

Der Spezialist

DAS MAGAZIN FÜR TECHNIK UND MANAGEMENT

Präzisionsmesstechnik: Schweizer Hochleistungsoptik unter der Lupe
Künstliche Intelligenz: Zwischen Unterschätzung und Überhöhung
Deutsche Bauindustrie: Prestigeprojekte rund um den Globus

3,196 Mrd. User

sind mittlerweile in den sozialen Medien aktiv – 13% mehr als im Vorjahr, in dem jedoch auch schon pro Sekunde im Durchschnitt über elf neue Nutzer hinzukamen.

Circa 50.000 Blätter

und damit 235 kg Papier verbraucht jeder Deutsche – also fünf Bäume im Jahr. Entwicklungen wie das papierlose Büro und die zunehmende Informationsbeschaffung im Netz schonen nebenbei auch die Umwelt.

Auch die Arbeitswelt wird durch die Digitalisierung verändert: Laut einer Umfrage gab knapp die Hälfte der Befragten an, dass sie die Eigenständigkeit bei der Arbeit fördert, eine gestiegene Lebensqualität registrieren **43%.**



Mittlerweile werden Magazine zu **35%** ausschließlich am Bildschirm konsumiert – am häufigsten auf dem Tablet. Doch auch 38% der digitalen Leser greifen gelegentlich zum gedruckten Magazin.

67% der Unternehmen sehen in der Digitalisierung die Chance, ihre Kommunikation auszubauen. So auch Brunel: Mit dem neuen Content Hub warten viele spannende Interviews, Reportagen und Artikel auf Interessierte.

Liebe Leserinnen und Leser,

fragen Sie sich bei der Mediennutzung auch immer häufiger: Print oder online? Wir bei Brunel haben dazu eine eindeutige und dennoch differenzierte Antwort. Sie lautet: Sowohl als auch.

Das Magazin werden wir wie gewohnt voller Leidenschaft für all jene weiterführen, die ihre Lektüre gern gedruckt in Händen halten. Ganz nah dran und immer up to date rund um Events, Geschichten und vieles mehr bei Brunel sind unsere Fans, Follower und Abonnenten auf unseren Social-Media-Kanälen. Beginnend mit dieser Ausgabe werden wir nun eine Brücke von der analogen zur digitalen Welt schlagen, denn ausgewählte Artikel bieten Ihnen ganz einfach per QR-Code zusätzlichen Content fürs mobile Endgerät in Text, Bild und Ton: Erfahren Sie im Kurz-Interview mit Brunel Expertin Dr. Sina Lippert mehr über das Leben und Arbeiten in der Schweiz. Tauchen Sie ein in die Faszination Motorsport mit unserer Fotostrecke vom DTM-Rennen in den Niederlanden und Audi-Rennfahrer René Rast im Gespräch. Lernen Sie unseren Querdenker Dirk Lehmann und viele seiner Projekte in einer Reportage näher kennen. Oder blicken Sie per Video-Porträt hinter die Kulissen von Brunel Car Synergies in Hildesheim.



*„Print oder online: Wir bewahren
das Beste aus zwei Welten.“*

Sie können das Magazin auch ausschließlich online beziehen – einfach kostenlos bestellen unter www.brunel.de/derspezialist. Damit möchten wir wichtige nachhaltige Entwicklungen wie das papierlose Büro weiter vorantreiben und dennoch das Beste aus zwei Welten bewahren. Denn Sie haben weiterhin die freie Wahl und erhalten Der Spezialist so, wie es Ihren Lesegewohnheiten entspricht.

Ich wünsche Ihnen somit viel Freude bei der Lektüre – ob beim Blättern oder Scrollen.

Markus Eckhardt
Geschäftsführer

Inhalt

Im Fokus 6
In der Welt zu Hause



Spektrum 12
Fehlerquellen mit Licht aufspüren



„Das Spannende an meinem Job in der optischen Messtechnik sind die extremen Qualitätsanforderungen, unter denen hier Produkte hergestellt werden.“

Dr. Sina Lippert, Physikerin bei Brunel

24 Stunden 16
Ein Renntag mit René Rast



„Ich habe kaum Rituale bei den Rennen, wichtig ist mir aber ein immer gleiches System in meiner Kabine und vor allem in meinem Spind.“

René Rast, DTM-Champion

Kompetenz 22
Teamarbeit nach Maß

Querdenken 26
Für eine saubere Zukunft

Techniktrends 30
Mit Hyperschallgeschwindigkeit durch das Erdreich | E-Bike im Handumdrehen | Schritt für Schritt Strom erzeugen

Forschung 32
Mit Weltraumtechnik auf Tauchstation

Im Dialog 38

Künstliche Intelligenz:
Segen oder Fluch für die Menschheit?

Kompakt 42

Eine Idee, worum es hier geht? |
Wer hat's erfunden? Dynamomaschine und
elektrische Straßenbahn

Spektrum 44

Wohlige Wärme auf dem Prüfstand



„Das Projekt ist unter anderem besonders
interessant aufgrund der innovativen
Software-Tools wie der objektbasierten
Programmiersprache LabVIEW.“

Mathias Bierwirth,
Brunel Prüf- und Laboringenieur

Wissen 48

Big in Japan



History 52

Land in Sicht



Ausblick | Impressum 56

Energie und Trinkwasser für die Welt



Über 3.500 Folienelemente zieren die wabenartige Außenhaut des Nationalen Schwimmzentrums der Olympischen Spiele 2008 in Peking. Die Hülle des sogenannten Water Cubes dient dabei auch der passiven Energienutzung; 90 % der einfallenden Sonnenenergie kann zum Heizen der Wasserbecken und Innenräume genutzt werden.

In der Welt zu Hause

Qualität und Verlässlichkeit gepaart mit Innovationsfähigkeit und Ingenieurkompetenz: Dafür hat sich die deutsche Bauindustrie rund um den Globus einen Namen gemacht. Bei internationalen Bauprojekten sind heimische Unternehmen darum gefragte Partner. Manche von ihnen schaffen es sogar an die Weltspitze, wie das Beispiel Vector Foiltec, Spezialist für Folienkonstruktionen, zeigt.

Text › Anne-Katrin Wehrmann

Im Jahr 2017 stellte die hiesige Bauwirtschaft einen neuen Rekord auf. Nach Angaben des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie (HDB) verzeichneten die international tätigen Unternehmen einen Auftragseingang aus dem Ausland in Höhe von 34,4 Mrd. €. Dabei kamen rund 87 % der Aufträge aus Amerika, Asien und Australien. Im direkten Geschäft sowie mit lokalen Tochter- und Beteiligungsgesellschaften sind Baufirmen mit Hauptsitz in Deutschland heute in mehr als 70 Ländern aktiv. „Wenn hohe Qualität, Termintreue und Mehrwert für die lokale Wertschöpfung sowie Nachhaltigkeit beim Bauen gefragt sind, ist die deutsche Bauindustrie für jeden Kunden die erste Wahl“, sagt Frank Kehlenbach, Geschäftsführer Auslandsbau beim HDB. Allerdings nehme der internationale Wettbewerb zu. „Gegen die Konkurrenz aus China ist auf Basis des billigsten Angebots kein Ankommen“, so Kehlenbach. Vor allem bei technisch anspruchsvollen Bauprojekten, etwa in der Verkehrsinfrastruktur, im Spezialtiefbau und im Hochbau, werden aber die Stärken mit „deutschen Tugenden“ und effektivem Projektmanagement ausgespielt. Da ist zum Beispiel der 2016 feierlich eröffnete Gotthard-Basistunnel in der Schweiz,

der mit 57 km längste Eisenbahntunnel der Welt. Bei äußerst anspruchsvollen Verhältnissen war höchstes Engineering-Know-how erforderlich, um in unterschiedlichsten geologischen Formationen und in Tiefen von bis zu 2.500 m die Röhren zu realisieren. Oder das mit 828 m bisher höchste Gebäude der Erde, der 2010 eingeweihte Burj Khalifa in Dubai: Um den Wolkenkratzer auf ein sicheres Fundament zu stellen, wurden bei besonderen Ansprüchen an Genauigkeit und Qualität in kürzester Zeit Hunderte 45 m lange Betonpfähle hergestellt und installiert. Und auch beim Bau von Kraftwerken, Industrieanlagen und Projekten für die Ver- und Entsorgung mit Energie und Wasser stellen deutsche Global Player regelmäßig ihre Kompetenzen unter Beweis.

Wenn es um eine Übersicht von internationalen Projekten geht, bei denen die deutsche Bauwirtschaft neue Maßstäbe gesetzt hat, kann Vector Foiltec gleich ein ganzes Kapitel beisteuern. Das Unternehmen aus Bremen hat seit seiner Gründung 1982 mehr als 1.500 Aufträge rund um den Globus umgesetzt und sich damit zum unangefochtenen Weltmarktführer in einem Bereich entwickelt, den die Firmengründer Stefan Lehnert und

Reinhard Schmidt damals selbst erfunden haben: Auf der Suche nach einem transparenten Material, mit dem sich Gebäude überdachen lassen, tüftelten die beiden in der sprichwörtlichen Garage mit unterschiedlichen Werkstoffen – bis sie eines Tages bei dem aus der Raumfahrtforschung stammenden Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE) landeten. ETFE-Folien sind nicht nur lichtdurchlässig, sondern auch leicht, schmutzabweisend, reißfest und strapazierfähig, was sie zu einem idealen Ausgangsmaterial für architektonisch anspruchsvolle und zugleich funktionale Bauwerke macht.

„Wir lassen die Träume der Architekten Wirklichkeit werden“, sagt Philipp Lehnert, Geschäftsführer und Sohn des Firmengründers. „Unsere Stärke ist es, kreativ auf die Vorschläge und Ideen von Bauherren einzugehen und so viel wie möglich davon in die Realität umzusetzen.“ Von der Bushaltestelle über den Zoo, das Einkaufszentrum und die Konzernzentrale bis hin zum Sportstadion hat Vector Foiltec schon die unterschiedlichsten Bauten mit seinen transparenten Dächern und Fassaden ausgestattet. Dabei mussten sowohl das Fertigungsverfahren als auch die dafür benötigten Maschinen für das mit dem Markennamen Texlon versehene Folienkissensystem in den 1980er-Jahren eigens entwickelt werden. Damals wie heute wird dem Unternehmen die ETFE-Folie als Rollenware geliefert und durchläuft dann einen Prozess, der stellenweise den Arbeitsabläufen eines Segelmachers ähnelt:

So sind in der Fertigungshalle unter anderem große Plot-Tische zu finden, auf denen die Folien ihren individuellen Zuschnitt erhalten, bevor sie zu fertigen Kissens verschweißt werden.

In Kisten verpackt kommen die riesigen Elemente – die längsten bisher verarbeiteten Texlon-Folienkissen waren 140 m lang – dann auf der Baustelle an, wo sie in Aluminiumrahmen gespannt und mit Luft befüllt werden. Je nach technischer Anforderung und den benötigten Isoliereigenschaften eines Projekts, bestehen die Kissens zumeist aus zwei bis fünf Lagen ETFE-Folie. „Das gesamte System ist viel flexibler formbar und viel leichter als zum Beispiel Glas“, erläutert Philipp Lehnert. Als Erfinder des innovativen und langlebigen Konzepts hatte das Unternehmen von Anfang an einen Vorsprung auf dem Markt, den es über die Jahre dank stetiger Produktoptimierungen halten konnte. Der internationale Durchbruch gelang 2001 mit dem Eden-Projekt im englischen Cornwall, wo seither 625 in Waben-Struktur angebrachte Folienkissen verschiedene Biome des dortigen botanischen Gartens überspannen. Sie garantieren natürliches Tageslicht im Innenraum und schaffen perfekte Bedingungen für das Pflanzenwachstum. Ihre hohe Lichtdurchlässigkeit erhöht zudem die bakterizide Wirkung der UV-Strahlen und ermöglicht den Verzicht auf Pestizide. Öffentliche Aufmerksamkeit erregten auch zahlreiche weitere Bauwerke wie ein in Zeltform konstruiertes

Erlebnis- und Einkaufszentrum in Kasachstan, wo das Texlon-Dach vor den dortigen extremen Klimabedingungen von –50 bis +40 °C schützt, oder jüngst das Football-Stadion von Minnesota, in dem der Super Bowl 2018 ausgetragen wurde. Die 2008 für die Olympischen Spiele in Peking errichtete Schwimm-Arena Water Cube ist bis heute mit einer Hüllfläche von 100.000 m² die größte und wohl auch spektakulärste Folienkissenkonstruktion der Welt.

Nachhaltiges System für grünes Bauen

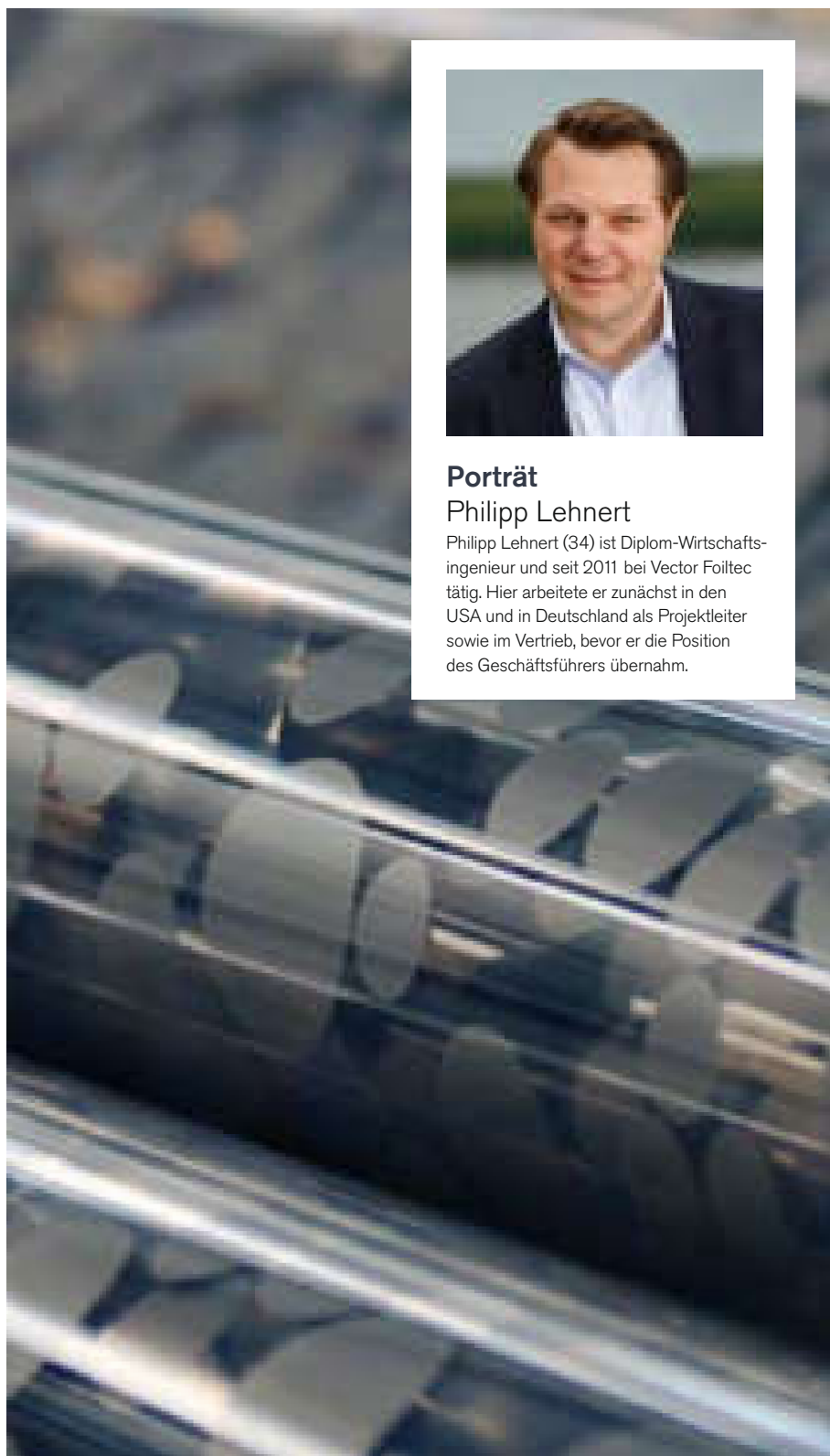
Die damals eigens zu diesem Zweck entstandene zweite Produktionsstätte in Peking hat sich bewährt und versorgt mittlerweile den chinesischen und südostasiatischen Markt. Mit 18 Büros und 180 Mitarbeitern in aller Welt, davon 75 am Standort Bremen, hat sich Vector Foiltec zu einem echten Weltmarktführer entwickelt, der auf allen Kontinenten aktiv ist. Gut 90 % des Umsatzes generiert die Firma heute mit Geschäftstätigkeiten im Ausland. „Wir bieten ein Projekt vom Verkauf über das Design und die Produktion bis zur Installation nach lokalen Gegebenheiten und Anforderungen an“, macht Lehnert deutlich. „Uns ist wichtig, dass unsere Mitarbeiter ein entsprechendes Mindset haben. So können wir das Problem eines chinesischen Kunden auch chinesisch denken.“



Einen der nächsten großen Aufträge wird das Unternehmen demnächst in Las Vegas ausführen, wo bis 2020 ein neues Football-Stadion mit einem Dach versehen werden soll. Dabei werden einmal mehr die besonderen Vorteile des Systems zum Tragen kommen: Dank des geringen Gewichts des Ausgangsmaterials können der Rahmen- und Tragwerksanteil gering gehalten werden, was sehr große lichtdurchlässige Flächen ermöglicht. Der Lotus-Effekt lässt Schmutz abperlen und sorgt so für geringe Reinigungs- und Wartungskosten. Und weil die Folie durchlässiger für Schallwellen ist als harte Materialien, wird auch die Geräuschkulisse in der Arena für die Besucher angenehm sein.

Zu all diesen Pluspunkten kommt nach Aussage von Lehnert noch ein weiterer hinzu: „Unser System ist sehr nachhaltig, weil das Material komplett recycelbar ist und wir alle Produktionsabfälle, also zum Beispiel Verschnitt, wiederverwenden können. Durch die Einsparungen beim Gewicht und damit auch beim Material für Rahmen und Tragwerk leisten wir außerdem einen großen Anteil zum Konzept des grünen Bauens.“ Er ist deswegen überzeugt davon, dass sein Unternehmen auch in Zukunft an vielen Orten der Welt gefragt sein wird. Und vielleicht wird sich eines Tages sogar seine Vision umsetzen lassen, ganze Stadtteile mit Foliendächern zu überbauen: Trockenem Fußes schnell noch um die Ecke einkaufen, obwohl gerade ein Starkregen niedergeht. Im tropischen Klima trotz hoher Luftfeuchtigkeit zum Termin radeln, ohne ins Schwitzen zu geraten. Oder in der Nähe zum Arbeitgeber aus der Schwerindustrie wohnen – und dennoch im heimischen Garten saubere Luft einatmen. Die Metropole unter der Haube mag noch in weiter Ferne liegen. Doch eines ist sicher: Sobald sie irgendwo auf der Welt Realität wird, werden deutsche Bauunternehmen daran beteiligt sein.

Weiter geht's auf der Folgeseite:
Die deutsche Bauindustrie in der Welt



Porträt Philipp Lehnert

Philipp Lehnert (34) ist Diplom-Wirtschaftsingenieur und seit 2011 bei Vector Foiltec tätig. Hier arbeitete er zunächst in den USA und in Deutschland als Projektleiter sowie im Vertrieb, bevor er die Position des Geschäftsführers übernahm.

Die deutsche Bauindustrie in der Welt



Golden Ears Bridge

Die Stützkonstruktion der sechsspürigen, 976 m langen und 2009 eröffneten Brücke im Großraum Vancouver ist erdbebensicher gebaut und mit Sollbruchstellen versehen: Somit sind Nachjustierungen nach Erschütterungen kostengünstig möglich. Die Bilfinger Construction GmbH überzeugte in der Auftragsphase mit einem wirtschaftlichen Gesamtkonzept aus Planung, Bau und Wartung, das sich über einen Zeitraum von 32 Jahren nach Errichtung erstreckt.



Lakhta Center

Aufgrund der Lage am Meer musste in Sankt Petersburg beim Bau des 462 m hohen Wolkenkratzers ein besonderes Augenmerk auf die Tiefengründung gelegt werden. Mittels eigens entwickelter Bohrwerkzeuge und Bohrpfähle mit großem Durchmesser bewies die BAUER Spezialtiefbau GmbH ein Höchstmaß an Ingenieurkunst und sicherte die Stabilität des Gebäudes, das aktuell das höchste Europas ist.



Martwa-Wisla-Tunnel

Der Straßentunnel verbindet unter anderem Airport und Hafen miteinander und entlastet damit den Verkehr in Danzig. Im Zuge des Baus kamen 60.000 m Micropfähle und die erste Tunnelbohrmaschine in Polen zum Einsatz, wobei hohe Grundwasserstände und schwierige Baugrundverhältnisse besondere Anforderungen an die Keller Holding GmbH und ihre Partner stellten.



Sheikh Zayed Desert Learning Centre

Das von der Ed. Züblin AG realisierte Gebäude in Abu Dhabi beheimatet einen Mix aus Museum, Galerie und naturwissenschaftlicher Einrichtung zur Förderung von Natur, Umwelt und Nachhaltigkeit durch interaktive Ausstellungen. Es nutzt Solarzellen, energieeffiziente Verglasung und Beleuchtung sowie eine Kühlung mittels Betonkernaktivierung. Das Abwassersystem trägt zudem zu einer Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs bei.



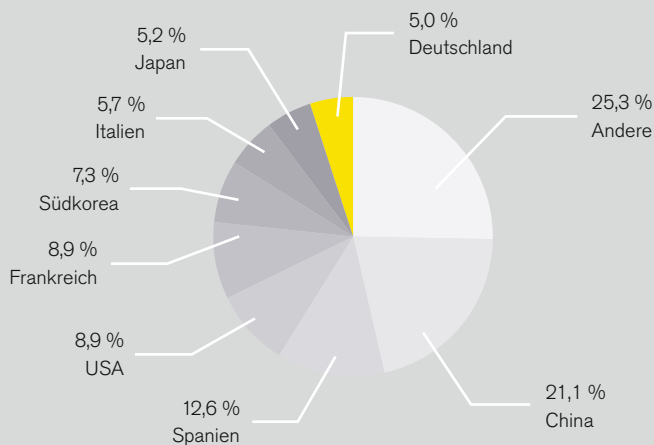
Ngqura Harbour

Eine technische Meisterleistung der HOCHTIEF Solutions AG: Über 8 Mio. t Baustoffe aus der Region wurden beim Bau des Tiefseehafens in der Nähe von Port Elizabeth am Indischen Ozean verbaut. Damit der Hafen von Seeschiffen mit großem Tiefgang angelaufen werden kann, mussten 13,8 Mio. m³ Erdreich ausgehoben und dafür der Grundwasserspiegel auf einem 30 ha großen Areal um 20 m gesenkt werden.



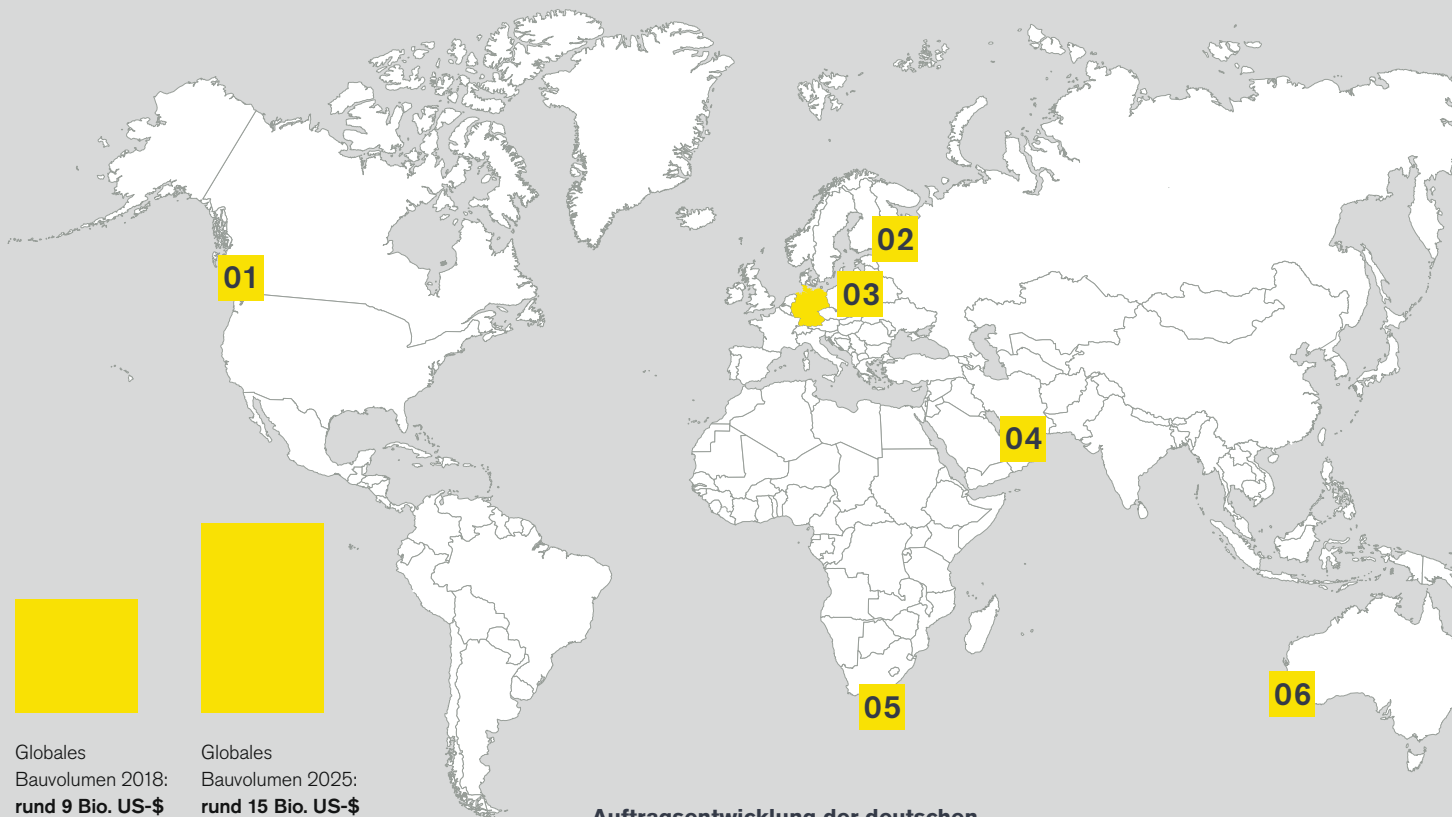
Southern Seawater Meerwasserentsalzungsanlage

Die südlich von Perth gelegene Anlage ist mit einer Kapazität von 100 Gigalitern pro Jahr einer der Haupttrinkwasserlieferanten Westaustraliens. Besondere Herausforderung bildete der Bau dreier separater Leitungen für den Meerwasserein- und -auslass, die 550 m weit ins Meer führen und mit dem Rohrvortriebsverfahren durch die Ed. Züblin AG errichtet wurden.



Prozentualer Anteil am internationalen Bauumsatz

Trotz eines Rückgangs des Marktanteils am internationalen Bauumsatz von 12 % im Jahr 2006 auf zuletzt 5 % hat sich die deutsche Bauindustrie in den Top 10 halten und das Auslandsgeschäft nominal sogar steigern können. (Stand 2016, Quelle: HDB / Engineering News-Record).



Globales Bauvolumen 2018: rund 9 Bio. US-\$
 Globales Bauvolumen 2025: rund 15 Bio. US-\$

Prognose zur weltweiten Bautätigkeit bis 2025

Auslandsbau-Experte Frank Kehlenbach vom HDB ist überzeugt, dass heimische Baufirmen an der prognostizierten positiven Entwicklung bis 2025 einen bedeutsamen Anteil haben werden: „Wo die Qualität wichtiger ist als der Preis und Faktoren wie Lebenszykluskosten eine Rolle spielen, sind unsere Unternehmen ganz vorne mit dabei. Daran wird sich auch in Zukunft nichts ändern.“

Auftragsentwicklung der deutschen Bauindustrie aus dem Ausland



Generelle Veränderungen in der Statistik sind nach Angaben des HDB auch auf Insolvenzen sowie An- und Verkäufe ausländischer Baufirmen zurückzuführen, deren internationales Geschäft der deutschen Mutterfirma zugerechnet werde. In jüngster Zeit werde das internationale Baugeschäft der deutschen Industrie von der Hochtief AG und deren Beteiligungsgesellschaften in Australien und den USA dominiert.

Fehlerquellen mit Licht aufspüren

Wer hochpräzise optische Bauelemente etwa für die Messtechnik, die Halbleitertechnik oder die Medizintechnik braucht, kommt an der SwissOptic AG in Heerbrugg im Schweizer Kanton St. Gallen kaum vorbei. Hier entwickelt die Physikerin und Brunel Mitarbeiterin Dr. Sina Lippert seit Anfang des Jahres optische Präzisionsmesstechniken und Kalibrierverfahren.

Text › Dr. Ralf Schrank

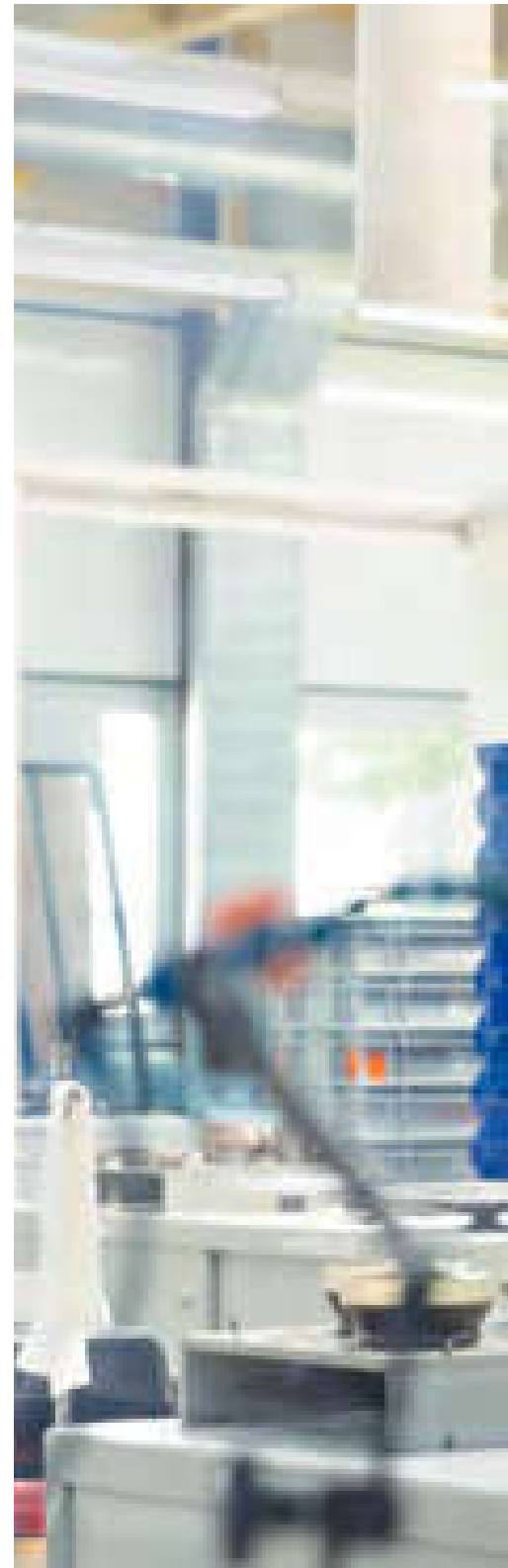
Mitten im Reinraum der Klasse ISO 5 der Heerbrugger Feinoptikfirma SwissOptic AG, einem OEM-Lieferanten für Industriezweige, die Hochleistungsoptiken und optomechanische Baugruppen benötigen, steht Dr. Sina Lippert mit Reinraumanzug samt Kopfbedeckung und Handschuhen. Schließlich darf laut ISO-Norm in der Klasse 5 ein Kubikmeter Luft im Reinraum höchstens 830 Partikel mit einem Durchmesser von ca. 1 μm (0,001 mm) und keine Partikel mit größeren Durchmessern enthalten, um unerwünschte Verschmutzungen oder Reaktionen auf der Oberfläche von optischen Bauelementen zu verhindern. Und eben diese prüft Dr. Lippert.

Die Bandbreite an kundenspezifischen Lösungen bei SwissOptic ist groß. Zum Beispiel werden Optiken für die Medizintechnik oder für die Halbleiterproduktion geordert. „Entsprechend unterschiedlich sind die Anforderungen an die Optiken und die Abbildungsfehler“, erklärt Lippert. Daher werden für jeden Auftrag die Verfahren zur Herstellung der Prototypen und des Endprodukts angepasst und alle Prüf- und Kalibrierverfahren individuell entwickelt und optimiert.

Dennoch: Ein optisches System ohne jeden Abbildungsfehler kann es nicht geben – schließlich resultieren diese Abweichungen von der idealen optischen Abbildung aus

den mathematischen Abbildungsgesetzen. Dazu kommen technisch bedingte Fehler wie Abweichungen vom Idealmaß oder von den Idealeigenschaften des Materials. Wie winzig die Aberrationen sein können, die Sina Lippert auf den Bauteilen erkennen muss, veranschaulicht das Beispiel der Rauheit einer optischen Oberfläche, deren Güte mithilfe des RMS-Werts (Root Mean Square) beurteilt wird. Hierzu wird die Oberfläche an vielen Punkten vermessen und daraus die Standardabweichung von der idealen Form berechnet. „Bei Planoptiken erreichen wir eine RMS-Rauheit von 0,15 nm. Das ist etwa der Durchmesser eines Kohlenstoffatoms. Würden wir eine Glasplatte von 10 cm Durchmesser auf die Größe der Erde skalieren, würde eine solche Rauheit Höhenunterschieden von nur 2 cm entsprechen. Der Höhenunterschied zwischen München und Zürich wäre kleiner als der Durchmesser eines Zweifrankenstücks“, erläutert die promovierte Physikerin.

Wie aber detektiert man eine Verformung in der Wellenfront, die durch eine Unebenheit ausgelöst wird? „Grundsätzlich gibt es zwei Verfahren, mit denen man Abbildungsfehler in Optiken detektieren kann, die ich beide in meinem Arbeitsalltag anwende: Die Wellenfrontmessung und die Interferometrie“, so Lippert. Bei einer Wellenfrontmessung





Porträt

Sina Lippert

Dr. Sina Lippert (31) studierte von 2006 bis 2012 Physik in Marburg und promovierte dort anschließend bis 2017.

Seit 2018 ist die gebürtige Gießenerin, deren Vater ebenfalls Physiker ist, bei SwissOptic in der Schweiz im Einsatz.



01

Die bei der SwissOptic AG gefertigten Komponenten kommen in Lasern, Kameraobjektiven, Displays und vielem mehr zum Einsatz. Durch stetige Neujustierung nähert man sich dem optimalen Ergebnis, bis die hohen Qualitätsanforderungen erreicht sind.

02

Mit Tools wie LabVIEW für die Geräteansteuerung und Matlab für Rechenoperationen arbeitet Dr. Sina Lippert am PC.

werden Abweichungen von einer ebenen Wellenfront mit einem Hartmann-Shack-Sensor vermessen. Dieser besteht aus einer Glasplatte mit regelmäßig angeordneten Mikrolinsen. Jede liefert einen Bildpunkt, der mit einem Detektor erfasst wird. Bei vollkommen ebener Wellenfront haben alle Punkte den gleichen Abstand zueinander. Ein Abbildungsfehler jedoch führt zur Verschiebung einiger Punkte. Durch Vermessen der Punktabstände können winzige Abbildungsfehler eines optischen Bauelements bestimmt werden.

Die Prüftechniken der Interferometrie nutzen das Phänomen der Interferenz, das auf dem Wellencharakter des Lichts beruht: Überlagern sich zwei Lichtwellen, können Wellenberge (oder -täler) zusammenfallen und sich verstärken – es können sich aber auch ein Wellenberg und ein -tal überlagern und sich gegenseitig auslöschen. Im ersten Fall spricht

man von konstruktiver, im zweiten von destruktiver Interferenz. Lippert erklärt: „In der optischen Messtechnik nutzen wir je nach Aufgabe verschiedene geometrische Interferometer-Aufbauten. Ihnen gemein ist, dass ein Lichtstrahl in zwei oder mehr identische Teilstrahlen aufgespalten wird. Diese durchlaufen verschiedene Wegstrecken, werden an Referenz-Spiegeln und dem zu untersuchenden Bauteil reflektiert und die wieder vereinten Strahlen auf einen Detektor gelenkt, auf dem sich dann das durch konstruktive und destruktive Interferenzen entstehende Interferenzmuster zeigt.“ Jede Veränderung der Strahleigenschaft infolge eines Abbildungsfehlers ist im Interferenzmuster erkennbar. Neu ist der Umgang mit Linsen oder Strahlteilern für Sina Lippert nicht. In ihrer Dissertation an der Philipps-Universität Marburg untersuchte sie die Photolumineszenz von 2D-Materialien. Für diese Experimente



musste sie optische Abbildungssysteme wie spektroskopische Systeme aufbauen, nutzen und programmieren. Lippert vergleicht: „Das Spannende an meinem ersten Job in der Industrie sind die extremen Qualitätsanforderungen, unter denen hier optische Produkte hergestellt werden.“

Pendeln zwischen Labor und Schreibtisch

Die Messtechnikentwicklung, in der Sina Lippert nun arbeitet, begleitet die Produktentwicklung vom ersten Konzept bis zur Serienreife. Jeder Mitarbeiter ist für einen Kundenauftrag verantwortlich. Eines der Projekte, an denen Lippert gerade arbeitet, ist die Entwicklung der Strahlführung für einen Augenlaser. Damit der Operateur den Laserspot mit der richtigen Intensität und

Ausdehnung an die richtigen Stellen positionieren kann, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: Die Laseroptik muss den Laserstrahl präzise führen und das mechanische Verfahrenssystem muss auf Bruchteile eines Millimeters genau positionierbar sein.

„Am Anfang eines jeden Projekts gilt es, die Vorstellungen der Kunden zu verstehen und auf Machbarkeit zu überprüfen. Dann werden technische Realisierungen vorgeschlagen, Prototypen hergestellt und diese messtechnisch spezifiziert. Erfüllt der Prototyp die Kundenerwartungen, begleiten wir die Volumenproduktion, um eine gleichbleibend hohe Qualität sicherzustellen.“ Dabei kommt es vor, dass ein standardisiertes Messverfahren an eine neue Aufgabe angepasst oder neu konzipiert und im Labor erprobt werden muss. Zur Auswertung der Messungen ist in manchen Fällen die Programmierung einer angepassten Software nötig. Um die

optimale Lösung zu finden, ist die ständige Abstimmung mit den Entwicklungs-, Konstruktions- und Fertigungsabteilungen erforderlich. Die Vielfalt ihrer Aufgaben verlangt es, dass Lippert zwischen PC-Arbeitsplatz, Meeting-Räumen, optischen und feinmechanischen Labors und Reinraumlabs pendelt. „Kein Projekt ist wie das andere. Zudem profitiere ich vom ständigen Erfahrungsaustausch mit den Kollegen in der Messtechnik“, fasst Lippert zusammen, die in der optischen Forschung und Entwicklung das für sie optimale Betätigungsfeld gefunden hat.



Video-Interview:
5 Fragen an
Dr. Sina Lippert.



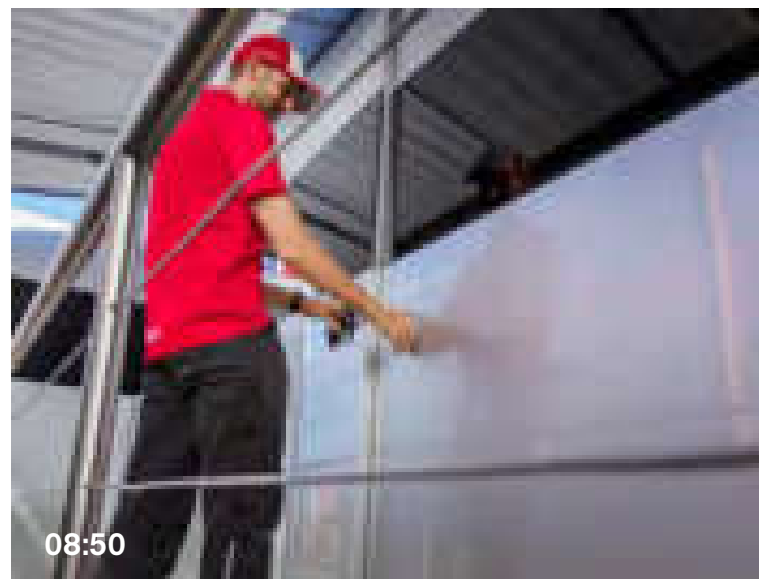
Ein Renntag mit René Rast

Die Arbeitstage von René Rast, DTM-Champion von 2017 und Vize-Champion 2018, sind ebenso spannend wie abwechslungsreich. Denn der Sportler ist nicht nur in alle technischen Entscheidungen rund um sein über 500 PS starkes Arbeitsgerät eingebunden. Neben Trainings, dem Qualifying und dem Rennen zählen auch viele Termine abseits des Sports zu seinem Pensum: Team-Meetings, Briefings, Pressetermine, Interviews oder Autogrammstunden.

Text › Stine Behrens



07:01



08:50

Ein paar Möwen kreischen, in der Ferne sind vereinzelt Autos zu hören. Ansonsten ist es ruhig, als René Rast am Rennsamstag um 7 Uhr sein Hotel im niederländischen Küstenort Zandvoort verlässt. Der amtierende Vize-Champion ist bester Laune. Mit seinem roten Motorroller fährt er rund zehn Minuten bis zu den drei Boxen von Audi Sport auf dem Circuit Park Zandvoort. Neben seinem RS 5 DTM wird der Roller heute Rasts Hauptfortbewegungsmittel sein. In der Box angekommen, begrüßt er seine Mechaniker. Damit jeder Handgriff sitzt, hat jedes Ersatzteil oder Werkzeug seinen festen Platz – egal an welchem Austragungsort während der sechsmonatigen DTM-Saison. Der eigentliche Arbeitstag für René Rast startet gegen 8 Uhr mit einem 20-minütigen Daily Briefing. Neben den Fahrern nehmen alle Renningenieure, technischen Direktoren sowie Teamchefs der Einsatzteams von Audi Sport daran teil. Insgesamt schickt der Automobilhersteller drei Teams mit je zwei Fahrern in diese DTM-Saison. René Rast startet gemeinsam mit dem Briten Jamie Green für das Team Rosberg, das direkt nach dem Daily Briefing in einer internen Besprechung die Performance der beiden Rosberg-Audis

am Vortag diskutiert. Denn bereits am Freitagnachmittag haben Rast und Green einige Trainingsrunden auf dem Circuit absolviert. Nun wird das Set-up, also die Abstimmung des Autos in den Bereichen Aerodynamik und Fahrwerk, für das um 9:20 Uhr startende zweite freie Training final festgelegt. Umgesetzt werden die Entscheidungen der beiden Chefmechaniker und ihrer jeweils dreiköpfigen Mechaniker-Crew, die sich wie alle Teams seit 20:15 Uhr am Freitag an die Overnight Parc Fermé-Regelung halten mussten.

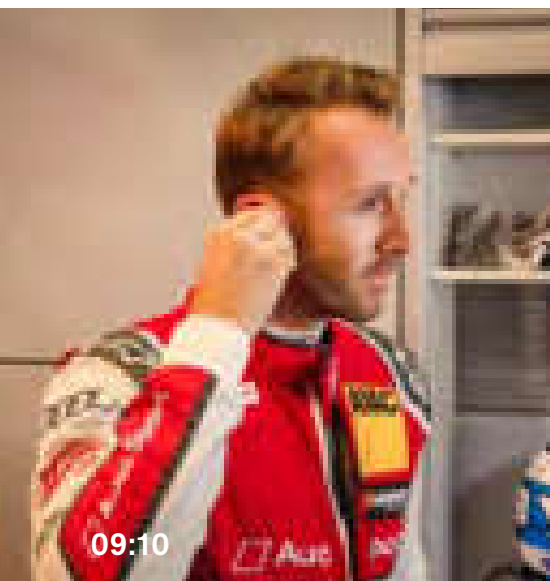
Während die Mechaniker den Wagen einstellen, tauscht René Rast in seiner Kabine Shirt und Hose gegen seinen Rennoverall. Obwohl rund um die Boxengasse mittlerweile Trubel herrscht, in den Nachbarboxen erste Motoren angelassen und Reifen gewechselt werden, ist es in dem kleinen Raum ruhig – und sehr ordentlich. „Ich habe kaum Rituale bei den Rennen“, sagt Rast, „wichtig ist mir aber ein immer gleiches System in meiner Kabine und vor allem in meinem Spind.“ Nach dem Umziehen geht er in die Box und bespricht mit seinem verantwortlichen Fahrzeugingenieur letzte Details. Der Maschinenbauingenieur arbeitet in der

07:01

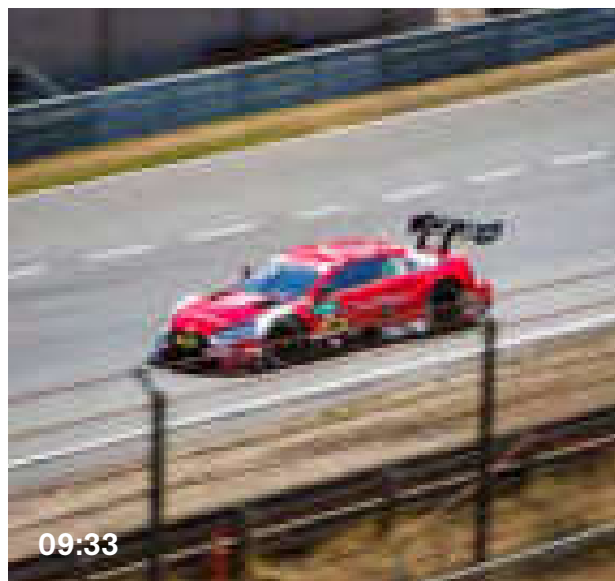
In seiner Rennkarriere ist René Rast nach eigener Aussage „schon alles gefahren, was vier Räder hat“. Bei den DTM-Rennen beweist er, dass er auch Vehikel mit zwei Rädern perfekt beherrscht.

08:50

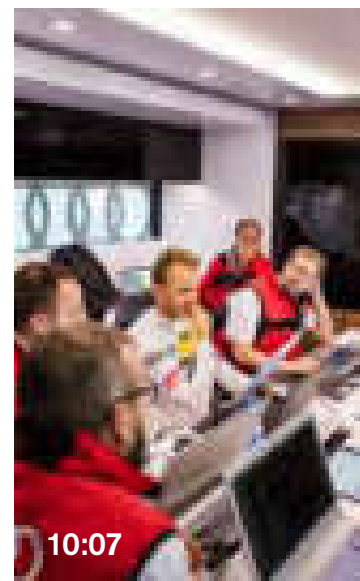
Jeder Fahrer von Audi Sport hat in einem der silbernen Audi-Trucks sein eigenes Reich, das sich die Teams selbst gestalten können. Der Zugang zum Bereich von Rast ist mit einem Zahlencode gesichert.



09:10



09:33



10:07



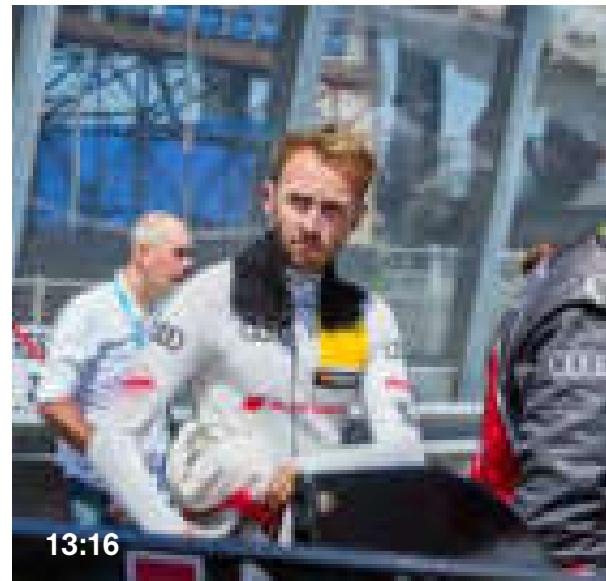
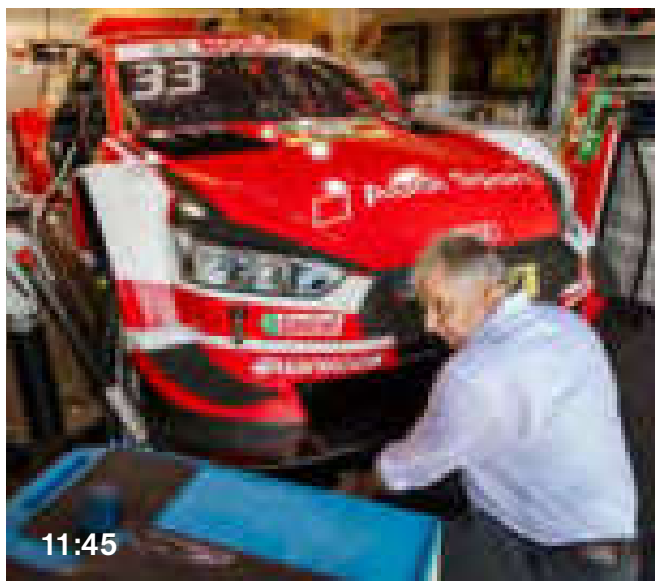
zweiten Saison mit dem Rennfahrer zusammen und ist für alles zuständig, was an dem „Joyce“ genannten roten Renner montiert, repariert oder justiert wird. Anschließend setzt René Rast seinen Helm auf und nimmt konzentriert in seinem Wagen mit der Nummer 33 Platz. Er betätigt den Anlasser und fährt langsam die Boxengasse entlang, um dann auf der Strecke 30 Minuten lang Gas zu geben, Bremspunkte und Kurvenführungen zu testen und ein optimales Gefühl für die mit feinem Sand überzogene

Rennstrecke zu bekommen. Denn der Circuit Park liegt inmitten von Dünen. Die Kombination aus Sand, zum Teil böigem Wind und dem anspruchsvollen Parcours machen Zandvoort zu einer der Lieblingsstrecken von nahezu allen DTM-Fahrern. Das Training wird um 10 Uhr in einem team-internen Meeting mit den Fahrzeug- und Dateningenieurern sowie den beiden Fahrern analysiert. Routiniert führt der technische Direktor durch die Besprechung, bittet einen nach dem anderen um sein Feedback.

René Rast zeigt sich zufrieden mit der Balance und dem Speed seines Wagens und hört dann mit großem Interesse seinem Datentechniker zu. Dieser hat unter anderem einen Überblick über den Öl- und Reifendruck und ob der Wagen über- oder untersteuert hat. Vor allem aber sieht er, welche Linie Rast gefahren ist, wann und wo er beschleunigt oder gebremst hat – und kann diese Daten mit denen der fünf anderen Audi-Piloten vergleichen. Bereits auf dem Weg zu dem Meeting hatte er Rast

Michael Geuze (vorn) ist seit 2013 bei Audi Sport tätig und als erfahrener Rennmechaniker unter anderem für die Motorprüfung bei Rasts Boliden verantwortlich. Der Italiener Davide Maino überwacht und analysiert als Datentechniker seit 2016 den Informationsfluss innerhalb des Rennautos.





rund 30 DIN-A4-Blätter mit den Aufzeichnungen der Sensoren gegeben, auf die der Pilot nun immer wieder schaut. Tatsächlich liegt hier eine große Stärke von René Rast: Basierend auf seinen Trainingssessions und den Schaubildern entwickelt er seine Rennstrategie. Entsprechend zieht er sich nach dem Meeting in seine Kabine zurück, um die Daten und die Strecke immer wieder durchzugehen. Erst um 10:45 Uhr geht er zurück in die Box, denn 30 Minuten später startet das Qualifying für das erste Rennen des Wochenendes. Um 11:35 Uhr steht fest: René Rast wird an Position neun ins Rennen gehen.

„René weiß am besten, wie er fahren muss“

In der Stunde zwischen Qualifying und Rennen beratschlagt sich René Rast erneut mit seinem Team und studiert anschließend aktualisierte Datenblätter. Parallel checkt seine Mechaniker-Crew unter anderem die Schrauben und Fahrwerkskomponenten von Joyce – weitere Abstimmungsarbeiten sind zwischen dem Qualifying und dem Rennen

nicht zugelassen. Grundsätzlich fahren alle DTM-Teams mit V8-Motoren, deren Parameter wie maximal vier Liter Hubraum oder vier Ventile pro Zylinder einheitlich sind. Minimale Modifizierungen des Motors sind jedoch vor Beginn der Saison erlaubt – welche das sind, bleibt dabei Team-Geheimnis. Obwohl er selbst kein Ingenieur ist, kennt René Rest seinen Boliden genau und ist in dessen alljährlich im Januar startende Entwicklung stark eingebunden.

Nach einem leichten Mittagessen in seiner vier Quadratmeter großen Kabine bespricht sich Rast auf dem Weg in die Box mit seinem Berater und Freund Dennis Rostek. Der 44-Jährige war selbst Rennfahrer und begleitet die Karriere von René Rast seit zehn Jahren. Rostek weiß, dass er seinem Schützling so kurz vor dem Rennstart keine taktischen Tipps mehr mitgeben muss. „René ist Profi und weiß selbst am besten, wie er fahren muss“, sagt Rostek. Vielmehr zählt dieses letzte Gespräch zur Routine des Duos. Wie vor dem Qualifying wechselt René Rast in der Box einige Sätze mit seinem Fahrzeugingenieur und dreht dann wie die anderen Piloten eine Einführungsrunde, bevor er seinen Platz für das um 13:33 Uhr

09:10

Um taktische Maßnahmen einzuschränken, dürfen die Teams den Funk während des Rennens nicht nutzen, während des Trainings schon.

09:33

Beim freien Training bekommen die Fahrer ein Gefühl für die Strecke und das Set-up des Wagens. Denn mit diesen Einstellungen gilt es auch Qualifying und Rennen zu bestreiten.

10:07

Beim Team-Meeting werden unter anderem die Daten der unzähligen Sensoren und Messgeräte der Wagen ausgewertet.

11:45

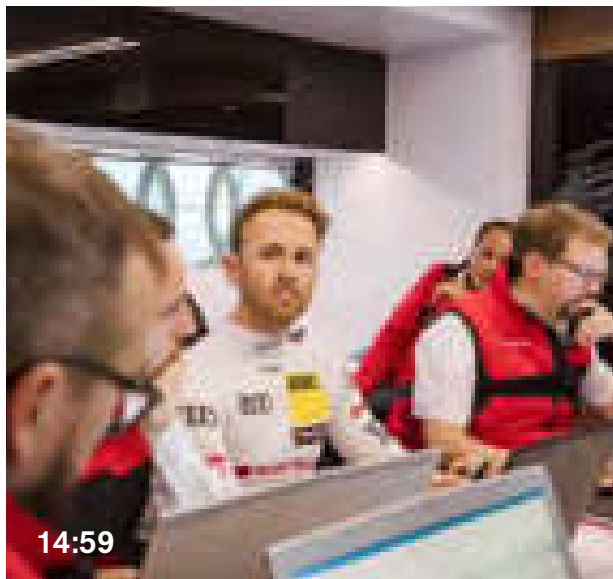
Nach dem Qualifying unterliegen die Fahrzeuge den Parc-Fermé-Bestimmungen: Erlaubt sind nur minimale Arbeiten.

13:16

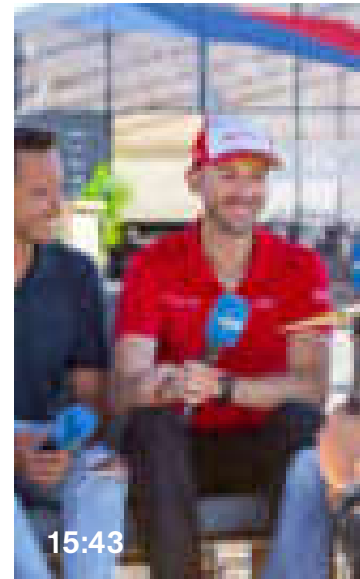
Der Trubel während der Grid-Presentation auf der Start- und Zielgeraden beeinflusst René Rasts Konzentration nicht.



13:55



14:59



15:43

13:55

55 Minuten plus eine Runde dauert ein DTM-Rennen, das Rasts Team an Bildschirmen verfolgt.

14:59

Reihum gibt jeder Experte des Team Rosberg sein Feedback zur Performance des Wagens und zum Rennverlauf.

15:43

Im Gespräch mit dem ehemaligen DTM-Fahrer Timo Scheider und der Sat.-1-Moderatorin Andrea Kaiser.

16:05

Bei der Autogrammstunde präsentieren sich die Fahrer von Audi Sport einheitlich gekleidet als Team.

19:33

Feierabend! Auf dem Weg ins Hotel lässt René Rast den Tag hinter sich - der Fokus gilt nun dem Rennen am Folgetag.

startende Rennen einnimmt und den Motor ausmacht. Ausgewählte Fans und Sponsoren sowie Pressevertreter haben nun die Möglichkeit, Sportlern und Fahrzeugen während der 30-minütigen Grid-Präsentation ganz nahe zu kommen. René Rast steht lächelnd und entspannt inmitten der Menschenmenge. Von Aufregung ist bei ihm keine Spur. „Ich freue mich einfach auf das Rennen“, sagt er. Nach 15 Minuten ertönt das erste von drei Signalen, das den baldigen Start ankündigt – nach dem dritten müssen alle außer den Fahrern die Strecke verlassen. Dennis Rostek berührt ein letztes Mal die Kohlefaser-Karosserie und geht dann in die Box, um das Rennen von dort aus zu verfolgen.

Während hinter dem hohen Zaun, der die Boxengasse von der Rennstrecke trennt, die Motoren nach dem Startsignal aufheulen und dann im Anderthalb-Minuten-Takt lautstark vorbeirauschen, herrscht in der Box routinierte Betriebsamkeit. Die Dateningenieurbeobachten ihre Rechner, die Mechaniker stehen vor TV-Bildschirmen oder checken ihr Werkzeug. Direkt an der Rennstrecke verfolgen die Teamchefs, die technischen Direktoren sowie

die Fahrzeugingenieure das Renngeschehen ihrer Fahrzeuge an mehreren Monitoren. Gesprochen wird in der Box des Teams Rosberg kaum und wenn, dann leise – ganz so, als wolle das Team die Konzentration von René Rast nicht stören. Als der sich Platz für Platz weiter nach vorn arbeitet, nimmt die Anspannung zu. Denn nach einer bisher durchwachsenen Saison mit technischen Problemen und Unfällen rückt die erste Top-Platzierung in greifbare Nähe.

Safety Car verhindert Podiumsplatzierung

Die Strategie, spät die Reifen zu wechseln, scheint aufzugehen: René Rast führt mittlerweile das Feld an und sein Vorsprung wächst auf 24 Sekunden. Doch nach einem leichten Unfall eines anderen Fahrers in Runde 20 folgt eine Safety-Car-Phase, in der alle Piloten aufschließen können. Da Rast als Einziger noch seinen Pflichtreifenwechsel absolvieren muss, beendet er das Rennen auf dem 17. Platz. Seine Miene nach der Ankunft in der Box spiegelt seine Enttäuschung wider. Kurz spricht er mit seinem



Berater, klatscht sich mit seinen Mechanikern ab und setzt sich dann in der gewohnten Runde zum 20-minütigen De-Briefing zusammen. Die Stimmung ist gedämpft, aber langsam macht sich leiser Optimismus breit: Denn Joyce hat im Gegensatz zu den vorherigen Saison-Rennen eine optimale Leistung gezeigt. „Was zählt, ist, dass ich ein gutes Auto und eine gute Pace hatte“, fasst René Rast zusammen. „Wir hatten heute Pech, aber ich bin sehr zuversichtlich, dass wir diese Leistung erneut abrufen können.“ Nach dem De-Briefing hat René Rast einen kurzen Moment für sich und geht in seine Kabine, um seinen Rennanzug wieder gegen das rote Poloshirt zu tauschen. Doch viel Zeit bleibt ihm nicht: Um 15:20 Uhr beginnt ein PR-Marathon: Interviews mit Zeitungs-, TV- und Radio-Redakteuren wechseln sich mit Autogrammstunden ab. Da die Termine über das gesamte Gelände verteilt sind, greift Rast auf seinen Motorroller zurück. Auch hier zeigt sich der Rennfahrer als Profi: Besonnen und mit einem freundlichen Lächeln auf dem Gesicht beantwortet er die Fragen der Journalisten. Geduldig unterschreibt er Autogrammkarten, T-Shirts oder Audi-Kappen und macht

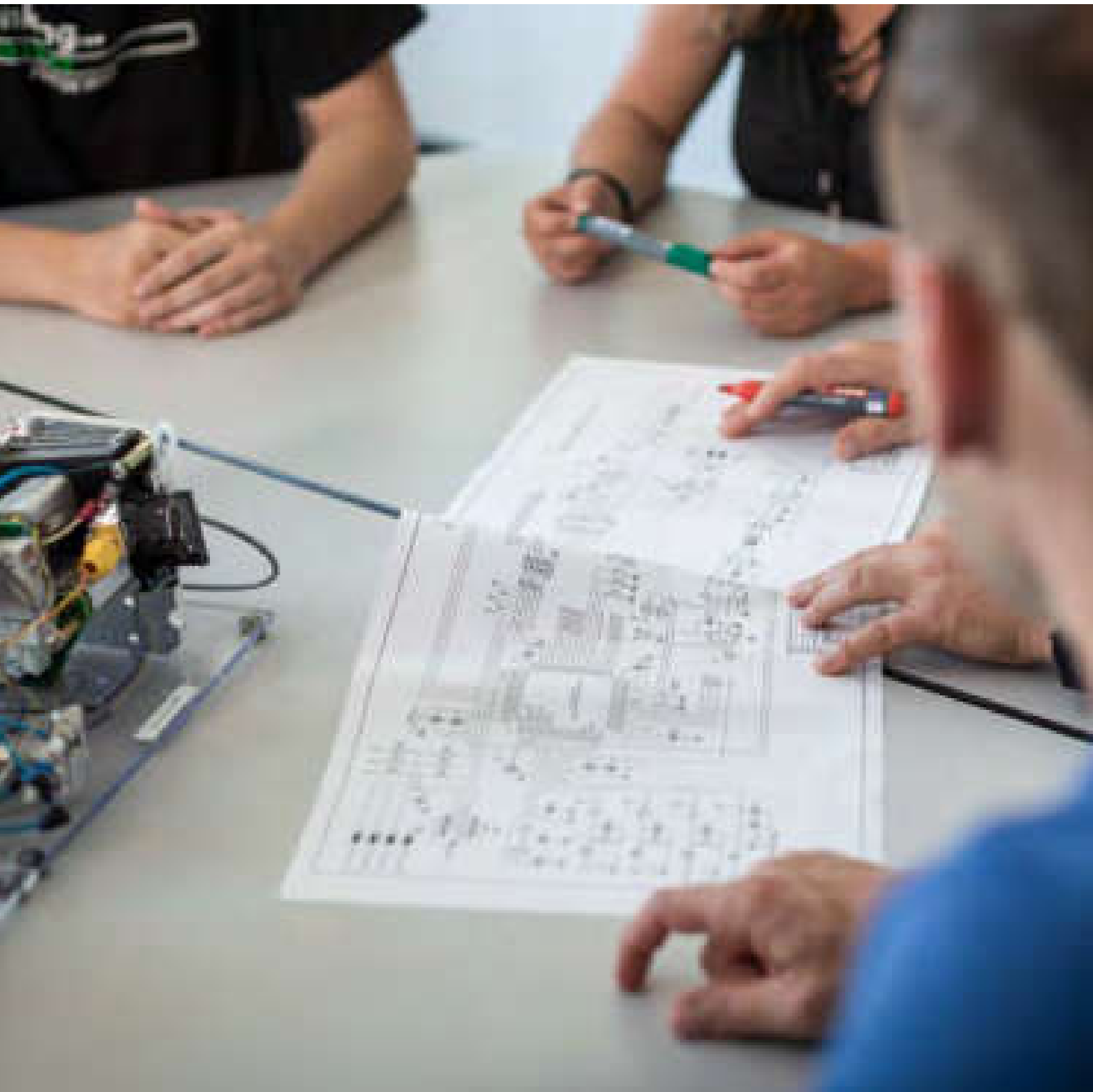
Selfies mit den Fans. Knapp vier Stunden später verabschiedet sich René Rast vom Redaktionsteam von Der Spezialist, setzt sich auf seinen Motorroller und fährt zurück ins Hotel. Dort heißt es: entspannen, den Kopf frei bekommen und früh schlafen gehen. Denn bereits am morgigen Sonntag steht der gleiche Tagesablauf erneut an.



Video-Interview:
5 Fragen an
René Rast

Der gebürtige Niedersachse René Rast ist seit frühester Kindheit im Rennsport aktiv. Er startete bei den Porsche Cups und in verschiedenen GT3-Rennserien sowie als Audi-Werksfahrer bei den Langstreckenrennen in Daytona, Le Mans oder Spa. 2017 wurde der heute 32-Jährige als Rookie DTM-Meister.





Teamarbeit nach Maß

Brunel Car Synergies realisiert hoch spezialisierte Projekte mit dem Schwerpunkt Embedded Systems für Kunden aus unterschiedlichsten Branchen. Aktuell ist ein Team des Hildesheimer Entwicklungszentrums mit der Software für ein Premium-Labormessgerät des Pharma- und Laborzulieferers Sartorius betraut. Die dabei entwickelten Workflows ermöglichen eine flexible Erweiterung der Funktionalität.

Text › Robert Uhde

Ob Automotive, Landmaschinen, Luft- und Raumfahrt, Schienenverkehr oder Erneuerbare Energien: Die Relevanz von eingebetteten Systemen steigt aufgrund der immer höheren Anforderungen an Effizienz und Sicherheit seit Jahren branchenübergreifend. „Entsprechend breit sind wir aufgestellt“, erklärt Dr. Nico Maibaum, Leiter des Hildesheimer Standortes von Brunel Car Synergies, das neben der Hard- und Software-Entwicklung auch Tests und Verifikationen durchführt. „In den vergangenen Jahren hat sich zudem der Bereich Pharma- und Medizintechnik als wichtiger Schwerpunkt für uns herauskristallisiert. Denn die Branche ist geprägt von großen Anstrengungen der Unternehmen im Bereich Forschung und Entwicklung, von strengen normativen und gesetzlichen Auflagen sowie Sicherheitsbestimmungen“, erklärt Dr. Maibaum. Wie viele aktuelle technische Innovationen basiert auch ein neues, von der Göttinger Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG gemeinsam mit dem Bereich Medizintechnik von Brunel Car Synergies entwickeltes Labormessgerät auf dem Einsatz modernster Hard- und Software. Das Gerät ermöglicht hochpräzise Messergebnisse und soll in Bereichen der Forschung, Qualitätssicherung und Analytik insbesondere in der Pharma-

Lebensmittel-, Kosmetik- und chemischen Industrie zum Einsatz kommen. Das Aufgabenspektrum reicht dabei von der Detektion kleinster Schadstoffmengen bis hin zur richtigen Rezeptur bei Medikamenten. Das Labormessgerät ist in der Grundausstattung mit einem Display, einer detaillierten Menü-Führung sowie einer Erweiterbarkeit über spezielle Workflows ausgerüstet. „Ende 2017 hat uns Sartorius damit beauftragt, verschiedene solcher Workflows zu entwickeln, die dem Kunden eine individuelle Einbindung der Waage in die eigenen Prozessabläufe ermöglichen“, erklärt Brunel Car Synergies-Projektleiter Jens Nelke, der aufbauend auf seiner langjährigen Berufserfahrung als Software-Entwickler und Teamleiter für die Koordination des Projekts sowie für die Abstimmung mit dem Kunden zuständig ist. Insgesamt soll es bis zu 30 verschiedene Funktionen geben: Das Spektrum reicht dabei von der Unterstützung beim Anmischen von Medikamenten bis hin zu komplexen Wiegefunktionen, mit denen sich beispielsweise das Gewicht eines Tieres ermitteln lässt, das auf der Waage nicht stillsteht. „Um die Steuerungsfunktionen umzusetzen, haben wir zunächst ein umfangreiches Framework entwickelt; einen modularen Baukasten, mit dem wir die

Das Spezialgebiet der Hildesheimer Brunel Experten: eingebettete Systeme, die höchsten Qualitätsmaßstäben genügen und eine extrem hohe Verfügbarkeit gewährleisten – so wie bei der äußerst präzisen Premium-Laborwaage, die vielfältige Messungen und damit eine flexible Anwendung ermöglicht.



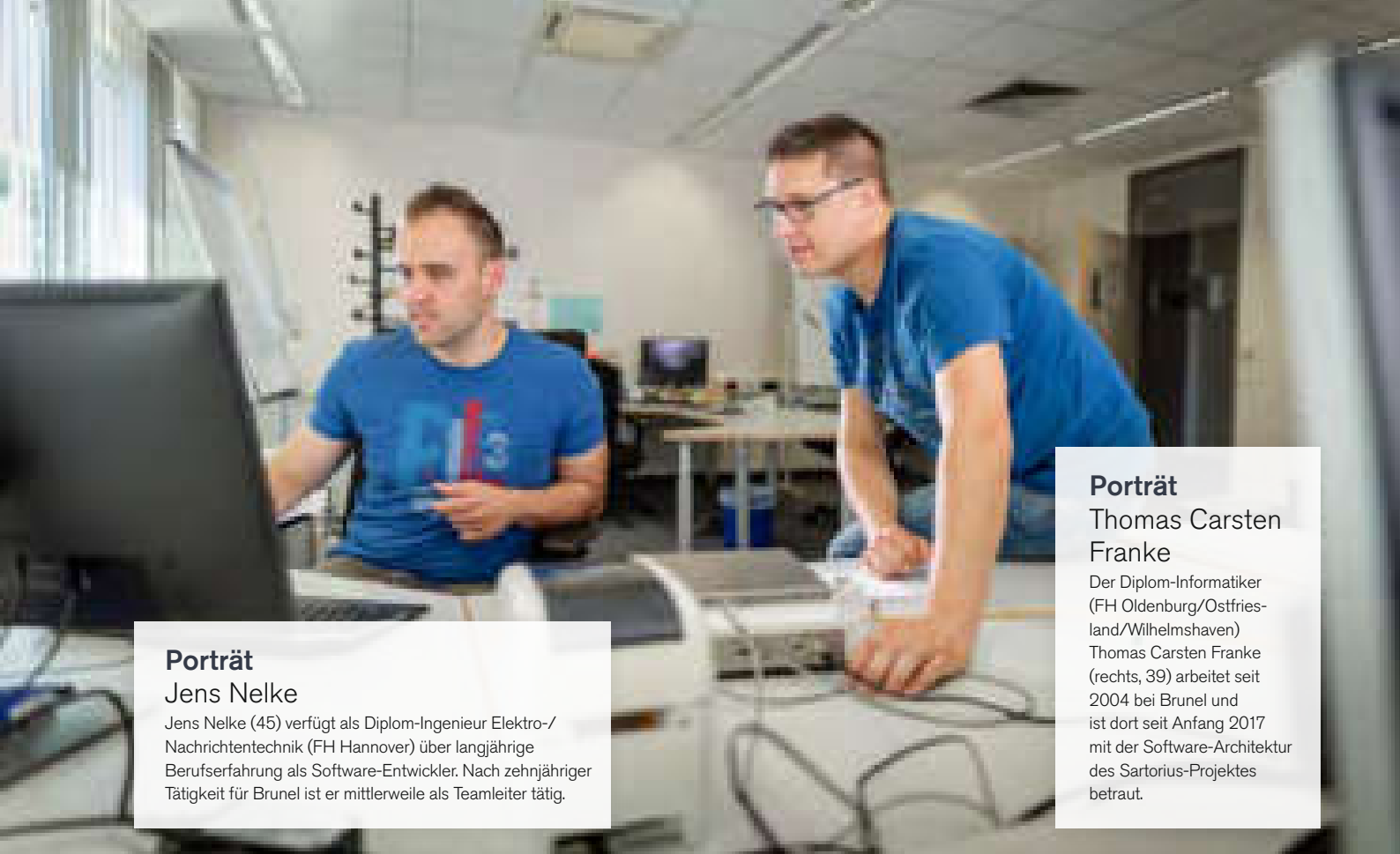
Porträt

Nico Maibaum

Dr. Nico Maibaum (44) ist Leiter des Entwicklungszentrums Brunel Car Synergies GmbH in Hildesheim. Der Diplom-Informatiker mit dem Schwerpunkt Medizinische Informatik (Uni Hildesheim, TU Braunschweig) hat an der Uni Rostock promoviert.

unterschiedlichen Workflows funktional mit dem gewünschten Bedienfluss kombinieren können“, erklärt Senior Software-Engineer Thomas Carsten Franke, der die Software-Architektur im Sartorius-Projekt verantwortet. Er betont: „Anders als früher, als Oberfläche und Inhalte beide in C++ geschrieben wurden, sind unsere Workflows in TypeScript erstellt und laufen als Webapplikation browserbasiert mit einem darunter liegenden Server. Mit diesem Client-Server-Konzept kann man einerseits moderne Techniken aus dem Webdesign nutzen, um die grafische Oberfläche ansprechend und dynamisch darzustellen. Andererseits ist die Funktionalität flexibel erweiterbar, ohne die dahinter liegende Architektur ändern zu müssen.“ Zu den größten

Herausforderungen zählte der hohe Qualitätsanspruch im Pharma- und Medizinbereich. Aufbauend auf den umfangreichen Erfahrungen im Bereich Medizintechnik und der Zertifizierung nach der Medizin-Norm DIN EN ISO 13485 ist das Team von Brunel Car Synergies also dazu angehalten, absolut zuverlässig und genau zu arbeiten. Das betrifft unter anderem auch die Auswahl an Testverfahren: „Da Labormessgeräte oftmals rund um die Uhr in Betrieb sind, müssen sie belastbar sein“, erklärt Jens Nelke. „Um einen reibungsfreien und ausfallsicheren Betrieb der Software sicherzustellen, haben wir mit unseren Testingenieuren eine aufwendige Kombination aus automatisierten Testläufen und klassischen manuellen Tests gewählt.“



Porträt

Jens Nelke

Jens Nelke (45) verfügt als Diplom-Ingenieur Elektro-/ Nachrichtentechnik (FH Hannover) über langjährige Berufserfahrung als Software-Entwickler. Nach zehnjähriger Tätigkeit für Brunel ist er mittlerweile als Teamleiter tätig.

Porträt

Thomas Carsten Franke

Der Diplom-Informatiker (FH Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven) Thomas Carsten Franke (rechts, 39) arbeitet seit 2004 bei Brunel und ist dort seit Anfang 2017 mit der Software-Architektur des Sartorius-Projektes betraut.

Parallel dazu wurden verschiedene Konzepte entwickelt, um zu erreichen, dass die Workflows bedienerfreundlich in Sekundenschnelle starten. Hohe Anforderungen stellte gleichzeitig die Einhaltung der Richtlinien der Pharmaindustrie entsprechend der „Good Automated Manufacturing Practice“ (GAMP 5): „Die strikte Trennung der Software, also die Abkoppelung von Bedienabläufen vom Firmware-Anteil, ermöglicht dabei eine deutliche Reduzierung des Validierungsaufwands beim Verwenden des Instruments“, erklärt Nelke. Ebenso wichtig für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Labormessgerätes ist außerdem, dass deren Prozessor nur eine geringe Systemlast aufweist, um so eine Überhitzung und damit verbundene Beeinflussung der Messergebnisse zu vermeiden: „Damit die Workflows einen möglichst geringen Energieverbrauch haben, liegt unser Augenmerk auf einem optimierten Verhältnis von Leistung und dazu benötigter Rechenzeit sowie auf einer intelligenten Implementierung von Algorithmen

im Rahmen der Programmierung“, berichtet Thomas Carsten Franke.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die gesamte Zusammenarbeit zwischen BCS und Sartorius basierte auf einem agilen Ansatz: „Wir haben täglich eine Abstimmung per Skype-Videokonferenz durchgeführt, um transparent zu arbeiten und eventuelle Probleme oder Lösungen schnell zu erkennen“, erklärt Jens Nelke. „Alle zwei Wochen erfolgten außerdem ein Review und die Festlegung weiterer Aufgaben.“ Entscheidend war auch, dass Brunel Car Synergies voll integriert auf die Infrastruktur von Sartorius zugreifen konnte, sodass sämtliche Änderungen sowie der aktuelle Stand neuer Workflows und Features jederzeit live für den Kunden einsehbar waren: „Die Zeiten, in denen ein Auftrag nach Lastenheft abgearbeitet wird und der Kunde nach einem Jahr das Ergebnis präsentiert

bekommt, gehören mit diesem Ansatz der Geschichte an“, ist sich Dr. Nico Maibaum sicher. Aufseiten von Brunel Car Synergies arbeitet ein sechs- bis achtköpfiges Team interdisziplinär mit Physikern, Elektroingenieuren, Informatikern, Mathematikern, Testing-Ingenieuren und Designern zusammen. Die Kooperation mit Sartorius Lab Instruments ist nicht das einzige Projekt, das das Hildesheimer Entwicklungszentrum im Bereich Medizintechnik realisiert. Der Entwicklungsstandort ist auch mit der Hard- und Software-Entwicklung für ein Präzisionsmess- und Auswertesystem in der Strahlentherapie betraut. „Darüber hinaus haben wir zuletzt die Hard- und Software-Entwicklung für ein mobiles In-vitro-Diagnosegerät entwickelt, das die Konzentration von HI-Viren im Blut misst“, erklärt Jens Nelke. „Da das Gerät insbesondere in Entwicklungsländern eingesetzt werden soll, muss es hochgradig flexibel sein und sowohl bei 40 °C als auch mit Autobatterieantrieb arbeiten.“

Für eine saubere Zukunft

In der maritimen Wirtschaft hat er sich längst einen Namen als erfolgreicher Unternehmer gemacht – ausgerechnet in einer Branche, die mit ihren Riesenschiffen weltweite Emissionen verursacht. Dabei ist Dirk Lehmann davon überzeugt, dass eine saubere Energieversorgung möglich ist. Auf dieses Ziel arbeitet er mit unterschiedlichen Projekten hin.

Text › Anne-Katrin Wehrmann

Dass er Risiken scheuen würde, kann ihm ganz sicher nicht nachgesagt werden. Als Dirk Lehmann 2002 als geschäftsführender Gesellschafter in das Hamburger Ingenieurbüro Willi Becker einstieg und es in Becker Marine Systems umbenannte, nahm er dafür einen Millionenkredit auf – weil er das Potenzial des Unternehmens erkannte und es aus seinem „Dornröschenschlaf“ erwecken wollte. Die Mission ist geglückt. Schon 2004 brachte der studierte Schiffsmaschinenbau- und Schiffbauingenieur das twistierte Schiffsruder auf den Markt, das heute bei großen Containerschiffen nicht mehr wegzudenken ist und seine Firma in diesem Bereich zum Weltmarktführer machte. Denn die Propeller der damals immer schneller werdenden

Frachter erzeugten bei hohen Geschwindigkeiten Dampfblasen, die auf der Ruderoberfläche implodierten und Löcher in den Stahl rissen. Lehmann und seine Ingenieure entwickelten ein Ruderblatt, dessen unterer Teil leicht gedreht angeordnet ist und so die Blasen in eine andere Richtung ableitet. Praktischer Nebeneffekt: Im Vergleich zu anderen Rudern lassen sich dadurch 1 bis 3 % Treibstoff sparen. „Es freut mich enorm, dass wir da einen aktiven Beitrag zur Entlastung der Umwelt leisten können“, sagt Lehmann. Denn das ist es, was den 54-Jährigen antreibt. „Ich war schon als Kind sehr sensibel für Geräusche und Gerüche“, berichtet er. Das habe ihn geprägt und in ihm den Wunsch erzeugt, seine Umwelt möglichst leise und sauber zu gestalten. Während

seines Studiums erhielt er erstmals die Gelegenheit, sich mit Abgaswärmenutzung und elektrischen Konzepten auf Schiffen zu beschäftigen. Von da an begleitete ihn das Thema bis heute. Mit seinem eigenen Unternehmen hält er nun die Hebel in der Hand, seine diversen Ideen auch tatsächlich in die Praxis umzusetzen.

Da ist zum Beispiel die 2015 in Dienst gestellte Schute Hummel: Das schwimmende Kraftwerk baute Becker Marine Systems mit AIDA Cruises als Erstkunden, um Kreuzfahrtschiffe im Hamburger Hafen mit Energie zu versorgen, die aus umweltfreundlichem Flüssigerdgas (LNG) erzeugt wird. Im Vergleich zur bisher gängigen Stromerzeugung an Bord über Dieselgeneratoren lassen sich so während der Hafenziegezeiten



Porträt

Dirk Lehmann

Dirk Lehmann (54) war bis 1992 als Technischer Offizier bei der Bundeswehr im Einsatz und schloss in dieser Zeit auch sein Ingenieurstudium ab. Nach Ende des Kalten Krieges sah er seinen Auftrag als erledigt an und wechselte in die maritime Wirtschaft.

01

Das COBRA-Batteriesystem wurde speziell für eine umweltfreundliche Schifffahrt konzipiert.

02

In Lehmanns Start-up-Werkstatt rüsten Experten Fahrzeuge jeglicher Art auf E-Antrieb um.

03

Das twistierte Ruder machte Becker Marine Systems zum Global Player und legte den Grundstein für die weiteren Ideen des Querdenkers.

04

Sauber und leise: Das Wattentaxi ist als Fähre Marke Eigenbau mit Hybridantrieb unterwegs.



die NOx-Emission um bis zu 80 % und der Ausstoß von CO₂ um 30 % verringern. Bis Lehmann seine Hybridbarge allerdings in Betrieb nehmen konnte, musste er einen wahren Genehmigungs-marathon bei den Behörden hinter sich bringen. Doch von solchen Widrigkeiten lässt er sich nicht abschrecken: So hat er kürzlich das weltweit erste von zunächst vier geplanten LNG PowerPacs fertiggestellt – Spezialcontainer, die künftig auch andere Schiffstypen im Hafen mit sauberer Energie versorgen sollen. Vor zwei Jahren hat der Mann mit den vielen Einfällen außerdem eine neue Abteilung in sein Unternehmen eingebunden, die mit dem Compact Battery Rack (COBRA) ein Batteriesystem für die Schifffahrt entwickelt hat, das sowohl für die elektrische Versorgung des Bordnetzes als auch für den Schiffsantrieb genutzt werden kann.

Ideen kommen über Nacht



Das Besondere daran: Die verwendeten Lithium-Ionen-Zellen sind vergleichsweise klein und nicht verschweißt oder gelötet, sondern aneinandergeschweißt. Dies sorgt für besondere Kompaktheit, Leichtigkeit und Sicherheit. Erster Kunde des neuen Produkts war Dirk Lehmann selbst. Seine Frau hatte eines Tages auf einer Nordseeinsel festgesessen, weil ihr die Fähre vor der Nase weggefahren war. Das ärgerte die beiden so sehr, dass sie auf Kosten ihrer Familienholding einen 18,70 m langen und bis zu 16 Knoten schnellen Katamaran mit neu entwickeltem Hybridantrieb bauen ließen. Seit Anfang des Jahres ist dieser nun als sogenanntes Wattentaxi in der Nordsee unterwegs, wo er bis zu 50 Passagieren individuelle Fährfahrten ermöglicht. Dank zweier COBRA-Batterien mit jeweils gut 50 kWh an Bord kann das Schiff mit elektrischem Antrieb emissionsfrei und leise in den Hafen ein- und ausfahren, während es auf hoher See mit abgasgereinigten Dieselmotoren unterwegs ist. Überhaupt würden die ganzen Unternehmungen von Dirk Lehmann



ohne seine bessere Hälfte nicht funktionieren, wie er sagt. Birgit Lehmann ist nicht nur die Finanzchefin im Haus, zusammen mit seiner langjährigen Assistentin hat sie auch die Hoheit über seinen Terminkalender. „Mein Zeitmanagement ist ziemlich chaotisch, darum haben mir die beiden verboten, selbst Termine einzutragen“, räumt er ein. Da ist es gut, dass jemand für ihn den Überblick behält – zumal er nicht nur weltweit gefragter Chef von Becker Marine Systems ist, sondern unter anderem auch noch ein Parkhaus mit Dauerstellplätzen für Oldtimer inklusive angeschlossener Werkstatt betreibt, mit seiner Frau zusammen einen Resthof in der Nähe von Hamburg führt, selbst ein kleines Flugzeug steuert und Vorsitzender des Erntefestvereins Scharmbeck ist. Letzteres hat ihn übrigens zur Gründung eines weiteren Unternehmens gebracht, das Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren in Elektrowagen umrüstet. Denn beim jährlichen Erntezug fährt Lehmann als Vereinsvorsitzender stets im Traktor vorweg. Doch 2014 beschwerten sich die hinter

ihm marschierenden Landfrauen über den Gestank und Lärm. Da beschloss er kurzerhand, sein Gefährt zu Deutschlands erstem E-Trecker umbauen zu lassen und wurde bei der Suche nach fähigen Tüftlern in Süddeutschland fündig.

Mit ihrer Arbeit war er so zufrieden, dass er zusammen mit ihnen die Firma E-Cap Mobility ins Leben rief. Seither rüstet das Team vom Trabi über den Porsche bis zum Nutzfahrzeug alles um, was gewünscht wird. Die Nachfrage ist so groß, dass die Zahl der Arbeitsplätze von anfangs drei auf aktuell knapp 30 angewachsen ist. Auch eines seiner eigenen Autos, ein aus der Filmreihe „Zurück in die Zukunft“ bekannter DeLorean, fährt mit E-Antrieb.

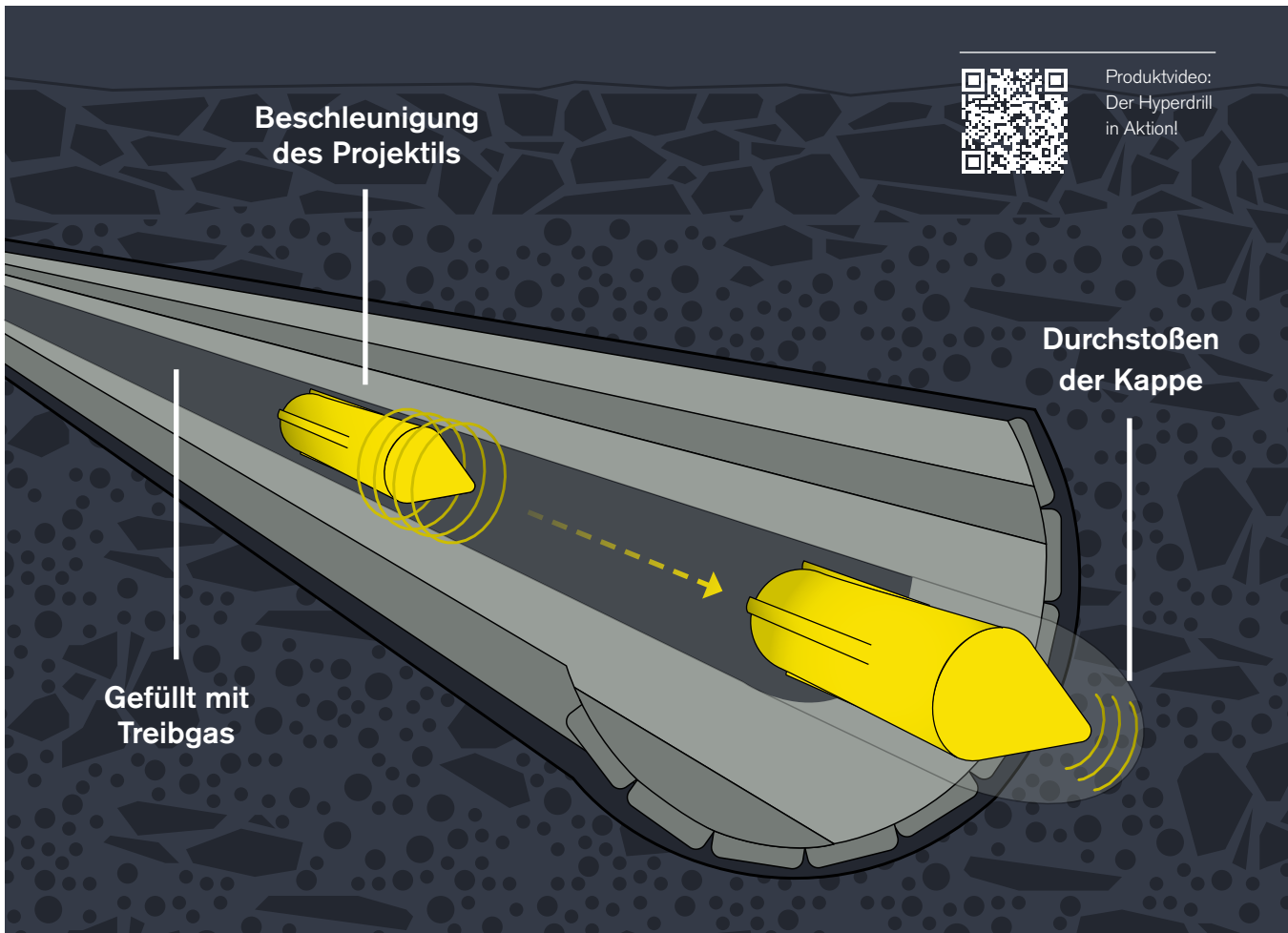
Die vielen Projektideen kämen ihm häufig nachts, sagt Lehmann, der bei allem geschäftlichen Erfolg ein bodenständiger Typ geblieben ist. „Meine Frau und ich wollen uns keine Juwelen kaufen und kein High-Society-Leben führen“, betont der Familienmensch, der drei inzwischen erwachsene Kinder hat. „Wenn wir Geld übrighaben,



investieren wir es wieder. Wir glauben an unsere Ideen und wir glauben an die Menschen, mit denen wir sie umsetzen.“ Dabei arbeitet er in den Führungsebenen nur mit Personen zusammen, die er kennt oder die ihm empfohlen wurden. Vertrauen und Führungsvermögen sind ihm in diesen Positionen wichtiger als Fachkompetenz. Für die Zukunft hofft Dirk Lehmann auf eine echte Energiewende: „Ich erwarte, dass wir von der Kohle wegkommen und tatsächlich saubere Energie nutzen, um uns zu bewegen. Ich bin sicher, dass das möglich ist.“ Er selbst wird seinen Teil dazu beitragen, die Ideenliste in seinem Notizbuch ist noch lang. Was als Nächstes kommt, möchte er nicht verraten. Fest steht nur: Er hat da schon etwas im Blick.



NDR-Beitrag:
Herr Lehmann
und die
Behörden



Mit Hyperschallgeschwindigkeit durch das Erdreich

Texte › Jann Raveling

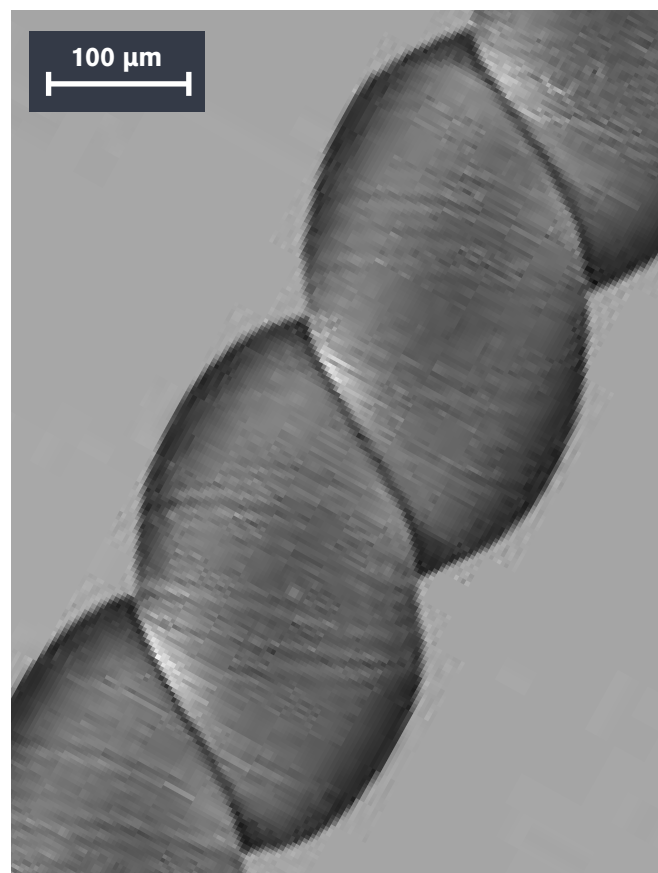
Tunnel zehnmal so effizient bohren wie bisher – dieses ehrgeizige Ziel verfolgt das Start-up HyperSciences aus Seattle. Dazu setzt das Unternehmen, eine Ausgründung der University of Washington, auf Betonprojekte, die alle fünf Sekunden via Dieselgas-Luft-Gemisch mitten durch den Bohrkopf auf mindestens fünffache Schallgeschwindigkeit beschleunigt werden. Ein derartiges Tempo ist sonst nur aus der Luftfahrt bekannt und wird dort als Hyperschall bezeichnet. Trifft das Projektil auf Gestein, zerkleinert es dieses dank seiner enormen kinetischen Energie. Der danach eingesetzte Bohrer kann

seine Arbeit deutlich schneller verrichten, da er sich nur durch lockeres Geröll inklusive des beim Aufprall zerbrochenen Projektils graben muss. Das neue Verfahren kann sowohl bei Geothermiebohrungen, in Öl- und Gasfeldern als auch für Straßen- und Schienentunnel zum Einsatz kommen – und somit zur gesellschaftlichen Energieversorgung mit fossilen Ressourcen, aber auch kürzeren Baustellenphasen beitragen. Zwar befindet sich das Projekt noch in einem frühen Entwicklungsstadium, renommierte Investoren wie Alphabet, der Mutterkonzern von Google, haben allerdings bereits Interesse bekundet.



E-Bike im Handumdrehen

Mit dem EvoWheel wird jedes Fahrrad blitzschnell zum E-Bike. In dem rund 7 kg schweren Vorderrad verbirgt sich ein Elektromotor, der dieses je nach Modell auf bis zu 24 bis 32 km/h beschleunigt. Geübte Bastler können das Vorderrad in 30 Sekunden austauschen, doch auch für Laien sei der Umbau laut dem Hersteller aus Singapur kein Problem. Es ist kompatibel mit 95 % aller gängigen Fahrradtypen und wird in drei unterschiedlichen Leistungsklassen ausgeliefert. Mit einer Ladung kommen Radler bis zu 58 km weit, der Akku kann an jeder üblichen Steckdose wieder aufgeladen werden. Individuell eingestellt wird das Rad entweder über einen Minicomputer inklusive Display am Lenker oder über eine eigens entwickelte Smartphone-App. Sie merkt sich bevorzugte Geschwindigkeiten oder das Fahrverhalten und passt sich automatisch dem Nutzer an. Zudem besteht eine Auswahl aus fünf vorgegebenen Fahrmodi – etwa der Pendler- oder der Klettermodus. Die Serienproduktion soll noch 2018 beginnen.



Schritt für Schritt Strom erzeugen

Elektrische Energie aus Sportbekleidung mittels Körperbewegung zu gewinnen, um damit etwa den Puls zu messen – das kann mit Strom erzeugenden Fasern Wirklichkeit werden. Eine koreanisch-amerikanische Arbeitsgruppe hat einen festen und gleichzeitig elastischen Faden entwickelt, der Batterien in intelligenten T-Shirts ersetzen könnte. Er besteht aus Tausenden versponnenen Kohlenstoff-Nanoröhrchen. Getränkt in einen leitfähigen Elektrolyten, zum Beispiel eine Kochsalzlösung, werden sie zu einem Superkondensator. Dehnen sich die verdrehten Fasern um bis zu einem Drittel, nähern sich die elektrischen Ladungen des Elektrolyten einander an. Erste Tests belegen eine Leistung von bis zu 250 W pro kg, deutlich mehr als bei bisherigen Stromfasern und ausreichend für den Betrieb von Sensoren oder Leuchtdioden. Eines Tages könnten die Fasern auch als dicke Taue Elektrizität in Meereswellenkraftwerken produzieren. Zunächst gilt es aber, die Fertigungskosten der Kohlenstoff-Nanoröhrchen zu senken.



Mit Weltraum- technik auf Tauchstation

Bis heute ist die Tiefsee, der absolut dunkle Meeresbereich ab 200 m Wassertiefe, weit weniger erforscht als die Mars-Oberfläche. Bizarre Lebewesen, ungewöhnliche Ökosysteme und gewaltige Mengen an Bodenschätzen haben jedoch das Interesse der Forscher geweckt. Ferngesteuerte und autonome U-Boote sollen jetzt die Meere erkunden – mit modernen Roboter-Technologien und Know-how aus der Raumfahrt.

Text › Dr. Ralf Schrank



01



02

01

Auf dem Forschungsschiff Polarstern testeten Welt- raum- und Tiefseeforscher im August 2017 ihre neuen Technologien auf einer Arktis-Expedition.

02

Autonome Trägersysteme, sogenannte Lander, dienen beispielsweise Ketten- fahrzeugen als Garage und Ladestation bei der Sedimentanalyse.

03

Der VIATOR wurde im Rahmen der ROBEX- Allianz entwickelt und soll künftig in bis zu 6.000 m Tiefe Messarbeiten durchführen.

Souverän bewegt sich Trampler bei abso- luter Dunkelheit über den Meeresbo- den. Hier in der Framstraße zwischen Grön- land und Spitzbergen, 2.500 m unter der zugefrorenen Wasseroberfläche, beträgt die Temperatur minus 0,8 °C. Dass das Was- ser hier unten flüssig ist, liegt am enormen Druck: etwa das 250fache des Luftdrucks an der Erdoberfläche. Trampler ist ein auto- nomes Raupenfahrzeug, ein sogenanntes AUV (Autonomous Underwater Vehicle), das vorher programmierte Aufgaben selbst- ständig erledigt. Einmal pro Woche legt der Roboter ein paar Meter zurück, misst den Sauerstoffgehalt am Meeresboden und geht dann wieder in den Schlafmodus, um Ener- gie zu sparen. Auf diese Weise reichen seine Batterien für ein Jahr.

Im Sommer, wenn die Framstraße eisfrei ist, nimmt die Polarstern, das Forschungs- schiff des Alfred-Wegener-Instituts (AWI) für Polar- und Meeresforschung in Bremer- haven, Trampler auf, um dessen gesammelte Daten auszuwerten. Sie sollen Aufschluss darüber geben, wie viele Organismen es in 2.500 m Tiefe gibt und wie sie fernab vom Sonnenlicht überleben können. Tramp- ler gehört zu einer neuen Generation von Unterwassergeräten, mit der Ozeanologen die Tiefsee erforschen. Denn über Geologie und Biologie dieses Teils der Erde wissen wir bis heute noch immer so gut wie nichts. Dabei umfasst die Tiefsee das Doppelte der gesamten Landoberfläche und ist nur etwa halb so gut erforscht, wie etwa Mond, Mars oder Venus.

Dabei bringt die Tiefseeforschung auch praktischen Nutzen: Die Kenntnis der topologischen Details des Meeresbodens könnte etwa helfen, Tsunamis vorzusagen. Zudem vermuten Wissenschaftler unter Wasser Substanzen für völlig neue Arznei- mittel oder schätzen das Gesamtgewicht von aus wertvollen Metallen bestehenden Man- ganknollen allein im Pazifik auf mehrere 100 Mrd. t. Außerdem könnten Tiefseeströ- mungen das Klima an der Erdoberfläche viel stärker beeinflussen als bisher angenom- men. Gründe genug also, um in die Tiefe zu gehen. Deshalb hat die gemeinnützige



X-Prize Foundation in Los Angeles Ende 2015 den Shell Ocean Discovery XPRIZE ausgeschrieben: Einen globalen Forschungswettbewerb zur Kartografierung der Tiefsee, mit dem die Grundlagen für eine erfolgreiche Tiefseeforschung geschaffen werden sollen. Denn bislang sind nur 5 % des Meeresbodens hochauflösend kartiert. Anfang 2018 qualifizierten sich neun Teams aus den USA, Deutschland, Großbritannien, Japan, Portugal und der Schweiz für die Endrunde, in der in 24 Stunden und 4.000 m Tiefe ein 500 km² großes Gebiet vermessen werden muss. Dass alle Teams dabei auf technisch ähnliche Lösungen setzen, zeigt die Richtung, die die Entdeckung der Tiefsee in den nächsten Jahren einschlagen wird: Kostengünstige Schwärme vielseitig einsetzbarer, interagierender Mini-AUVs

sollen unterstützt von unbemannten Robotern oder Drohnen operieren. Dazu müssen Technologien wie Multibeam-Sonar, Unterwassernavigation sowie Datenübertragungs- und Fernsteuerungssysteme miteinander gekoppelt werden. Wie das konkret funktionieren kann, zeigt das Studententeam Blue Devil Ocean Engineering der Duke University aus North Carolina: Lastendrohnen werfen Sonarkapseln in den Ozean ab, die beim Sinken eine 3D-Kartierung durchführen. Beim Wiederauftauchen werden die Kapseln von den Drohnen geortet und eingesammelt. Viele andere Tiefseeaktionen erfordern schwereres Gerät, etwa Reparaturen und Wartungsarbeiten an Bohrinseln und Pipelines, an den Fundamenten von Meereswindparks und Gezeitenkraftwerken oder bei der Demontage von Schiffswracks. Der Einsatz

von menschlichen Tauchern wäre hier teuer, riskant und ist ohnehin nur bis etwa 500 m Tiefe möglich. Abhilfe könnte in Zukunft der Tiefseeroboter DexROV schaffen, ein Entwicklungsprojekt der Europäischen Union. Dex steht für dexterous (fingerfertig) und ROV für Remotely Operated Vehicle, also für ein Fahrzeug, das über ein Kabel vom Mutterschiff aus ferngesteuert wird.

Per Satellitentelemetrie kommuniziert DexROV mit einer Zentrale an Land, die Tausende Kilometer vom Einsatzort entfernt sein kann. Mit den Daten, die DexROV per 3D-Sonar und Stereokameras von seiner Umgebung aufnimmt, wird im Onshore-Kontrollzentrum zunächst eine virtuelle Echtzeit-Simulationsumgebung erzeugt, in der alle Aktionen des Roboters optimiert und dann erst an ihn übermittelt werden. Die

Um einen Roboterarm unter Wasser aus großer Entfernung via Satelliten steuern zu können, bringen Experten aus der Robotik, Programmierung, Marine-Technologie und Weltraumtelemetrie ihr Know-how gemeinsam ins Projekt DexROV ein.



Verzögerungszeit überbrückt der Roboter mithilfe von Algorithmen, die ihm Teilautonomie verleihen. Ein speziell entwickelter Drei-Finger-Manipulator von DexROV erreicht die Geschicklichkeit einer menschlichen Hand. Mittels eines Exoskeletts kann ein Experte in der Zentrale damit die diffizilen Aktionen eines virtuellen Tauchers ausführen, etwa das Lösen verrosteter Muttern. Die finale Erprobung findet zurzeit im Mittelmeer vor Marseille in 1.300 m Tiefe statt, während das Kontrollzentrum in Brüssel sitzt.

Ein weiteres Forschungsprojekt ist die ROBEX-Allianz (Robotische Exploration unter Extrembedingungen) der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, die weltweit einmalig sein dürfte. Der eingangs vorgestellte autonome Roboter Tramper ist eines der Ergebnisse dieses ungewöhnlichen Gemeinschaftsprojekts. „Die Allianz entstand 2012 eher durch Zufall“, erinnert sich die wissenschaftliche Koordinatorin von ROBEX, Dipl.-Phys. Martina Wilde, vom federführenden AWI. „Den Gutachtern fiel auf, dass zwei eingereichte

Projektanträge nahezu gleichlautende Titel unter dem Motto ‚Entwicklung autonomer robotischer Infrastrukturen, die unter extremen Bedingungen arbeiten‘ hatten.“ Die Anträge kamen aus Disziplinen, die auf den ersten Blick unterschiedlicher nicht sein können: aus der Tiefsee- und der Weltraumforschung. Die Gutachter brachten die Forscher an einen Tisch und gaben ihnen das erste Jahr der insgesamt fünfjährigen Allianzzeit, um Gemeinsamkeiten auszuloten und ein Kooperationsprojekt aufzulegen. „Das ging anfangs nicht ohne Reibungsverluste“, bekennt Wilde, „aber schon nach wenigen gemeinsamen Meetings war allen klar, dass man von den Erfahrungen der anderen profitieren kann.“ So bekamen die Tiefseeforscher einen schnellen Zugang zur komplexen Steuerungs-Software autonomer Systeme, die die Weltraumwissenschaftler bereits entwickelt hatten. Die Raumfahrtexperten hingegen übernahmen von der Meeresforschung modulare Bauprinzipien und die Strategie kürzerer Projektzyklen. 16 deutsche Einrichtungen mit 120 Forschern

waren an ROBEX beteiligt. Die Projektkosten betragen 30 Mio. €. Die konkrete Entwicklungsarbeit an den Teilprojekten fand in sogenannten Design-Teams statt, deren Mitglieder im ständigen Kontakt standen.

Roboter-Garage am Meeresboden

Zweimal im Jahr trafen sie sich zu großen Workshops, um ihre Arbeit zu koordinieren. Das beeindruckende Ergebnis sind vier Raumfahrtsysteme und sechs Tiefseeroboter. Wie fruchtbar die Symbiose von Weltraum und Tiefsee sein kann, belegt vor allem das folgende System: Wie bei einer Weltraummission wird ein Lander am Meeresboden abgesetzt, der als eine Art Garage für einen mobilen Rover dient. Dieser geht von hier aus auf Erkundungsfahrt und findet mithilfe von Navigations-Software und -markern aus der Raumfahrt selbstständig zurück. An Bord des Rovers sind mehrere Messgeräte, etwa Sensoren für



Eine Auswahl der ROBEX-Unterwasserfahrzeuge im 3,4 Mio. l fassenden Salzwasserbecken des Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz in Bremen – einer europaweit einmaligen Testanlage für Meeresvehikel.

den Salzgehalt und für Chlorophyll. Entsprechend hoch ist der Stromverbrauch auf jeder Fahrt, sodass der Rover regelmäßig in seine Garage zurückkehrt, wo er seinen Akku per Induktion auflädt und die Messdaten der letzten Fahrt an die Meeresoberfläche überträgt. Um sich zu orientieren, verfügt das Kettenfahrzeug über Stereokamera und Linienscanner, mit denen er ein 3D-Bild seiner Umgebung erzeugt und zum Beispiel Felsbrocken ausweichen kann.

„So unterschiedlich die Hardware für Tiefsee und Weltraum ist“, resümiert Martina Wilde, „die Anforderungen an die Intelligenz der robotischen Systeme sind weitgehend identisch. Die schnelle Entwicklung dieser gemeinsam genutzten Software ist wohl der größte Erfolg von ROBEX.“ Mitte 2017 demonstrierten die Design-Teams ihre Geräte im Praxistest – im Nordatlantik und in einer Mond-Analog-Landschaft auf dem Ätna. Die überzeugenden Ergebnisse veranlassten die Helmholtz-Gemeinschaft, Anfang 2018 das dreijährige Nachfolgeprojekt ARCHES (Autonomous Robotic Networks

to Help Modern Societies) zu starten. „Jetzt geht es darum, die einzelnen robotischen Systeme zu vernetzen, indem sie miteinander kommunizieren und sich gegenseitig unterstützen“, erklärt Wilde die Ziele.

Erste unternehmerische Ausgründungen belegen ebenfalls den Erfolg von ROBEX. Die Anzahl der Spin-offs aus der Tiefseeforschung wird weiter steigen, je mehr Geheimnisse der Tiefsee entlockt werden. Auch der Schulterschluss mit der Weltraumforschung wird enger werden: Beide Bereiche interessiert die alles dominierende Frage, wie sich organisches Leben unter Extrembedingungen organisiert. Doch bis gemeinsame Forscherteams mithilfe der nächsten Generationen von AUVs nach Leben in Ozeanen auf fremden Planeten fahnden können, dürften noch etliche Jahrzehnte vergehen.



Porträt Martina Wilde

Dipl.-Phys. Martina Wilde (55) studierte in Köln mit dem Schwerpunkt Astrophysik. Ab 1990 war sie am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrtforschung Mitglied der Projektleitung der Spacelab-Mission D-2. 2013 ging sie als ROBEX-Koordinatorin ans AWI in Bremerhaven.

Künstliche Intelligenz: Segen oder Fluch für die Menschheit?

Ob im Navi, Smartphone oder heimischen Sprachassistenten, Künstliche Intelligenz (KI) ist in unserem Alltag angekommen. Über die Auswirkungen ihres verstärkten Einsatzes auf unsere Gesellschaft haben wir mit den beiden KI-Experten Prof. Luc Steels von der Vrije Universiteit Brussel und Prof. Dr. Christoph von der Malsburg vom Frankfurt Institute for Advanced Studies gesprochen.

Text › Jann Raveling

Prof. Dr. von der Malsburg, Sie haben kürzlich gesagt, dass die KI gefährlicher sein könnte als die Atombombe ...

Christoph von der Malsburg: Eines Tages könnte die KI uns von der Spitze der Evolution verdrängen, wenn wir nicht rechtzeitig anfangen, sie zu regulieren. Das bringt mehrere Zukunftsszenarien mit sich: Etwa, wenn KI zum Schluss kommt, dass wir eine Bedrohung für den Planeten sind und ausgerottet werden müssen. Die Zukunft unserer Geschichte könnte außer Kontrolle geraten. Bei der Atombombe ist das anders: Ihre Bedrohung haben wir politisch gelöst, wir beherrschen den Umgang mit ihr.

Auf der anderen Seite, Prof. Steels, haben Sie den Begriff „Fake Intelligenz“ bei der Beschreibung heutiger KI geprägt. Glauben Sie, die Macht der KI wird überschätzt?

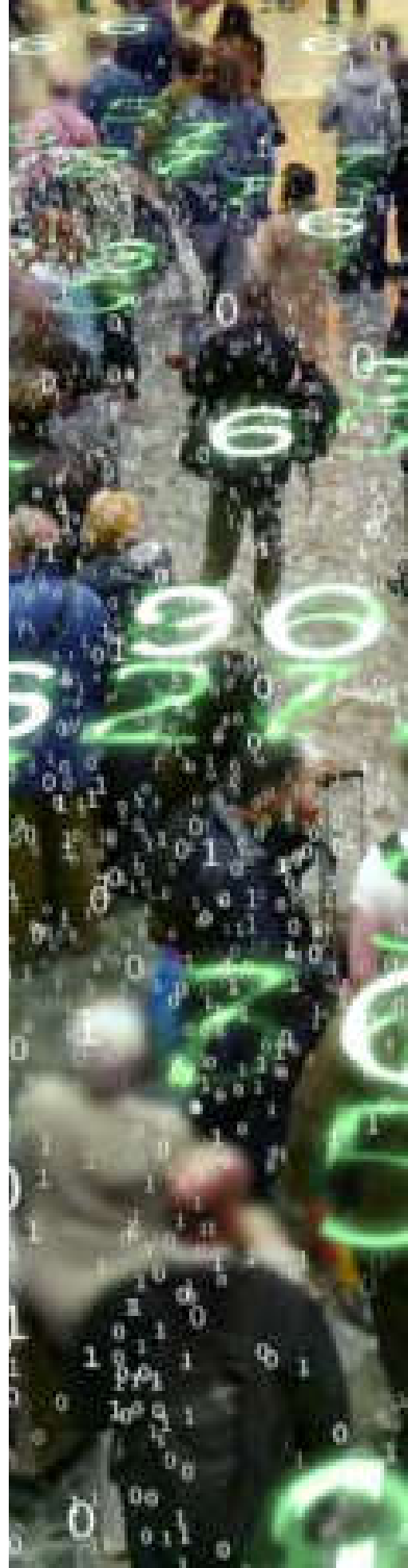
Luc Steels: Die Intelligenz heutiger Systeme ist der von fünfjährigen Kindern unterlegen. Es gibt einen enormen Unterschied zwischen dem, was KI heute umsetzen kann und dem, was die Gesellschaft von ihr erwartet.

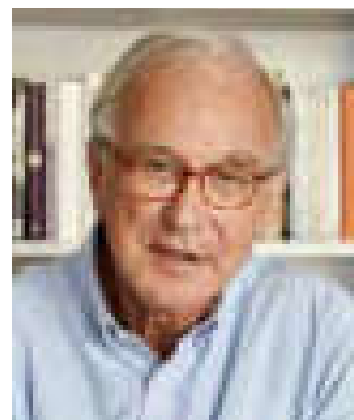
Lange Zeit wurde KI unterschätzt. Das ist jetzt ins andere Extrem umgeschlagen. Wir sollten sie also zum jetzigen Zeitpunkt nicht überhöhen. Es gibt noch viel zu tun.

Malsburg: Dem stimme ich zu. Seit 50 Jahren gibt es keine konzeptionellen Fortschritte in der Forschung auf diesem Feld. Was heute geschieht, basiert auf Ideen aus den 1960er- und 1980er-Jahren. Wir müssen erst verstehen, wie unser Gehirn funktioniert, wie es den Geist erschafft. Sobald wir in der Gehirnforschung diesen Durchbruch erreichen, wird es auch in der KI-Forschung eine tsunamiähnliche Entwicklung geben.

Wie wird sich der Einsatz von KI in naher Zukunft auf Innovation und Entwicklung auswirken?

Steels: Echte Innovation basiert auf dem Zusammenspiel verschiedener Faktoren: Technologie, Kreativität, gesellschaftliches Miteinander. KI kann derart universale Probleme noch nicht lösen, das ist ein Irrglaube. In den Medien und der Wirtschaft herrscht heutzutage wie erwähnt eine totale Überschätzung.





Porträt Christoph von der Malsburg

Prof. Dr. Christoph von der Malsburg (76) ist ein deutscher Physiker und Neurowissenschaftler. Er ist Experte auf dem Gebiet der neuronalen Netze, der Mustererkennung und der Künstlichen Intelligenz.



Porträt Luc Steels

Prof. Luc Steels' (66) Forschungsschwerpunkt ist die Künstliche Intelligenz, einschließlich Roboterverhalten, konzeptioneller Darstellungen und Sprache. Er gründete 1983 das Artificial Intelligence Lab der Vrije Universiteit Brussel und 1996 das Sony Computer Science Laboratory in Paris. Heute arbeitet er als Forschungsprofessor am Catalan Institute for Advanced Studies (ICREA).



Was würden Sie Unternehmen in Bezug auf den Einsatz von KI derzeit raten? Sollen sie abwarten oder aktiv werden?

Malsburg: Das Internet der Dinge ist das treibende Element unserer Zeit. Hardware wie Sensoren und Computer kosten immer weniger. Dasselbe wird mit der KI geschehen – und ist bereits jetzt zu beobachten. Sie eröffnet vielfältige Chancen, etwa um die Produktion zu optimieren. Unternehmen müssen hier kreativ werden.

Steels: Allerdings dürfen sie nicht zu lange warten, um sich rechtzeitig wettbewerbsfähig aufzustellen. Ob Immobilienunternehmen, Anwälte, Architekten – überall wird KI Anwendung finden, besonders im Dienstleistungssektor. Für Unternehmen gibt es also keinen Grund zu zögern, solange die Erwartungen vernünftig sind und sie nicht davon ausgehen, dass KI plötzlich all ihre Probleme löst. KI-Tools werden tatsächlich immer günstiger. Es ist eine Frage des Experimentierens und Testens.

Wie wird KI die Arbeitswelt von morgen verändern?

Malsburg: Viele Berufe werden verschwinden. In der Vergangenheit gab es genug Jobs, um uns alle zu beschäftigen. Aber es ist nicht klar, wie das in Zukunft weitergehen wird. Sobald wahre KI existiert, wird es grundlegende Veränderungen in unserer Arbeitsweise geben, denn sie könnte wissensbasierte Aufgaben, etwa von Rechtsanwälten oder Buchhaltern, komplett übernehmen.

Eines der anschaulichsten Beispiele der aktuellen KI-Forschung ist der Roboter Sophia, entwickelt von Hanson Robotics in Hongkong. Er beherrscht über 60 verschiedene Ausdrücke der menschlichen Gestik und Mimik, erkennt Gesichter und verarbeitet visuelle Daten. Aufgrund seiner Fähigkeit zur einfachen Konversation ist der Roboter beliebter Talkshow-Gast sowie Vortragsredner. Auch mit Bundeskanzlerin Angela Merkel führte er bereits ein Gespräch. Mittelfristig soll Sophia den Menschen im Alltag helfen.



Sehen Sie Sophia im Gespräch mit einem ihrer Entwickler.

Steels: Dazu gehören dann zum Beispiel folgende Fragen: Wie organisieren wir eine Gesellschaft, in der Automatisierung weit fortgeschritten ist? Welcher Art von Arbeit werden wir nachgehen? Worauf basiert Einkommen? Wenn wir es richtig angehen, könnten wir eine völlig neuartige Gesellschaftsform aufbauen. Aber wenn wir uns so weiterentwickeln wie bisher, werden Arbeitslosigkeit und Ungleichheit zunehmen. Eine Zukunft, in der niemand leben will.

China investiert massiv in die KI-Forschung, das Silicon Valley ist bestimmend im Bereich der Digitalisierung – werden wir in Europa abgehängt?

Malsburg: Europa hat bei der Entwicklung des Computers versagt. Wir sind in Gefahr, mit der KI wieder in die gleiche Situation zu geraten. Ein Teil des Problems ist psychologisch: Die Amerikaner sind sehr offen für Innovationen, die Investoren sind wagemutiger. Das ist in Europa anders. Wir müssen Forschern und Gründern hier die Freiheit geben, das zu tun, was notwendig ist, um Innovationen zu erreichen.

Steels: Dem stimme ich zum Teil zu. Wir haben eine gute wissenschaftliche Basis und viel kreatives Potenzial in Europa. In der Vergangenheit haben wir bereits wichtige Beiträge zur KI-Entwicklung geleistet. Aber es gibt in der Tat einen grundlegenden Mangel an Visionen, sowohl bei Industriellen als auch bei Politikern. Ich arbeite seit 40 Jahren in der KI-Forschung und es war immer ein unglaublicher Kampf, Geld aufzutreiben.

Blicken wir 100 Jahre in die Zukunft: Wo wird die Menschheit in Bezug auf die KI stehen?

Malsburg: Richtig eingesetzt, kann KI die Menschheit retten. Wir neigen dazu, kurzfristige Gewinne über langfristige Ziele zu stellen. Eine KI kann mit perspektivisch und global ausgerichteten Zielen programmiert werden. Wir könnten ihr die Kontrolle über unsere Umwelt überlassen. Sie hilft uns somit, nachhaltige Ziele zu erreichen.

Steels: Das sehe ich ähnlich. Wenn ich in die Zukunft blicke, denke ich zunächst an die ökologische Herausforderung, mit Katastrophen wie Klimawandel, Umweltverschmutzung und Abfallentsorgung umzugehen. Die KI kann uns dabei helfen, zum Beispiel die Landwirtschaft oder den Schadstoffausstoß zu reorganisieren. Aber ich möchte anmahnen: Am Ende ist es nur eine Technologie. Wir brauchen einen Mentalitätswechsel.

Wenn wir unser Handeln nicht verändern, wird die Zukunft düster aussehen. Die Menschheit wird leiden. Wir brauchen eine grundlegende Veränderung in der Gesellschaft, ganz gleich wie sehr die KI die nächsten 100 Jahre fortschreitet.

Ist KI ein Fluch oder ein Segen für uns?

Steels: Sie ist eine leistungsfähige Technologie und wir müssen sie, wie von meinem Kollegen erwähnt, klug einsetzen. Dabei sehe ich vor allem drei Herausforderungen für unsere Gesellschaft: Wir müssen uns der Grenzen der Technologie bewusst sein. Wir müssen vermeiden, dass bestimmte Menschen sie ausnutzen und andere damit manipulieren. Und wir müssen dafür sorgen, dass unsere Menschlichkeit erhalten bleibt. Wenn wir diese drei Risiken beherrschen, profitieren wir von der KI.

Malsburg: Wie bei allen neuen Technologien gibt es immer beide Aspekte. KI ermöglicht uns die Chance, auf eine bisher noch nie dagewesene Art und Weise zu verstehen, wie unser Geist funktioniert. Das kann unsere Gesellschaft zum Besseren verändern – wenn wir richtig mit ihr umgehen.

Buchtipps:

„The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World“ (2015) von Pedro Domingos gilt als eines der besten KI-Bücher weltweit – gerade auch, weil es die Thematik verständlich für Neueinsteiger erklärt. Es wurde bereits in viele Sprachen übersetzt, ins Deutsche jedoch noch nicht.

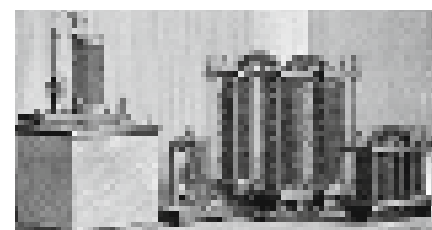
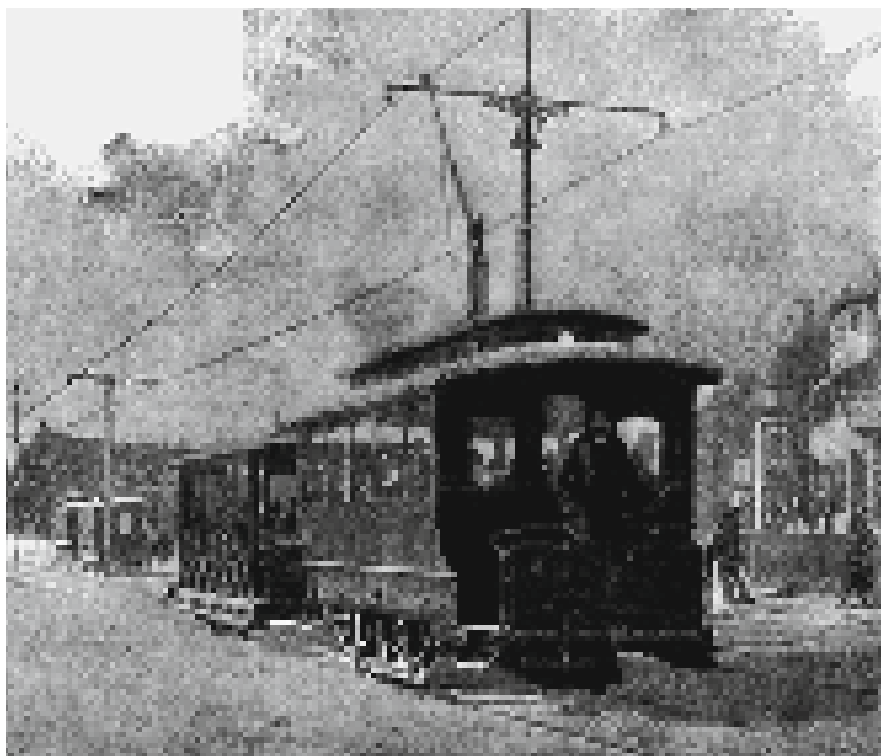
Eine Idee, worum es hier geht?



Es gilt als das bisher größte Vorhaben der Weltraumforschung: das James Webb Space Telescope (JWST). Mit seinem 25 m² großen Hauptspiegel aus insgesamt 18 sechseckigen ultraleichten Modulen ist es deutlich leistungsfähiger als sein Vorgänger, das Hubble-Teleskop. Die Forscher des Kooperationsprojekts der Raumfahrtorganisationen Europas, Kanadas und der USA erhoffen sich

neue Erkenntnisse im Hinblick auf die Entstehung unseres Universums sowie die sieben erdähnlichen Exoplaneten, die 2017 etwa 40 Lichtjahre und damit rund 370 Bio. km außerhalb unseres Sonnensystems entdeckt wurden. Hubble arbeitet im optischen und ultravioletten Bereich und lieferte bisher lediglich vage Hinweise auf dortige Wasservorkommen – eine Grundvoraussetzung

für die Existenz von Leben und eine potenzielle Ansiedlung. Das JWST nimmt hingegen Infrarotwellen wahr und erlaubt somit einen bislang unerreicht detaillierten Blick ins All. Ab voraussichtlich Mai 2020 wird es in circa 1,5 Mio. km Entfernung operieren, während Hubble in nur 570 km Höhe um die Erde kreist.



Wer hat's erfunden? Dynamomaschine und elektrische Straßenbahn

Text › Bastian Korte

Dass Werner von Siemens als Pionier der Elektrotechnik gelten würde, war zunächst nicht absehbar: Herausragend in Mathematik, verließ der Junge aus armem Elternhaus das Gymnasium dennoch ohne Abschluss und bewarb sich mangels Alternativen beim Militär. Dort erhielt er an der Artillerie- und Ingenieurschule die ersehnte naturwissenschaftliche Ausbildung, die gepaart mit seinem Gespür für zukunftsweisende Technologien unsere Gesellschaft bis in die Gegenwart prägt.

Paradebeispiel hierfür ist das dynamoelektrische Prinzip. Zwar entdeckten der Däne Søren Hjørth und der Ungar Ányos Jedlik

Jahre vor ihm die Stromgewinnung aus Rotationsbewegungen sowie die Rückführung eines Teils des erzeugten Stroms zum Elektromagneten zur rückkoppelnden Magnetismus- und Stromverstärkung. Siemens allerdings erkannte die Tragweite der Erfindung und verfeinerte sie – getreu seinem Motto: „Wer neu und anders denkt, kann die Welt verändern.“ Auf der Pariser Weltausstellung 1867 bestaunte die Öffentlichkeit seinen elektrischen Generator, der fortan günstige und flexible Elektrizitätserzeugung ohne eine externe Stromquelle ermöglichte. Dankbarer Abnehmer war Bayernkönig Ludwig II., der 1878 mit dem ersten E-Kraftwerk der

Welt eine künstlich angelegte Venusgrotte auf einem seiner Schlösser erleuchtete.

Nur ein Jahr später rüstete Siemens drei Pferdebahnwagen zur ersten elektrischen Straßenbahn weltweit um. Jeder der zweiaxigen Triebwagen besaß einen Gleichstrommotor mit einer Leistung von 10 PS, der seinen Fahrstrom (180 V) über Schleifkontakte mit den Schienen von den mit eisernen Radkränzen versehenen Holzscheibenrädern erhielt. Die etwa 20 km/h schnelle Premierenfahrt erfolgte 1881 in Lichterfelde. Begeisterte Fahrgäste waren gern bereit, den Preis von 20 Pfennig – mehr als ein damaliger Durchschnittsstundenlohn – zu entrichten.

Wohlige Wärme auf dem Prüfstand

Mit rund 3.300 Mitarbeitern und einem Umsatz von mehr als 500 Mio. € zählt Stiebel Eltron zu den weltweit führenden Spezialisten privater Energie- und Haustechnik. Teil des hiesigen Laborteams ist Brunel Ingenieur Mathias Bierwirth, der an einer wichtigen Schnittstelle beim Prüfprozess unterstützt und Testumgebungen entwickelt, damit die Anlagen zuverlässigen ihren Dienst leisten.

Text › Robert Uhde





01

01

Ein Gemeinschaftsprojekt aus Forschung und Wirtschaft: Eine Testanlage auf dem Firmengelände von Stiebel Eltron zur Optimierung der Wärmepumpen-Laufzeiten bei Photovoltaik-Stromnutzung.

02

Um einen fiktiven Einfamilienhaushalt abzubilden, konzipierte Mathias Bierwirth einen Algorithmus für den Wärme- und Wasserbedarf. Auf diese Weise wird die langfristige Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe überprüft.

Es ist Mitte Februar, selbst am Tag herrschen Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt. Doch in den eigenen vier Wänden ist davon kaum etwas zu spüren. Es fließt warmes Wasser aus dem Wasserhahn und die Fußbodenheizung sorgt für ein angenehmes Raumklima. Eine exemplarische Situation, die zwar selbstverständlich erscheint, es aber de facto nicht ist. Vielmehr ist unsere private Wohlfühlzone das Ergebnis einer ausgefeilten Technik mit hochmodernen Geräten, die vor ihrer Markteinführung in unterschiedlichsten Testreihen auf Herz und Nieren geprüft wurden.

So etwa am Unternehmenssitz der Stiebel Eltron GmbH & Co. KG im niedersächsischen Holzminde. Im Entwicklungslabor – vier Hallen mit einer Fläche von über 2.000 m² und mit begehbaren Klimakammern – ist der Brunel Mitarbeiter Mathias Bierwirth gemeinsam mit einem Kollegen mit der Auslegung, der Programmierung und dem Aufbau von Prüfanlagen für Haus- und Systemtechnik betraut: „In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Test- und Prüfumgebungen für Wärmepumpen, Durchlauferhitzer oder



02



Porträt Mathias Bierwirth

Mathias Bierwirth (25) hat an der FH Kiel zunächst den Bachelor of Engineering in Mechatronik und anschließend den Master of Engineering in Elektrische Technologien absolviert. Seit Februar 2018 ist er über Brunel bei Stiebel Eltron in Holzminden tätig.

Lüftungsanlagen“, erklärt der 25-Jährige. „Außerdem unterstütze ich bei der Entwicklung der Anlagen, der Durchführung von Approbations- und Gebrauchstauglichkeitsprüfungen sowie der Auswertung und Dokumentation der Tests.“

Aktuell ist Mathias Bierwirth damit beschäftigt, eine Prüfanlage für eine neue Luft-Wärmepumpe auszulegen, zu programmieren und die dafür geeignete Messtechnik auszuwählen: „Um die Funktionsfähigkeit des Gerätes zu testen und darüber hinaus

sämtliche Sicherheitszertifikate für die Marktzulassung zu erhalten, muss der Prüfstand insbesondere dazu in der Lage sein, den Wirkungsgrad der Wärmepumpe bei unterschiedlichsten klimatischen Bedingungen zu erfassen“, erklärt er. „Je nach Vorgabe muss der zuständige Prüflingenieur also zum Beispiel eine angenommene Außentemperatur von -20 °C und eine gewünschte Innenraumtemperatur von $+25\text{ °C}$ in der Klimakammer simulieren und zudem unterschiedliche Volumenströme sowie Betriebszustände des

Prüflings darstellen können. Zur Überprüfung des Wirkungsgrades in Abhängigkeit von der jeweiligen Außentemperatur müssen dann die aufgenommene elektrische Leistung und die abgegebene thermische Energie anhand des Volumenstroms gemessen und ins Verhältnis gesetzt werden.“

Beachten muss Bierwirth bei seiner Tätigkeit, dass es unterschiedliche Wärmepumpen gibt und eine Luft-Wasser-Wärmepumpe etwas anders funktioniert als eine Luft-Luft-, Wasser-Wasser- oder Sole-Wasser-Wärmepumpe. Je nachdem, ob die Energie aus Luft, Wasser oder aus dem Boden entnommen wird, werden entsprechend modifizierte Prüfanlagen benötigt. Um Kosten bei der Entwicklung zu sparen, werden deshalb generell Testumgebungen angestrebt, die sich möglichst für unterschiedliche Anwendungen modifizieren lassen und idealerweise auch die Anforderungen künftiger Gerätegenerationen bereits miteinbeziehen.

Innovatives Speichermedium im Test

Ganz entscheidend für einen reibungsfreien Workflow ist somit die enge Zusammenarbeit mit den verschiedenen Entwicklungsabteilungen – zum Beispiel, wenn es darum geht, sich konkreten Problemstellungen wie dem winterlichen Einfrieren des Verdampfers durch Tests zu nähern. Um bei solchen oder ähnlichen Fragen zu optimalen Lösungen zu kommen und die Funktionstüchtigkeit sämtlicher Produkte sicherzustellen, arbeiten die Kollegen Hand in Hand und tauschen sich in regelmäßigen Meetings aus. Für Berufseinsteiger Mathias Bierwirth sind die verschiedenen Abläufe des Komponententestings nicht gänzlich unbekannt, schließlich lag der Schwerpunkt seiner Masterarbeit „Eigenständiger Prüfstandbau für mechatronische Komponenten“ ganz nah an seinem jetzigen Einsatzfeld. „Besonders spannend finde ich allerdings das für mich neue Thema Klimatechnik und den Umgang mit innovativen Software-Tools wie der objektbasierten Programmiersprache LabVIEW.“ Eine



Im Rahmen der Sensorik-
anpassung für eine kondi-
tionierte Luftmessstrecke
kalibriert Bierwirth Thermo-
meter, Thermoensoren,
Feuchtesensoren und vieles
mehr. Zudem konfiguriert er
die Messtechnik-Software.

wichtige Rolle spielt außerdem der Umgang mit unterschiedlichen, in einer Datenbank zusammengefassten Normen: „Alles in allem verbringe ich rund zwei Drittel des Tages mit theoretischer Arbeit am Rechner und etwa ein Drittel mit praxisbezogenen Aufgaben im Labor.“

Gleich zu Beginn seiner Tätigkeit hatte Bierwirth bereits die Möglichkeit, eigenverantwortlich an einem durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungsprojekt mitzuarbeiten, das Stiebel Eltron seit 2015 gemeinsam mit einem Fraunhofer-Institut, der Ruhr-Universität Bochum und dem Unternehmen HPS Home Power Solutions GmbH realisiert: „Dabei handelt es sich um einen sogenannten ‚Latenten Stromspeicher‘, der durch ein intelligentes Energiemanagementsystem zur Optimierung der Wärmepumpen-Laufzeiten bei der Nutzung von Fotovoltaik-Strom im Heizsystem eines Einfamilienhauses beitragen soll“, erklärt der Brunel Experte.

„Betrieben wird das System mit einem Phasenwechsel-Medium, das aus einer Emulsion aus Paraffin und Wasser anstelle von Wasser besteht. Zur Anwendung kommen soll es in einem dem Standard möglichst nahekommenden Heizsystem, sodass keine teuren Spezialsysteme eingesetzt werden müssen.“ Um die Funktionalität der Anlage überprüfen zu können, hat Bierwirth eine komplexe Testumgebung entwickelt und aufgebaut. Realitätsgetreu wird dabei ein Haushalt simuliert, der über Jahre hinweg zu vorgegebenen Tages- und Jahreszeiten bestimmte Mengen an Warmwasser und Heizwärme über die Stiebel-Wärmepumpe bezieht: „Der an die unternehmenseigene Grundwasserpumpe angedockte Testaufbau integriert unter anderem eine außen liegende Luft-Wärmepumpe, den innen liegenden Wasserspeicher mit zahlreichen Messstellen, Wärmetauschern und Regelventilen, über die sich die verschiedenen Volumenströme regeln und messen lassen“, so der Laboringenieur. „Je nach

Testanforderung kann ich den Volumenstrom über das Ventil zum Beispiel so regeln, dass über die Grundwassersenke eine Leistung von exakt 1 kW entnommen wird. Ausgehend von den gemessenen Temperaturveränderungen vor und hinter dem Wärmetauscher kann ich dann genau den Energieverbrauch der Anlage einstellen.“ Den Wärme- und Wasseralgorithmus des fiktiven Haushalts hat Bierwirth außerdem auf Basis vorgegebener Normzapfprofile entwickelt, um so das Zusammenspiel unterschiedlicher Aktivitäten wie Brauchwasserentnahme, Händewaschen, Baden oder Duschen abbilden zu können. Bis das innovative Speichermedium als Prototyp vorliegt, wird die Testanlage noch auf herkömmliche Weise mit Wasser betrieben: „Aber sofern weiterhin alles nach Plan läuft, könnte das Projekt in ein paar Jahren serienreif sein“, blickt Mathias Bierwirth optimistisch nach vorn.

Big in Japan

Während der Taifun-Saison ein ausgeklügeltes Entwässerungssystem, in der Trockenzeit eine Touristenattraktion: Shutoken Gaikaku Hōsuiro in Tokio. Das im Volksmund Drachenfluss genannte Bauwerk ist nicht nur das weltweit größte seiner Art, sondern auch ein wahres Erfolgsprojekt der Ingenieurkunst.

Text › Bastian Korte

Durchschnittlich zehn Taifune suchen Japan jährlich von Frühsommer bis Herbst heim. Eine enorme Herausforderung insbesondere für Tokio – mit 38 Mio. Menschen der größte Ballungsraum der Erde. Denn die Überschwemmungen von gleich drei stadteinwärts strömenden Flüssen fluten gepaart mit heftigen Niederschlägen nicht nur die Straßen und U-Bahn-Stationen. Sie sind auch ein zusätzlicher Risikofaktor, da die dicht besiedelte Megacity angesichts weiteren Wachstums notgedrungen sogar Einkaufszentren und vieles mehr unter die Oberfläche verlagert.

Aus genau dieser Platznot machten Ingenieure ab 1993 eine Tugend: Innerhalb von 15 Jahren schufen sie in rund 50 m Tiefe ein einzigartiges Bauwerk. Shutoken Gaikaku Hōsuiro bedeutet ins Deutsche übersetzt in etwa „äußerer Entwässerungskanal für das Hauptstadtgebiet“. Die Einheimischen

Der Spitzname G-Cans

Fast jeder in Tokio kennt das Bauwerk unter dem Titel G-Cans. Diese Wortschöpfung setzt sich zusammen aus dem Anfangsbuchstaben von „Gaikaku Hōsuiro“ (Fluss im Außenbezirk, an deren Stelle das über die Ufer tretende Wasser in die Unterwelt geleitet wird) und dem englischen „can“. Frei übersetzt also der Ort, an dem Abhilfe für das Problem der Überschwemmung geschaffen wird.

nennen das Betonbollwerk hingegen meist G-Cans oder betiteln es mit Blick auf die schieren Dimensionen auch voller Bewunderung als Drachenfluss. Ein Spitzname, der berechtigt erscheint: In fünf jeweils 32 m breiten und 65 m hohen Kavernen sammelt sich zunächst das Wasser, das über weit verzweigte Tunnel in eine gewaltige Halle von 177 × 78 × 25 m gelenkt wird. Liegend würden hier fast zwei Freiheitsstatuen in Reihe hineinpassen. 59 massive Stützpfeiler mit einem Einzelgewicht von 500 t tragen die Betondecke und erinnern an Säulen in einem Kirchenschiff, weshalb die Halle auch als Wasserkathedrale bezeichnet wird. Aufgrund ihrer mystischen Atmosphäre diente sie bereits als Filmdrehort und ist beliebtes Fotomotiv von Besuchern, die das 2,3 Mrd. € umfassende Projekt in den tai-funarmen Monaten kostenfrei von innen bestaunen können.

In dieser Zeit stehen die der Kathedrale nachgelagerten gasbetriebenen Pumpen still. Ihre Aufgabe besteht in der Überführung der Wassermengen in einen Fluss, der südöstlich der Stadt ins Meer fließt. Hierfür wurden sie mit modifizierten Flugzeugtriebwerken einer Boeing 737 und einer Leistung von 14.000 PS ausgerüstet. So transportieren die vier Pumpen bis zu 200 m³ Wasser pro Sekunde – ein olympisches Langbahn-Schwimmbassin wäre in rund 15 Sekunden trockengelegt. Überwacht werden all diese Vorgänge von Mitarbeitern in einem Kontrollzentrum, das mit seiner Vielzahl an Monitoren und Displays an die Kommandozentrale eines Kernkraftwerkes oder die Brücke eines Containerschiffes erinnert. Doch all dieser Aufwand lohnt sich: Mehr als 60 Mal kam der Drachenfluss seit 2008 bereits zum Einsatz und rettete damit effektiv Menschenleben. Die überfluteten Flächen konnten um beachtliche 80 % reduziert werden.

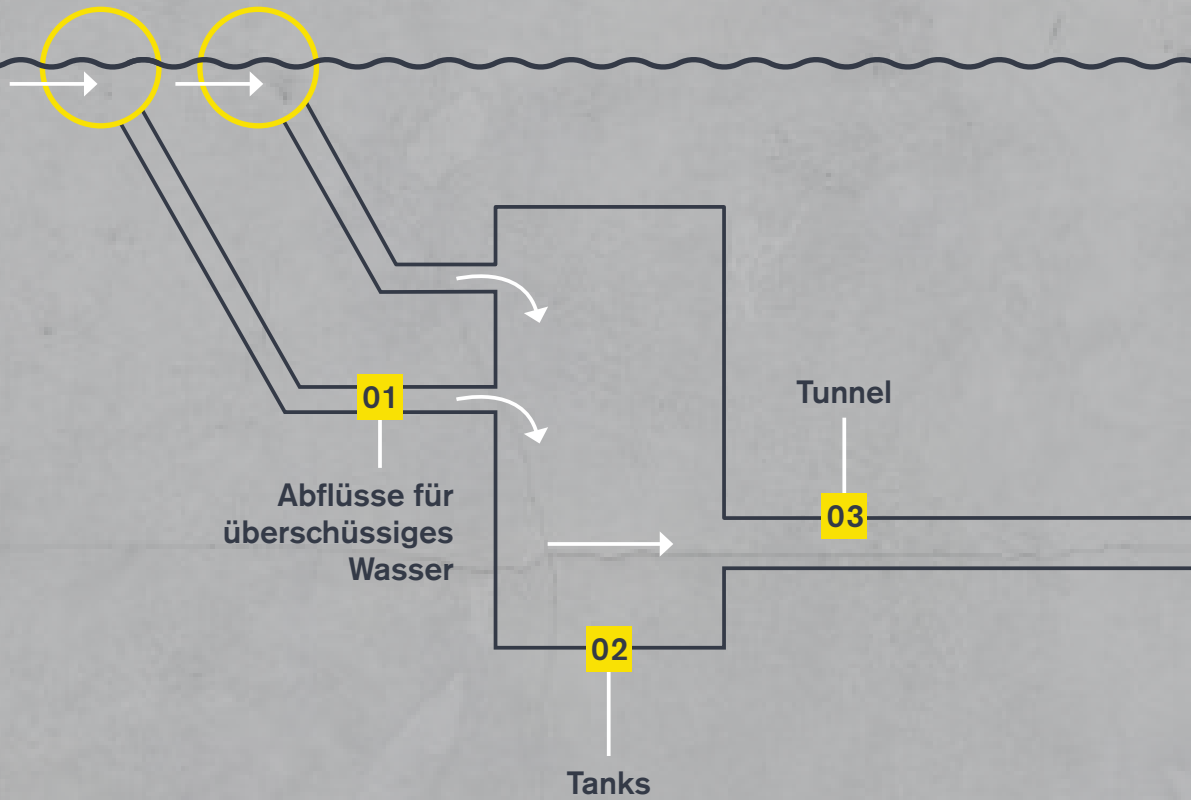
Weiter geht's auf der Folgeseite:
Das Entwässerungssystem auf einen Blick

Das Entwässerungssystem auf einen Blick:

Kontrollzentrum



Fluss Edogawa



01

Große Abflusslöcher an den Ufern der Flüsse leiten das übergetretene Wasser ...

02

... etwa 20 km nördlich von Tokio in die Tanks.

03

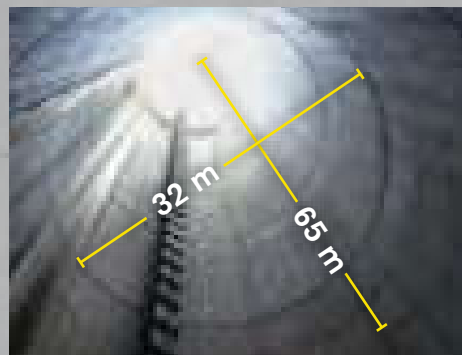
Über ein mehr als 60 km langes Tunnelsystem ...

04

... gelangt es in die sogenannte Kathedrale, die als Druckausgleichsbehälter dient.

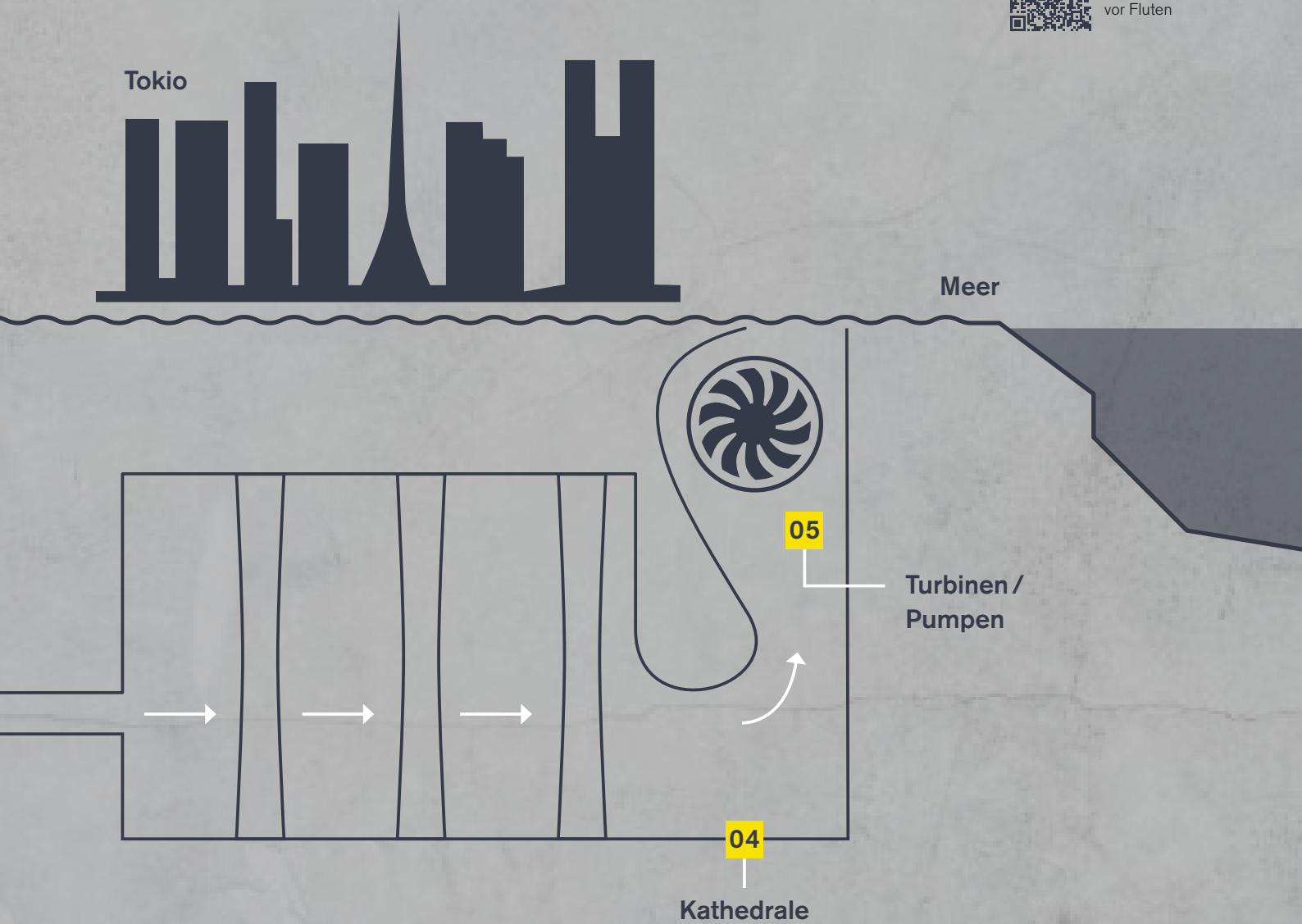
05

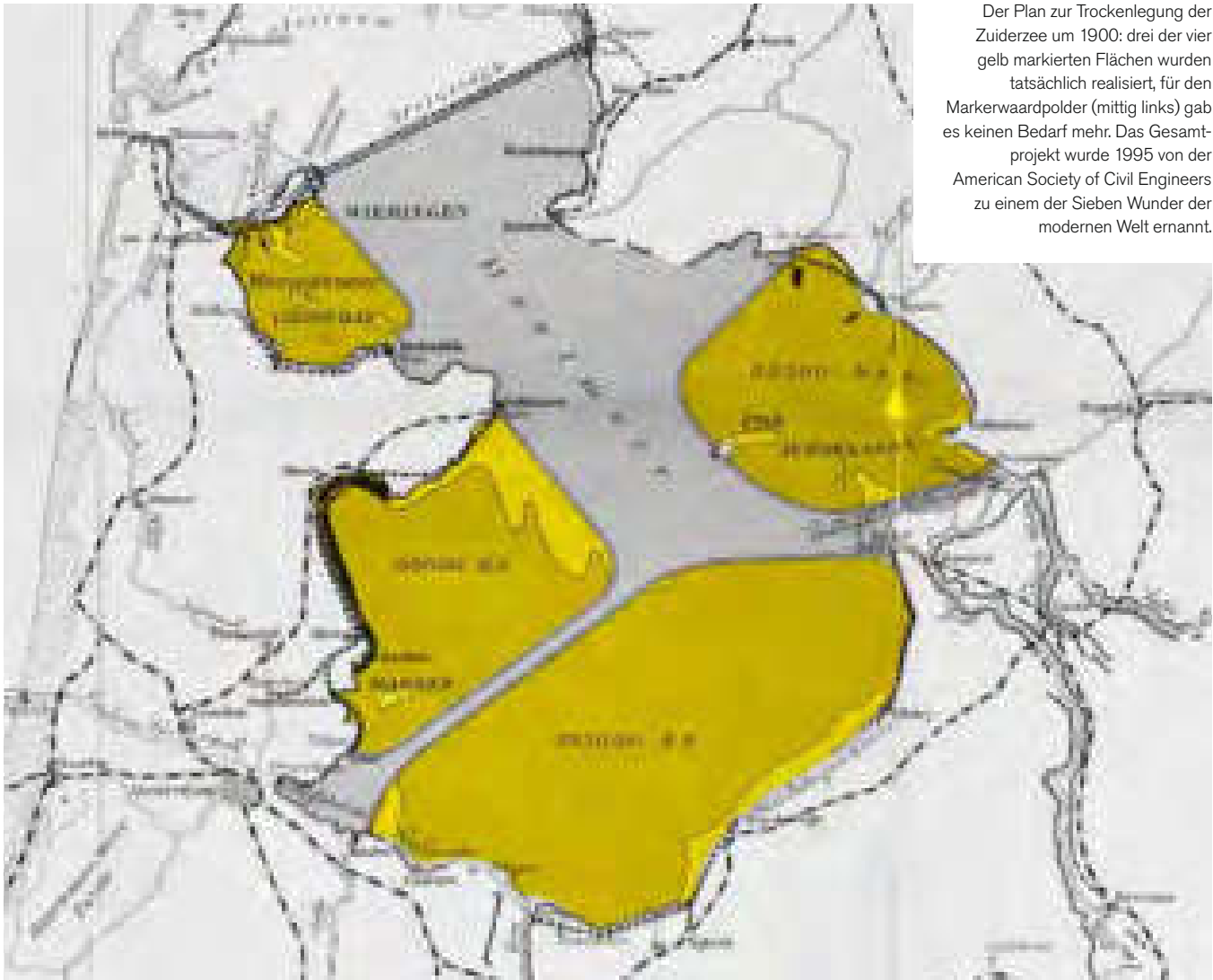
Von dort werden die Wassermassen mittels riesiger Hochleistungsturbinen hinter der Stadt in den breiten Fluss Edogawa abgepumpt, der in den Pazifik mündet.





3sat-Beitrag:
Der Drachenfluss
schützt Tokio
vor Fluten





Der Plan zur Trockenlegung der Zuiderzee um 1900: drei der vier gelb markierten Flächen wurden tatsächlich realisiert, für den Markerwaardpolder (mittig links) gab es keinen Bedarf mehr. Das Gesamtprojekt wurde 1995 von der American Society of Civil Engineers zu einem der Sieben Wunder der modernen Welt ernannt.

Land in Sicht

Von Jahrhundert zu Jahrhundert wurden die Nordsee größer und die Niederlande kleiner. Doch die Menschen fanden kein Mittel gegen die Macht des Meeres. Erst mit dem Wasserbauingenieur Dr. Cornelis Lely änderte sich dies. Der Amsterdamer stellte sich den Gesetzen der Naturgewalt sowie Kritikern entgegen und avancierte zum Pionier des größten Landgewinnungsprojektes der Geschichte.

Text › Gerrit Reichert



Cornelis Lely 1899

Schon im 17. Jahrhundert waren Konzepte zur Trockenlegung der Zuiderzee, der 5.000 m² großen niederländischen „Südsee“, ausgearbeitet worden. Doch die Pläne moderten in Schubladen, weil sie als technisch undurchführbar galten. Derweil eroberte eine Sturmflut nach der anderen das weitgehend ungeschützte Land rings um die Zuiderzee, jene 100 Kilometer tiefe Ausbuchtung zwischen Nordholland und Friesland, die im Südwesten Amsterdam berührte.

Hier wurde 1854 Cornelis Lely als siebtes von neun Kindern geboren. Im gleichen Jahr

begann das erste große Landgewinnungsprojekt der Moderne: die Trockenlegung des 17.000 ha großen Haarlemmermeers. Dieser zeitliche Zufall und Lelys Vater, der als Getreidehändler viel unterwegs war und seine Kinder mitnahm zu „Orten, wo etwas entsteht“, waren prägend für Lelys Leben: Den liberalen Geist von Veränderung und Erneuerung, der in seiner Kindheit herrschte, sog er tief in sich auf.

Schon als junger Ingenieur legte Cornelis Lely mit der Verbindung zu Johannes Tak van Poortvliet, dem amtierenden Minister für Wasserwirtschaft, einen wichtigen

Landgewinnung: von der Vision zur Realität

1930

Motiviert durch Cornelis Lely erwägen englische Ingenieure die Trockenlegung der Nordsee, um das Vereinigte Königreich mit Dänemark zu verbinden. Sie errechneten, dass die Wiederherstellung des Eiszeitzustandes einen Landgewinn der 86fachen Fläche der Zuiderzee hätte. Die Politik sieht im Verschmelzen eigenständiger Nationalstaaten jedoch keinen Gewinn und das Projekt kommt über die Idee nicht hinaus.

1960

Singapur hatte ursprünglich eine Staatsfläche von 581 km². Seit den 1960er-Jahren wird diese Fläche durch Trockenlegung stetig vergrößert. Bis 2030 will der Stadtstaat dem Meer 800 km² abgerungen haben.

2001

In Dubai wird mit dem Ausbau mehrerer Inseln zu den Palm Islands begonnen. Die Hauptinsel, eine plakative Palme, hat eine Größe von 560 ha. Zeitweise sind bis zu 40.000 Arbeiter täglich am Projekt beteiligt, um die Küstenlinie Dubais um 100 km zu verlängern. Nach sieben Jahren wird die Fertigstellung gefeiert.

Bis 2025

Gerade einmal 2 km² beträgt die Größe Monacos. Obwohl kaum noch Baulücken existieren, erfreut sich der zweitkleinste Staat der Welt nach wie vor enormer Nachfrage hinsichtlich Wohnraum. Deshalb soll das Fürstentum um 6 ha – etwa 14 Fußballfelder – ins Mittelmeer wachsen. Das neue Quartier wird auf einer künstlichen Halbinsel Luxuswohnungen, einen Hafen, eine Küstenpromenade sowie eine Erweiterung des Kongresszentrums Grimaldi Forum ermöglichen. Der Fokus der 2017 begonnenen Arbeiten liegt dabei auf einer umweltschonenden Bauweise.

1927

Grundstein für sein Landgewinnungsprojekt, indem er für van Poortvliet ein Konzept ausarbeitete, das die Modernisierung des niederländischen Kanalnetzes erwirken sollte. Angetan von dessen Ideen holte van Poortvliet Lely 1891 als Wasserbauminister erstmalig in die Regierung. Zuvor war der mittlerweile fünffache Vater in den neu gegründeten Zuiderzeeverein eingetreten, der auf seine Empfehlung hin seinen ehemaligen Hochschullehrer Aan van der Toorn zum Vorsitzenden machte. Dieser präsentierte einen Plan für die Verbindung der der Zuiderzee vorgelagerten Inseln Texel, Vlieland, Terschelling und Ameland zu einem gewaltigen Stauwerk. Über dieses Konzept gab es allerdings eine so heftige Kontroverse, dass van der Toorn zurücktrat und Cornelis Lely 1887 den Vorsitz des Vereins übernahm. In seiner neuen Funktion überarbeitete er den Plan. Insgesamt entwarf er bis zu seinem

Eintritt in die Regierung acht Fassungen, deren letzte allerdings erst ab 1916 zum Gesetz werden sollte. Im Kern wurde darin aus dem ursprünglich angedachten rund 80 km langen Inseldeich mit 32 km ein kurzer: „Der Deich muss so kurz wie möglich sein“, hatte Cornelis Lely errechnet, weil die Widerstandskraft so bedeutend größer sei. Allerdings wurde der Bau des Deichs – obwohl technisch überzeugend – durch den Widerstand des Amsterdamer Seehandels und der Fischer der Zuiderzee weiter verzögert: Sie fürchteten um ihre Existenz und auch die Landwirte entlang des Binnenmeeres meuterten. Denn ihnen oblag traditionell der privat organisierte Bau und die Pflege der Deiche. Die staatlich angedachte Trockenlegung der Zuiderzee widerstrebte ihnen daher zutiefst. Lely warb zwar weiterhin für seinen Deich, widmete sich jedoch vor allem in seiner zweiten Amtsperiode

ab 1897, in der er zusätzlich Arbeitsminister war, auch anderen Themen: Er setzte sich für das allgemeine Wahlrecht und für eine Unfallversicherung gegen die Interessen der Arbeitgeber ein. Neben der Autorität des Amtes verliehen ihm und damit auch seinen Plänen nun vor allem seine Beliebtheit, seine Liberalität, seine Einfachheit und Rechtschaffenheit großes Gewicht.

Doch den entscheidenden Ausschlag, die Zuiderzee im größten Landgewinnungsprojekt der Geschichte trocken zu legen, gab eine Sturmflut vom 13. auf den 14. Januar 1916. Wieder einmal hatte sich das Binnenmeer wie ein Ballon gefüllt. Deiche brachen, Orte und Landschaft wurden meterhoch überspült, Menschen und Vieh kamen um. Zwar war es nicht die schlimmste Sturmflut, die die Region nordöstlich von Amsterdam in ihrer Geschichte erlebte. Die Folgen aber waren katastrophal: Mitten im Ersten

1932

Ein Projekt der Superlative:

- 01** Über nahezu sechs Jahre waren täglich 4.000 bis 5.000 Arbeiter am Projekt beteiligt.
- 02** Für den Deichbau und die Landgewinnung wurden insgesamt 23 Mio. m³ Sand und 13,5 Mio. m³ Geschiebelehm verwendet.
- 03** Rund 400 km Küstenlinie, die bis dahin den tosenden Sturmfluten ausgesetzt waren, sind vom Deich geschützt.
- 04** Insgesamt etwa 3.000 km² neues Land wurden durch das Projekt gewonnen.
- 05** Wo vor über 80 Jahren noch Nordsee war, leben heute über 400.000 Menschen.

Weltkrieg war Nahrung knapper denn je. Die Flutung der wertvollen Ackerböden wirkte sich noch Monate später in den gesamten Niederlanden mit einer spürbaren Verknappung der Lebensmittel bis zum Rande einer Hungersnot aus.

Schutz durch dreiteilige Baustruktur

Cornelis Lely, durch die erneute Wahl einer liberalen Regierung zum dritten Mal Minister, handelte – und die Königin unterschrieb das Gesetz. Aufgrund der Nachkriegswirren, die auch die Niederlande betrafen, verzögerte sich der Bau zwar weitere elf Jahre, aber 1927 wurde sein Plan schließlich umgesetzt. Lely, mittlerweile 73 Jahre alt, diente dem Projekt als Vorsitzender im zentralen Beratungsorgan und blieb maßgeblich

an den Planungen beteiligt. Von den Küstenrändern und zwei künstlich errichteten Arbeitsinseln aus wurde der 32 km lange Deich gleichzeitig von außen nach innen und von innen nach außen vorangetrieben. Eine dreiteilige Baustruktur sollte bei einer Breite von 90 m und einer Höhe von 7,25 m über Wasser für alle Zeiten Sturmfluten an der 25%igen Seitenneigung zerschellen lassen. Zwei parallele Dämme aus besonders widerstandsfähigem Geschiebelehm bildeten dazu die seitlichen Dammfüße. Dazwischen wurde Sand ein- und aufgebaut, der mit Basaltsteinen und Matten aus Weidenruten verstärkt wurde. Eine Schicht mit Tonerde bildete schließlich den äußeren Abschluss, auf dem Gras gesät wurde. Die gigantischen Bauarbeiten verliefen komplikationslos und sogar schneller, als ursprünglich erwartet. Doch drei Jahre bevor der Abschlussdeich geschlossen

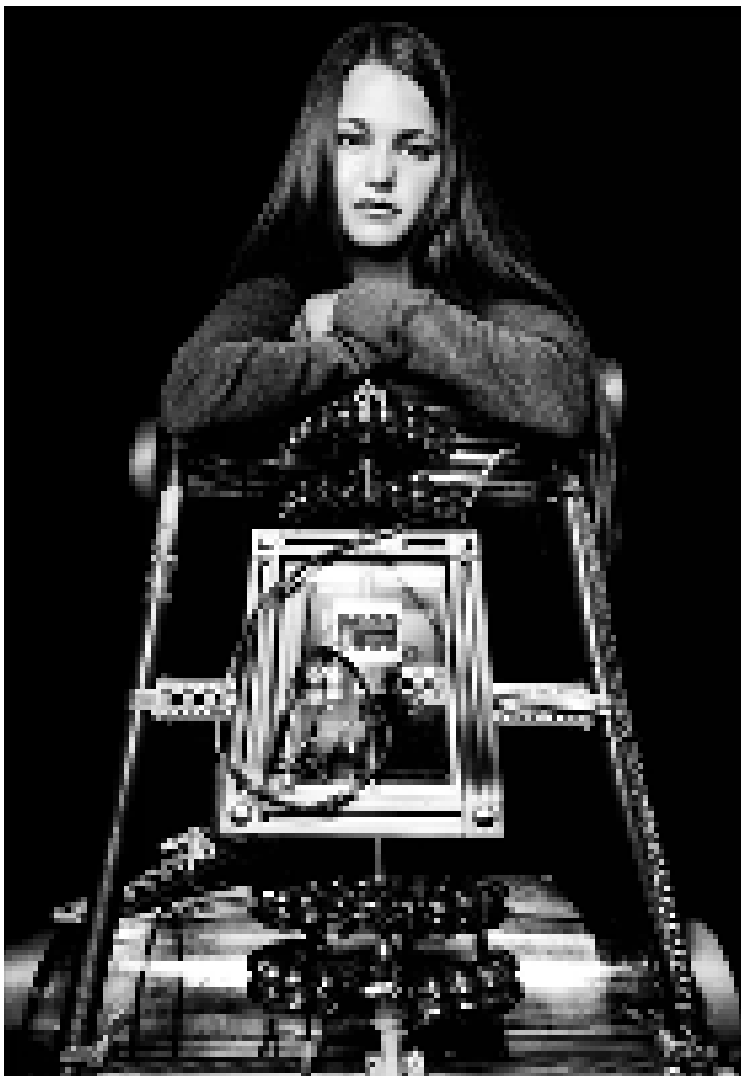
wurde, 1929, verstarb Cornelis Lely. Genau an dieser Stelle ehrt ihn heute ein Denkmal. Landeinwärts verwandelte sich die Zuiderzee in das IJsselmeer mit der neu entstandenen Provinz Flevoland. Eine weiße Lilie aus dem Familienwappen von Cornelis Lely in der Fahne Flevolands erinnert ebenso an ihn wie die Provinzhauptstadt Lelystad. Als Ingenieur und Staatsmann wird Lely bis heute in den Niederlanden verehrt. Zu Lebzeiten war er unter anderem Mitglied der Königlich Niederländischen Akademie der Wissenschaften, Ehrendoktor der Technischen Universität Delft und Gouverneur der Überseeprovinz Surinam. In Deutschland erinnert der 1952 eröffnete Amsterdam-Rhein-Kanal indirekt an ihn. Denn schon in seinen ersten Ingenieursjahren dachte Lely über dieses Projekt nach. Als er starb, hielt er eine Projektskizze des Kanals als letzte Lektüre in seinen Händen.

Energie und Trinkwasser für die Welt

Aus Meeresströmen Energie gewinnen – für dieses Ziel entwickelte Hannah Herbst einen Prototyp.

Die US-Amerikanerin aus Florida zählt damit unter anderem zu den „Top 30 unter 30“ des Forbes Magazine. Die Liste stellt junge Visionäre vor, die die Welt verändern.

Text › Jann Raveling



Alles begann in einem Ferien-Camp, in dem Hannah Herbst sich als einziges Mädchen zunächst nicht wohlfühlte. Doch dann entpuppten sich dortige Experimente im Roboterbau als Initialzündung für die Siebtklässlerin. „Damals erkannte ich, wie viele Probleme des Alltags durch Technik gelöst werden können“, erinnert sie sich. Heute bezeichnet sich die 17-Jährige als soziale Innovatorin: „Ich möchte mit neuen Technologien das Leben der Menschen besonders in armen Regionen verbessern.“ Die Idee für ihr erstes Projekt entstand aus einer Brieffreundschaft mit einem Mädchen aus Äthiopien, das von der Energiearmut in ihrem Land berichtete. Innerhalb von vier Jahren entwickelte Hannah Herbst BEACON (Bringing Electricity Access to Countries through Ocean Energy) – eine tragbare sogenannte Pelton-Turbine, die allein von der Meeresströmung angetrieben wird und genug Energie produziert, um kleine Geräte zu betreiben oder Batterien aufzuladen. Zudem erzeugt sie dank einer angeschlossenen Zweiphasen-Mikrofiltrationsanlage sauberes Wasser. Hierzu pumpt die Turbine Wasser durch einen Filter mit 0,2 µm kleinen Hohlräumen, die Schmutzpartikel auffangen. „Menschen neigen zur Ansiedlung in Wassernähe – da lag es auf der Hand, diese Energiequelle für mein Minikraftwerk zu nutzen. In vielen Ländern ist es möglich, mit handlichen Geräten Strom aus Flüssen und Meeren zu gewinnen“, so Herbst.

Immer wieder musste sie jedoch mit Rückschlägen während ihrer Forschungsarbeit umgehen, etwa weil das Salzwasser die Komponenten zerstörte. „Meine größten Erfolge sind oft das Resultat meiner Fehlschläge“, erzählt die Erfinderin, die in schwierigen Entwicklungsphasen Unterstützung von Mentoren ihrer Schule und Nachwuchsforscher-Programmen erhielt. Neben unzähligen Preisen würdigte 2016 auch der damalige US-Präsident Barack Obama ihren Tatendrang bei einem Besuch im Weißen Haus. „Die Treffen mit Forschern und Politikern inspirierten mich dazu, die BEACON-Baupläne frei verfügbar zu machen, sodass jeder auf der Welt sie nachbauen kann“, erklärt Herbst, die derzeit ihren High-School-Abschluss macht und an der Florida Atlantic University Computer Engineering studiert. Parallel versucht sie, bei jüngeren Schülern Interesse für MINT-Fächer zu wecken. Denn Hilfsbereitschaft und Engagement sind für Hannah Herbst überall am rechten Fleck – ob auf fernen Kontinenten oder direkt vor der Haustür.

Der Spezialist ist digital!

In unserem Magazin steckt ein gutes Stück Brunel mitsamt unserer Faszination für Erfindergeist und technologische Errungenschaften sowie der Freude an Informationsvermittlung. Wir teilen unser Wissen gern mit Ihnen – nicht nur auf diesen Seiten, sondern auch darüber hinaus. Besuchen Sie die Welt von Brunel im Netz und erleben Sie die Vielfalt des Engineerings.



www.brunel.de/content-hub

Interviews, Projekteinblicke, ein Fokus auf Nachhaltigkeitsthemen sowie Wissenswertes zur Technik von gestern, heute und morgen – das Brunel Content Hub ist Ihre neue Informationsplattform. Hier finden sich nicht nur ausgewählte Inhalte aus Der Spezialist, sondern noch viel mehr. Jetzt reinklicken!



[@brunel.dach](https://www.facebook.com/brunel.dach)

Mit Brunel Social immer auf dem Laufenden bleiben: Hier warten Fotos, News und Wissenswertes rund ums Engineering – schenken auch Sie uns einen „Daumen hoch“ und werden Sie Teil unserer über 5.000 Fans umfassenden Community.



[@brunel_de](https://twitter.com/brunel_de)

Das nächste Messe-Event oder neue Rekorde aus der Welt der Technik – mit @brunel_de nichts verpassen.



[Brunel GmbH](https://www.youtube.com/brunelgmbh)

Mit Audi-Pilot und DTM-Champion René Rast bei der Formula Student, beeindruckende Impressionen vom Segelwettbewerb Volvo Ocean Race erleben oder das Modell der Arbeitnehmerüberlassung einfach erklärt – dies und mehr auf unserem YouTube® Channel.



[Brunel GmbH](https://www.x.com/brunelgmbh)

Vernetzen Sie sich mit uns und gehen Sie in den Austausch.



Wir freuen uns auf Sie!

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 14.800 Stück

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

Jilko Andringa, 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 (Umschlag, S. 4 links unten, S. 4 rechts, S. 5 links, S. 12–25, S. 30, S. 44–47), Brunel GmbH (S. 3), Vector Foiltec (S. 4 links oben, S. 8, S. 9), Getty Images (S. 5 rechts oben, S. 40–41, S. 48–49, S. 50 unten, S. 51), ullstein bild – Wolfgang Weber (S. 5 rechts unten, S. 54–55), Zhou Ruogu (S. 6–7), Philipp Lehnert (S. 9 rechts oben), picture alliance / Peter Kovalev/TASS/dpa (S. 10 01), picture alliance / Bildagentur-online/Smith-SC (S. 10 02), Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (S. 10 03–04), InfrastructurePhotos (S. 10 05), National Centre of Excellence in Desalination Australia (S. 10 06), becker marine systems (S. 27, S. 28 01, S. 29), E-Cap Mobility GmbH (S. 28 02), EvoWheel (S. 31 links), UT Dallas (S. 31 rechts), AWI (S. 32–33, S. 34 01, S. 37 oben), GEOMAR (S. 34 02, S. 35 03), DexROV (S. 36), Martina Wilde (S. 37 unten), iStock (S. 38–39 Mitte, S. 43), Christoph von der Malsburg (S. 39 rechts oben), Luc Steels (S. 39 rechts unten), NASA/MSFC/ David Higginbotham (S. 42), Aflo Co. Ltd. / Alamy Stock Photo (S. 50 oben), Zuiderzeemuseum (S. 52), The Picture Art Collection / Alamy Stock Photo (S. 53), Platon (S. 56)