

# Der Spezialist

DAS MAGAZIN FÜR TECHNIK UND MANAGEMENT

**Stadler:** Einbauplanung für Schweizer Züge auf britischen Schienen

**Wissenschaft:** Per Videoklick zum medialen Superstar

**Bayer AG:** Laborqualifizierung für Medikamente der Zukunft

„ Innerhalb von **20** Jahren sollen Miniatursonden der Initiative Breakthrough Starshot das 4,3 Lichtjahre entfernte Sternensystem Alpha Centauri erreichen. Derzeit würde der Flug 30.000 Jahre dauern. “

„ In nur **12** Stunden können **2,8** l Wasser aus trockener Wüstenluft gewonnen werden – mit einem Gerät auf Basis metallorganischer Gerüstverbindungen, das ohne externe Energiequelle allein vom Sonnenlicht angetrieben wird. “

„ Um im Automobilsektor die Gewichtszunahme durch Elektroantrieb und effizientere Motoren zu kompensieren, muss der Anteil an Leichtbauteilen im Fahrzeug bis 2030 von heute **30** auf **70** % steigen. “

# Liebe Leserinnen und Leser,

veränderte Rahmenbedingungen in der Beziehung zwischen Kunde und Dienstleister werfen automatisch neue Fragestellungen auf. So geschehen im Zuge der Gesetzesnovelle zur Regulierung der Arbeitnehmerüberlassung. Uns ist es stets ein Anliegen, diese Fragen mit praxistauglichen Lösungen schnell und unkompliziert zu beantworten. Brunel Project Management Offices (PMOs) bilden hierfür ein hervorragendes Beispiel. Denn wo branchenübergreifend komplexe und hochtechnologische Prozesse auf gestiegene Anforderungen treffen, eröffnen flexible Modelle der Projektabwicklung neue Möglichkeiten. Auf welche Weise diese temporären, projektspezifischen Büros kurze Wege und individuell zusammengestellte Teams wertschöpfend bei unseren Kunden vor Ort zur Geltung bringen, erläutern zwei der erfahrensten Brunel Mitarbeiter ab S. 42.

Doch auch in einem anderen Bereich haben wir aus dem Wandel Stärke gezogen: Es freut uns daher sehr, dass wir einen neuen Haustarifvertrag mit unserem langjährigen Partner ver.di abschließen konnten. Denn diese Übereinkunft mit Gültigkeit zum 1. Januar 2018 schafft optimale Grundvoraussetzungen, um auch zukünftig gemeinsam mit unseren Kunden erfolgreich und rechtskonform am Markt agieren zu können – für langfristige Planungssicherheit und eine noch höhere Attraktivität der projektbezogenen Beschäftigung. Wir sind deshalb sicher, mit ver.di die beste tarifliche Satzung für die Arbeitnehmerüberlassung erarbeitet zu haben, und werden somit auch weiterhin in der ganzen Bandbreite des modernen Engineerings unterstützen.

Stellvertretend für diese Vielfalt stehen auch die Projekt-einblicke der vorliegenden Ausgabe: Ob unser Spezialist in der Konstruktion von Gebäckformmaschinen bei Haas Food (S. 48), das Brunel Duo in der Qualifizierung eines Wirkstofflabors der Bayer AG (S. 32) oder die Einbauplanerin für einen Schienenfahrzeug-Großauftrag der Firma Stadler (S. 12) – sie alle sind in unterschiedlichen Disziplinen zu Hause. Doch eint sie die Leidenschaft für ihre Arbeit und das spezifische Know-how im Sinne erstklassiger Projektlösungen.

Ich wünsche Ihnen somit vielfältige Eindrücke bei der Lektüre und bin mit Ihnen gemeinsam gespannt, welche Veränderungen uns bis zur nächsten Ausgabe erwarten!

**Markus Eckhardt**  
Geschäftsführer



# Köpfe dieser Ausgabe



Seit Sommer 2016 bekleidet **Peter Knapp** (53) die neu geschaffene Position des Chief Digital Officers bei Samson. Damit ist er für den Armaturen- und Regeltechnikspezialisten die Idealbesetzung. Denn zuvor führte Knapp 14 Jahre lang die Geschäfte von Interxion, Betreiber des weltweit größten Datenaustauschknotens in Frankfurt am Main. Dort ist auch er selbst bestens vernetzt: So ist Knapp einer der Väter des Frankfurter Symposiums für Digitale Infrastruktur und Mitbegründer des Vereins Digital Hub. Seine Einschätzung zu den Chancen und Risiken der Industrie 4.0 finden Sie im Interview ab Seite 16.



Das Thema Mobilität beschäftigte **Angelika Natke** (26) bereits vor ihrem Karrierebeginn: Ihre Master-Thesis zum Energieeffizienzvergleich zwischen elektrischen und konventionellen Fahrzeugen schrieb sie an der Hochschule Esslingen und erhielt dafür die Abschlussnote 1,6. Zudem war es ihr immer wichtig, in einem international agierenden Unternehmen zu arbeiten. Beides hat die Süddeutsche mit ihrer Projektstätigkeit beim Schweizer Zughersteller Stadler erreicht. Hier plant die Brunel Expertin Hand in Hand mit Engineering und Produktion den Einbau aller elektrischen Apparate und Erdungen für einen Großauftrag – mehr dazu ab Seite 12.



Wenige Berufseinsteiger finden sich gleich in einer ähnlich verantwortungsvollen Position wieder wie **Antonino Fricano** (27). Er studierte Bioverfahrenstechnik und ist seit Frühjahr 2017 über Brunel am Bayer-Standort Wuppertal beschäftigt. Hier zählt der gebürtige Solinger zum Qualifizierungsteam für die Inbetriebnahme eines neuen Labors zur Entwicklung hochaktiver Wirkstoffe. Warum der Brunel Spezialist in diesem Arbeitsfeld seine berufliche Zukunft sieht und wie er vom Fachwissen eines erfahrenen Brunel Kollegen profitiert, erfahren Sie ab Seite 32.

# Schauplätze dieser Ausgabe



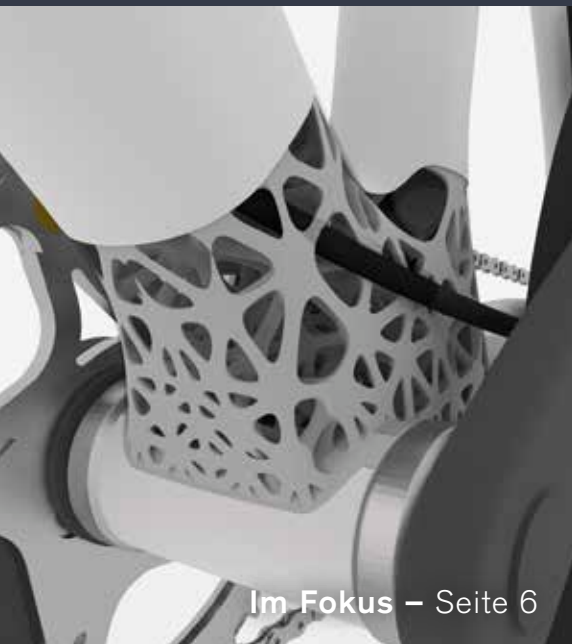
Modularer Aufbau, nahezu unbegrenztes Potenzial: Chemiker von Karlsruhe bis Kalifornien erforschen Anwendungsoptionen der Metal Organic Frameworks – von der Wassergewinnung bis zur Photovoltaik. **Seite 22.**

# Inhalt

<b>Im Fokus</b> .....	6
Natürlich leicht: Bionik meets Leichtbau	
<b>Spektrum</b> .....	12
Zwischen Elektro-Engineering, Einbauplanung und der Produktion	
<b>Im Dialog</b> .....	16
Digitalisierung: Grenzenloses Potenzial mit Risikofaktoren	
<b>Profil</b> .....	20
Europaweit im Einsatz für die Qualität	
<b>Forschung</b> .....	22
Metal Organic Frameworks: Die chemischen Alleskönner	
<b>Querdenken</b> .....	28
Mit Videos die Welt verbessern	
<b>Spektrum</b> .....	32
Im Dienste der Medizin	
<b>Wissen</b> .....	36
Den Sternen entgegen	
<b>History</b> .....	38
Die drei Revolutionen der Polaroid-Kamera	
<b>Kompetenz</b> .....	42
Nähe macht den Unterschied	
<b>Techniktrends</b> .....	46
Der größte Schiffstunnel der Welt   Ruhezeiten durch Gegenvibration   Leistungsschub für Windkraftanlagen	
<b>24 Stunden</b> .....	48
Konstruktionskompetenz mit Biss	
<b>Kompakt</b> .....	52
Eine Idee, worum es hier geht?   Wer hat's erfunden? Die Lebensmittelkonservierung	
<b>Ausblick   Impressum</b> .....	54
Der Natur auf der Spur   Tour de Technik	



Kompetenz – Seite 42



Im Fokus – Seite 6



24 Stunden – Seite 48

# Natürlich leicht: Bionik meets Leichtbau

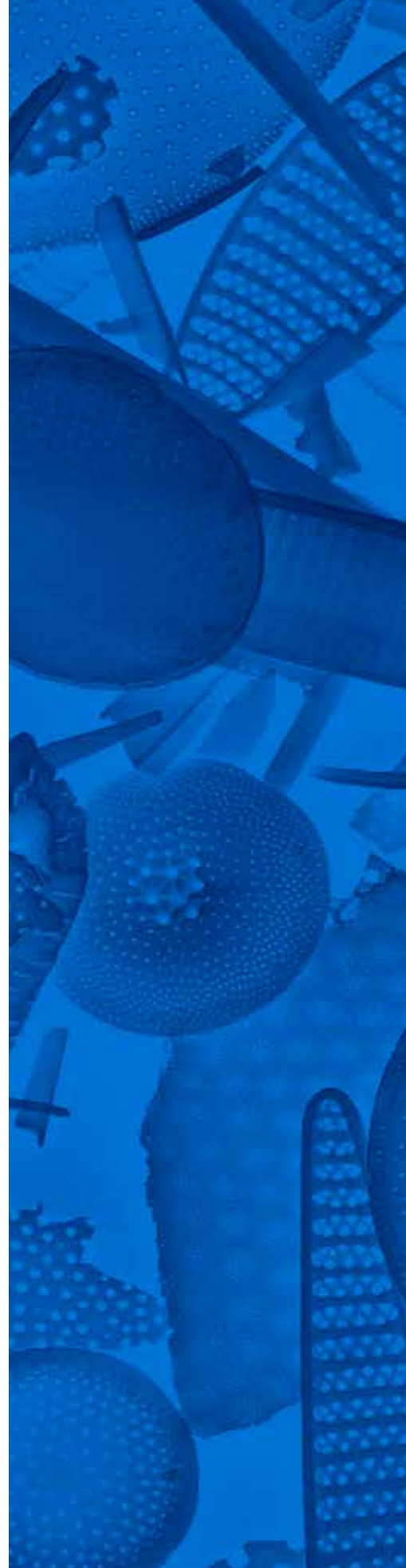
Der weltgrößte Werkstoffhersteller ist die Natur. Sie optimiert ihre Materialien nicht nur für die unterschiedlichsten Zwecke, sondern folgt dabei auch innovativen Pfaden. Gute Gründe, ihr auf die Finger zu schauen: Beim Auto- und Fahrradbau haben Forscher Konzepte der Bionik aufgegriffen – für minimales Gewicht sowie maximale Stabilität und Nachhaltigkeit.

**Text** › Dr. Ralf Schrank

**A**uf den ersten Blick scheint es ein nahezu unauflösbarer Widerspruch zu sein, dem die meist nur wenige Mikrometer großen und im Wasser lebenden Kieselalgen, im Fachterminus Diatomeen genannt, gegenüberstehen: Um sich vor Fressfeinden zu schützen, sind sie auf eine robuste Schale angewiesen. Allerdings muss diese so leicht sein, dass die Kleinstlebewesen nahe der Wasseroberfläche schweben können, um eine effiziente Photosynthese zu betreiben. Die Algen fanden die passende Antwort auf diese Zwickmühle: einen ultraleichten Panzer mit rillenförmigen sogenannten Sandwich-Elementen sowie Waben und Verästelungen als Versteifungsstrukturen. „Im Laufe der Evolution haben die Diatomeen Schalen aus Siliziumdioxid entwickelt, deren Festigkeit und Leichtigkeit sie zu einem idealen Vorbild für den Strukturleichtbau machen“, erläutert Paul Bomke, Mitglied eines Teams von Biologen und Ingenieuren am Alfred-Wegener-Institut (AWI) in Bremerhaven. Ihre Versuche lieferten erstaunliche Werte: Einige Arten widerstehen einem Druck von 700 Tonnen pro m<sup>2</sup>, bevor der Panzer bricht. Modellrechnungen ergaben sogar, dass der

Druck an bestimmten Punkten der Schale noch hundertmal höher sein könnte. Ebenso bemerkenswert ist die Elastizität: Wenn der Druck kurz vor dem Bruch der Schale wieder abgebaut wird, nimmt sie wieder die alte Form an.

Vor etwa 15 Jahren entstand am AWI die Idee, den Leichtbaucharakter der Diatomeen technisch nutzbar zu machen. Inzwischen hat das Institut den Aufbau einiger der 120.000 Kieselalgenarten untersucht und daraufhin den Leichtbauprozess ELiSE (Evolutionary Light Structure Engineering) entwickelt. ELiSE konstruiert Leichtbaustrukturen nach natürlichen Leitbildern und setzt sie in Produkte um. Nach Analyse der Randbedingungen für das zu optimierende Werkstück werden passende Strukturen für Teilbereiche ausgewählt und individuell optimiert. Mit herkömmlichen CAD-Methoden wäre die Konstruktion der bionischen Strukturen mit enormem Zeitaufwand verbunden, weshalb ELiSE bald als Konstruktions- und Optimierungs-Software angeboten werden soll. Aber auch die herkömmlichen Fertigungstechniken versagen bei den komplexeren Leichtbaustrukturen. Deshalb nutzen





## 20 Mikrometer

Diatomeen können rund, dreieckig und teils auch stab- oder schiffchenartig geformt sein. Die kleinsten Einzeller sind lediglich 1 Mikrometer (0,001 mm) groß, während einige marine Formen auch bis zu 2 mm erreichen. Kieselalgen kommen vor allem im Meer und in Binnengewässern vor. Ihre Schale besteht überwiegend aus amorpher, polymerisierter Kieselsäure, wovon sich ihre deutsche Bezeichnung ableitet.



## Porträt Paul Bomke

Paul Bomke (31) machte seinen Bionik-Master an der Hochschule Bremen. Seit 2012 ist er am Alfred-Wegener-Institut im Bereich Knowledge and Technology Transfer für Bionik und Leichtbau tätig. An der niederländischen Universität Groningen forscht er zudem als Doktorand über adaptive Tragflächen.



Mittels optimierter Querschnitte und Gitterstrukturen auf Basis von eigens entwickelten Algorithmen wurden die Hohlstrukturen im Bionic Bike punktuell an besonders belasteten Regionen des Rads angepasst. Schließlich folgte die Herstellung des Rahmens aus Aluminiumpulver im Laserstrahl-Schmelzverfahren.

die AWI-Bioniker die additive Fertigung mittels 3D-Druck. Hier entstehen dreidimensionale Werkstücke computergesteuert mithilfe von Schmelz- und Härtingsprozessen schichtweise aus Kunststoffen, Keramiken oder Metallen. „Erst diese Verfahren machen die bionische Strukturoptimierung in vollem Umfang technisch verfügbar“, weiß Paul Bomke. „Zusätzlich verleihen sie uns ganz neue Freiheiten in der Gestaltung von Leichtbauteilen.“

Eindrucksvolles Beispiel ist eine additiv gefertigte A-Säulenversteifung, die das ELiSE-Team in Kooperation mit Volkswagen entwickelt hat. Das Gewicht des

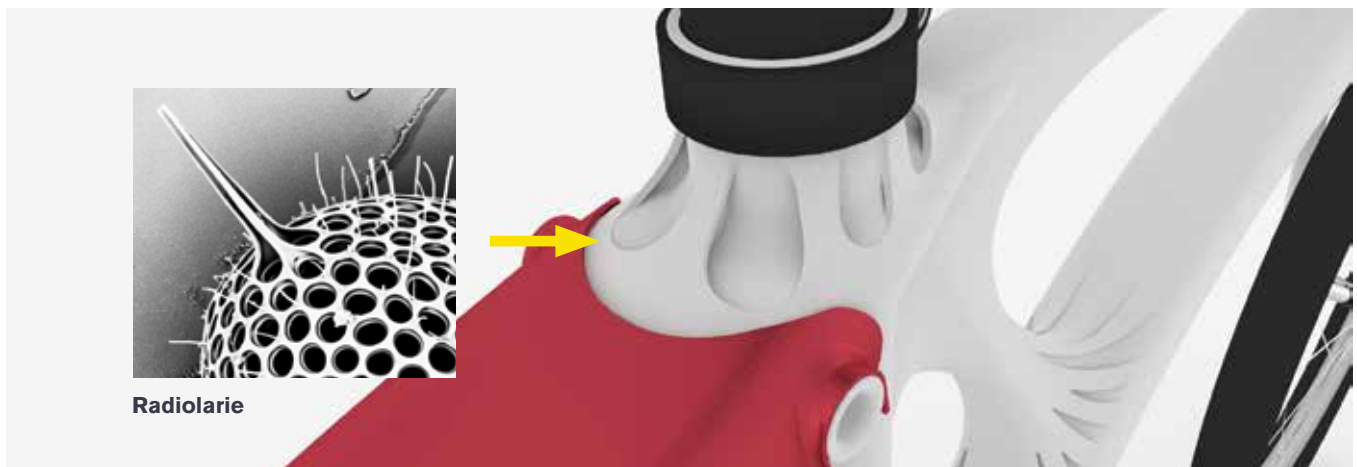
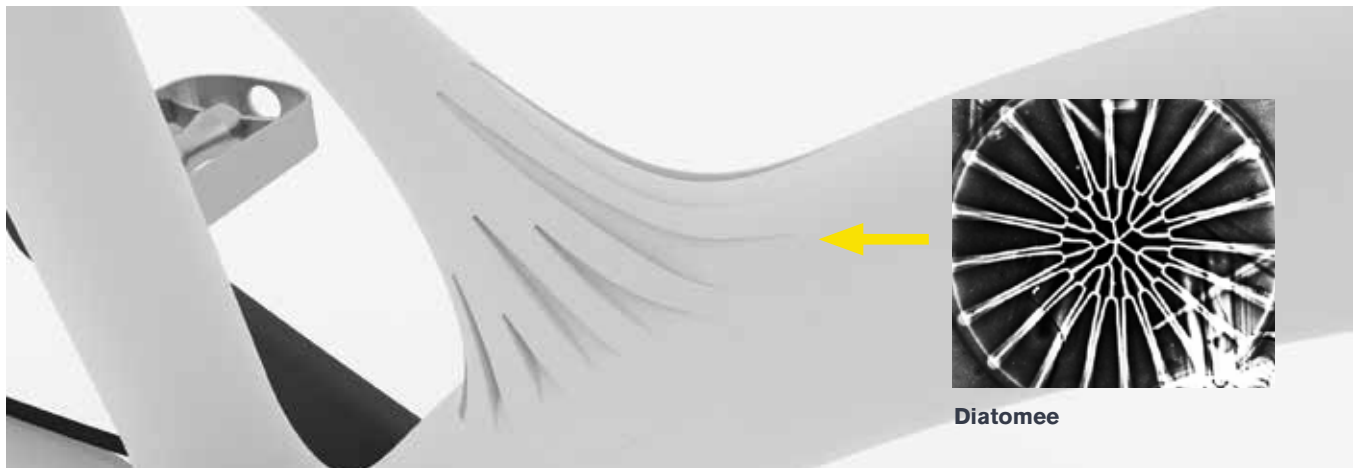
Verstärkungsteils, welches das Einklicken der A-Säule zwischen Autodach und vorderer Fahrgastzelle bei einem unfallbedingten Überschlag verhindert, konnte um 74 % reduziert werden. Was im bionischen Leichtbau möglich ist, zeigt auch das Bionic Bike. Die Querschnitte des Aluminiumrahmens wurden bei diesem Faltrad in einem evolutionären Prozess Stück für Stück auf ein jeweils maximales Verhältnis von Belastbarkeit zu Gewicht optimiert. Das führt zu weitgehend variablen Wandstärken und Durchmessern. An hoch belasteten Stellen, etwa an der Sattelstütze sowie im Bereich des Tretlagers, ist der Rahmen zusätzlich

mit Diatomeenstrukturen versteift. Ergebnis sind ein ästhetisch geschwungenes Design und eine Gewichtsreduzierung auf 2,5 kg – 60 % weniger als für einen konventionellen Faltradrahmen.

An eine Vermarktung wird allerdings nicht gedacht, weil ein solches Rad weit über 10.000 € kosten würde. Hier liegt auch die Krux des Bionik-Leichtbaus: die hohen Kosten des 3D-Drucks bei Serienfertigung. Bioniker Paul Bomke sieht eine weitere Hürde: „Bei der Herangehensweise an die Bauteilkonstruktion brauchen wir ein Umdenken weg von herkömmlichen Methoden und hin zu additiven Verfahren, die natürliche



## Biologische Vorbilder für das Bionic Bike



Wachstumsprozesse durch schichtweises Auftragen technisch nachbilden – und da stehen wir noch ganz am Anfang.“

### Biokunststoffe auf dem Vormarsch

Doch eine Entwicklung ist spür- und messbar. Allein in der Transportbranche soll das Marktvolumen für Leichtbau von 2016 bis 2020 weltweit von 80 auf über 140 Mrd. € steigen. Auch Schiffs- und Flugzeugbau, Sportindustrie, Maschinen- und Gerätebau sowie die Medizintechnik profitieren von

neuen Verfahren, etwa durch hochbelastbare Rotorblätter oder Implantate. Starke Impulse für den Leichtbau erwarten Experten dabei gerade von der beschriebenen Bionik, die zu den dynamischsten Wachstumsmärkten überhaupt zählt. Das Marktvolumen könnte von heute 10 bis 20 Mrd. US-\$ bis 2025 auf 1 Billion US-\$ ansteigen. Und das ist auch nötig: Denn etwa im Automobilssektor muss der Anteil an Leichtbauteilen im Fahrzeug bis 2030 von heute 30 auf 70 % steigen, nur um die Zunahme des Gewichts durch Elektroantrieb und effizientere Motoren zu kompensieren. Hierbei werden auch

Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen eine bedeutende Rolle spielen. Im Jahr 2015 betrug ihr Anteil an den weltweit 322 Mio. t produzierter Kunststoffe zwar noch weniger als 1 %. Doch bis 2020 wird die Biokunststoffproduktion sich nahezu verfünffachen. Ein Vorreiter dieses Trends ist das Reutlinger Rennsportteam Four Motors mit ihrem Bioconcept-Car. Sie entlehnen der Natur keine innovativen Konzepte und bilden diese technisch nach wie etwa beim AWI, sondern verwenden biobasierte Werkstoffe direkt im Produkt. In Zusammenarbeit mit dem IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe der Hochschule



Hannover – sowie dem Anwendungszentrum für Holzfas erforschung HOFZET des Fraunhofer WKI wurde für das Bioconcept-Car zunächst ein Scirocco 2.0I TDI mit verschiedensten Bauteilen aus biobasierten Werkstoffen ausgerüstet. Mittlerweile ist es ein Porsche Cayman GT4 Clubsport. Dabei werden nicht nur das Fahrzeuggewicht und damit der Kraftstoffverbrauch deutlich gesenkt. Zusätzlich verbessern Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Boliden.

„Als ich den grünen Rennwagen von Four Motors vor sieben Jahren zum ersten Mal sah“, erinnert sich Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef

Endres, Leiter des IfBB und HOFZET, „sagte ich spontan: Da geht noch mehr!“ Bis dahin hatte sich Four Motors insbesondere auf den Einsatz alternativer Kraftstoffe konzentriert. Anfänglich wurden großflächige Karosserieteile wie Heckklappe, Motorhaube und Türen aus Duromeren gefertigt. Diese formstabilen Kunststoffe wurden mit Pflanzenfasern aus Flachs, Hanf oder Viskose anstelle von Carbon- und Glasfasern verstärkt. Inzwischen sind auch komplexer geformte Bauteile wie Tankdeckel, Gehäuse für Spiegel und Lampen sowie Bauteile aus dem Motorraum biobasiert. Die Kraftstoffleitungen bestehen beispielsweise aus thermoplastischen Bio-

elastomeren. Vor und nach dem Einsatz im Rennwagen prüft das IfBB im Labor, wie die Biomaterialien auf die hohen Belastungen im Motorsport reagieren, um sie gegebenenfalls weiter zu optimieren.

## Nächste Etappe: Serientauglichkeit

Viele Bauteile haben inzwischen mehrere Langstreckenmeisterschaften auf dem Nürburgring, mit dem 24-Stunden-Rennen als Höhepunkt, ohne Funktionseinbuße überstanden. Von Saison zu Saison konnte



- 1 Diffusor**  
Jetzt: Biobasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Leinengewebe  
Vorher: Erdölbasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Kohlenstofffaser
- 2 Heckklappe**  
Jetzt: Biobasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Leinengewebe  
Vorher: Stahlblech
- 3 Dachspoiler**  
Jetzt: Biobasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Leinengewebe  
Vorher: Erdölbasierter Kunststoff
- 4 Tür**  
Jetzt: Erdölbasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Leinengewebe  
Vorher: Stahlblech
- 5 Motorhaube**  
Jetzt: Erdölbasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Leinengewebe  
Vorher: Stahlblech
- 6 Geschlossener Unterboden**  
Jetzt: Biobasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Leinengewebe  
Vorher: Erdölbasierter Kunststoff (Epoxid-Harz) mit Kohlenstofffaser
- 7 Tankklappe**  
Jetzt: Biobasierter Kunststoff (Polyamid) mit Talkum gefüllt  
Vorher: Erdölbasierter Kunststoff



**Porträt**  
**Hans-Josef Endres**

Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres (51) promovierte an der Ruhr-Universität Bochum in Maschinenbau. Seit 1999 ist er Professor an der Hochschule Hannover, Fakultät Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik. 2011 gründete er das Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe, das er seitdem leitet. Seit 2012 ist er darüber hinaus Leiter des Anwendungszentrums für Holzfasernforschung HOFZET des Fraunhofer WKL.

der Bioanteil der Baukomponenten sukzessive erhöht werden, ohne die Werkstoff- und Verarbeitungseigenschaften negativ zu beeinflussen. Attraktiv für die Übertragung dieser Erfahrungen auf den industriellen Fahrzeugbau ist, dass das IfBB alle Bauteile aus nachwachsenden Rohstoffen mit den gleichen Anlagen und Werkzeugen produziert, mit denen auch die petrochemischen Originale entstehen. Ein Katalog dokumentiert deshalb Bauteile, Produktionsprozesse und Zusammensetzung der verwendeten Materialien und soll der Automobilbranche somit zukünftig helfen, den passenden Biokunststoff oder Bioverbund

schnell, sicher und kostengünstig an der richtigen Stelle einzusetzen. Hans-Josef Endres ist zuversichtlich: „Mit dem Bioconcept-Car ist es uns gelungen, die Fahrzeugindustrie von der Leistungsfähigkeit der Biowerkstoffe zu überzeugen. Jetzt können wir in enger Kooperation mit industriellen Partnern die Aufgabe angehen, diese nachhaltigen Materialkonzepte serientauglich zu machen.“ Noch behindern die geringen Erfahrungswerte sowie teilweise etwas höheren Preise infolge geringer Produktionsmengen den Serieneinsatz. Zudem verlangen die Autohersteller langjährige Liefergarantien und Haftungsübernahmen bei möglichst

mehreren Lieferanten. Eine dazu befähigte Zulieferindustrie muss sich erst formieren. Der kurzfristige Durchbruch für Bioleichtbauwerkstoffe als Massenprodukt wird von Materialspezialisten deshalb eher auf anderen Einsatzgebieten prognostiziert, zum Beispiel in der Verpackungsindustrie. Für Endres steht dennoch fest: „Biowerkstoffe sind als nachhaltige Leichtbauwerkstoffe für eine zukunftsweisende Mobilität unverzichtbar – auf der Straße, auf der Schiene, in der Luft und zu Wasser.“ Allerdings müsse die Politik zusätzliche Anreize schaffen, um ihre Markteinführung zu beschleunigen.



## Porträt

### Angelika Natke

Angelika Natke (26) studierte Wirtschaftsingenieurwesen und arbeitete anschließend als Elektrokonstrukteurin und Schemazeichnerin. Seit Mai 2017 ist sie für Brunel bei Stadler in Bussnang im Einsatz.

# Zwischen Elektro-Engineering, Einbauplanung und der Produktion

Ein Jahr nach ihrem Masterabschluss im Bereich Energiesysteme und Energiemanagement arbeitet die Brunel Mitarbeiterin Angelika Natke in einer Schnittstellenposition zwischen Engineering und Produktion: Beim Zughersteller Stadler plant sie für einen Großauftrag den Einbau aller elektrischen Apparate und Erdungen.

**Text** › Jörg Riedel

„**W**as mein aktuelles Projekt ausmacht? Das Zusammenspiel aus klaren Absprachen, hohen Leistungsanforderungen und der geforderten Kreativität bei der Entwicklung technischer Lösungen.“ Angelika Natke hatte schon während ihres Studiums konkrete Vorstellungen von der Arbeit einer Ingenieurin. „Meine Aufgabe bei Stadler erfüllt diese voll und ganz“, sagt die 26-Jährige, die seit Mai 2017 in der Einbauplanung Bindeglied zwischen nahezu allen an der Fertigung des FLIRT (Flinker Leichter Intercity- und Regional-Triebzug) beteiligten Abteilungen ist.

58 dieser einstöckigen Züge, davon 20 Intercity-Elektrotriebzüge und 38 bimodale Regionaltriebzüge, entwickelt Stadler seit Oktober 2016 für ein britisches Eisenbahnunternehmen. Das Projekt umfasst die Produktion von vier Fahrzeugtypen mit insgesamt 378 Wagen und hat mit einem Volumen von 680 Mio. € für Stadler eine enorme Bedeutung, zumal es dessen erster Auftrag für ein Vollbahnprojekt eines Kunden aus Großbritannien ist. Mit über 1.400 seit 2004 verkauften Einheiten, die aktuell in 17 Ländern fahren, ist der FLIRT

der meistverkaufte Zug des Systemanbieters, der mit über 7.000 Mitarbeitern an mehr als 30 Standorten in Europa, Afrika und den USA vertreten ist. Der Hauptsitz befindet sich in Bussnang (Ostschweiz) – hier arbeitet auch Angelika Natke.

„Der FLIRT ist durch seine Leichtbauweise und wartungsfreie Konstruktion im Betrieb besonders umweltfreundlich und effizient“, erklärt die Wirtschaftsingenieurin, die aktuell zum einen Änderungsvorschläge seitens der Fertigungsabteilung bearbeitet und zum anderen die Disposition zur Erfassung aller elektrischen Apparate und Erdungen erstellt. Mit dem CAD-Programm CATIA V5 fertigt sie für jeden der vier Fahrzeugtypen 2D-Zeichnungen als Vorlage für die Produktion an und erstellt 3D-Modelle sowie Stücklisten, die dem Einkauf zur Beschaffung der Materialien dienen. „Die Arbeit mit CATIA V5 ist sehr dicht an der Wirklichkeit und ganz anders als die vereinfachenden Schemazeichnungen, die ich in einem Vorprojekt als Konstrukteurin im Elektro-Engineering angefertigt habe“, sagt Angelika Natke. Das dort gesammelte Know-how ist für ihre aktuelle Aufgabe dennoch von hoher Bedeutung:



Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Technische Dokumentation, Konstruktion – viele notwendige Kenntnisse brachte Angelika Natke bereits mit. Kompetenzen zu spezifischen Normen und technischen Besonderheiten der Schienenfahrzeuge erwarb die Süddeutsche über Schulungen bei Stadler.

„Ich arbeite nun eng mit dem Elektro-Engineering von Stadler zusammen. Da ich die Abläufe dort kenne, kann ich beide Abteilungen optimal unterstützen.“ So erhält sie vom Elektro-Engineering Vorgaben bezüglich der Anzahl und Art der Kabel, deren exakte Lage sie in der Einbauplanung bestimmt: „Wir erfassen hier in einer 2D-Zeichnung den Kabelverlauf sowie die Positionen aller elektrischen Geräte und Erdungsaugen, also der Anschlussmöglichkeiten zum Potenzialausgleich. Basierend darauf nimmt die Produktion die Verkabelungen vor.“

Da in den Zügen eine Vielzahl elektrischer und elektronischer Komponenten aufeinandertreffen, wie Fahrantriebe, Klimatechnik oder Informationstechnik, muss deren elektromagnetische Verträglichkeit garantiert werden. „Hierzu achten wir bei der Planung von Kabelverläufen oder elektrischen Apparaten auf Normen, wie die DIN EN 50121-1 zur Störfestigkeitsprüfung oder die DIN EN 50153-2 zu Schutzmaßnahmen bezüglich elektrischer Gefahren“, erläutert Angelika Natke. Von besonderer Bedeutung sind außerdem die entsprechenden länderspezifischen Richtlinien im Bahnverkehr. Denn bei der Produktion für einen Markt mit einem anderen Bahnstromsystem als in Deutschland oder der Schweiz müssen diverse Besonderheiten beachtet werden: Die Bahnstromnetze in Europa unterscheiden sich sowohl in ihrer Stromart (Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom) als auch in der Höhe der Spannung und der Frequenz.





„Teilprojekte werden in Teams abgewickelt. Soziale Kompetenz und direkte Kommunikation sind daher Grundvoraussetzungen für unsere Arbeit“, so die Einbauplanerin, die bereits während ihres Studiums einen Schwerpunkt aufs Projektmanagement gelegt hat.

In Deutschland, Österreich und der Schweiz gilt einphasiger Wechselstrom mit 15kV und 16 2/3 Hz. In Großbritannien sind es 25kV und 50Hz. Alle Komponenten, die der Übertragung elektrischer Energie dienen, müssen dementsprechend konzipiert sein. Hierfür berücksichtigt Angelika Natke Normen wie die DIN EN 61287-1 für Stromrichter in Bahnfahrzeugen.

Realisiert werden Natkes Planungen schließlich in der Montage, sodass sie auch mit diesem Fachbereich eng zusammenarbeitet. Regelmäßig spricht sie sich mit den Technikern in der Produktion ab, die im gleichen Gebäude arbeiten: „Beispielsweise sollte jüngst laut Erdungsliste eine Seitenscheibe geerdet werden. Ich traf mich mit den Verantwortlichen in der Produktion, denn dort wurde festgestellt, dass die Erdung nicht notwendig war: Die Seitenscheibe hatte keinen Metallrahmen. Ich habe die Erdungsliste entsprechend angepasst und diese Info an den

Projektleiter weitergegeben. Er kommunizierte die Änderung dann allen am Projekt beteiligten Ingenieuren und dem Kunden“, erklärt Natke.

## Zusammenarbeit erfolgt Hand in Hand

„Es ist wichtig, dass wir Sachverhalte schnell und unkompliziert klären können. Denn die Deadlines des Projekts sind eng gesteckt. Dies führt zu einer außergewöhnlichen Disziplin in der Zusammenarbeit des Teams: Wir können uns in jedem Moment absolut aufeinander verlassen, was zum einen dafür sorgt, dass Planung und Montage Hand in Hand arbeiten, und zum anderen gerade mir als Berufseinsteigerin viel Sicherheit gibt“, so die Ingenieurin, die sich während ihres Studiums auch mit der Werkstoffkunde beschäftigt hat. Dies kommt ihr nun zugute, denn die meisten von den Technikern

angeregten Änderungen betreffen den Austausch von Materialien: „So wurde von der Produktion angemerkt, dass eine Abdeckung an der Unterseite des Wagenkastens stark beansprucht wird und schnell rosten könnte. Das vorgesehene verzinkte Blech sollte besser durch hochwertigeren Edelstahl ersetzt werden. Gelegentlich muss auch die Länge der Schrauben oder das Gewinde geändert werden. Meine Aufgabe ist es dann, im Normteilkatalog eine passende Schraube zu finden, diese im 3D-Modell mit CATIA V5 einzufügen und den Einkauf zu informieren, welche neuen Teile bestellt werden müssen“, sagt die Konstrukteurin.

Die Einbauplanung des FLIRT soll im Herbst 2017 abgeschlossen sein, anschließend wird Angelika Natke die Produktion der Fahrzeuge bis zum Ende des Projekts Anfang 2018 betreuen. „Hier werde ich meine fachlichen Kompetenzen vor allem im Bereich der Elektro- und Projektplanung weiter ausbauen.“

# Digitalisierung: Grenzenloses Potenzial mit Risikofaktoren

Die deutsche Wirtschaft befindet sich mitten im Transformationsprozess zu einer noch umfassenderen Digitalisierung und Vernetzung. Über die damit verbundenen Chancen, Herausforderungen und Risiken für Unternehmen haben wir mit Peter Knapp, Chief Digital Officer beim Armaturen-Hersteller Samson, und Hartmut Rauen, stellvertretender Hauptgeschäftsführer des VDMA, gesprochen.

**Text** › Robert Uhde





### **Herr Rauen, schlummern in der Digitalisierung mehr Chancen oder mehr Risiken für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau?**

Hartmut Rauen: Ich sehe vor allem Chancen. Zum einen ist die Branche in Deutschland ein bedeutender Anbieter von intelligenten Produktionstechnologien und zum anderen hat sie mit rund einer Million Beschäftigten auch als Anwender eine große Bedeutung. Ein Risiko besteht insbesondere darin, dass die Idee einer vernetzten Produktion nur dann aufgehen kann, wenn alle Teile der Wertschöpfungskette optimal zusammenpassen. Wer also nicht in der Lage ist, seine Produkte und Prozesse anzupassen, verliert seine Wettbewerbsfähigkeit.

### **Und wo liegen die Vorteile, wo die Grenzen der Industrie 4.0?**

Peter Knapp: Wir bei Samson sehen keine Grenzen und unterscheiden bei den Vorteilen intern zwischen der „Digitalisierung“ und der „digitalen Transformation“. Ersteres beschreibt die digitale Abbildung bestehender Prozesse, unter anderem zur Kosteneinsparung. Digitale Transformation heißt: flexibler auf Kundenwünsche reagieren, schneller neue Produkte produzieren und zielgerichteter neue Geschäftsbereiche sowie Umsatzquellen erschließen. Diese Vision wollen wir in all unseren Wertschöpfungsprozessen umsetzen.

### **Zunächst müssen aber Geld und Know-how investiert werden. Wie können mittelständische Unternehmen da mithalten?**

Knapp: Grundsätzlich gilt: Eine Investition ist nur mit einer übergeordneten Unternehmensstrategie sinnvoll umsetz- und finanzierbar. Unternehmen müssen also wissen, was sie erreichen wollen! Bei Samson wollen wir die absolute Sicherheit von Kundendaten gewährleisten, unseren Kunden eine optimale Verfügbarkeit von Informationen garantieren und schnell auf neue Anforderungen, Prozesse

und Technologien reagieren. Daran orientiert sich jede Investition.

Rauen: Unternehmen müssen ja nicht zwingend neue Software-Systeme anschaffen oder entwickeln und damit große Investitionen tätigen. Sie können auch kleine Schritte gehen, beispielsweise indem sie ihre Produkte und Prozesse relevanten Digitalisierungsstandards anpassen.

### **Wo liegen die größeren Hürden: In der technischen Umsetzung oder in tradierten Unternehmenskulturen?**

Knapp: Das Problem sind eher die bestehenden Führungskulturen, die Menschen, die Prozesse: All das muss flexibel und agil sein. Hier hapert es häufig, vor allem in mittelständischen Unternehmen, wo die Führung auf wenige Personen verteilt ist, die vom Tempo der Entwicklungen oftmals überfordert sind.

### **Welche Rolle spielt die horizontale Wertschöpfung?**

Rauen: Die Zusammenarbeit zwischen Partnern entlang der Wertschöpfungskette ist die Königsdisziplin der Industrie 4.0. Denn was nützt einem Unternehmen die Realisierung digitaler Strukturen, wenn diese an der Grenze des eigenen Firmengeländes enden? Gemeinsame digitale Plattformen gelten hier als vielversprechende Kooperationsform. Eine Entwicklung, die vor allem von den marktbeherrschenden Unternehmen im B2B-Bereich forciert wird, die Marktmacht und Innovationskraft vereinen. Im Engineering-Sektor sehe ich die Automobilindustrie ganz vorne, die im Zusammenspiel mit dem Maschinenbau eine weltweit führende Position in der Produktionstechnik einnimmt.

### **Und wo steht der Wirtschaftsstandort Deutschland generell im globalen Digitalisierungstrend?**

Knapp: Das hängt stark von der jeweiligen Branche ab. Die erste Halbzeit der



### **Portrait Hartmut Rauen**

Hartmut Rauen (50) ist stellvertretender Hauptgeschäftsführer des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und fungiert dort als Experte zum Thema digitale Transformation. Der studierte Maschinenbauingenieur ist darüber hinaus Mitglied verschiedener Kuratorien.



### **Portrait Peter Knapp**

Peter Knapp (53) ist Chief Digital Officer von Samson, einem Weltmarktführer bei Regelarmaturen für die Chemieindustrie. Zuvor war er 14 Jahre lang für Interxion Deutschland tätig, einem führenden Anbieter von Cloud- und Carrier-neutralen Rechenzentrumsdienstleistungen.

Digitalisierung haben wir verloren; in den Consumer-Bereichen Software, Hardware oder E-Commerce sind eindeutig die Amerikaner führend. Für die Industrie ist das Spiel noch nicht entschieden, da ist Deutschland recht weit und zumindest in Europa ganz vorne dabei.

**Sind die auf Perfektion getrimmten Entwicklungszyklen des deutschen Maschinenbaus zu langsam für die digitalen Bedürfnisse der Zukunft?**

Knapp: Der Deutsche arbeitet gemeinhin gründlich und erstellt zunächst Pflichten- und Lastenhefte, bevor er etwas umsetzt. Da Schnelligkeit bei der Digitalisierung

entscheidend ist, kann das eine Schwäche sein. Im industriellen Umfeld ist es aber auch ein Vorteil: Hier muss alles sauber funktionieren. Besser werden müssen wir in den Bereichen Internet, Software, Hightech und im Entwickeln von Geschäftsmodellen. Hier können wir einiges von den Amerikanern lernen, vor allem Risikobereitschaft. Wenn wir diese Fähigkeiten dann mit unserem Perfektionismus und unseren Stärken im Maschinenbau verbinden, haben wir hervorragende Perspektiven.

Rauen: Das sehe ich ähnlich. Deshalb haben wir vor Kurzem eine Initiative gegründet, mit der wir die Kultur von Start-ups aus der IT-Industrie stärker an die etablierten

Maschinenbauer heranbringen wollen. In Impulsvorträgen oder beim Business-Speed-Dating werden teilweise Ideen und Synergien zutage gefördert, die ungemein beim Blick über den Tellerrand helfen.

**Vierorts werden neue Schnittstellen nötig sein. Wie könnten und sollten diese aussehen?**

Rauen: Wenn Maschinen miteinander kommunizieren, müssen sie die gleiche Sprache sprechen, sich verstehen – eine Weltsprache sozusagen. Mit dem von uns entwickelten industriellen Kommunikationsprotokoll OPC-UA-Standard ist beispielsweise eine sichere, weltweite und



» Für die Industrie ist das Spiel noch nicht entschieden, da ist Deutschland recht weit und zumindest in Europa ganz vorne dabei. «

„Wir unterstützen Unternehmen beispielsweise mit den VDMA-Readiness-Selbst-Checks oder mit Leitfäden, etwa zur Investitionskostenrechnung Industrie 4.0.“



herstellerunabhängige industrielle Kommunikation möglich.

**Und wie sollten Unternehmen ihre Datenmengen künftig vor Cyber-Kriminalität schützen?**

Knapp: Da gibt es keinen Königsweg. Jedes Unternehmen muss individuell für sich bewerten, welche Bedrohungslagen es gibt und welche Daten schützenswert sind. Darauf aufbauend können Vorgehensweisen abgeleitet und entschieden werden, an welcher Stelle investiert werden muss. Ich habe 14 Jahre Erfahrung als Verantwortlicher für den größten Datenaustauschknoten

der Welt in Frankfurt/Main\* und kann nur sagen: Die Risiken sind enorm.

**Wird die zunehmende Digitalisierung Arbeitsplätze ersetzen oder neue schaffen?**

Knapp: Beides. Eine neue Rolle innerhalb der Wertschöpfungskette wird zum Beispiel die des Data Scientists als Brücke zwischen den unternehmerischen Anforderungen und den Anforderungen der Daten sein. Außerdem werden möglicherweise auch Arbeitsplätze wieder zurück nach Deutschland geholt. Fest steht: Die Digitalisierung lässt sich nicht aufhalten.

Wir können nur entscheiden, wie wir sie gestalten wollen.

Rauen: In den vergangenen Jahren gingen die zunehmende Automatisierung und die wachsenden Roboterpopulationen sogar mit steigenden Beschäftigungszahlen in der Industrie einher. Denn die Digitalisierung erhöht die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland. Betrachten wir dazu den demographischen Wandel, dann gehe ich auch davon aus, dass sich der deutsche Arbeitsmarkt positiv entwickeln wird.

**Vielen Dank für das Gespräch!**

\* In Frankfurt am Main sind zahlreiche Rechenzentren beheimatet, an denen Dienstleister Stellflächen für Computer anderer Firmen, sogenannte Co-Locations, und Cloud-Computing anbieten. Hierzu zählen auch die Stromzufuhr, die Kühlung und die Sicherheit der vermieteten Infrastruktur. Allein Interxion betreibt zwölf Standorte in der Stadt mit einer Netto-Rechenzentrumsfläche von insgesamt über 20.000 m<sup>2</sup>.

# Europaweit im Einsatz für die Qualität

Juri Lang macht so schnell niemand etwas vor, wenn es um Autos und deren technisches Innenleben geht. Der 38-jährige Maschinenbauingenieur ist aufgrund seines Studiums und seiner langjährigen Berufserfahrung ein Kenner der Branche. Sein Wissen nutzt er, um als Qualitätsmanager Zulieferer auf internationalem Boden zu bewerten.

**Text** › Anne-Katrin Wehrmann

**E**in Autonarr ist er nicht und doch ist die Automobilindustrie zu seinem beruflichen Zuhause geworden: Nach seiner Ausbildung zum Zerspanungsmechaniker studierte Juri Lang Fahrzeugtechnik an der Hochschule Osnabrück und arbeitete im Rahmen eines Praxissemesters in der Entwicklungsabteilung eines Automobilkonzerns. Seither hat ihn die Branche nicht mehr losgelassen, schließlich habe sie große Bedeutung: „Die deutsche Automobilindustrie schafft durch ihre internationale Produktion Arbeitsplätze – auch im

Ausland“, sagt Lang, der in der ehemaligen Sowjetunion geboren wurde und 1993 im Alter von 14 Jahren nach Deutschland kam. Seit 2013 ist der heute 38-Jährige bei Brunel für einen deutschen Automobilhersteller im Einsatz: Im Bereich Qualitätsmanagement Teile (QMT) kontrolliert er die Qualität der Produkte sowie die Arbeitsprozesse von Lieferanten. Anfang 2017 übernahm Lang die Steuerung eines Teams mit drei international arbeitenden Auditoren und fungiert als Schnittstelle zwischen ihnen und dem Kunden. Zuvor agierte der

QMT-Experte selbst vier Jahre lang als Auditor im Ausland und stellte in dieser Zeit fest, wie wichtig neben fachlicher Kompetenz auch diplomatisches Auftreten und kommunikative Fähigkeiten sind: „Von sanft bis hart muss ich alle Tonarten beherrschen.“ Das tut Juri Lang – fließend auf Deutsch, Russisch und Englisch.

Ob Spanien, Italien, Österreich, Slowakei oder Tschechien: Gefallen hat es Juri Lang überall, am liebsten war er aber in Spanien, wo er beispielsweise 2011 als Auditor die Standortverlegung eines Schrauben-

## Prag – Tschechien

Die Prozessabnahme und Freigabe von Autoscheinwerfern gehörte Anfang 2017 zu Langs Aufgaben bei seinem Einsatz in Tschechien.



## Juri Lang, berufliche Stationen

- 1 München, Deutschland
- 2 Monza, Italien
- 3 Steyr, Österreich
- 4 Dolný Kubín, Slowakei
- 5 Bilbao, Spanien
- 6 Prag, Tschechien

## Bilbao – Spanien

Im Rahmen der Reifegradabsicherung überprüfte er 2015 die Qualität der Gießprozesse für die Fahrwerksproduktion.

## Monza – Italien

2013 bewertete Juri Lang einen potenziellen neuen Zulieferer, der sich als Lieferant von Zahnrädern beworben hatte.

herstellers nach Valencia begleitete: „Die Spanier haben eine einzigartige Mentalität. Ihre Arbeitsmoral ist lockerer als in Deutschland, aber die Arbeit ist trotzdem zuverlässig.“ Besonders in Erinnerung geblieben ist ihm allerdings ein Erlebnis aus dem Jahr 2013 im italienischen Monza. Dort besuchte er einen Zulieferer, dessen Inhaber zwei Brüder im Seniorenalter sind. Einer der beiden führte Lang durch die Produktion und begrüßte jeden Mitarbeiter per Handschlag. „So ein tolles Verhältnis zwischen Geschäftsführung und Personal ist heut-

zutage selten“, sagt Lang. „Die Mitarbeiter waren glücklich und zufrieden und leisteten deswegen sehr gute Arbeit.“ Und genau die gelte es akribisch zu überprüfen, denn: „Das Qualitätsmanagement nimmt eine Schlüsselrolle in der Automobilproduktion ein, deren oberstes Ziel es ist, Ressourcen zu schonen – entsprechend sollte es entlang der gesamten Prozesskette keine Fehlerquellen geben.“ Juri Lang und sein Team bewerten aktuell Autositze und Plastikteile produzierende Zulieferer in England, Luxemburg oder den

USA. Der Projektleiter nimmt eher unregelmäßig persönlich Audits vor, vielmehr laufen bei ihm alle Fäden zusammen. „Bei Bedarf bin ich aber nach wie vor selbst bei den Lieferanten vor Ort“, sagt Lang, der genau diese Kombination aus Dienstreisen sowie QMT- und Personalverantwortung schätzt. Bei Brunel habe er die Möglichkeit, bedeutende Positionen wie seine aktuelle zu bekleiden „und dabei etwas Konkretes zu bewirken. Innerhalb eines Automobilkonzerns wäre das so schnell nicht möglich gewesen.“

# Metal Organic Frameworks: Die chemischen Alleskönner

Innerhalb weniger Jahre avancierten sie zu den unangefochtenen Shootingstars der Chemiker: Metallorganische Gerüstverbindungen oder Metal Organic Frameworks (MOFs). Ihr modularer Aufbau ermöglicht eine nahezu unendliche Variantenvielfalt, sodass für jede erdenkliche Anwendung ein hochspezifisches MOF maßgeschneidert werden kann – beispielsweise zur Wassergewinnung oder in der Photovoltaik.

Text › Dr. Ralf Schrank

**A**bdul Malevi lebt mit seiner Familie in einem kleinen Dorf im Norden Nigerias. Hier in der Sahelzone erschweren Niederschlagsmengen von kaum mehr als 400 mm im Jahr Mensch und Tier das Leben. Eigentlich. Abdul jedoch besitzt eine Fläche von fünfzig Fußballfeldern, auf der sich jeden Morgen trotz niedriger Luftfeuchte so viel Tau bildet, dass er täglich bis zu 20 l sauberes Trinkwasser aus der Luft ernten kann. Noch ist das Fiktion. Aber der Chemie-Professor Omar Yaghi von der University of California in Berkeley und eine Ingenieursgruppe

am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge arbeiten hart daran, dass sie Wirklichkeit wird. Im Frühjahr 2017 stellten sie ein Schuhkarton-großes Wassererntegerät vor, das bei einer Luftfeuchte von weniger als 20 % in 12 Stunden 2,8 l Wasser aus der Luft entnahm – ohne externe Energiequelle, angetrieben allein vom Sonnenlicht. Herzstück des Geräts ist ein molekularer Schwamm namens MOF-801, den das Team um Yaghi speziell für die Aufnahme und Abgabe von Wassermolekülen designt hat.

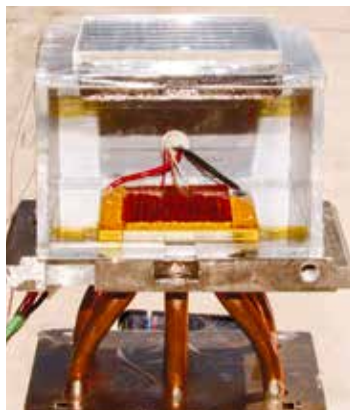
MOFs sind kristalline Festkörper – aber im Grunde purer Hohlraum. Ein filigranes Molekülgerüst erzeugt eine riesige Anzahl an Poren, in die Gastmoleküle eingelagert und mit Methoden wie Erwärmen oder Evakuieren wieder entfernt werden können. Die innere Oberfläche der MOFs ist gewaltig und erreicht 7.000 m<sup>2</sup> pro Gramm – die Fläche eines Fußballfelds. Abduls fiktive Fußballfelder bestehen also aus Metal Organic Frameworks und passen in einen Schuhkarton. „Vor acht Jahren begannen wir mit einem dreiköpfigen Team in Berkeley mit der





## Porträt Omar Yaghi

Prof. Omar M. Yaghi (52) ist gebürtiger Jordanier. 1990 promovierte er an der University of Illinois in Anorganischer Chemie. Seit 2006 ist er an der University of California tätig, zunächst in Los Angeles (UCLA), ab 2012 in Berkeley. Yaghi gilt als Pionier der MOFs.



Das Demonstrationsmodell des Wasserkollektors: Messungen zeigen, dass selbst bei einer Luftfeuchte von nur 20 % etwa ein Viertel Liter Wasser pro kg des porösen Materials absorbiert wird. Um das Wasser aus den MOFs abzapfen, reicht die Wärme der Sonnenstrahlung aus – ohne externe Energieversorgung.

Entwicklung eines MOFs für die Wasserernte“, erinnert sich Yaghi. „Die Herausforderung war, die richtige Porengröße zu finden und das Innere der Poren chemisch so zu modifizieren, dass die Bindungsenergie für Wasser den richtigen Wert hat: Ausreichend groß, damit das Wasser gebunden wird, aber so niedrig, dass es bei moderater Energiezufuhr durch Sonnenlicht, also bei etwa 45 °C, wieder aus den Poren austritt.“

## MOFs als modulares Baukastensystem

Das jetzt vorgestellte Gerät besteht aus einem Kasten, in dem eine Schicht aus kristallinem MOF-801-Pulver fixiert ist. Oben ist ein Absorber für Sonnenlicht angebracht. Nachts wird der Kasten geöffnet, sodass sich das MOF mit Wasser aus der Luft vollsaugen kann. Morgens wird der Kasten geschlossen und das MOF durch moderates Sonnenlicht erwärmt. Das Wasser tritt als Dampf aus und schlägt sich an den kühlen Gerätewänden als Flüssigkeit nieder. Die Vorteile: Das Wassererntegerät ist klein und kann leicht transportiert werden, es arbeitet energieeffizient und benötigt keine elektrische Infrastruktur. Noch ist das Gerät jedoch sehr teuer, denn das MOF-801 enthält Zirkonium, ein pro Kilogramm etwa 130 Euro teures Metall. Dazu kommen hohe Kosten für die Synthese des MOFs. Aber Yaghi ist zuversichtlich: „Wir glauben, dass in drei Jahren ein praxistaugliches Gerät auf dem Markt sein wird.“ Dazu arbeitet die Berkeley-Gruppe an neuen MOFs, die statt Zirkonium das wesentlich preiswertere Aluminium enthalten. Mit industriellen Partnern und Start-ups sollen außerdem die MOF-Synthese verbilligt und das Geräte-Design optimiert werden, um die Prozessführung beim Be- und Entladen sowie bei der Kondensation zu verbessern.

Die MOF-Forschung geht auf die Pionierarbeiten von Yaghi und einigen anderen in den 1990er Jahren zurück. Der Chemiker prägte 1995 den Namen MOF und schlug vor, diese neue Verbindungsklasse

entsprechend ihrem Entdeckungsdatum durchnummerieren. Er erinnert sich: „Damals faszinierte mich die Ästhetik der hochsymmetrischen MOF-Strukturen, heute die atemberaubende Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten.“ Denn MOFs bestehen aus anorganischen, Metallionen enthaltenden Knotenpunkten, den Secondary Building Units (SBUs), und organischen Molekülen, den Linkern. Zusammen bilden sie ein modulares Baukastensystem nach dem Stecker-Buchse-Prinzip: Jede SBU hat mehrere Buchsen, jeder Linker mindestens zwei Funktionseinheiten, die als passende Stecker fungieren und zwei oder mehr SBUs verbinden. SBUs mit mindestens drei, in unterschiedliche Richtungen weisenden Buchsen lassen sich mit Linkern zu dreidimensionalen, nanoporösen Gerüsten zusammenfügen.

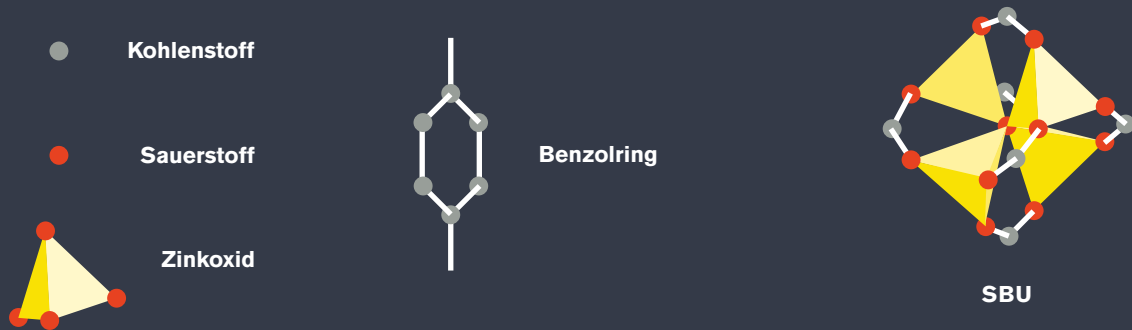
Porengröße und chemische Eigenschaften der Porenwände lassen sich durch Art und Größe von SBUs und Linkern genau auf das aufzunehmende Gastmolekül, sprich auf die gewünschte Funktion der Poren einstellen. Über hundert SBUs sind inzwischen beschrieben. Sie können mit nahezu jedem organischen Molekül als Linker gekoppelt werden. Bei etwa 100 Mio. bis heute charakterisierten organischen Verbindungen ergibt das eine fast unendliche Fülle von MOF-Varianten. Bis Ende 2017 dürften an die 100.000 MOFs synthetisiert und beschrieben sein. Bevor die Chemiker ein neues MOF im Labor herstellen und erproben, ermitteln sie zunächst am Computer, welche Kombination von anorganischer und organischer Komponente die angestrebte Aufgabe am besten erfüllen dürfte. So lassen sich MOFs mit einer außerordentlich hohen Selektivität maßschneidern, wie sie für die Speicherung definierter Substanzen, für die Trennung von Gas- oder Flüssigkeitsgemischen, für die Sensorik ganz bestimmter Stoffe oder für katalytische Funktionen erwünscht ist.

Allerdings waren die letzten 20 Jahre geprägt von einer geradezu explosionsartig anwachsenden Grundlagenforschung. Bei der Aufskalierung auf industrielle

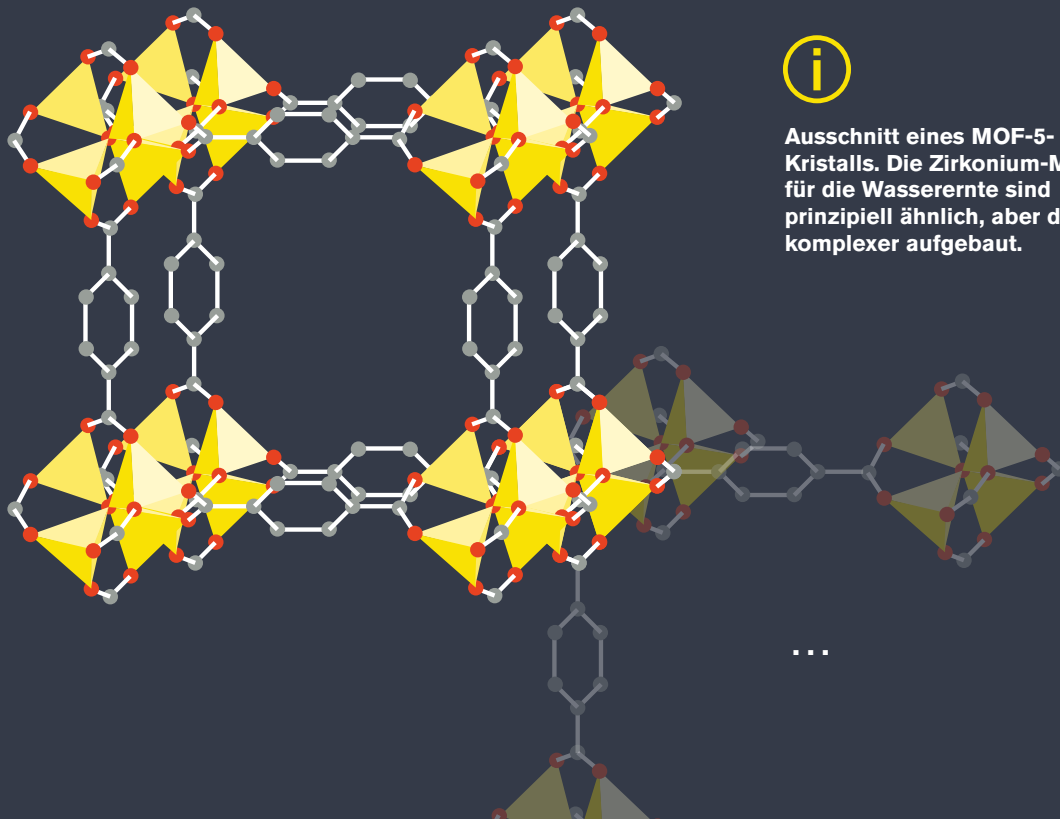


# Der Aufbau eines Metal Organic Frameworks

MOF-5, eine der ersten hochstabilen metallorganischen Gerüstverbindungen. Stabilisierend wirken komplex aufgebaute anorganische Knoten (SBUs). Jeder Knoten enthält vier Zinkoxid-Tetraeder ( $ZnO_4$ ). Jeder Tetraeder wiederum besteht aus vier Sauerstoffatomen O an den Ecken und einem Zinkatom Zn (nicht sichtbar) im Zentrum. Die äußeren Tetraederecken sind durch sechs Sauerstoff-Kohlenstoff-Sauerstoff-Brücken O-C-O fixiert, sodass sich die Tetraeder praktisch nicht gegeneinander bewegen können.



Die O-C-O-Brücken fixieren nicht nur die Zinkoxid-Tetraeder, das Kohlenstoffatom in ihnen dient zugleich als Andockstelle für die Linker, im Fall von MOF-5 Benzol-Sechsringe. An jeden Knoten sind sechs Benzolringe angedockt, alle exakt im Winkel von  $90^\circ$  zueinander. Auf diese Weise entsteht ein Würfel als Elementarzelle von MOF-5, der sich in alle Raumrichtungen fortsetzt. Deutlich erkennbar ist, dass die chemischen Eigenschaften des Hohlraums in jedem Würfel vom Linker (hier Benzol) bestimmt werden.



**Ausschnitt eines MOF-5-Kristalls. Die Zirkonium-MOFs für die Wasserernte sind prinzipiell ähnlich, aber deutlich komplexer aufgebaut.**

...

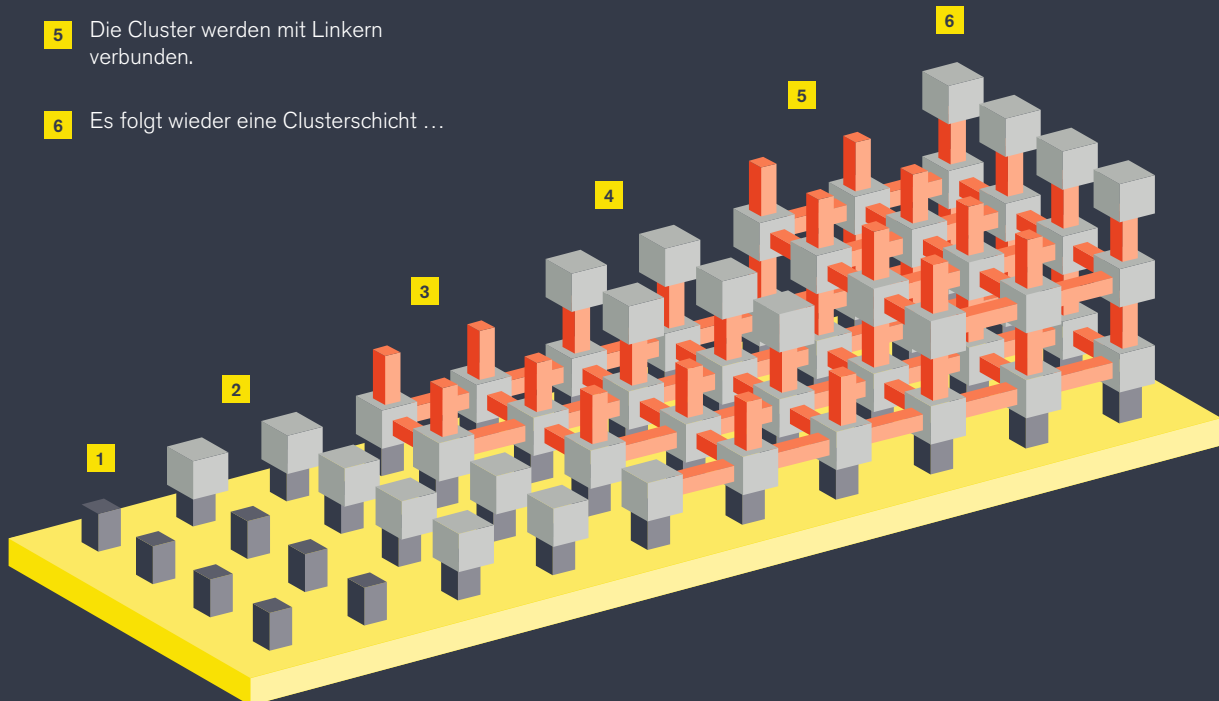
# Herstellung eines Porphyrin-SURMOFs mittels Flüssigphasen-Epitaxie

Die MOF-Komponenten (SBUs und Linker) werden Schicht für Schicht aufgebaut, indem die Probe abwechselnd in eine Lösung des Metallclusters und des Linkers getaucht wird. Dagegen werden MOF-Pulver üblicherweise durch solvothermale Synthese bei hoher Temperatur und hohem Druck in einer Lösung hergestellt, die beide Komponenten enthält. Die solvothermale Synthese dauert meist mehrere Tage und die Ausbeuten sind gering.

## Die Arbeitsschritte:

- 1** Funktionalisierung des Trägers (gelb) mit Reaktionszentren (-OH oder -COOH), an die die SBUs andocken können, um Träger und MOF fest miteinander zu verbinden. Im Fall des Porphyrin-SURMOFs ist die SBU ein  $Zn_2(COO)_4$ -Cluster (Zn = Zink, C = Kohlenstoff, O = Sauerstoff).
- 2** Die erste Schicht Zinkcluster (grau) wird auf den Träger aufgebracht.
- 3** Die Zinkcluster werden mit Porphyrin als Linker (rot) verbunden.
- 4** Die nächste Clusterschicht wird aufgebracht.
- 5** Die Cluster werden mit Linkern verbunden.
- 6** Es folgt wieder eine Clusterschicht ...

## Die Bausteine:



Anwendungen besteht jedoch Nachholbedarf. Auch die Langzeitstabilität der MOFs bezüglich Alterung, Korrosion und Vergiftung im rauen Industrialltag ist wenig erforscht. Werkstoff- und Fertigungstechniker müssen jetzt Verfahren zur Umformung der MOF-Pulver zu handhabbaren Halbzeugen wie Granulaten, Folien oder Schäumen sowie zu deren Weiterverarbeitung entwickeln. Die Herausforderung ist, dabei nicht die hohe Porosität der filigranen MOFs zu beeinträchtigen. Das große Interesse der Industrie lässt sich an zahlreichen Patenten und Start-up-Gründungen ablesen. Einige MOFs sind bereits kommerziell verfügbar und zum Beispiel als mobile Speicher für gasförmige Brennstoffe wie Wasserstoff oder Erdgas in Fahrzeugen in der Erprobung. Insgesamt aber steckt die Aufskalierung noch in den Kinderschuhen.

## Epitaktisch zur elastischen Solarzelle

Einige der genannten Hürden überwindet bereits eine neuartige Herstellungsmethode, die einige Hundert Nanometer dünne kristalline MOF-Schichten liefert. Solche Schichten, beispielsweise auf einem elastischen Kunststoff als Träger, sind ideal für Anwendungen in Elektronik, Sensorik oder Photonik. Als besonders vielseitig haben sich hier epitaktische Verfahren erwiesen. Bei diesen wächst eine kristalline, also regelmäßig angeordnete MOF-Struktur heran, indem die anorganischen, also kohlenstofffreien, und die organischen MOF-Komponenten alternierend Schicht für Schicht auf den Träger aufgebracht werden. Pionier dieser Synthesen ist das Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) unter Leitung des Physikers Prof. Christof Wöll. Die am IFG entwickelten Verfahren zur Herstellung sogenannter SURMOFs (Surface Mounted Metal Organic Frameworks) basieren auf epitaktischen Methoden, die in der Mikroelektronik und Halbleitertechnik

etabliert, zur Herstellung von MOFs jedoch recht neu sind. „Das SURMOF-Verfahren eignet sich prinzipiell auch für kontinuierliche Herstellungsprozesse, es erlaubt die Beschichtung größerer, auch flexibler Trägerflächen und ist relativ leicht in bestehende industrielle Prozesse integrierbar“, so Wöll. Welche Potenziale in den SURMOF-Dünnschichten stecken, haben Wöll und seine Mitarbeiter in den letzten Jahren an einer Reihe modellhafter Anwendungen demonstriert. Eine davon ist eine elastische Solarzelle, die auf Kleidung oder verformbare Bauteile aufgebracht werden könnte. Als Linker dienen Porphyrine, eine Gruppe aromatischer Verbindungen, die die Natur als perfekte Allrounder unter anderem im Blutfarbstoff Hämoglobin einsetzt, um Sauerstoff zu transportieren, oder im Chlorophyll, um Licht in chemische Energie umzuwandeln. Bei Bestrahlung mit Licht erzeugen die porphyrin-basierten SURMOFs mit hoher Effizienz Ladungsträger, die eine überraschend hohe Beweglichkeit zeigen – gute Voraussetzungen für den Einsatz als Solarzelle. Allerdings liegt der Wirkungsgrad des Versuchsaufbaus derzeit nur bei 0,7 %. Wöll ist trotzdem optimistisch: „So hat auch die Entwicklung der klassischen organischen Solarzellen begonnen. Wir sind überzeugt, die photovoltaische Leistung des Materials erheblich steigern zu können, zum Beispiel, indem wir die Poren mit Molekülen füllen, die elektrische Ladungen abgeben und aufnehmen können.“ Die erste Breitenanwendung für MOFs sieht der Professor in fünf bis sechs Jahren für MOF-Dünnschichtsensoren beispielsweise in der medizinischen Diagnostik oder der Umweltanalytik. Alles in allem sind die Fähigkeiten der MOFs nahezu unerschöpflich. Jetzt gilt es, diese industriell verfügbar zu machen. „Wir haben die Tür zu einem neuen Raum geöffnet“, fasst Prof. Wöll zusammen, „und ein Ende der Entwicklungen ist noch lange nicht in Sicht.“



### Porträt Christof Wöll

Prof. Dr. Christof Wöll (58) studierte Physik in Göttingen und promovierte dort 1987. Ab 1997 war er Professor für Physikalische Chemie an der Ruhr-Universität Bochum. 2009 wechselte er als Professor und Direktor ans Institut für Funktionelle Grenzflächen am KIT.



Erstmals wurde am KIT auf Basis von Metal Organic Frameworks eine funktionsfähige, aus einer einzelnen Komponente bestehende organische Solarzelle hergestellt, die verschiedene Vorteile gegenüber der siliziumbasierten Variante (Bild) aufweist. Die Fachzeitschrift *Angewandte Chemie* widmete diesem Erfolg sogar ihre Titelseite.

# Mit Videos die Welt verbessern

Ursprünglich sollte er Bauer werden, doch mit diesem vorgegebenen Lebensweg wollte sich Hashem Al-Ghaili nicht zufriedengeben. Heute hat der 27-jährige Jemenit einen Abschluss in Molekularer Biotechnologie und ist ein Superstar in den sozialen Medien: Mit seiner Facebook-Seite vermittelt er etwa 9 Mio. Menschen weltweit neueste wissenschaftliche Erkenntnisse auf anschauliche Weise.

**Text** › Anne-Katrin Wehrmann

**E**r wollte immer schon die Welt verstehen und sie für andere verständlich machen. Für beides hat Hashem Al-Ghaili in seiner Heimat keine Möglichkeit gesehen: Der Jemen gilt als Armenhaus der arabischen Welt, viele Menschen leben dort mehr schlecht als recht von der Landwirtschaft. Auch er selbst sollte den Weg des Agrarwesens einschlagen, wäre es nach dem Willen seiner Eltern gegangen. Doch Al-Ghaili wollte stattdessen mithilfe der Wissenschaft auf die drängenden Fragen der Gegenwart Antworten finden – etwas, das in der jemenitischen Gesellschaft seiner Meinung nach zu kurz kommt: „In meiner Kultur ist es leider nicht die Wissenschaft, sondern meistens die Tradition, die Fragen beantwortet.“

Also wurde Hashem Al-Ghaili nicht Landwirt, sondern ging 2008 zum Studieren ins Ausland und verwirklichte sich später seinen Traum, Wissenschaftskommunikator

zu werden. Sein Ziel: Menschen Zugang zu Informationen verschaffen, die verlässlich und vertrauenswürdig sind. Außerdem möchte er seinen Teil dazu beitragen, die Welt ein bisschen besser zu machen. Hierzu veröffentlicht er auf seiner Science Nature Page bei Facebook regelmäßig Videos, die sogar oft konkrete Auswirkungen auf das echte Leben haben. So hat er vor einer Weile über eine Gruppe von Menschen berichtet, die Müll aus den Weltmeeren holt und daraus zur Finanzierung weiterer Projekte Armbänder herstellt und verkauft. Nachdem der Film online war, stiegen die Verkaufszahlen rasant an – und die Aktivisten konnten weiter aufräumen.

Seinen ersten Kurzfilm veröffentlichte er im Sommer 2015 auf Facebook: Darin ging es um einen Fisch, der während der Paarungszeit ein außergewöhnliches Muster auf dem Meeresgrund erzeugt, um für sich zu werben. Keine zwei Jahre später hatten schon um



## Porträt

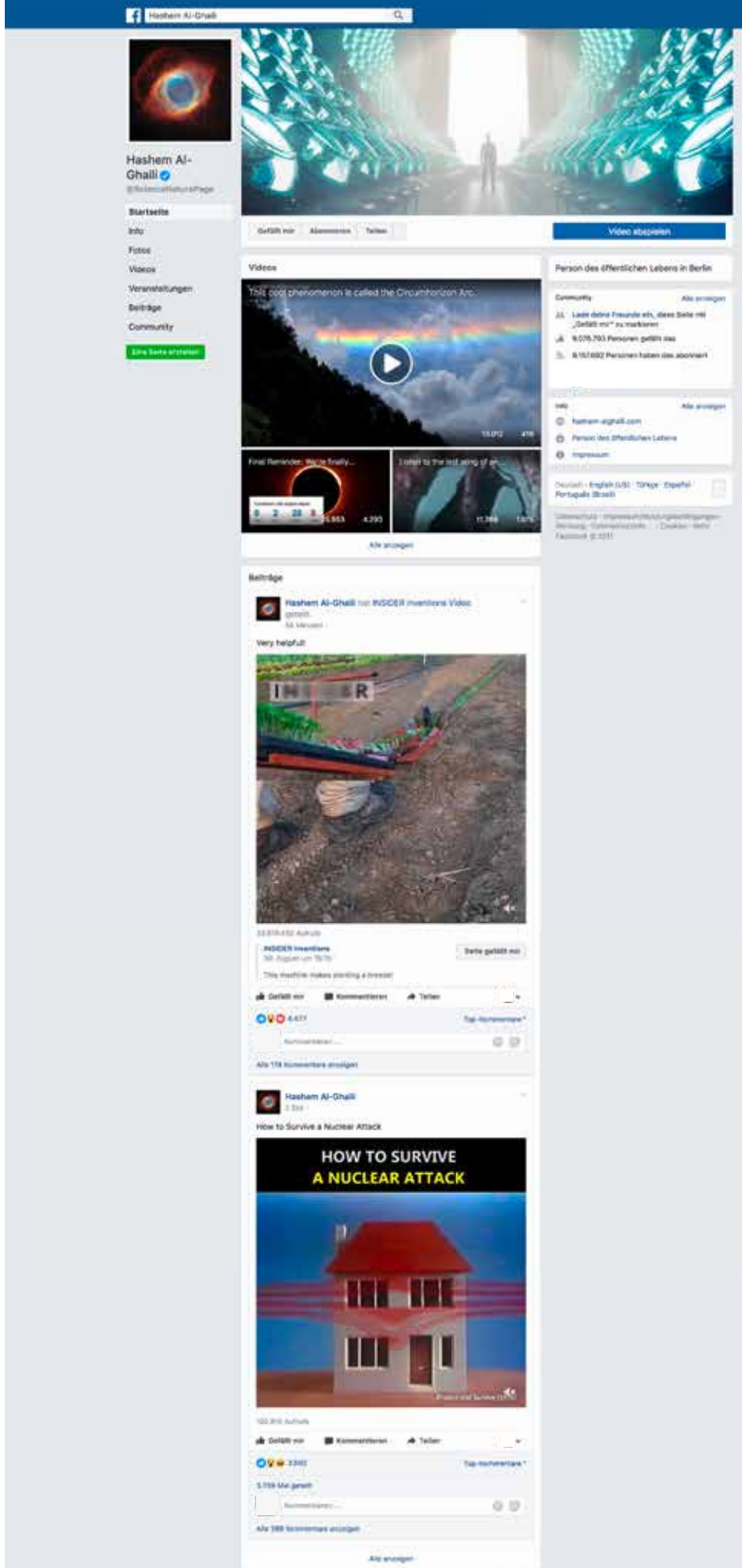
### Hashem Al-Ghaili

Hashem Al-Ghaili (27) hat nach Abschluss seines Masterstudiums in Bremen zunächst für das amerikanische Wissensportal Futurism gearbeitet. Mittlerweile ist er selbstständig und lebt in Berlin.



die 9 Mio. Menschen aus aller Welt den „Gefällt mir“-Button der Science Nature Page geklickt, Tendenz steigend. Mit dieser Resonanz hat der junge Jemenit nicht gerechnet. „Ich habe einfach gemacht, was ich liebe“, erzählt er. „Das sollte jeder tun. Denn wer für etwas wirklich Leidenschaft hat, wird auch andere begeistern.“ Für Videos entschied er sich, weil Facebook vor rund zwei Jahren über seinen Algorithmus kleinen Filmen eine besonders große Reichweite verschaffte.

Hashem Al-Ghaili selbst informierte sich schon als Kind und Jugendlicher in Wissensmagazinen, bildete sich über Fernsehsendungen weiter und konzentrierte sich darauf, einen guten Schulabschluss zu machen. Mit einem hervorragenden Zeugnis in der Hand machte er sich schließlich auf den Weg in die Hauptstadt Sanaa, um sich beim Hochschulministerium um ein Auslandsstipendium zu bewerben – ohne das Wissen seiner Eltern. „Ich wollte etwas tun, wofür ich brenne“, erzählt er, „darum habe ich nach einem Ort gesucht, an dem ich eine bessere Bildung und Zugang zu modernen Technologien bekommen würde.“ Mit Erfolg: Der





Wenn er schwierige Sachverhalte aus wissenschaftlichen Publikationen in kurzen und verständlichen Videos aufbereitet, sieht sich Hashem Al-Ghaili als eine Art Übersetzer. Mittlerweile sprechen ihn Forscher sogar direkt an und bitten um Veröffentlichung ihrer Themen über seine Kanäle.

junge Jemenit erhielt ein Stipendium für die University of Peshawar in Pakistan, wo er sein Bachelorstudium im Fach Biotechnologie absolvierte.

Doch damit war Al-Ghailis Wissensdurst noch lange nicht gestillt. Vom Deutschen Akademischen Austauschdienst erhielt er ein weiteres Stipendium, das ihn an die Bremer Jacobs University und dort zu seinem Master in Molekularer Biotechnologie führte. 2015 wurde er ausgewählt, die Abschlussrede seines Jahrgangs zu halten. Er wollte seine Geschichte mit anderen teilen und „zeigen, dass jeder eine Chance hat, seine Ziele zu erreichen – ganz gleich, wie schwierig die Umstände sein mögen.“ Die kurzzeitige Überlegung, nach dem Studium selbst eine Karriere in der Forschung anzustreben, ließ er schnell wieder fallen. Denn: „Es gibt schon so viele Forscher. Oft kommunizieren sie ihre Ergebnisse aber nicht verständlich nach außen, was zu einer großen Lücke zwischen der Gesellschaft und der Wissenschaft führt.“

Dass Hashem Al-Ghaili diese Lücke schließt und seine Fangemeinde begeistert, steht außer Frage. Ob ein neues Sicherheitssystem

für Flugzeuge (mehr als 160 Mio. Aufrufe) oder die besondere Verbindung von werdenden Müttern zu ihren Föten (mehr als 125 Mio. Aufrufe): Mit seinen Videos vermittelt der 27-Jährige Wissen aus den unterschiedlichsten Bereichen unterhaltsam und verständlich. Auf der Suche nach Anregungen für neue Kurzfilme verbringt er täglich viel Zeit damit, Fachliteratur zu lesen und sich über aktuelle Forschungsergebnisse zu informieren: „Das macht mir einfach Spaß. Und wenn mich etwas überzeugt, mache ich ein Video daraus.“ Dabei stammt das Filmmaterial zumeist aus öffentlich zugänglichen Quellen oder wird ihm von Wissenschaftlern oder Organisationen zur Verfügung gestellt.

## Gefragter Redner und Online-Berater

Seine Theorie: Wer die ersten drei Sekunden eines Videos anschaut, bleibt oft bis zum Ende dabei. Daher legt Al-Ghaili besonderen Wert auf den Anfang seiner Videos. Außerdem beschäftigt er sich viel mit Themen, die eine direkte Verbindung zu den Menschen

haben. Auf Werbung auf seiner Seite verzichtet er, weil er für sein Publikum unabhängig bleiben will. Seinen Lebensunterhalt verdient er deutsch und englisch sprechende Jemenit vor allem über Engagements als Redner und als Berater für Social-Media-Kompetenz. Und vielleicht wird er demnächst auch in einer eigenen Sendung zu sehen sein: Die Produktionsfirma ZDF digital hat ihn als Ideengeber und Moderator für die geplante Serie „2070 – Edge of Science“ engagiert. Darin soll gezeigt werden, was die Wissenschaft bis 2070 erreicht haben kann und wie die Welt dann aussehen könnte. „Viele Zuschauer werden diese ferne Zukunft wohl nicht mehr erleben“, erläutert Al-Ghaili, „aber es interessiert sie bestimmt, wie weit die Technologie bis dahin gekommen sein könnte.“ Unabhängig davon will Hashem Al-Ghaili stets neugierig bleiben und neue Tätigkeitsfelder ausprobieren – unter anderem Bücher schreiben und längere Filme produzieren. Und natürlich auch weiterhin ein möglichst großes Publikum mit gut aufbereiteten Informationen aus der Wissenschaftswelt versorgen.

# Im Dienste der Medizin

Mit insgesamt rund 115.000 Mitarbeitern gehört die Bayer AG zu den weltweit bedeutendsten Life-Science-Unternehmen. Am Standort Wuppertal realisiert der Konzern aktuell ein Labor für die Entwicklung hochaktiver Wirkstoffe (HPAI) für zukünftige Medikamente. Die beiden Brunel Spezialisten Bernd Pavec und Antonino Fricano gehören zum Qualifizierungsteam und leisten durch ihre Arbeit einen wichtigen Beitrag zur termingerechten Inbetriebnahme.

**Text** › Robert Uhde

**E**in klinisch reiner Raum, silbrig glänzende Leitungen inmitten von zahllosen Ventilen und Reglern sowie zwei fachsimpele Männer in weißer Schutzkleidung, die bezogen aufs Alter augenscheinlich auch Vater und Sohn sein könnten. Allerdings diskutieren die zwei auf Augenhöhe. Ihr Gespräch handelt von Prüf- und Checklisten für technische Abnahmen, von Wartungs- und Inspektionsplänen und von Themen rund um Explosionsschutz, Lüftungsanlagen sowie Schleusensysteme. Denn auf dem Gelände des Bayer-Werks an der Wupper entsteht ein neues Labor, dessen Realisierung die beiden Brunel Experten Dr. Bernd Pavec und Antonino Fricano maßgeblich begleiten.

Die Bayer AG hat sich mit ihren Kernkompetenzen in der Gesundheits- und Agrarwirtschaft im Verlauf ihrer über 150-jährigen Geschichte zu einer der bekanntesten Marken rund um den Globus entwickelt. Am Standort Wuppertal, dem historischen Ursprungssitz des Unternehmens, arbeiten aktuell rund 3.400 Mitarbeiter an der

Forschung, Entwicklung und Produktion von innovativen und neuartigen Wirkstoffen, beispielsweise auf den Gebieten der Kardiologie, Onkologie und anderer Indikationen. Nach dem Spatenstich 2014 für das neue Laborgebäude erfolgt die Inbetriebnahme erster Laboratorien inklusive sämtlicher integrierter Geräte und Apparaturen innerhalb des 3. Quartals 2017, weitere werden folgen. Gemeinsam mit anderen Spezialisten ebnen hierfür die Kollegen Pavec und Fricano den Weg. Das Duo sorgt dafür, dass das Labor die strengen behördlichen Kriterien gemäß GMP-Regeln (Good Manufacturing Practice) zur Qualitätssicherung erfüllt. Diese beziehen sich vor allem auf Aspekte der Hygiene, Raumausstattung oder Dokumentationen und sind für alle am pharmazeutischen Produktionsprozess beteiligten Personen verpflichtend, da eine Nichteinhaltung zu behördlichen Sanktionen führen könnte.

„Um die HPAIs, also die Highly Potent Active Ingredients, entsprechend den GMP-Richtlinien herstellen und verarbeiten zu







### Porträt

#### Antonino Fricano

Antonino Fricano (27) ist nach seinem Studium der Bioverfahrenstechnik an der TU Dortmund seit Frühjahr 2017 bei Brunel. Das Projekt am Bayer-Standort Wuppertal ist gleichzeitig sein Berufseinstieg.

### Porträt

#### Bernd Pevec

Bernd Pevec (62), Doktor der Chemie, verfügt über langjährige Erfahrung im Pharmabereich. Er ist seit November 2015 bei Brunel beschäftigt und für Bayer tätig, zuvor arbeitete er bei verschiedenen kleineren Unternehmen der Branche.



können, ist eine spezielle technologische Infrastruktur erforderlich“, beschreibt Bernd Pevec die grundsätzlichen Anforderungen des Projekts. Der 62-jährige promovierte Chemiker blickt auf verschiedenste Anstellungen im Pharmabereich zurück und ist aufgrund dieser Erfahrung innerhalb des Projektteams vor allem mit der Organisation und planerischen Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben befasst. Sein Kollege Antonino Fricano, für den das Projekt bei Bayer die erste berufliche Station nach seinem Studium der Bioverfahrenstechnik darstellt, ist demgegenüber vor allem an der konkreten Inbetriebnahme beteiligt: „Normalerweise hat jeder von uns seine eigenen Tätigkeitsbereiche“, erklärt der 27-Jährige. „Dennoch gibt es immer wieder auch Aufgaben, die wir gemeinsam umsetzen.“

## Einhaltung gesetzlicher Auflagen

Eine enge Zusammenarbeit der beiden ist in etwa bei der Qualifizierung der verschiedenen Reinnräume innerhalb des Labors erforderlich. Ein entscheidendes Kriterium ist hier die jeweils vorgegebene Reinheitsklasse, die sich insbesondere danach richtet, ob die Medikamente aus den hier hergestellten Wirkstoffen bei der Behandlung direkt in die Blutbahn der Patienten injiziert werden (IV-Präparate) oder ob sie über den Verdauungstrakt zugeführt werden. „Schon bei der Planung war zu berücksichtigen, dass die verschiedenen gesetzlichen Anforderungen eingehalten werden können“, erklärt Bernd Pevec. „Diese schreiben unter anderem vor, welche Lüftungstechnischen Bedingungen jeweils herrschen müssen, um eine bestimmte Menge an Partikeln in der Raumluft nicht zu überschreiten. Die Kollegen um Antonino Fricano überprüfen dann anschließend, inwiefern wir mit diesen Auslegungen sämtliche Vorgaben tatsächlich erfüllen – ob also zum Beispiel die installierten Rohrleitungen und die eingesetzten Pumpen richtig dimensioniert sind.“ Von grundsätzlicher Bedeutung ist in diesem Zusammenhang





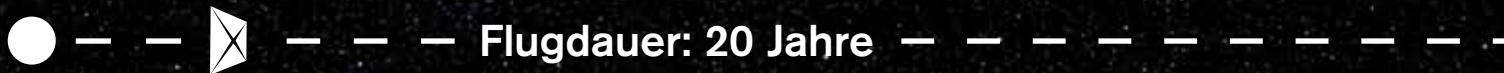
Zwar obliegt Bernd Pevec (l.) die Qualifizierung aller Laborkomponenten und Antonino Fricano die Inbetriebnahme, doch im Rahmen der Reinraumqualifizierung tauschen sich die Brunel Kollegen oftmals aus.

auch die Steuerung des Luftdrucks in den jeweiligen Räumen. Auf der einen Seite muss das Produkt vor einer Verunreinigung durch den Menschen geschützt werden, auf der anderen Seite der Mensch vor einer ungewollten Einnahme des Wirkstoffs. Auch zuvor waren Pevec und Fricano bereits an der Abnahme der vorhandenen Reaktoren, Trockenschränke und Vakuumanlagen beteiligt und haben eng miteinander kooperiert. Letztlich ging es darum, die geeigneten technischen Voraussetzungen zu schaffen, um an sämtlichen Geräten mit Wirkstoffkontakt die gesetzlich definierten Auflagen sicher einzuhalten. „Ausgehend von diesen Vorgaben musste ich zum Beispiel auch überprüfen, ob die verschiedenen

Reaktionsgefäße in dem gewünschten Temperaturbereich von bis zu minus 60 °C ordnungsgemäß funktionieren“, so Fricano. Um sämtliche Aufgaben fach-, termin- und damit budgetgerecht auszuführen, bedarf es nicht nur umfassender technischer Kenntnisse, es ist auch extreme Sorgfalt geboten: „Die GMP-Dokumentation ist sehr umfangreich und benötigt einen genauen Abgleich zwischen den gesetzlich geforderten Unterlagen und den gelieferten Herstellerzertifikaten“, beschreibt Bernd Pevec.

„Nicht zuletzt aufgrund der hohen Verantwortung unserer Tätigkeit ist es mir sehr wichtig, dass ich gerade bei meiner ersten Karrierestation von der langjährigen Berufserfahrung und dem fachspezifischen

Wissen meines Brunel Kollegen profitieren kann“, unterstreicht Antonino Fricano, der seinen Aufgabenbereich als äußerst spannend und abwechslungsreich erlebt und sich auch seine berufliche Zukunft in diesem Segment vorstellen kann. Andererseits nimmt auch Bernd Pevec den Wissenstransfer mit seinem jüngeren Kollegen als große Bereicherung wahr. Im engen Austausch übernehmen die beiden auf diese Weise eine wichtige Rolle bei der Inbetriebnahme des für Bayer so bedeutsamen neuen Gebäudes. „Derzeit ist die Qualifizierung noch nicht komplett abgeschlossen“, berichtet Bernd Pevec über den Status quo.



Erde

Flugdauer: 20 Jahre

# Den Sternen entgegen

Das Projekt Breakthrough Starshot beflügelt den Traum von interstellaren Raumflügen. Innerhalb von 20 Jahren sollen Miniatursonden unser benachbartes Sternensystem erreichen. Das bisher noch theoretische Antriebskonzept birgt das Potenzial zum größten Technologievorhaben der Menschheitsgeschichte. Es verfolgt dabei ein Ziel: neuen Lebensraum für eine Zeit nach der Erde zu erkunden.

**Text** › Jann Raveling

**F**remde Welten, unendliche Weiten – der Weltraum belebt seit jeher unsere Phantasie. Ein Meilenstein zu seiner weiteren Erforschung ist das Projekt Breakthrough Starshot. So sehen es zumindest Stephen Hawking und Mark Zuckerberg. Der Physiker und der Facebook-Gründer gehören neben dem ehemaligen NASA-Wissenschaftler Pete Worden und dem russischen Investor Juri Milner zu den Initiatoren des ambitionierten Vorhabens. Letzterer unterstützt es mit 100 Mio. US-\$ Startkapital.

Das Ziel der Reise ist Alpha Centauri. 4,3 Lichtjahre entfernt, ist es das unserer Sonne am nächsten gelegene Planetensystem. Für normale Raumschiffe wäre der Flug mit 30.000 Jahren Reisedauer jedoch viel zu lang. Deshalb möchte Breakthrough Starshot Miniatursonden auf den Weg bringen, die mit gezielten Laserimpulsen innerhalb von zehn Minuten auf ein Fünftel

der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Die Strecke von der Erde bis zum Mars dauert damit nur noch 30 Minuten, der gesamte Weg 20 Jahre.

Herz der 20 g leichten Sonde ist ein briefmarkengroßer Computerchip, der mit Sensoren, Navigations- und Kommunikationsinstrumenten sowie einer Energieversorgung ausgerüstet ist. Sie ist an einem 4 x 4 m großen, 300 Atomlagen dünnen Solarsegel befestigt, auf das ein Laser von der Erde aus zielt. Die hochenergetischen Photonen des Laserstrahls übertragen ihren Impuls auf das Segel und treiben es an, ähnlich dem Wind bei einer Segelyacht.

Der Laser verbraucht mehrere Gigawattstunden Strom pro Startvorgang. Damit bewegt er aber gleich eine ganze Armada: Ein Mutterschiff bringt tausende Miniaturraumsonden per Rakete von der Erde ins All und positioniert diese dort für die

Beschleunigung. Durch den Massenstart soll dem Verlust einzelner Flugkörper durch Kollision mit interstellarem Staub vorgebeugt werden. An ihrem Ziel angekommen, nehmen die Nanosonden Fotos auf und senden sie erdwärts. Breakthrough Starshot möchte auf diese Weise fremde Sternensysteme auskundschaften, falls der blaue Planet durch Klimawandel, Naturkatastrophen oder Epidemien eines Tages unbewohnbar wird. Derzeit gilt es für die Ingenieure aber noch einige Herausforderungen zu meistern: Etwa die Konstruktion noch robusterer Kleinstkomponenten, das Beseitigen atmosphärischer Störeinflüsse für die Laser oder das rechtzeitige Abbremsen am Zielort. Erste Tests sollen aber bereits in wenigen Jahren zum Mond führen. Einige Kritiker halten das Vorhaben jedoch für technisch nicht durchführbar und zu kostspielig.

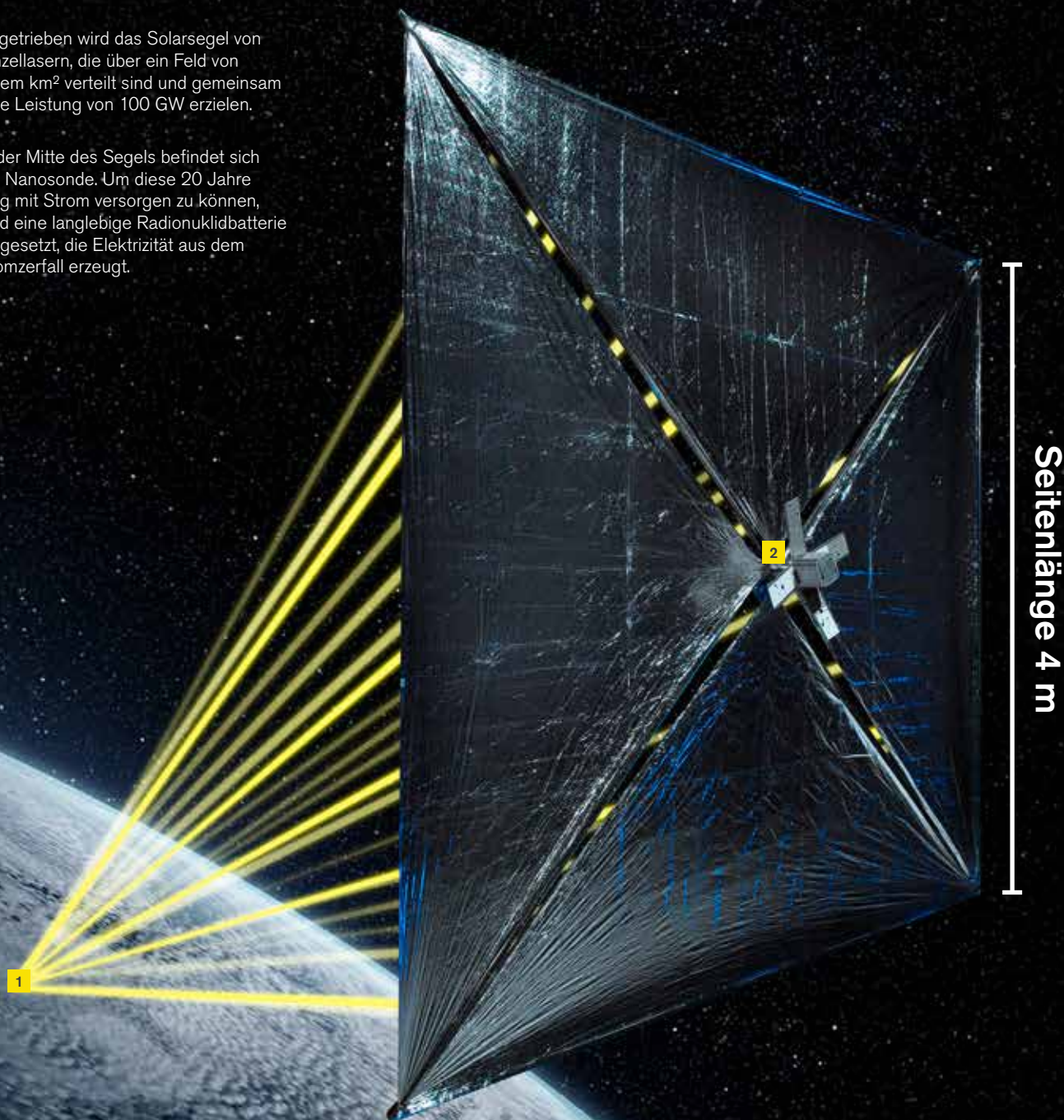
— — — — — Entfernung: 41.060.740.000.000 km — — — — —



Alpha Centauri

**1** Angetrieben wird das Solarsegel von Einzellasern, die über ein Feld von einem km<sup>2</sup> verteilt sind und gemeinsam eine Leistung von 100 GW erzielen.

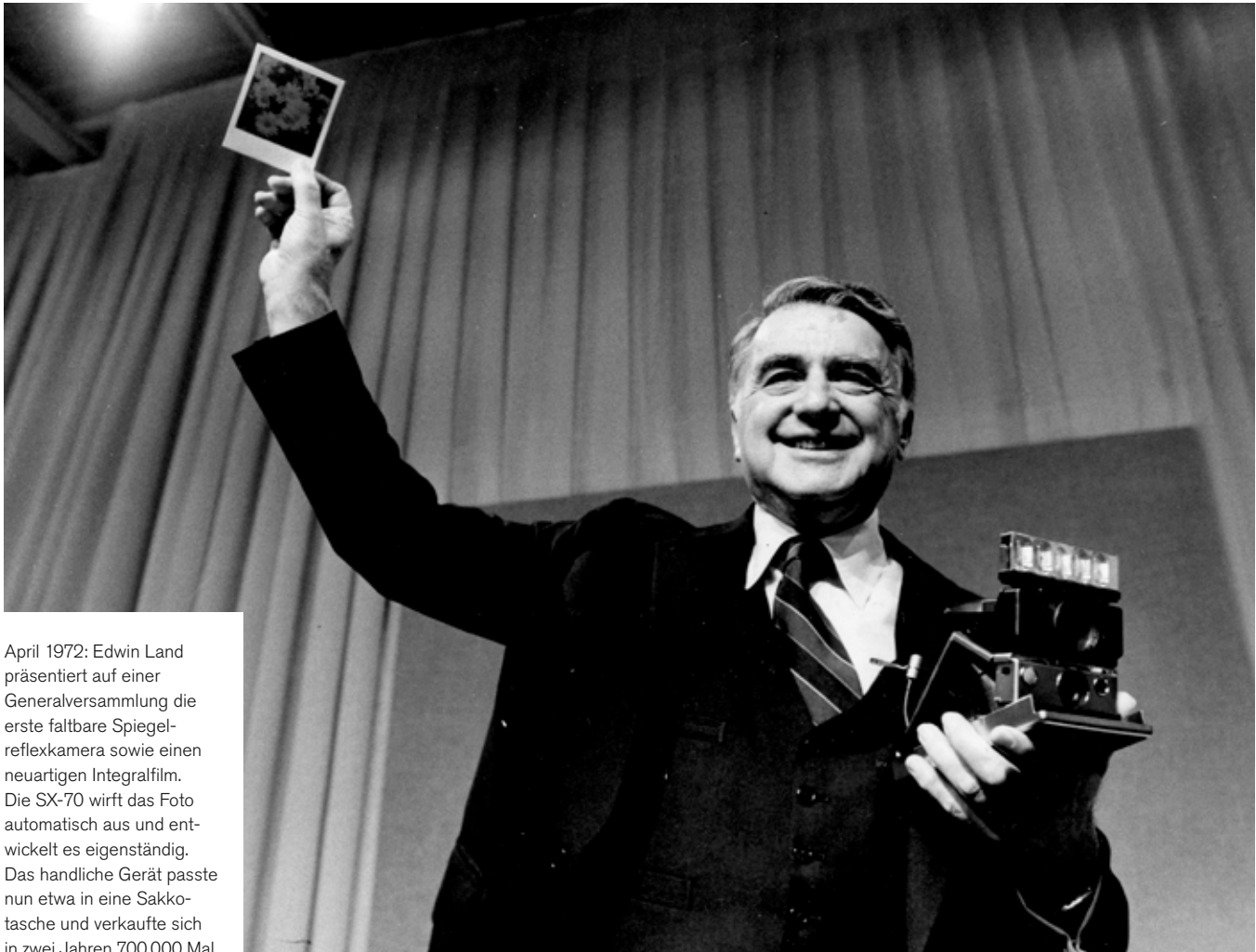
**2** In der Mitte des Segels befindet sich die Nanosonde. Um diese 20 Jahre lang mit Strom versorgen zu können, wird eine langlebige Radionuklidbatterie eingesetzt, die Elektrizität aus dem Atomzerfall erzeugt.



# Die drei Revolutionen der Polaroidkamera

Vor genau 70 Jahren stellte der US-Unternehmer Edwin Herbert Land in New York seine Erfindung einer Sofortbildkamera vor und revolutionierte damit die Fotografie. Zunächst Land Kamera genannt, gab er dem Apparat schließlich den Namen seines auf Sonnenbrillen-Beschichtungen spezialisierten Unternehmens: Polaroid.

**Text** › Gerrit Reichert



April 1972: Edwin Land präsentiert auf einer Generalversammlung die erste faltbare Spiegelreflexkamera sowie einen neuartigen Integralfilm. Die SX-70 wirft das Foto automatisch aus und entwickelt es eigenständig. Das handliche Gerät passte nun etwa in eine Sakko-tasche und verkaufte sich in zwei Jahren 700.000 Mal.

**U**nermüdlichkeit und Unerschrockenheit waren die wohl prägnantesten Wesenszüge von Edwin Land: „Die wichtigste Eigenschaft von Kreativität ist es, keine Angst vor dem Scheitern zu haben“, sagte der Erfinder der Sofortbildkamera einmal. Nach Thomas Alva Edison hat der Sohn eines aus Russland eingewanderten Schrotthändlers mit 533 US-Patenten auch die zweitmeisten angemeldet. Und das, obwohl er zwar als erster Student in der Geschichte der Harvard University Vorlesungen geben durfte, sein Studium der Chemie jedoch ohne Abschluss beendet hatte, um sich ganz der Entwicklung eines kostengünstigen Polarisationsfilters zu widmen, mit dem Licht gefiltert werden kann. Denn schon seit seiner Jugend interessierte sich Edwin Land für die Frage, wie das einstrahlende Sonnenlicht für das Auge reduziert und gefiltert werden könnte. Im damals noch ungebrauchlichen Kunststoff entdeckte er ein vergleichsweise günstiges und vielseitiges Material, das er mit kleinsten Kristallen

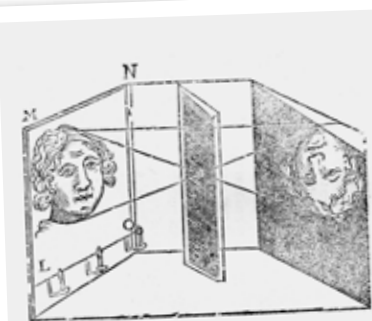
beschichtete, die das Sonnenlicht brechen und filtern. 1932 reichte er die hauchdünne J-Folie beim United States Patent Office ein und ließ drei Jahre später die Marke Polaroid eintragen; die gleichnamige Firma mit Sitz in Cambridge, Massachusetts, folgte 1937. Fortan produzierte Land lichtfilternde Spezialfolien zur Beschichtung von Sonnen- und 3D-Brillen, mit Beginn des Zweiten Weltkriegs auch für die US-Army.

Den Anstoß für die Erfindung der Sofortbildkamera erhielt er sechs Jahre später auf einer Familienfeier. Bei der Taufe seiner jüngsten Tochter Valerie machte der stolze Vater Erinnerungsfotos und wurde dabei von seiner älteren Tochter Jennifer gefragt, warum sie die Bilder nicht sofort sehen könne. Die Technik war schlicht noch nicht so weit: Fotografieren war zu dieser Zeit aufwendig, kostspielig und mit bis zu vier Wochen Entwicklungsdauer langwierig. Edwin Lands Ehrgeiz, diesen Prozess zu beschleunigen, war geweckt und 1947

präsentierte der 37-Jährige seine Sofortbildkamera.

Entscheidend für die technische Lösung war das in seinem Unternehmen bereits angesammelte Know-how. Denn ähnlich wie bei seinen Polaroid-Spezialfolien beschichtete der experimentierfreudige Autodidakt eine Kunststoffolie mit den bei einer Aufnahme zunächst unbelichteten Silbersalzen: das Negativ. Auf das separierte Fotopapier wiederum gab er eine pastenartige Chemikalie, die sowohl die Entwickler- als auch Fixierflüssigkeit enthielt: das Positiv. Durch Belichtung, Druck und zwei Walzen wanderten nun die Silbersalze vom Negativ zum Positiv und das fotografierte Motiv entstand. Sich der Dimension seiner Erfindung bewusst, versprach Edwin Land den geladenen Wissenschaftlern der Optical Society of America am 21. Februar 1947 im Vortragsaal des New Yorker Hotels Pennsylvania eine Revolution. Das vor Ort in 60 Sekunden produzierte Sofortbild, ein Selbstporträt

## Meilensteine der Fotografie



um 900

Islamische Gelehrte erfinden das Abbildungssystem der Camera obscura: ein Kasten mit transparenter Rückwand und einer Öffnung auf der Vorderseite. Damit begründen sie das optische Grundprinzip der Fotografie.



1826

Dem französischen Chemiker Joseph Nicéphore Niépce gelingt erstmals die Fotografiewiedergabe auf einer lichtempfindlich gemachten und mit Asphaltstaub und Lavendelöl bestrichenen Metallplatte (Heliografie).



1841

William Henry Fox Talbot lässt sich ein Gerät patentieren, mit dem Negativbilder auf einer Glasplatte erzeugt werden. Durch die auf fünf Minuten verkürzte Belichtungszeit werden Porträtfotos immer beliebter.

Edwin Lands, löste ein entsprechendes Medienecho aus. Der erfolgreiche Unternehmer dachte aber zunächst nicht daran, seine Erfindung geschäftlich weiterzuentwickeln. Er bot sein Sofortbild-Patent dem US-Fotogiganten Kodak an. Doch der winkte ab: Zwar sei die Erfindung „elegant“, es handle sich aber eher „um ein Spielzeug mit nur begrenzten Marktaussichten“. Getreu seiner Überzeugung „unternimm kein Projekt, wenn es nicht wirklich wichtig ist – und nahezu unmöglich“ ebnete Edwin Land den weltweiten Siegeszug der Sofortbildkamera innerhalb nur eines Jahres also doch selbst. Pünktlich zum Start des Weihnachtsgeschäftes 1948 präsentierte er die zunächst nach ihm benannte Land Kamera, Modell 95. Das Gewicht lag bei 2,5 kg, der Kaufpreis bei 89,50 US-\$ und die Bilder waren schwarz-weiß. „Snap it, see it“ lautete der prägnante Werbeslogan. Schon zehn Jahre später betrug der Umsatz der Polaroid Corporation 59 Mio. \$. Doch Edwin Land

war noch nicht zufrieden: Kleiner, leichter, günstiger und ästhetischer sollte seine Sofortbildkamera werden, die er in Polaroidkamera umbenannte. Jahr für Jahr vergrub sich Land immer wieder tagelang in seinem Büro, aß kaum, zog sich nicht um und verbesserte die Geräte und Filme so stetig. 1963 kamen die erste Polaroid-Farbbildkamera und der Polacolor-Farbfilm auf den Markt.

## Marketing-Vorbild für Steve Jobs

Dazu kreierte Edwin Land einen Marketing-Stil, den sein Verehrer und einstiger Apple-Chef Steve Jobs adaptierte: die persönliche Präsentation neuer Modelle, flankiert von riesigen Bildwänden und Live-Musik. Am 21. Februar 1972, 25 Jahre nach der Premiere in New York, stellte Edwin Land der Weltöffentlichkeit mit der Polaroid SX-70 die erste

faltbare Spiegelreflexkamera vor. Mehr als 500 Mio. \$ hatte Land in die siebenjährige Entwicklung investiert und eigens dafür fünf neue Fabriken gebaut. Die SX-70 wurde zur zweiten Revolution der Polaroid-Technologie und brachte den nimmermüden Erfinder als ersten Chemiker auf die Titelseiten des Time and Life Magazine. Design, innovative Technik, Marketing, der surrende Sound bei der Fotoausgabe und bekannte Polaroid-Fans wie Andy Warhol verschafften der SX-70 weltweit einen Status, an den 35 Jahre später erst wieder das iPhone anknüpfen konnte.

1982 zog sich der Gründer von der Unternehmensspitze zurück. Die Firma zählte weltweit 150.000 Mitarbeiter, der Marktanteil bei Sofortbildkameras lag bei 75 %, die Markenbekanntheit bei nahezu 100 % – Polaroid war zum Synonym des Genres geworden. Sein glückliches Händchen verließ ihn lediglich einmal, als sein Konzept für Bewegtbild den Videokassetten unterlag.



1865

Der Engländer John Traill Taylor erfindet das erste Magnesiumblitzlicht. Es ist jedoch hochexplosiv, sehr kostspielig und bildet Rauch, weshalb es sich zunächst nicht durchsetzt.



1902

Die optischen Werke von Carl Zeiss in Jena bringen das bald weltberühmte Tessar-Kameraobjektiv mit überragender Schärfen- und Kontrastleistung auf den Markt.



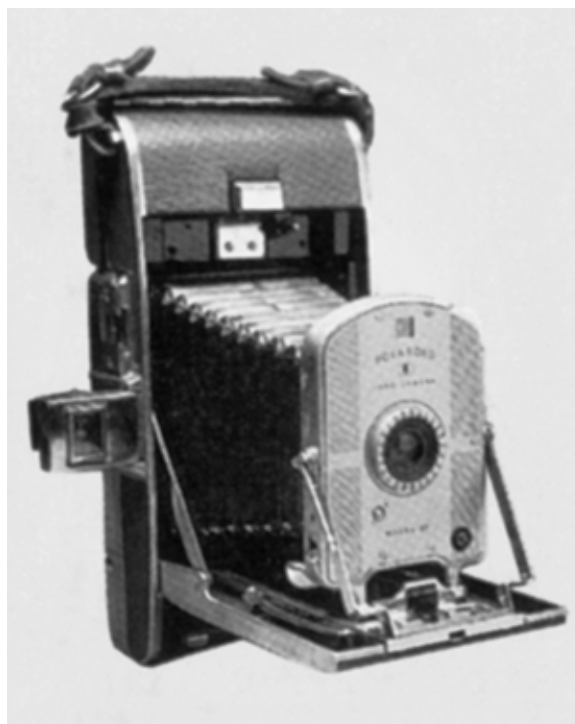
1907

Die Brüder Louis Jean und Auguste Lumière aus Frankreich stellen das von ihnen entwickelte Autochrome-Verfahren zur Anfertigung farbiger Fotografien vor.

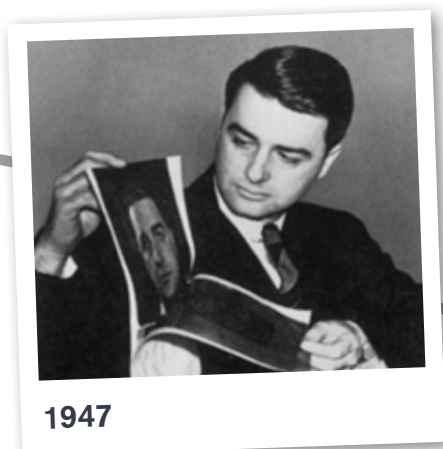


Während Edwin Land mit Ehren überhäuft wurde und sich als wohlhabender Kunst- und Wissenschaftsmäzen einen Namen machte, wollte dem Konzern trotz aller Innovationen keine dritte Revolution mehr gelingen. Nach dem Tod des Gründers 1991 verpasste Polaroid vor allem das digitale Zeitalter. Mit zuletzt 70 Mitarbeitern in der US-Zentrale meldete der Konzern 2001 und 2008 Insolvenz an, 2009 wurden die US-Anteile versteigert.

Der jüngste Retro-Trend mit neuen, digitalen Sofortbildkameras für unveränderliche Momentaufnahmen bescherte der Firma Polaroid aber wieder einen Aufwärtstrend. Erst in diesem Jahr wurden die Markenrechte von der polnischen Investorengruppe Smolokowski übernommen – exakt 70 Jahre nach der Erfindung der Sofortbild-Technik durch Edwin Land.



1948 eine Sensation, nach heutigen Maßstäben ein eher sperriger Apparat: das Modell 95. Anfänglich lagen den Sofortbildkameras detaillierte Gebrauchsanweisungen bei, damit beispielsweise das eigenhändige Abtrennen von Negativ und Positiv auch wirklich gelingt.



**1947**

Der US-Amerikaner Edwin Herbert Land entwickelt mit dem Polaroid-Verfahren die Sofortbildfotografie.



**1965**

Die Firma Honeywell führt mit dem Auto-Strobonar einen ersten elektronischen Fotoblitz mit Belichtungssteuerung ein.

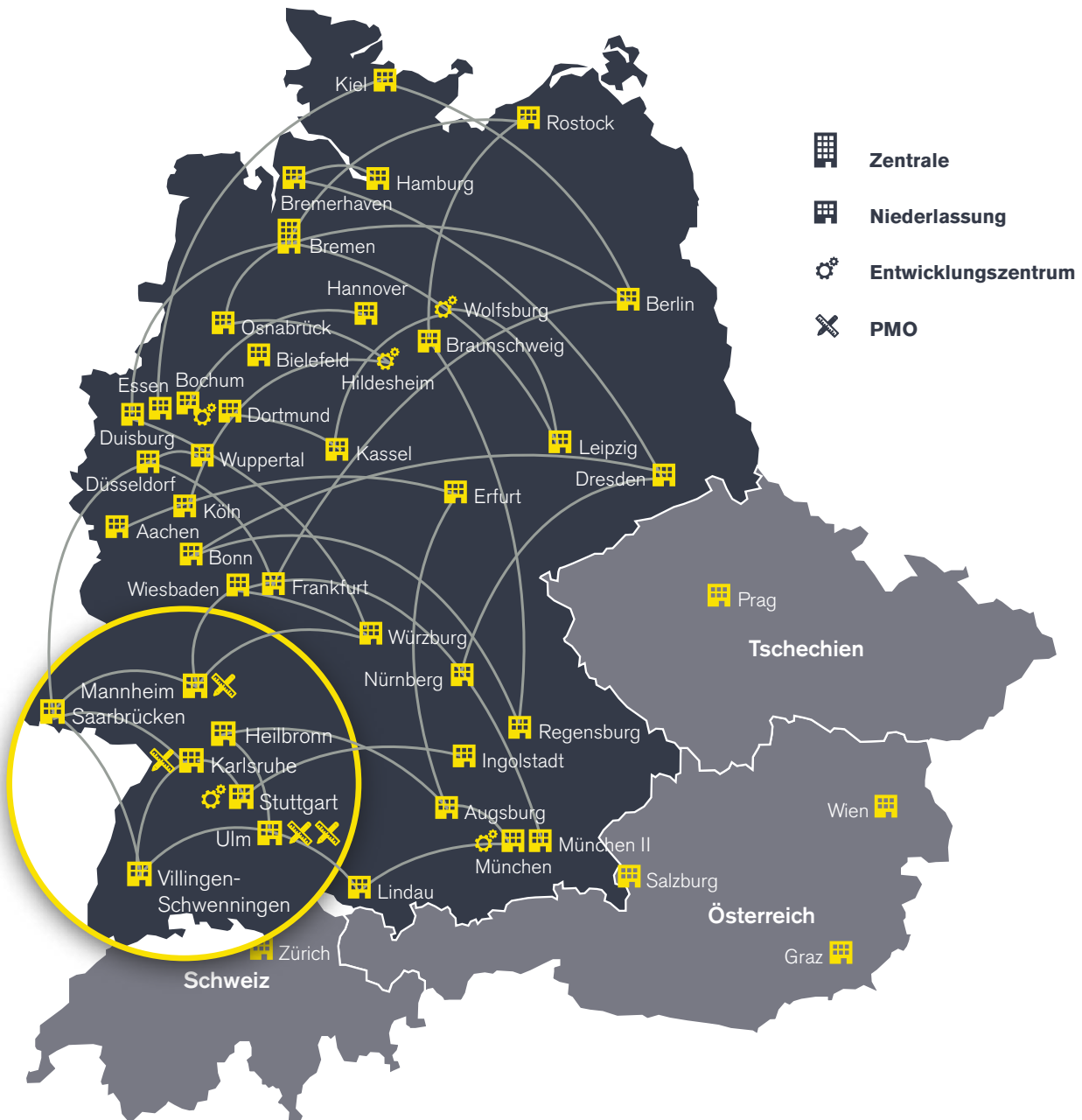


**1999**

Das Toshiba Cameracell ist das erste Handy mit integrierter Kamera und einer Auflösung von gerade einmal 0,1 Megapixeln. Der Auftakt zur Verschmelzung von Telefonie und Fotografie als täglicher Begleiter in der Hosentasche.

## Optimale Synergien für die ganzheitliche Projektabwicklung

Brunel zählt zu den führenden Ingenieurdienstleistern innerhalb der DACH-Region und Tschechiens. Dementsprechend sind die Mitarbeiter nicht nur in den unterschiedlichsten Branchen zu Hause, sondern auch in über 40 Niederlassungen, in Entwicklungszentren oder in den Project Management Offices beim Kunden vor Ort.



# Nähe macht den Unterschied

Der globale Wettbewerb wird härter, der Zeitdruck steigt, die Dynamik und Komplexität von Projekten nimmt zu: Branchenübergreifend stehen Unternehmen vor der Herausforderung, trotz wachsender Anforderungen termingerecht einwandfreie Arbeitsergebnisse abzuliefern. Daher sind neue Modelle für die Projektabwicklung gefragt – so wie die Project Management Offices (PMOs) von Brunel.

**Text** › Jörg Riedel

„Der Erfolg eines Project Management Offices, kurz PMO, steht und fällt mit der Schnelligkeit, mit der es dem Kunden zur Verfügung steht“, erklärt Dipl.-Ing. Peter Bolz, Geschäftsführer der Brunel Car Synergies GmbH. „Brunel ist seit jeher spezialisiert auf die zeitnahe externe Unterstützung und greift hierbei auf ein Netzwerk aus über 40 Standorten in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Tschechien sowie mehr als 3.000 hoch qualifizierten Experten zurück. Diese Infrastruktur und Recruiting-Kompetenz kommen uns auch bei der Ausgründung von PMOs innerhalb nur weniger Wochen zugute“, ergänzt Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dirk Lind, Leiter des Geschäftsbereichs Südwest. In der Praxis bedeutet dies: Brunel Ingenieure, Techniker oder Betriebswirtschaftler übernehmen projektorientiert für Firmen und Einrichtungen aus technologischen Branchen komplette Aufgabenpakete, beispielsweise in den Bereichen Entwicklung, Projektdurchführung, Umweltmanagement oder Arbeitssicherheit – oder wie ganz aktuell in der Gebäudeausrüstung im Automobilsektor oder dem Einkauf im Sondermaschinenbau. Auf diese Weise nehmen sie nicht nur Arbeit ab, sondern verbessern auch die Wertschöpfungsprozesse beim Kunden.

Nach erfolgreicher und fristgerechter Realisierung der gesteckten Ziele wird das PMO genauso schnell wieder geschlossen, wie es errichtet wurde.

Bolz und Lind begannen vor fünf Jahren, ein Konzept für die flexible Projektabwicklung durch PMOs zu entwickeln. Ausgangspunkt war eine europaweite Untersuchung von Brunel Kunden, die zeigte, dass Unternehmen branchenübergreifend vor allem in der Forschung und Technologieentwicklung, aber auch in der Projektumsetzung zunehmend kurze Wege sowie einen direkten Draht zu ihren Dienstleistern erwarten. Brunel trug diesem Trend Rechnung und eröffnete vor zwei Jahren die ersten PMOs. „Unsere Projektteams arbeiten entweder direkt beim Kunden in von Brunel angemieteten und ausgestatteten Büros oder in einem nicht weit entfernten Gebäude“, so Peter Bolz. Dies gewinnt angesichts der immer höheren Dynamik komplexer Entwicklungsprojekte an Bedeutung. Denn verschieben sich in den Projektphasen wichtige Indikatoren, hat dies Auswirkungen auf nachfolgende Aufgaben. „Projekte sind lebendig“, veranschaulicht Bolz, „hier ist ein beständiger Face-to-Face-Austausch zwischen Kunde und Dienstleister wichtig, um etwa Zwischenschritte



## Porträt Peter Bolz

Dipl.-Ing. Peter Bolz (59) ist seit 2006 bei Brunel und seit 2013 Geschäftsführer des Entwicklungszentrums Brunel Car Synergies GmbH. Nach Abschluss seines Studiums war er zunächst international als Prüffingenieur für Berg- und Tunnelbaufahrzeuge tätig und wechselte dann in die Automobilindustrie.



## Porträt Dirk Lind

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dirk Lind (46) arbeitet seit 2004 bei Brunel, zunächst als Leiter der Niederlassung Mannheim, 2014 übernahm er die Leitung des Geschäftsbereichs Südwest. Zuvor war er für verschiedene Unternehmen als Business Unit Manager und Supply Chain Manager im In- und Ausland tätig.



### 01

Vor der Ausgründung eines Brunel PMOs wird in einem internen Prüfprozess definiert, in welchem Rahmen das Projekt umgesetzt werden kann. Ein Grund dafür, dass sich diese flexiblen Modelle bereits mehrfach in der Praxis bewährt haben.

### 02

Austausch auf persönlicher Ebene, regelmäßige Überprüfungen des Status quo – in hochtechnologischen Projekten eine tagtägliche Aufgabe, die die PMO-Teamleitung für und mit dem Kunden umsetzt.

zu besprechen oder Meilensteine neu zu priorisieren.“

Dieser erhöhte Abstimmungsbedarf kennzeichnet nahezu jeden Wirtschaftszweig, so Dirk Lind: „PMO-Modelle passen deshalb prinzipiell zu allen technischen Branchen, die in sich abgeschlossene Projekte auslagern. Die räumliche und fachliche Nähe zum Kundenunternehmen entscheiden dann darüber, welche Niederlassung das PMO managen wird. Denn unsere Standorte haben unterschiedliche Know-how-Schwerpunkte.“ Die Projektteams sind nach einer klaren Hierarchie strukturiert, wobei die Teamleitung die Koordination und Kommunikation mit dem Kunden sowie die inhaltliche Führung verantwortet und die Kapazitäten plant. Für alle übergeordneten organisatorischen Themen, wie die Suche nach einer geeigneten Immobilie oder das allgemeine Management der PMOs, sorgt entweder eine Brunel Niederlassung oder Brunel Car Synergies. Den rechtlichen Rahmen für die Übernahme des zeitlich befristeten PMO-Arbeitspakets bilden Werkverträge.

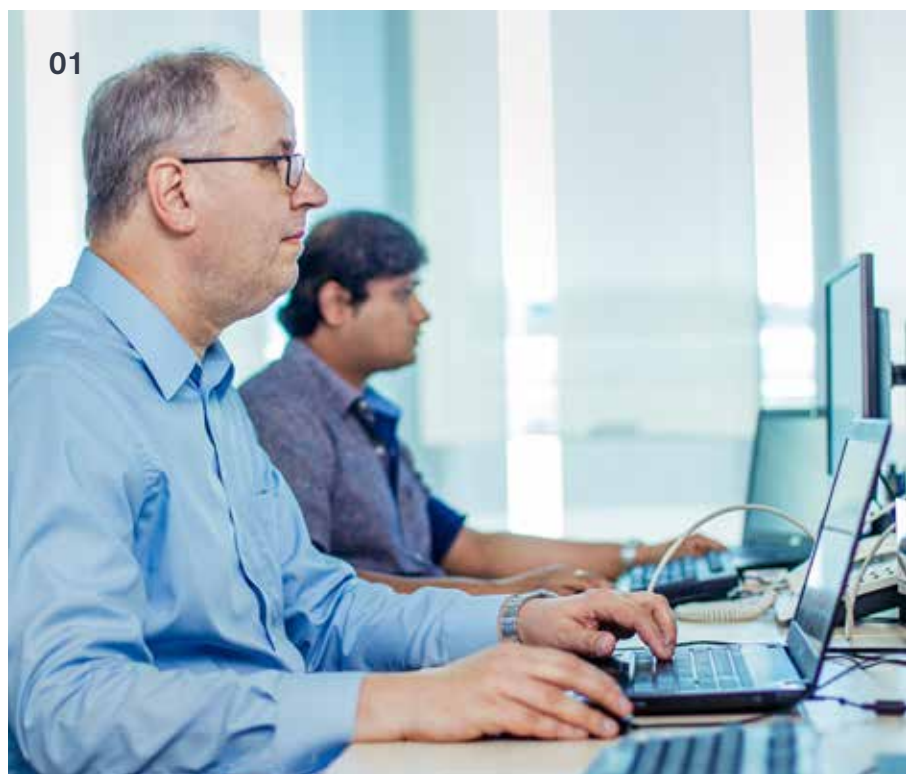
Derzeit unterstützt Brunel mit vier PMOs Großunternehmen der Automobilindustrie, der Schienenverkehrstechnik, der Elektro- und Metallbranche sowie des Sondermaschinenbaus. „Wirtschaftlich sinnvoll sind diese ab einer Laufzeit von mehr als sechs Monaten, in der eine kontinuierliche Arbeitsauslastung des Projektteams sichergestellt ist. Für einen unserer Kunden haben wir etwa ein PMO zur Organisation des Einkaufs eingerichtet und unterstützen hier in kaufmännischen Disziplinen“, so Dirk Lind.

## Flexibilität als Alleinstellungsmerkmal

„Von der Bedarfsanforderung über die Terminvereinbarungen und Bestellung bis zum Einkauf selbst tragen wir die komplette Verantwortung.“ Das Team wurde wie für jeden Einsatz individuell und in Abhängigkeit zum Projektumfang zusammengestellt, sodass jeder Aufgabenbereich durch entsprechende Experten bedient werden kann.

Die Arbeitsgruppen werden dabei personell bewusst überschaubar gehalten, denn das Alleinstellungsmerkmal der PMOs liegt in ihrer Flexibilität. Das Management erfolgte in diesem Fall von der Brunel Niederlassung in Ulm aus, etwa 50 km vom Standort des Kunden entfernt. „Unser dortiges Team ist eingespielt, daher bedeutet die Entfernung vom PMO zur Niederlassung kein Problem“, ergänzt Lind. „Alle Managementaufgaben rund um das Büro lassen sich auch mittels moderner Kommunikationstechnologie aus der Distanz ausführen. Wichtig ist, dass die fachlichen Ansprechpartner und diejenigen, die das Projekt umsetzen, beim Kunden vor Ort sind.“ Hier ist dann auch eine enge Datenanbindung zum Kundenprojekt sichergestellt.

Ein anderes PMO konzipiert für einen Automobilhersteller die technische Gebäudeausrüstung für eine Fertigungslinie inklusive der Planung der Stromversorgung, der Wasserzugänge oder der innerbetrieblichen Versorgungslogistik. Dirk Lind: „Der Auftrag ist klar umrissen, erfordert jedoch regelmäßige Begehungen und Bemaßungen vor Ort – ein ideales Arbeitspaket für ein PMO.“ Dieses konnte mit einer Vorlaufzeit von knapp vier Wochen errichtet werden. „Den größten zeitlichen Aufwand beansprucht dabei in der Regel die Suche nach den geeigneten Arbeitsflächen und das Einholen der Betriebserlaubnis“, erklärt Peter Bolz. „Die EDV-Anbindung und die restliche Infrastruktur ist dagegen schnell betriebsbereit.“ Da das Unternehmen gleichzeitig auch Brunel Car Synergies als Entwicklungsdienstleister mit akkreditiertem Prüflabor beauftragt hat, ergeben sich hier ausgezeichnete Synergieeffekte. „Gerade dieses Beispiel zeigt, dass die PMOs eine ideale Ergänzung unserer Angebotsstruktur sind“, fasst Peter Bolz zusammen. „Bestehende Kunden können die Zusammenarbeit mit Brunel projektweise ausbauen. Neukunden haben die Möglichkeit, uns über ein anspruchsvolles und dennoch klar abgegrenztes Projekt kennenzulernen.“





# Der größte Schiffstunnel der Welt

Texte › Jann Raveling

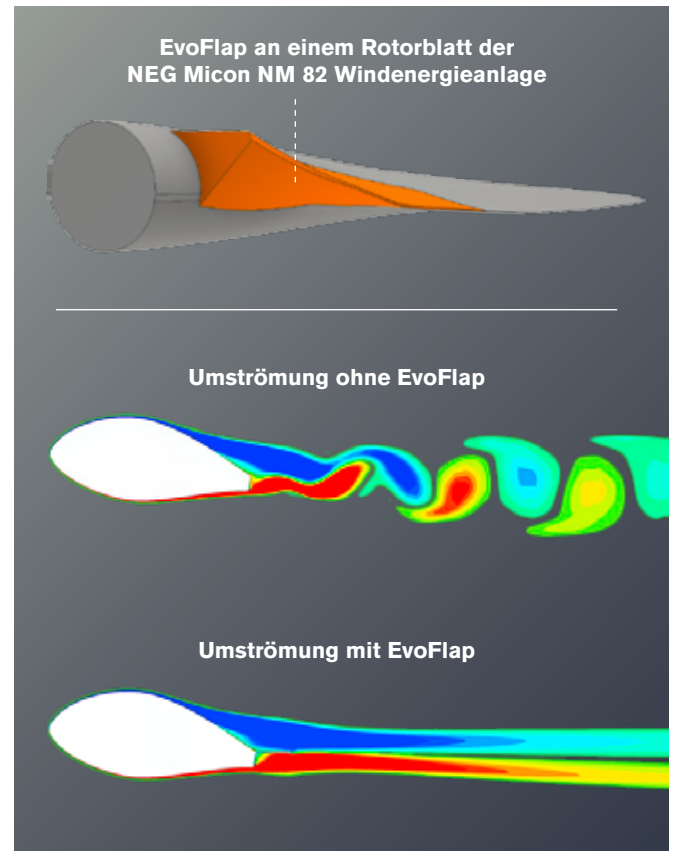
In Norwegen entsteht ab 2019 der weltweit größte Schiffstunnel. Er durchquert auf 1,7 km eine Landenge der Halbinsel Stadlandet, rund 300 km nördlich von Bergen. Mit 36 m Breite und 49 m Höhe können auch Ozeanliner mit bis zu 16.000 BRT (Bruttoregistertonnen) das Bauwerk passieren. Bis zu 120 Kreuzfahrt- und Frachtschiffe sollen täglich hindurchgeschleust werden. Die zehninütige Passage erspart bei durchschnittlich acht Knoten somit die Umrundung der Halbinsel. Daneben dient das Großprojekt mit einem geplanten Budget von 300 Mio. € vor allem der Sicherheit:

Die Gewässer rund um Stadlandet gelten aufgrund von Meeresströmungen, Untiefen und hohem Wellengang als gefährlich für die Schifffahrt. Hauptnutzer des Stad-Skipstunnels werden Post- und Passagierschiffe der Hurtigruten sein. Die norwegische Regierung erhofft sich so auch einen zusätzlichen touristischen Magneteffekt. Um die Fertigstellung bis 2023 realisieren zu können, werden mittels Sprengungen und Tunnelbohrmaschinen rund 8 Mio. t Gestein aus dem Fels getrieben. Ein ähnliches Verfahren kam bereits beim Bau des schweizerischen Gotthardtunnels zum Einsatz.



## Ruhezonen durch Gegenvibration

Hohe Lärmpegel, ob im Büro oder in den eigenen vier Wänden, erhöhen das Stressniveau und erschweren die Konzentration. Mit Muzo soll es möglich sein, gezielt Umgebungsgeräusche zu unterdrücken und so für ein besseres Raumklima zu sorgen. In dem handlichen Gerät steckt eine ähnliche Technologie wie auch in Noise-Cancelling-Kopfhörern: Ein Mikrofon nimmt Geräusche auf und ein Lautsprecher überlagert diese mit diametralen Schallwellen, sodass sie sich gegenseitig aufheben. Angebracht an Fenstern oder anderen ebenen Untergründen nutzt das 350 g leichte Technik-Gadget die Oberfläche als Resonanzkörper, was die genaue Schallquelle nahezu unerkennbar machen soll. Muzo kann auf der Arbeit, in Restaurants oder auch im heimischen Schlafzimmer eingesetzt werden und verfügt über verschiedene Betriebsmodi, die etwa die Schlafqualität erhöhen oder auch eigene Unterhaltungen für andere unhörbar dämpfen. Dank einer App lässt sich das Gerät aus der Ferne steuern. Derzeit befindet sich Muzo noch in der Finanzierungsphase, ein Markteintritt ist aber für Ende 2017 vorgesehen.



## Leistungsschub für Windkraftanlagen

Mit EvoFlap hat der Bremer Ingenieur Dr. Frank Kortenstedde ein Strömungselement entwickelt, das die Leistung von Windkraftanlagen zwischen 3 und 5 % erhöht. Es eignet sich vor allem für Bestandsanlagen im Leistungsbereich von 1 bis 3 MW, von denen allein in Norddeutschland rund 6.000 Stück in Betrieb sind. Das Retrofit-Element verändert die Umströmung des Rotorblattes aerodynamisch günstig, sodass sich das Drehmoment des Blattes steigert. EvoFlap besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff – genau wie das Rotorblatt selbst – und wird auf dieses auf laminiert, wodurch eine feste Einheit entsteht. Es ähnelt optisch einer Lamelle, die an der Blattwurzel sitzt. Das Design wird an jeden Rotorblatttyp individuell angepasst. Bis vor Kurzem befand sich das Bauteil noch in der Entwicklungsphase und wurde durch Computersimulationen stetig optimiert. Im September 2017 erfolgte dann die Erprobung auf Forschungswindanlagen. Nach rund vier Jahren intensiver Arbeit soll EvoFlap 2018 an den Markt gehen.

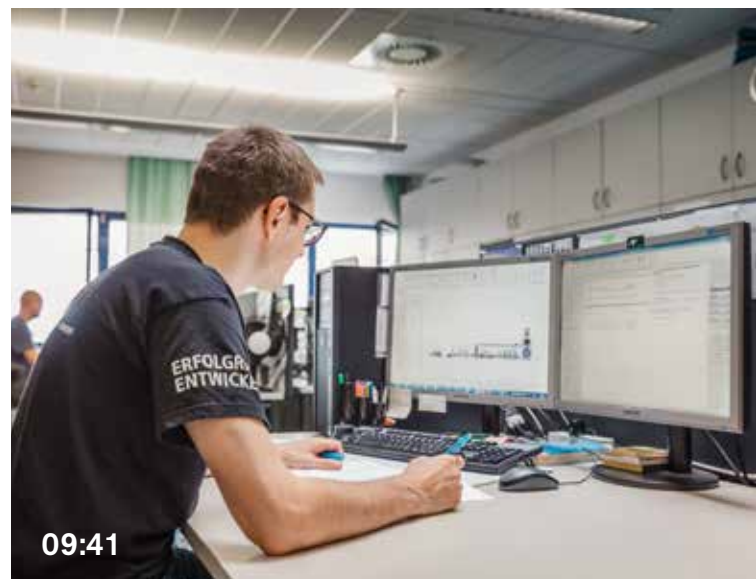


# Konstruktions- kompetenz mit Biss

Seit zwei Jahren unterstützt Brunel Mitarbeiter Sascha de Klerk die Haas Food Equipment GmbH bei der Konstruktion von Anlagen für die Produktion von Waffeln, Keksen oder Kuchen. 20 verschiedene Gebäckformanlagen hat er in dieser Zeit mit auf den Weg gebracht, die weltweit produziert und vertrieben werden.

**Text** › Stine Behrens





**E**s ist 7:20 Uhr, als Sascha de Klerk sein Auto auf dem Gelände von Haas im österreichischen Leobendorf parkt. Zehn Minuten später sitzt er an seinem Schreibtisch im ersten Stock des Gebäudekomplexes von Haas-Meincke, einem von vier Unternehmen der Haas Gruppe, und fährt seinen Computer hoch.

Der mechanische Konstrukteur teilt sich seit zwei Jahren das Büro mit rund 50 Konstrukteuren, Einkäufern und Projektmanagern und schätzt die Vorteile des Großraumbüros: „Wenn ich einen Sachverhalt zu klären habe, gehe ich zu meinem Kollegen hinüber, statt ein Meeting einzuberufen. Diese unkomplizierte Abstimmung ist sehr hilfreich, weil die Projektzeitpläne stets eng sind, um die Fertigung voll auszulasten.“ Zwischen Auftragserteilung und Auslieferung einer Gebäckformmaschine liegen je nach Art und Größe zwei bis acht Wochen. Um die Deadlines zu halten, arbeiten Sascha de Klerk und die anderen Konstrukteure außerdem immer an zwei Projekten parallel – einem in der Konstruktions- und einem in der Fertigungsphase. Dieses abwechslungsreiche Arbeiten gefällt dem 26-Jährigen: „Jeder Auftrag ist eine neue Herausforderung,

denn jeder Kunde bekommt eine exakt auf seine Ansprüche abgestimmte Anlage.“ In seiner Mailbox erwarten den Absolventen der österreichischen Höheren Technischen Lehranstalt (HTL) an diesem Morgen diverse E-Mails mit Änderungen für Lastenhefte. „Nachträgliche Optimierungen an einer Maschine werden schriftlich an alle Konstrukteure bei Haas-Meincke weitergeleitet, damit sie die Verbesserungen bei künftigen Konstruktionen berücksichtigen können“, erklärt Sascha de Klerk. „So werden Wissen und Erfahrungswerte stetig weitergegeben.“ Er legt die Nachrichten ab, um sie bei Bedarf zur Hand zu haben. Anschließend widmet er sich einer für ihn neuen Thematik, über die er gerade per E-Mail informiert wurde: Eine von de Klerk mitkonstruierte Keksanlage sollte heute Vormittag in der Verpackungshalle von Haas in einen Container verladen werden und sich per Lkw auf den Weg zum Kunden machen. Allerdings ist die Maschine zu groß für den Transportcontainer. „Die Anlage wurde kurzfristig auf Kundenwunsch erweitert und somit vergrößert“, berichtet Sascha de Klerk. „Die Überschreitung der Containermaße war minimal – ein Problem, das die Kollegen normalerweise durch das

### 07:20

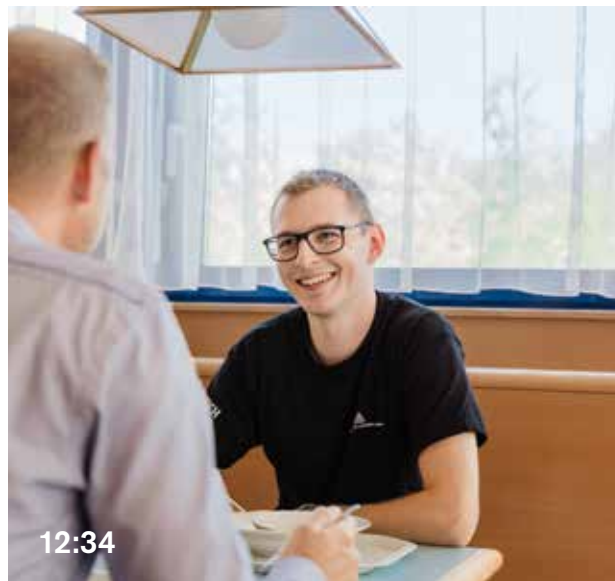
Der Parkplatz der Haas Food Equipment GmbH füllt sich schnell: Am Hauptsitz in Leobendorf arbeiten 620 Mitarbeiter. Seit 1975 werden hier Keks- und Gebäckformmaschinen gefertigt.

### 09:41

Konzentriert erarbeitet der Brunel Experte einen Vorschlag für die Zerlegung einer Maschine, die umgehend ausgeliefert werden soll.



11:55



12:34



13:17

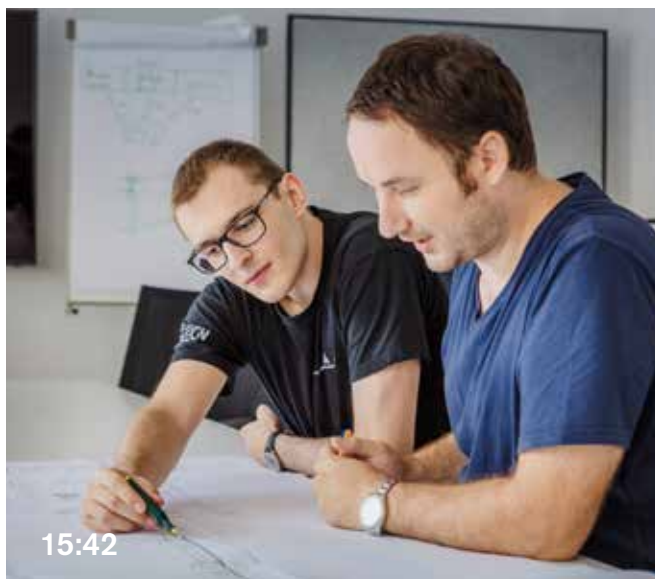
Abmontieren der FüÙe lösen, was in diesem Fall aus technischen Gründen nicht möglich war.“ Hektik ist bei dem Brunel Experten trotz der außergewöhnlichen Situation nicht zu spüren: „Das wichtigste ist nun, schnell und besonnen zu reagieren. Die Maschine wird per Gabelstapler zurück in die Fertigung gebracht und ich erarbeite mit CREO und AutoCAD Vorschläge, wie sie zerlegt und platzsparender transportiert werden kann. Konstruiert wird in 3D, kommuniziert in 2D – schließlich haben nicht alle Kunden ein 3D-Programm zur Verfügung.“ Zwei Stunden

später trifft er sich in der Fertigung im Erdgeschoss des Haas-Meincke-Gebäudes mit dem Projektmanager, dem Konstruktionsleiter und einem Mitarbeiter aus der Produktion. Auch sie strahlen Ruhe aus, denn sie sind sich sicher, dass sich die Verzögerung auf einen Tag beschränken wird. Die vier diskutieren de Klerks Vorschläge und entscheiden: Die Anlage wird in den nächsten Stunden gemäß der Pläne auseinandergenommen und dann zurück in die Verpackungshalle gebracht, um neu verladen zu werden.

Um 12 Uhr sitzt Sascha de Klerk wieder an seinem Rechner und legt weitere E-Mails mit Änderungen für die Lastenhefte ab. 30 Minuten später geht er mit einem Kollegen in die Kantine im Nebengebäude. In der Regel sprechen die beiden in der Mittagspause nicht über die Arbeit. Heute aber diskutieren sie die Verladeproblematik, die auch für den Kollegen neu ist und über die Sascha de Klerk später die anderen Konstrukteure von Haas-Meincke per E-Mail informieren wird, damit sie diese in ihren Entwürfen berücksichtigen. Da die Fertigung

Sascha de Klerks Spezialgebiet ist die Konstruktion der Teigeinbringung, die die Dosierung und Einführung des Keks- oder Waffelteiges in die Backform vornimmt. Dabei arbeitet er nicht nur am Bildschirm, sondern ist auch während der Produktion Ansprechpartner für die dortigen Kollegen.





15:42



16:28

keine weiteren Rückfragen zur Zerlegung der Keksanlage hat, widmet sich Sascha de Klerk ab 13:10 Uhr der Konstruktion einer Gebäckformmaschine für einen Kunden aus den USA.

## Normen-Wissen für internationale Kunden

Die Haas Gruppe hat Standorte in den Niederlanden, Dänemark, Brasilien, China und den USA. Entsprechend häufig wickelt der Brunel Experte Projekte für internationale Kunden ab, bei denen er länderspezifische Normen und Zertifizierungen beachten muss. Für den amerikanischen Markt gelten die UL- und die ANSI-Norm, die den deutschen DIN-Normen entsprechen. Die Herausforderung des aktuellen Projekts ist jedoch nicht die Bürokratie: Der Kunde will die Maschine anders platzieren als ursprünglich geplant und der Durchbruch in der Hallendecke passt nun nicht mehr zum Layout der zweigeschossigen Gebäckformmaschine. Da vor allem die von Sascha de Klerk konstruierte Teigeinbringung verlegt werden muss, beginnt er digital mit deren

Umbau. Für ihn keine alltägliche, aber auch keine außergewöhnliche Aufgabe: „In der Konstruktionsphase geschieht es häufig, dass sich Details wie dieses ändern. Solche Verzögerungen sind einkalkuliert, sodass wir keinen zusätzlichen Druck haben.“ Seine Rohentwürfe wird er später an den Projektmanager und die beteiligten Konstrukteure senden: „Nach deren Okay arbeite ich die Änderungen weiter aus und leite sie an den mechanischen Konstrukteur weiter, der für den nächsten Anlagenabschnitt zuständig ist.“

Die Layout-Anpassungen der Gebäckformmaschine dauern den ganzen Nachmittag und kurz vor Feierabend informiert Sascha de Klerk den Projektmanager über den aktuellen Stand der Umbaumaßnahmen – der Rohentwurf ist nahezu fertig. Um 16:30 Uhr sitzt er wieder in seinem Auto und schmunzelt beim Anblick einer Kekspackung auf dem Beifahrersitz: „Ich esse heute nicht mehr Kekse als früher und denke dabei auch nicht die ganze Zeit an die Arbeit. Aber gerade bei neuen oder extravaganten Produkten überlege ich schon, wie die wohl produziert wurden.“

### 11:55

Meetings finden oft direkt im Erdgeschoss des Haas-Meincke-Gebäudes in der Produktion statt.

### 12:34

In der Mittagspause heißt es: abschalten, durchatmen – und nur in Ausnahmefällen über die Arbeit reden.

### 13:17

Konstruktion am Reißbrett: Sascha de Klerk prüft, ob die fertigen Komponenten der Gebäckformmaschine mit seiner Zeichnung übereinstimmen.

### 15:42

Kurze Wege: Spezialist de Klerk und sein Projektmanager besprechen den Status quo einer aktuellen Konstruktion.

### 16:28

Feierabend nach einem abwechslungsreichen, aber trotzdem normalen Arbeitstag.

# Eine Idee, worum es hier geht?



Schüler entdeckten dieses mysteriöse Gerät im Frühjahr 2013 auf dem Dachboden des Augsburger Holbein-Gymnasiums. Es ist mit Wasserwaagen, Winkelkranz, Objektiv, Pendel und Spulen ausgestattet. Doch wofür es genutzt wurde, darüber zerbrachen sich selbst

hochrangige Experten den Kopf. Die Lösung brachte erst eine internationale Ausschreibung der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften: So diente das Fundstück zur Messung elektrischer Ströme nach dem Prinzip eines Galvanometers. Es wurde um

1850 in einer feinmechanischen Werkstatt in Wien gebaut und seitdem für eine noch genauere, geeichte Strommessung im Sinne eines Nadel-Galvanometers mehrfach umgerüstet. Dies erschwerte eine plausible Erklärung zusätzlich.



## Wer hat's erfunden? Die Lebensmittelkonservierung

**Text** › Bastian Korte

Wieso verdanken wir einem adeligen Staatsoberhaupt und einem Zuckerbäcker aus Paris den heutigen Verzehr haltbarer Lebensmittel? Die Antwort findet sich auf den Schlachtfeldern Europas. Denn während der Revolutionskriege stand Napoleon Bonaparte vor der Herausforderung, sein riesiges Heer zu ernähren: Ende des 18. Jahrhunderts starben mehr Soldaten an Hunger als durch feindliche Truppen, sodass der Feldherr unter allen Franzosen

12.000 Goldfrancs für ein Konservierungsverfahren auslobte. Die Lösung lieferte Nicolas Appert. Der gelernte Meisterkoch mit eigener Konditorei widmete sich viele Jahre der Aufgabe, Lebensmittel dauerhaft haltbar zu machen. In einer eigens eingerichteten Versuchswerkstatt entwickelte Appert dann peu à peu sein Erfolgsrezept: Er entkeimte Obst durch Erhitzung auf 100 Grad Celsius und verschloss dieses luftdicht in Glasflaschen. Im Jahr 1810 erhielt er neben Napoleons

Geldsegen die Urkunde „für die Kunst, alle animalischen und vegetabilischen Substanzen in voller Frische zu erhalten“ sowie den französischen Ehrentitel „Wohltäter der Menschheit“. Mit seinem Preisgeld gründete er eine Manufaktur für stabilere Blechkonserven. Diese Dosen überlebten sogar ihren Erschaffer: Eine Dekade nach Apperts Tod wurde 1851 auf der Weltausstellung in London eine 38 Jahre alte Büchse geöffnet. Ihr Inhalt war einwandfrei und genießbar.



## Der Natur auf der Spur

Menschen und Roboter arbeiten in der Fabrik der Zukunft Hand in Hand. Damit dabei niemand verletzt wird, hat der 17-jährige Mauritz Fethke einen flexiblen und zugleich ungefährlichen Roboterarm konstruiert. Sein Vorbild stammt aus dem Tierreich.

**Text** › Jann Raveling

In einem Elefantenrüssel stecken über 40.000 Muskeln. Das macht ihn beweglich, präzise und greifstark. Der bionische Elefantenrüssel von Mauritz Fethke ahmt dies nach: Mittels Pneumatik lässt sich der vom Schüler aus dem niedersächsischen Steinkirchen entwickelte Robotergreifarm in jede Richtung bewegen. „Vor sechs Jahren habe ich einen Fernsehbeitrag zur Roboter-Mensch-Interaktion gesehen – da kam mir die Idee“, berichtet er. Seitdem entwickelt er sein System stetig weiter. Heute besteht es aus einem Doppelkompressor, der Druckluft und Vakuum erzeugt, um neun Gummi-Lenkmanchetten zu expandieren oder zusammenzuziehen. Eine Kombination aus Sensoren und Magnetventilen kontrolliert den Luftstrom und ermöglicht eine exakte Ausrichtung des an der Spitze befestigten Greifers. Dieser besteht aus Silikon und trägt Lasten von rund 0,75 kg. Dank eines motorisierten Fahrgestells kann sich der Rüssel auf ebenem Untergrund fortbewegen.

„In der Industrie könnte mein Roboter die ‚dritte Hand‘ sein, im Alltag käme er für die Unterstützung von alten oder hilfebedürftigen Personen infrage“, beschreibt Fethke. Denn die luftgefüllten Lenkmanchetten geben bei Gegendruck dank des Ziehharmonikaeffekts leicht nach – der Roboterarm kann Menschen damit nicht gefährden. Ein großer Vorteil, denn aktuelle Roboter müssen häufig noch in

Schutzkäfigen agieren. 2016 wurde Fethkes Ansatz im Bundeswettbewerb Jugend forscht mit Sonderpreisen in den Bereichen Technik und Robotik ausgezeichnet, in diesem Jahr folgte die Präsentation auf der Hannover Messe. „Eine einmalige Erfahrung. Der Arm stieß auf großes Interesse und viele Industrievetreter gaben mir wertvolle Tipps für die Weiterentwicklung“, sagt der Jungforscher, der bereits unzählige Arbeitsstunden in den Greifarm investiert hat – besonders vor großen Wettbewerben: „Da bekomme ich wenig Schlaf, denn ich kann einfach nicht aufhören.“

Der Weg zur Marktreife ist noch lang. Derzeit steht die Software-Optimierung im Fokus: Der Roboter ist via Touchpad steuerbar, soll aber auch autonom funktionieren. Außerdem arbeitet der Zwölfklässler an einer noch präziseren Greifarmsteuerung und ist dabei Autodidakt: Sowohl die Mechanik als auch die Software-Programmierung mittels des Einplatinen-Computers Raspberry Pi hat er sich selbst beigebracht. Dabei kam es auch immer wieder zu Rückschlägen, „aber die motivieren mich, das ist eine total spannende Zeit.“ Nur bei einigen mechanischen Komponenten wie den Plexiglas-Zwischenplatten half ein örtliches Unternehmen bei der Fertigung. Nach dem Abitur möchte der begeisterte Fußballer dem Tüfteln treu bleiben und Wirtschaftsingenieurwesen studieren.

# Tour de Technik Schweden

Technologische Besonderheiten, einzigartige Bauwerke – auf Reisen durch Schweden erwarten technikinteressierte Besucher zahlreiche Entdeckungen. Unsere Kurztipps für eine Sightseeing-Tour der besonderen Art.



1

## Radiostation in Grimeton

Der einzige noch funktionsfähige Maschinensender im Längstwellenbereich zählt zum UNESCO-Weltkulturerbe. 1924 mit seinem Antennensystem aus sechs jeweils 127 m hohen Masten in Betrieb genommen, war er ein Meilenstein auf dem Weg zur globalen drahtlosen Telegrafie.



2

## Globen und SkyView in Stockholm

Die Veranstaltungshalle ist Wahrzeichen der Stadt und mit einem Durchmesser von 110 m und 85 m Höhe das größte kugelförmige Gebäude der Welt. Zusätzliches Highlight: der gläserne Gondelaufzug entlang der Fassade bis zur Spitze des Globen.



3

## Esrange-Raketenbasis nahe Kiruna

In einem menschenleeren Waldgebiet gelegen, starten von der zivilen Forschungsstation Stratosphärenballons sowie Raketen ins All und landen auch wieder genau dort. Mit den Experimenten werden Schwerelosigkeit, Ozonschicht oder Polarlichter ergründet.

## Impressum

### Redaktionsanschrift

Brunel GmbH | Redaktion Der Spezialist  
Franz-Rennefeld-Weg 4 | 40472 Düsseldorf  
der-spezialist.de@brunel.net  
T +49 211 695 600-43

### Herausgeber und Erscheinungsweise

Brunel GmbH / 2 Ausgaben pro Jahr, Auflage 28.000 Stück

### Verantwortlicher Redakteur (v. i. S. d. P.)

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

### Redaktion

DIALOG Public Relations, Bremen

### Gestaltung

GfG / Gruppe für Gestaltung GmbH, Bremen

### Druck

Druckerei Girzig + Gottschalk GmbH, Bremen

### Fotografie (Copyrights)

GfG / Gruppe für Gestaltung GmbH (Titel, S. 3, S. 4 Mitte und rechts, S. 5 unten, S. 12–15, S. 25–26, S. 32–35, S. 42–43, S. 47 links, S. 48–51), Axel Hess (S. 4 links, S. 5 oben, S. 17–19, S. 44 rechts, S. 45), ELiSE / AWI (S. 5 Mitte, S. 8 rechts, S. 9), Julien Crespin / SEM facility of the Weizmann Institute (S. 6–7), Paul Bomke (S. 8 links), FOUR MOTORS GmbH / Grafik: IfBB (S. 10–11), China Hopson (S. 11 rechts), iStock (S. 16, S. 22–23, S. 27 unten, S. 36–37, S. 47 links), Juri Lang (S. 21), Omar Yaghi (S. 24 oben), Yaghi research group at UC Berkeley (S. 24 unten), Karlsruher Institut für Technologie (S. 27 oben), Hashem Al-Ghaili (S. 28–29, S. 30 rechts), VISION.A 2017 / APOTHEKE ADHOC (S. 30 links), Universum Bremen / Bastian Bullwinkel (S. 31), Breakthrough Initiatives (S. 37), Getty Images International (S. 38), Alamy Stock Photo (S. 39, S. 40 rechts, S. 41 oben und links, S. 53 links, S. 55 links und Mitte), Historic Camera (S. 40 links), Google Patent (S. 40 Mitte), Henry Araujo (S. 41 Mitte), Toshiba Corporation (S. 41 rechts), Brunel GmbH (S. 44 links), Apex / Norwegian Coastal Administration (S. 46), evoblade UG (S. 47 rechts), Julius Eugen (S. 52 links), Holbein-Gymnasium (S. 52 rechts), Cristallerie du Val-Saint-Lambert (S. 53 rechts), Stiftung Jugend forscht e.V. (S. 54), ESA (S. 55 rechts)

# Brunel



**DIALOGPOST**  
Ein Service der Deutschen Post

ALLEMAGNE Port payé

Brunel GmbH | Franz-Rennefeld-Weg 4 | 40472 Düsseldorf

**Brunel GmbH**  
Franz-Rennefeld-Weg 4  
40472 Düsseldorf

T +49 211 695 600-43  
brunel.de  
der-spezialist.de@brunel.net