

An aerial photograph of a kayaker in a bright green kayak, wearing a yellow shirt and a white cap, paddling through turquoise water. Surrounding the kayaker is a group of approximately 15 swimmers, all wearing black wetsuits and white caps, swimming in a loose formation. The water is clear and vibrant, with white foam from the swimmers' heads and the kayak's wake. The overall scene conveys a sense of adventure and teamwork in a natural aquatic environment.

tomorrow

Technologie erleben mit Schaeffler

Mut für Neues

Viele Wege führen zum Ziel, aber nicht immer
ist der gängigste der beste

Pi|o|nier|geist, der; [pi'o'ni:ɐ̯ˌɡaɪst]

Drang, Fähigkeit, auf bestimmten Gebieten
Pionierarbeit zu leisten.

Quelle: „Pioniergeist“ auf Duden online. URL:
<https://www.duden.de/node/111826/revision/533440>
(Abrufdatum 11.01.2022)

tomorrow wurde ausgezeichnet



Special Mention
„Communications
Design Editorial“



Silber
Sonderpreis
„Internationale
Kommunikation“



Special Mention
„Herausragende
Markenführung“



Award of Excellence
Titel (2/2017)
und Titelstory
„Stromführend“



Gold Winner
„Websites:
Customer Magazine“



Award of Distinction
„Cover Design, Overall
Design, Corporate
Communications,
Copy/Writing“



Gold Winner
„Websites,
Feature Categories,
Best Copy/Writing“



Gold Winner
„General Website,
Categories-
Magazine“



Silber
„Writing:
Magazines Overall“



Grand Winner
„Magazine“

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Schaeffler-Konzern feierte unlängst 75. Geburtstag. Gegründet wurde das Unternehmen 1946 hinein in die Wirren der Nachkriegszeit von den beiden Brüdern Georg und Wilhelm Schaeffler. Sie bewiesen Mut, Weitsicht und ganz viel Pioniergeist. Und damit sind wir auch beim Schwerpunktthema dieser Ausgabe: „Pioniergeist“.

Seit jeher wird die Welt von Pionieren mitgestaltet. Seien es mutige Entdeckerinnen und Entdecker, die sich in unbekanntes Terrain vorwagen, oder schlaue Forschende, die die Formeln der Welt entschlüsseln und erklären. Oder visionäre Erfinderinnen und Erfinder, deren Innovationen Fortschritt vorantreiben. So wie die „Ur-Erfindung“ unseres Unternehmens, das käfiggeführte Nadellager unseres Firmengründers Dr.-Ing. E. h. Georg Schaeffler. Dem Pioniergeist der Schaeffler-Brüder sind wir noch heute verpflichtet. Das drückt auch unser Claim „We pioneer motion“ aus. Wir wollen Fortschritt gestalten, der die Welt bewegt! Wie, das werden Sie an der einen oder anderen Stelle dieser „tomorrow“ entdecken.

Jeder Mensch wird mit einer großen Portion Pioniergeist geboren. Gerade die ersten Lebensjahre sind eine einzige aufregende Entdeckungsreise. Unsere Neugier macht uns zu Forschenden. Zugegeben: Diesen Drang immer wieder neu zu erwecken fällt mit zunehmendem Alter nicht immer leicht. Aber es lohnt sich. Wie eine Glühbirne zum Leuchten braucht auch das Leben Spannung. Und das Entdecken und Bewältigen von etwas Neuem liefert genau diese Spannung. Auf der ganzen Welt lassen sich Menschen von ihr elektrisieren. Sie kombinieren Bekanntes mit Unbekanntem und entwickeln daraus mit Ausdauer und Beharrlichkeit Ideen, die die Welt bewegen. So wie einst Wilhelm Conrad Röntgen. Seine buchstäblich durchdringende Entdeckung der „X-Strahlen“ hat längst den Weg aus der Medizin hin zu industriellen Anwendungen und in digitale Welten gefunden. Auch dort sorgen Röntgenbilder für erhellende Erkenntnisse. Aber lesen Sie selbst ab Seite 26.

Geradezu durchströmt von Pioniergeist ist die Start-up-Szene. Überall auf der Welt entwickeln energiegeladene Entrepreneurische Geschäftsideen. Ab



Seite 74 berichten einige bemerkenswerte Frauen und Männer, wie sie auf ihre Geistesblitze gekommen sind, was sie antreibt. Aber auch darüber, und das finde ich besonders interessant, welche Hürden sie während des Entwicklungsprozesses meistern mussten. Apple-Gründer Steve Jobs sagte nicht zu Unrecht, dass Durchhaltevermögen die Hälfte des Unterschieds zwischen erfolgreichen und nicht erfolgreichen Unternehmen ausmache.

Empfehlen möchte ich Ihnen auch das Interview mit Jutta Kleinschmidt (ab Seite 36). Die Motorsportlerin und bis heute einzige Frau, die die berühmte Rallye Dakar gewonnen hat, ist Pioniergeist in Reinform. Legendär ist das Foto, auf dem sie ihr Motorrad in der heimischen Küche auf den nächsten Wettkampf vorbereitet. Immer wieder kreuzten sich ihre Wege mit denen von Schaeffler. 2021 startete sie in der neuen Elektro-Offroad-Serie Extreme E. Auch das – wie passend – ein innovatives Pionier-Projekt.

Ich wünsche Ihnen und Ihrem Umfeld alles Gute für das neue Jahr, vor allem natürlich Gesundheit. Und wenn wir mit dieser „tomorrow“ Ihren persönlichen Pioniergeist als Energiequelle für die kommenden Herausforderungen wecken – umso besser.

Klaus Rosenfeld
Vorsitzender des Vorstands

Engineering

Produkte, Prozesse & Produktion 6

Pioniere ohne Rampenlicht 8

Kennen Sie Emmy Noether? Oder Joseph Monier? Ihre Erfindungen waren bahnbrechend. Wir porträtieren elf heimliche Weltbeweger

Matriarchin mit Mumm 16

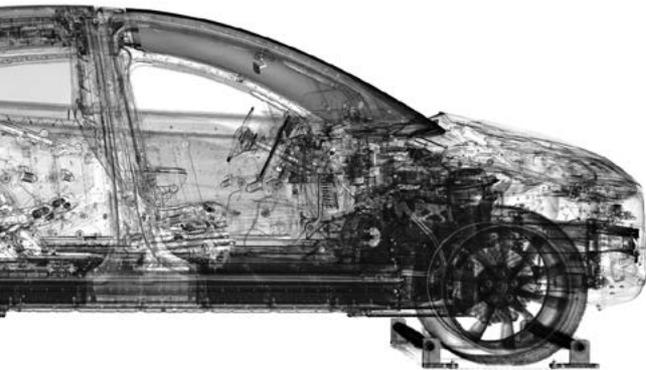
Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann transformierte das mittelständische Unternehmen mit ihrem Sohn Georg F. W. Schaeffler zum Weltkonzern

We pioneer motion 20

75 Jahre Schaeffler, 75 Jahre Pioniergeist – die wichtigsten Innovations-Meilensteine von 1946 bis heute auf einen Blick

Von Knochenbruch zu Crashtest 26

Nach der Medizin revolutionieren die berühmten Strahlen des Wilhelm Conrad Röntgen auch die Entwicklungsarbeit in der Industrie



In Motion

Mobilität der Zukunft 32

Zweimal ferngesteuert 34

Härtetest für Drive-by-Wire-Technologien in einem E-Rennwagen mit Schaeffler-Technologie und in Mietautos eines Verleih-Pioniers

Jutta Kleinschmidt 36

Interview mit der einzigen Frau, die jemals die größte Marathon-Rallye gewann: Warum der Mond ihre letzte große Herausforderung ist



Zeppelin 4.0 42

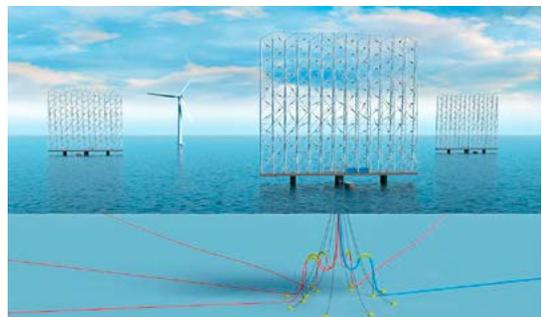
Gelingt dem Luftschiff mit Wasserstofftechnologie als saubere Transport-Alternative zu Lkw, Flugzeug und Schiff ein Comeback?

Think Green

Nachhaltige Innovationen 44

Anders auf Windfang 46

Mit 126 Mini-Rotoren statt mit XXL-Windrädern auf dem Meer Strom gewinnen. So funktioniert die neue Pionieridee aus Norwegen



Natur und Technik vereinen 48

Mit Biotechnologie gegen den Klimawandel: wegweisende Neuprojekte der Biointegration, Bioinspiration und Biointelligenz

**Per Zukunft ins Altertum** 62

Spurensuche mit Laserpistole und 3D-Scanner statt mit Hacke und Schaufel: wie Archäologen heute mit modernster Technik arbeiten

Von der Tontafel zum SmartCheck 64

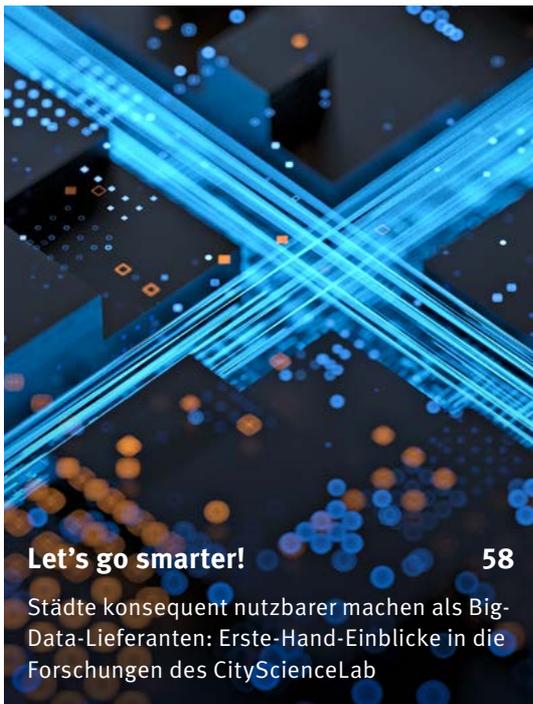
Das Postwesen durchläuft seit über 5.000 Jahren eine wahrhaft bewegte Geschichte. Digitale Logistik-Technologien machen es schneller denn je

Future Life

Leben mit dem Fortschritt 70**Potzblitz!** 72

Schutz vor Gewittern per Laserkanone statt herkömmlichem Blitzableiter: So laufen die Tests des EU-Projekts „Laser Lightning Rod“

Digital

Die Welt der Bits & Bytes 56**Let's go smarter!** 58

Städte konsequent nutzbarer machen als Big-Data-Lieferanten: Erste-Hand-Einblicke in die Forschungen des CityScienceLab

Clever durchstarten 74

Sieben Start-ups, die mit Kreativität und Engagement zum Erfolg wurden. Plus Expertentipps, wie Pionierarbeit gelingt

**Impressum** 82

Engineering

Bestehendes weiterentwickeln, Neues auf den Weg bringen: Mit kreativen Ideen beschleunigen Technik-Pioniere die Entwicklung der Welt.

Autonom ackern

Landtechnikhersteller John Deere will noch 2022 einen vollautonomen Traktor auf den Markt bringen. Um dieses Pionier-Projekt schnell zur Marktreife entwickeln zu können, hatte der US-Konzern das Start-up Bear Flag Robotics übernommen, einen Spezialisten für die Automation landwirtschaftlicher Arbeiten. **Der autonom fahrende Traktor scannt sein Umfeld mit sechs Stereokamera-Paaren nach Hindernissen ab.** Die Bildinformationen werden von einer künstlichen Intelligenz mit neuronaler Netzwerkstruktur ausgewertet. „Jedes Pixel wird in etwa 100 Millisekun-

den klassifiziert. Das System entscheidet dann, ob die Maschine weiterfährt oder anhält, je nachdem, ob ein Hindernis erkannt wird“, sagt Deere-Technikchef Jahmy Hindman. **Für eine treffsichere Klassifizierung hat die KI anhand von über 50 Millionen Bildern trainiert.** Mithilfe von GPS-Navigation und eines virtuellen Zauns („Geofence“) als Orientierungshilfe bewegt sich der Traktor punktgenau dort, wo er soll – und das auf bis zu 2,5 Zentimeter genau. Zusätzlich kann das betreuende Personal die Maschine aus der Ferne per Smartphone, Tablet oder PC überwachen.





Nacht-Solarzelle

Die Erfindung der Solarzelle gehört zu den wichtigsten Pionierleistungen der jüngeren Technikgeschichte. Ein kaum überraschender Nachteil: keine Sonne, kein Strom. Forschende der University of California haben sich dieses Problems angenommen und eine Lösung im Visier: **Anti-Solarzellen, die auch bei völliger Dunkelheit Strom produzieren.** Während eine normale Solarzelle Spannung erzeugt, indem sie das kurzwellige Infrarotlicht der Sonne absorbiert, um Elektronen in Bewegung zu versetzen, was wiederum Strom fließen lässt, nutzt die Anti-Solarzelle dafür langwellige Wärmestrahlung, die in den kalten Nachthimmel abgegeben wird. Immerhin kann laut der Forschenden pro Quadratmeter Anti-Solarpanel eine **Leistung von 54 Watt** erzielt werden, was rund einem Viertel einer herkömmlichen Solarzelle entspricht.

Art. 81

des Europäischen Patentübereinkommens (EPÜ) besagt, dass bei jeder Patentanmeldung ein Erfinder benannt werden muss. Und dieser Erfinder muss einem aktuellen Urteil folgend ein Mensch sein. **Eine KI kann nicht als Erfinder eingetragen werden.**

Quelle: EPA Verfahren J 8/20 und J 9/20

„Technologie hat große Bevölkerungszahlen möglich gemacht; jetzt machen die großen Bevölkerungszahlen Technologie unverzichtbar“

Joseph Wood Krutch (1893–1970).
US-amerikanischer Autor und Philosoph

Eine Idee, die bewegt

Schaeffler ist auf der International Conference on Social Robotics (ICSR) mit dem „Hardware-Innovationspreis“ für sein GraviKart ausgezeichnet worden. Entwickelt wurde der **multifunktional einsetzbare Transportroboter** am Schaeffler Hub for Advanced Research (SHARE) an der Nanyang Technological University (NTU) in Singapur. Der GraviKart ist dank intuitiver Benutzersteuerung und -rückmeldung einfach zu bedienen und übernimmt in der Fertigungsindustrie körperlich anstrengende Tätigkeiten wie das Bewegen schwerer Güter. Der GraviKart ist mit einer **sensiblen Haptik- und Spracherkennungstechnologie** ausgestattet, versteht menschliche Gesten und kommuniziert über seine eingebauten LED-Leuchten mit visuellen Hinweisen. Dabei ist die intelligente Transportkarre so beweglich, dass sie selbst auf engstem Raum agieren kann.



Weltbeweger

Gutenberg, Benz, Edison, Curie, Röntgen, Gates oder Musk – fast jeder kennt die Namen dieser Innovationstreiber. Aber wissen Sie, wem wir den Reißverschluss, die industrielle Papierfertigung oder den Stahlbeton zu verdanken haben? Neun spannende Kurzporträts von Menschen, ohne deren Pioniergeist die Welt von heute eine andere wäre.

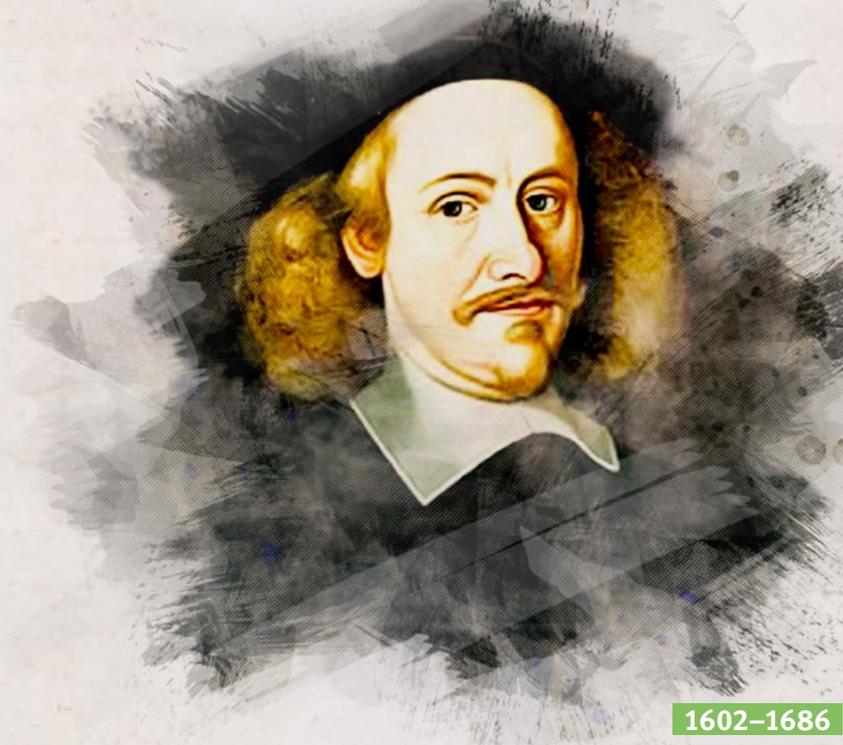
ca. 800–880

Fatima Al-Fihri

Die älteste aktive Universität der Neuzeit steht natürlich in London. Oder war es doch Athen? Paris, Berlin oder Rom? Keine dieser Städte ist richtig. Mit diesem Superlativ kann sich die marokkanische Stadt Fès schmücken. Und **gegründet hat die Lehranstalt im Jahr 859 n. Chr.** nicht etwa ein alter Gelehrter oder ein wissbegieriger Fürst, sondern die bürgerliche Kaufmannstochter Fatima Al-Fihri. Initialzündung war – so hat es zumindest der Geschichtsschreiber Ibn Abi Zar' im 14. Jahrhundert zu Papier gebracht – ein Horrorjahr für die tiefgläubige Muslimin. Innerhalb weniger Wochen sterben Vater, Bruder und Ehemann. Zusammen mit ihrer Schwester erbt Al-Fihri ein beträchtliches Vermögen. Die beiden Frauen errichten damit jeweils eine Moschee in Fès. Fatima Al-Fihris **Sakralbau, den sie mit fundiertem architektonischem Wissen selbst mitplant**, heißt Al-Qarawiyyin und umfasst neben Bet- auch Lernstätten und eine umfassende Bibliothek. Damit gilt der Komplex als erste moderne Universität und ihre Gründerin als weitsichtige Bildungspionierin und frühe Wegbereiterin für akademische Laufbahnen von Frauen.

Warum ihr Wirken die Welt verändert hat

- Ihre Bet- und Lernanstalt Al-Qarawiyyin wird zur **Blaupause moderner Universitäten**
- Eröffnet vielen Gesellschaftsschichten den **Weg zur Bildung**
- **Vordenkerin des akademischen Austausches** zwischen der westlichen und der arabischen Welt
- Al-Qarawiyyin-Absolvent Papst Silvester II. (950–1003) vereint **lateinische Buchstaben und arabische Zahlen**



1602–1686

Otto von Guericke

Gibt es das Nichts? Eine Frage, die schon die alten griechischen Philosophen beschäftigt hat (und die unbeantwortet blieb). Mitte des 17. Jahrhunderts versuchen mehrere Wissenschaftler unabhängig voneinander, **das Nichts in Form von Vakuum experimentell nachzuweisen**. Am eindrucksvollsten gelingt dies dem Magdeburger Bürgermeister und Hobby-Physiker Otto von Guericke. Um das Vakuum herzustellen, erfindet er nebenbei das bis heute gängige Prinzip der Hand-Luftpumpe. Bei seinem „Magdeburger Halbkugelversuch“ (1657, Abbildung unten) pumpt er die aus zwei aneinanderliegenden Metallschalen gebildete Kugel so luftleer, dass der dabei entstehende Druckunterschied zwischen innen und außen so groß ist, dass mehrere Pferde (überliefert sind bis zu 16) gebraucht werden, um die Kugelhälften wieder zu trennen. **Im weiteren Verlauf wies er unter anderem auch nach, dass Licht luftlere Räume durchdringen kann, aber nicht der Schall**. Später wollte Guericke ein weiteres Naturphänomen nachweisen, was ihm allerdings nicht gelang: die Existenz von Einhörnern.

Warum sein Wirken die Welt verändert hat

- Durch seine Experimente mit Luftdrücken kommt Guericke auf die Idee, ein Barometer zur Wettervorhersage einzusetzen und wird so zu einem **Pionier der Meteorologie**
- Das von Guericke maßgeblich befeuerte Thema Vakuum wird **Grundlage für unzählige Erfindungen**, von der Glühbirne über Verpackungen bis hin zum Überschallzug Hyperloop, der in Vakuumröhren gleiten soll





1882–1935

Emmy Noether

Rechnen und all die Denkwelten dahinter: Emmy Noether will sie erforschen. Ihre Realwelt in Deutschland am Ende des 19. Jahrhunderts versperrt Frauen allerdings den Bildungsweg zu allen Naturwissenschaften. **Das Diplom als Sprachlehrerin eröffnet 1900 eine Hintertür zur Uni ihrer Heimatstadt Erlangen.** Als Gasthörerin beginnt sie ihre Mathematikstudien. 1903 erlaubt Bayern Frauen erstmals die Einschreibung an seinen Universitäten. Emmy Noether erblüht zum akademischen Superstar, liefert fundamentale Erkenntnisse zur strukturellen Algebra, revolutioniert die theoretische Physik. Ihr wichtigster Lehrsatz, das Noether-Theorem von 1918: Zu jeder kontinuierlichen Symmetrie (z. B. Zeit oder Raum) eines physikalischen Systems gehört eine Erhaltungsgröße (z. B. Energie oder Impuls). **Zur ordentlichen Professorin beruft sie trotz weltweiter Anerkennung keine einzige deutsche Hochschule.** Erst als die Jüdin 1933 in die USA emigriert, bekommt sie dort ihre erste angemessen bezahlte Stelle. Emmy Noether stirbt 1935 bei einer Tumor-OP. Fachfreund Albert Einstein würdigt die 53-Jährige in der „New York Times“ als das „bedeutendste kreative mathematische Genie seit der Einführung der Hochschulbildung für Frauen.“

Warum ihr Wirken die Welt verändert hat

- Noether macht **Algebra weltweit zum führenden Forschungsthema** in der Mathematik
- Ihr Können, ihr Mut und ihre mentale Stärke machen sie bis heute zum **Vorbild für viele MINT-Talente**
- Das Noether-Theorem gilt als eine **fundamentale Grundlage der theoretischen Physik**



1880–1954

Gideon Sundbäck

Knöpfe, Bänder, Schnüre, Spangen, Schnallen, Haken und Ösen sind um 1850 allesamt bewährte Verschlussmittel. Aber: Sie erfordern beide Hände. Viel einfacher macht das Schließen und Öffnen von Taschen, Schuhen, Jacken und Hosen der Reißverschluss. 1851 lässt sich der US-Amerikaner Elias Howe einen „automatischen, ununterbrochenen Kleiderverschluss“ patentieren. Doch in der Praxis versagt sein Mechanismus. **Endgültig praktisch nutzbar macht das Konzept 1912 Gideon Sundbäck.** Der in die USA übergesiedelte Maschinenbau-Ingenieur aus Schweden erfindet eine aus Metallband gestanzte Lamellenreihe. Jeweils eine davon wird an die Ränder der zu verbindenden Stoffteile genäht. Per Schieber – heute Zipper – lassen sich die links und rechts aufgereihten Lamellen oder die später ebenfalls benutzten feingliedrigen Spiralen bequem in- und auseinanderhaken, also schließen und öffnen. **Im großen Stil verwendet Sundbäck Reißverschlüsse erstmals 1917** für Kampfmonturen der US-Navy. Ab 1930 werden sie in Alltagskleidung zum Massenprodukt. Heute werden Jahr für Jahr weltweit 20 Milliarden US-Dollar mit Reißverschlüssen umgesetzt.

Warum sein Wirken die Welt verändert hat

- Reißverschlüsse sind wirklich universell einsetzbar, sogar um als **632 Meter lange XXL-Version** ein Unterwasserkabel zu umhüllen
- **Autofahrer kopieren das Reißverschlussverfahren**, um sich an Engstellen flüssig einzufädeln
- Selbst in der Wundbehandlung werden **Zipper-Pflaster** benutzt



1906–1992

Grace Hopper

„Man of the year“ kann eine Frau nur in Amerika werden. 1969 passiert es: Der Verband der datenverarbeitenden Industrie der USA verleiht Grace Hopper die begehrte Auszeichnung. Schon **in Jugendjahren ist die spätere Informatik-Professorin der Havard Universität und Reserve-Admiralin der US-Navy technikbegeistert.** Nach der Schule studiert sie Physik und Mathematik. Im Zweiten Weltkrieg heuert Hopper bei der Navy an und wird dem Projekt zum Bau der Mark I zugeordnet, der ersten programmierbaren Großrechenanlage der USA.

Sie ist die dritte Person überhaupt, die dort programmiert. Ein mühsames Handwerk. **Daher entwickelt „Amazing Grace“ ab 1949 eine revolutionäre Methode,** die es Programmierern ermöglicht, statt mit kryptischen Maschinencodes mit Quellcodes zu arbeiten, die sich an der menschlichen Sprache orientieren. 1952 ist das Compiler genannte Programm einsatzbereit. Die erste entsprechend aufgesetzte Computersprache liefert sie wenig später nach: FLOW-MATIC. Mit der Weiterentwicklung COBOL („Common Business Oriented Language“) wird sie endgültig zum Superstar der Computer-Szene. COBOL wird bis heute eingesetzt, vor allem für kaufmännische Anwendungen. Bis zu ihrem 80. Lebensjahr dient „Grandma Cobol“ Wissenschaft und Navy, die sogar eines ihrer Schiffe „Hopper“ tauft. **Außerdem erhält sie neben „Man of the year“ mehr als 90 weitere Auszeichnungen und über 40 Ehrendokortitel.**

Warum ihr Wirken die Welt verändert hat

- Das 60 Jahre alte COBOL ist die Keilschrift unter den Programmiersprachen – **treibt aber noch heute Rechnungssysteme** auf der ganzen Welt an
- Auch dieser Fakt zeigt, wie zeitlos die Programmiersprache ist: **Der Bedarf an COBOL-Programmierern steigt** seit ein paar Jahren wieder kontinuierlich an
- **Der Begriff „Bug“ für Softwarefehler** geht ebenfalls auf Hopper zurück
- Ihren Pioniergeist brachte sie auch mit berühmten Zitaten zum Ausdruck wie: **„Im Zweifelsfall – tun Sie’s!“** oder **„Es ist immer einfacher, um Vergebung zu bitten, als eine Erlaubnis zu bekommen“**

1849–1899/1917–1996

Friedrich Fischer & Georg Schaeffler

Sie lebten und wirkten in verschiedenen Jahrhunderten, und dennoch treibt sie ein gemeinsamer Grundgedanke an: Dinge ins Rollen zu bringen – und das so leichtgängig wie möglich. **Die Rede ist von den beiden „Titanen der Wälzlager“ und Unternehmensgründern Friedrich Fischer (Abb. l.) und Dr.-Ing. E. h. Georg Schaeffler (r.), deren Wege posthum 2001 zusammenführen.** Aber fangen wir beim Schweinfurter Schlosser Friedrich Fischer an. Der erbt nicht nur das Tüftler-Gen vom Vater Philipp Moritz Fischer, sondern auch seine Liebe zum Fahrrad. Fischer senior gilt als Erfinder des Tretkurbel-Fahrrades, sein Sohn steigt in den Handel mit Fahrrädern ein. Doch das Geschäft könnte besser laufen. Das Fahrrad ist in den 1870er-Jahren noch am Anfang seiner evolutionären Entwicklung und das In-die-Pedale-Treten echte Schwerstarbeit. Das will Fischer junior ändern, um seine Ware für Kunden attraktiver zu machen. **Was ihm fehlt, um Rollwiderstände zu minimieren, sind Kugellager mit perfekt geformten Wälzkörpern.** Aber die gibt es am Markt einfach nicht. Also wird Fischer selbst aktiv. Nach langwierigen und kostspieligen Versuchen präsentiert er 1883 seine Kugelmühle (l.). Der ausgeklügelte Apparat spuckt am Ende eines Schleifprozesses **gleich große und exakt runde Kugeln aus, und das dazu noch in hohen Stückzahlen, also entsprechend günstig.** Die 1890 patentierte Kugelschleifmaschine verhilft dem bereits von Leonardo da Vinci skizzierten Kugellager endgültig zum Durchbruch und hat auch entscheidenden Anteil am ersten Fahrrad-Boom in den 1890er-Jahren. Außerdem ist die Kugelmühle technologischer Grundstein von Fischers Aktien-Gesellschaft, kurz FAG. **Wie rund 70 Jahre zuvor Friedrich Fischer ist auch Georg Schaeffler unzufrieden mit den am Markt erhältlichen Lagern.** Nur sind es bei ihm nicht Kugel-, sondern Nadellager. Die sind damals vollrollig, das heißt, die Nadelrollen haben Kontakt zueinander, laufen mit viel Reibung gegeneinander und blockieren im schlimmsten, aber nicht seltenen Fall. Georg Schaeffler hat zwar keinen technischen Beruf erlernt, ist aber wie Fischer ein begnadeter Tüftler, detailversessen, ständig hinterfragend. Auch zum Problem, das ihn jetzt beschäftigt, hat er eine Idee. Wie sich wenig später herausstellen sollte, eine geniale Idee: den Nadeln im Nadellager mittels Käfig mehr Führung zu verleihen. Im Februar 1950 starten die ersten Versuche. Die Ergebnisse überzeugen, Schaefflers käfiggeführte Nadellager (r.) sind extrem verschleiß- und reibungsarm. Im September 1950 wird das Patent angemeldet, kurze Zeit später werden die ersten Serienaufträge gewonnen. **Mit dieser Erfindung legt Georg Schaeffler die Grundlage für das rasante Wachstum des zusammen mit seinem Bruder Wilhelm 1946 gegründeten Familienunternehmens.** 2001, fünf Jahre nach dem Tod von Georg Schaeffler, übernimmt die damalige INA-Holding Schaeffler KG die FAG Kugelfischer AG, und so vereint sich der der Weg der beiden Tüftler und „Wälzlager-Titanen“.



Warum ihr Wirken die Welt verändert hat

- Das von Leonardo da Vinci ersonnene Kugellager wird **erst durch Fischers Kugelmühle zu einer wirklich „runden Sache“**
- Jedes dritte auf der Welt verkaufte Wälz- oder Gleitlager ist ein Kugellager. **Marktvolumen weltweit: rund 40 Mrd. Dollar**
- Egal ob Spielzeuge, Haushaltsgeräte, Roboter, Autos oder Flugzeuge – es gibt **nur wenige sich bewegende Geräte ohne Wälzlager**
- Das Schaeffler-Nadellagerportfolio umfasst heute **mehr als 15.000 Varianten**
- **100 Mrd. Nadellager** wurden bislang bei Schaeffler seit der Patentanmeldung 1950 produziert

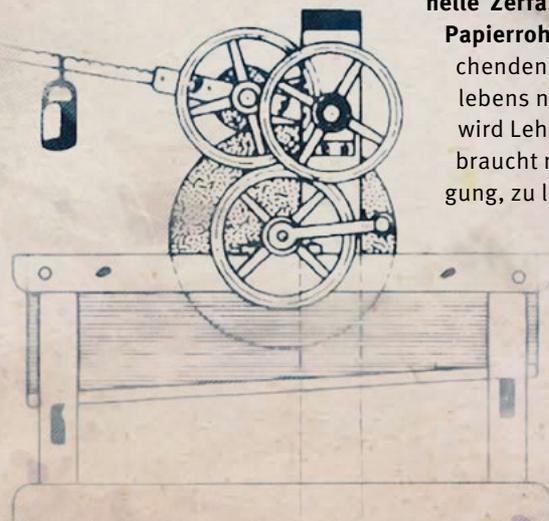
1761–1821/1816–1895

Nicolas-Louis Robert & Friedrich Gottlob Keller

Warum ihr Wirken die Welt verändert hat

- Für jedermann erschwingliche **Bücher und Zeitungen** – ohne billiges Papier kaum vorstellbar
- Papier als Massenprodukt ist bis heute wichtige **Grundlage von Bildung, Forschung und Nachrichtenaustausch**

Früher dienen großteils Lumpen als Rohmaterial von Papier. Als Ende des 18. Jahrhunderts die Nachfrage in die Höhe schnellte und die Lumpen knapp werden, entbrennt in Europa ein Streit unter den Arbeitern der handgeschöpften Papiermacherzunft. Genau diese Fehde treibt den französischen Ingenieur Nicolas-Louis Robert (o. l.) an, jenen aufwendigen Prozess des handgeschöpften Papiers durch eine Maschine zu ersetzen. **1799 patentiert Robert die erste Maschine nach dem Langsiebprinzip, bei der sich auf einer fortlaufenden Bahn „Endlospapier“ herstellen lässt – bis heute Grundlage für die moderne Papierherstellung.** Soviel zur Produktionstechnik. Das Papier an sich, so wie wir es heute kennen, erfindet ein anderer. Friedrich Gottlob Keller, ein sächsischer Webermeister, kommt bei der Beobachtung von Wespen beim Nestbau und über Kindheitserinnerungen an das Schleifen von Kirschkernen auf die Idee, **durch die maschinelle Zerkleinerung von Holz (Abb. u.) einen billigen Papierrohstoff zu entwickeln.** Trotz ihrer bahnbrechenden Erfindungen werden beide Tüftler zeitlebens nicht reich. Robert verkauft sein Patent, wird Lehrer und stirbt in Armut. Kellers Erfindung braucht mehr als 20 Jahre bis zur Massenfertigung, zu lange, um ihn reich zu machen.





1823–1906

Joseph Monier

Warum sein Wirken die Welt verändert hat

- Ohne Moniers Erfindung gäbe es **keine Wolkenkratzer**
- Monier?: Durch den Einsatz von Hightech-Fasern statt Stahl ist **Beton noch leistungsfähiger** geworden
- Viele Verbundwerkstoffe wie **Carbon oder Leichtbaukonstruktionen** greifen auf Moniers Idee der Ummantelung zurück

Was hat das Empire State Building mit einem Pariser Gärtner zu tun? Ein ganze Menge! Aber der Reihe nach. Mitte des 19. Jahrhunderts sucht Joseph Monier, Gärtner in den Barockgärten des Louvre, nach einem **neuen Werkstoff für seine Blumenkübel**. Er soll leicht sein, billig und vor allem witterungsbeständiger als das bislang genutzte Holz. Er experimentiert mit diversen Zementmischungen. Als er die richtige hat, ummantelt er damit ein form- und haltgebendes Drahtgeflecht. Et voilà: Fertig ist Moniers „Eisenbeton“. Nicht nur Monier ist von seinem gleichermaßen druck- wie auch zugfesten Material begeistert. **Sein Stahlbeton gehört 1867 auf der Pariser Weltausstellung neben Gasmotor und Hydraulikfahrstuhl zu den bewunderten Neuheiten**. Sechs Patente samt 13 Zusätzen meldet er an: für Rohre, Bottiche und Säрге, für Treppen, Träger, Fassadenplatten bis hin zum System zur Herstellung „fester oder tragbarer hygienischer und wirtschaftlicher Häuser aus Zement und Eisen.“ Der Fachausdruck „Monier-eisen“ ist bis heute auf dem Bau ein geflügeltes Wort. Und Wolkenkratzer wie das Empire State Building wären ohne Stahlbeton gar nicht denkbar.

*1946

Shirley Ann Jackson

Ein Handwerk sollten „farbige Mädchen“ lernen. **Auf diesen „guten“ Rat eines Professors pfeift Shirley Ann Jackson 1964.** Nach ihrem ersten Studienjahr konzentriert sich die Washingtonerin auf das Fach Physik. 1973 verleiht ihr das renommierte Massachusetts Institute of Technology (MIT) als erster afroamerikanischer Frau einen Dokortitel. Nach Supraleitern und Elementarteilchen erforscht Jackson erfolgreich die Physik von Festkörpern und Quanten. **Ihre bahnbrechenden Forschungsleistungen vollbringt sie dann auf dem Gebiet der Telekommunikation.** Für Glasfaserkabel, Tonwahltelefon, Anruferkennung und Faxgerät liefert sie die wissenschaftlichen Grundlagen. US-Präsident Barack Obama macht Jackson zu einer seiner wichtigsten Beraterinnen für technologische Fortschritte. Von 1999 an bis heute leitet sie – als erste Frau und erste Afroamerikanerin – das Rensselaer Polytechnic Institute (RPI). Shirley Ann Jackson führt die älteste technische Hochschule Nordamerikas wissenschaftlich und finanziell zurück in die Weltspitze.

Warum ihr Wirken die Welt verändert hat und verändert

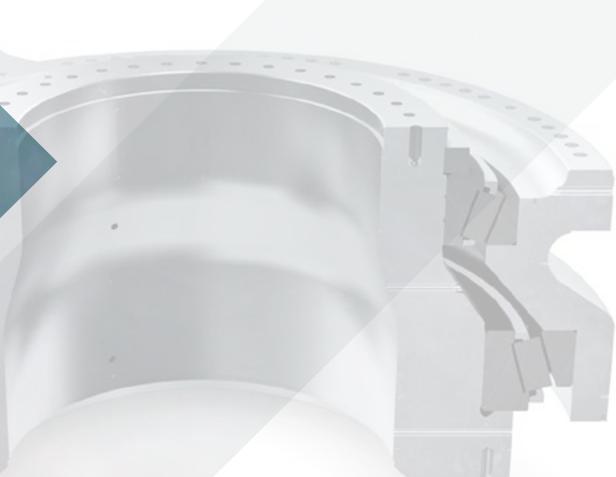
- Forschungsgrundlagen der **modernen Telekommunikation** geliefert
- Wegbereiterin für **Frauen und ethnische Minderheiten** in Technikberufen
- Weltweite **Leit- und Integrationsfigur** vor allem für junge Naturwissenschaftler





Matriarchin mit Weitblick

Schafft sie das? Als Maria-Elisabeth Schaeffler nach dem Tod ihres Mannes Dr.-Ing. E. h. Georg Schaeffler 1996 die Unternehmensführung übernahm, stellten sich viele diese Frage. Heute, 25 Jahre später, lautet die Antwort: Ja, sie hat es geschafft. Seite an Seite mit ihrem Sohn Georg F.W. Schaeffler und mit Unterstützung des Managements transformierte sie das einst mittelständische Unternehmen mit technischem, ökonomischem und sozialem Weitblick in einen erfolgreichen Technologiekonzern.



Von Leopold Wieland

„Der Ausnahmeerfolg der Schaeffler AG ist ohne das Ausnahmetalent seiner Gesellschafterin gar nicht denkbar.“ Diese Worte höchster Anerkennung für Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann übermittelt Prof. Dr. Wolfgang Reitzle im August 2021 anlässlich ihres 80. Geburtstags und ihrer 25 Jahre an der Spitze eines der weltweit führenden Technologiekonzerne. Reitzle, als Ex-Vorstandschef von Ford Deutschland, BMW und Linde, heute als Verwaltungsratsvorsitzender von Linde und Aufsichtsratsvorsitzender von Continental einer der renommiertesten Wirtschaftskapitäne, präzisiert: „Ich persönlich kenne nur wenige Unternehmer- oder Manager-Persönlichkeiten – seien es Männer oder Frauen – die rationaler, kalkulierter und strategisch weitsichtiger vorgehen als sie.“

Weltkonzern vollendet

Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann, die seit 2014 auch den Nachnamen ihres zweiten Ehemanns Jürgen Thumann führt, wollte einst Pianistin oder Ärztin werden. Dann lernt die junge Medizinstudentin 1963 Georg Schaeffler kennen. Noch im selben Jahr heiraten die beiden, gründen eine Familie. Maria-Elisabeth Schaeffler, 1941 als Maria-Elisabeth Kurssa in Prag geboren und seit 1945 in Wien zu Hause, wird zur „First Lady“ im Familienunternehmen des deutschen Technologiepioniers in Herzogenaurach. Seit seinem Tod im August 1996 führt sie das Lebenswerk ihres Mannes an seiner statt fort – willensstark, entschlossen, diszipliniert. Als einziger weiterer Mitgesellschafter steht ihr Sohn Georg F.W. Schaeffler ihr zur Seite. Heute ist der Diplomkaufmann und Wirtschaftsjurist auch Aufsichtsratsvorsitzender der Schaeffler AG.

Deutschland ist Mitte der Neunzigerjahre Europas Wachstumsschlusslicht. Keine einfachen Zeiten, aber getrieben durch neue Technologien wie Internet und Mobilfunk ergeben sich auch neue

Möglichkeiten. Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann, damals 55 Jahre alt, beschreibt ihren Start in die volle unternehmerische Verantwortung heute so: „Es war keine leichte Aufgabe, denn INA war von Georg Schaeffler geschaffen worden und war auf ihn zugeschnitten. Manch einer hat uns damals geraten, das Unternehmen zu verkaufen, aber das kam für meinen Sohn und mich nie in Frage. Ich war entschlossen, das Lebenswerk von Georg Schaeffler fortzuführen und die Entwicklungsmöglichkeiten zu nutzen, die sich vor dem Hintergrund der globalen dynamischen Veränderungen boten.“

Schon in den ersten zehn Jahren unter der Ägide der beiden Gesellschafter Maria-Elisabeth und Georg F.W. Schaeffler wächst das Familienunternehmen schneller denn je. LuK – Mitte der 1960er-Jahre von Georg Schaeffler und seinem Bruder Dr. Wilhelm Schaeffler mitbegründet – wird 1999 komplett übernommen, dazu 2001 auch noch Mitbewerber FAG Kugelfischer. Umsatz und Mitarbeiterzahl verdreifachen sich binnen einer Dekade. Operativ umgesetzt vom Management ihres Vertrauens, formen die Gesellschafter das mittelständische, ursprünglich in der Mechanik vertortete Familienunternehmen zu einem global operierenden Technologiekonzern. Einen solchen

„Ich persönlich kenne nur wenige Unternehmer- oder Manager-Persönlichkeiten – seien es Männer oder Frauen – die rationaler, kalkulierter und strategisch weitsichtiger vorgehen als sie“

Prof. Dr. Wolfgang Reitzle über Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann



1963 heiratet Maria-Elisabeth Kurssa den Unternehmer Georg Schaeffler und wird zur „First Lady“ des Familienkonzerns

Bordwänden wird zum ersten Mobilitäts-Verkaufschlager im Nachkriegsdeutschland. Das simple Gefährt ist aber nur eine Übergangslösung. Den rasanten Aufstieg des Unternehmens ermöglicht ab 1950 das käfiggeführte Nadellager, eine geniale Erfindung von Georg Schaeffler, die Bewegung und Mobilität revolutioniert – im Automobilbau wie in der Industrie.

Georg Schaeffler ist mehr als der technische Kopf seines Unternehmens. Er ist vom ersten Tag an auch sein soziales Herz. Er führt Betriebssportgruppen, Betriebskindergärten, Ferienheime und Versicherungen mit günstigen Tarifen ein.

Diesen Teil seines Vermächtnisses pflegt Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann mit gleichermaßen großer Leidenschaft. „Er wollte, dass ich das Unternehmen wie er als Teil unserer Familie sehe, und so erklärte er mir das Unternehmen, die Produkte, stellte mich der Belegschaft vor und ermunterte mich, in das Unternehmen zu gehen, um durch Zuschauen und Zuhören zu lernen“, sagt sie rückblickend auf ihre ganz persönliche, 33 Jahre währende Lehrzeit an der Seite von Georg Schaeffler. Sitzungen der Geschäftsleitung und Besprechungen der Konstrukteure hier, Ansprachen vor Auszubildenden, Ehrungen für Jubilare und Feste mit Ruheständlern da: Schaefflers „First Lady“ findet zum Management wie zu den Mitarbeitenden aller Ebenen und in aller Welt immer den richtigen Draht und den passenden Ton. Sie hört genau hin, fühlt ehrlich mit, scheut aber auch keine schmerzhaften Entscheidungen, wenn sie denn wichtig sind für das Wohl des gesamten Unternehmens. Deshalb vertraut ihr die Belegschaft selbst in schwersten Zeiten.

Erfolg haben viele nicht für möglich gehalten. Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann erinnert sich: „Da war eine Witwe, die nicht viel Ahnung hat, ein Sohn, der in Amerika Anwalt ist; also, man hat uns nicht sehr viel zugetraut. Aber ich war und bin von diesem Unternehmen besessen.“ Diese Leidenschaft für das Unternehmen, die ihr Mann vorgelebt hatte, beflügelte auch seine Erben.

Familienunternehmen bewahrt

Unternehmen und Familie waren stets eins für Georg Schaeffler. Zusammen mit Bruder Wilhelm gründet er 1946 in Herzogenaurach die Industrie GmbH. Noch im ersten Geschäftsjahr wächst die Zahl der Mitarbeitenden auf 150. Ein Bolterwagen mit bedarfsgerecht auswechselbaren

Führungsstark in der Krise

Die Verbundenheit von Gesellschaftern und Belegschaft des Familienkonzerns zeigt sich auch im Verlauf der Mehrheitsbeteiligung an Continental durch Schaeffler, die 2008 durch die unerwartet hereingebrochene Weltfinanzkrise in heftige Turbulenzen gerät. Dem Unternehmen droht das Aus. „Wir standen solidarisch zusammen auf dem

Rathausplatz, und ich höre noch die Rufe ‚Wir sind Schaeffler‘ in meinem Ohr. Dieses Gefühl des Zusammenhalts der großen ‚Schaeffler-Familie‘ hat mir sehr viel Kraft gegeben“, erinnert sich Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann an ihre schwierigste Phase als Dirigentin und Taktgeberin des Unternehmens. Zusammen mit ihrem Sohn und im Schulterchluss mit Belegschaft und Management gelingt es, den Konzern wieder in ruhigere Fahrwasser zu lenken.

Für Dr. Ariane Reinhart, Personalvorständin und Arbeitsdirektorin von Continental, sind das Mitgefühl und die Loyalität von Schaefflers Gesellschafterin gegenüber Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ebensolche Erfolgsfaktoren wie ihr Wagemut, ihre Zielstrebigkeit und Ausdauer: „Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann war und ist in dieser Hinsicht stets ein verlässlicher Wegweiser, eine Matriarchin im besten Sinne des Wortes. Menschen fühlen sich von ihr ebenso geschätzt wie geschützt

An Technik und Menschen gleichermaßen interessiert: Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann sucht das Gespräch mit ihren Mitarbeitenden



und damit getragen und bestätigt.“ Unternehmen und Familie gehören mit allen Konsequenzen untrennbar zueinander. So haben es die Firmengründer Wilhelm und Georg Schaeffler vorgelebt, so setzen es die Erben fort.

Auch als AG ein Familienunternehmen

2015 geht der Schaeffler-Konzern an die Börse. Abermals macht Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann deutlich: „Die Schaeffler Gruppe bleibt auch zukünftig ein Familienunternehmen. Als Gesellschafter übernehmen wir unverändert Verantwortung für die Entwicklung unserer Unternehmensgruppe.“ Nicht zuletzt, dass sich die Mitarbeiterzahl seit 1996 von rund 20.000 auf knapp 84.000 mehr als vervierfacht hat, zeigt die überaus erfolgreiche Unternehmensentwicklung der vergangenen 25 Jahre.

Heute betreibt Schaeffler in mehr als 50 Ländern 75 Produktionswerke und ist insgesamt an etwa 200 Standorten vertreten. Die Firma ist als Automobilzulieferer eine treibende Kraft bei der Entwicklung elektrischer Antriebe geworden und hat sich mit der Industriesparte unter anderem zu einem der führenden Anbieter von Systemen und Lagerlösungen im Bereich Windkraft entwickelt. Autonomes Fahren, Digitalisierung und Industrie 4.0 sind längst zu wichtigen Geschäftsfeldern geworden. Jahr für Jahr meldet der Automobil- und Industrielieferer etwa 2.000 Patente an – so viele wie kaum ein anderes Unternehmen. Damit gehört die Schaeffler AG zur Weltspitze beim Erfinden und Entwickeln von Komponenten und Systemen für Bewegung und Mobilität. Oder wie es auf einem Plakat auf dem Schaeffler-Gelände unterhalb des Gesellschafterbüros geschrieben steht: „We pioneer motion“.



Erfolgreiches Dreiergespann (v.l.): Die Gesellschafter Georg F.W. Schaeffler und Maria-Elisabeth Schaeffler-Thumann sowie Vorstandschef Klaus Rosenfeld brachten den Zuliefer-Riesen an die Börse und führten ihn in die E-Mobilität und die Industrie 4.0

75 JAHRE

Pionier in Sachen Bewegung

Es ist eine der großen Erfolgsgeschichten „Made in Germany“: Der global tätige Automobil- und Industrielieferer Schaeffler feierte Ende 2021 sein 75-jähriges Bestehen. Bis heute prägt der Pioniergeist der beiden Gründer Dr. Wilhelm Schaeffler und Dr.-Ing. E. h. Georg Schaeffler das Unternehmen.



Von Volker Paulun

Den Grundstein für den Konzern legten 1946 die Schaeffler-Brüder mit der Gründung der Industrie GmbH in Herzogenaurach. Es ist der Startschuss für ein Unternehmen mit heute mehr als 83.900 Beschäftigten an rund 200 Standorten in über 50 Ländern. Den rasanten Aufstieg des Unternehmens ermöglichte ab 1950 das käfiggeführte Nadellager, eine geniale Erfindung von Dr.-Ing. E.h. Georg Schaeffler, die Bewegung und Mobilität revolutionierte – im Automobilbau wie in der Industrie. Viele weitere wegweisende Innovationen folgten – und werden noch folgen.

„Schaeffler zeichnet sich seit jeher durch seine außerordentliche Innovationsfähigkeit und durch seine hohe soziale Kompetenz aus“, sagt Prof. Dr. Gregor Schöllgen. „Die Neugier und der konzentrierte Blick nach vorn, die schon die beiden Gründer antrieben, sind bis heute die große Stärke dieses traditionsbewussten Familienunternehmens.“ Der renommierte Historiker hat die Unternehmensgeschichte anlässlich des 75-jährigen Firmenjubiläums systematisch aufgearbeitet.

Auch Georg F.W. Schaeffler, Familiengesellschafter und Vorsitzender des Aufsichtsrats der Schaeffler AG, unterstreicht die Bedeutung der Innovationsfähigkeit für die Entwicklung zum Global Player: „Entscheidend für den Erfolg des Unternehmens Schaeffler war immer ein Pioniergeist. Dabei zeigen sich

gerade in herausfordernden Phasen ein hohes Maß an Resilienz sowie die Bereitschaft, tiefgreifenden Wandel immer auch als Chance zu nutzen. Als Gesellschafter sind wir uns in besonderer Weise bewusst, dass dieser jahrzehntelange Erfolg vor allem von unseren engagierten Mitarbeitenden rund um die Welt sowie von unseren Kunden und Zulieferern abhängt.“

Mit Blick auf die Zukunft hat sich die Schaeffler Gruppe mit der Roadmap 2025 strategisch klar positioniert. Diese richtet das Unternehmen mit seinen drei Sparten konsequent auf die Transformation in zehn Kundensektoren aus, um so auch in Zukunft der bevorzugte Technologiepartner seiner Kunden zu sein. Nachhaltigkeit und Digitalisierung stehen dabei im Mittelpunkt, flankiert von fünf Fokusfeldern rund um Themen wie CO₂-effiziente Antriebe oder erneuerbare Energien.

Klaus Rosenfeld, Vorsitzender des Vorstands der Schaeffler AG, sagt dazu: „Solange es Bewegung gibt, wird es auch Schaeffler geben. Bei Schaeffler verbinden sich Innovation, Qualität, Systemverständnis und Fertigungsexzellenz zu einer gemeinsamen Stärke. Mit dieser Stärke und der DNA des Familienunternehmens sind wir für die Zukunft bestens gerüstet.“

Die wichtigsten technologischen Meilensteine von Schaeffler aus den vergangenen 75 Jahren finden sich auf den Innenseiten dieses Ausklappers.



Industrie. Automotive. Automotive Aftermarket

Die wichtigsten Pionierleistungen von Schaeffler



1946

Wilhelm und Georg Schaeffler gründen in Herzogenaurach die Industrie GmbH. **Frühes Mobilitätsprodukt: ein einfacher Handwagen**, der als Transportmittel im Nachkriegsdeutschland ein Verkaufsschlager wird.

1965

Den Schaeffler-Brüdern gelingt es mit ihrer Marke LuK erstmals, **Tellerfederkupplungen** in Europa in Großserie zu fertigen. Ab 1967 rüstet Volkswagen alle Neuwagen mit Tellerfederkupplungen aus. Die Tellerfederkupplung ist eine innovative Kupplung, bei der eine Tellerfeder statt Schraubenfedern für den Anpressdruck der Kupplungsbeläge sorgt.



1969

Die Digitalisierung läuft: Der Neubau des INA-Rechenzentrums stellt 1969 das Modernste dar, was es auf dem Markt gibt.



1950

Georg Schaeffler meldet seine Jahrhundert-Idee zum Patent an: **das käfiggeführte Nadellager**. Im Lauf des Jahres gelingt der Schritt vom Prototyp zum serienreifen Produkt. Die kompakten und leistungsfähigen Nadellager finden Anwendung im Automobilbereich, aber auch im allgemeinen Maschinen- und Getriebebau. In der E-Mobilität sind Nadellager für die Funktion zahlreicher elektrifizierter Getriebe unverzichtbar.



1977

Schaeffler bringt sein erstes **Rundtschlager** auf den Markt. Später baut sich Schaeffler mit einem umfangreichen Portfolio an Lager- und Torquemotoren eine herausragende Stellung auf dem Markt für angetriebene Rundachsen und Rundtische auf. Seit 1999 stattet Schaeffler Rundachslager optional auch mit einem lagerintegrierten Messsystem (Foto) aus.

1978

Schaeffler Automotive Aftermarket, damals noch als AS Autoteile-Service, führt das **LuK RepSet** ein – die erste Komplettlösung für die Reparatur einer Kupplung im unabhängigen Ersatzteilmarkt. Der Reparatursatz enthält neben der Kupplung auch alle für die Reparatur notwendigen Zubehörteile in einer Box.



Mitte der 50er-Jahre

INA überträgt die Idee des käfiggeführten Nadellagers von der Rotation auf eine geradlinige Bewegung und legt damit den Grundstein für den Geschäftsbereich **Lineartechnik**.

arket.

Schaeffler der vergangenen 75 Jahre auf einen Blick.



1985

1985 bringt LuK für Spritsparkonzepte durch Drehzahlreduzierung des Ottomotors das **Zweimassenschwungrad** zur Serienreife. Das innovative Komfortsystem etabliert sich zudem als elementares Bauteil für neue Dieselmotoren mit Direkteinspritzung und Turboaufladung, die ab 1989 den Dieselboom einläuten.

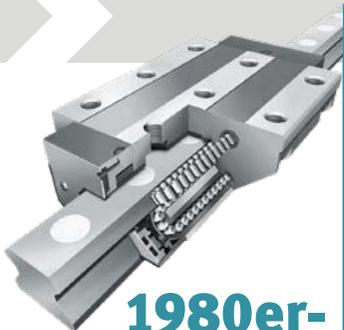
1994

Marken von Schaeffler tragen auch zum Gelingen von **Raumfahrt-Projekten** bei. So rüstet FAG 1994 die Hochdruckturbo-pumpen für den Raketenantrieb des Space Shuttle mit neuartigen Lagern aus.



1995

Schaeffler Automotive Aftermarket startet die **Technik-Hotline**, um auf direkte Nachfragen von Werkstätten einzugehen. Die Aftermarket-Spezialisten führen zudem maßgeschneiderte technische Trainings durch und stellen Informationen, Reparaturanleitungen sowie Einbauhinweise bereit. Aktuell schulen weltweit über 65 Trainer mehr als 40.000 Teilnehmende pro Jahr in 22 Sprachen.



1980er-Jahre

Beginnend in den 1980er-Jahren markiert Schaeffler mit seinen **Rollenumlauf-einheiten** vor allem in der Werkzeugmaschinenbranche den Maßstab für höchste Steifigkeit, Tragfähigkeit, Präzision und Zuverlässigkeit. Unter den Profilschienenführungen stellen die sechsstufigen Kugelumlauf-einheiten die tragfähigsten und steifsten Führungen auf Kugelbasis dar.

1991

Schaeffler setzt erstmals **TAROL-Radsatzlager** (Tapered Roller Bearing) speziell mit Kunststoff-Käfigen in Hochgeschwindigkeitszügen in Serie ein. Mehr als 100 Jahre Erfahrung der Marke FAG im Bahnbereich machen Schaeffler zu einem zuverlässigen Partner, wenn es um Lager- und Systemlösungen für Schienenfahrzeuge geht. Radsatzlager, Fahrmotoren, Getriebelager aber auch mechatronische Module für eine digitalisierte Überwachung und optimierte Instandhaltung zählen zum Portfolio von Schaeffler.



2000

Zum Jahrtausendwechsel wird das Millennium Wheel eröffnet. Mit 135 Metern ist es damals **das höchste Riesenrad der Welt**. Die auch „London Eye“ genannte Attraktion in der britischen Hauptstadt hat einen Umfang von 424 Metern und ein Gesamtgewicht von 2.100 Tonnen. Für den reibungslosen „Dreh“ sorgen zwei tonnenschwere Pendelrollenlager von FAG.

1987

Schaeffler ernannt am Standort Herzogenaurach **erstmalig einen Umweltschutzbeauftragten** und startet einen jährlichen Umweltschutzbericht. Aber bereits in den 1970er-Jahren ergreift INA erste Maßnahmen für Umweltschutz. Damals gehört der Bau einer Emulsionsspaltanlage und die Ernennung eines Abfallbeauftragten zu den Neuerungen.

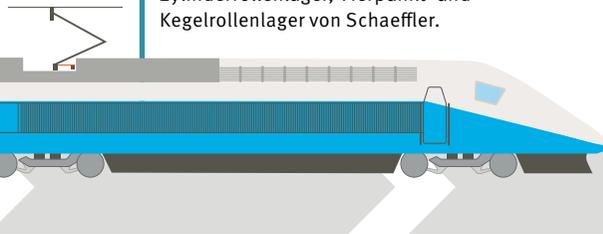
2009

Das vollvariable elektrohydraulische **Ventilsteuerungssystem UniAir** kommt auf den Markt. UniAir steuert die Motorventile bedarfsgerecht und ermöglicht eine nahezu beliebige Variation des Ventilhubes. Dadurch lassen sich erhebliche Verbrauchs- und Emissionsreduzierungen realisieren sowie eine deutliche Verbesserung der Drehmomentverläufe.



2007

Der französische Hochgeschwindigkeitszug TGV V150 stellt einen **neuen Temporekord** auf: 574,8 km/h. Mit an Bord: Zylinderrollenlager, Vierpunkt- und Kegelrollenlager von Schaeffler.



2011

Schaeffler nimmt den seinerzeit weltweit **leistungsfähigsten Großlagerprüfstand** in Betrieb. Am Standort Schweinfurt testet „Astraios“ Lager bis zu einem Gewicht von 15 Tonnen und 3,5 Metern Außendurchmesser, wie sie beispielsweise für Windkraftanlagen gebaut werden.

2017

Schaeffler Automotive Aftermarket bietet mit dem INA FEAD KIT erstmals eine **Reparaturlösung für Hybridfahrzeuge** mit 48 Volt an und arbeitet an weiteren Lösungen im Antriebs- und Chassisbereich für E-Fahrzeuge. Diese Produkte sollen auch freien Werkstätten die Türen zum wachsenden Geschäft mit der E-Mobilität öffnen.



2005

Schaeffler Automotive Aftermarket launcht mit **REXPERT** sein bis heute bestehendes Online-Werkstattportal. Im Oktober 2021 geht die dritte Generation des Portals online, auf das mittlerweile rund 200.000 Nutzer aus 36 Länderportalen in 16 Sprachen zugreifen.



2008

Schaeffler landet **erstmalig auf dem Mars** – in Form von Präzisionslagern der US-Schaeffler-Tochter The Barden Corporation, die den Roboterarm der Marssonde Phoenix gelenkig machen.



2016

Der neue Panamakanal wird eröffnet. Schaeffler liefert mehr als **3.400 Wälzlager für Schleusentechnik** und Wassermanagement der wichtigen Seewegsabkürzung zwischen Atlantik und Pazifik.



2014

Als Pionier der ersten Stunde startet Schaeffler in der neuen **Elektro-Rennserie Formel E** und gewinnt mit Lucas di Grassi auf Anhieb das Premierenrennen. In den Folgejahren holt das Team Audi Sport ABT Schaeffler jeweils einen Fahrer- und einen Teamtitel.



2021

Die Schaeffler Gruppe wird als Öko-Pionier von den Vereinten Nationen zu einem ihrer 50 **Sustainability & Climate Leaders** weltweit ernannt.

2020

ETC (Engine, Transmission, Chassis) wird als erste herstellergeführte digitale **Supply-Chain-Handelsplattform** im unabhängigen Kfz-Ersatzteilmarkt in China eingeführt. Die Plattform verbindet vor- und nachgelagerte Bereiche innerhalb der Lieferkette und stimmt die Bedürfnisse von Zulieferern und Händlern aufeinander ab.



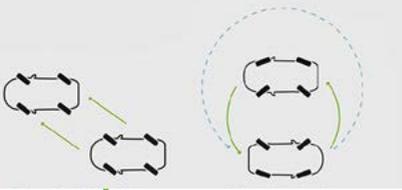
2021

Auch das kann Schaeffler: Der Bike-by-Wire-Antrieb **Free Drive** für E-Bikes kommt ganz ohne mechanische Verbindung zwischen Kurbel und Antriebsachse aus.



2019

Schaeffler präsentiert auf der IAA die **mechatronische Hinterachslenkung**. Das System erhöht Fahrkomfort sowie Sicherheit und kann insbesondere im Zuge der Urbanisierung seine Vorteile ausspielen. So verringert das Lenken in die entgegengesetzte Richtung zur Frontlenkung den Wendekreis und erhöht die Manövrierfähigkeit – was beispielsweise die Parkplatzsuche in der Stadt erheblich vereinfacht.



2017

Schaeffler kombiniert E-Motor und automatisierte Ausrückkupplung zu einem **P2-Hybridmodul** mit integriertem Drehmomentwandler. Das Modul ist dank seines kompakten Designs auf unterschiedlichen Fahrzeugplattformen einsetzbar und wird zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe montiert.



2020

Schaeffler weitet sein Angebot für die Industrie 4.0 mit der **IoT-Lösung OPTIME** aus. Das Condition-Monitoring-System überwacht Maschinen rund um die Uhr – und das flächendeckend, effizient und kostengünstig.



2021

Unter dem Motto „On Track to Sustainable Mobility“ stellt Schaeffler auf der IAA Mobility seine Vision einer nachhaltigen Mobilität vor. Neben innovativen Produktneuheiten wie **3in1-E-Achssysteme**, **Thermomanagement** und **800-Volt-Leistungselektronik** präsentiert das Unternehmen ein modulares **Rolling Chassis**.





Mit der von Dr. Michael Böhnel (l.) und Nils Reims vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen mitentwickelten XXL-Computertomografie lassen sich sehr große Objekte durchleuchten – dank Highspeedkameras selbst in Bewegung

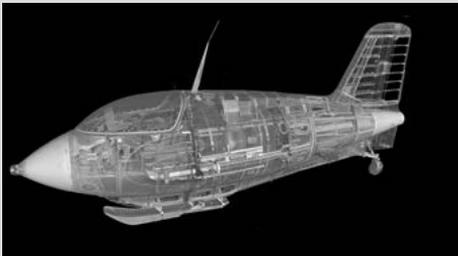


Die Allesblicker

Röntgenstrahlen, das weiß jedes Kind, durchleuchten den Körper. Was weniger bekannt ist: Dank neuer Hightech-Computertomografen spielt die Technologie nicht mehr nur in der Medizin eine wichtige Rolle, sondern zunehmend auch in der Industrie. Ohne die Pionierleistung eines Wilhelm Conrad Röntgen vor mehr als 100 Jahren wäre das alles undenkbar.

Abfangjäger Messerschmitt Me163

Dank modernster Röntgentechnik haben Fraunhofer-Forscher den **digitalen Zwilling eines Raketenjägers** aus dem 2. Weltkrieg erzeugt. Die Bilder aus dem Inneren einer Messerschmitt Me163 brachten neue Erkenntnisse über das Fluggerät, das von den Nazis einst als „Wunderwaffe“ gepriesen wurde, was es aber definitiv nicht war. Aufgrund seiner risikoreichen Konstruktion habe die Me163 vielmehr einer fliegenden Zeitbombe geglichen, da der Pilot unmittelbar zwischen zwei Treibstofftanks saß, erklärt Fraunhofer-Röntgenexperte Michael Salamon.



Von Björn Carstens

Wenn aus einem Nachnamen ein Verb wird, ist meist Historisches passiert. So wie am 8. November 1895, als ein gewisser Wilhelm Conrad Röntgen im Physikalischen Institut der Uni Würzburg mit einer Kathodenstrahlröhre herumexperimentierte. Dieser strahlende Zufall gilt heute als Entdeckungstag der von ihm so genannten X-Strahlen. Eine Pioniertat, die bis heute nachhallt. Nur ein paar Wochen später gelang Röntgen die weltberühmte Aufnahme von der Hand seiner Frau, bei der Knochen und Ehering klar zu erkennen sind. Mehr als 30 Minuten musste sie dafür sitsitzen.

Bis auf die Tatsache, dass Patienten heute in der Regel nur noch wenige Sekunden bewegungslos ausharren müssen, wird die von Röntgen entwickelte Technik auch mehr als 125 Jahre später fast unverändert angewandt. Allerdings bei Weitem nicht mehr nur in Krankenhäusern und Arztpraxen.

Früher 2D, heute 3D

Schon seit Mitte der 1990er-Jahre durchleuchten riesige Röntgenanlagen (58 Meter lang, 25 Meter breit) stählerne Seefrachtcontainer aus aller Herren Länder im Hamburger Hafen – seitdem

Der Pionier Wilhelm Conrad Röntgen: ein Leben für die Wissenschaft

1845: Geburt in Lennep (Bergisches Land). Wilhelm Conrad Röntgen wächst in wohlhabenden Verhältnissen im niederländischen Appeldoorn auf.

1865: Röntgen studiert in Zürich ohne Abitur. Zuvor war er von der Schule geflogen, weil er sich geweigert haben soll, einen Mitschüler zu denunzieren. Nach nur 3 Jahren wird er als Maschineningenieur diplomiert.

1869: Röntgen promoviert. Seine Dissertation trägt den Titel „Studien über Gase“.

1872: Röntgen heiratet Bertha

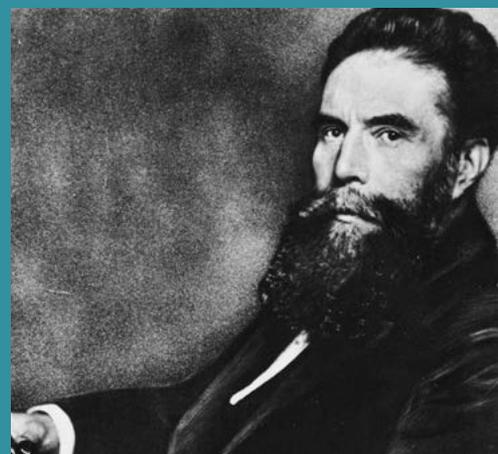
Ludwig (†1919) und geht an die Uni in Straßburg, wo er sich in Experimentalphysik habilitiert.

1896: Beim einzigen Vortrag zu seinen 1895 entdeckten X-Strahlen fertigt der öffentlichkeits-scheue Röntgen, mittlerweile Direktor des Physikalischen Instituts in Würzburg, eine Röntgenaufnahme einer Hand des Anatomen Albert von Koelliker an. Dieser schlägt vor, die X-Strahlen Röntgenstrahlen zu nennen.

1900: Röntgen erforscht an der Uni in München die physikalischen Eigenschaften von Kristallen.

1901: Röntgen bekommt den Nobelpreis für Physik. Das Preisgeld von umgerechnet 50.000 Euro stiftet er der Uni Würzburg.

1923: Röntgen stirbt an Darmkrebs. Noch bis 1920 lehrte er in München.



„Die Röntgentechnik ist eine der genialsten Entdeckungen aus Deutschland“



Michael Salamon,
Gruppenleiter am Fraunhofer-
Entwicklungszentrum
Röntgentechnik (EZRT),
einem Bereich des IIS

brachten sie mehr als eine Milliarde ungesteuerte Zigaretten, Tausende Kilogramm Kokain und fast genauso viele Liter gefälschte Parfüms zum Vorschein – allerdings noch mittels der althergebrachten zweidimensionalen Röntgenmethode.

In der Industrieforschung bedient man sich dagegen anderer Vorgehensweisen, wie der seit den 1970er-Jahren in der Medizin gebräuchlichen Computertomografie (CT) – einer Weiterentwicklung des Prinzips Röntgen – bei der Hunderte Aufnahmen aus verschiedensten Richtungen ein dreidimensionales Bild entstehen lassen. Ob bei Materialtests für Fahrzeuge, bei der Analyse von Metall-Legierungen oder bei der Prüfung von Werkzeugen – das Durchleuchten mit Röntgenstrahlen ist für die Qualitätssicherung und Entwicklung von Innovationen unverzichtbar geworden.

Größter Computertomograf der Welt steht in Fürth

Geröntgt wird mittlerweile fast jedes Format. Forschern des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen (IIS) in Fürth, unweit des Schaeffler-Stammsitzes in Herzogenaurach gelegen, ist es gelungen, eine Technologie zu entwickeln, die Objekte mit einem Durchmesser bis zu 3,20 Meter und fünf

Elektroautos nach Crashtests

Die starke Röntgenstrahlung macht sogar Strukturen in dicht gepackten Akkus sichtbar. „Nach einem Crash wird der Akku von Elektromobilen idealerweise von niemandem mehr angefasst, weil nie klar ist, welche Schäden an der Struktur entstanden sind und was sie bewirken. Mit unserer Röntgenprüfung gestalten wir die **Crashanalyse sicherer und effizienter** und geben unseren Industriepartnern Ergebnisse an die Hand, mit denen sie Sicherheitsstandards für Autofahrer verbessern“, sagt Michael Salamon.



Instrumente aus dem Mittelalter

Gerade bei historischen Instrumenten ist oft nicht klar, wie sie in unzugänglichen Bereichen gebaut sind, oder ob sie aufgrund der Lagerung oder langjährigen Nutzung im Inneren beschädigt sind.

Zerlegen ist aber oft schier unmöglich.

Auch da hilft die Computertomografie. Im Projekt „Musical Instrument Computed Tomography Examination Standard“ haben Salamons Kollegen über 100 historisch bedeutsame Instrumente dreidimensional abgebildet und sogar Richtlinien zum Scan von Musikinstrumenten erarbeitet.



0,1

Millimeter (100 Mikrometer) dünne Feststoffe können im Extremfall sichtbar gemacht werden.

9

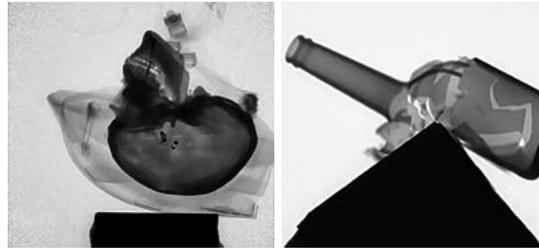
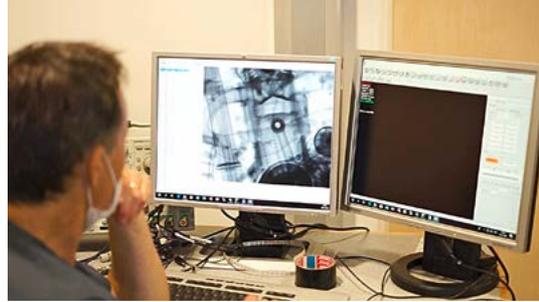
Megaelektronenvolt (MeV) beträgt die Energie des Linearbeschleunigers, den die Fraunhofer-Forschenden als Röntgenquelle nutzen – circa das 300-fache wie in der medizinischen Röntgendiagnostik (30 KeV bis 150 KeV).

4 Meter

breit ist der Zeilendetektor, der die Reststrahlung einfängt, die den Unfallwagen passiert.



Das XXL-CT-System besteht im Wesentlichen aus einem Linearbeschleuniger (l.), einem präzisen Drehteller und einem Zeilendetektor (r.)



Hochgeschwindigkeits- und Röntgenaufnahme kombiniert: Das Fraunhofer-Forscherteam kann dynamische Prozesse – wie hier einen sich im Motor bewegenden Zylinder (o.), einen Fahrradhelm bei einem simulierten Unfall (l. u.) oder eine zerspringende Glasflasche – bis ins kleinste Detail durchleuchten und analysieren

Meter Höhe durchleuchten und hochauflösende 3D-Bilder generieren kann. Eine spezielle Technik, die ein Objekt in Teilen aufnimmt, ermöglicht sogar das Scannen noch größerer Gegenstände. Damit ist die Anlage die zurzeit größte CT-Anlage der Welt.

Als Röntgenquelle nutzen die Forscher einen Linearbeschleuniger mit neun Megaelektronenvolt (MeV) – circa das 300-fache wie in der medizinischen Röntgendiagnostik (30 KeV bis 150 KeV) – und kombinieren ihn mit einer vier Meter breiten Röntgenkamera.

Der Fürther XXL-Scanner kann im wahrsten Sinne des Wortes haarfeine Strukturen sichtbar machen: Selbst 0,1 Millimeter (100 Mikrometer) dünne Feststoffe werden im Extremfall dargestellt, bei sehr großen Objekten mit mehreren Metern Durchmesser sind es immerhin etwa 0,5 Millimeter. Die zu röntgenden Gegenstände rotieren dabei auf einem Schwerlastdrehteller. Kamera und Strahlenquelle tasten das Objekt synchron in vertikalen Bewegungen Zeile für Zeile ab.

Dynamischer Blick ins Innere

Und die Entwicklung schreitet weiter voran. Das Fraunhofer-Forscherteam ist bereits in der Lage,

auch dynamische Prozesse bis ins kleinste Detail zu durchleuchten und analysieren. Eine Kombination aus optischer Hochgeschwindigkeits- und Röntgenaufnahme.

Wieder Beispiel Crashtests: Ingenieuren brennen folgende Fragen unter den Nägeln: Was genau geschieht im Moment des Aufpralls im Fahrzeuginneren? Werden die Kräfte wie geplant auf die verschiedenen Bauteile verteilt? Im Forschungsprojekt „MAVO fastX-crash“ am EZRT werden diese Fragestellungen erörtert. Dabei wird die Verformung des Wagens von Hochgeschwindigkeitskameras genauestens gefilmt. Der Clou: Die optische Zeitlupe und die Röntgenaufnahme mit mehr als 1.000 Bildern pro Sekunde werden synchron aufgezeichnet – so ist eine direkte Gegenüberstellung möglich. Bild für Bild können die Fachleute nachvollziehen, wie sich Berechnungen und Versuch gleichen. Sogar eine 4D-CT lässt sich so umsetzen, also die zeitlich aufgelöste dreidimensionale Darstellung.

Eine wesentliche Schlüsselkomponente dabei ist der Röntgendetektor, der die Strahlen aufnimmt, die nicht vom zerstörten Wagen absorbiert werden. Die Forscher in Fürth steigerten die Empfindlichkeit dieser Detektoren so weit, dass schon mit üblichen industriellen Standard-Röntgenquellen bei 1.000 Bildern pro Sekunde eine Bildqualität erzielt wird, die tief ins Innere blicken lässt. Wo Ingenieure bislang aufwendig Knete aufgetragen haben, um die Verformungen nach dem Crash zu analysieren, kann nun einfach ein Röntgenfilm erstellt werden. Schneller, zuverlässiger und detailreicher.



Der Autor

Nach diversen Knochenbrüchen machte unser Autor **Björn Carstens** schon mehrmals unliebsame Bekanntschaft mit Röntgens wissenschaftlichem

Vermächtnis. Was heutzutage alles außer Patienten durchleuchtet wird, ließ ihn bei der Recherche das eine oder andere Mal staunen.

Peruanische Mumie



Bis auf das grobe Alter (11.–15. Jahrhundert) und die Herkunft war über die Mumie vor dem Scan kaum etwas bekannt. Durch die 3D-CT wurden hinter den Dutzenden Lagen von Baumwolltüchern zahlreiche Grab-Beigaben (Muscheln, Armbänder) identifiziert. **Sogar ein Maiskolben im Kopfbereich wurde entdeckt.** Bislang waren für die Betrachtung solcher hochauflösenden Datensätze teure Industriecomputer notwendig. Dank neuer Software lässt sich der hochaufgelöste Datensatz nun mit einem handelsüblichen Notebook betrachten.

Frachtcontainer

Durch die 3D-Röntgentechnik werden auch **kleine Objekte im Inneren der Container deutlich sichtbar.** Gerade für Sicherheitsbehörden, die Frachtcontainer nach Sprengstoff oder Waffen durchsuchen, aber auch für Zollbehörden, die nach Schmuggelware suchen, kann die IIS-Technologie einen Mehrwert liefern.



In Motion

Zu Lande, auf dem Wasser, in der Luft – Pioniere wie Karl Drais, die Gebrüder Wright, Gottlieb Daimler oder Elon Musk prägten die Mobilität mit ihren Innovationen. Was kommt als Nächstes?



Fliegen wie bei Star Trek

Wer hätte das gedacht: Das Prinzip des mit hohen Spannungsunterschieden arbeitenden Ionenantriebs – vielen nur aus Science-Fiction-Filmen bekannt – wurde schon 1923 vom österreichisch-deutschen Raumfahrt-pionier Hermann Oberth beschrieben. Aber erst 1998 sauste die erste Raumsonde mit Ionenantrieb durchs All. **In der Schwerelosigkeit kann der Antrieb mit seiner extremen Ausdauer punkten**, für erdnahe Anwendungen reichte die Antriebskraft bislang aber nicht aus. US-Forscher des Massachusetts Institute of Technology (MIT) wollen die Technik nun auf die Erde „beamen“. Sie ließen ein Ultraleicht-Flugzeug mit Ionenantrieb abheben. Erzeugt wird der Schub durch eine sehr hohe positive Spannung von 20.000 Volt an der Flügelvorderseite, wodurch den Stickstoffteilchen in der Luft Elektronen entzogen werden. Die dabei erzeugten Ionen werden von einer negativen Aufladung von 20.000 Volt an der Flügelkrümmung angezogen und beschleunigen über die Tragflächen nach hinten. So entsteht ein Wind, der dem Flugzeug Vortrieb gibt. Noch steckt die Technik allerdings im Prototypen-Stadium. Das Flugobjekt im Experiment wog nur 2,5 Kilogramm. Die maximale Flughöhe lag beim ersten erfolgreichen Flugversuch bei knapp einem halben Meter, der Flug dauerte lediglich zwölf Sekunden. **Der Weg in den realen Betrieb ist also noch lang.** Allerdings bezweifeln selbst die US-Forscher, dass es in absehbarer Zeit möglich ist, so starke Ionenantriebe zu bauen, dass damit Passagierflugzeuge fliegen können. Eine Revolution der Luftfahrt beschert uns der Ionenantrieb also erst einmal nicht, Einsätze in Drohnen könnten aber in näherer Zukunft real werden.

„Alle wollen zurück zur Natur. Aber keiner zu Fuß“

Werner Mitsch (1936–2009),
Deutscher Aphoristiker

Ins All geschleudert

Der Weg ins All hat schon viel Pioniergeist entfacht. Die Visionen reichen von Ballons bis zu Fahrstühlen. Letztlich ist die Rakete bis heute das gängige Transportmittel ins All. Das Problem: Im Kampf gegen die Schwerkraft werden Unmengen von Treibstoff verbrannt. Und selbst wenn Wasserstoff genutzt wird, entlässt dieser klimaschädlichen Dampf in die Atmosphäre. Der Ansatz der Firma SpinLaunch setzt hingegen auf Fliehkräfte. **Die Idee: In der Vakuumkammer einer gewaltigen Zentrifuge rotiert ein 45 Meter langer Haltearm, an dessen Ende ein Projektil samt Transportgut eingeklinkt ist (Foto).** Erreicht das Geschoss ein Tempo von 2.200 m/s (8.000 km/h) wird es ausgeklinkt und schießt gen Himmel. Ein erster Start aus einer Erprobungsanlage im Maßstab 1:3 ist bereits geglückt. Das drei Meter lange Projektil flog laut Betreiber mehrere Kilometer hoch. Ganz ohne Treibstoff kommt aber auch der SpinLaunch nicht aus: Für den letzten Schub Richtung Zielumlaufbahn muss ein konventionelles Triebwerk gezündet werden. Aber **insgesamt sollen viermal weniger Energie und zehnmals weniger Geld „verbrannt“ werden** als bei einem konventionellen Raketenflug ins All. Bemannte Flüge sind wegen der extrem hohen Fliehkräfte von über 10.000 g in der Zentrifuge allerdings nicht möglich.



555,9 km/h

erreichte die einmotorige Propellermaschine „Spirit of Innovation“ und stellte damit **einen neuen Geschwindigkeitsrekord für Elektroflugzeuge auf.** Die beteiligten Unternehmen wollen mit dem Powerflieger das **Potenzial einer urbanen vertikalen E-Mobilität und von hybrid-elektrischen Pendlerflugzeugen** für die Kurzstrecke demonstrieren.

„Innovation des Jahres“



Die 2in1-E-Achse von Schaeffler wurde beim „Goldenen Lenkrad“, einem der wichtigsten Automobilpreise Europas, als „Innovation des Jahres“ ausgezeichnet. **Die Schaeffler 2in1-E-Achse integriert das Reduktionsgetriebe und den Elektromotor in einer kompakten Einheit** und zeichnet sich vor allem durch eine sehr hohe Leistungsdichte sowie ein ausgezeichnetes akustisches Verhalten aus. Außerdem ist sie **in verschiedenen Fahrzeugplattformen einsetzbar – sowohl in hybriden als auch in vollelektrischen Anwendungen.** Nach der Markteinführung 2021 in China wird diese E-Achse auch bei einem europäischen Fahrzeughersteller zum Einsatz kommen. Schaeffler steigert den Integrationsgrad elektrischer Achsen stetig weiter: Die 3in1-E-Achse vereint neben E-Motor und Getriebe auch die Leistungselektronik in einem einzigen System. Auch für diese Innovation hat Schaeffler bereits mehrere Kundenaufträge erhalten.

Geisterfahrer

Ein Elektro-Bolide, der fahrerlos über die Rennstrecke braust, und ein Carsharing-Anbieter, der seine Autos aus dem Büro steuert. Zwei Projekte, die Pioniergeist verkörpern, weil sie für die Mobilität der Zukunft stehen.

Von Björn Carstens

Ferngesteuerte Autos kennen viele nur aus dem Kinderzimmer. Mini-Racer, die per Controller manövriert werden. Die DTM, Schaeffler und andere Partner haben das Ganze groß gedacht – und mit richtig Highspeed. Ein ferngesteuerter Rennwagen im XXL-Format. Das, was die Fans im Rahmen des DTM-Rennens 2021 im österreichischen Spielberg zu sehen bekamen, war Motorsport als Innovationslabor. Ein Fahrzeug, ausgestattet mit der von Schaeffler entwickelten Drive-by-Wire-Technologie Space Drive, einer redundanten Elektronik-Schnittstelle zur Bedienung von Lenkung, Gas und Bremse, raste komplett unbemannt über den mehr als 4.000 Meter langen Kurs in der Steiermark. Gesteuert wurde es aus einem hochmodernen Fahr-simulator heraus.

180 km/h

betrug die **Spitzengeschwindigkeit** des unbemannten Rennwagens.

1.200 PS

stark ist das vollelektrische **DTM Electric Demo Car**, das Schaeffler auch schon 2020 bei der DTM am Hockenheimring präsentierte. Damals noch mit Fahrer.

82

Kilometer entfernt in Graz befand sich der Fahr-simulator.



Ein Video vom Remote Run in Spielberg finden Sie über den QR-Code.



5G-Netztechnologie sicherte die stabile Kontrolle des Autos. Fahrdynamik-Simulationssoftware und solche für teleoperiertes Fahren, Kamerasysteme und Sensoren sorgten für ein realistisches Handling. Michael Resl, Director Competition & Technology der DTM-Dachorganisation ITR, erklärt: „Wir nehmen ein Fahrzeug, einen Simulator und einen Fahrer – der Rest ist, die bestmögliche Verbindung durch Glasfaser, 5G und Funk sicherzustellen und die Herausforderungen der Latenzzeiten zu reduzieren.“ Um die Verzögerung bei der Übertragung so weit zu verringern, dass Rennwagen ferngesteuert werden können, waren modernste Drahtlostechnologien erforderlich. Bei einer Geschwindigkeit von 180 km/h entsprechen schon 20 Millisekunden Verbindungslatenz einem zurückgelegten Meter.

Blick auf drei Monitore statt aus der Windschutzscheibe

Was Schaeffler und seine Partner im Highspeed-Bereich erfolgreich getestet haben, funktioniert natürlich auch bei gemächlicheren Geschwindigkeiten. Dann zwar nicht ganz so rasant, dafür aber im täglichen Einsatz. So zumindest der Plan in Hamburg. Die Hansestadt wagt ab Anfang 2022 den weltweit ersten Vorstoß, echtes Tele-Driving in den urbanen Verkehr zu integrieren. Zusammen mit dem Berliner Tech-Start-up Vay soll ein neuartiger Mobilitätsservice angeboten werden, der zumindest partiell ohne Fahrer im Auto auskommt. Vollelektrische Sharing-Fahrzeuge sollen nach Bestellung per App punktgenau zum Kunden rollen. Scheinbar von Geisterhand.



Rundumblick an drei Monitoren: So wie bei diesem Probelauf beobachten die Telefahrer von Autoverleiher Vay den Straßenverkehr

„Dieses Projekt wird auf die Straße und in die Logistik übertragen werden“

Matthias Zink, Vorstand Automotive Technologies der Schaeffler AG

Statt hinter dem Lenkrad sitzen speziell ausgebildete, zertifizierte Telefahrer von Vay im Büro vor drei Monitoren und haben per Mobilfunk und Kameras den Straßenverkehr im Blick. Sie steuern den Wagen allein zu den Kunden – ganz ohne Backup aus Fleisch und Blut. Erst sobald der Kunde einsteigt, übernimmt er das Kommando. Nach der Tour „kapern“ dann wieder die Fernlenker im Büro das Fahrzeug und fahren das Auto zum nächsten Kunden. So entfällt die lästige und oft ineffiziente Parkplatzsuche. Das (Strom)-Tanken übernehmen ähnlich wie bei anderen Carsharing-Angeboten Servicekräfte.

Zulassung steht kurz bevor

Das System ist laut Unternehmensangaben durchgehend mit Redundanzen ausgestattet. Gleichzeitig werden mehrere 4G-Mobilfunknetzwerke genutzt, sodass die Sicherheit des Service und der anderen Verkehrsteilnehmer zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sei, versichert Vay. Seit zwei Jahren rollen die Autos bereits im Testbetrieb durch Berlin – dort allerdings noch mit einem Sicherheitsfahrer besetzt. Und auch in Hamburg wird Vay vermutlich zunächst einmal im Testgebiet Bergedorf, einem Randbezirk Hamburgs, mit einem Fahrer starten. Ziel sei es aber, so sagt Dennis Krämer, Pressesprecher der Hamburger Verkehrsbehörde, dass Vay 2022 fahrerlos in Bergedorf unterwegs sei. Der Zulassungsprozess laufe vielversprechend.

Tele-Driving, das sagt Vay selbst, sei eine Übergangstechnologie – eine, bei der Mensch und Maschine kollaborieren. Ziel sei das komplett autonome Fahren. Bis der Computer jedoch vollends das Kommando übernehme, dauere es noch ein paar Jahre.

„Süchtig nach neuen Herausforderungen“



Jutta Kleinschmidt gewann als erste und bisher einzige Frau die Rallye Dakar, den größten PS-Wüstenmarathon. Interview mit einer Motorsportlegende über Motivation, Grenzen, Pioniergeist und das Reiseziel Mond.

Interview: Leopold Wieland

Comeback: 2021 bestritt
Jutta Kleinschmidt die
Premiersaison der
Elektro-Offroadserie
Extreme E

Das Schwerpunktthema dieser „tomorrow“ ist Pioniergeist. Können Sie diesen „Geist“ für uns mit wenigen Worten einfangen?

Pioniergeist bedeutet für mich das generelle Streben des Menschen nach neuen Herausforderungen, nicht nach mehr Erfolg und Reichtum.

Ist dieser Geist eher weiblich oder eher männlich?

Weder noch. Er ist personen- und nicht geschlechtsbezogen.

Wann wurde Ihnen zum ersten Mal Ihr eigener Pioniergeist bewusst?

Der war von Anfang an da. Ich habe mich seit ich mich erinnern kann schon immer sehr für Neues interessiert – ganz besonders für Technik und Abenteuer.

Wenn der Pioniergeist nicht wie bei Ihnen von Anfang an da ist, kann man ihn erlernen?

Eher nicht. Aber ich glaube, in jedem Menschen stecken Neugier und Pioniergeist. Man muss beides nur immer wieder aufs Neue erwecken und trainieren. Wenn du deinem Pioniergeist folgst, kannst du all deine Inspiration und Motivation natürlich ausbauen und deine Ziele erreichen.

Um Physikunterricht haben zu können, sind Sie als Kind mit einer Sondergenehmigung auf eine Jungenschule gegangen. Haben Sie sich da schon als Pionierin gefühlt?

Als Pionierin habe ich mich damals nicht gefühlt, obwohl ich natürlich eine war. Ich wollte unbedingt Physik lernen. Das hat mich einfach mehr interessiert als alles andere. Deshalb habe ich dafür gekämpft und das durchgesetzt. Die Jungs haben mich als einziges Mädchen sofort akzeptiert und sogar zur Klassen- und Schulsprecherin gewählt. Ich war keine Außenseiterin, ganz im Gegenteil.

Wie sind Sie zum Marathon-Rallyesport gekommen, wo Sie vor allem durch Ihren Sieg als erste und bis heute einzige Frau bei der Rallye Dakar im Jahr 2001 Motorsportgeschichte geschrieben haben?

Antrieb waren für mich vor allem meine Abenteuerlust, meine Liebe zu neuen Technologien und zum Wettbewerb. Diese Kombination fand ich bei Marathon-Rallyesport erst auf dem Motorrad, dann im Automobil.

Wie gefällt Ihnen die Rolle als Vorreiterin und Vorbild, die Sie durch Ihre gesamte Vita seit



Die Königin der Wüste

1962 in Köln geboren, wuchs Jutta Kleinschmidt in Berchtesgaden auf. Motto: **lieber Baumhäuser als Puppenhäuser**. Nach ihrem Physikstudium (1986–1992) heuerte sie als Diplom-Ingenieurin in der Motorradentwicklung von BMW an. Parallel bestritt sie 1987 ihre erste Marathon-Rallye auf dem Motorrad. 1992 wurde Kleinschmidt Profi-Rennfahrerin und wechselte 1994 ins Rallye-Auto. **2001 dann ihr größter Erfolg: Als erste und bis heute einzige Frau gewinnt sie die Dakar-Rallye** – Partner für den Antrieb ihres Mitsubishi Pajero ist die Schaeffler-Marke Luk. 2002 bis 2006 ist sie Werkspilotin von Volkswagen und als Entwicklerin eine tragende Säule des Dakar-Projekts der Niedersachsen. Auch bei diesem Projekt ist LuK Partner. 2005 schrieb Kleinschmidt dabei erneut Motorsportgeschichte: **Als Dakar-Dritte erkämpfte sie den ersten Podestplatz eines Dieselfahrzeugs bei dem Klassiker**. 2007 bestritt sie in einem BMW ihre letzte Dakar, es folgen sporadische Motorsporteinsätze. Kleinschmidt tritt verstärkt als erfolgreiche Vortragsrednerin auf und ist seit 2019 Präsidentin der Cross Country Rally Commission des Automobil-Weltverbandes FIA. 2021 feierte die Deutsche ein **überraschendes Comeback in der rein elektrischen Offroad-Rennserie Extreme E**. Im Team ABT CUPRA XE wechselte sie sich mit Mattias Ekström am Steuer des e-CUPRA ABT XE1 ab – auch hier ist Schaeffler als Teampartner mit an Bord.



Premiere 1987, Profi seit 1992: Abenteuerlust sowie die Begeisterung für Technik und Wettkampf lockten Kleinschmidt in den Motorsport



Größter Triumph: 2001 gewinnt Kleinschmidt mit Beifahrer Andreas Schulz die Rallye Dakar. Als Partner mit dabei: die Schaeffler-Marke LuK



Als Dakar-Dritte erkämpft Kleinschmidt 2005 im VW Race Touareg den ersten Podestplatz eines Dieselfahrzeugs bei dem Klassiker. Auch hier ist LuK mit an Bord

mittlerweile mehr als 20 Jahren auch für junge Frauen haben?

Diese Rolle war nie mein Ziel. Ich bekam sie durch das, was ich gemacht und erreicht habe. Natürlich ist es positiv und schön, wenn ich speziell Frauen und Mädchen motiviere, in die Technologie und in den Motorsport zu gehen, ihre Träume zu verfolgen und zu verwirklichen.

Hatten Sie selbst weibliche Vorbilder wie die ersten Rennfahrerinnen Clärenore Stinnes und Pat Moss oder die Sportfliegerin Elly Beinhorn?

Ich hatte nie das eine Vorbild, sondern habe mir von einer Reihe sehr versierter und begabter Menschen all das abgeschaut, was mir nützlich ist beim Verwirklichen meiner Träume und Ziele.

Wollten Sie als Ingenieurin und Motorsportlerin primär sich etwas beweisen oder den anderen?

Es ging vor allem um mich. Aber es ging nicht ums Beweisen, sondern darum, meine Grenzen auszuloten und auch zu überschreiten. Ich

wollte herausfinden: Was kann ich überhaupt leisten? Gerade im von Männern dominierten Motorsport ging es mir auch darum: Warum soll ich als Frau das nicht auch machen und schaffen können? Mich hat nicht abgeschreckt, dass es nur wenige und nur wenige sehr erfolgreiche Frauen im Motorsport gab. Ich wollte das für mich ausprobieren und dann selbst entscheiden, ob ich Motorsport kann oder nicht.

Wo haben Sie als Rennfahrerin Grenzen bewusst überschritten?

Das waren vor allem körperliche Grenzen. Marathon-Rallyes sind superanstrengend. Vor so manchem Start war es nur schwer vorstellbar, dass die bevorstehenden Strapazen machbar sind. Ich hab's trotzdem immer irgendwie hinbekommen. Und ich habe so nicht nur herausgefunden, was körperlich alles machbar ist, sondern auch, was du mental alles schaffen kannst in superanstrengenden und dadurch zeitweise auch supernervigen Situationen.



Pioniergeist pur: In den Anfangsjahren bereitete Kleinschmidt ihre Enduros in der heimischen Küche vor

Richtig kennen lernst du dich und andere erst, wenn es an und über die Grenzen geht.

Wer wagemutig ist, geht zwangsläufig Risiken ein. Wie sieht Ihr persönliches Risikomanagement aus?

Ich habe immer versucht, so nah wie möglich an definierte Limits zu kommen. Beim Rallyefahren zum Beispiel habe ich immer hinterfragt: Was kann mein Auto, was gibt die Strecke her? Da war ich immer sehr kalkuliert. Natürlich habe auch ich Situationen falsch eingeschätzt. Dann hat es manchmal auch gekracht.

Machte Erfolg die Motorsport-Pionierin Jutta Kleinschmidt satt oder noch hungriger auf mehr?

Wenn ich Erfolg habe, muss ich den nicht wiederholen. Ich setze mir immer neue Grenzen, neue Ziele. Ich bin süchtig nach neuen Herausforderungen – nicht nur im Motorsport.

Jüngster Erfolg: Podiumsjubel im Herbst 2021 von Kleinschmidt, Mitsreiter Mattias Ekström und dem Team ABT CUPRA in der Extreme E



„Natürlich ist es positiv und schön, wenn ich speziell Frauen und Mädchen motiviere, in die Technologie und in den Motorsport zu gehen, ihre Träume zu verfolgen und zu verwirklichen“

Jutta Kleinschmidt

Was haben Sie bei Ihren vielen Wüstenrallyes fürs Leben gelernt?

Die kleinen Probleme zu Hause nicht mehr so ernst zu nehmen. Wenn ich mich heute über alltäglichen Kleinkram aufrege oder deshalb verrückt mache, frage ich mich ganz bewusst: Wie wichtig ist das jetzt eigentlich? Meist merke ich dann: Es ist ja gar nicht so wichtig, ich mache da nur gerade einen Elefanten draus. Gelernt habe ich im Motorsport aber auch, all die kleinen Dinge mehr zu genießen – Faulenzen, Fernsehen und vor allem die Schönheit der Natur, egal ob in der Wüste, am Meer, in den Bergen oder bloß am Straßenrand.

Sie arbeiten mittlerweile auch als vielgebuchte Rednerin. Eines Ihrer Vortragsthemen: „Mit mentaler Stärke zum Erfolg.“ Wie kann man verhindern, an sich zu zweifeln? Oder sind Selbstzweifel manchmal sogar hilfreich?

Das ist ein sehr spannendes Thema. Ich bin zum Beispiel sehr selbstkritisch. Das ist gut und schlecht. Gut daran ist: Dadurch bereite ich mich sehr gut auf meine Aufgaben vor. Schlecht daran ist: Mich überkommen immer wieder Selbstzweifel. Umso wichtiger ist für mich die äußere wie innere Vorbereitung. Das war für mich schon im Motorsport



„Enorm beeindruckt“: FIA-Funktionärin Kleinschmidt 2022 beim Audi-Dakar-Team, unter anderem mit den Piloten Sainz und Peterhansel (von links) sowie FIA-Präsident und Ex-Rallye-Pilot Mohammed Ben Sulayem

ganz entscheidend. Deshalb habe ich körperlich mehr trainiert und versucht, die Technik meines Autos ganz besonders gut zu verstehen und zu kennen. Vorteile habe ich mir in meiner Rennkarriere besonders dadurch erarbeitet, dass ich bestens vorbereitet war. Das verhalf mir zu der nötigen mentalen Stärke im Wettbewerb. Geholfen hat mir auch immer sehr die Analyse der Ursachen für meine Fehler und die daraus folgenden Selbstzweifel. So konnte ich gezielt meine Schwächen reduzieren, mein Selbstbewusstsein stärken und immer besser werden.

Als erfahrene Ingenieurin in der Entwicklung von Serien- wie Rennfahrzeugen: Welche Pioniertaten der Mobilitätsgeschichte beeindrucken Sie?

Da fällt mir Bertha Benz ein. 1888 hat sie als erster Mensch eine längere Strecke mit der Neuerfindung Auto gewagt. Heimlich hat sie sich ihre beiden Söhne geschnappt und ist mit ihnen im von ihrem Mann Carl entwickelten Patent-Motorwagen losgefahren. So hat sie das Automobil endlich salonfähig gemacht. Pionierleistungen der Extraklasse schafft heutzutage Elon Musk mit Tesla. Anfangs hat ihn keiner ernst genommen, inzwischen baut jeder Automobilhersteller Elektroautos. In Sachen E-Mobilität hat mich bei der letzten Rallye Dakar das neue Audi-Projekt enorm beeindruckt. Denn dieses völlig neue und komplexe rein elektrische Antriebssystem mit per Verbrennungsmotor angetriebenem Generator zum Batterieladen funktionierte bei seiner Weltpremiere einwandfrei. Es freut mich riesig, dass diese Pionierarbeit im allerhärtesten Wettbewerb funktioniert hat.

Die allergrößte Pioniertat der Mobilität ist für Sie ...

... die erste Mondlandung. Was die NASA-Ingenieure da vor über 50 Jahren technisch geschafft haben, welches Risiko sie und die Astronauten gewagt haben, ist echt Wahnsinn. All die Steuerungstechnologien durch Computer, wie wir sie heute kennen, waren damals ja allenfalls Traumvorstellungen.

Der Weltraum fasziniert Sie sehr. Sie wären nach Ihrer Rennfahrerei gern auch noch Astronautin geworden, hatten dafür aber schon die Altersgrenze überschritten. Und wir haben gelesen, dass Sie sich gut vorstellen könnten, den letzten Tag ihres Lebens auf dem Mond zu verbringen. Wieso denn das?

Ich hatte das Privileg, viele der Herausforderungen, die ich mir erträumt habe, tatsächlich erleben zu können. Dabei habe ich die wundervollsten Orte in aller Welt gesehen, wo andere Menschen niemals hinkommen. Aber dieser eine so spezielle Ort fehlt mir noch in meiner Sammlung. Vom Mond aus kurz vor dem eigenen Ende unsere Erde von ganz weit draußen als Kugel betrachten zu können, das wäre ein einzigartiger Schlussgenuss. Bis dahin habe ich aber noch einiges andere vor ...

Luftschiff-Comeback?

1894 erwirbt Ferdinand Graf von Zeppelin das Patent für einen „lenkbaren Luftzug“. Der Name des Flugpioniers wird zum Synonym für die fliegenden Zigarren, die in den 1930er-Jahren ihre goldenen Zeiten erleben. Viele Comebackversuche sind seitdem gescheitert. Jetzt nimmt ein neues Luftschiff-Projekt Anlauf: der auf Wasserstoff-Technologie setzende H₂ Clipper.

Von Volker Paulun

Schwerlasttransport per Luftschiff ... da war doch was? Genau: Um die Jahrtausendwende wollte die deutsche Firma CargoLifter mit einem Luftschiff für Schwerlasten den Transportsektor transformieren. Aber noch bevor sich der erste Ballonflieger in die Lüfte erhob, war das Unternehmen pleite, die gewaltige Werfthalle (360 Meter lang, 210 Meter breit und 107 Meter hoch) wurde zu einem tropischen Badeparadies umgebaut. Ähnliche Luftschiff-Projekte blieben bereits im Ideen- oder Projektstadium stecken.

Nun wagt die kalifornische Firma H₂ Clipper einen neuen Vorstoß. Jüngere technische Entwicklungen des 21. Jahrhunderts in den Bereichen Material, Konstruktion und Digitalisierung sollen laut Unternehmensaussagen einen effizienten und vor allem sicheren Betrieb ermöglichen. Die Forschungs- und Konzeptionsphase des H₂ Clipper sei abgeschlossen.

Wasserstoff im Fokus

Wie der Name es andeutet, steht der Nutzen von Wasserstoff im Zentrum der Idee. Der H₂ Clipper soll nicht nur mittels Brennstoffzelle mit grünem Wasserstoff angetrieben werden, er könnte auch eine wichtige Rolle beim Transport von grünem Wasserstoff übernehmen. Und das mit einer Reisegeschwindigkeit von bis zu 280 km/h rund zehnmal schneller als ein Schiff. Dank Wasserstoff punktet der H₂ Clipper gegenüber den Transportalternativen Schiff, Flugzeug und Lkw auch durch seinen CO₂-freien Antrieb – ein Trumpf, der beispielsweise beim CargoLifter noch nicht so gestochen hat.



Die maximale Reichweite des Luftfrachters wird mit 9.650 Kilometern angegeben. Er kann in seinem 7.530 Kubikmeter großen Laderaum (acht bis zehn Mal mehr als in einem klassischen Fracht-Jet) Lasten von bis zu 150 Tonnen transportieren. Die Frachtkosten von 0,177 bis 0,247 US-Dollar pro Tonnenmeile liegen bei einem Viertel im Vergleich zur klassischen Luftfracht, aber über denen von Lkw (0,12) Bahn (0,04) und Seeweg (0,01).

Ob all diese Eckdaten und die weiteren Rahmenbedingungen reichen, die Idee vom Luftschiff wieder in den Himmel aufsteigen zu lassen, wird sich zeigen müssen.

Fährfahrten mit dem Luftschiff



Das britische Unternehmen Hybrid Air Vehicles (HAV) will **spätestens ab 2025 Passagierluftschiffe vom Typ „Airlander 10“ produzieren**. Zunächst fünf Routen sollen mit diesen fliegenden Schnellfähren bedient werden: Barcelona–Palma de Mallorca (4,5 Stunden Reisezeit), Oslo–Stockholm (6,5), Liverpool–Belfast (5,5) und Seattle–Vancouver (4). Das schwedische Luxusreiseunternehmen Ocean Sky Cruises plant mit dem „Airlander 10“ Luftkreuzfahrten über dem Nordpol. 100 Menschen sollen bequem Platz an Bord finden und eine prachtvolle Aussicht genießen. Als Antrieb offeriert HAV drei Alternativen: einen klassischen Verbrennungsmotor, ein Hybrid-system und eine rein elektrische Variante. Bereits der Verbrenner soll im Vergleich zum Flugzeug 75 Prozent weniger CO₂ emittieren.



Reisen mit bester Aussicht: das Passagierabteil des „Airlander 10“

Think Green

Früher haben Pioniere die Welt entdeckt, heute sind Pioniertaten gefordert, um die Welt zu schützen.



Volt ahoi!

Kohle, Öl, Gas: Fossile Brennstoffe werden kubiktonnenweise über die Weltmeere transportiert. Aber Strom? Die Firma PowerX will genau dies machen und **hat den ersten Batterietanker in Auftrag gegeben**. Geplante Indienststellung: 2025. Der 100 Meter lange Trimaran Power ARK 100 soll mit seinem E-Antrieb 300 Kilometer weit kommen. Für größere Entfernungen ist auch eine Hybrid-Variante mit zusätzlichem Biodiesel-Antrieb in Planung. Als Speicher für den Transportstrom dienen 100 gekoppelte Batterien mit einer Kapazität von 220 MWh, was laut PowerX ausreicht, um **etwa 22.000 Haushalte einen Tag lang mit Strom zu versorgen**. Es gibt Pläne für größere Versionen (150 Meter und 220 Meter) und sogar für eine eigene Batteriefabrik, um die Schiffe mit den nötigen Speicherzellen zu bestücken. Eingesetzt werden sollen die Batterietanker, um Strom vom weit im Meer schwimmenden Windturbinen (siehe auch Seite 46) an Land zu transportieren. Bei solchen Anlagen, die in Ländern mit steil abfallenden Küsten wie Norwegen und Japan Offshore-Windparks erst möglich machen, sei der Stromtransport per Batterieschiff laut PowerX **kostengünstiger und umweltverträglicher als das Verlegen eines Unterseekabels**.



7,5 cm

sind die Stahlwände der „Earth's Black Box“ dick. Das **wissenschaftliche Mahnmal** auf der australischen Insel Tasmanien (Fertigstellung Anfang 2022) soll wie die Black Box eines Flugzeuges Daten aufzeichnen, um nachzuweisen, was zum Absturz geführt hat – aber eben nicht bei einem Flieger, sondern bei unserem Planeten. Hoffentlich wird dieser Nachweis nie gebraucht ...

Quelle: earthsblackbox.com

„Wer ins kalte Wasser springt, taucht in ein Meer aus Möglichkeiten“

Finnisches Sprichwort

H₂Ozean

Kann man aus Meerwasser grünen Wasserstoff gewinnen? Genau das wollte das Projekt SEA2H2, an dem sich das seit Sommer 2021 zu Schaeffler gehörende niederländische Start-up Hydron Energy B.V. beteiligt hat, herausfinden. Die Antwort lautet: Ja! **Allerdings setzen die Elektrolyseure, die Wasser in Sauer- und Wasserstoff aufspalten, hochreine Flüssigkeiten voraus.** Meerwasser muss daher nicht nur entsalzt, sondern auch aufwendig gereinigt und gefiltert werden. Das kostet viel Energie, diese gewinnt die vom Schaeffler-Start-up entwickelte Aufbereitung auch aus der Abwärme des Elektrolyse-Prozesses. **Die Funktionsfähigkeit seiner Wasseraufbereitung hat Hydron bereits in einer Testanlage nachgewiesen.** Nun sollen die Komponenten für Einsätze in industriellem Maßstab optimiert werden. Langfristiges Ziel ist es, mit dieser Technologie grünen Wasserstoff mit Energie aus Offshore-Windparks zu erzeugen und über Pipelines an Land zu befördern.



Die Pilotanlage zur Herstellung von Wasserstoff aus Meerwasser auf der niederländischen Insel Texel. In ähnlicher Bauweise könnte diese in wenigen Jahren in Offshore-Windparks zum Einsatz kommen

Rauch ohne Reue

Am Anfang war das Feuer – und dann kam der Feinstaub ... Holzrauch enthält winzige gesundheitsgefährdende Partikel. Finnische Forschende haben jetzt ein Gerät entwickelt, das Kaminabende ohne schlechtes Gewissen ermöglicht. **Der Hochtemperatur-Rußabscheider (HiTESC)**, der inzwischen vom finnischen Start-up Noeton weiterentwickelt und bis Ende 2022 auf den Markt gebracht werden soll, besteht aus einer Hochspannungselektrode, die ein elektrisches Feld erzeugt. **Die Partikel setzen sich auf der Oberfläche der in der Brennkammer des Holzofens installierten Elektrode ab**, wo sie dann bei hohen Temperaturen oxidieren und damit unschädlich gemacht werden. Betrieben wird das Gerät über eine 230-Volt-Steckdose, der Stromverbrauch soll laut Hersteller bei überschaubaren 10 bis 20 Watt liegen.



Wind trifft Wand

Windenergiegewinnung neu gedacht: Statt auf immer größere Rotoren setzt die norwegische Firma Wind Catching Systems auf viele kleine. Das Pionier-Projekt ist eine Eiffelturm-hohe Wand mit 126 kleinen 1-MW-Turbinen, die draußen vom Meer genug Strom für 80.000 Haushalte liefern soll.



Die mit 15 MW Leistung stärkste und mit 280 Metern höchste Windkraftanlage der Welt ist aktuell das Modell V236-15.0 MW des dänischen Branchenprimus Vestas. Ein Flügel misst gigantische 115 Meter.

Ein Wind Catcher kann in etwa die gleiche Menge an Strom erzeugen wie fünf konventionelle 15-MW-Turbinen. Die Jahresleistung gibt der Hersteller je nach Standort zwischen 330 und 410 Gigawattstunden an.

Von Volker Paulun

Der Hunger nach günstigem grünen Strom ist groß. Von privaten Haushalten ebenso wie seitens der Industrie. Ein einziges gigantisches Chemie- oder Stahlwerk benötigt fast so viel Strom, wie ein ganzer Offshore-Windpark liefert. Geeignete Flächen in seichten Küstengewässern wie beispielsweise in der Nord- und Ostsee, auf denen sich solche Windparks pflanzen lassen, sind jedoch rar in unseren Weltmeeren. Aber nicht nur deswegen ist es sinnvoll, Windparks weit draußen aufs offene Meer zu bringen, wie es die Norweger mit ihrem vertikalen Windpark vorhaben. Sondern auch, weil dort draußen der Wind kräftiger bläst – entsprechend größer ist die Stromausbeute.

Laut Wind Catching Systems bietet ihre 324 Meter hohe Turbinen-Wand weitere Vorteile:

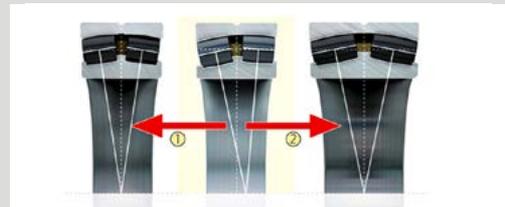
- Die Flächennutzung ist 80 Prozent geringer als bei konventionellen Offshore-Parks.
- Die Anlagen können auf oder am Land produziert werden und wie eine Bohrinselfertigstellung zum Einsatzort geschleppt werden.
- Eine große Menge kleinerer Rotoren lässt sich billiger produzieren und warten als eine Riesenanlage. Ein aufzugbasiertes Turbineninstallationssystem vereinfacht die Wartung zusätzlich, sodass keine speziellen Schiffe oder Krane benötigt werden.
- Kleine Rotoren verschleifen weniger als große. Der Hersteller spricht von einer Lebensdauer von 50 Jahren, herkömmliche Großwindanlagen sind auf 20 bis 30 Jahre ausgelegt.
- Die kleinen Rotoren können auch bei extrem starken Winden eingesetzt werden und brauchen keine aufwendigen Klappmechanismen.
- Insgesamt 80 Prozent höhere Effizienz als konventionelle Offshore-Anlagen.

All das soll es Offshore-Windkraftbetreibern ermöglichen, Strom zu einem Preis zu produzieren, der ohne Subventionen mit anderen Energiequellen konkurrieren kann. Die erste Inbetriebnahme eines Wind Catchers ist für 2024 anvisiert.

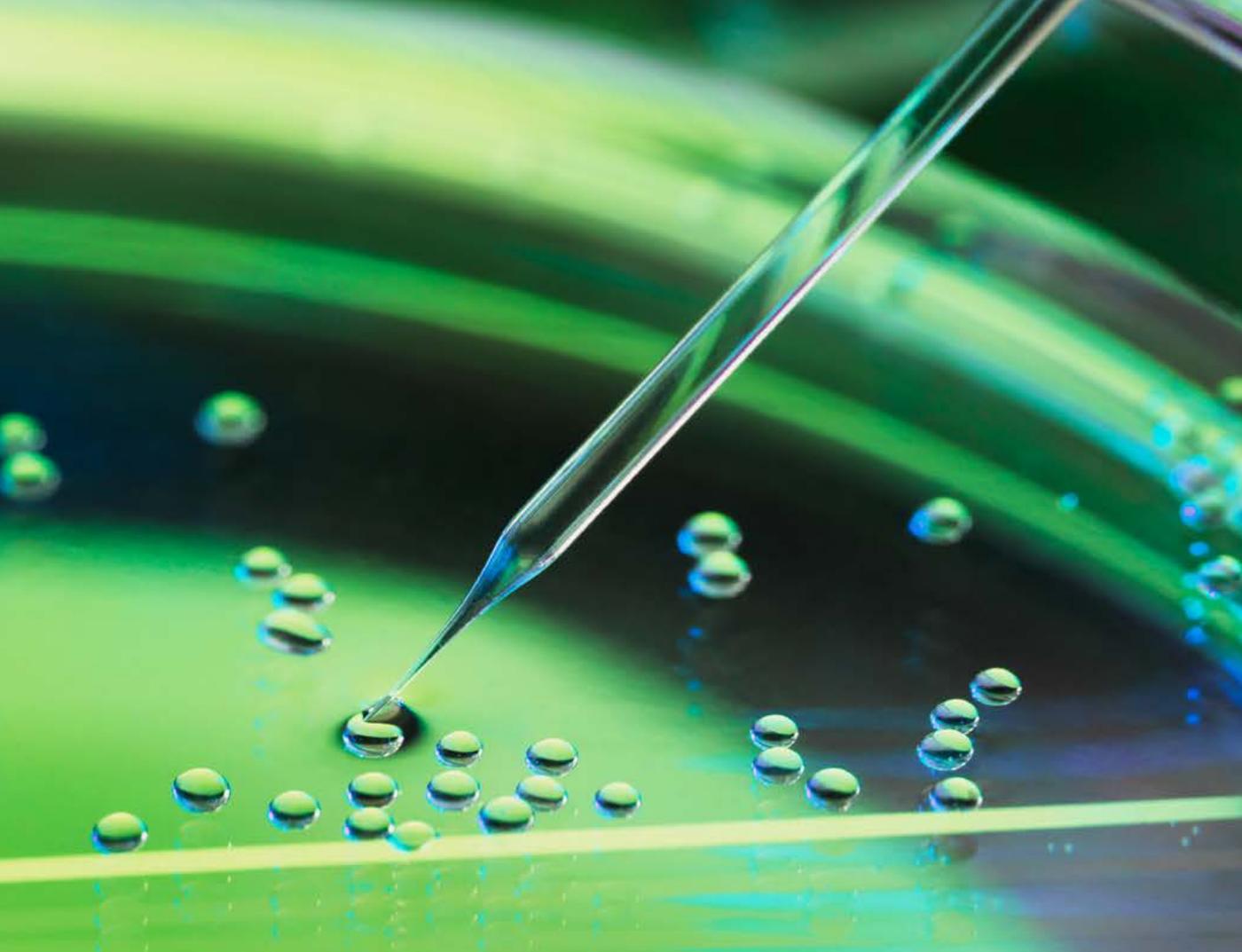
Gleicher Wind, mehr Strom



Das Hauptlager ist eine zentrale Komponente im Antriebsstrang einer Windkraftanlage. Es stützt nicht nur die Welle, die das Drehmoment von den Rotorblättern zum Getriebe überträgt – **es ist zudem allen Lasten ausgesetzt, die auf die Rotornabe wirken.** Die hohen Axialkräfte führen bei herkömmlichen, symmetrischen Pendelrollenlagern zu einer ungleichen internen Lastverteilung zwischen den beiden Rollenreihen und infolgedessen zu reduzierter Leistung, hohem Verschleiß und verkürzter Nutzungsdauer. Die zentrale Bedeutung dieses Bauteils hat Schaeffler motiviert, das Design seiner dort eingesetzten Pendelrollenlager zu optimieren. Das Ergebnis? **Die Entwicklung des asymmetrischen Pendelrollenlagers.** Dessen Vorteile: bessere Verteilung der hohen Axiallasten, 50 Prozent höhere axiale Steifigkeit, reduzierte Pressung und Axialverschiebung, weniger Reibung, Verschleiß und Beschädigung. Dank kompatibler Einbaumaße können Betreiber von Windkraftanlagen ohne großen Aufwand herkömmliche gegen asymmetrische Pendelrollenlager ersetzen.



Ersetzen Anlagenbetreiber ihre symmetrischen Lager (1) durch gleich große asymmetrische Lager (Mitte), steigern sie die Leistung ihrer Anlagen. Oder Hersteller ersetzen ihre bisher verbauten Lager (2) durch kleinere asymmetrische Lager ohne Leistungseinbußen, sparen aber Bauraum



Auf dem Weg zur Bioökonomie

Mikroorganismen als Turbo-Recycler, Muscheln als Innovationsvorbilder oder künstliche Muskeln als Akteure: Mit wissenschaftlichem Pioniergeist rüstet sich die Biotechnologie für den Kampf gegen den Klimawandel.

Von Volker Paulun

Hektisch bewegen sich die Zellklumpen in der Petrischale. Es sind sogenannte Xenobots, künstlich erschaffen aus Gewebe- und Stammzellen des namensgebenden Frosches *Xenopus laevis*. Die Mikroorganismen erinnern mit ihrer c-förmigen Gestalt an die Computerspiel-Figur Pac-Man. Angetrieben wird der Winzling durch hauchzarte Flimmerhärchen, die den Xenobots ebenfalls durch Zellmanipulation implementiert wurden. Bei ihrer scheinbar chaotischen Fahrt sammeln die Mikroorganismen Stammzellen ein, die aussehen wie Sandkörner auf einer Glasscheibe. Schnell formen sich vor ihren „Mündern“ Zellklumpen, die immer mehr aussehen wie die Ursprungsorganismen selbst. Die Xenobots sind dabei, sich selbst zu duplizieren. Es ist bereits ihre dritte Evolutionstufe: Zuvor hatten sie schon gelernt, sich zu bewegen und sich selbst zu reparieren.

Erschaffen wurden die Xenobots von einem Team aus Biologen der Tufts Universität in Boston (USA) und Informatikern der University of Vermont (UVM). Eine biotechnologische Kooperation, die gerade erst am Anfang steht. „Wir wollen, dass die Xenobots nützliche Arbeit leisten. Im Moment geben wir ihnen noch einfache Aufgaben, aber letztlich streben wir eine neue Art von lebendem Werkzeug an, das zum Beispiel Mikroplastik im Meer oder Schadstoffe im Boden beseitigen könnte“, sagt UVM-Robotikexperte Josh Bongard. Auch sollen Xenobots in absehbarer Zukunft helfen, Medikamente direkt an die Körperstellen zu transportieren, wo sie am wirksamsten sind, oder bei der Entdeckung und Behandlung von Krankheiten helfen.

Die Xenobots sind ein gutes Beispiel visionärer Biotechnologie – aber bei Weitem nicht das einzige. „Die Biologisierung der Industrie kann zu ebensolchen Fortschritten führen wie die Digitalisierung“, ist sich der Leiter für Zentrale Forschung und Innovation bei Schaeffler, Prof. Dr.-Ing. Tim Hosenfeldt, sicher.

Schon da Vinci nutzte Biotechnologie

Hört sich Biotechnologie auch nach Science-Fiction an, so nutzt sie der Mensch schon lange in Produktionsprozessen. Ein jahrtausendealtes Beispiel ist der Einsatz von Hefen in der Brot-, Bier- und Weinproduktion. Heute sprechen Experten bei

der Einbindung aktiver biologischer Komponenten in technische Prozesse und Produkte von Bio-Integration oder auch vielfach von „weißer Biotechnologie“.

Ein zweiter Bereich der Biotechnologie ist die Bio-Inspiration oder auch Bionik, also das Kopieren natürlicher Eigenschaften für technische Produkte und Prozesse. Als erster Bioniker gilt – man hätte es sich fast denken können – Leonardo da Vinci (1452–1519). Das Universalgenie konstruierte nach einem ausführlichen Studium des Vogelfluges Fluggeräte, Hubschrauber und Fallschirme. Farmer Michael Kelly wollte sein Vieh im Zaum

Bio-Integration – das perfekte Bioplastik?

Forschende der Universität Tübingen haben den Stoffwechselweg spezieller Cyanobakterien, gemeinhin als Blaualge bekannt, so verändert, dass diese große Mengen des natürlichen Bioplastiks Polyhydroxybutyrat (PHB) herstellen. **Über 80 Prozent des Zellgewichts einer gen-manipulierten Blaualge besteht aus PHB-Plastik.** PHB hat den großen Vorteil, dass es nicht nur aus nachwachsenden Rohstoffen oder biogenen Reststoffen hergestellt wird, sondern auch natürlich abgebaut werden kann – und zwar durch Bakterien, Pilze oder Algen, die gegebenenfalls auch entsprechend modifiziert werden. Die Tübinger wollen den Einsatz der Bakterien nun weiter optimieren und so weit skalieren, dass ein **großtechnischer Einsatz der bakteriellen Bioplastik-Fabriken möglich wird.**





Biomasse – Multitalent Qualle

Das 2021 abgeschlossene europäische Forschungsprojekt GoJelly hat Möglichkeiten aufgezeigt, Quallen nachhaltig zu nutzen.

Die glitschigen Tiere liefern Milliarden von Tonnen Biomasse. Eine mögliche Nutzung: aus Quallen Biofilter herstellen, die in Klärwerken oder in Fabriken Mikroplastik herausfiltern. Ebenfalls könnte man Quallen in der Landwirtschaft als Dünger oder für die Bodenwasserspeicherung nutzen. Quallen könnten auch in deutlich größerem Maße als heute schon in einigen Regionen üblich in die Speisepläne aufgenommen werden. **Rund 30 Arten sind zum Verzehr geeignet.**



Biomasse – Strom speichern mit Holzbestandteilen

Rund 50 Mio. Tonnen des Holzbestandteils Lignin fallen jährlich weltweit als Abfallprodukt der Papierindustrie an – ein echter Nachhaltigkeits-Schatz. Das harzartige Polymer kann anstelle von erdölbasiertem Material zur Produktion von Kunststoffen, Medikamenten und Farben genutzt werden. Aber man kann Lignin auch einsetzen, um **biobasierte organische Elektrolyte für sogenannte Redox-Flow-Speicher herzustellen.** Schaeffler unterstützt das Start-up CMBlu bei der Entwicklung und Industrialisierung einer solchen „Organic-Flow-Batterie“. Diese sind bis in den Gigawattstunden-Bereich skalierbar und können als Ökostrom-Zwischenspeicher oder Lastspitzenkapper zu einem wichtigen Baustein der Energiewende werden. Organische Moleküle aus Lignin werden dabei genutzt, um Energie über einen Ionenfluss chemisch zu speichern und wieder abzurufen. **Der Prozess ist langzeitstabil reversibel.**

halten und kopierte einen Dornenstrauch. Seinen Stacheldraht meldete er 1868 zum Patent an. Auch das ein frühes Bionik-Beispiel. Der 1959 vorgestellte erste Industrieroboter namens Unimate hatte eine unübersehbare Ähnlichkeit mit einem menschlichen Arm und war ebenso multifunktional einsetzbar. Bis heute folgen Knickarmroboter diesem bionischen Konstruktionsprinzip. In der Oberflächentechnik ist der Lotus-Effekt eine bekannte Bionik-Anwendung. Die komplexe mikro- und nanoskopische Architektur der Blattoberfläche der Lotuspflanze lässt Flüssigkeiten und Schmutzpartikel abperlen und wurde für Produkte und Anwendungen tausendfach kopiert.

Als dritter wichtiger und jüngster Bereich der Biotechnologie gilt die Biointelligenz. In diesem Feld finden Technik, Biologie und Informationstechnik zueinander. Biologische Elemente lassen sich dabei durch Datenverarbeitungssysteme regeln bzw. steuern und in ein technisches System integrieren. Populäres Beispiel: Schaltungen per Fingerabdruck- sowie Netzhaut-Scan oder die Sprachsteuerung künstlicher Intelligenzen wie Siri oder Alexa. Aber auch die oben beschriebenen Xenobots sind eine biointelligente Anwendung.

Schlüsseltechnologien gegen Klimawandel und Ressourcenverbrauch

„Die Natur ist die höchste Form der Selbstorganisation, über Jahrmillionen der Evolution optimiert. Es wäre grob fahrlässig, wenn wir dieses Potenzial nicht ausschöpfen würden, um die

anstehenden Herausforderungen des Klimawandels, des Bevölkerungswachstums und des Ressourcenverbrauchs zu meistern“, mahnt Schaefflers Forschungsleiter Tim Hosenfeldt. Überall auf der Welt wird daran geforscht, genau dieses zu tun: die Natur effizienter in Produktionskreisläufen und Wertschöpfungsketten zu integrieren – von der Materialgewinnung bis zur Zersetzung.

Global im Fokus stehen dabei Mikroorganismen und ihre Enzyme, jene komplexen Eiweißmoleküle, die in allen Lebensformen biochemische Reaktionen beschleunigen. Die Fortschritte in der Gentechnik eröffnen Forschenden in der Bio-Integration immer neue Möglichkeiten, mikrobiologische Prozessketten aufzusetzen. Eine Schlüsselfunktion hat dabei der enzymbasierte Stoffwechsel der Mikroorganismen. Und passt dieser nicht (was selten der Fall ist), wird er passend gemacht: Mit zielgerichteten Veränderungen der DNA („Genom Editing“) werden die Stoffwechsel der Mikroorganismen beeinflusst oder neu gestaltet („Metabolic Engineering“).

In den Laboren der Welt werden Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze und Algen entwickelt, die Kunststoffe in Böden und Gewässern zersetzen oder in andere Recycling-Prozesse eingebunden werden können – bis hin zu radioaktiven oder toxischen Stoffen. Ebenso wichtig sind „produzierende“ Organismen, die helfen Lebensmittel, Medikamente, Pestizide, Chemikalien, Werkstoffe oder auch Biotreibstoffe- und -gase herzustellen (siehe auch nebenstehende Beispiele).

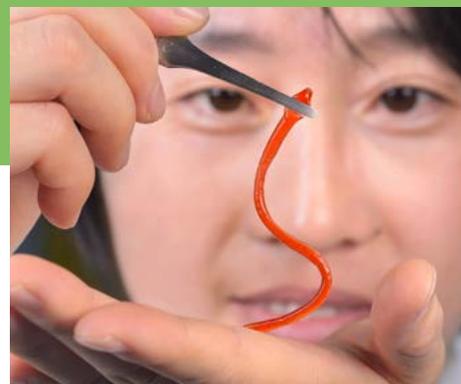
Solche mikrobiologischen Prozesse haben einen weiteren Vorteil: Während konventionelle chemische Prozesse viel Energie und teilweise toxische Lösungsmittel benötigen, lassen sich Produkte mit Mikroorganismen bei mildereren und energieeffizienteren Bedingungen produzieren – schließlich wachsen die Mikroben in umweltfreundlicheren wässrigen Lösungen.

Transformation zur Bioökonomie

Der Handlungsdruck auf die Industrie, neue Prozesse durch Mikroorganismen zu etablieren, nimmt zu. Das sieht auch Schaeffler-Experte Hosenfeldt so: „Gesellschaft und Staat fordern Nachhaltigkeit ein. Die passende Antwort darauf ist eine Bioökonomie, die entlang der Wertschöpfungsketten von

Bionik – Selbstschmierung wie beim Regenwurm

Die schmutzabweisende, gleitfördernde Schmierschicht des Regenwurms hat Forschende des Leibniz-Instituts in Saarbrücken zur Entwicklung eines **Kunststoffes animiert, der sich selbst mit Schmiermittel versorgt**. Das Material besteht aus einem weichen Kunststoff, in dessen Innerem sich Tröpfchen aus Silikonöl als Schmiermittel befinden. „Wenn wir Druck auf das Material geben, verändern die Tröpfchen ihre Form und wandern an die Oberfläche. Das **Silikonöl verteilt sich dann gleichmäßig auf der Oberfläche** zu einer wasser- und schmutzabweisenden Gleitschicht“, erklärt Jiaxi Cui, Leiter der Forschungsgruppe Schaltbare Mikrofluidik des Instituts. Verringert sich der Druck, bilden sich auch die Tröpfchen zurück. Die Wissenschaftler können sich zahlreiche Anwendungen in der Industrie und Biomedizin für das neue Material vorstellen.



Produkten, Verfahren und Dienstleistungen auf nachwachsenden anstatt auf fossilen Rohstoffen basiert. Die Bio-Integration in Prozesse und Produkte prosperiert dank Fortschritten in der Gentechnik und ist weithin akzeptiert. Viele Akteure arbeiten Hand in Hand und sind marktgetrieben. Das wirkt sich ebenfalls beschleunigend aus.“

Auch die Hochschulen haben längst auf den Trend reagiert und bieten Studiengänge wie Konstruktionsbionik, Bioökonomie oder industrielle Biotechnologie an.

118 %

höher als vor 30 Jahren ist **der globale Ressourcenverbrauch**. Bis 2050 ist im Zuge des Bevölkerungswachstums auf weltweit rund 10 Mrd. Menschen mit einer weiteren Verdopplung zu rechnen.

Quelle: Fraunhofer Institut

99,9999 %

der bekannten Bakterien sind für den Menschen und die Erde nützlich. **Nur rund 600 Bakterien (<0,0001 Prozent) verursachen Krankheiten** beim Menschen.

Quelle: Leibniz Institut

ca. 8 %

der gesamten **fossilen Öle werden für die Herstellung von Polymeren** verwendet. Man geht davon aus, dass diese Zahl bis 2050 auf 20% ansteigen könnte.

Quelle: biomarketinsights.com

Will eine solche Bioökonomie Basis für eine nachhaltige industrielle Wertschöpfung sein, muss sie auch die Herausforderung meistern, die benötigte Biomasse-Produktion für energetische und industrielle Zwecke so auszuweiten, dass weder Nahrungs- und Futtermittelproduktion eingeschränkt noch Naturräume zerstört werden. Hier kann die Biotechnologie ebenfalls entscheidende Beiträge leisten: indem sie hilft, nicht essbare Pflanzen und Pflanzenteile zu verwerten und minderwertige Anbauflächen zu optimieren. Auch bei einer weiteren Herausforderung sind biotechnologische Innovationen gefragt: Damit die nachwachsenden Ressourcen in sogenannten Bio-Raffinerien im industriellen Maßstab und wirtschaftlich tragfähig zu einer Vielzahl von Vor- und Zwischenprodukten weiterverarbeitet werden können, müssen hocheffizient arbeitende Enzyme und Mikroorganismen in großen Mengen zu einem geringen Preis zur Verfügung stehen.

Selbst das Klimagas Kohlendioxid kann sich in einer solchen Bioökonomie als Rohstoff in eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft einbringen. Die Initiative CO₂EXIDE entwickelt aktuell einen elektro-chemischen-Prozess, in dem CO₂, das der Atmosphäre entzogen wurde, genutzt wird, um Ethylenoxid zu produzieren. Dieses ist wiederum ein Vorprodukt zur Herstellung von Polyestern und



Bio-Integration – Lacke aus Pflanzenstärke

Immer mehr Beschichtungen und Lacke werden mit nachhaltigen Naturprodukten statt auf Rohölbasis hergestellt. Besonders beliebt: modifizierte Kartoffelstärke, die als Abfallprodukt aus der Nahrungsmittelproduktion gewonnen wird. **Innenraumfarben auf Kartoffelstärkebasis sind bereits im Handel, weitere Einsatzbereiche für innen und außen sollen folgen.** Besonders spektakulär ist ein selbsteheilender Schutzlack auf Maisstärkebasis, den Forschende am Leibniz-Institut für Neue Materialien entwickeln. **Er lässt oberflächliche Mikrokratzer unter Wärmeeinwirkung innerhalb weniger Minuten komplett verschwinden.** Für die dafür notwendige Struktur der Lacke fädelten die Wissenschaftler ringförmige Abkömmlinge der Maisstärke, sogenannte Cyclodextrine, auf eine Schnur aus langkettigen Kunststoffmolekülen auf. Über eine chemische Reaktion werden die Perlenketten zu einem elastischen Netz verknüpft. Bei Wärmeeinwirkung wandern die Cyclodextrin-Perlen entlang der Kunststoffäden in den Kratzer zurück und füllen so die entstandene Lücke wieder auf.

Polyamiden. Die so entstehenden Kunststoffe hätten dann bei Nutzung regenerativer Energie einen negativen CO₂-Fußabdruck. Schaeffler unterstützt das von der EU geförderte Projekt mit seinen Kompetenzen bei nanostrukturierten Beschichtungen für die Entwicklung von Katalysatoren.

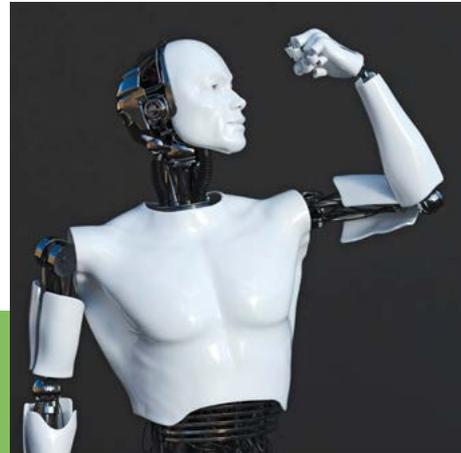
Wobei der CO₂-Fußabdruck nur ein Baustein einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft ist. Mindestens genauso wichtig ist die Frage, was mit den Produkten am Ende der Nutzung passiert. Beispielsweise lassen sich die meisten biobasierten Kunststoffe aktuell genauso wenig kompostieren wie die auf Rohöl basierenden Gegenstücke. Und auch bei der Wiederverwendung sieht es nicht besser aus. Daher besteht bei solchen „End-of-life“-Betrachtungen ebenfalls noch biotechnologischer Handlungsbedarf.

Die Natur kopieren

Dass die Grenzen zwischen den Bereichen der Biotechnologie durchlässig sind, zeigt ein Bionik-Forschungsprojekt des Exzellenz-Clusters UniCat in Berlin. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollten den Proteinklebstoff der Miesmuscheln kopieren, der zu den stärksten natürlichen Haftmitteln zählt. Dies ist ihnen gelungen – mit einem bio-integrativen Prozess. „Um diese Muschelproteine herzustellen, benutzen wir Darmbakterien, die wir umprogrammiert haben“, erläutert der beteiligte Prof. Nediljko Budisa. „Sie sind unsere Chemiefabrik, mit der wir den Superleim produzieren.“ Der durch Licht aktivierte Proteinklebstoff könnte beispielsweise genutzt werden, um gebrochene Knochen oder Zähne zu fixieren – eine Option, auf die viele Mediziner warten.

Die Natur bietet ein Füllhorn an genialen Funktionalitäten, die es zu kopieren lohnt. Seien es Fischkiemen als Mikroplastikfilter, Schwimmlarven als Vorbilder für reibungsreduzierte Oberflächen, Bambus als hoch belastbarer Leichtbau-Champion oder der gute, alte Klettverschluss, der das Verhakungsprinzip der Klette übernommen hat (siehe ebenfalls nebenstehend weitere Beispiele).

„Bei vielen Aufgaben oder Problemstellungen, mit denen wir heute konfrontiert werden, lohnt sich der Blick in die Natur. Oft hat diese schon etwas entwickelt, das sich evolutionär durchgesetzt hat und das wir adaptieren können“, sagt Prof. Dr.-Ing.



Bionik – künstliche Muskeln

Klassische Aktoren wie hydraulische oder motorische Systeme stoßen bei einigen Anwendungen wegen ihres Gewichts oder ihrer langsamen Reaktionszeiten an ihre Grenzen. **Künstliche Muskeln könnten hier zu einer leistungsfähigen Alternative werden.** Forschende am Massachusetts-Institut für Technologie in Cambridge haben einen solchen Muskel entwickelt. Sie verwoben dafür zwei unterschiedliche Polymere zu einem Faserstrang. Die beiden Materialien dehnen sich bei Erwärmung unterschiedlich schnell aus, der Faserstrang wickelt sich spiralförmig auf und verkürzt sich. Durch diese Bewegung kann der künstliche Muskel mehr als das 650-fache seines Eigengewichts heben. Durch Bündelung mehrerer solcher Stränge kann ein echtes Kraftpaket entstehen, einsetzbar beispielsweise als Aktor in der Robotik, aber auch in der Medizin. Forschende der Johannes Kepler Universität in Österreich haben einen ringförmigen Polymermuskel entwickelt, der sich mit elektrischen Impulsen kontrahieren lässt. Mit ihm lässt sich die Brennweite einer Elastomer-Linse innerhalb von 260 ms zwischen 22 und 550 mm variieren – das entspricht der Fokussiergeschwindigkeit des menschlichen Auges. **Einsatzgebiete könnten Handkamas oder auch Roboteraugen sein.**



Bio-Intelligenz – Bissen mit Bits und Bytes

Gerade hinsichtlich der rasant wachsenden Weltbevölkerung setzen Wissenschaftler ebenfalls große Hoffnungen auf bio-intelligente Anwendungen in der Produktion von Nahrungsmitteln, angefangen von Smart-Farming-Lösungen, die dank KI-gesteuerter Datenanalyse Erntemengen erhöhen und gleichzeitig den Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden sowie den Wasserverbrauch senken, **bis hin zu der künstlichen Herstellung von Fleisch**. Utopie? Eher nicht. Das kalifornische Unternehmen Memphis Meats will in den kommenden Jahren Fleisch auf den Markt bringen, das im Labor aus tierischen Zellen kultiviert wird. Einer der Finanziers im Hintergrund ist Microsoft-Gründer Bill Gates. Einen anderen Weg geht das israelische Start-up Redefine Meat, das bereits Restaurants rund um den Globus mit veganem „Fleisch“ aus dem 3D-Drucker beliefert. **Die Maschinen sollen bis zu 50 „Steaks“ pro Stunde drucken können**, die sich auch dank der additiven Fertigung weder geschmacklich noch in der Konsistenz von echtem Fleisch unterscheiden sollen.

Tim Hosenfeldt. „Es ist sehr spannend zu beobachten, wie sich die Natur optimal an die Gegebenheiten und Anforderungen ihrer Umwelt anpasst. Dabei setzt sie sehr ressourceneffizient die zur Verfügung stehende Energie ein.“

Stichwort Ressourceneffizienz. Hosenfeldt nennt ein Beispiel aus der Schaeffler-Praxis: „Durch bionische Optimierung des Gehäusedesigns konnten wir die Masse eines Radlagers um 30 Prozent bei identischer Traglast reduzieren.“ Das von der Natur übernommene Prinzip des gezielten Weglassens schont nicht nur Ressourcen bei der Produktion, sondern auch bei der Nutzung. Entworfen wurde das bionische Bauteil mithilfe künstlicher Intelligenz. Es flossen also Technik, Biologie und Informationstechnik mit ein – womit wir bei der Biointelligenz angekommen sind.

Der Traum von selbstheilenden Materialien

Die Interaktion von Soft-, Hard- und Bioware stößt die Tür zu vielen neuen Anwendungsgebieten auf. Sie reichen von Datenspeichern auf DNA-Basis über Bio-Printing von Gewebe und Bio-Sensoren bis zu selbstheilenden Maschinen. Viele der Anwendungen befinden sich noch im Versuchsstadium. Zum Beispiel die Speicher auf DNA-Basis. Dort werden die Informationen nicht als aneinandergereihte Einsen und Nullen abgelegt, sondern in Form von DNA-Datensträngen, die aus den Bio-Grundbausteinen Guanin (G), Thymin (T), Cytosin (C) und Adenin (A) gebildet werden. Da diese DNA-Speicherstränge sehr verletzlich sind, brauchen sie eine Schutzhülle. Die Chemieingenieure Robert Grass und Wendelin Stark von der ETH Zürich haben eine solche aus Glasparkeln entwickelt und wurden dafür mit dem Europäischen Erfinderepreis 2021 ausgezeichnet. Grass schätzt, dass in einem Gramm von Glas ummantelter DNA rund ein Exabyte Daten gespeichert werden, umgerechnet eine Million Terabyte. Wenn diese biointelligente Speichermöglichkeit zukünftig massenkompatibel einsetzbar sein wird, wären energieeffiziente Serverfarmen Geschichte.

Und wie realistisch sind selbstreparierende Maschinen? Programmierbare „lebende Materialien“ ähnlich den anfangs vorgestellten Xenobots könnten hier (aber auch bei vielen medizinischen Anwendungen) ein Schlüssel sein. „Im Gegensatz zu

Bio-Intelligenz – Computer, die wie Gehirne denken

Aktuelle Computer schieben permanent Daten zwischen Prozessoren und Speichern hin und her. Das verschlingt viel Zeit und Energie. **Die in der Entwicklung befindlichen neuromorphen Rechner arbeiten anders.** Deren Chips sind wie das menschliche Gehirn strukturiert und verfügen über hochgradig vernetzte künstliche Neuronen und Synapsen, die Daten hochparallel bearbeiten und speichern können. Und was noch wichtiger ist: Neuromorphe Computer nutzen die Daten



auch, um sich selbstständig weiterzuentwickeln und Probleme zu lösen, für die sie nicht eigens programmiert worden sind. Ein Blick auf den neuromorphen Chip „Loihi“ von Intel zeigt das Potenzial auf: **Er ist schon jetzt 1.000-mal schneller und 10.000-mal effizienter als aktuelle Mikrochips mit konventioneller Architektur.** Mit solchen Rechnern kann künstliche Intelligenz einen bedeutenden evolutionären Schritt machen – sei es beim Navigieren autonomer Fahrzeuge im Verkehrsgewühl, bei der Mensch-Maschine-Koordinationen in den Fabriken von morgen oder in der Humanmedizin als Ersatz menschlicher neuronaler Systeme wie Sehen oder Hören. **Bis es so weit ist, kann es allerdings noch etwas dauern:** Im Jahr 2020 verbanden Computerwissenschaftler 768 Loihi-Chips zu einem neuromorphen System. Dessen 100 Millionen künstliche Neuronen ermöglichten in etwa die Rechenleistung eines Mäusegehirns. Zum Vergleich: Das menschliche Gehirn enthält fast 90 Milliarden Neuronen, die über Billionen von Synapsen miteinander verbunden sind.

Materialien, die wir im Labor synthetisieren, hätten lebende Materialien die Fähigkeit zur Selbstheilung, zur Anpassung an die Umgebung und sogar zur Verbesserung ihrer Leistung während der Nutzung“, erläutert Professorin Aránzazu del Campo, wissenschaftliche Geschäftsführerin am Leibniz-Institut für Neue Materialien.

Wie in vielen Bereichen der Biotechnologie ist der Weg noch lang bis ins Ziel. Aber ihn zu gehen ist angesichts der zu meistern den Herausforderungen durch den Klimawandel und das Bevölkerungswachstum unumgänglich. Die Natur zu nutzen, um sie zu schützen, ist dabei nur logisch. Oder wie es schon Charles Darwin ausdrückte: „Alles, was gegen die Natur ist, hat auf die Dauer keinen Bestand.“



„Die Interaktion von Soft-, Hard- und Bioware ermöglicht eine nachhaltige industrielle Wertschöpfung“

Prof. Dr.-Ing. Tim Hosenfeldt,
Leiter Zentrale Forschung und
Innovation bei Schaeffler

Digital



Pioniere (m/w/d) gesucht: Auch in digitalen Welten gibt es unbekanntes Land, das sich zu entdecken lohnt.

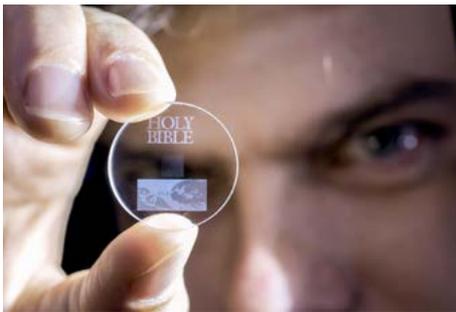
KI gegen Genie

Künstliche Intelligenz lernt schnell. Sehr schnell. Sie kann heute schon Bücher schreiben, Bilder malen, Auto fahren – und jetzt auch komplexe Sinfonien visionärer Musikgenies zu Ende komponieren? Ohne Frage, KI beweist auf ganz unterschiedlichen Gebieten Pioniergeist – aber **kann sie wirklich vollenden, was Musikgenie Ludwig van Beethoven vor 195 Jahren selbst nicht mehr schaffte**, nämlich zwei Sätze seiner unvollendeten „Zehnten“ mithilfe von Algorithmen finalisieren? Eine Gruppe von Musik- und IT-Experten nahm die Herausforderung an und fütterte eine KI mit Notizen von Beethoven, mit seinen Sinfonien sowie mit Partituren seiner Zeitgenossen. Insgesamt mit immerhin rund 10.000 Musikstücken. Die KI schrieb das Werk in Hunderten Varianten fort, das Expertenteam sichtete diese und speiste die passendsten Kompositionen wieder ein – und der Feinschliff ging von vorne los. Nach zwei Jahren Rechenarbeit und über zwei Millionen geschriebenen Noten war „Beethoven X – The AI Project“ aufführungsreif. **Die Kritiken? Ambivalent.** Der das Projekt begleitende Komponist Walter Werzowa sagte: „Die KI hat die pure Essenz Beethovens herausgefunden.“ Dirigent Dirk Kaftan sagte hingegen nach der Uraufführung „Also, um es mal kurz zu machen: Das ist kein Beethoven.“ Was er und andere Kritiker vermissten, war das Überraschende, etwas, was dann doch nur ein Genie von Beethovens Kaliber zu Papier bringen kann.

181,3

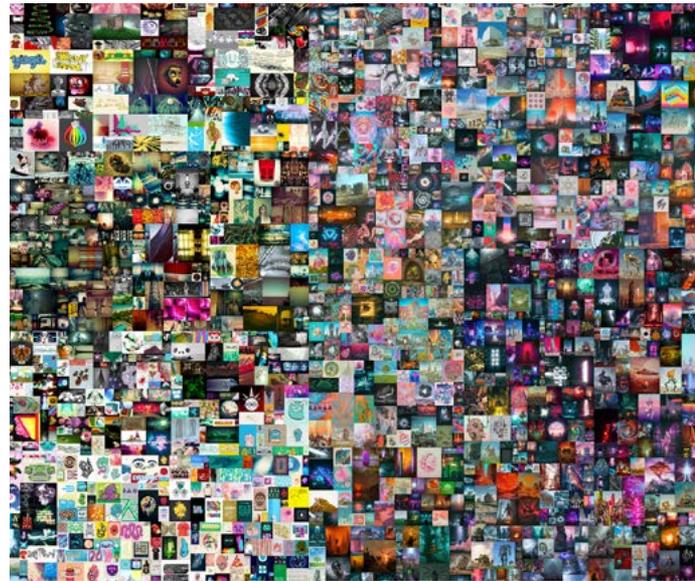
Millionen Jahre würde es aktuell dauern, **alle Informationen aus dem Internet herunterzuladen**. Als Basis für ihre Berechnung verwendeten die Big-Data-Experten ein Datenvolumen von 33 Zettabyte (33 Trilliarden Byte) und eine Downloadrate von 46 MB/s.

Quelle: Unicorn Insights



Gläserne Wunderscheibe

In der Welt der Datenspeicherung haben schon viele kluge Köpfe Pionierarbeit geleistet. Die Mesopotamier mit ihren Stein- tafeln, Gutenberg mit seinem Buchdruck, Zuse mit den Lochstreifen. Unsere digitalisierte Welt besteht jedoch aus Abertausenden Daten. Die wollen gebündelt werden. Forscher der Universität Southampton haben eine Highspeedmethode via Infrarotlaser entwickelt, um gewaltige Informationsmengen auf 5D-Speicherdisk aus robustem Quarzglas für Milliarden Jahre zu sichern. **Auf der Fläche einer CD sollen dann bis zu 500 Terabyte Platz haben** – die digitale Bibliothek aller auf der Welt verfassten Bücher ist nur etwa 400 Terabyte groß. Wie kann das funktionieren? Bei den eingravierten Datenpunkten handelt es sich um winzige Nanogitter, die nicht nur über die bekannten drei räumlichen Dimensionen (Länge, Breite, Höhe) verfügen, sondern über zwei weitere, nämlich optische Dimensionen – deshalb 5D-Datenspeicherung. **Durch das Lichterspiel in der 4. und 5. Dimension können deutlich mehr Informationen gespeichert und ausgelesen werden.**



Digital und original

Im Frühjahr 2021 versteigerte das Auktionshaus Christie's das digitale Kunstwerk „Everydays: The First 5000 Days“ (Foto o.) des US-Künstlers Beeple. 353 Gebote gingen ein, der Hammer fiel bei 69,35 Millionen US-Dollar. Ein gewaltiger Betrag, zumal digitale Kunst ja mit wenigen Mausklicks reproduzierbar ist. Dass es aber nur ein Original gibt, dafür sorgt eine **fälschungssichere digitale Signatur in Form eines Non-Fungible Tokens (NFT)**. Des- sen Echtheit wird mithilfe der Blockchain-Daten- kette der Krypto-Währung Ethereum abgesichert. Diese öffentlichkeitswirksame Versteigerung löste geradezu einen NFT-Hype aus. Mittlerweile gibt es mehrere NFT-Handelsplätze, die Bandbreite reicht von Videoclips bis zu Sammelkarten. Twitter-Grün- der **Jack Dorsey verkaufte seinen allerersten Tweet als NFT-signiertes Original für 2,5 Millionen Dollar.**

„UNIX ist simpel. Es erfordert lediglich Genialität, seine Einfachheit zu verstehen“

Dennis Ritchie (1941–2011),
Entwickler des UNIX-Betriebssystems und
Verfasser der dazugehörigen Anleitung



Was ist smart an der Smart City?

Die Stadt in einer ganz neuen Rolle: als Big-Data-Produzentin. Welche vielschichtigen Möglichkeiten sich daraus ergeben, zeigt die Direktorin des globalen CityScienceLab auf, Prof. Dr. Gesa Ziemer.

Von Prof. Dr. Gesa Ziemer

Städte werden weltweit nicht nur raumgreifender, sondern vor allem auch dichter, sodass immer mehr Menschen auf engstem Raum zusammenleben. Laut den Vereinten Nationen gibt es zurzeit mehr als 30 Megastädte, die mehr als zehn Millionen Einwohner umfassen. Die nigerianische Metropole Lagos, in der heute rund 15 Millionen Menschen leben, soll bis zum Ende des Jahrhunderts auf 80 Millionen anwachsen. Wie können Technologien dabei helfen, den immer komplexer werdenden Organismus Stadt gut zu regieren und zu organisieren?

Eine Antwort auf diese Herausforderung – auch in den wesentlich kleineren Städten Europas – lautet, dass Digitalisierung einen reibungslosen und verbesserten Ablauf vieler Prozesse gewährleisten könnte. Städte sind zu Big-Data-Produzentinnen geworden. Wir verfügen nicht nur über mehr Daten denn je, sondern auch über eine Fülle von Verknüpfungsmöglichkeiten. Die Masse an Daten macht es möglich, dass wir in der Stadtentwicklung heute auf viele unterschiedliche Daten beispielsweise von Flächen, Gebäuden, Umwelt oder Mobilität, aber auch soziale oder ökonomische Daten zugreifen.

Daten allein sind aber noch kein Garant für Smartness. Was wir brauchen, sind interaktive Werkzeuge wie Datenplattformen, Karten, Apps oder andere Visualisierungen, die Datenverknüpfungen und das Bilden von Szenarien für zukünftige Urbanität ermöglichen. Das Denken in Szenarien, bei dem uns Datenmodellierungen helfen können, ist eine der wichtigsten Fähigkeiten, die wir noch stärker lernen müssen. Dies ist Ausdruck eines Mindsets, kreativ und komplex, Szenarien können spielerisch und unter Teilhabe vieler entwickelt werden.

Zukunftsszenarien flexibel modellieren

Im CityScienceLab visualisieren wir die Daten unter anderem an interaktiven Tischen. An diesen sogenannten City Scopes, die in einer Kooperation mit dem MIT Media Lab in Cambridge (USA) entwickelt werden, kann man Zukunftsszenarien einer Stadt sehr anschaulich und flexibel modellieren. Beispielsweise können wir darstellen, was passieren würde, wenn wir in einer Stadt Autostraßen zugunsten von mehr Fahrradwegen zurückbauen. Mit Modellen wie diesen beraten wir auch die Politik und arbeiten mit Verwaltungen zusammen. Es

wird politisch immer wichtiger, Daten so darzustellen, dass möglichst viele Leute sie verstehen. Das bringt uns zu den Fakten zurück, weg von Populismus und Ideologie. So fällt es leichter, über konkrete Lösungen zu reden.

Eine solche neue, experimentierfreudige urbane Datenkultur ist im Bereich Stadtentwicklung in einzelnen Ländern verschieden stark ausgeprägt. Deshalb ist es eines der wichtigsten Forschungsthemen und Handlungsfelder im Bereich digitale Stadt, neue Formen von Zusammenarbeit durch digitale Werkzeuge zu entwickeln. In der Stadt selbst, aber auch in den Städten untereinander. Finnlands Hauptstadt Helsinki hat in den Bereichen Datennutzung, Datentransparenz und Vernetzung eine Vorreiterrolle übernommen. Solche Erfahrungsschätze müssen wir weniger smarten Städten zugänglich machen, um globalen Nutzen daraus gewinnen zu können. Ob eine Stadt „smart“ ist, wird sich maßgeblich daran messen lassen müssen, ob Digitalisierung den Menschen zugutekommt und Zusammenarbeit zwischen verschiedensten Akteuren fördert.

Wie definiert man eine Smart City im Kontext stark wachsender Städte? Ein kurzer Blick in die Geschichte des Begriffes zeigt erste Erwähnungen in den



„Smart sind vor allem diejenigen, die kreativ kombinieren und mit Maschinen elegant zusammenarbeiten können“

Prof. Dr. Gesa Ziemer

1980er-Jahren. Der Soziologe Manuel Castells beschrieb, dass Städte zunehmend nicht mehr nur als materielle Gebilde zu verstehen seien, sondern als Netzwerke, deren Grundlage Fließbewegungen von Daten, Wissen, Informationen oder Waren seien. Vor allem Ansätze vonseiten der Industrie betonen gesteigerte Effizienz und reibungslose Abläufe, die Smart-City-Technologien uns bringen sollen, beispielsweise durch verbesserte Verkehrsplanung. Vonseiten der Stadtentwicklung wird allerdings großer Wert darauf gelegt, dass eine Smart City zwar durch die Nutzung von technischen Infrastrukturen effizienter und fortschrittlicher wird, aber auch ökologisch und sozial nachhaltiger zu gestalten ist.

Unser urbaner Alltag ist längst durch Digitalisierung geprägt: Wir benutzen Apps anstelle analoger Karten; wir leihen und teilen Fahrräder oder Autos über Sharing- oder Mobility-on-demand-Systeme; wir reisen mit digitalen Buchungssystemen, die kaum Reiseplanungen im Voraus nötig machen; unsere Verwaltungen stellen mehr und mehr auf digitale Services um, damit wir nicht mehr wegen jedes Formulars eine Behörde aufsuchen müssen. Städte werden mit Sensoren ausgestattet, die Echtzeitdaten liefern, und Wohnhäuser werden zunehmend als smarte Gebäude gebaut, die unser Wohnverhalten messen. Einer der größten Datenerzeuger ist die Mobilitätsbranche. Ein Tesla ist schon heute primär ein Datensammler und nur noch am Rande auch ein Fortbewegungsmittel.

Städtebau mit digitalen Zwillingen

Auch die Bauwirtschaft basiert vermehrt auf Daten, wenn sie beispielsweise Building Information Modeling (BIM) oder Virtual Design and Construction (VDC) anwendet. BIM beschreibt eine Methode, die vernetztes Bauen zwischen Planung und Ausführung des Baus ermöglicht. Alle Baudaten können mit einer Software erfasst, kombiniert und modelliert werden, was zu einer besseren Zusammenarbeit der Disziplinen führen soll. Heute spricht man davon, auch Umgebungsdaten wie beispielsweise Umwelt-, Verkehrs- oder Sozialdaten mit Gebäudedaten zu verknüpfen, damit Bauen sich nicht nur mit dem Bau, sondern auch mit den Konsequenzen des Baus für die Umgebung beschäftigt. Dies wird unter der Überschrift „von BIM zu CIM“, also City Information Modeling, zusammengefasst. Diese Technologien sind Teilaspekte von digitalen Zwillingstechnologien, die wir aus

der Produktion in der Industrie kennen und die auf Städte übertragen werden. Im Zwilling der Stadt soll Stadtentwicklung simuliert und vorausgesagt werden, bevor sie in der Realität umgesetzt wird.

Die Kunst des smarten Kombinierens

Welche urbanen Technologien haben einen Pioniercharakter? Grundsätzlich besteht Innovation hier nicht so sehr darin, Neues zu erfinden, sondern Bestehendes „smart“ zu kombinieren. Die Stadt eignet sich wie keine andere Organisation dafür, dies zu tun, weil Unmengen von Datenschatzen gehoben und neu kombiniert werden können. Aus meiner täglichen Erfahrung heraus – national in Hamburg, aber auch international bei meiner



Digitale Entscheidungshilfe

Das in Hamburg entwickelte „Cockpit für städtische Infrastrukturen“ (COSI) ist ein Anwendungsbeispiel smarter Datenkombinationen. Es dient als digitale Entscheidungshilfe für Mitarbeitende der Verwaltung, die **Daten von nun an zentral über eine Webplattform abrufen** können und nicht mehr wie bisher einzeln in verschiedenen Behörden anfragen müssen. „Es ist eine enorme Erleichterung, dass Mitarbeitende dezentral und selbstständig Daten kombinieren und einfache Berechnungen vornehmen können“, sagt Prof. Gesa Ziemer. Die Daten können auf einem einfachen Interface eigenständig verknüpft und Voraussagen gemacht werden. Wenn in einem Stadtteil Wohnungen gebaut werden, wie viele Kitaplätze, Grünflächen oder Einzelhandel bräuchte man? Wenn die Corona-Infektionen in einem Stadtteil besonders hoch sind, wo platzieren wir wie viele Testzentren am besten? **Dabei ist COSI ein „lebendes“ Projekt, das stetig weiterentwickelt wird.**



Smart-City-Anwendung: An sogenannten City Scopes kann man Zukunftsszenarien einer Stadt sehr anschaulich und flexibel modellieren

Arbeit für die Vereinten Nationen – würde ich folgende fünf Bereiche hervorheben:

- Erstens braucht jede Stadt eine urbane und transparente Datenplattform, die Grundlage ist für einen einfachen Zugang zu Daten. Die Pandemie hat gezeigt, wie wichtig es ist, auch in Krisensituationen, über ein gutes Datenmanagementsystem zu verfügen, von dem aus Daten schnell visualisiert und kombiniert werden können.
- Zweitens muss jede demokratische Regierung über Ko-Kreations-Systeme verfügen, mit deren Hilfe Bürgerinnen und Bürger mit den Regierenden kommunizieren können. Bürgerinnen und Bürger wollen nicht nur informiert werden, sondern sich aktiv an der Planung beteiligen.
- Drittens wird – vor allem in der Mobilitätsbranche – an Sharing-Systemen gearbeitet. Mobility-on-demand-Systeme kombinieren Auto, öffentlichen Verkehr, Fahrrad, Schiff oder Fußweg, um uns den zeitlich und/oder wirtschaftlich effizientesten Weg zu zeigen. Und das möglichst in einer einzigen zentralen App.
- Viertens werden zunehmend digitale Planungs- und Bauwerkzeuge benötigt, die Zukunftsszenarien von Stadt dynamisch und interdisziplinär modellieren.
- Fünftens werden weltweit Vorhersagewerkzeuge entwickelt, die für den Klimaschutz wichtig sind. Hier werden Daten zu Raum, Organisation, Physis, Funktion und Zeit gesammelt und modelliert, um zukünftige Schock- und Stressmomente für Städte und Regionen wie Stürme oder Überflutungen, aber auch politische Unruhen vorhersagen zu können.

Bei all diesen Punkten ist die Frage der Datensicherheit natürlich ein wichtiges Thema. Ich halte es

für hochriskant, eine ganze Stadt über eine einzige Schaltzentrale zu steuern, von Verkehr über Verwaltungen bis hin zu Krankenhäusern und Energieversorgung. Das Horrorszenario wäre, dass plötzlich kein Krankenhaus mehr funktioniert, weil irgendwas gehackt wird. Es gilt also, bei allen Entwicklungen auch entsprechende Back-up-Systeme zu implementieren, die solche Szenarien verhindern. Generell befürworte ich dezentrale Datensysteme.

Hochspannend ist auch die Frage, wem die Daten einer smarten Stadt gehören? Meiner Meinung nach muss die Stadt versuchen, so unabhängig wie möglich zu bleiben – auch dann, wenn sie mit großen Technologiekonzernen zusammenarbeitet. Ihre Aufgabe ist ja, den Bürgerinnen und Bürgern Dienste und Informationen bereitzustellen, die sie zum Leben brauchen – und nicht, Technologien zu verkaufen. Generell sehe ich aber, dass alle Beteiligten von einer Zusammenarbeit profitieren können: Je mehr öffentliche Daten mit denen von Unternehmen kombiniert werden, desto mehr erfahren wir über unsere Stadt und desto mehr neue Businessmodelle auch in Form von Start-ups können entstehen.

Allen Ansätzen gemeinsam ist, dass trotz großer Leistungen von Maschinen diese weiterhin mit Menschen kooperieren müssen. Smart sind also vor allem diejenigen, die zukünftig kreativ kombinieren und mit diesen Maschinen elegant zusammenarbeiten können.

Mehr zum CityScienceLab unter: media.mit.edu

Die Autorin

Prof. Dr. Phil. Gesa Ziemer ist Professorin für Kulturtheorie an der HafenCity Universität Hamburg. Dort leitet sie das CityScienceLab, eine Kooperation mit dem MIT Media Lab in Cambridge/USA. Ihre Forschungsschwerpunkte sind neue Formen von Zusammenarbeit und urbane Öffentlichkeiten in den Städten von morgen. Gesa Ziemer ist außerdem Mitglied des Wissenschaftsrates der Bundesrepublik Deutschland und akademische Leiterin des Technologie- und Innovationslabors der Vereinten Nationen.

Mit Hightech in die Geschichte eintauchen

Auf der Suche nach den Spuren unserer Vorfahren wühlen Archäologen in der irdischen Vergangenheit – und setzen dabei immer mehr auf zukunftsweisende Technologien.

Geochemische Bodenanalyse per Laser

Wo immer der Mensch siedelt, er hinterlässt Spuren. Spuren, die sich auch nach Jahrhunderten, wenn längst alle anderen Hinweise verschwunden sind, noch im Boden nachweisen lassen. Hochmoderne **Spektroskopie-Laserpistolen, kurz LIBS, liefern noch vor Ort geochemische Bodenanalysen ab** und bringen so einen enormen Zeitgewinn. Sind im Labor 20 bis 30 Analysen pro Woche möglich, lassen sich mit der Lasermethode vor Ort Hunderte pro Tag durchführen.



Mit Google Earth auf Schatzsuche

Lange bevor die ersten Satelliten im Weltraum ihre Bahnen zogen, nutzten Archäologen Luftbilder. Doch **seit Google Maps und andere Satelliten-Bilddienste den Blick auf die Erde für jedermann anbieten, ergeben sich professionellen und Hobby-Archäologen ganz neue Möglichkeiten**, der Vergangenheit nachzuspüren. US-Archäologe Dr. Scott Madry, ein Google-Earth-Vorreiter und -Lehrmeister, nennt ein Beispiel aus seiner Praxis, um das Potenzial dieser Luftbilder zu unterstreichen: 25 Jahre habe er auf klassische Weise im französischen Burgund nach historischen Römerstätten gesucht und etwa 20 gefunden, mit Google Earth seien es am heimischen Computer in wenigen Monaten mehr als 100 gewesen.

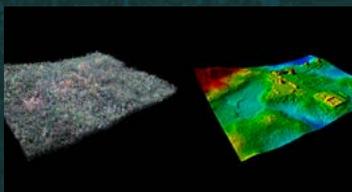


Den Boden per Radar scannen

Man kennt es aus Dokumentationsfilmen: Ausgrabungen sind eine echte Sisyphosarbeit. Der Einsatz von grobem Gerät verbietet sich meist, um mögliche verborgene Schätze nicht zu beschädigen. Also wird mühsam mit kleinen Schaufelchen geschabt oder mit feinen Pinseln freigelegt. **Mit einem Bodenradar (GPR = „Ground Penetrating Radar“)** können Archäologen tief in die Erde eindringen, aber nicht nur dorthin: 2018 entdeckten Forscher ein 1942 verloren gegangenes Flugzeug 91 Meter unter grönländischem Eis mittels GPR an Bord einer Drohne. Auch die kleinen ferngesteuerten Flieger werden immer öfter von Archäologen eingesetzt.

Unter den grünen Deckmantel der Natur schauen

Das berühmte Forscher-Magazin „National Geographic“ titelt 2021 begeistert: „Laserscans offenbaren riesige Metropolregion der Maya im Dschungel von Guatemala“. Die Forscher entdeckten das zerfallene Netzwerk aus miteinander verbundenen Städten, in denen Millionen von Menschen lebten, mithilfe der **LIDAR-Technologie**. Die Abkürzung steht für „Light Detection and Ranging“ und ist auch aus autonom agierenden Fahrzeugen bekannt, die mit dem Laser-Radar ihr Umfeld scannen. Archäologen überfliegen mit den tief blickenden Tech-Augen dicht bewaldete Gebiete auf der Suche nach verborgenen Schätzen. **Dabei werden Millionen Messdaten gesammelt, die am Computer in detaillierte dreidimensionale Oberflächenprofile umgewandelt werden (Foto: links Original, rechts Computersimulation)**. Bereits 2013 hatten Forscher mit der LIDAR-Technik eine altertümliche Megacity bei der kambodschanischen Tempelanlage Angkor Wat entdeckt. Auch der Regenwald rund um die Inka-Hochburg Machu Picchu wird seit Jahren mit LIDAR-Kameras überflogen. Dabei werden immer neue Gebäudestrukturen „freigelegt“.



Fundstücke perfekt abbilden

Weniger bei der Suche nach Fundstücken, sondern bei der nachfolgenden Analyse helfen **3D-Scanner**. Die tief blickenden Anlagen, teilweise als tragbare Strahlenpistole am Fundort einsetzbar, helfen den Wissenschaftlern, **die Fundstücke bis auf Molekülebene zu untersuchen und abzubilden, ohne sie zu berühren und dabei womöglich zu beschädigen**. Dabei kommen nicht nur Computertomografen und Röntgenstrahlung zum Einsatz (siehe auch Seite 26), sondern vor allem laserbasierte 3D-Scans, die nur einen Bruchteil eines CTs kosten.





Ab die Post!



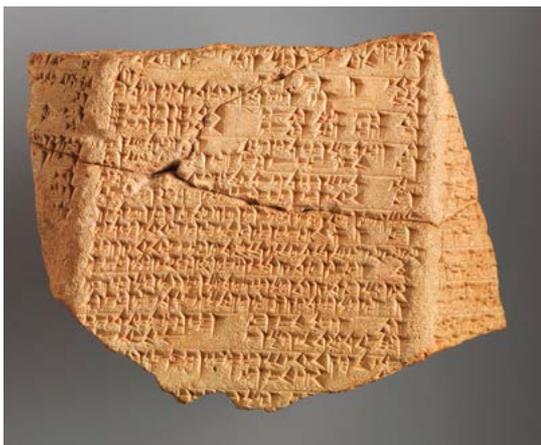
Sie scheuten weder Gewitter noch Gesindel. Berittene Boten waren echte Pioniere der Nachrichtenübermittlung. Heute hilft Hightech bei der Highspeed-Zustellung. Eine Zeitreise durch die Postgeschichte.

3000 v. Chr. bemerken ein paar findige Altbabylonier, dass man Zeichen in Tontafeln ritzen und somit Nachrichten auch über große Distanzen wortgetreu übermitteln kann. Einige Jahrhunderte später nutzen die altägyptischen Pharaonen hauchdünne Papyrusrollen, um ihre geschriebenen Anordnungen bis in die entlegensten Winkel ihres Reiches zu versenden. Der Vorteil des pflanzlichen Schreibmaterials: Es ist leicht(er) zu beschreiben, lässt sich aufrollen und kann somit einfacher transportiert werden. Außerdem richten die ägyptischen Gottkönige eine erste Form des Postbetriebs ein. Segelschiffe auf dem Nil transportieren in regelmäßigen Abständen wichtige Depeschen schnell über große Distanzen.

Die Chinesen machen sich ebenfalls als Post-Pioniere verdient: Sie bauen um 1000 v. Chr. das erste Verteilernetzwerk mit Relaisstationen auf. Das persische Reich des Kyros im 6. Jahrhundert v. Chr. setzt ebenfalls Botenstaffeln ein, die von Poststation zu Poststation reiten. Dieses System wurde von den griechischen Historikern Herodot und Xenophon ausführlich beschrieben.

Ein schneller Nachrichtenfluss ist in den Reichen der Antike eine wichtige Säule des

Mit solchen Tontafeln kommunizierten die Babylonier viele Jahrhunderte vor Christi Geburt



Machterhalts, vor allem bei militärischen Operationen. Für einen schnelleren Transport der geschriebenen Botschaft errichten die Römer unter Kaiser Augustus (63 v. Chr. bis 14 n. Chr.) das *curtus publicus* – das erste staatliche Postsystem. Berittene Meldereiter befördern im Galopp Briefe von Politikern und hohen Militärs in alle Ecken des Imperiums. Müde Pferde können alle paar Kilometer an Meldestationen ausgetauscht werden.

Post für alle

Für Jahrhunderte bleibt die Postzustellung ein Privileg für die Reichen und Mächtigen. Erst im 15. Jahrhundert, mit der Einführung von billigerem Papier als Schreibunterlage, werden Briefe auch für Kaufleute eine immer wichtigere Kommunikationsform. Im Laufe der folgenden Jahrhunderte nutzen auch immer mehr Privatpersonen den Schriftwechsel per Boten.

Der Transport der Sendungen gewinnt mit jeder technischen Evolution an Tempo. Postkutschen werden durch Eisenbahnen ersetzt, die Luftpost macht alles noch schneller. Sogar mit Raketen als schallschnelle Kuriere wird experimentiert.

Und je schneller und auch kostengünstiger die Zustellung wird, desto mehr Sendungen werden auf den Weg gebracht. Die Folge: Die Verteilzentren kommen mit dem Sortieren nicht mehr hinterher. Auch weil der technische Fortschritt dort lange vor der Tür bleibt. Lediglich einfachste Hilfsmittel wie Sortiertische, Regale oder Ablagefächer erleichtern die Arbeit bis weit über die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts hinaus.

Mensch vs. Maschine

Erst Mitte der 1950er-Jahre setzt die US-Post als globaler Vorreiter auf maschinelle Unterstützung, um die Sendungsströme zu kanalisieren. 1956 kommt die erste halbautomatische Postsortiermaschine in Baltimore zum Einsatz. Ein Jahr später, am 10. April 1957, nimmt eine Transorma Letter Sorting Machine im Blair Post Office im US-Bundesstaat Maryland ihren Dienst auf. Mithilfe des zweistöckigen, beinahe vier Meter hohen Ungeheuers des niederländischen Herstellers Werkspoor können fünf Angestellte innerhalb einer Stunde bis zu 15.000 Briefe sortieren – mehr als doppelt so viele Sendungen wie zuvor per Hand.



Die Butterfield Overland Mail Company war 1857 die erste regelmäßige Postkutschenverbindung in den USA. Die Kutsche von San Francisco erreichte das 4.500 Kilometer entfernte St. Louis nach ca. 23 Tagen mit bis zu 12.000 Briefen und 6 Fahrgästen an Bord. Überfälle, der Bürgerkrieg und der Siegeszug der Eisenbahn sorgten bereits 1861 für das Aus des Dienstes

Ein weiterer Meilenstein: 1978 wird in Wiesbaden die erste automatische Briefsortieranlage mit Anschrifterkennung und Videocodierung installiert. Eine Technik, die im Laufe der Jahre immer weiter verfeinert wird. Heute arbeiten alle vollautomatischen Groß-Sortiermaschinen weltweit mit Texterkennungsprogrammen. Hinter dem scheinbar simplen Prozess des Sortierens steckt mittlerweile ein perfekt abgestimmtes Zusammenspiel mechanischer, optischer und digitaler Technik.

In der Vorverarbeitung werden die verschiedenen großen Sendungen zunächst einmal gescannt und in zwei Gruppen eingeteilt: Kann die Maschine die Adresse lesen oder nicht? Sollte dies nicht der Fall sein, wird die Sendung zur manuellen Erfassung ausgeschleust. Post mit einer lesbaren Anschrift wird anschließend ausgerichtet, erkannte Briefmarken automatisch abgestempelt. Dann wird mittels einer OCR-Software (Optical Character Recognition) die entsprechende Postleitzahl ermittelt und der Brief über Transportbänder in das entsprechende Fach für diese Destination geleitet. Und das so schnell wie möglich. Schließlich gilt: Zeit ist Geld. Der Empfänger möchte, dass seine Post innerhalb von 24 bis 48 Stunden bei ihm eintrifft.

Schwindelerregende Zahlen

Und die zu sortierenden Massen sind gewaltig. Absoluter Spitzenreiter: die USA. Rund 430 Millionen Briefe und Pakete stellt der US Postal Service im Schnitt pro Tag zu. 90 Prozent der Briefe ist – wer kennt es nicht aus dem eigenen Briefkasten – Marketing-Korrespondenz. Während die Zahl der Briefe in fast allen Industrienationen in den vergangenen



Als Briefe sortieren Handarbeit war: 1936 ist dieses Foto im General Post Office in New York entstanden. Heute übernehmen Maschinen den Job, bei Millionen von Briefen am Tag nicht anders händelbar

Jahren auf konstant hohem Niveau bleibt, explodieren die Lieferzahlen bei Paketzustellungen dank Online-Shopping geradezu. Im vergangenen Jahr wurden laut dem „Parcel Shipping Index“ des Frankier- und Konfektioniermaschinenherstellers Pitney Bowes weltweit 131 Milliarden Pakete versendet. Zum Vergleich: 2014 waren es noch 43 Milliarden Paketzustellungen.

Auch wenn es irgendwo im Nirgendwo noch das eine oder andere kleine, schnuckelige Postamt gibt – die Zusteller von heute sind Global Player der Logistik. Die einfachen Postrouten haben sich mittlerweile zu komplexen Vertriebsnetzen weiterentwickelt. Die ausgehende Post wird in riesigen Umschlagzentren gesammelt und für den nationalen und internationalen Versand geordnet.

Allein die Zahlen des UPS Worldport sind schwindelerregend. In Louisville im US-Bundesstaat Kentucky betreibt der Kurierdienst mit einer Fläche von 48 Hektar das weltgrößte Paket- und Umschlagzentrum (siehe rechte Seite). Allein die Sortierhalle misst 200.000 Quadratmeter. Während des Verteilungsprozesses kommt eine Sendung im Worldport nur zweimal mit Menschen in Kontakt: beim Ausladen aus den Anlieferungscontainern und beim Beladen der Auslieferungscontainer. Ähnlich imposant lesen sich die Zahlen des DHL Standortes Leipzig, wichtiges Drehkreuz des weltweit führenden Logistikanbieters. 150.000 Pakete



Das Online-Messsystem SmartCheck von Schaeffler überwacht bei der Royal Mail die Sortiermaschinen

656.000

klassische Postämter gibt es noch immer weltweit. Dort arbeiten 5,23 Millionen Menschen.

Quelle: Postal Development Report 2020

rauschen hier pro Stunde durch eine Sortieranlage, die aus unzähligen Förderbändern (Gesamtlänge: 47 km) besteht.

Smarte Sicherheit

Es fällt leicht, sich vorzustellen, was passiert, wenn in einem dieser Hightech-Verteilerzentren auch nur eines der Bänder, eine der Weichen ins Stocken gerät. Ein unvorhergesehener Defekt – und schon türmen sich Berge von Paketen auf. Das bedeutet im schlimmsten Fall nicht nur negative Presse, sondern auch Strafzahlungen wegen Lieferverzögerungen.

Um solchen Ausfällen vorzubeugen, tauschen Maschinenführer Bauteile zur Sicherheit schon weit vor der eigentlichen Verschleißgrenze aus. Das kostet Geld und Ressourcen. Aber wie heißt es so schön: Man steckt ja nicht drin. Und wer kann schon sagen, wann ein Teil kaputtgeht? Früher hieß die Antwort: niemand. Heute gibt es genau für solche Vorhersagen Condition-Monitoring-Systeme.

Die Royal Mail, der nationale Postdienst im Vereinigten Königreich und ebenfalls ein Global Player, setzt beispielsweise auf SmartCheck von Schaeffler, um das Risiko eines kostenintensiven Ausfalls zu minimieren. Das Online-Messsystem überwacht und analysiert bei der Royal Mail die Arbeitsprozesse der Karussell-Sortiermaschinen an neuralgischen Punkten. Dadurch werden jährlich nicht nur unnötige Wartungskosten und Ersatzteile im Wert von 50.000 Pfund eingespart, auch die Ausfallquote von wichtigen Antriebskomponenten ist deutlich zurückgegangen. Die Folge: weniger Störungen, eine flüssigere Lieferkette und zufriedene Kunden. Schließlich wartet niemand gerne lange auf einen langersehten Brief oder das bestellte Paket.



ca. **300**

Flugbewegungen finden pro Tag am UPS Worldport statt.

33.245

Förderbänder transportieren die Pakete auf einer Gesamtlänge von 250 km.

416.000

Pakete können pro Stunde im UPS Worldport sortiert werden. Erweiterbar auf bis zu 487.000 Pakete.

8 bis **45 Minuten** benötigt ein Paket, um vom Eingangspunkt des Worldports zur passenden Endstelle zu gelangen.

Im UPS Worldport, dem größten Paketzentrum der Welt im US-Bundesstaat Kentucky, werden die Sendungen über kilometerlange Förderbänder in der 200.000 m² großen Sortierhalle transportiert und haben dabei nur zweimal menschlichen Kontakt

Future Life

In einer modernen Welt Pioniergeist zu beweisen heißt nicht nur neue Ideen zu entwickeln, sondern vor allem auch, diesen aufgeschlossen gegenüberzutreten.



Robo, die Rechnung bitte ...

Sei es wegen Personalmangels oder aus Kostengründen: Serviceroboter sind im Hotel- und Gaststättengewerbe immer mehr auf dem Vormarsch. Sie schieben voll beladene Tabletts durchs Restaurant, nehmen Bestellungen auf, bringen Gepäck aufs Hotelzimmer oder machen sauber. **In mehreren US-Fast-Food-Ketten wirbelt „Flippy“ an der Fritteuse.** Der einarmige Roboter stört sich nicht an Hitze und Fettspritzern, er ist rund um die Uhr einsetzbar, wird nur selten „krank“ und hat keinerlei Urlaubsansprüche. Die 3.000 US-Dollar Leasingrate rentieren

sich da schnell. Weltmarktführer bei sogenannten Servicerobotern ist der chinesische Anbieter Pudu. **Der neueste Verkaufshit heißt BellaBot.** Vorteil der anderthalb Meter hohen Servicekraft gegenüber den Vorgängern: die deutlich gesteigerte Kommunikations- und Interaktionsfähigkeit mit menschlichen Kollegen und Gästen – vom (zumindest aktuell noch) sehr hohen Showeffekt ganz abgesehen. Hindernisse werden von „Bella“ ab zwei Zentimeter Höhe und in einem horizontalen Winkel von 192,6 Grad erfasst. Kostenpunkt: rund 20.000 Euro.

Strom aus dem Gartenzaun

Gartenzäune sind praktisch: Sie schützen nicht nur vor unliebsamen Blicken, sondern auch vor Wind. Diesen Wind könnte man auch nutzen, um Strom zu erzeugen. Das dachte sich zumindest der New Yorker Designer und Tüftler Joe Doucet und entwickelte eine „kinetische Wand“ mit vertikalen Rotoren, die pro Dreheinheit bis zu 400 Watt Strom liefern sollen. Kritiker zweifeln allerdings an, ob die flächenmäßig eher kleinen Rotorblätter gerade bei normalen Windgeschwindigkeiten genug Drehmoment entwickeln können, um Generatoren in dieser Leistungsstärke in Bewegung zu setzen. **Doucet sucht aktuell Partner**, um seine „kinetische Wand“ zu marktfähigen Preisen aus dem CAD-Programm in die Realität zu überführen und damit seinen Kritikern sprichwörtlich den Wind aus den Segeln zu nehmen.



182

Mrd. Euro

sollen weltweit im Jahr 2026 im **Smarthome-Markt umgesetzt werden – doppelt so viel wie 2021**. Die Steigerungsrate soll hauptsächlich darin begründet sein, dass sich der Prozentsatz der Haushalte, die Smarthome-Anwendungen nutzen, von 12,3 auf 25,2% ebenfalls fast verdoppelt.

Quelle: Statista

„Die Zukunft hat viele Namen: Für Schwache ist sie das Unerreichbare, für die Furchtsamen das Unbekannte, für die Mutigen die Chance“

Victor Hugo (1802–1885),
französischer Schriftsteller

Motorsport wird immer elektrischer

Die zunehmende Elektrifizierung der Mobilität spiegelt sich auch immer sichtbarer im Motorsport wider. **Immer mehr Serien setzen auf voll- oder teilelektrische Antriebe**. Auch hier zählt Schaeffler zu den Pionieren und sammelt in den Highspeed-Testlaboren wichtiges Know-how für die Entwicklung und Fertigung von Serienprodukten für die Mobilitätswende. Der Automobil- und Industriezulieferer engagierte sich vom ersten Rennen 2014 bis zum Saisonende 2021 in der Formel E und entwickelt aktuell das Antriebssystem zur Elektrifizierung der DTM. Die hundertprozentige Tochter Compact Dynamics unterstützt darüber hinaus die Rallye-WM auf dem Weg in die Zukunft: Der E-Spezialist rüstet seit 2022 alle in der Topklasse „Rally1“ involvierten Hersteller **mit einem 100 kW starken Hybridsystem aus**, das Motorgenerator, Steuereinheit und eine Batterie beinhaltet.



„Es war ein Vergnügen, die neue Technologie zu entdecken“: der neunmalige Weltmeister Sébastien Loeb bei Testfahrten mit dem Hybrid-Ford für die Rallye-WM



Superlaser als Blitzableiter

1752 erfand der Pionier und spätere US-Präsident Benjamin Franklin den Blitzableiter. Seitdem schützen vom Dach in die Erde führende Drähte Gebäude vor den gefürchteten Hochvolt-Einschlägen. Jetzt könnte der altgediente Blitzableiter durch einen Hightech-Nachfolger abgelöst werden: Laser, die Blitze kanalisieren, sollen sensible Industrieanlagen, Kraftwerke oder Flughäfen deutlich besser schützen.

Von Björn Carstens

Weltweit verursachen Blitzeinschläge jedes Jahr Schäden von mehreren Milliarden Euro. Sie führen zu Stromausfällen und Waldbränden, sie beschädigen Computersysteme und können Mensch und Tier töten. Wissenschaftler gehen davon aus, dass durch den Klimawandel schwere Gewitter zunehmen.

Seit 1752, seit Benjamin Franklins Geistesblitz mit dem metallischen Drachen, wissen sich die Menschen gegen diese Zerstörungswut zu wappnen. Durch den Versuch kam der US-Erfinder und Staatsmann auf die Idee, Dächer von Gebäuden mit langen Metallspitzen auszustatten, die die elektrischen Entladungen abfangen und in die Erde weiterleiten. Bis heute erfüllen Blitzableiter überall auf der Welt diese Funktion. Auch 270 Jahre nach dem Drachenexperiment.

Blitze aus den Wolken kitzeln

Aber: Blitzableiter helfen nicht immer. Vor allem großen Gebäuden mit technisch sensiblen Anlagen wie Flughäfen oder Kraftwerke bieten sie keinen ausreichenden Schutz. Zudem können Blitzableiter

„Wenn wir Laser richtig einsetzen, wird es in Zukunft keine Schäden durch Blitzschlag mehr geben“

Prof. Jean-Pierre Wolf von der Universität Genf



Wie der Laser die Blitze genau kanalisiert, sehen Sie hier im Video.

sogar zusätzliche indirekte Auswirkungen wie elektromagnetische Störungen und Überspannungen in Geräten auslösen. Aus diesem Grund hat die EU das Projekt „Laser Lightning Rod“ (LLR) ins Leben gerufen. Die Idee dahinter: Eine Laserkanone soll die Blitze aus den Wolken kitzeln und sie gezielt kanalisieren und von teurer Infrastruktur weglenken, um sie dort in den Boden abzuleiten.

Die Idee an sich existiert schon länger. Allerdings gab es bisher keinen Laser, der den Anforderungen entsprach. Benötigt wird ein Laser mit einer Pulsleistung von einem Terawatt (eine Billion Watt). Zum Vergleich: Einer der leistungsstärksten Laserpointer auf dem Markt verfügt über eine Leistung von 50 Watt und hat eine Reichweite von 40 Kilometern.

Seit diesem Sommer testen die LLR-Projektpartner der Universität Genf und die Laserspezialisten des Technologieunternehmens Trumpf das fünf Tonnen schwere Lasersystem auf dem Schweizer Berg Säntis. Pro Sekunde schießt der Superlaser 1.000 ultrakurze Laserpulse in die Atmosphäre, erzeugt auf die Art einen scheinbar unendlich langen ionisierten Kanal, ein sogenanntes Laser-Filament, in Richtung der Wolken. Dieser Kanal soll als bevorzugter Weg für den Blitz dienen.

Gewitterwolken entschärfen

„Die Filamente lösen Entladungen aus und die Blitze folgen dem Weg des Kanals. Wir können die Blitze also sowohl provozieren als auch ihre Richtung bestimmen“, erklärt Prof. Jean-Pierre Wolf von der Universität Genf. So können Gewitterwolken in zweifacher Hinsicht unschädlich gemacht werden: Entweder entlädt der Laser die Wolke so lange, bis sie friedlich ist. Oder er leitet die Blitze zu einem gewöhnlichen Blitzableiter auf dem Boden ab.

Blitz-Hotspots

Wo auf dem Globus die meisten Blitze zucken, hat ein Forscherteam mithilfe von Satellitendaten ermittelt. Den weltweiten Rekord hält der Lago de Maracaibo in Venezuela. Dort blitzt es auf einem Quadratkilometer im Mittel an 297 Tagen im Jahr. Unter den Kontinenten ist Afrika der Spitzenreiter: 283 der Top 500 Blitz-Hotspots liegen dort.

Idee + X = Erfolg

Start-ups haben Pioniergeist tief in ihrer DNA verankert. Wie eine innovative Gründerszene kluge Ideen zu einem Markterfolg weiterentwickelt, zeigen folgende Beispiele.



Spurloses Plastik

Start-up: Traceless Materials (16 Mitarbeiter)

Gründung: 2020

Idee: Eigentlich wollte sie „nur“ ihre Doktorarbeit als Verfahreningenieurin vorantreiben, jetzt hält Anne Lamp vielleicht den Game Changer gegen die globale Plastikflut in ihren Händen: ein Granulat aus Agrarabfällen, etwa aus der Produktion von Maisstärke. Aus diesem Grundmaterial entwickelte die Hamburgerin einen natürlichen Kunststoff, **eine Art Plastik aus Naturfasern**. Ein sogenannter Biopolymer. Chemisch nicht verändert, ohne schädliche Zusatzstoffe und Lösungsmittel. Laut erster Ökobilanz verursachen Produktion und Entsorgung des Plastikersatzes bis zu 87 Prozent weniger CO₂-Emissionen als Neukunststoffe. Reißfest und wasserabweisend soll das Material dennoch sein und multioptional einsetzbar: als Folie für Lebensmittel-Verpackungen sowie bei der Produktion von Hartplastikteilen oder als Beschichtungen für Pappe. Lamp verrät: „Unser Verfahren ist ‚back to the roots‘. Schon die ersten Kunststoffe vor 100 Jahren waren Naturstoffe.“ Cellophan zum Beispiel, das aus Zellulose hergestellt wird und komplett abbaubar ist. „Irgendwann hat die Petrochemie das alles abgelöst und die Tech-



Wollen die Plastikflut stoppen: die Traceless-Gründerinnen Johanna Baare (l.) und Dr. Anne Lamp



2 bis 9 Wochen braucht das Biomaterial von Traceless (deutsch: spurlos), um vollständig kompostiert zu sein

nologien sind in Vergessenheit geraten“, erläutert Lamp.

Umsetzung: Noch während ihrer Forschungsarbeit kam Anne Lamp der Gedanke: **Diese Idee muss man groß denken**. Über ein Start-up-Förderprogramm tat sie sich mit der Strategieberaterin Johanna Baare zusammen. Gemeinsam gründeten sie Traceless Materials. Der Ansatz des Start-ups ist ein ganzheitlicher, auch die Produktion soll umweltfreundlich sein. Das Traceless-Granulat soll eine direkte Alternative zu dem sein, was Chemiekonzerne anbieten. Für ihre Idee haben die beiden Gründerinnen schon mehrere Millionen Euro Förder- und Investorengelder eingesammelt.

Hürden: Hunderte Start-ups weltweit probieren sich seit Jahren an umweltfreundlichen und erdölfreien Kunststoffen. Mit Erfolg. Problem: **Die meisten Alternativen sind teurer in der Herstellung als die aktuellen, erdölbasierten Kunststoffe** – in einem sehr preissensitiven Wettbewerb ein echter Fallstrick. Traceless soll hingegen in industriellen Produktionsmaßstäben hergestellt preislich konkurrenzfähig sein. Grundvoraussetzung: „Dafür müssen wir ganz schnell ganz groß werden“, weiß Lamp.

Nächste Schritte: Der erste Big Player als Partner ist gefunden. Zusammen mit dem deutschen Versandriesen Otto arbeitet Traceless an einer nachhaltigen Versandtüte. In diesem Jahr soll zudem erstmals in größerem Stil produziert werden. Die Pilotanlage steht bereits.

Arztbesuch vom Sofa aus

Start-up: Teleclinic (mehr als 100 Mitarbeiter)

Gründung: 2015

Idee: Ade Virenhöhle Wartezimmer! Schon lange vor der Pandemie erschuf die studierte Juristin Katharina Jünger eine digitale 24/7-Videosprechstunde – die erste in Deutschland. Mit nur 24 Jahren eine echte Pionierin. **Als Tochter von Ärzten sei sie es gewohnt gewesen, immer direkt Hilfe bei Beschwerden zu erhalten. Diesen Zugang wollte sie jedem ermöglichen.**

Umsetzung: Gemeinsam mit einem Mediziner und einem Softwareentwickler setzte sie das Projekt Arzt-App um. **Das Unternehmen verdient anteilig an den Behandlungskosten der Ärzte.**

Hürden: Weil andere Länder wie Schweden das Fernbehandlungsverbot früher aufgehoben haben, ist **die internationale Konkurrenz groß.**

Nächste Schritte: Das Start-up will mithilfe einer Kooperation mit der Online-Apotheke DocMorris noch mehr Kunden und Mediziner (aktuell mehrere Hundert) für die Online-Behandlung begeistern.



Teleclinic-CEO Katharina Jünger (30, oben) sagt: „70 Prozent der Behandlungen können über die Teleclinic stattfinden.“ Mehr als 100.000 Patienten in Deutschland nutzen Arzt-Apps wie die der Teleclinic

Der Sattmacher

Start-up: Chowberry (mehr als 10 Mitarbeiter)

Gründung: 2014

Idee: Oscar Ekponimo erinnert sich gut an das Gefühl, hungrig zu sein. „Schon als Kind habe ich gesagt: **Eines Tages Sorge ich dafür, dass andere nicht dieselben Erfahrungen machen müssen.**“ Fast 20 Jahre später hat er sein Wort gehalten. Der ausgebildete Software-Ingenieur entwickelte eine App,

die überflüssige Lebensmittel den Armen Nigerias zugänglich macht. Das Prinzip: Einzelhändler scannen ihre Lebensmittel ein, je nach Bedarf wird dann der Preis stufenweise reduziert, je näher das Ablaufdatum rückt. Das System schickt an bedürftige Kunden sowie an Hilfsorganisationen eine Nachricht.

Umsetzung: Ekponimo schloss viele Partnerschaftsverträge mit NGOs und Händlern ab: **„Wir helfen Einzelhändlern, ihre Nahrungsmittelverluste um 80 Prozent zu reduzieren.“**

Hürden: Die Erreichbarkeit. **Viele seiner potenziellen Kunden haben kein Handy.**

Nächste Schritte: Bis zu 100.000 Geringverdiener-Haushalte will Ekponimo versorgen. **Langfristig soll die App den globalen Hunger bekämpfen.**



„Grasholz“

Start-up: Fibonacci (mehr als 25 Mitarbeiter)

Gründung: 2018

Idee: Hanf ist für einige junge Leute nur ein Produkt, ihr Bewusstsein zu „erweitern“ – nicht so für Greg Wilson, der auf der Suche nach umweltfreundlichen Holzalternativen schon als Student mit Biomaterialien experimentierte. HempWood, so heißt Wilsons Produkt aus gepressten, sojaverklebten Hanffasern, sei zu 100 Prozent biologisch abbaubar. **Außerdem sehe es aus wie Eichenholz, sei aber 20 Prozent widerstandsfähiger und deutlich nachhaltiger**, da Hanf in nur sechs Monaten nachwächst.

Umsetzung: Wilson holte sich notwendiges Know-how an der Murray State University (Kentucky/USA), um 2019 HempWood auf den Markt zu bringen. Für die Herstellung gründete Wilson eine Produktionsstätte in Kentucky, Herz der US-amerikanischen Nutzhanf-Industrie. Fibonacci baut seinen Hanf möglichst nah an der Fabrik an, um CO₂-Emissionen beim Transport zu vermeiden.



Greg Wilson kennt sich mit Holzalternativen aus: Egal ob Bambus, Eukalyptus oder eben Hanf (Foto)

Hürden: Das größte Hindernis verschwand 2018, als der amerikanische Gesetzgeber Nutzhanf legalisierte. Diskutabel ist der Faktor Nachhaltigkeit. **Der Hanf-Anbau benötigt große Flächen.** Will man keine Wälder roden, bleiben nur die Flächen für die Lebensmittelproduktion übrig.

Nächste Schritte: Fibonacci plant durch die Einführung neuer Produkte, **möglichst viel schützenswertes Eichen- durch „Hanfholz“ zu ersetzen.**

Frühstarterin



„Teenpreneurs“ lautet der Fachbegriff für Jungunternehmer unter 20 Jahren. Mark Zuckerberg und Bill Gates gehörten wohl zu den bekanntesten. Beide legten den Grundstein für ihre Multimilliarden-Konzerne mit 19 Jahren. Ebenso der Este Markus Villig, derzeit jüngster Einhorn-Gründer Europas. Sein milliardenschweres E-Scooter-Unternehmen Bolt initiierte er nach nur einem Semester Informatik mit 19 Jahren. Altersmäßig werden sie alle unterboten von US-Gründerin-Küken **Alina Morse (Foto)** – 16 Jahre alte Herrscherin über das Süßigkeitenreich „Zolli Candy“. Die Idee für ihre gesunden Lutscher schoß ihr mit sieben Jahren in den Kindskopf, als sie ihren Daddy nervte: „Warum stellen wir keine Süßigkeiten her, die gut für meine Zähne sind?“ Tatsächlich fand sie eine Fabrik, die ihre zuckerfreien Lollis produziert. Startkapital: 3.750 US-Dollar. Aktuelle Firmenbewertung: 12 Millionen US-Dollar.

Highspeed-Marktforschung

Start-up: Appinio (ca. 120 Mitarbeiter)

Gründung: 2014

Idee: Zu langsam, zu teuer, keine gute Datenqualität – Jonathan Kurfess hielt nichts von klassischen Umfragen zum Verbraucherverhalten. **Stattdessen wollte er die schnellste Marktforschung der Welt realisieren.** Eine digitale Plattform, die es ihren Kunden ermöglicht, innerhalb kürzester Zeit spezifische Zielgruppen anzusprechen. Die Fragen gehen via Push-Nachricht direkt raus an die App-Nutzer, die Antworten kommen innerhalb weniger Minuten oder Stunden zurück. Die Umfrageteilnehmer können dabei spielerisch Punkte sammeln und diese für soziale Projekte spenden oder in Gutscheine umwandeln.

Umsetzung: Nicht die ikonische Silicon-Valley-Garage, aber fast ... Eine acht Quadratmeter große Abstellkammer nahe dem Hamburger Hafen war die Keimzelle von Appinio. Nach seinem BWL-Studium gründete Kurfess gemeinsam mit einem IT-Experten Appinio. Ohne richtiges Produkt, ohne Geld.

„**Und ohne zu wissen, wie man ein Unternehmen führt**“, erzählte der CEO in einem Podcast. Dann springt Fortuna ein. Spirituosen-Hersteller Jägermeister hatte ein kleines Budget übrig. Der erste Auftrag. Kurfess: „Zum Glück hat es funktioniert.“

Hürden: Zwar zählt Appinio mittlerweile **mehr als 700 Unternehmen zu seinen Kunden** und über eine halbe Million aktive Nutzer, trotzdem sitzt die Konkurrenz (Google, Facebook) im Nacken.

Nächste Schritte: Appinio will zum größten Consumer Panel der Welt werden, ein Portal für Verbraucher, deren Kaufverhalten beobachtet wird.



Jonathan Kurfess: Als Arbeitsloser gründete er Appinio, sechs Jahre später wählte ihn Forbes in die Best-of-Liste „30 unter 30“ der erfolgreichsten Jungunternehmer in Europa



Ein Raketen-Triebwerk aus dem 3D-Drucker, Gründer Lin Kayser

3D-Pioniere

Start-up: Hyperganic (50 Mitarbeiter)

Gründung: 2017

Idee: Eine künstliche Intelligenz, die Gegenstände vollautomatisch für den 3D-Druck konstruiert. **Entwickler müssen die KI lediglich mit Anforderungen an das Produkt füttern und den Druck starten.** Die Idee reifte, als sich Serienunternehmer Lin Kayser 2012 einen 3D-Drucker zulegte – eigentlich für eine ganz andere Start-up-Idee. „Dann aber dämmerte es mir. Wenn man an Molekülverbände denkt, die algorithmisch bewegt werden können, kann man alles entwerfen, was physikalisch möglich ist, und es dann auf einem industriellen Drucker ausgeben.“

Umsetzung: Was lange währt, wird gut. Bereits ab 2014 entwickelte Kaysers Partner Michael Gallo, einst Pionier für die digitale Bildbearbeitung im Film, die grundlegende Technologie, während Kayser zu zahllosen Zentren für additive Fertigung rund um die Welt reiste, um die Bereitschaft für eine Serienfertigung auszuloten. Kayser: „Im Laufe der Zeit haben wir die Technologie so weit ent-

wickelt, dass wir mit Drittentwicklern zusammenarbeiten können. **Wir ziehen es vor, dass unsere Kunden mit unserer Plattform ihre eigenen Anwendungen entwickeln und ihr eigenes geistiges Eigentum schaffen.“**

Hürden: Neben technologischen Herausforderungen mussten vor allem die Kunden ins Boot geholt

werden. Kayser: „**Wir mussten beweisen, dass 3D-Druck auch anders funktionieren kann.** Dass Objekte mithilfe von Computercodes konstruiert werden können, anstatt sie mit CAD-Programmen manuell zu bearbeiten.“

Nächste Schritte: Ende 2022 soll die Plattform der breiten Öffentlichkeit vorgestellt werden.

3 Fragen an ...



... Carsten Merklein, bei Schaeffler verantwortlich für die Entwicklung neuartiger Fertigungstechnologien. Der Automobil- und Industrielieferer kooperiert mit zahlreichen Start-ups weltweit, unter anderem auch mit dem Münchener Start-up Hyperganic (siehe Beitrag links).

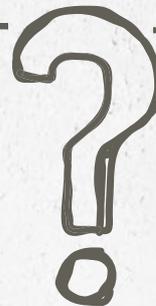
Wie kann man sich die Zusammenarbeit zwischen einem Konzern und einem jungen Start-up vorstellen?

Carsten Merklein: Die Zusammenarbeit ist kreativ und

ergebnisorientiert. Es macht Spaß, frei von der Leber weg über Technologien und Problemlösungen zu diskutieren und diese kurzfristig umzusetzen. Wir als Konzernen profitieren vom gelebten „Out of the box“-Denken. Auf der anderen Seite können Konzerne Start-ups bei der Industrialisierung ihrer Produkte unterstützen oder Input geben bezüglich eventuell erforderlicher Produktanpassungen.

In welcher Phase eines Start-ups bringt eine Vernetzung mit einem Kernpartner aus der Industrie den größten Mehrwert? Inwiefern helfen Innovationsplattformen wie die Start-up Autobahn?

Je früher man sich als Unternehmen mit einem Start-up vernetzt, desto mehr Gestaltungsmöglichkeiten hat man und desto größer ist die Chance, gemeinsames geistiges Eigentum und ein Alleinstellungsmerkmal zu generieren. Man darf dabei aber die Arbeitsweise eines Start-ups nicht mit den eigenen Maßstäben und Anforderungen messen, sonst wird die Kooperation scheitern. Innovationsplattformen helfen



dabei ungemein, die richtigen Start-ups für die eigenen Fragestellungen zu finden. Durch ihr „Casting“ ist sichergestellt, dass der Reifegrad der Innovationen schon messbar ist und nicht nur eine „Luftnummer“.

Know-how, Manpower, Investment – worauf kommt es an, wenn ein Big Player wie Schaeffler mit einem jungen Technologieunternehmen kooperiert, um eine Idee zum Erfolg zu führen?

Das alles sind notwendige Voraussetzungen, aber um erfolgreich zu sein, muss man offen sein, sich auf neue Lösungen einzulassen und überzeugt sein, dass der eingeschlagene Weg trotz Rückschlägen oder Gegenwind zum Erfolg führt. Andererseits darf man ein totes Pferd nicht weiter füttern – also: wenn es nicht passt, dann passt es eben nicht.

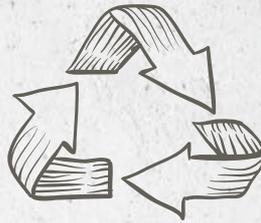
Digitales Akku-Recycling

Start-up: Circunomics (11 Mitarbeiter)

Gründung: 2019

Idee: E-Autos haben ein Problem: Ihre Batterien haben meistens nach ein paar Jahren ausgedient. Was dann? Wegwerfen oder recyceln? Für Gründer Patrick Peter keine Frage, denn: „**Alte Akkus sind keinesfalls schrottreif.**“ Sie enthalten wiederverwertbare Rohstoffe oder können für andere Zwecke wie z. B. Energiespeicher daheim eingesetzt werden. Also ersann der Frankfurter MBA-Absolvent Peter einen digitalen Marktplatz, auf dem Autobauer, Zweitnutzer und Verwertungsfirmit mit gebrauchten Batterien handeln und diese so in den Kreislauf zurückführen.

Umsetzung: Strategische Partnerschaften im Mobilitätsbusiness und Know-how – vor allem Know-how. Eine tragende Säule, auf die Circunomics baut. Jeder im Team bringt etwas mit ein. Der eine verfügt über Erfahrung in der Digital- und Automobilbranche, der andere in der Batterie- und Energieindustrie oder in der Kreislaufwirtschaft. Etwa Gründer Cesar Prados, der als Technischer Direktor schon Blockchain-Lösungen für die Europäische Weltraumbehörde ESA entwickelt hat. Solch dezentralen Datenbanken sind



„Durch ein zweites Batterieleben wird der CO₂-Fußabdruck einer Batterie um bis zu 50 Prozent reduziert“, sagt CEO Patrick Peter

entscheidend für das Start-up, **da Circunomics mit digitalen Batterie-Zwillingen arbeitet**, um den Zustand und den Wert einer Batterie mittels KI-Technologie zu analysieren. Dafür greift das Unternehmen auf Informationen von Autoherstellern, Ladestationbetreibern und Zulieferern zurück.

Hürden: Die Leute von der Vision einer nachhaltigen Batteriewertschöpfungskette zu überzeugen, war wohl die größte Hürde. Patrick Peter: „Die Challenge war, den Paradigmenwechsel zu schaffen. Hin zu einer Kooperation. Denn nur mit Zusammenarbeit kann eine effektive und profitable Batterieindustrie ohne unnötige Ressourcenverschwendung realisiert werden. **Als Gründer braucht man viel Durchhaltevermögen.**“

Nächste Schritte: Bis 2025 will das Start-up **1,2 Millionen Akkus vermitteln**. In einem weiteren Ausbauschnitt sollen bis 2030 zehn eigene Recyclinganlagen geschaffen werden, in denen Batterien mit einer Kapazität von 10 GWh fit für ein zweites Leben gemacht werden sollen.



Gründer-Trio Cesar Prados, Sebastian Wolzak und Patrick Peter (v.l.) geben E-Auto-Akkus eine zweite Chance

Schadenseher

Start-up: Compredict (25 Mitarbeiter)

Gründung: 2018

Idee: Autobauer lieben Planbarkeit. Die Erfahrung sammelten die beiden angehenden Maschinenbau-Ingenieure Stéphane Foulard und Rafael Fietzek schon während ihres Studiums. Entsprechend hat sich ihr Start-up zur Aufgabe gemacht zu prognostizieren, wie stark einzelne Bauteile im Fahrzeug belastet sind und wann sie voraussichtlich ausfallen werden. Wie das? **Compredict legt Nutzungsprofile von Fahrzeugen an, zapft die zig im Auto verbauten Sensoren an und wertet sie mittels Algorithmen aus.**

Umsetzung: Schon in ihren Doktorarbeiten an der TU Darmstadt haben sich Foulard und Fietzek mit digitalen Lösungen zur Online-Lastüberwachung auseinandergesetzt. Dank einer ersten Finanzie-



Rafael Fietzek (r.) und Stéphane Foulard. „Für Autobauer ergeben sich aus den Daten große Einsparpotenziale“, sagt Fietzek. Fürs Beispiel Rad bis zu vier Euro. Im Großserienmaßstab ein Vermögen

rungsrunde nahm das Start-up Fahrt auf. **Wichtig: Absolute Diskretion.** Autobauer haben es nicht gerne, wenn man ihnen unter die Motorhaube schaut.

Hürden: Neben der Angst vor Industriespionen, die in der Automobilbranche aggressiv agieren, stehen die Gründer vor dem **Problem, hochqualifizierte Ingenieure zu finden.**

Nächste Schritte: Bislang beschränkt sich der Service auf B2B-Kunden. **Der Plan ist, auch einen Service für Endkunden zu entwickeln.**

Blitzlader



StoreDot-Chef Doron Myersdorf: „Unsere Batterie wird dazu beitragen, die größte Hürde für den Besitz von E-Autos zu überwinden“

Start-up: StoreDot (mehr als 100 Mitarbeiter)

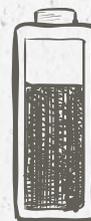
Gründung: 2012

Idee: Mithilfe einer Batterie, **die binnen fünf Minuten zu 100 Prozent aufgeladen ist**, die „Reichweitenangst“ therapieren, die viele Kunden von einem E-Auto-Kauf abhält.

Umsetzung: Im Mai 2021 schloss StoreDot einen Rahmenvertrag zur Serienfertigung mit einem chinesischen Produzenten. Der große Vorteil für Hersteller: Die Schnelllade-Batterien können in bestehenden Fertigungslinien für Lithium-Ionen-Batterien produziert werden. StoreDot kooperiert mit Global Playern der Autobranche und **hat schon mehrere Hundert Millionen Euro Startkapital eingesammelt.**

Hürden: Den Batterieinhalt mittels neuartiger Elektrolytlösungen und Nanomaterialien so zu gestalten, dass die Batterie auch nach mehr als 1.000-Ladezyklen ihre Leistung behält.

Nächste Schritte: Im Jahr 2024 soll die Serienfertigung für globale Fahrzeughersteller starten.



Impressum

Herausgeber

Schaeffler AG
Industriestraße 1–3
D-91074 Herzogenaurach
www.schaeffler.com

Projektleitung „tomorrow“

Nadja Lemke
(Leiterin Global Branding & Corporate Marketing),
Martin Mai
(Leiter Newsroom, Chefredaktion Schaeffler Gruppe)

Kontakt mit der Redaktion

tomorrow@speedpool.com

Redaktionsleitung

Volker Paulun,
Stefan Pajung (Stv.)

Koordination

Carina Chowanek,
Gina Fernandez

Druckvorstufe

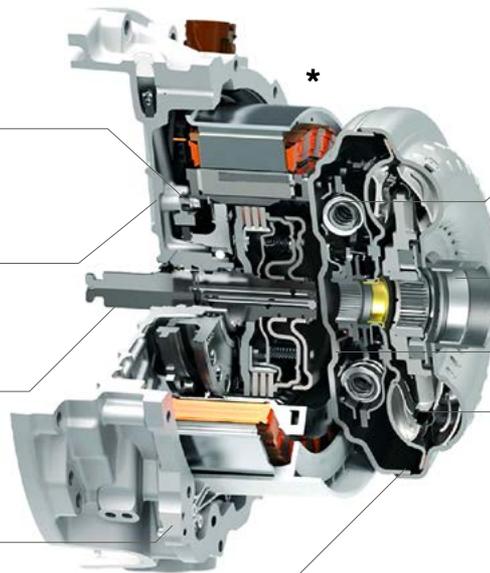
Julien Gradtke,
Anke von Lübken

Druck

Hofmann Druck Nürnberg GmbH & Co. KG

Autoren

Christoph Brix, Björn Carstens, Jan Horst,
Lars Krone, Andrea Neumeyer, Leopold
Wieland, Prof. Dr. Gesa Ziemer



Chefredaktion

Martin Mai (v. i. S. d. P.)

Redaktion und Produktion

Speedpool GmbH

Schlussredaktion

David Feist,
Christoph Kirchner

Grafik

Janina Roll, Julian
Schmaljohann,
Thomas Wildelau

* Ausgezeichnet mit einem Automotive News
PACE Award: Durch sein kompaktes Design ist das
Hybridmodul von Schaeffler auf unterschiedlichen
Fahrzeugplattformen einsetzbar.

Fotos/Illustrationen

Titel: Martin Steinthaler/Getty ; S. 3: Schaeffler; S. 4/5: Fraunhofer IIS,
Sebastian Koch/CUPRA, Getty (2), iStock; S. 6: John Deere; S. 7: iStock,
Schaeffler; S. 8–11: gemeinfrei; S. 12: gemeinfrei, Schaeffler;
S. 13: gemeinfrei; S. 14: gemeinfrei, Dorian Mongel/unsplash;
S. 15: Getty; S. 16–19: Schaeffler; S. 20–25: Aaron Foster/Getty,
Schaeffler; S. 26/27: Kurt Fuchs/Fraunhofer; S. 28: Fraunhofer, Getty;
S. 29: Kurt Fuchs/Fraunhofer, Paul Pulkert/Fraunhofer; S. 30: Paul
Pulkert/Fraunhofer; S. 31: Fraunhofer, privat; S. 32/33: MIT, SpinLaunch,
Schaeffler; S. 34/35: DTM, Vay; S. 36/37: LAT; S. 38: privat;
S. 39: Mitsubishi, Volkswagen, privat; S. 40: LAT; S. 41: Michael Kunkel/
Hoch Zwei; S. 42: H₂ Clipper; S. 43: Hybrid Air Vehicles; S. 44: PowerX;
S. 45: Hersteller; S. 46: Wind Catching Systems; S. 47: Schaeffler;

S. 48/49: Getty; S. 50: Getty, CMBlu; S. 51: Iris Maurer/Leibniz-Insitut;
S. 52/53: Getty; S.54: Getty; S. 55: Getty, Schaeffler; S. 56: Getty;
S. 57: University Southampton, Bleep/Christie's; S. 58: Walter
Schießwohl; S. 59: Beno Tobler; S. 60: Marie Thérèse Jakoubek;
S. 61: Walter Schießwohl; S. 62: Sciaps, Google Earth; S. 63: Getty (2),
Ithaca College; S. 64–66: Getty; S. 67: Steve Brandon/Pixabay, Getty;
S. 68: Schaeffler; S. 69: UPS; S. 70: Getty; S. 71: Joe Doucet, Red Bull
Content Pool; S. 72: Martin Stollberg/Trumpf; S. 74: iStock;
S. 75: Traceless Material; S. 76: Teleclinic, Rolex; S. 77: Fibonacci/Saam
Gabbay, Zolli Candy/Wikimedia; S. 78: Appinio GmbH, Hyperganic;
S. 79: Schaeffler; S. 80: Compredict; S. 81: Miga and Mike, StoreDot;
S. 82: Schaeffler

© 2021 Alle Rechte vorbehalten Nachdruck nur mit Genehmigung

tomorrow Alle bisher erschienenen Ausgaben



01/2015
Mobilität
für morgen



02/2015
Produktivität



03/2015
Unterwegs



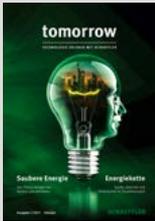
01/2016
Innovationen



02/2016
Nachhaltigkeit



03/2016
Digitalisierung



01/2017
Energie



02/2017
Bewegung



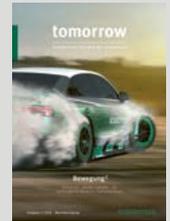
03/2017
Maschinen



01/2018
Transformation



02/2018
Urbanisierung



03/2018
Beschleunigung



01/2019
Herausforderungen



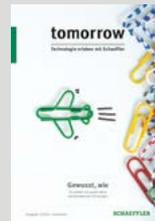
02/2019
Holismus



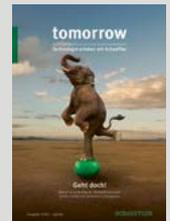
03/2019
Arbeit



01/2020
Chancen



02/2020
Innovation



01/2021
Agilität



02/2021
Effizienz



03/2021
Pioniergeist

tomorrow im Internet



Als digitales Magazin
mit zusätzlichen Features
www.schaeffler-tomorrow.de

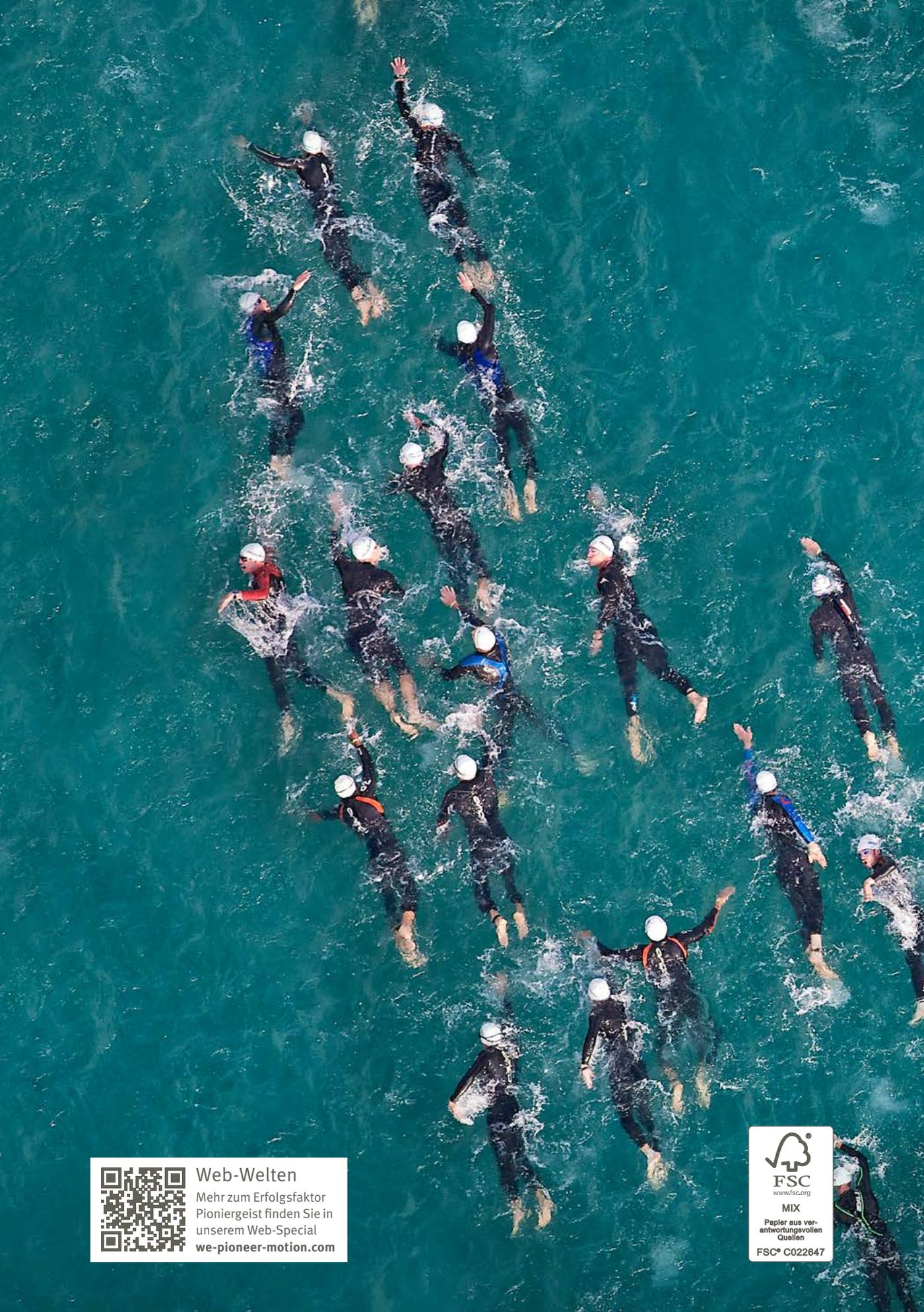


Zum Herunterladen
als E-Paper oder PDF
www.schaeffler.de/tomorrow



tomorrow im Abonnement

Wir nehmen Sie gern in den
Verteiler für das Magazin auf
tomorrow@speedpool.com



Web-Welten

Mehr zum Erfolgsfaktor
Pioniergeist finden Sie in
unserem Web-Special
we-pioneer-motion.com



MIX
Papier aus ver-
antwortungsvollen
Quellen

FSC® C022647