung über ein Touchpad ist ebenfalls so konstruiert, dass der Fahrer weder Blick noch Sitzposition verändern muss. Zusätzlich wird die Fahrersicherheit durch eine Kombination des Displays mit Distanzregelung und Objekterkennung erhöht.

**DESIGN UND FUNKTIONALITÄT:** Die technologischen Entwicklungen werden auch die Ästhetik des Automobils beeinflussen. Der Wegfall mechanischer Komponenten etwa ermöglicht größere Frontscheiben, das Lenkrad könnte durch einen Joystick ersetzt werden. Immer kleinere Batterien lassen im Innenraum ganz neue Gestaltungsmöglichkeiten zu. Platzsparend und praktisch bei engen Parklücken sind beispielsweise seitliche Gleittüren wie beim Mercedes-Forschungsauto F 800 Style. Andere Designer denken über die Entwicklung von Zweisitzern nach, die hochkant abgestellt werden können. In Gefahrensituationen können Fahrzeuge in Zukunft durch einen automatischen Wechsel der Außenfarbe auf sich aufmerksam machen.



Seit Gerjan Mazenier 2009 bei der Brunel GmbH die Führung übernommen hat, ist ihm die zunehmende internationale Ausrichtung des Unternehmens ein besonderes Anliegen. Der General Manager ist daher den größten Teil seiner Arbeitszeit in Europa unterwegs. Der Spezialist hat ihn eine Woche lang begleitet.

TEXT > Daniel Günther



## Unterwegs in Europa mit Gerjan Mazenier

Es ist kurz nach halb neun an diesem Montagmorgen, als Gerjan Mazenier am Flughafen Düsseldorf eintrifft. Vor dem General Manager der Brunel GmbH liegt eine spannende Woche. Auf dem Reiseplan stehen Breslau, Warschau, Kopenhagen und Bochum. Heute geht es zunächst zur Brunel Niederlassung nach Breslau. Zwei bis drei Tage pro Woche ist Mazenier auf Reisen, um alle europäischen Standorte mindestens dreimal pro Jahr zu besuchen. „Die Brunel Familie ist groß, da müssen sich alle angebonden fühlen“, erklärt der

gebürtige Niederländer. „Wir müssen noch stärker ohne Grenzen denken, Europa als ein Land betrachten. Für den Kunden heißt das: Egal wo er ist, wir sind da. Für unsere Mitarbeiter heißt das: Wir bieten interessante Projekte und Möglichkeiten.“

Die Wartezeit am Terminal in Düsseldorf nutzt Mazenier für Telefonate. Das Smartphone ist sein ständiger Begleiter, um stets in engem Kontakt mit den Kollegen zu stehen, Termine, Entscheidungen und Fragen schnell abzustimmen. Permanent erreichbar zu sein,

Mazenier bespricht mit seinen Kollegen aktuelle Entwicklungen auf dem polnischen Markt.





Die polnische Metropole Breslau ist 2016 Kulturhauptstadt Europas.



stört ihn nicht. Im Gegenteil: Er schätzt die modernen Kommunikationstechnologien, weil sie Prozesse beschleunigen und Menschen enger zusammenbringen.

90 Minuten dauert der Flug nach Breslau, wo Mazenier am Flughafen vom Standortleiter Franciszek Szewczyk erwartet wird. Mit dem Auto geht es in die City zum Brunel Büro, wo zwei Kolleginnen die Herren bereits zu einem Meeting erwarten. Auf der Agenda stehen die aktuellen Entwicklungen auf dem polnischen Markt. In Polen setzte der Ingenieurdienstleister bisher verstärkt auf die Region Breslau. Durch neue Standorte wird das Vertriebsgebiet nun erweitert und der Vertrieb durch weitere Mitarbeiter verstärkt. Mazenier sieht in Polen viel Potenzial: „Es ist faszinierend, mit welcher Dynamik sich das Land entwickelt.“

Um 17:40 Uhr ist das Meeting beendet. Im Hotel angekommen, ruft der 41-Jährige seinen Geschäftsführerkollegen in Deutschland an, um die anstehenden Schritte in Polen zu besprechen. Gemeinsam mit Dr. Ralf Na-

piwotzki bildet Gerjan Mazenier eine Doppelspitze. Er mag das Teamwork: „Wir ergänzen uns gut. Ralf ist eher der Mann für die Details, während es mir liegt, Sachen auf den Punkt zu bringen, um einen Überblick zu bekommen. Dabei haben wir aber immer ein gemeinsames Ziel: den Ausbau der Internationalisierung Brunels.“

Der Dienstagmorgen beginnt mit einem weiteren Treffen in der Breslauer Niederlassung, um das Marketing für die Vertriebsgebiete abzustimmen. Zur Mittagszeit sitzt Gerjan Mazenier bereits wieder im

Flugzeug – nach Warschau. Die Reise in die polnische Hauptstadt ist etwas Besonderes: „Wir bereiten dort die Eröffnung eines Standortes vor. Heute besichtigen wir die Räume und planen die ersten Schritte.“ Es ist 15:07 Uhr, als Mazenier das Foyer des Tarasy Business Center mitten im Warschauer Geschäftsviertel betritt. Im 12. Stock des modernen Gebäudes wird Brunel seine Büros beziehen. Hier trifft Mazenier auf die Projektleiterin Sandra Vrieling und die künftige Niederlassungsleiterin Karolina Kosmala. Zunächst bespricht der Nie-

### WARSAU IST EIN STRATEGISCH WICHTIGER PUNKT IM INTERNATIONALEN BRUNEL NETZWERK

Immer im Einsatz: Dank Smartphone ist der General Manager nahezu permanent erreichbar.





Das Tarasy Business Center, Sitz des neuen Brunel Büros, ist eines der modernsten Gebäude Warschaus.

derländer die Infrastruktur für die Standorteröffnung, juristische Rahmenbedingungen sowie die Finanzplanung. Außerdem geht es in Warschau um die Etablierung von Brunel Energy in Polen. Diese internationale Businessline des Unternehmens ist in mehr als 30 Ländern für die Öl-, Gas- und petrochemische Industrie sowie in der Stromerzeugung und im energiebezogenen Anlagenbau tätig. Im Anschluss steht die Planung einer Kick-off-Veranstaltung für Kunden und Partner an. Gerjan Mazenier zeigt sich zufrieden: „Alles ist gut vorbereitet und das Warschauer Team steht in den Startlöchern. Es kann also losgehen.“ Nach dem Meeting muss er sich beeilen, denn er ist eingeladen zum Netzwerktreffen der Polnisch-Niederländischen Handelskammer. Viele deutsche und auch niederländische Firmen sind bereits in Polen aktiv und so nutzt Mazenier den Abend für den interkulturellen Austausch mit anderen Unternehmen. Neben seiner Muttersprache spricht er Deutsch, Englisch und Französisch. „Die Zusammenarbeit mit Menschen unterschiedlicher Nationen und Kulturen schätze ich sehr an meinem Job“, sagt Mazenier.

**„MIT DER EINFÜHRUNG FLEXIBLER ARBEITSFORMEN IN DÄNEMARK LEISTEN WIR PIONIERARBEIT.“**

Am Mittwochmorgen hebt um 7:50 Uhr der Flieger ab, der Gerjan Mazenier von Warschau nach Kopenhagen bringt. Seit etwa anderthalb Jahren besteht die Brunel Niederlassung in der dänischen Hauptstadt. Alle sechs Wochen ist der General Manager vor Ort, um die geschäftlichen Entwicklungen zu begleiten. Das große Kontorhaus befindet sich gleich um die Ecke des beliebten Nyhavn direkt am Wasser. Kaum angekommen, geht es für den Manager direkt in das erste Meeting zum künftigen Marktauftritt von Brunel in Dänemark. „Das Marketing in Skandinavien unterscheidet sich stark von dem in Deutschland. Die Dänen kennen die Modelle der flexiblen Arbeitsformen so nicht. Das heißt, wir leisten hier Pionierarbeit. Die Vermarktung muss Brunel bekannter machen, aber vor allem unser Dienstleistungsmodell erklären.“

Am Nachmittag geht es zu einem Kundengespräch bei Siemens. In Deutschland arbeitet Brunel bereits für den Konzern. Um Siemens auch als Kunden in Dänemark zu gewinnen, stellt das dänische Team das Dienstleistungsportfolio vor. Mazenier bringt hier seine internationalen Projekt- und Markterfahrungen ein, auch aus der Zusammenarbeit mit Siemens in Deutschland. Gleich im Anschluss bricht Mazenier gegen 19 Uhr wieder auf

Bilanz nach anderthalb Jahren Brunel in Dänemark: Mazenier mit seinem Team in Kopenhagen.





Brunel Car Synergies ist Entwicklungspartner für die Fahrzeug- und Windkraftindustrie.

zum Flughafen und fliegt zurück nach Düsseldorf. Von dort fährt er weiter ins Hotel nach Bochum, wo am morgigen Donnerstag ein Besuch bei der Test- und Prüfeinrichtung Brunel Car Synergies ansteht.

Bei Car Synergies ist Gerjan Mazenier an diesem Donnerstag bei der Belastungsprüfung für die Komponenten einer Windkraftanlage dabei. Für ihn ist die Besichtigung des Prüfstandes eine willkommene Abwechslung:

„Wir sind ja in einem Dienstleistungsgeschäft, unsere Leistungen lassen sich nicht anfassen. Das ist

hier in Bochum anders.“ Auf den Besuch der Testanlage folgt ein Meeting mit Peter Bolz, dem Leiter von Brunel Car Synergies. Die aktuellen Geschäftszahlen, die Auslastung der Anlage und der Maschinen sowie die Auftragslage werden diskutiert. Kurz vor 18 Uhr macht sich der zweifache Familienvater schließlich auf den Weg nach Hause in die Niederlande in einen kleinen Ort nahe der deutschen Grenze. Dort bringt er seine Tochter und seinen Sohn ins Bett, bevor er sich noch einmal an den Schreibtisch setzt, um den Freitag vorzubereiten.

Die Fahrt nach Bremen zur Brunel Zentrale am nächsten Morgen nutzt Mazenier für ein Telefonat mit dem Headquarter des Mutterkonzerns in Amsterdam. Mit den Kollegen dort bereitet

### MAZENIERS MOTTO: IMMER KONZENTRIERT, ABER NIEMALS GESTRESST

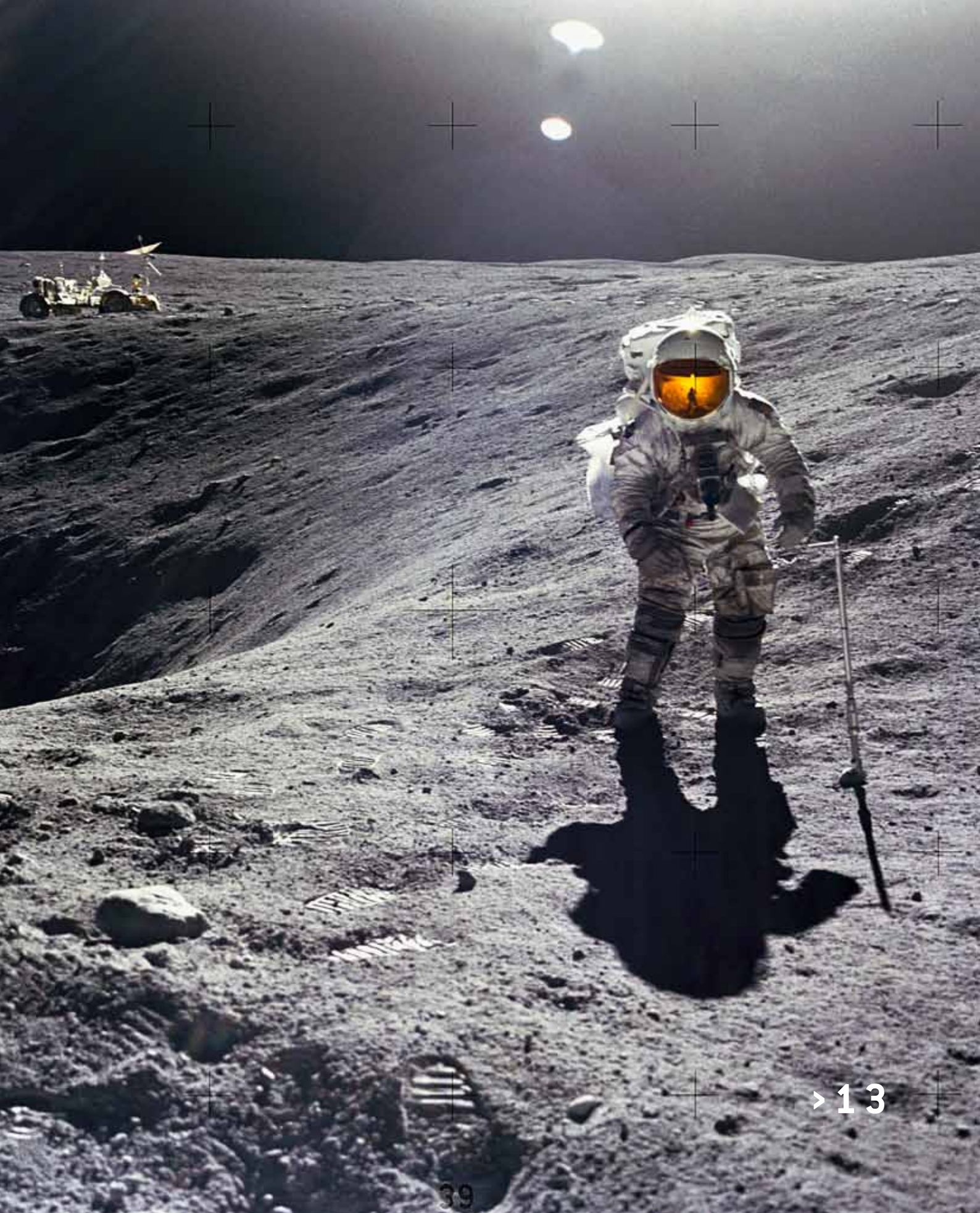
er ein dreitägiges Meeting für ein internes weltweites IT-Projekt in der nächsten Woche vor. Um 9:30 Uhr beginnt das Treffen der Brunel Führungskräfte in Bremen. Einmal im Quartal kommen neben der Geschäftsführung und den Abteilungsleitern der Verwaltung auch die Leiter der Geschäftsbereiche und der Prüf-, Test- und Entwicklungseinrichtungen zusammen. „Wir sind

so vielseitig, allein in Deutschland gibt es 33 Standorte. Dennoch müssen wir als ein Brunel agieren. Regelmäßige Treffen und der Austausch sind daher

sehr wichtig.“ Gegen 14 Uhr ist das Meeting beendet und Mazenier nutzt die Zeit für ein gemeinsames Mittagessen mit Dr. Ralf Napiwotzki. Die beiden Manager verbindet nach fast drei Jahren an der Spitze von Brunel mehr als der Job – etwa die gemeinsame Leidenschaft für den Fußball. Mazenier berichtet von der Reise und beide beraten über weitere Schritte. Danach heißt es Wochenende für Mazenier: „Da bin ich sehr konsequent und nehme mir auch keine Arbeit mit nach Hause.“ Die Zeit widmet er seiner Familie und seinem Hobby, dem Golfen. Dabei tankt er auf, um seinem Motto treu zu bleiben: „Immer konzentriert, aber niemals gestresst.“

Moderne Prüfstandstechnik: Peter Bolz mit Gerjan Mazenier im akkreditierten Prüflabor.







# Völlig losgelöst von der Erde – 50 Jahre bemannte Raumfahrt

Vor 50 Jahren absolvierte der russische Kosmonaut Juri Gagarin den ersten Raumflug. Acht Jahre später betrat der amerikanische Astronaut Neil Armstrong als erster Mensch den Mond. Es waren Pionierleistungen, die die Begeisterung für die Weltraumforschung weckten. Die bemannte Raumfahrt hat sich inzwischen gewandelt – ihre Faszination aber hat sie beibehalten.

TEXT > Markus Sand

Viele Millionen Menschen saßen weltweit vor dem Fernseher und den Rundfunkgeräten, als Neil Armstrong im Juli 1969 als erster Mensch den Mond betrat. „That’s one small step for man... one... giant leap for mankind“, dröhnte es rauschend aus den Lautsprechern. Mit der erfolgreichen Apollo-11-Mission ging ein Menschheitstraum in Erfüllung.

Begonnen hatte alles mit dem Russen Juri Alexejewitsch Gagarin, der am 12. April 1961 als erster Mensch im All die Welt umrundete und noch heute als Nationalheld gefeiert wird. Per Fallschirm landete er nahe dem russischen Dorf Smelowka an der Wolga. Als er auf eine Arbeiterin mit ihrer Enkelin traf, fragte Gagarin als Erstes nach einem Telefon, um seinen Vorgesetzten den Erfolg seiner Mission zu bestätigen: Er hatte die Raumkapsel Wostok-1 knapp 7000 Meter über der Erdoberfläche per Schleudersitz verlassen, sich auf einer Höhe von 4000 Metern vom Sitz getrennt und war wohlbehalten auf der Erde gelandet. 108 Minuten dauerte dieser Ausflug ins All.

Dieser Erfolg der Sowjets war eine geradezu sportliche Herausforderung für die Vereinigten Staaten. Bereits am 4. Oktober 1957 hatte die UdSSR mit Sputnik 1 den ersten Satelliten ins All geschossen. Zwei Jahre später war es ihnen gelungen, die unbemannte Sonde Lunik 2 auf dem Mond zu landen sowie mit den Hunden Laika, Strelka und Belka erste Lebewesen in den Orbit zu expedieren. Dieser Prestige-Gewinn stachelte den Ehrgeiz des rivalisierenden politischen Systems im Westen

an. Die Antwort gab Präsident John F. Kennedy, als er wenige Wochen nach Gagarins Erdumrundung das Ziel verkündete, vor Ablauf des Jahrzehnts den ersten Menschen auf den Mond zu bringen. Der Startschuss für den Wettlauf zum Mond war gefallen. Mit ihrem Wissen und der Erfahrung im Bereich der Raketentechnik lagen die Supermächte Ende der 1950er Jahre gleichauf. Erst mit den Saturn-Trägerraketen, die ab 1967 bei den Apollo-Missionen zum Einsatz kamen, gelang es den Amerikanern, dem Konkurrenten davonzuziehen. Die Sowjets konnten demgegenüber mit ihren für eine Mondlandung vorgesehenen N1-Raketen keinen einzigen erfolgreichen Start absolvieren.

## STEUERUNGSTECHNIK IM ALL LIEGT HINTER ALLTAGSSTANDARDS DER ERDE ZURÜCK

Aus technischer Sicht stand seinerzeit die Steuerungstechnik im Fokus der Ingenieure, weil die Computertechnologie noch in den Kinderschuhen steckte. Erstaunlich und bewundernswert zugleich dabei ist, dass die 1981 in Betrieb genommenen Spaceshuttles der Amerikaner bis 2011 bei der Steuerungstechnik mit Rechnerleistungen auskamen, die in etwa denen eines Computers vom Typ C64 entsprachen. Da im Erdorbit extreme Umgebungsbedingungen wie Temperaturschwankungen und kosmische Strahlung herrschen, liegt die in der Weltraumfahrt verwendete Computertechnik stets einige Generationen hinter dem Alltagsstandard der Erde zurück. Um die Funktionssicherheit zu gewährleisten, sind aufwendige und teure Testreihen unter simulierten Weltraumbedingungen auf der Erde notwendig, so dass bewährte Technik den Vorrang erhält.

## > 13

Am 20. April 1972 landete die Mondlandefähre Orion auf dem Mond. Am Rande des zehn Meter tiefen Mondkraters Descartes sammelte der Astronaut Charles M. Duke Jr. während des dreitägigen Aufenthalts Mondgestein und machte erstmals astronomische Aufnahmen mit einer UV-Kamera. Apollo 16 war die fünfte Mondlandung.



Fortschritte gab es demgegenüber bei den verwendeten Materialien: In den 1960er Jahren musste die Raumfahrt mit schweren Aluminium-Antennen für die Kommunikation zwischen Raumsonde und Erde auskommen. Heutzutage bestehen Antennen sowie andere faltbare Strukturen aus mit Kohlenstofffasern verstärkten Kunststoffen (CFK), die bei gleicher Materialdicke leichter als die Aluminium-Konstruktionen sind. Zudem funktionieren Solargeneratoren inzwischen wesentlich effektiver, weil die Solartechnik große Fortschritte gemacht hat. Auch aus Fehlern der Vergangenheit hat man gelernt: Der Innenraum der Apollo-1-Kapsel, die im Februar 1967 auf der Startrampe verbrannte, war noch mit reinem Sauerstoff gefüllt. Seitdem wird ein Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch verwendet, das die Sicherheit deutlich erhöht.

Aus wissenschaftlicher Sicht ging es in den Anfangszeiten der bemannten Raumfahrt zunächst vor allem darum, die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf den Menschen zu untersuchen. Zunehmend wurde das All auch als Ort für physikalische Experimente geschätzt. Vor zehn Jahren startete das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik

in Garching eines der ersten wissenschaftlichen Experimente auf der internationalen Raumstation ISS: Die Erforschung von Plasmakristallen in der Schwerelosigkeit dient dazu, Erkenntnisse über Teilchenbewegungen im vierten Aggregatzustand von Stoffen, dem Plasma, zu gewinnen. Da die Schwerkraft der Erde die Bildung von Plasmakristallen stört, finden diese Experimente im Weltraum statt. Zu möglichen Anwendungsgebieten zählt die Sterilisation von Lebensmitteln sowie die kontaktlose Wunddesinfektion.

### EXPERIMENTE IN DER SCHWERELOSIGKEIT LIEFERN WICHTIGE ERKENNTNISSE FÜR PHYSIKER UND GEOWISSENSCHAFTLER

Geophysiker wiederum sehen mit Spannung den Ergebnissen des Experiments „Geoflow II“ der Universität Cottbus im Columbus-Labor der internationalen Raumstation ISS entgegen, das unter der Kontrolle des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) betrieben wird: Zur Erforschung der Prozesse im Erdkern wird auf der ISS die Hitzeverteilung im flüssigen Erdinneren simuliert. Mit dem Experiment erhoffen sich die Geoforscher neue Erkenntnisse über Strömungsbewegungen von Magma, um beispielsweise die Aktivität und Entstehung von Vulkanen auf der Erde besser einschätzen zu können.

#### > 14

2008 startete im Weltraumlabor „Columbus“ das deutsche Experiment Geoflow. Der kanadische Astronaut russischen Ursprungs Gregory Chamitoff setzt den etwa 40 mal 30 Zentimeter großen Experiment-Container erfolgreich in das Fluid-Science-Labor ein.



> 14





Bereits erfolgreich umgesetzt wurde die Entwicklung des „Automatic Transfer Vehicle“, das vor allem aus europäischer Sicht als technische Meisterleistung gilt. Der Raumtransporter wurde von der EADS-Tochter Astrium entwickelt und dient der Versorgung der ISS. Das ATV-Modell „Johannes Kepler“ wurde 2011 per Ariane-5-ES-Rakete in den Weltraum geschossen. Mit an Bord waren neben Treibstoff, Kleidung und Nahrung für die ISS auch die Ausrüstungsgegenstände des Cottbusser „Geoflow II“-Experiments. Das ATV vermag die ISS automatisch anzufliegen und dort anzudocken und sorgt mit seinen Triebwerken dafür, dass sich die Raumstation in der vorgesehenen Umlaufbahn halten kann. „Die Zeiträume für das Andocken sind sehr genau geregelt. An der ISS herrscht ein ziemlich reger Verkehr“, so der Ingenieur Volker Schmid, beim DLR im Bereich der ATV-Programmatik und bemannten Raumfahrt tätig. Bis zu zwölfmal pro Jahr wird die Raumstation allein von den Russen angeflogen.

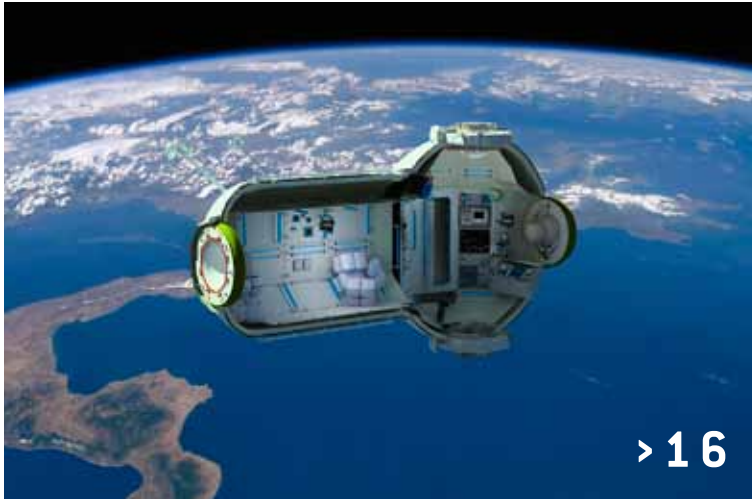
Mit den veränderten Anforderungen der Weltraumforschung hat sich nach einem halben Jahrhundert bemannter Raumfahrt auch das Berufsbild des Astronauten gewandelt. Waren sie damals noch wagemutige mi-

litärische Testpiloten, die das Fliegen im All erst genau dort lernten, so durchlaufen die Astronauten heute eine intensive Ausbildung. Etwa die Hälfte von ihnen ist flugerfahren, die andere kommt aus der Wissenschaft. Einer zweijährigen Grundausbildung, etwa bei der europäischen Raumfahrtorganisation ESA, folgen weitere bis zu drei Jahre, in denen die Raumfahrer auf spezielle Aufgaben innerhalb einer Mission vorbereitet werden. Viel Augenmerk wird heute auch auf die psychologische Verfassung und Teamfähigkeit der Kandidaten gelegt, die im Übrigen alle Russisch lernen müssen, da auf der ISS gleichberechtigt Russisch und Englisch gesprochen wird.

#### **DER MOND ALS TESTGELÄNDE FÜR DIE KOMMERZIELLE BEMANNTEN RAUMFAHRT**

Nach 50 Jahren bemannter Raumfahrt fehlt es nicht an Visionen. Zwar haben die Amerikaner ihr Spaceshuttle-Programm aus Kosten- und Sicherheitsgründen im Juli 2011

**> 15** Vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana startete der mit Versorgungsgütern und Treibstoff beladene Raumfrachter „Johannes Kepler“ im Februar 2011 ins All. Dort blieb er fast vier Monate lang an der internationalen Raumstation angedockt. Gebaut wurde das Versorgungsfahrzeug im Auftrag der europäischen Weltraumorganisation ESA.



## > 16

Die Commercial Space Station könnte das erste russische Hotel im All werden. Der Konzern RKK Energija präsentierte ein Modell der geplanten Unterkunft mit vier Doppelzimmern pünktlich zur Raumfahrtmesse MAKS in diesem Jahr. 2016 sollen die ersten Gäste empfangen werden – etwa 350 Kilometer über der Erde.

eingestellt, doch sind derzeit mehrere Firmen, allen voran die britische Firma Virgin-Galactic, auf bestem Wege, suborbitale Flüge für Touristen zu ermöglichen. Dabei

wird zwar keine Umlaufbahn erreicht, eine fantastische Aussicht auf den Blauen Planeten ist jedoch garantiert. Auch gibt es immer wieder Pläne diverser Unternehmen, Raumstationen als Hotel zu betreiben. Jüngst stellten zwei russische Unternehmen auf einer Luft- und Raumfahrtmesse ihre Pläne für eine „Commercial Space Station (CSS)“ vor, die spätestens 2016 mit einer Sojus-Rakete ins All geschossen werden soll. Auch das Erreichen eines anderen Menschheitstraums scheint nur noch eine Frage der Zeit zu sein: der bemannte Flug zum Mars, der den Radius des Menschen über den Mond hinaus erweitert. Zwar ist ein langfristig angelegtes Programm noch nicht vorhanden, doch gilt dieses Ziel nicht als unerreichbar. Nicht wenige Wissenschaftler schlagen vor, dass die entsprechenden, noch zu entwickelnden Technologien auf bekanntem Terrain erprobt werden sollten – und zwar auf dem Mond.

---

## MEILENSTEINE

- 1961 Juri A. Gagarin wurde als erster Mensch im All zum sowjetischen Nationalhelden. Sein Tod wiederum bot Anlass zu Spekulationen. Manche glaubten, er sei bei einem Flug zum Mond verunglückt. Tatsächlich stürzte der als unerfahren geltende Pilot am 27. März 1968 mit einem Fluglehrer ab.
- 1963 Walentina W. Tereschkowa war die erste Frau im All. An Bord der Wostok 6 umkreiste sie binnen drei Tagen 49-mal die Erde. Die Technikerin liebte das Fallschirmspringen und begeisterte sich für Gagarin. In erster Ehe war sie mit dem Kosmonauten Andrikan G. Nikolajew verheiratet.
- 1965 Alexei A. Leonow war der erste Mensch, der ein Raumschiff verließ und frei im All schwebte. Später schrieb er die Bücher „Spaziergang im All“, „Ausstieg im Kosmos“ und – mit dem US-Astronauten David Scott – „Zwei Mann im Mond“. Weil Leonow auch malte, galt er als „Kosmonautenkünstler“.
- 1969 Neil Armstrong, erster Mensch auf dem Mond, flog erstmals im März 1966 ins All. Edwin Aldrin betrat kurz nach Armstrong den Mond, während Michael Collins an Bord von Apollo 11 blieb. Collins hätte bei der vorerst letzten Mondmission Apollo 17 dabei sein dürfen, lehnte dies aber ab.
- 1978 Sigmund Jähn war der erste Deutsche im Weltraum. Der Physiker und Militärwissenschaftler flog mit der Sojus 31 zur sowjetischen Raumstation Saljut 6. Wegen Problemen bei der Landung behielt Jähn Schäden an der Wirbelsäule zurück. Er erhielt mehrere Ehrentitel der DDR und der Sowjetunion.
- 1994 Waleri W. Poljakow hält mit 437 Tagen und knapp 18 Stunden den Rekord für den längsten ununterbrochenen Raumflug. Mit einem weiteren Mir-Aufenthalt brachte er es auf insgesamt 678 Tage. Die meisten Tage im Weltraum insgesamt verbrachte Sergei K. Krikaljow (803 Tage) vor Sergei W. Awdejew (747 Tage).

# Effektiv, praxisnah, zukunftsweisend – Schulungen von Brunel

Weiterbildungen auf Projekt- und Managementebene sind ein wesentliches Qualitätsmerkmal. Zum Dienstleistungsspektrum der Entwicklungseinrichtungen Brunel Communications und Brunel Transport & Energy zählen daher auch diverse Angebote für Programmschulungen und Spezialtrainings. Die praxisnahen Seminare stärken die Kompetenz der Kunden und dienen mitunter auch der internen Weiterbildung.

TEXT > Jörg Riedel

Bei der Entwicklung technischer Produkte gilt es, neben den Anforderungen an einzelne Komponenten auch die Querverbindungen und Kombinationen verschiedener Anforderungen untereinander zu erfüllen. Bei einem PKW müssen beispielsweise die Bedingungen der Maximalgeschwindigkeit in Verbindung mit dem Airbag- und Bremssystem berücksichtigt werden. Für Mitarbeiter in Entwicklung und Konstruktion ist deshalb Know-how im Bereich Anforderungsmanagement (Requirement Management) unentbehrlich. Gleichzeitig basieren solche Kombinationen auf gestiegenen Echtzeitanforderungen. Hier ist ein Überblick über die zahlreichen Echtzeitbetriebssysteme (engl. Real Time Operating System – RTOS) hilfreich, die die zeitliche Einhaltung von Berechnungen einzelner Prozesse gewährleisten. Das Brunel Entwicklungszentrum für Embedded Systems (Brunel Communications) bietet gezielte Schulungen zu beiden Themen an.

## DIE VORTEILE DES ANFORDERUNGS-MANAGEMENTS VERMITTELN

Im Anforderungsmanagement zählt Telelogic DOORS® (Dynamic Object Oriented Requirements System) zu den führenden Softwareprodukten. Damit lassen sich Anforderungen verknüpfen, Attribute hinzufügen sowie Änderungsstände anzeigen. Seit zwei Jahren führt Brunel Communications in diesem Bereich Schulungen auf zwei Ebenen



durch: Führungskräfte können sich mit dem Programm DOORS®4 Managers einen Überblick über die Möglichkeiten des Tools verschaffen. DOORS®4 Developers zielt auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter aus den Abteilungen für Entwicklung und Konstruktion ab. „Überzeugt hat mich das auf meine Mitarbeiter zugeschnittene Konzept sowie die Kurzfristigkeit, mit der die Schulung zustande kam“, sagt Lars Tegge, Software Project Manager bei der Robert Bosch Car Multimedia GmbH. Drei seiner Mitarbeiter besuchten das Tagesseminar DOORS®4 Developers. „Auch die Nähe des Schulungsortes sowie die positiven Erfahrungen aus der bisherigen Zusammenarbeit mit Brunel waren Kriterien für die Wahl dieses Fortbildungsangebots“, so Lars Tegge.

## PORTRÄT

Francisco Matesanz leitet seit 2005 das Account Management von Brunel Communications in Hildesheim. Der Diplomingenieur blickt auf über 30 Jahre Berufserfahrung in den Branchen Medizin-, Bahntechnik und Luftfahrt zurück.

t. +49 5121 17 60-900  
francisco.matesanz@brunel.de  
brunel.de/communications



## > 17

In den modern ausgestatteten Seminarräumen von Brunel werden den Teilnehmern in Kleingruppen die Grundlagen des Requirement Management anhand von praktischen Fallbeispielen vermittelt.

Die DOORS®-Schulungen vermitteln an einem Tag kompakt und praxisnah das Handwerkszeug für den täglichen Umgang mit der Software. „Die Seminare sind keine Verkaufsveranstaltungen – weder zum Vertrieb von DOORS® noch eines anderen vorgestellten Echtzeitbetriebssystems“, betont Francisco Matesanz, Leiter Account Management bei Brunel Communications. Im Mittelpunkt stehe vielmehr die reine Vermittlung von praktischem Wissen. Die Dozenten sind erfahrene Projektleiter, die durch ihre regelmäßige Arbeit mit dem Programm seine Feinheiten kennen. „Im Seminar vermitteln sie Basiswissen, das anhand des dicken Handbuchs in Kürze kaum erlernbar ist“, führt Matesanz fort. Lars Tegge kann dem nur zustimmen: „Ein genereller Einblick in Form einer Schulung ist in diesem Fall viel effektiver als ein Training on the Job.“ Die DOORS®-Schulungen finden in Kleingruppen von maximal neun Personen statt und richten sich an Kunden wie auch interne

Mitarbeiter unterschiedlicher Branchen – von der Elektro- über die Medizintechnik bis hin zum Automobilbau. Darüber hinaus unterstützt Brunel Communications die Anwender von DOORS® mit Beratungsangeboten.

## **RTOS: GRUNDLAGE FÜR MODERNE ECHTZEIT-DATENVERARBEITUNG**

In den RTOS-System-Schulungen – besonders für Konstrukteure und Entwickler entscheidend – wird den Teilnehmern im Rahmen eines Tagesseminars vermittelt, welches Echtzeitbetriebssystem am besten zu welcher Anwendung passt. Diese Weiterbildungsmaßnahme liefert einen Überblick über sieben Betriebssysteme sowie deren Echtzeitverhalten und Speicherkapazität und richtet sich primär an Brunel Kunden. „Der Wissenstransfer ist leichter, wenn sich die Teilnehmer aus dem Tagesgeschäft lösen“, so Francisco Matesanz. Daher findet die RTOS-Schulung quartalswei-



se zu festen Terminen an Brunel Standorten statt. Darüber hinaus besitzt der Erfahrungsaustausch im Seminar einen hohen Stellenwert für die beteiligten Experten, ebenso wie der Blick über den Tellerrand.

Auch das Entwicklungszentrum Brunel Transport & Energy in Rostock bietet Schulungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten an. Die Fortbildung in System Engineering ist aus konsequenter Kundenorientierung und Marktbeobachtung entstanden. Der deutsche Schiffbau beispielsweise konzentriert sich auf Spezialanwendungen, die auf Hochtechnologie-Standards basieren. Das verlangt Experten, die in komplexen Systemen denken und diese untereinander zu einem Gesamtsystem verbinden können. „System Engineering vernetzt hier die vielen unterschiedlichen Anforderungen, die an ein Schiff gestellt werden, wie die Funktion einer Kransteuerung, die Energieverteilung und die Wasserversorgung. Der Systemingenieur erhält somit eine Schlüsselfunktion“, erklärt Andreas Bunde, Leiter von Brunel Transport & Energy. In einer dreimonatigen Schulung in System Engineering wird den Schiffskonstruktoren das erforderliche Know-how vermittelt – eine für den Schiffbau zukunftsweisende Aufgabe. Am laufenden Kurs nehmen bis zu zehn Mitarbeiter eines externen Brunel Kunden teil.

### **SYSTEM ENGINEERING: EINE ZUKUNFTSWEISENDE AUFGABE FÜR DEN SCHIFFBAU**

CAD-Schulungen sind ebenfalls ein fester Bestandteil von Brunel Transport & Energy. Diese sind im Gegensatz zu den allgemeinen Schulungen vieler anderer Anbieter auf die speziellen und individuellen Bedarfe der Kunden ausgerichtet. Die Teilnehmer kommen aus den Branchen Schiffbau, Offshore-Energie oder Verfahrenstechnik. In kleinen Gruppen lernen acht bis zehn Personen die Anwendung verschiedener CAD-Systeme, wie AutoCAD Inventor, NUPAS CADMATIC oder PDMS. Die Dauer der Schulung richtet sich nach dem Stand der Kenntnisse – üblich sind zwei Wochen. Auch im Bereich Basic Safety ist Brunel Transport & Energy tätig: Für die eigenen Ver-



triebs- und Projektmitarbeiter werden spezielle Offshore-Sicherheitstrainings angeboten. „Hier leisten wir Pionierarbeit, denn bislang richten sich solche Schulungen nur an Schiffspersonal oder Beschäftigte auf Bohrinseln“, so Andreas Bunde.

Fachliche Weiterbildung gewinnt für Projektmitarbeiter und für Manager an Bedeutung – nicht zuletzt im Zuge des Mangels an Fach- und Führungskräften. Deshalb legt Andreas Bunde großen Wert auf den weiteren Ausbau des Schulungsangebots. „Mit den Seminaren“, so fasst er zusammen, „stärken wir die Kompetenz und Flexibilität der internen Mitarbeiter sowie die unserer Partner.“ Im Laufe des vierten Quartals 2011 erweitert das Entwicklungszentrum in Rostock deshalb seine räumlichen Kapazitäten – und begegnet so einer wachsenden Nachfrage vor allem seiner externen Kunden.

### **PORTRÄT**

Der Diplomingenieur Andreas Bunde (51) ist seit 2011 Leiter von Brunel Transport & Energy in Rostock. Als Spezialist für Schiffsmaschinenbau kennt er die technischen Anforderungen in Konstruktion und Entwicklung und setzt sich speziell für die Fortbildung von Systemingenieuren ein.

t. +49 381 8 57 63 05 0  
andreas.bunde@brunel.de  
brunel.de/transport-energy

---

### **SEMINARE VON BRUNEL**

Sollten Sie Interesse an Schulungen im Bereich DOORS® 4 Managers, DOORS® 4 Developers oder RTOS haben, wenden Sie sich bitte an Herrn Francisco Matesanz. Für Informationen zu Fortbildungsangeboten im Bereich System Engineering oder CAD steht Ihnen Herr Andreas Bunde zur Verfügung. Weitere Informationen zu Veranstaltungen finden Sie unter [www.brunel.de/events](http://www.brunel.de/events).



# Die Stadt als Rohstofflager

Wertstofflager, Elektronikschrott und städtische Infrastrukturen bergen eine große Menge wertvoller Rohstoffe, die industriell wiederverwertet werden können. Die Forschung verfolgt daher diverse Ansätze für die Erschließung dieser urbanen Ressourcen – von der Ausschöpfung heimischer Rohstofflager über neue Aufbereitungstechnologien bis hin zum Aufbau ganzer Recycling-Kreisläufe.

TEXT > Dr. Ralf Schrank



## PORTRÄT

Prof. Dr. techn. Helmut Rechberger studierte Verfahrenstechnik an der TU Wien. Seiner Promotion im Jahr 1999 folgten Forschungsaufenthalte in Yale und Zürich. Heute ist der 43-Jährige stellvertretender Leiter des Instituts für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien.

Der Ressourcenforscher und Wiener TU-Professor Helmut Rechberger rechnet vor: „Jeder Einwohner eines hochindustrialisierten Landes ist ‚Besitzer‘ von rund 250 Kilogramm Kupfer – gebunden beispielsweise in Wasserrohren, Elektroleitungen, Haushaltsgeräten, Autoteilen – und vielen anderen Wertstoffen.“ Und Daniel Goldmann, Professor für Rohstoffaufbereitung an der Technischen Universität Clausthal, überschlägt: „Schon heute befindet sich mehr Kupfer in Gebrauchsgegenständen, als ungenutzt in den natürlichen Minen vorhanden ist.“

Städte sind riesige Rohstofflager, die spätere Generationen durch so genanntes Urban Mining erschließen müssen. Denn die natürlichen Lagerstätten sind in absehbarer Zukunft ausgeschöpft. Zudem werden für technische Produkte zunehmend seltenere Rohstoffe benötigt, während sich die Innovationszyklen und damit die Lebensdauer von Produkten verkürzen. Immer mehr Menschen in den Entwicklungsländern werden Technologieprodukte wie Auto, Handy und Laptop nutzen – und verbrauchen.

## MOBILTELEFONE UND COMPUTERPLATTEN ALS URBANE GOLDQUELLEN

Jens Gutzmer, Professor für Lagerstättenlehre und Petrologie an der TU Bergakademie Freiberg, sieht einen weiteren Grund, die Ressourcenforschung zu intensivieren: „Die Bereitstellung mineralischer Rohstoffe zu kal-

kulierbaren Preisen gehört zur Daseinsvorsorge für die Industrieproduktion eines Landes.“ Gutzmer ist Gründungsdirektor des Helmholtz-Instituts für Ressourcentechnologien, das eng an die Universität Freiberg angebunden ist und seine Arbeit Mitte 2011 aufgenommen hat. „Einer unserer Forschungsschwerpunkte ist deshalb die Erschließung heimischer Lagerstätten“, erläutert Gutzmer. So sei im Erzgebirge die Förderung von Zink, Zinn und Indium, ein wichtiger Rohstoff zur Herstellung von Flachbildschirmen, durchaus rentabel, wenn geeignete Technologien entwickelt würden.

Selbst die heimische Goldgewinnung könne lohnend sein: „Die Produkte einer sächsischen Kiesgrube mit einem Fördervolumen von einer Million Tonnen enthalten etwa zehn Kilogramm Gold pro Jahr. Das entspricht knapp 400.000 Euro. Wir müssen nur eine kostengünstige Aufbereitungstechnologie entwickeln.“ Um fünf Gramm Gold zu gewinnen, müsste die Kiesgrube allerdings 500 Tonnen Kies bewegen. Eine südafrikanische Goldmine gewinnt die gleiche Menge Gold aus einer Tonne Gestein. Aber es gibt noch ergiebiger Goldquellen: Die gleiche Menge Gold steckt laut des belgischen Metall- und Werkstoffkonzerns Umicore in 200 Mobiltelefonen oder in 20 Kilogramm Computer-Leiterplatten.

20 Kilogramm Elektroschrott – diese Menge erzeugt jeder Europäer jährlich. Eine Studie des UN-Umweltprogramms United Na-



&gt; 18

tions Environment Programme (Unep) rechnet den Abfall an elektrischen und elektronischen Geräten weltweit auf 40 Millionen Tonnen pro Jahr hoch. Um die darin enthaltenen Schätze in Zukunft „heben“ zu können, müssen nicht nur neue Technologien entwickelt, sondern auch neue Recycling-Systeme etabliert werden. Stefan Gäth, Professor für Abfall- und Ressourcenmanagement an der Justus-Liebig-Universität Gießen, fokussiert daher auch wirtschaftliche Aspekte: „Wir richten unser Augenmerk zum Beispiel auch auf

die Entwicklung verursachergerechter Gebührensysteme für private Haushalte, Handel und Industrie.“ So schlägt Gäth beispielsweise für Mobiltelefone und Flachbildschirme entsprechende Pfandsysteme vor, um eine Rücklaufquote von annähernd 100 Prozent zu erreichen. „Im Zweifel sollten wir solche Geräte in Deponien zwischenlagern und die Recycling-Technologien später entwickeln.“

Das macht Sinn, wenn absehbar ist, dass eine natürliche Rohstoffquelle bald erschöpft sein wird oder eine neue Anwendung ei-

**> 18**

Prof. Dr. Jens Gutzmer (42), hier zu sehen bei der Einfahrt ins Bergwerk, hat seit 2008 die Professur für Lagerstättenlehre und Petrologie am Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg inne. Nach seinem Studium promovierte er 1996 an der Rand Afrikaans University (Südafrika). 2005 wurde er zum Professor für Geologie nach Johannesburg berufen.



## PORTRÄT

Prof. Dr. Stefan A. Gäth (52) ist seit 1995 Professor für Ressourcenmanagement mit dem Schwerpunkt Abfall- und Stoffstrommanagement an der Universität Gießen. Er ist Gründer des TransMIT-Zentrums für Umwelt-, Abfall- und Ressourcenmanagement und Vorsitzender des Technologiebeirates der Hessischen Landesregierung.

nen Rohstoff verknappen wird. Ein Beispiel für den zweiten Fall hat Professor Goldmann von der TU Clausthal untersucht: Mit dem bevorstehenden Durchbruch von Hybrid- und Elektrofahrzeugen wird der Bedarf an Lithium, dem Schlüsselmetall zur Herstellung leistungsfähiger wiederaufladbarer Akkumulatoren (im gängigen Sprachgebrauch „Batterien“) rasant steigen. „Die erschlossenen und in der Erkundung befindlichen natürlichen Quellen wie Salzseen in Südamerika, den USA und China werden den Bedarf schon bald nicht mehr decken können“, sagt der Professor für Rohstoffaufbereitung. Um nicht in strategische Abhängigkeiten zu einzelnen Lieferländern zu geraten, müssen wir in Europa einen geschlossenen Lithium-Kreislauf schaffen, der von der Batterieproduktion über die Rücknahme- und Verwertungslogistik bis hin zu den Recycling-Technologien für unterschiedliche Batterietypen optimiert ist“, erklärt Goldmann.

Das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien steckt noch in den Kinderschuhen. Anders als bei Auto-Starterbatterien ist die Rücklaufquote gering und die Wiederaufarbeitung konzentriert sich auf die Metalle Kupfer und Kobalt. Zwei von der Bundesregierung geförderte Verbundprojekte, die gerade ab-

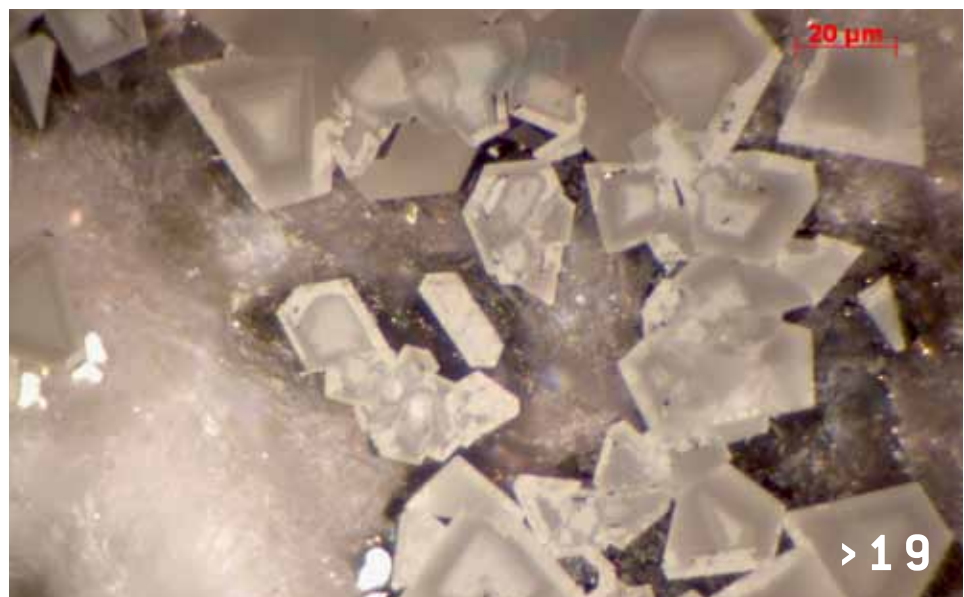
geschlossen wurden, haben jetzt den Grundstein für die Gestaltung eines effizienten Lithium-Kreislaufs gelegt. LithoRec nutzt nasschemische Reaktionen zur Aufarbeitung der Metalle (Hydrometallurgie), LiBRi (Lithium Battery Recycling Initiative) dagegen thermische Reaktionen (Pyrometallurgie). Weil sich je nach Anwendung Lithium-Batterien unterschiedlicher Bauarten im Markt durchsetzen werden, stellt dieser breite Technologieansatz sicher, dass das Metall später mit hoher Recyclingeffizienz in großtechnischem Maßstab aus allen Batterietypen zurückgewonnen werden kann.

## GESCHLOSSENE RECYCLING-KREISLÄUFE SICHERN EUROPAS INDUSTRIE-PRODUKTION

Ein anderer Rohstoff wird schon heute in so großer Menge gebraucht, dass das Versiegen der natürlichen Lager nur noch eine Frage von ein paar Jahrzehnten ist: Phosphor – ein Element, das essenziell für alle lebenden Organismen ist. Die etwa 100 Millionen Tonnen Rohphosphat, die jährlich gewonnen werden, gehen fast vollständig in die Düngemittelproduktion. Über die Nahrungsketten gelangt Phosphor in die Abwässer und schließlich in

## > 19

Mikroskopische Aufnahme einer ausgewählten Schlacke aus dem LiBRi-Projekt. Um einen effizienten Recycling-Kreislauf von Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge zu entwickeln, forscht unter anderem die TU Clausthal an der Rückgewinnung von Lithium aus Schlacken und Flugstäuben.





**> 20**

Das vom Institut für Technische Chemie in Karlsruhe entwickelte Haloclean-Verfahren basiert auf einer thermisch-chemischen Behandlung von geschreddertem Elektronikschrott (re.). Aus den Pyrolyse-Rückständen (li.) werden Metalle abgeschieden, Kunststoffbestandteile werden in Öl oder Gas umgewandelt. Die Verwertungsquote beträgt 99 Prozent.

die Klärschlämme. In einem von der Stadt Wien geförderten Verbundprojekt hat Professor Rechberger daher Methoden zur Rückgewinnung des Phosphors aus Klärschlamm erforscht: „Eine echte Herausforderung, denn die Schlämme enthalten einen hochgiftigen Cocktail aus Schwermetallen wie Cadmium und in zunehmendem Maße organischen Mikroverunreinigungen, zum Beispiel Medikamentenrückständen und Keimen“, so der Wiener Ressourcenforscher. Zudem müsse der Phosphor in eine pflanzenverwertbare Form überführt werden. Im Labormaßstab hat sich ein Verfahren bewährt, bei dem der Klärschlamm verbrannt und die Asche bei 1.000 Grad Celsius mit Chlor behandelt wird.

Rechberger fasst zusammen: „Unser Produkt ist frei von Verunreinigungen, reich an Phosphor und damit ein ideales Vormaterial für die Düngemittelproduktion.“ Wie hoch der Phosphorpreis steigen muss, damit sich das Recycling aus Klärschlämmen lohnt, müsste eine zu errichtende Pilotanlage zeigen. Auch Rechberger empfiehlt, die Klärschlamm-Aschen gegebenenfalls für einige Jahre zu deponieren, bis das Recycling rentabel ist.

Lithium und Phosphor, nur zwei Beispiele für ein nachhaltiges Ressourcenmanagement der Zukunft. Am Ende der Forschungsanstren-


gungen wird die Verwertung der menschengemachten Lager stehen: die Ausschöpfung der Müllhalden und Deponien durch „Landfill Mining“, der in der städtischen Infrastruktur und Produkten verbauten Rohstoffe durch „Urban Mining“ sowie die ökonomische Verwertung von Altprodukten. Die Geschwindigkeit des Fortschritts wird davon abhängen, wie rasch die Konzepte eines nachhaltigen Ressourcenmanagements in den universitären Ausbildungsgängen verankert werden. Helmut Rechberger entwirft das Bild des Ingenieurs von morgen. „An der TU Wien haben wir es uns zum Ziel gesetzt, jedem angehenden Ingenieur ein sensibles Grundverständnis für anthropogene Stoffhaushalte zu vermitteln.“ Und Professor Gäth von der Universität Gießen ergänzt: „Wir brauchen eine interdisziplinäre Vernetzung in den Studiengängen, von der Konsumforschung über die Betriebswirtschaft bis hin zur Verfahrenstechnik, um die Spezialisten einer zukünftigen Ressourcenwirtschaft auszubilden.“ Die Hochschulen stellen sich der Herausforderung: An der Technischen Universität Clausthal etwa gibt es seit einem Jahr den neuen Studiengang „Umweltverfahrenstechnik und Recycling“.

**PORTRÄT**

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann hat 1992 an der TU Clausthal im Fach Aufbereitungstechnik promoviert und ist dort seit 2008 Inhaber des Lehrstuhls für Rohstoffaufbereitung und Recycling. Zuvor war der 53-Jährige in verschiedenen Positionen im Aufgabenbereich Recycling renommierter Unternehmen tätig.



# Zwischen den Zeitzonen unterwegs

 Audio-Version unter: [www.brunel.de/podcast](http://www.brunel.de/podcast)

TEXT > Lisa Schwarzien

Erik Herzog ist ein Kosmopolit. Aufgewachsen im Saarland, Deutschlands kleinstem Flächenland, wohnt er heute in Bayern und ist doch in der ganzen Welt zu Hause. Denn als Projektmanager ist er seit 16 Jahren international im Einsatz. Seine jüngsten Geschäftsreisen führten ihn nach Russland. Dort ist der Brunel Mitarbeiter für die Kuka Systems GmbH aus Augsburg unter anderem als Projektleiter für den Umbau von Schweißanlagen verantwortlich. Das Unternehmen ist international führender Systemanbieter von automatisierten Fertigungslösungen. In Tikhvin, etwa drei Autostunden östlich von St. Petersburg, produziert ein Kunde von Kuka Güterwaggons. „Das Werk ist mit Kuka-Schweißanlagen und -technologien ausgestattet. Deren Kapazität müssen wir nun erweitern, da die Tragfähigkeit eines Waggontyps vergrößert werden soll“, erklärt Erik Herzog. Mindestens einmal im Monat ist er vor Ort, um die Inbetriebnahme mit seinen derzeit 30 Mitarbeitern sowie die Abnahme der Anlage mit dem Werksbetreiber abzustimmen.

„Auch als externer Projektmanager bin ich fester Teil des Teams“, berichtet der 49-Jährige, der das Projekt gemeinsam mit vier weiteren Kollegen steuert. „Was zählt, sind Know-how, eine gesunde Portion Selbstbewusstsein sowie berufliche Erfahrungen.“ Und da kann der Diplom-Ingenieur auf eine ganze Reihe zurückgreifen. Im Anschluss an sein Maschinenbau-Studium an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg (ehemals Universi-

tät der Bundeswehr) war er als Zeitsoldat unter anderem als Fachabteilungsleiter in einer Logistikeinrichtung sowie als Fachlehrer für Betriebsführung und Logistik tätig. „Nach der Zeit beim Bund arbeitete ich dann zunächst als Freelancer, beispielsweise als Projektmitarbeiter bei der Auswahl einer Help-Desk-Lösung in einem CD-Brennwerk. Dabei wurde ich sozusagen mit dem Projektmanagement infiziert“, erinnert sich Herzog.

Nach fünfjähriger Erfahrung als Unternehmensberater im Automotive-Sektor ist er als Projektleiter seither branchenübergreifend und weltweit tätig. Ob Produktentwicklung, Werks- und Logistikplanung, Prozessoptimierung und -restrukturierung, ob Italien,



NAME: Erik Herzog  
BERUF: Dipl.-Ing. Maschinenbau

6

6

## ZWÖLF LÄNDER IN 16 JAHREN – FÜR PROJEKTMANAGER ERIK HERZOG IST DAS REISEN LÄNGST ROUTINE



In Tikhvin ist Erik Herzog als Projektleiter für den Umbau von Schweißanlagen verantwortlich.

#### Erik Herzog berufliche Stationen:

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 1 Augsburg          | 7 Saudi-Arabien   |
| 2 Tikhvin, Russland | 8 Ungarn          |
| 3 Italien           | 9 Japan           |
| 4 Schweden          | 10 Österreich     |
| 5 China             | 11 Großbritannien |
| 6 USA               | 12 Frankreich     |

Schweden, China, USA, Saudi-Arabien oder Ungarn – an seinem Job schätzt der Maschinenbau-Ingenieur vor allem die Abwechslung und neue Herausforderungen. Besonders wichtig für einen Projektmanager sei es, Experten noch so unterschiedlicher Fachgebiete an einen Tisch zu bringen. „Menschen sprechen zwar miteinander, aber sie verstehen einander oft nicht.“ Erik Herzog meint damit nicht nur sprachliche Hürden. Der Projektmanager, der drei Fremdsprachen verhandlungssicher spricht und in vier weiteren über Grundkenntnisse

verfügt, sieht seine Aufgabe vor allem darin, das vielfältige Know-how seiner Kollegen miteinander zu vernetzen, Projekte aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. „Dies haben mich insbesondere die internationalen Projekteinsätze gelehrt, denn in einem neuen Sprach- und Kulturraum sind Menschen darauf angewiesen, auf andere zu- und einzugehen.“

Auf seinen unzähligen Reisen hat Erik Herzog auch gelernt, den Jetlag auszutricksen und Schlafdefizite zu vermeiden. Seit 16 Jahren ist er zwischen den verschiedenen Zeitzonen unterwegs und kommt dennoch ganz ohne Armbanduhr aus. Zeit ist nicht nur in der Ressourcen- und Personalplanung, sondern auch im Projektmanagement von besonderer Bedeutung: „Langfristig angelegte Projekte müssen in zeitlich kontrollierbare Päckchen eingeteilt werden“, beschreibt der 49-Jährige, der in seiner Freizeit gern Handball spielt und sich auch während längerer Projekteinsätze im Ausland immer einen sportlichen Ausgleich sucht. Auf ein Lieblingsland möchte sich Herzog allerdings nicht festlegen: „Ein Sommerabend in St. Petersburg kann genauso schön sein wie ein Salsa-Kurs in Tokio.“



# HIV-Point-of-Care-Tester – Elektronikentwicklung für innovative Medizintechnik

Die Entwicklung eines Point-of-Care-Testgeräts, das die Belastung einer Blutprobe mit HI-Viren auch bei Bedienung durch Helpspersonal verlässlich misst, ist eine Herausforderung für Medizin- und Elektrotechniker gleichermaßen. Mit der Unterstützung von Brunel Systemspezialisten für Embedded Systems entwickelte ein Medizinprodukte-Hersteller nun einen Prototypen für optimierte Analyseverfahren.

TEXT > Dr. Ralf Schrank



## PORTRÄT

Francisco Matesanz (53) studierte Angewandte Naturwissenschaften an der FH Lübeck. Im Anschluss war der Diplomingenieur in der IT- und Elektronikbranche tätig. Seit 2005 leitet er das Account Management von Brunel Communications in Hildesheim.

### > 21

Mit dem neuen Testgerät kann eine HIV-Infektion nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ erfasst werden. Die Bestimmung der Virenkonzentration im Blut kann so Patienten bei der genauen Medikamentierung helfen.

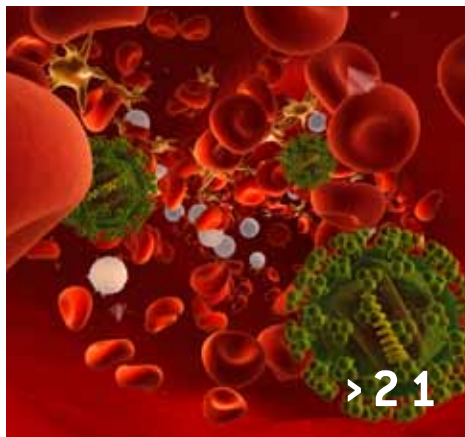
Mehr als 34 Millionen Menschen leben nach einer aktuellen Schätzung von UNAIDS, dem Joint United Nations Programme on HIV/AIDS, mit dem humanen Immundefizienz-Virus HIV. Die bislang unheilbare Immunschwächekrankheit AIDS löst HIV oft erst nach jahrelanger Inkubationsphase aus. Immerhin gibt es Behandlungsmethoden, die das Krankheitsbild deutlich abmildern. Am längsten erforscht ist HAART (Highly Active Antiretroviral Therapy), die mehrere virenhemmende Wirkstoffe kombiniert, um die Virenlast, also die Konzentration der HI-Viren im Blut, zu verringern.

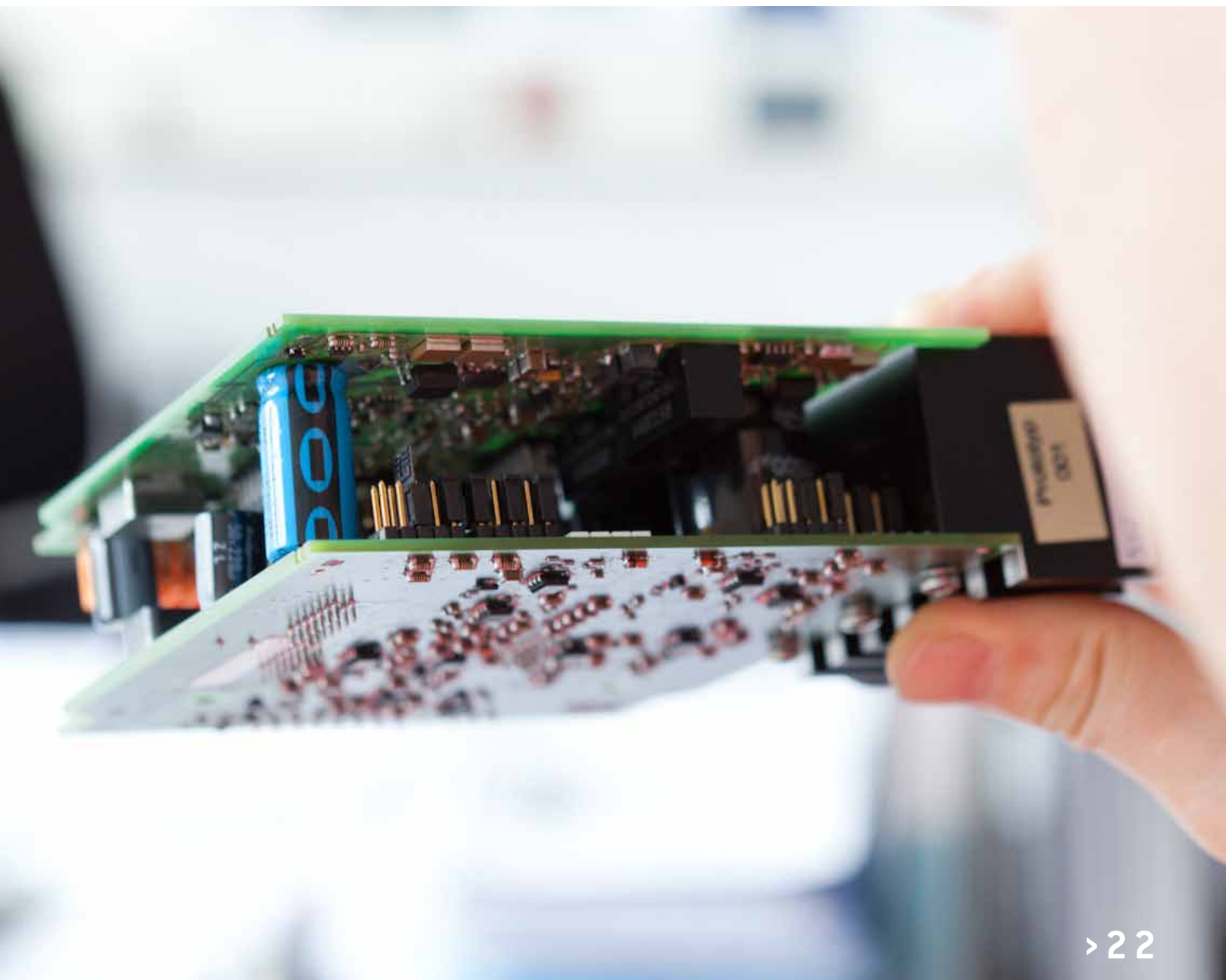
Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie ist die exakte Dosierung der Virenhemmer. Das erfordert eine präzise Bestimmung der aktuellen Virenlast. Ein Dilemma – denn

die ist bislang nur in Zentrallabors auf der Basis von aufwendigen Analyse-Verfahren möglich, bei dem virale DNA in einem komplexen Reaktionsablauf vervielfältigt wird. Von der Probennahme bis zur Information des Patienten vergehen drei bis vier Tage – viel zu lange für eine zielgenaue, zeitnahe Medikamentierung. Zudem haben gängige Blut- und Blutplasma Analysatoren, die so genannten Thermocycler, die Größe einer Tiefkühltruhe und müssen von geschultem Laborpersonal bedient werden.

## AUTOMATISIERTE IMMUNSTATUS-ANALYSE IN KÜRZESTER ZEIT

Ein namhafter Hersteller aus der Medizintechnik arbeitet daher an einem Point-of-Care-Testgerät, mit dem dieses komplexe PCR-Verfahren in kurzer Zeit und automatisch durchgeführt werden kann. „Die Entwicklung eines miniaturisierten und schnellen Testers, der zudem noch von Helpspersonal bedient werden kann, stellt sowohl aus biochemischer als auch aus elektronischer und steuerungstechnischer Sicht eine echte Herausforderung dar“, erklärt Francisco Matesanz, leitender Key-Account-Manager bei Brunel Communications. Das nach EN 9100 prozessgeführte Brunel Entwicklungszentrum für Embedded Systems verfügt über ein breites Anwendungs-Know-how in der Medizintechnik. Im Fall des neuen HIV-Point-of-Care-Testers unterstützte Brunel den Biomedizin-





&gt; 22

Hersteller bei der Entwicklung der Soft- und Hardware-Komponenten.

Jetzt stehen die ersten Versionen des Geräts zur Verfügung. Sein Herzstück ist eine einmal verwendbare Multiplex-Testkartusche – ein Biochemielabor im Westentaschenformat. Über eine Kapillare wird ein Blutstropfen in die Kartusche gegeben. In mehreren miteinander verbundenen Kammern steuern diverse Aktoren

wie Schrittmotoren, Lichtschranken, Ventile und Sonderbauteile die komplexen biochemischen Reaktionsschritte. Integrierte Sensoren messen Temperatur, Durchflussgeschwindigkeit und Druck. Diese Parameter müssen zum Teil sehr präzise veränderbar und dennoch unkompliziert in der Einstellung sein – eine Herausforderung für die Software-Pro-

**>22**  
Qualitätskontrolle der Elektronikbauteile: Um eine handliche Größe des Geräts zu gewährleisten, mussten die Hardware-Komponenten miniaturisiert und an die Kartuschengröße angepasst werden.



programmierung. Um die Kartusche gruppieren sich ein Touch-Display als Bedieneinheit, ein Prozessor-Board zur Durchführung der Analyseberechnungen sowie ein Controller-Board für die Steuerung der Sensoren und Aktoren.

### ZUVERLÄSSIGE MESSERGEBNISSE UND SICHERHEIT HABEN OBERSTE PRIORITÄT

„Zur Umsetzung eines Entwicklungsprojekts hat sich in der Praxis ein Zwei-Phasen-Modell bewährt“, erläutert Matesanz. In der ersten Phase wird ein Kernteam aus Ingenieuren und Spezialisten des Kunden und von Brunel gebildet, das die Anforderungen an das zu entwickelnde Gerät definiert und vorteilhafte Technologien auswählt. Ergebnis dieser Phase ist ein Lastenheft, das Vertragsgrundlage für das Angebot und die spätere Abnahme der Entwicklungsleistung ist. „Das Outsourcing der arbeitsintensiven Elektronikentwicklung hat für unsere Kunden deutliche Vorteile: Unsere Auftraggeber reduzieren ihre Entwicklungskosten, weil sie sich auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren können.“

Beim Design des Controllerboards und der Embedded Software für den HIV-Point-of-Care-Tester griffen die Brunel Spezialisten zunächst auf Erfahrungen aus anderen Bereichen wie Automobil-, Bahn-, Luft- und Raumfahrtindustrie zurück. „So konnten wir eine leistungsfähige Echtzeit-Software programmieren, die die Steuer- und Messelemente im Gerät gleichzeitig, exakt und verlässlich kontrolliert“, betont Brunel Software-Experte Thomas Scholz. Besonderes Augenmerk wurde bei der Entwicklung der technischen Software auf die Verifikation der Soft- und Hardwareentwicklungen gelegt: Diese orientierten sich an den Qualitätsstandards für Medizinprodukte bis einschließlich Stufe C, die höchste Sicherheitsklasse im medizinischen Bereich. Damit das Medizinproduktegesetz, die europäischen Richtlinien und eine Reihe weiterer Normen und Sicherheitsbestimmungen für Medizinprodukte und Laborgeräte erfüllt werden, begleiteten gründliche Risikoanalysen jeden Schritt der Elektronik-Entwicklung.

„Sicherheit und Zuverlässigkeit waren auch beim Entwurf des Controllerboards oberste Ziele“, ergänzt Ralf Wierse, bei Brunel Communications zuständig für die Hardware-Entwicklung. Die Komponenten mussten an die Größenverhältnisse der Kartusche angepasst, also miniaturisiert werden. „Auch dabei galt es“,

#### > 23

Brunel Spezialist der ersten Stunde: Seit 2003 gehört der Diplominformatiker Thomas Scholz zum Team von Brunel Communications. Heute unterstützt der 42-Jährige als Master Software-Designer Kundenprojekte unterschiedlicher Branchen.



> 23


**> 24**

Ralf Wierse (41) studierte Nachrichtentechnik an der Universität Hannover. Nach mehrjähriger internationaler Berufserfahrung kam der Diplom-Ingenieur 2003 zu Brunel Communications, wo er seit fünf Jahren die Abteilung Hardware Design stellvertretend leitet.

so Wierse, „die in der medizinischen Diagnostik von den Zulassungsstellen geforderten hohen Sicherheitsstandards umzusetzen.“

### **INNOVATIVES KONZEPT, AUF ANDERE VIRUS-INFESTIONEN ÜBERTRAGBAR**

Das Ergebnis ist ein Testgerät, das Fehler im Prozessablauf selbst erkennt und den Test gegebenenfalls abbricht. So schaltet etwa die Elektronik das Gerät automatisch ab, wenn die Gefahr einer Leckage besteht. Plausibilitätsprüfungen verhindern die Ausgabe fehlerhafter Immunstatus-Analysen. Der innovative HIV-Tester kommt ohne äußere Stromversorgung, Laborinfrastruktur und Fachpersonal aus. In etwa 60 Minuten kann das Gerät zu moderaten Kosten sichere Diagnosewerte liefern. Hardware-Experte Wierse ist zuversichtlich: „Mit weiteren biochemischen Optimierungen ist in Zukunft möglicherweise sogar eine Analyse-dauer von 30 Minuten erreichbar.“

Mit dem neuen Tester können HIV-Infizierte in Zukunft ihre Medikamentierung sofort auf ihren aktuellen Immunstatus abstimmen. Aber auch in strukturschwachen

Gebieten – etwa in Afrika – wird der Tester wertvolle Dienste leisten und kann etwa in lokalen Arztpraxen angewendet werden. Das Konzept ist zudem universell einsetzbar: Derzeit wird über Testgeräte nachgedacht, die autark, schnell, sicher und kostengünstig auch die patientennahe Diagnostik anderer verbreiteter Virusinfektionen ermöglichen.

---

### **ZULASSUNGSBEDINGUNGEN, DIE DER HIV-TESTER ERFÜLLT:**

- IVDD 98/79/EC
- EN 62304
- EN ISO 13485
- EN ISO 14971
- EN 62366
- EN 61326-2-6
- EN 61010-2-101



Wie in jeder Ausgabe unseres Magazins beantwortet auch diesmal ein Brunel Spezialist die Leserfrage. Matthias Rabsch, Diplom-Ingenieur für Luft- und Raumfahrttechnik, ist derzeit für Brunel im Projekteinsatz bei der Lufthansa und beantwortet mit Unterstützung seiner Kollegen die Frage:

## Wie funktioniert ein Flugschreiber?

TEXT > Matthias Rabsch



### PORTRÄT

**Matthias Rabsch hat von 2005 bis 2009 Luft- und Raumfahrttechnik mit Schwerpunkt Flugbetriebstechnik an der Fachhochschule Aachen studiert und sein Studium als Diplom-Ingenieur (FH) abgeschlossen. Zuvor absolvierte der 28-Jährige bei der Bundeswehr eine zivile Ausbildung als Fluggerätemechaniker Fachgebiet Triebwerkstechnik und machte anschließend sein Fachabitur. Heute arbeitet er für Brunel bei der Lufthansa in Hamburg.**

Nicht schwarz, sondern leuchtend orange-farben – so sieht eine Black Box in Wirklichkeit aus. Die grelle Lackierung erleichtert das Auffinden der Black Box nach einem Flugzeugunfall. „Black Box“, die gängige Bezeichnung für Flugschreiber, symbolisiert, dass die Geräte autark arbeiten, von außen nicht beeinflussbar sind. Wurden zu Anfang der Entwicklung Flugdaten von feinen Schreibern auf Papierrollen aufgezeichnet, arbeiten heute fast alle Modelle mit digitalen Speichern: je einer für den „Flight Date Report“ (FDR) und den „Cockpit Voice Recorder“ (CVR). Lediglich in kleineren Flugzeugen arbeiten zuweilen analoge FDR. In ihnen ritzen feine Nadeln die Daten in ein Metallband, das regelmäßig gewechselt werden muss. Vorgeschrieben sind Flugschreiber laut Paragraph 22 der Luftbetriebsordnung für turbinenbetriebene Flugzeuge mit mehr als zehn Sitzplätzen oder über 14 Tonnen maximalem Startgewicht.

Gemäß Gesetz müssen bei großen Fliegern 28, bei kleineren Flugzeugen 20 Parameter registriert werden. Moderne FDR zeichnen allerdings rund 100 Parameter auf, darunter Zeit, Flughöhe, Beschleunigung sowie Kurs und Position des Flugzeuges im Raum. Dazu

kommen Triebwerkschub, Stellungen der Klappen und Ruder sowie Daten zum Fahrwerk. Der Cockpit Voice Recorder nimmt mittels Mikrofonen nicht nur sämtliche Gespräche im Cockpit sowie der Piloten mit der Kabinen-Crew auf, sondern auf getrennten Tonspuren auch Flug- und Triebwerksgeräusche. Sie ergänzen die technischen Daten und erleichtern die Analyse der Ursache eines Unfalls oder gar Absturzes. Als Speichermedien kommen Magnetbänder oder computerfestplattenähnliche Halbleiterspeicher zum Einsatz. Sie halten Daten der jeweils jüngsten halben Stunde fest und überschreiben ältere automatisch.

### LETZTER ZEUGE IM NOTFALL

Flugschreiber werden stets an der stabilsten oder am wenigsten gefährdeten Stelle eines Flugzeuges platziert. Meist ist dies der so genannte Flügelmittelkasten in der Mitte des Rumpfes, also dort, wo die Flügel an den Rumpf angebaut werden. Alternativ positioniert man Flugschreiber im Heck, da dort im Falle eines Absturzes die geringste Zerstörung zu vermuten ist.





**>25**  
 Der Flugschreiber der türkischen Birgenair, die 1996 vor der Küste der Dominikanischen Republik abstürzte, liegt heute bei der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) in Braunschweig. Das Untersuchungsinstitut wertet Flugschreiber für Deutschland aus. Seit 1994 ist jeder EU-Mitgliedstaat verpflichtet, eine nationale Sicherheitsuntersuchungsstelle für Flugunfälle einzurichten. Die Erkenntnisse dienen der Vermeidung weiterer Unfälle.

Ähnlich wie Schläuche bei Hydraulikanlagen verbinden Leitungen im Flugschreiber Mikrofone und datenliefernde Geräte. Eine Black Box schützt die aufgezeichneten Daten wie ein Tresor: Temperaturen von 1.100 Grad Celsius muss sie mindestens 30 Minuten lang verkraften. 260 Grad Celsius, eine Temperatur, wie sie bei Schwelbränden auftritt, überstehen die Geräte mindestens zehn Stunden lang. Bis zum 3.400-Fachen der Erdbeschleunigung (g) – das entspricht einem Aufprall auf eine harte Fläche mit rund 600 Stundenkilometern – verkraftet die Konstruktion, ohne ernstlich Schaden zu nehmen. Zwischen einer Stahlaußenhaut und einer zweiten, kleineren Stahlbox steckt eine 2,5 Zentimeter dicke Schicht aus Aerogel. Dieses Material besteht zu 99,9 Prozent aus Poren, isoliert extrem gut und wird daher beispielsweise auch zur Wärmedämmung oder für Elektrodenmaterial verwendet. In der kleineren Stahlbox steckt ein Plastikgehäuse, schwimmend gelagert zur Dämpfung von Erschütterungen.

Salzwasserempfindliche Sensoren aktivieren im Falle eines Absturzes ins Meer ein Ultraschallsignal, das 30 Tage lang sendet und so Ortung und Bergung der Black Box ermög-

lichen soll. Der Ton mit einer Frequenz von 37,5 Kilohertz ist für menschliche Ohren nicht wahrnehmbar. Hochempfindliche Ortungsgeräte nutzen ihn hingegen wie einen Leitstrahl und tasten sich quasi der Stärke des Tones entgegen. Bis zu einer Tiefe von knapp 6.000 Metern soll ein Flugschreiber auf diese Weise zu orten sein. Weil es dennoch vorkommt, dass Flugschreiber verloren gehen, entwickeln einige Airlines telemetrische Black Boxes. Diese senden ständig die wichtigsten Daten per Funk an einen Satelliten. Überlegungen, diese Technologie zu nutzen, um Flugzeuge im Notfall fernzusteuern, haben sich nicht durchgesetzt. Piloten wehren sich gegen die Funkübertragung, weil sie sich damit am Arbeitsplatz überwacht fühlen. Passagiere könnten von dem Gedanken abgeschreckt werden, dass das Flugzeug von einer Bodenstation aus ferngesteuert wird. Prinzipiell möglich wäre das allerdings, wie ferngesteuerte militärische Drohnen beweisen.

---

Wenn auch Sie eine Frage zu einer Technik oder technologischen Entwicklung haben, dann senden Sie uns diese gern an [redaktion@der-spezialist.de](mailto:redaktion@der-spezialist.de).



# Auf den Geschmack gekommen

Ein Erfinder braucht einen guten Riecher für das, was die Wirtschaft benötigt. Der Jenaer Ingenieur Horst Ahlers nimmt das wörtlich. Mit künstlichen Nasen und Zungen will er aufwendige Laboranalysen zumindest teilweise ersetzen. Bei der Qualitätssicherung von Fleisch wird seine Erfindung in Kürze eingesetzt. Für einen Diabetes-Test hofft Ahlers nun auf einen Investor.

TEXT > Marco Heinen

Horst Ahlers sitzt auf seiner Terrasse in Jena, raucht eine gut duftende Zigarre und trinkt dazu eine wohl-schmeckende Tasse Tee. Der 72-jährige Ingenieur, der einst über Mikrowellentechnik und Wellenausbreitung diplomierte und zwei Dissertationen über elektronische Bauelemente schrieb, beginnt fast jeden Tag so entspannt. Sein Berufsleben hat er offiziell beendet. Doch das Tüfteln an Sensoren lässt ihn nicht los, seit er 1969 an die Technische Universität Karl-Marx-Stadt – heute Chemnitz – und Mitte der 1980er Jahre als Dozent nach Jena berufen wurde. Künstliche Nasen und Zungen haben es ihm angetan. „Ich wollte im Ruhestand all die Sachen machen, die während meines Berufslebens liegen geblieben sind“, beschreibt der Wissenschaftler seine beständige Motivation.

Zu DDR-Zeiten bestand Horst Ahlers' Aufgabe darin, den Entwurf und die Konstruktion für die Fachrichtung „Elektronische Bauelemente“ auszuarbeiten. Er schuf Fachgrundlagen und publizierte Bücher für seine Studenten. Später führte er seine Arbeit fort, suchte nach den „elektronischen Äquivalenten menschlicher Sinne“, wie er sie nennt. „Sinnesorgane als elektronische Bauelemente zu konstruieren, das alles lag als unbeackertes Feld vor mir“, so Ahlers. Abwasseranalysen, Qualitätssicherung von Fleisch, Terrorabwehr, Medizintechnik, Solartechnik – dies sind nur einige seiner Ideen für mögliche Anwendungsgebiete. „Mich haben stets die Dinge interessiert, deren Umsetzung zunächst aus-sichtslos erschien“, sagt er.

In der Sensorik schienen die Möglichkeiten begrenzt zu sein. Handelsübliche selektive Ionen-Sensoren können zwar einzelne Substanzen erkennen, doch zur Identifikation eines breiten Spektrums an Inhaltsstoffen bedurfte es bislang immer einer eingehenden Laborana-

lyse. Ahlers' Sensoren, die lediglich aus einem knopf-großen elektronischen Messkopf bestehen, können eine solche Untersuchung ersetzen, denn sie erkennen ganze Molekülmuster. Da Gerüche und Geschmäcker stets aus einer Summe unterschiedlicher Moleküle bestehen, nennt Ahlers seine Erfindungen, die er über seine kleine Firma Multisensoric GmbH ver-treibt, „Jenaer Elektronische Nase“ und „Jena-er Elektronische Zunge“.

## AHLERS' ENTDECKUNG MACHT NEUE DIABETES-THERAPIE MÖGLICH

„Ein einfacher Diabetes-Test, das ist das i-Tüpfelchen auf meinem Lebenswerk“, so der Pensionär. Der Test nach Ahlers erlaubt die Früherkennung, Therapieüberwachung und Insulin-Dosisoptimierung, „ohne einen Einstich in die Haut“, wie er sagt. Statt einer Blutprobe bedürfte es mit der künstlichen Zunge nur einer Hautberührung des linken Zeigefingers – in Analogie zu herkömmlichen Diabetes-Tests. „Die Feststellung, dass sich der menschliche Stoffwechsel auf der Haut abbildet und ein Muster bei den Elektroden-spannungen der elektrischen Zunge – etwa beim Konsum von Kaffee oder Zucker – liefert, das war die eigentliche Entdeckung“, so Ahlers. Anders ausgedrückt: Die Haut eines Diabetikers „schmeckt“ anders als die eines Ge-sunden. Bei Testreihen mit jeweils etwa 1000 gesunden und an Diabetes erkrankten Pro-banden in Brasilien und Deutschland konn-

### > 26

Um die komplexen Geschmacksnerven der menschlichen Zunge zu simulieren, verwendet Ahlers einen Verbund von Elektroden aus unterschiedlichen Materialien. Der knopf-große elektronische Messkopf kann so ganze Molekülmuster erkennen.





ten Aussagen mit 92-prozentiger Sicherheit getroffen werden. Bislang fehlen nun noch Investoren, die bereit sind, einen solchen Test als Serienprodukt am Markt einzuführen.

### VIELFACHE ANWENDUNGSGEBIETE IN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE

Doch die Erfindung des Norddeutschen eignet sich auch für Anwendungen in anderen Bereichen. Versuche in Zusammenarbeit mit der Fleischindustrie sind schon weit gediehen. Hier geht es darum, bei der Schlachtung unerwünschtes und für den Verkauf ungeeignetes Eberfleisch zu identifizieren. Von „Eberfleisch“ wird gesprochen, wenn in einigen Fällen Geruch und Geschmack männlicher Tiere hormonell bedingt stark beeinträchtigt sind. Um solche Fleischchargen zu separieren, misst die künstliche Zunge das elektrochemische Milieu als Muster auf dem Fleisch des Schlachtviehs. Ähnlich der Vielzahl der winzigen Papillen auf der menschlichen Zunge besteht der sensorische Messkopf aus

einem Elektrodenverbund dünner Drahtenden, die aus unterschiedlichen Materialien wie Wolfram, Zink oder Zinn bestehen. „Wie bei einem Akku mit zwei Elektroden, die über einen Elektrolyten miteinander in Kontakt stehen, in diesem Fall das Fleisch des Tieres, wird das elektrochemische Muster gemessen. Daraus ergibt sich ein typisches Bild, ein Fingerprint“, erläutert Ahlers. Die Daten werden in ein Computerprogramm eingespeist, bei dem die als „gut“ oder „schlecht“ klassifizierten Gerüche und Geschmäcker als Muster hinterlegt sind. Der Abgleich mit den für Eberfleisch spezifischen Datensätzen dauert bei der künstlichen Zunge schon heute nur wenige Sekunden, was aber für den Fleischverarbeitungsprozess noch zu langsam ist. Eine Herausforderung, an der Horst Ahlers derzeit arbeitet: „Ich bin überzeugt, dass Ende des Jahres eine praxistaugliche Variante zur Verfügung stehen wird“, sagt er.

Ein anderes Problem hat Ahlers bereits gelöst: Je nach zu messender Oberfläche kann es bei kurz aufeinanderfolgenden Reihenmes-

### PORTRÄT

Horst Ahlers wurde 1939 im pommerischen Plathe geboren und lebt heute mit seiner Frau in Jena. Neben seiner Tätigkeit als Hochschuldozent schrieb der Sensorik-Experte zahlreiche Fachbücher. Die Grundlagen zum Thema künstliche Nasen und Zungen publizierte er gemeinsam mit Renate Reisch und Lei Wang unter dem Titel „Elektronisch riechen, schmecken etc.“, erschienen 2010 im Beuth-Verlag und im Behr's Verlag.





&gt; 27

sungen zu einer Verunreinigung des Messkopfes kommen, so dass nach einigen Wiederholungen nur noch „alte Ergebnisse“ geliefert werden. Dieses Problem lässt sich umgehen, indem die künstliche Zunge nicht in direktem Kontakt mit der zu untersuchenden Oberfläche steht. Stattdessen wird die Probe mittels eines Fadens genommen und die Analyse separat durchgeführt. Einer zwischenzeitlichen Reinigung des Messkopfes steht so nichts im Wege. Für Ahlers ist hier etwa eine Anwendung einer Art Angel für den militärischen Einsatz denkbar: „Die Idee ist einfach: Über verminte oder durch andere Stoffe kontaminierte Gebiete wird ein bis zu vier Kilometer langer Faden ausgeworfen“, erklärt er. „Beim Bodenkontakt haften an dem mit Enzymen oder künstlichen Antikörpern beschichteten Faden Moleküle an, die Hinweise auf Sprengstoffe, Giftgase oder Radioaktivität geben.“

Dass diese Methode funktioniert, daran hat Ahlers keinen Zweifel und eine Kooperation, die seine Ideen zum wirtschaftlichen Erfolg führt, würde er nicht ablehnen. Im Gegenteil: Der 72-jährige Ingenieur ist voller Tatendrang und würde zumindest dem Diabetes-Test gern noch zum Durchbruch verhelfen. Aber aufgrund seines Alters plant er auch, demnächst ein wenig kürzerzutreten. „Ich kann nun nicht mehr alle Ideen selbst verfolgen. Doch was ich mir im Leben als Schwerpunkt gesetzt hatte, das habe ich immer durchgesetzt.“

&gt; 27

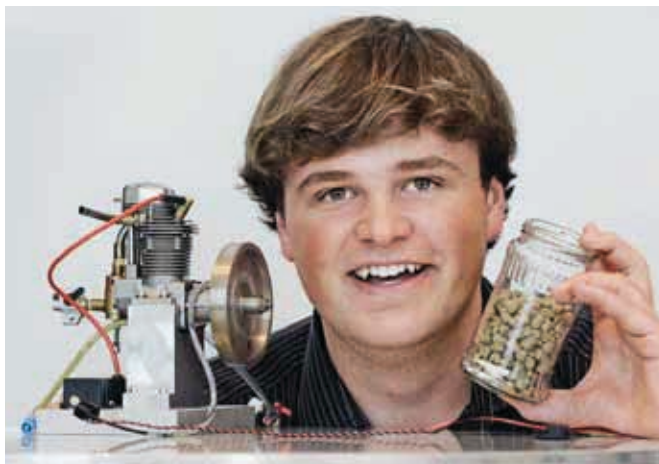
Künstliche Zunge mit Fingerspitzengefühl: Das von Horst Ahlers entwickelte Diabetes-Testgerät kommt ohne einen Einstich in die Fingerkuppe aus. Am Computer lassen sich schnell und einfach Diabetes-Parameter bestimmen.



# Jugendforscher blicken in die Zukunft: Energie aus der Mikrowelle

Mit ihrem zukunftsweisenden Projekt zur Gewinnung erneuerbarer Energie durch Mikrowellenstrahlung gewannen Christian Dangel und sein Team bei „Jugend forscht 2011“ den dritten Bundespreis in Chemie. Die jungen Forscher wurden zudem vom Verbraucherschutzministerium mit dem „Bundespreis für Nachwachsende Rohstoffe“ sowie mit dem „Preis für Umwelttechnik“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ausgezeichnet. Der 20-jährige Christian Dangel machte 2011 sein Abitur am Kreisgymnasium Riedlingen (Ober-schwaben) und studiert seit dem Wintersemester an der TU München Physik.

AUTOR > Christian Dangel



In der neunten Klasse erklärte uns unser Chemie-lehrer, der die Jugend-forscht-AG gegründet hatte und seit zehn Jahren leitet, im Unterricht das Funktionsprinzip und die Anwendungsmöglichkeiten einer Mikrowelle. Neugierig geworden, kam einem Klassenkameraden und mir die zündende Idee, ein Streichholz in der Mikrowelle zu entzünden. Wir waren sofort Feuer und Flamme, denn bei der Zersetzung des Holzes entstand, wie weitere Experimente bestätigten, ohne Sauerstoffzufuhr ein Gasgemisch, das wir als Treibstoff weiterverwenden konnten. Die zunehmende Bedeutung alternativer Energiequellen motivierte uns, weiter an der Optimierung der Reaktionsmischung zu tüfteln. Nach dem Umstieg vom herkömmlichen Mikrowellenherd

auf leistungsstärkere Labormikrowellen konnten wir schließlich ein umweltverträgliches Verfahren für eine einfache und wirtschaftlich effiziente Gasherstellung entwickeln. Das Synthesegas kann in der chemischen Industrie verwendet werden und eignet sich als Treibstoff für Verbrennungsmotoren.

Vorkommen erneuerbarer Energieträger sind weiter verbreitet, als uns bewusst ist. Diese Ressourcen müssen wir erkennen und für uns nutzen. So wurde ich auf das Papierwerk in der Nähe meines Heimatdorfes aufmerksam. Das dort bei der Papierherstellung tonnenweise anfallende Lignin (ein für die Stabilität von pflanzlichen Zellen wichtiger organischer Stoff) eignet sich optimal als Basis für die Mikrowellen-Gasproduktion.

Unser Projekt zeigt: Die Zukunft gehört der Energiegewinnung aus Abfällen und nachwachsenden Rohstoffen. Anstatt auf eine Energiequelle müssen wir jedoch auf einen ausgewogenen Energiemix setzen. Ein weiterer Schritt wäre dann, Energie kabellos übertragbar und öffentlich zugänglich zu machen. Als alter Mann sitze ich dann vielleicht auf einer Parkbank, umgeben von einer „Energy-Bubble“, die meine elektronischen Geräte problemlos energetisch versorgt.

# Impressum

AUSGABE 18 || Oktober 2011

## REDAKTIONSANSCHRIFT

---

Brunel GmbH | Redaktion Der Spezialist  
Airport City | Hermann-Köhl-Str. 1 | 28199 Bremen  
redaktion@der-spezialist.de  
t. +49 421 169 41-14

## HERAUSGEBER

---

Brunel GmbH

## VERANTWORTLICHER REDAKTEUR (V. I. S. D. P.)

---

Drs. Johan Arie van Barneveld, RA, CEO, Brunel International N.V., Brunel GmbH

## REDAKTION

---

DIALOG Public Relations, Bremen

## GESTALTUNG

---

GfG / Gruppe für Gestaltung GmbH, Bremen

## FOTOGRAFIE (COPYRIGHTS)

---

Sofern nicht abweichend, alle Angaben als Bildnummern:

GfG / Gruppe für Gestaltung (Titel, 01, 02, S. 05, S. 06, S. 08, 05–06, S. 09, S. 22, S. 24–29, S. 35, 17, S. 44, 22–23, S. 55), Axel Hess (S. 2, S. 03), Prof. Helmut Rechberger (03, S. 38), Picture-Alliance (S. 05, 20, 25), NASA (S. 05, 13–15), RWTH Aachen University (04), Dipl.-Des. Hagen Täuscher, Newon Industrial Design (S. 10–11), Dr. Andreas Pott (S. 12), Prof. Dr.-Ing. Satoshi Tadokoro (07, 10), Fraunhofer (IPA) (08), Prof. Dr. Oskar von Stryk (S. 15), BioRob, A. Karguth TETRA GmbH (09), Karolina Kosmala (S. 17), Aalto University School of Science (S. 17), EADS UK Ltd. (S. 18), Dov Moran (S. 18), Prof. Dr. Dr. Wolfgang Wahlster (S. 20), SmartFactory<sup>KL</sup> (11), Siemens AG (12), Orbital Technologies, Ltd. (16), Andreas Bunde (S. 37), Prof. Dr. Jens Gutzmer (18), Prof. Dr. Stefan A. Gäth (S. 40), Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik (IFAD) (19), Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann (S. 41), Erik Herzog (S. 42), Getty/ThinkStock (21, 26), Brunel Communications, Hildesheim (24), Matthias Rabsch (S. 48), Wolfgang Kratzenberg (S. 52, 27), Pressestelle Jugend forscht (S. 54)

## DRUCK

---

Druckerei Girzig + Gottschalk GmbH, Bremen

## ERSCHEINUNGSWEISE

---

2 Ausgaben/Jahr, Auflage 25.000 Stück



„Klug fragen  
können ist die  
halbe Weisheit.“

Francis Bacon, englischer Philosoph und  
Staatsmann, 1561–1626

Beschäftigt auch Sie eine Frage aus den Bereichen Technik und Naturwissenschaften, zu der Sie gern eine Spezialistenmeinung lesen möchten? Dann schreiben Sie uns! Wir finden den passenden Brunel Spezialisten, der Ihrer Frage auf den Grund geht. Ihre Wissbegier wird zudem noch belohnt: Unter allen Einsendern verlosen wir vier Karten für ein Science Center Ihrer Wahl.

redaktion@der-spezialist.de



**INFOPOST**  
Ein Service der Deutschen Post

ALLEMAGNE Port payé

Brunel GmbH | Airport City | Hermann-Köhl-Str. 1 | 28199 Bremen

**Brunel GmbH**  
Airport City  
Hermann-Köhl-Str. 1  
28199 Bremen

t. +49 421 169 41-14  
brunel.de  
redaktion@der-spezialist.de