



tomorrow

Technologie erleben mit Schaeffler

Umdenken

Innovative Technologien lassen neue
und bestehende Systeme aufblühen

Sys|tem, das; [zys'te:m]

Als System (altgriechisch *sýstēma* „aus mehreren Einzelteilen zusammengesetztes Ganzes“) wird im Allgemeinen ein abgrenzbares, natürliches oder künstliches „Gebilde“ bezeichnet, das aus verschiedenen Komponenten mit unterschiedlichen Eigenschaften besteht, die aufgrund bestimmter geordneter Beziehungen untereinander als gemeinsames Ganzes betrachtet werden (können).

Bedeutungen:

- [1] Systemtheorie: eine [...] Struktur, die eine Gesamtheit beziehungsweise eine [...] „Menge“ von Objekten einbezieht; ein definiertes Prinzip, das einer bestimmten Ordnung zugrunde liegt
- [2] Gefüge, in sich zusammenhängende Gesamtheit mit einer bestimmten inneren Ordnung
- [3] Wissenschaft: wissenschaftliches Schema mit sämtlichen Aussagen
- [4] Politik, Wirtschaft: staatliche, wirtschaftliche, gesellschaftliche Organisation oder Regierungsform, die den verfassungsrechtlichen Bestimmungen des Staates entspricht
- [5] Sprachwissenschaft, Technik, Informationstechnik, Informatik: Menge von Elementen, zwischen denen Beziehungen bestehen oder die nach bestimmten Regeln verwendet werden müssen/können
- [6] Biologie, Ökologie: Zusammenfassung in (Tier-, Pflanzen-) Gruppen

Quellen:

„System“. In: Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 2. November 2022, 09:30 UTC.
RL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=System&oldid=227587062>, Abgerufen: 18. November 2022, 07:12)

System. (14. Oktober 2022). Wiktionary, Das freie Wörterbuch. Abgerufen am 17. November 2022, 14:16 von <https://de.wiktionary.org/w/index.php?title=System&oldid=9324940>.

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,

„Never change a running system“ – dieses geflügelte Wort aus der IT-Welt ist ebenso bekannt wie: FALSCH. Sicherlich: Auch ich habe mich schon so manches Mal geärgert, wenn mein Computer nach einem Update nicht mehr so rundlief wie vorher. Aber noch mal: „Never change a running system“ kann nicht die Alternative sein.

Wo stünde die Menschheit, wenn sie immer im Status quo verharren wäre? Autos, Flugzeuge, Internet, Röntgenapparate, Solar- oder Brennstoffzellen – alles nicht da. Natürlich: Innovationen bringen auch Herausforderungen mit sich. Ohne die vor etwa 200 Jahren begonnene Industrialisierung hätten wir heute nicht mit dem Klimawandel zu kämpfen. Auf der anderen Seite: Hätten wir früher in die bestehenden Systeme eingegriffen, stünden wir jetzt nicht so unter Zugzwang, das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen. Umso mehr gilt jetzt: „Let's change the systems.“

Wir bei Schaeffler bekennen uns ausdrücklich zu diesem 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens. Entsprechend ehrgeizig sind auch unsere unternehmensweiten Klimaziele gesetzt. Dafür haben wir in allen Bereichen Produkte, Produktionen und Prozesse auf den Prüfstand gestellt und begonnen, die Systeme neu aufzusetzen.

Stichwort Produkte, Produktionen und Prozesse: Ab Seite 14 stellen wir Ihnen unseren Sondermaschinenbau vor. Einst gegründet, um unsere eigene Produktion zu optimieren, setzen unsere Experten ihre mannigfaltigen Kompetenzen immer mehr ein, um auch die Fertigung anderer Unternehmen voranzubringen. „Let's change the systems“ – für mehr Effizienz, für nachhaltigeren Ressourcen-Einsatz.

Stichwort Rohstoffe: Wir entnehmen sie der Natur, um unsere Systeme am Laufen zu halten – und nicht selten überfordern wir unseren Planeten damit. Selbst scheinbar Unerschöpfliches wie



Wasser oder Sand ist mittlerweile knapp. Höchste Zeit einzugreifen. Wie? Das lesen Sie ab Seite 16 respektive Seite 46. Am nachhaltigsten ist es, entnommene Rohstoffe längstmöglich im Umlauf zu halten – in funktionierenden Kreislaufsystemen. Auch das ein Thema dieser „tomorrow“ (ab S. 40).

Sich auf neue Systeme einzulassen erfordert auch ein hohes Maß an Bereitschaft auf Nutzerseite. Welche Mauern eingerissen und welche Brücken gebaut werden müssen, das erklären uns ein Verkehrspsychologe (ab S. 26) und ein Roboterexperte (ab S. 58). Beide liefern dabei Einsichten, die über ihr Spezialgebiet hinausgehen. Aber lesen Sie selbst.

Doch bevor ich Sie in die neue Ausgabe unseres Technologiemaßgebens „tomorrow“ mit dem Schwerpunktthema „Systeme“ eintauchen lasse, möchte ich Ihnen und Ihrem Umfeld alles Gute für das neue Jahr wünschen. Ich hoffe, Sie können den Jahreswechsel nutzen, um die eigenen Systeme zu kalibrieren und frische Energien für 2023 zu tanken.

Klaus Rosenfeld
Vorsitzender des Vorstands

Engineering

Produkte, Prozesse & Produktion

6

Doppelt forscht besser

8

Wenn es keine Mauern zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gibt, gelingen Forschung und Entwicklung wirkungsvoller. Eine Beweisführung



Innovativ und individuell

14

Der Bereich Sondermaschinenbau – bei Schaeffler aus Mangel an Alternativen gegründet – ist inzwischen eine weltweit gefragte Paradedisziplin

Meerwasser zu mehr Wasser

16

Die Hälfte der Menschheit lebt ohne gesicherte Trinkwasserversorgung. Effiziente Konstruktionen können Abhilfe schaffen

Team-Triumphe

22

Geniale Einzelkämpfer werden bei der Vergabe der Nobelpreise immer mehr von Teamworkern verdrängt – Blick auf die Bilanz seit 1901

In Motion

Mobilität der Zukunft

24

Mensch, mach mit!

26

Schlüssel zu einer nachhaltigen Mobilität sind nicht nur revolutionäre Technologien, sondern unbedingt auch aufgeschlossene Homo sapiens



Das Aus für das Wort „Haus“

32

Hausarzt oder Krankenhaus waren bisher für Kranke der erste Weg. Digitalisierung und KI machen nun aber mobile Medizin möglich

Think Green

Nachhaltige Innovationen

38

Wiederverwertung ... immer wieder

40

Kreislaufwirtschaft – vom Buzzword zur absoluten Notwendigkeit. Wir versinken sonst immer mehr in einer eskalierenden Rohstoffkrise

Die Sanduhr läuft leer

46

„Wie Sand am Meer“ war gestern, der nach Wasser zweitwichtigste Rohstoff wird knapp. Fakten zu einem bedenklichen Status quo

**Digital**

Die Welt der Bits & Bytes

52

Schlechtes Image, gute Aussichten 54

Erfahrung im digitalen und virtuellen Teamwork – warum „Gamer“ auf dem Arbeitsmarkt immer begehrt werden

**Mit Roboter auf Du und Du**

58

Was in Science-Fiction seit Jahrzehnten normal ist, wird nun Wirklichkeit. Interview mit dem „Roboterversther“ Prof. Dr. Wolfram Burgard

Future Life

Leben mit dem Fortschritt

64

Digitale Sinne

66

Sehen, hören, tasten – in Hightechlaboren forscht man nach Updates für den Menschen. Das ist der Stand der Wissenschaft

Wann wird beamen Wirklichkeit?

72

Wenn es einer weiß, dann Prof. Dr. Metin Tolan, Präsident der Uni Göttingen. Eins seiner Themen als Wissenschaftskabarettist: „Die Physik bei Star Trek“

Future family

76

Fortschritt durch Technik oder Schreckensvision? Provokante Ausblicke auf visionäre Kinderwelten im Jahr 2070

**Impressum**

82

Engineering

Die Geschichte der Menschheit ist eine Geschichte bahnbrechender Erfindungen – Voraussetzung dafür ist ein systematischer Wissenstransfer.

Spieglein, Spieglein – gib mir Energie!

Es war ein langer Weg. Seit 1995 forscht Aldo Steinfeld, Professor an der Technischen Hochschule Zürich, daran, in einem nur durch Sonnenenergie gespeisten **thermochemischen Prozess aus Wasser und CO₂ synthetischen Flugzeugtreibstoff herzustellen**. Es dauerte zwei Jahrzehnte, bis erstmals solares Kerosin unter Laborbedingungen hergestellt werden konnte. Im nächsten Schritt wurde in Spanien eine einzigartige Solaranlage errichtet, um die Technologie unter realen Bedingungen zu testen. 169 der Sonne folgende Spiegel – sogenannte Heliostaten – mit einer Fläche von jeweils drei Quadratmetern lenken dort das Licht gebündelt auf die Spitze eines Turms mit einem Solarreaktor. Durch die sehr hohe solare Strahlungsintensität (2.500-mal so stark wie ungebündeltes Sonnenlicht) werden dort die für den Prozess nötigen Temperatu-

ren von über 1.500 Grad Celsius erreicht. Dabei entsteht ein Gasgemisch aus H₂ und CO. Nun, und das ist der nächste große Meilenstein, wurde durch die Ergänzung eines Gas-zu-Flüssigkeit-Wandlers an der spanischen Versuchsanlage erstmals die komplette Prozesskette bis hin zum fertigen Kerosin durchgeführt. Nächster Schritt: **Swiss Air plant, 2023 mit Solarkerosin im Tank abzuheben**. Noch ist die Effizienz dieser Methode allerdings gering. Nur 4,1 Prozent der Sonnenenergie konnten die Wissenschaftler bisher in das Solar-Kerosin überführen. 20 Prozent halten sie für machbar. Steinfeld hat errechnet, dass man ein Heliostatenkraftwerk mit der Fläche von 45.000 km² (6.300 Fußballfelder oder 0,5 Prozent der Fläche der Sahara) bräuchte, um den aktuellen Kerosin-Jahresbedarf von 414 Milliarden Litern herzustellen.





Fingerzeig Richtung Mikrowelten

Japanische Forscher der Ritsumeikan-Universität in Kyoto haben einen **hochsensiblen Roboterfinger entwickelt**, durch den sie mit winzigen Insekten interagieren können – ein haptischer Vorstoß in Mikrowelten, die bisher nur visuell übers Mikroskop erkundet werden konnten. Die Fingerspitze besteht aus flexiblen Dehnungssensoren, die mit künstlichen Muskeln (pneumatischen Ballonaktuatoren) bewegt werden. Über die Sensoren können Forscher beispielsweise messen, wie viel Kraft Insekten in den Beinen haben. Bisher konnten solche Werte nur geschätzt werden. Die Steuerung der Sensoren erfolgt über Aufsätze auf den Fingerkuppen des Bedieners. „Diese Art von System ermöglicht eine sichere Interaktion mit Insekten und anderen mikroskopischen Objekten“, sagt Professor Satoshi Konishi, der federführende Autor der Studie. Später soll ein noch feinfühleres **Nachfolgermodell auch mit anderen mikroskopisch kleinen Objekten wie Bakterien und Viren interagieren** können.

2024

will das dänische Unternehmen Hyme Energy das **erste von fossiler auf nachhaltige Nutzung umgestellte Kraftwerk** in Betrieb nehmen. Statt Öfen für einen Verbrennungsprozess erzeugen dort Speicher mit geschmolzenem Salz („Molten Salt“) Hitze für Fernwärme und/oder zur Stromgewinnung. Auf 700 Grad Celcius erwärmt werden die Speicher mit Überschussstrom aus erneuerbaren Quellen. Großer Vorteil des Kraftwerk-Recyclings: **Die bestehende und Millionen Euro teure Peripherie wie Turbinen, Transformatoren und Anschlussverbindungen kann einfach wiederverwendet werden.**

„Es kommt nicht darauf an, mit dem Kopf durch die Wand zu gehen, sondern mit den Augen die Tür zu finden“

Werner von Siemens (1816–1892), deutscher Erfinder und Industrieller

Schaeffler eröffnet Technologiezentrum



Der Fortschritt bei Fahrzeugen wird immer weniger durch klassische Mechanik und immer mehr durch Software- und Elektroniksysteme realisiert. Daher baut der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler diese Bereiche konsequent aus. Ein wichtiger Schritt: die Einweihung der „Schaeffler Technology Solutions India Private Limited“. **In dem neuen Kompetenzzentrum für die Software- und Elektronikentwicklung im indischen Pune** arbeiten rund 200 Entwickler an zukünftigen Mobilitätssystemen – und das im engen Schulterschluss mit dem E-Mobility-Headquarter im deutschen Bühl.



Gemeinsam forscher forschen

Insgesamt 1,2 Billionen Euro werden in den 40 reichsten Ländern der Erde jährlich für Forschung und Entwicklung ausgegeben. Besonders wirkungsvoll ist das Geld angelegt, wenn Wissenschaft und Wirtschaft dabei Hand in Hand agieren.



Von Dr. Lorenz Steinke

Am 16. Mai 1960 gelingt Theodore Maiman, einem gerade einmal 32 Jahre alten Physiker der Hughes Research Laboratories in Malibu/Kalifornien, Bahnbrechendes: Er und sein Team schießen den ersten Laserstrahl der Welt ab. Bahnbrechend ist das Ereignis zumindest aus heutiger Sicht: Die moderne Technikwelt ist ohne Laser schwer vorstellbar. Der ultrakonzentrierte Lichtstrahl wird in der Fertigungstechnik (u. a. zum Schneiden, Bohren, Schweißen) ebenso eingesetzt wie in der Medizin (u. a. Tumorbestrahlung, Netzhaut-OP), der Analytik und Messtechnik, in Alltagsanwendungen wie Scannerkassen oder Laserdruckern und ebenso in der Mobilität, zum Beispiel bei Lidar-Sensoren fürs autonome Fahren. Aber damals, vor

zunehmend über 60 Jahren, schießt der erste Laserstrahl der Technikgeschichte ins Nichts. Oder wie es Irnee D’Haenens, einer von Maimans Mitstreitern, augenzwinkernd formuliert: Der Laser ist eine Lösung, die nach einem Problem sucht. Besser gesagt: nach einer industriellen Verwertung der Idee. Erst als Automobil- und Flugzeughersteller in den 1970er-Jahren den Mehrwert von Lasergeräten für das Schneiden und Schweißen von Metall erkennen, setzt sich die Technologie durch und bekommt den nötigen Schub zu Weiterentwicklungen für viele weitere Einsatzbereiche. Happy End einer spät aufblühenden Beziehung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

„Im modernen Innovationsmanagement spricht man bei Forschungsergebnissen ohne konkretes Anwendungsfeld wie im Falle des Lasers auch von einem Technology Push. Das Gegenstück ist der Market Pull, also ein Forschungsauftrag aus der Industrie, bei dem die Wissenschaft helfen soll, ein konkretes Problem zu lösen. Die technische Entwicklung, wie wir sie heute kennen, wäre ohne diese beiden Varianten der interdisziplinären Zusammenarbeit nicht möglich“, erklärt Robert Klärner, der am Standort Oberpfaffenhofen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) für Technologietransfer und Wirtschaftskooperationen zuständig ist.

Praxisnähe immer mehr im Fokus

Dass eine Schlüsseltechnologie wie das Laserlicht heutzutage fast ein Jahrzehnt auf den Durchbruch wartet, hält er für eher unwahrscheinlich. „Die Tendenz in der Technology-Push- und auch der Grundlagenforschung geht eindeutig dahin, dass

schon bei Projektbeginn die Praxisrelevanz, also die Anwendung am Markt, dargelegt wird“, sagt DLR-Experte Klarner. Dadurch kann die Grundlagenarbeit wissenschaftlicher Forschung auch schneller in marktreife Produkte überführt werden. Auch Dr. Viola Gerlach vom Potsdamer Institut für transformative Nachhaltigkeitsforschung hält das für elementar. In einem Blog-Beitrag auf der Website des Instituts schreibt sie: „Wissenschaftliche Forschungsprozesse und Ergebnisse müssen sich in Zukunft noch viel mehr die kritische Frage nach ihrer gesellschaftlichen Relevanz gefallen lassen. Sie werden sich daran messen lassen müssen, welchen realen Mehrwert sie für die Weiterentwicklung der Lebensqualität und Nachhaltigkeit der Gesellschaft bringen.“

Dass neben der erhöhten Praxisrelevanz der Wissenschaft auch die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft sowohl im Technology-Push- als auch im Market-Pull-Bereich intensiviert werden muss, steht für DLR-Experte Klarner fest. Zum einen, weil die rasant beschleunigte technische Entwicklung bei gleichzeitig steigender technologischer Komplexität dies erfordert; zum anderen, um mit solchen Kooperationen einen gemeinsamen Hebel zu schaffen, damit die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft hin zur Nachhaltigkeit gelingen kann.

Transformation gelingt nur im Schulterschluss

Angesichts der großen Herausforderungen von Gegenwart und Zukunft geht es aber nicht nur um die Bündelung technologischer Kompetenzen, sondern – wie das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung in einem Positionspapier festhält – auch um das Minimieren finanzieller Risiken durch die Lastverteilung auf mehrere Schultern.

„Die Tendenz geht zu mehr Praxisrelevanz in der wissenschaftlichen Forschung“

Robert Klarner, DLR-Experte für Technologietransfer und Wirtschaftskooperationen

Ein weiterer Punkt, der laut Fraunhofer für eine engere Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft spricht, ist, dass eigene Ressourcen sowohl im Bereich Wissen als auch beim Kapital angesichts der gestiegenen Komplexität oftmals schlicht nicht mehr ausreichen, um den gesamten Entwicklungsprozess allein zu stemmen.

Uwe Wagner, Vorstand Forschung und Entwicklung der Schaeffler AG, unterstreicht diese Positionen. Er sagt: „Globale Herausforderungen und Transformationen in Mobilität, Digitalisierung oder Energieversorgung lassen sich nur im engen Schulterschluss zwischen Gesellschaft, Wissenschaft und Industrie meistern.“ Trotz eines eigenen hohen Entwicklungs-Outputs – das Unternehmen belegt seit Jahren einen Top-3-Spitzenplatz bei den Patentanmeldungen – kooperiert Schaeffler daher seit Langem erfolgreich mit wissenschaftlichen Innovationspartnern wie DLR, Helmholtz und Fraunhofer. Das bereits im Jahr 2013 initiierte universitäre





Kooperationsprojekt SHARE – die Abkürzung steht für Schaeffler Hubs for Advanced Research – hat sich zu einem globalen Forschungsnetzwerk mit weltweit führenden Universitäten entwickelt. An diesen Forschungshubs arbeiten Schaeffler-Mitarbeitende, Promovierende und Studierende des jeweiligen Hochschulpartners Hand in Hand. Forschungs- und Unternehmensinfrastruktur wird synergetisch genutzt. Themen sind Mobilität, Wasserstofftechnologien und erneuerbare Energien sowie Digitalisierung, Robotics und Industrie 4.0.

Die Vorteile für Unternehmen wie Schaeffler bei solchen Kooperationen liegen auf der Hand: Durch den Zugriff auf wissenschaftliche Kompetenzen und Technologien können Innovationen schneller (oder sogar überhaupt erst) auf den Markt gebracht werden und so Wettbewerbsvorteile entstehen. Die wissenschaftliche Institution profitiert im Gegenzug durch Know-how- und Renommee-Gewinn. Aber vor allem auch finanziell. DLR-Experte Klarner erklärt: „Wir erteilen Lizenzen für Technologien, für

die Lizenznehmer dann marktübliche Preise zahlen. Für Forschungsleistungen, die wir im Auftrag erbringen, nehmen wir ebenfalls gängige Marktpreise.“

Je nach Markterfolg der Innovation können so erhebliche Summen bei den Wissenschaftsbetrieben landen. Karlheinz Brandenburg, der als Vater des mp3-Formats gilt, schätzt, dass diese Erfindung mit allen dazugehörigen Weiterentwicklungen und Lizenzen seinem damaligen Arbeitgeber, dem Fraunhofer-Institut, mindestens eine halbe bis eine Milliarde Euro an Einnahmen gebracht hat.

500 Mrd. Euro

an öffentlichen Geldern wendet **China pro Jahr auf, um die Forschungsziele eines Fünfjahresplans** zu erreichen. Bis 2025 will China so globaler Vorreiter in zehn Zukunftstechnologien sein, darunter die regenerativen Energien und die Robotik.

Quelle: kooperation-international.de

66 %

der gesamten **Forschungs- und Entwicklungsmittel werden im EU-Schnitt** von Unternehmen bereitgestellt. 22 % steuern Hochschulen bei, 12 % der Staatssektor.

Quelle: EU-Statistik

121 Mrd. \$

betragen die jährlichen US-Bundesmittel für Forschung und Entwicklung. **45 Mrd. Dollar davon bekommt die Defense Advanced Research Projects Agency (DAPRA)** des Verteidigungsministeriums, die u. a. das Internet mitentwickelt und das Positionsbestimmungssystem GPS erfolgreich in den Privatsektor überführt hat. Die Forschungseinrichtungen des Gesundheits- (34 Mrd.) und des Energieministeriums (14 Mrd.) sind budgetär ebenfalls gut ausgestattet.

Quelle: kooperation-international.de

9 der **86 nationalen Universitäten Japans genießen einen Sonderstatus**. Sie erhalten zusätzliche Forschungsmittel und mehr Autonomie bei Ausgründungen und Industrie-Kooperationen. Außerdem gibt Japan in einem fünfjährigen nationalen Basisplan Schwerpunkte und Rahmenziele für die Forschung vor. Aktuell im Fokus: die datenbasierte Gesellschaft.

Quelle: Deutscher Akademischer Austauschdienst

16 Standorte hat der 2014 ins Leben gerufene **US-Forschungs- und Entwicklungsverbund „Manufacturing USA“**. Vorbild der auf Wissenschafts-Wirtschafts-Kooperationen setzenden Institution ist die deutsche Fraunhofer-Gesellschaft.

Und auch für ihn blieb etwas hängen. „Ich konnte ohne Kredit ein Traumhaus bauen und meine eigene kleine Venture-Capital-Firma gründen“, verriet er in einem Interview mit dem Redaktionsnetzwerk Deutschland.

Ohne Risiko kein Erfolg

Um disruptive Innovationen zu entwickeln, müsse in den Forschungs- und Entwicklungsbereichen sowohl in Wirtschaft als auch Wissenschaft „out of the box“ gedacht werden, mahnt DLR-Experte Klarner an. Dass viele disruptive Innovationen der jüngeren Vergangenheit aus den USA kämen, wundert ihn aus mehreren Gründen nicht. Zum einen hat sich dort auch in Forschung und Wissenschaft eine Kultur entwickelt, die ein Scheitern gestattet. Wer wagt, kann scheitern. Wer nicht wagt, kann nicht gewinnen. Pioniergeist statt zu viel Sicherheitsdenken. „In den USA wiegt die ‚fear of missing out‘, also die Angst, einen technologischen Trend mit entsprechenden Marktchancen zu verpassen, gerade bei Unternehmen wie auch Investoren viel schwerer als die Angst zu scheitern“, weiß Klarner. Entsprechend groß ist die Risikobereitschaft bei neuen Forschungsthemen und dem Entrepreneurship.

Punkt zwei ist das hohe Investitionsvolumen von Unternehmen in Forschung und Entwicklung. Laut dem EU Industrial R&D Investment Scoreboard 2021 investieren US-Unternehmen mit 344 Milliarden Euro im Jahr mehr als die Wettbewerber aus der EU (184 Mrd. Euro) und China (141 Mrd. Euro) zusammen. „Und Geld schießt eben Tore – was im Fußball gilt, gilt im übertragenen Sinne auch im Innovationsbereich“, vergleicht Klarner.

Bleiben wir beim lieben Geld: genauer gesagt bei staatlichen Zuschüssen für öffentliche Lehr- und Forschungsinstitutionen. Diese sind in vielen Ländern an den Erfolg in der Vertragsforschung geknüpft. Beim Fraunhofer-Institut wurde diese konsequente Marktorientierung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit bereits vor 50 Jahren eingeführt und führte dort zu einem permanenten und nachhaltigen Wachstum. Daher spricht man in Deutschland bei der Koppelung der finanziellen Zuwendungen an den Erfolg der Wissenschafts-Wirtschafts-Kooperationen auch gern vom „Fraunhofer-Modell“.



Geballte Systemkompetenz

Dass Schaeffler seit über 75 Jahren Bauteile und Systeme für Industriekunden und Automobilhersteller zuliefert, ist bekannt. In einem anderen Bereich ist das Unternehmen aber so etwas wie ein „Hidden Champion“ – oder haben Sie gewusst, dass Schaeffler ein überaus erfolgreicher Anlagenbauer ist?

Von Volker Paulun

Weil es viele für die eigene Produktion benötigte Anlagen auf dem Markt nicht gab oder eigenes Know-how zur Erreichung einer höheren Qualität geschützt werden sollte, begann Schaeffler bereits in den 60er-Jahren, diese selbst zu entwickeln: die Geburtsstunde des Sondermaschinenbaus. Längst bieten die Experten ihr System-Know-how auch externen Kunden an. Batteriezellenstacks, elektrische Zahnbürsten, Motorkettensägen oder Wärmepumpen für Haushaltsanwendungen – die Liste der Produkte, die auf Anlagen produziert werden, die der Schaeffler Sondermaschinenbau entwickelt und schüsselfertig übergeben hat, ist lang.

Auch bei den aktuellen Auftragseingängen ist der Anteil an externen Kundenprojekten mit 40 Prozent signifikant. Die Bandbreite der bedienten Branchen reicht von Energiespeichersystemen, Solar- und Windkraftanlagen über Medizintechnik und Konsumgüter bis hin zum Bereich E-Mobilität.

Die Zeichen stehen weiter auf Wachstum: Dafür wird der Sondermaschinenbau von Schaeffler bis 2024 zu einer eigenständigen Einheit innerhalb

des Unternehmens weiterentwickelt. „Durch das erweiterte Kunden- und Branchenspektrum wird der Sondermaschinenbau künftig unabhängiger von Marktschwankungen sein und insgesamt noch schlagkräftiger und erfolgreicher agieren können“, sagt Andreas Schick, Vorstand Produktion, Supply Chain Management und Einkauf der Schaeffler AG.

Schon heute ist der Sondermaschinenbau an 13 internationalen Standorten aktiv und ist mit rund 4.800 Projekten, die durch die 1.400 Mitarbeitenden pro Jahr realisiert werden, eine tragende Säule der Produktionsexzellenz des Unternehmens. „Das Portfolio des Schaeffler Sondermaschinenbaus umfasst ganzheitliche, flexible und smarte Fertigungskonzepte, die die Produktion mit Blick auf aktuelle Anforderungen wie sinkende Produktlebenszyklen oder steigende Anforderungen an die Produktvielfalt nachhaltig optimieren“, sagt Bernd Wollenick, Leiter Sondermaschinenbau der Schaeffler Gruppe.

Skalierbar und modular

Um dem sich weiter beschleunigenden technologischen Fortschritt, der Volatilität der Märkte und



„Das Portfolio des Schaeffler Sondermaschinenbaus umfasst ganzheitliche, flexible und smarte Fertigungskonzepte, die die Produktion nachhaltig optimieren“

Bernd Wollenick,
Leiter Sondermaschinenbau der Schaeffler Gruppe

den immer weiter in den Fokus rückenden Nachhaltigkeitsfaktoren gerecht zu werden, setzen die Produktionsexperten bei ihren Konzepten auf höchste Skalierbarkeit und Modularität. „Der Einsatz standardisierter Module verkürzt die Realisierungszeiten von neuen Anlagen. Ebenso können steigende Bedarfskurven genauer abgebildet werden, was Ressourcen schont und Kosten maßgeblich reduziert“, erklärt Wollenick.

In der Entwicklung individueller Produktionskonzepte setzt Schaeffler auf agile Methoden und sogenanntes Simultaneous Engineering, um durch parallele Entwicklung und frühzeitige Risikoidentifikation die Realisierungszeit zu verkürzen. Da Schaeffler nicht nur Anlagenbauer ist, sondern auch Entwickler und Hersteller verschiedenster Bauteile und Systeme, kann der Sondermaschinenbau auch auf dieses Know-how zurückgreifen und eine besondere Zusatzleistung anbieten: eine Beratungsleistung für das Produktdesign. Damit ist eine optimale Montagefreundlichkeit des Produkts möglich, die wiederum Basis für eine besonders wirtschaftliche Produktion ist. Auch eigenentwickelte Softwareapplikationen, die unter anderem eine umfangreiche Vernetzung und Datenrückverfolgung ermöglichen, machen Arbeitsabläufe effizienter und reduzieren den CO₂-Ausstoß in der Fertigung nachhaltig.

Aber es muss nicht immer ein kompletter Neubau sein, um eine Produktionsanlage effizienter und nachhaltiger werden zu lassen. Der



Der Sondermaschinenbau von Schaeffler realisiert weltweit mit 1.400 Mitarbeitenden 4.800 Projekte pro Jahr

Sondermaschinenbau von Schaeffler setzt gleichermaßen auf die Möglichkeit zur Optimierung von Bestandsanlagen. Allein durch den Retrofit von 50 Montage- und Prüfanlagen konnten die Schaeffler-Experten unlängst an einem Standort eine jährliche Einsparung von etwa 105.000 Kilowattstunden Strom und 5.000 Normkubikmeter Druckluft erreichen.



Erfahren Sie mehr zum
Sondermaschinenbau
von Schaeffler



Wasser = Leben

Rund acht Milliarden Menschen bevölkern die Erde, fast vier Milliarden davon leben ohne sichere Trinkwasserversorgung. Ein Megaproblem, das durch die Erderwärmung weiter verstärkt wird. Internationale Forschungsteams arbeiten systematisch mit NGOs und anderen Institutionen an neuen Technologien, Trinkwasserquellen anzuzapfen. „tomorrow“ stellt einige davon vor.

Luft, die man trinken kann

Luft ist nicht nichts. Neben Stickstoff, Sauerstoff und anderen Gasen ist ein essenzieller Bestandteil Wasser in Form von Wasserdampf. Wie viel davon in der Luft vorhanden ist, schwankt. Im Mittel beträgt der Wasserdampfgehalt in der Troposphäre – der untersten Schicht der Erdatmosphäre – rund 1,4 Prozent. Die Tropen mit etwa drei Prozent Wasserdampfgehalt in der Umgebungsluft sowie die Pole mit nur etwa 0,1 Prozent bilden die beiden Extreme. Auf der Suche nach neuen Trinkwasserquellen verfolgen Forschende nun unterschiedliche Strategien, diese (unsichtbare) Feuchtigkeit zu nutzen.

Kondensationsbox



So funktioniert's: Die Skywater-Box des kalifornischen Tüftlers David Hertz nutzt das Prinzip der Kondensation: Wenn heiße Luft auf kalte Oberflächen trifft, verflüssigt sich Wasserdampf. Die Luft wird entweder mit Solarenergie oder Bioabfällen erhitzt. „Wir produzieren ein tropisches Klima in einem Kasten“, erklärt Hertz seine Erfindung. So simpel wie genial: Der Prozess ermöglicht die Wassergewinnung auch unter sehr trockenen Bedingungen. Das gesammelte Kondenswasser wird anschließend gefiltert und gereinigt.



Ausbeute: David Hertz hat gezeigt, dass er mit seinen Boxen – kleinen, ausrangierten Versandcontainern – bis zu 2.000 Liter Wasser innerhalb von 24 Stunden aus der Atmosphäre

ziehen kann – und zwar mit 100 Prozent erneuerbaren Energien und zu einem Preis von höchstens zwei Cent pro Liter. Seine Formel: Je mehr Luftfeuchtigkeit und je höher die Temperatur, desto mehr Trinkwasser. „Wir sind sogar CO₂-negativ“, sagt Hertz, „wir trennen den Kohlenstoff, sammeln ihn und speichern ihn als Dünger im Boden.“

Skywater-Boxen saugen Feuchtigkeit aus der Luft, um sie in Form von Trinkwasser zur Verfügung zu stellen





Superabsorbierendes Gel, das Wasser aus Wüstenluft extrahieren kann

Hydrogel



So funktioniert's: Wissenschaftler der University of Texas haben ein Gel entwickelt, das selbst trockener Wüstenluft noch Trinkwasser entziehen kann. Der Clou ist eine thermoresponsive Zellulose – also ein Material, dessen Eigenschaften sich je nach Temperatur verändern. In den kühlen Nächten kann das Material

Nebelnetze



So funktioniert's: Vorzugsweise in trockenen Gebirgs- und Küstenregionen mit viel Nebel und Wind werden sogenannte Nebelfänger aufgestellt – das sind senkrecht stehende Netze aus einem Spezialgitter (zum Beispiel Nylon), an dem kleinste Tröpfchen hängenbleiben und sich zu großen Tropfen vereinen. Diese laufen dann ohne Energiezufuhr durch die Schwerkraft nach unten in eine Auffangrinne. Von dort fließt das Nebelwasser durch Leitungen in ein Reservoir. Seit vielen Jahren, teilweise Jahrzehnten, wird mithilfe von Nebelnetzen Trinkwasser geerntet. Beispielsweise bietet die „Wasserstiftung“, eine unabhängige Organisation aus München, mit dem sogenannten CloudFisher ein solches Produkt an. Nebelnetze werden zum Beispiel in Bolivien, Peru, Tansania und Marokko eingesetzt. Äthiopien, Chile, Eritrea, Spanien oder Südafrika eignen sich dafür ebenfalls.



Wasser binden. Beim Aufheizen während des Tages wirkt das Gel wasserabweisend und das eingefangene Wasser wird freigesetzt. Eine unterm Strich besonders energiesparende und simpel anwendbare Methode für jeden Haushalt. Ein Kilogramm des Gels soll nur zwei Euro kosten.



Ausbeute: In Gegenden mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von unter 15 Prozent kann nach Angaben der US-Wissenschaftler ein Kilogramm Gel der Luft etwa sechs Liter Wasser pro Tag entziehen. Bei einer Luftfeuchtigkeit von bis zu 30 Prozent sind es schon bis zu 13 Liter Wasser täglich. Durch weitere Optimierung und dickere Gelschichten lässt sich die Wassermenge laut der Forschergruppe deutlich erhöhen.

Nebelnetze in Bolivien



Ausbeute: Je nach Region und Jahreszeit liegt die tägliche Wasserausbeute zwischen sechs und 22 Litern pro Quadratmeter Netz. Laut der Münchener Rück Stiftung, die Projekte zur Gewinnung von Trinkwasser in armen Regionen fördert, profitieren weltweit Hunderttausende Menschen von den Nebelnetzen. Zudem dienen die Spezialgewebe – ergänzt durch horizontal angebrachte Kunststoffplatten – auch zu Monsunzeiten der Wassergewinnung.



Trinkwasser aus dem Meer

Die Weltbevölkerung wächst – und damit auch ihr Durst. Die Lösung des Problems, so scheint es, liegt auf der Hand: Der Blaue Planet Erde ist zu 70 Prozent von Wasser bedeckt. Gelänge es, diese Vorräte anzuzapfen, wäre das Wasserproblem der Menschheit gelöst. Oder etwa nicht? Fakt ist: Von klassischen Meerwasserentsalzungsanlagen hängen weltweit Hunderte Millionen Menschen ab. Forschende arbeiten derweil an rentableren und nachhaltigeren Methoden, wie man das Salz noch aus dem Wasser bekommt.

Trinkwasser per Knopfdruck



So funktioniert's: Salzwasser in Trinkwasser umzuwandeln ist kein Hexenwerk. Das gilt allerdings nicht für Privatpersonen, denn dafür bräuchte man spezielle Filter in Kombination mit leistungsstarken Hochdruckpumpen. Viel zu aufwendig. Hier setzte ein Team des Massachusetts Institute of Technology (MIT) an, das einen idiotensicheren Koffer entwickelt haben will, um aus Salz-Trinkwasser herzustellen – alles ohne Filter, dafür mit elektrischer Energie und via Knopfdruck. Ober- und unterhalb eines Wasserkanals wird entlang von Membranen ein elektrisches Feld angelegt. Positiv und negativ geladene Teilchen werden so beim Vorbeifließen von den Membranen abgestoßen und „herausgefiltert“. Neben den Salzmolekülen betrifft dies auch andere unliebsame Bestandteile wie Viren und Bakterien. Am MIT nennen sie die spezielle Technik „Ionenkonzentrationspolarisation“. In einem zweiten Schritt findet eine sogenannte „Elektrodialyse“ statt. Diese entfernt auch die letzten Salzionen aus der Flüssigkeit.

Der Koffer zur Trinkwassergewinnung wiegt weniger als zehn Kilogramm



Ausbeute: Die Forschenden versprechen sich trinkbares Wasser, das eine noch höhere Qualität aufweist als von der Weltgesundheitsorganisation WHO empfohlen. Laut MIT dauert das in der Praxis nur rund eine halbe Stunde für ein Glas Wasser.

97 %

der Wasservorräte auf der Erde sind **salzhaltig** und damit ungenießbar.

7

Liter Wasser verbraucht ein tropfender Wasserhahn täglich. Ein Hahn, der pro Minute 20 Tropfen verliert, vergeudet pro Jahr circa 2.500 Liter.

6-mal

mehr Wasser als 1930 wurde laut den Vereinten Nationen auf der Erde im Jahr 2000 verbraucht. Schätzungen zufolge soll der globale Bedarf bis 2050 in ähnlicher Größenordnung weitersteigen.





Stück eines Carbonatgesteins unter dem Meeresboden, das Grundwasser führen könnte

Trinkwasser aus dem Meeresboden

So funktioniert's: Eine globale Bestandsaufnahme des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung in Kiel ergab, dass sich im Meeresboden rund um den Globus riesige Frischwasserreserven im Grundwasser verstecken, im Englischen „Offshore Freshened Groundwater“ (OFG) genannt. Die Gretchenfrage: Können wir all diese Reservoirs auch als Trinkwasserquellen nutzen? Noch konnten die Wissenschaftler nicht abschließend klären, welche Kalkgesteine, die das Grundwasser in einer Tiefe von bis zu 400 Meter wie ein Schwamm speichern, bereits mit dem Land verbunden sind, also welche wir schon längst angezapft haben und welche nicht. Dr. Aaron Micallef vom GEOMAR ist derzeit optimistisch: „Unsere Ergebnisse sind ermutigend, weil wir OFG in sehr unterschiedlichen geologischen Umgebungen kartieren und detaillierte Kenntnisse darüber gewinnen konnten, wie es abgelagert wurde.“ Die Studie zeige aber auch Lücken im Verständnis von OFG auf, wie zum Beispiel den genauen Zeitpunkt der jeweiligen Entstehung und ob die Vorkommen derzeit neu befüllt werden. „Diese Informationen sind aber entscheidend, wenn wir OFG als unkonventionelle Wasserquelle beurteilen wollen“, so Micallef.

Ausbeute: Für die Studie wertete das Forschungsteam insgesamt 300 dokumentierte Aufzeichnungen von OFG aus. Es schätzt das globale Volumen dieser Vorkommen auf eine Million Kubikkilometer. Das ist etwa doppelt so viel wie das Volumen des Schwarzen Meeres und etwa fünf Prozent des geschätzten globalen Grundwasservolumens in den oberen zwei Kilometern der kontinentalen Kruste. Die Vorkommen befinden sich hauptsächlich in Gebieten bis zu 55 Kilometer von den jeweiligen Küsten entfernt und bis zu einer Wassertiefe von 100 Metern.

Lithium aus Meerwasser gewinnen

Für Elektroauto-Batterien ist Lithium ein elementarer Rohstoff, der Bedarf nach dem „Weißen Gold“ steigt und steigt. Forschungsteams weltweit arbeiten an neuen, umwelt- und menschenfreundlicheren Methoden zur Gewinnung. Am Leibniz-Institut in Saarbrücken wurde jüngst ein Ansatz entwickelt, um Lithium energiearm und gleichzeitig ertragreich aus Meerwasser zu filtern. Die Idee: eine modifizierte Flüssigbatterie, in der das Wasser in zwei zusätzlichen Kammern durch Membranen aus Keramik gepumpt wird. Dabei reichert sich die Flüssigkeit im Stromspeicher in einem kontinuierlichen Kreislaufsystem zunehmend mit Lithium-Ionen an, aus denen die Lithium-Salze für die Batterien gewonnen werden.

Wassermanagement bei Schaeffler

Ziel:

Bis 2030 soll der Wasserbezug um 20 Prozent gesenkt werden.

Maßnahmen:

- Wiederverwendung von industriellem Abwasser: Vorreiter ist das Werk im chinesischen Taicang. Um die Schadstoffe im Wasser zu eliminieren, die bei der Oberflächenbeschichtung (Galvanisierung) anfallen, wurde ein Vakuumverdampfer installiert. Mithilfe einer nachgeschalteten Membranfiltration erreicht das Werk so eine Aufbereitungsquote von knapp 90 Prozent. Diese Methode wird künftig flächendeckend an Schaeffler-Standorten eingesetzt.
- Überprüfung und Modernisierung veralteter Anlagentechnik: Im Werk im spanischen Elgoibar wird beispielsweise ein Kreislaufsystem des Abwassers bei der Nadelherstellung umgesetzt.
- Moderne Geschirrspülmaschinen benötigen 80 Prozent weniger Wasser pro Tag in Kantinen.
- Der Einbau von wasserreduzierenden Strahlreglern an Wasserhähnen reduziert den Verbrauch um bis zu 50 Prozent.

Wüstentreibhäuser



So funktioniert's: In Treibhäusern gedeihen in gemäßigten Klimazonen Gemüsesorten, für die es dort eigentlich zu kalt ist. In der Wüste dreht die norwegische NGO „Sahara Forest Project“ dieses Prinzip um, um dort klimafreundlich Lebensmittel zu produzieren, wo es für den Anbau eigentlich zu heiß und zu trocken ist. Ihre Idee: Salzwasser wird in die Sahara gepumpt, das in Gewächshäusern verdampft, dort Wärme aufnimmt und die Treibhäuser so kühlt. Am Ende soll, quasi als Nebenprodukt, sauberes Süßwasser herauspringen, da der Dampf an den Wänden kondensiert, abgeleitet und nach einer weiteren Aufbereitung zu Trinkwasser wird. Die notwendige Energie kommt aus Solaranlagen. Das Projekt machte bereits 2008 erste Gehversuche, inzwischen gibt es Pilotprojekte in Katar und Jordanien.



Ausbeute: In einer ersten Projektphase, in der sich die Plantagen über drei Hektar erstreckten, kamen täglich 10.000 Liter Süßwasser durch Entsalzung mittels Solarenergie zusammen.

Kühlende Gewächshäuser produzieren Süßwasser



3 Fragen an ...



... Prof. Dr.-Ing. Steffen Krause, Experte auf dem Gebiet der Trinkwasserversorgung an der Universität der Bundeswehr München.

Worauf kommt es im Wesentlichen bei der Trinkwasserversorgung an?

Die vorhandenen Trinkwasserressourcen effizient zu nutzen muss ein globales Nachhaltigkeitsziel werden. Vor allem im Bereich der Landwirtschaft. Global werden circa 70 Prozent der Ressourcen, die mal Trinkwasser werden könnten, für die Landwirtschaft genutzt. In dem Bereich muss die Effizienz der Bewässerung gesteigert werden. Wir in Europa importieren virtuell Wasser aus Gegenden der Welt, wo ineffizient bewäs-

sert wird und Ressourcen übernutzt werden, beispielsweise für Kakao, Kaffee oder Baumwolle.

Aber es geht nicht nur um die Landwirtschaft, oder?

Ein anderer großer Teil der Ressourcen, die eigentlich Trinkwasser sind oder werden könnten, geht verloren, weil Abwasser unbehandelt in Oberflächengewässer eingeleitet werden und auch das Grundwasser belasten. Wenn schon Oberflächenwasser verdorben wird, weil Textilien gefärbt werden, dann sollten diese nicht als Fast Fashion nur kurz genutzt werden. Ähnliches gilt für einen achtsamen Umgang mit Lebensmitteln. Lebensmittel, die auch einen großen Teil unseres Water Footprints ausmachen, dürfen nicht mehr in dem Umfang wie bisher verderben oder entsorgt werden.

Wie bewerten Sie den Fortschritt bei den innovativen Methoden zur Trinkwassergewinnung?

Lösungen wie CloudFishing oder verschiedene neue Methoden zur Meerwasserentsalzung helfen nicht nur dem Menschen bei der Trinkwassergewinnung, sondern kommen der Umwelt insgesamt zugute – allerdings nur, wenn negative Folgeeffekte der

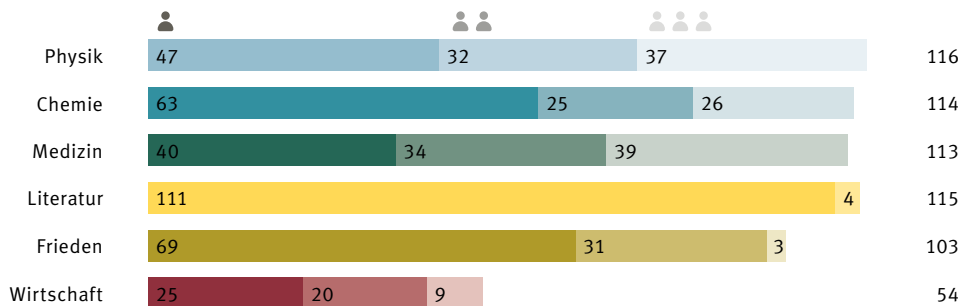
Anlagen vermieden werden. So ergab eine UN-Studie 2019, dass weltweit pro Tag 142 Millionen Kubikmeter hochkonzentrierter Salzlauge an die Umwelt abgegeben werden – weit mehr als bisher gedacht. Ein schwerwiegendes Problem: Ein Großteil der Salzlauge wird einfach zurück ins Meer geleitet und bringt das ökologische Gleichgewicht in Schieflage. Die Konzentrate aus der Umkehrosmose sind ein tatsächliches Problem. In einigen Regionen des Mittelmeers ist die Anreicherung der Salze durch die Einleitung der Konzentrate schon messbar. Ich vermute, dass die Entsorgung der Konzentrate auch in Deutschland die größte Hürde ist, Anlagen im großen Stil zu bauen. Problematisch ist zudem der hohe Energiebedarf der Entsalzungsanlagen. Zur Einordnung: Heute gängige Osmoseanlagen brauchen rund 7 bis 7,5 Kilowattstunden Strom pro Kubikmeter Süßwasser. Soll hier Ökostrom zum Einsatz kommen, bedarf es entweder eines Energiespeichers, um Dunkelflauten abzufedern, oder großer Wassertanks, in denen entsalztes Wasser bevorratet werden kann, wenn gerade Ökostrom im Überfluss produziert wird. Beide Varianten würden die Preise in die Höhe treiben.

And the winner is ... das Team

In den Systemen von Forschung, Entwicklung und Wissenschaft spielt Teamwork eine wichtige Rolle. Das zeigt auch ein Blick auf die seit 1901 vergebenen Nobelpreise. Gerade in Physik, Medizin und Chemie erhalten immer öfter Gemeinschaftsarbeiten von zwei oder drei Personen die prestigeträchtige Auszeichnung.

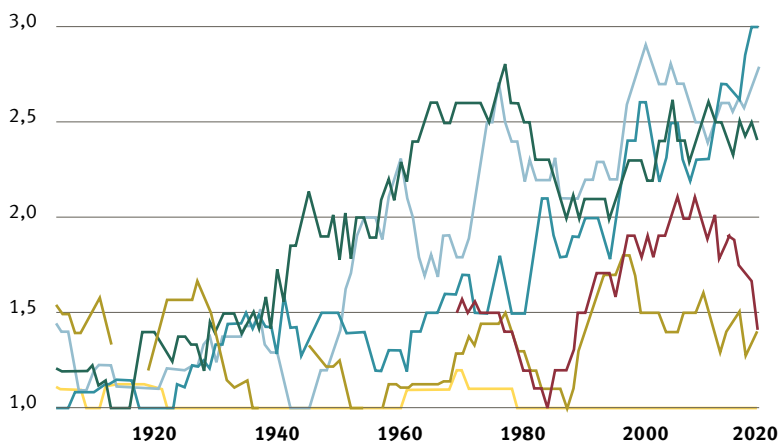
1, 2 oder 3: 615 Nobelpreise und an wen sie gegangen sind

Zwischen 1901 und 2022 wurden die Nobelpreise und der Preis für Wirtschaftswissenschaften 615 Mal verliehen. So verteilen sich die Preise auf Einzel- und Mehrfachgewinner



Nobelpreise und die Zahl der Preisträger im Verlauf der Zeit

(Farbzuordnung wie oben; geglättet pro Jahr auf Durchschnitt 5 Jahre zuvor und danach; Quelle: joeran.de/nobelpreis-kooperation)



3 Personen maximal können sich einen Nobelpreis teilen.

Ausnahme: Institutionen.

Sie werden als Einzelperson gewertet. 28 Mal war dies beim Friedensnobelpreis der Fall, zuletzt 2022:

Neben dem belarussischen Menschenrechtler Ales Bjaljazki wurden auch die russische Organisation Memorial und das ukrainische Center for Civil Liberties geehrt.

Fehler im Nobelpreis-System



1938 experimentiert der deutsche Chemiker Otto Hahn mit seinem Assistenten Fritz Strassmann mit Uran 239 und lässt es, wie er es selbst sagt, „zerplatzen“. So richtig kann er seine Beobachtungen aber nicht deuten und bittet seine Freundin, **die im Exil lebende Physikerin Lise Meitner**, per Brief um Hilfe. Und die kommt: Im Februar 1939 liefert sie zusammen mit ihrem Neffen Otto Frisch und basierend auf Hahns Beobachtungen **die erste physikalisch-theoretische Erklärung der Kernspaltung**. Umso unverständlicher, dass Otto Hahn allein 1945 für die Entdeckung der Kernspaltung mit dem Nobelpreis für Chemie geehrt wird. Noch kurioser: Lise Meitner wurde insgesamt 48 Mal für ihre Forschungsergebnisse in den Bereichen Chemie und Physik für einen Nobelpreis nominiert, allein sieben Mal von Max Planck, und ging stets leer aus. Sie starb 1968 kurz vor ihrem 90. Geburtstag.



1967 macht die junge nordirische **Astrophysik-Studentin Jocelyn Bell Burnell** eine der wichtigsten astronomischen Entdeckungen des 20. Jahrhunderts: Sie qualifiziert spezielle Radiowellen-Bündelungen **erstmalig als Signale von einem Pulsar**, einem extrem schnell rotierenden Neutronenstern. Sieben Jahre später gibt es für diese Entdeckung den Nobelpreis für Physik – allerdings nicht für Burnell, sondern für ihren Doktorvater Antony Hewish und Martin Ryle, einen weiteren beteiligten Astronomen. Der Skandal ist perfekt.

1958 stirbt die britische **Biophysikerin und Röntgenexpertin Rosalind Franklin**. Berühmt wurde sie durch ihre bahnbrechenden Untersuchungen zur Struktur der DNA. Einer ihrer Laborpartner ist Maurice Wilkins, aber die Chemie zwischen den beiden stimmt nicht. Franklin sei eine sture Besserwisserin, mault Wilkins. Ohne ihr Wissen zeigt Wilkins – wie unfein – zwei weiteren Wissenschaftskollegen, die ebenfalls in dem Bereich forschen, von Franklin gemachte Röntgenbilder. Darauf eindeutig zu sehen: die Doppelhelix-Struktur der DNA. Die beiden Abgucker heißen James Watson und Francis Crick. „Zwei wissenschaftliche Clowns“, wie sie der bekannte DNA-Forscher Erwin Chargaff verächtlich bezeichnet. Auch Chargaff liefert ihnen ungewollt Wissen zu, nämlich die Erkenntnis, dass die DNA aus vier Basen besteht. **Watson und Crick basteln aus Franklins Struktur und Chargaffs Bausteinen den Nachweis der Doppelhelix-Struktur der DNA zusammen** und werden dafür zusammen mit Wilkins 1962 mit dem Medizin-Nobelpreis geehrt. In ihrer Dankesrede erwähnen sie die entscheidende Vorarbeit der da schon verstorbenen Rosalind Franklin mit keinem Wort. Aus Scham über den Wissensdiebstahl?



In Motion

Emissionen, Effizienz, Sicherheit, Verfügbarkeit – die Mobilitätssysteme der Welt müssen sich wandeln, um neuen Anforderungen gerecht zu werden.

Offroad extrem – Schaeffler-Technologie besteht Hörtetest

Das Steer-by-Wire-System „Space Drive“ von Schaeffler By-Wire ist eine Schlüsseltechnologie für das autonome Fahren. Die digitale Lenkung der Zukunft hat schon heute ihre Funktionalität und Zuverlässigkeit unter Beweis gestellt: mit mehr als einer Milliarde gefahrenen Kilometern in der Behindertenmobilität und bei zahlreichen Rennstreckeneinsätzen bis hin zur Nürburgring-Nordschleife. **Jetzt bestand „Space Drive“ den nächsten Hörtetest.** An Bord eines auf Offroad getunten und

vom dreimaligen Le-Mans-Sieger Romain Dumas gesteuerten Porsche 911 erreichte das Lenksystem von Schaeffler in den chilenischen Anden erstmals eine Höhe von über 6.000 Meter. **Auch für Porsche war es ein neuer Höhenrekord.** Eigentlich sollte es sogar noch weiter hinauf gehen – bis auf den Gipfel des Ojos Del Salado, mit knapp 6.900 Metern der höchste aktive Vulkan der Erde. Doch eine riesige Eiswand stellte sich dem Vorhaben in den Weg. Da war selbst die beste Technik machtlos.





E-Mobilität aus Afrika für Afrika

Robust und preisgünstig: Fragt man Experten, sollten Fahrzeuge genau diese zwei Eigenschaften mitbringen, damit Elektromobilität in Afrika eine Chance hat. Das kenianische Start-up Roam hat genau ein solches Fahrzeug auf die Räder gestellt. Nicht auf vier, sondern auf zwei. **Ein Elektromotorrad, gebaut in und für Afrika.** Eines, das wegen der oft fehlenden Asphaltstraßen strapazierfähig ist. Und eines, das nicht teurer ist als die günstigen Verbrenner-Alternativen. Das Roam Air kostet nicht mehr als 1.500 Euro. Zwei im Stahlrahmen versteckte Akkus ermöglichen eine Reichweite von 180 Kilometern. Alles in allem wiegt es 135 Kilogramm und beschleunigt in fünf Sekunden von 0 auf 90 km/h. Die Roam Air ist nur ein Baustein für die Elektrifizierung Afrikas: **Der junge Hersteller hat auch E-Busse und Solarmodule im Programm.**

„Man kann eine Stadt nicht verstehen, ohne ihr öffentliches Verkehrssystem zu nutzen“

Erol Ozan,
Professor für intelligente
Transportsysteme,
East Carolina University

56 Dezibel

muss der Geräuschpegel eines Elektroautos innerhalb der EU mindestens betragen. Sounddesign von Batteriefahrzeugen ist ein großes Thema. Auch für Schaeffler. **Der Automobilzulieferer stellte jetzt eine sogenannte Klangsynthese-Software vor,** die in Echtzeit Fahrzeugdaten (Drehzahl, Motorlast, Bremsdruck) mit einem speziell für den Rennsport entwickelten Soundprofil kombiniert. Künftig bietet Schaeffler diese Software auch Automobilherstellern für E-Autos auf der Straße an. Die Autobauer sollen frei entscheiden können, wie sich der Fahrsound ihrer Marken anhört.

Schiffe aus dem Baukasten

Die batterieelektrisch fahrende MS Medstrøm (Foto) der norwegischen Werft Fjellstrand AS ist nicht nur die **erste emissionsfrei fahrende Schnellfähre der Welt,** auch ihre Bauart könnte zum Vorbild werden. Die Medstrøm wurde nach Ideen des Forschungsprojekts TrAM (Transport: Advanced and Modular) konstruiert und gebaut. Ziel der paneuropäischen Wissenschafts-Wirtschafts-Kooperation ist es, Entwicklung und Produktion emissionsfreier Highspeed-Passagierfähren dank modularer Bauweise zu beschleunigen und damit kostengünstiger zu gestalten. Die Bauzeit der MS Medstrøm konnte dank TrAM von zwei auf ein Jahr halbiert werden. Die reduzierten Kosten helfen, E-Fähren wettbewerbsfähig zu machen. Die Nachfrage ist da: Angesichts zu erreichender Klimaziele wollen viele Städte mit Wasserstraßen den bestehenden Fährverkehr durch elektrisch angetriebene Highspeed-Schiffe ersetzen.





Brett vorm Kopf

Zu den Systemen, die zu einer sinnvollen und nachhaltigen Mobilität in der Zukunft beitragen müssen, gehört auch der Mensch. Kann die Verkehrspsychologie dazu beitragen, dessen Barrieren im Hirn gegen Veränderungen aufzubrechen?



Der deutsche Kaiser Wilhelm II. soll nicht überzeugt gewesen sein von der Mobilitätswende, als sich das Automobil Ende des 19. Jahrhunderts seinen Weg bahnte. Ihm wird das Zitat zugeordnet: „Das Auto ist eine vorübergehende Erscheinung. Ich glaube an das Pferd.“

Barriere im Kopf? Typisch Mensch. Er ist nämlich keine Einheit, sondern bildet mit Körper und Psyche ein System. Das kann sich zum Beispiel darin ausdrücken, dass das Gehirn weiß, dass die Klimaerwärmung gestoppt werden muss, dass der Körper aber zu faul ist, die Brötchen zu Fuß zu holen und sich stattdessen in den Sessel des Verbrennerautos fallen lässt ...

Elektroautos, Carsharing, Vorfahrt für Fahrräder – um nur ein paar aktuelle Themen zu nennen – sind noch längst nicht bei jedem ins Bewusstsein gerückt, werden vielleicht auch aus Angst vor Veränderung komplett abgelehnt. Woher kommt das? Wie kann die Blockade gelöst werden? Und: Ist

gleich jeder ältere Mann, der wenig verdient und auf dem Land lebt, der Prototyp des Blockierten? Weil er glaubt, für Veränderungen zu alt zu sein, die persönliche Mobilitätswende nicht bezahlen und auf dem Lande sowieso kein E-Auto nutzen zu können?

„Nein“, weiß der renommierte Verkehrspsychologe Ulrich Chiellino, der bei Europas mitgliederstärkstem Mobilitätsclub ADAC den Bereich Verkehrspolitik leitet. „Jede Veränderung bringt für den Einzelnen gewisse Risiken mit sich, und die sind unterschiedlich gelagert. Das hängt aber nicht zwingend mit Wohnort, Alter oder anderen Merkmalen zusammen. Es kommt darauf an, welche Relevanz es für den Einzelnen gibt, sein Verhalten neu auszurichten, sich an einem Prozess zu beteiligen, und welche Voraussetzungen getroffen werden müssen, damit möglichst viele davon überzeugt werden können.“

Perspektiven sind wichtig

Dafür müssten Perspektiven aufgezeigt werden, die Veränderungen für jeden denkbar machen.





Chiellino: „Es gibt disruptive Ereignisse wie die Pandemie, die gezeigt hat, wie schnell der Mensch in der Lage ist, sich anzupassen. Auch, wie schnell man auch einen Technologieshift hinbekommt. In Sachen Digitalisierung trat da eine neue Handlungsrelevanz bei jedem Einzelnen auf. Das Thema Klimaschutz ist dagegen etwas anders gelagert. Hierbei handelt es sich eher um einen Weg, eine Reise, die man gemeinsam unternehmen muss. Die Notwendigkeit dazu wird von den wenigsten angezweifelt – nicht das ‚ob‘ wird diskutiert, sondern das ‚wie‘.“ Und dann komme es darauf an, welche Angebote einem dafür zur Verfügung stünden: „Denn man will ja weiter mobil sein, man will Zuverlässigkeit, man schätzt die Verfügbarkeit, zudem muss es bezahlbar sein und man braucht letztlich auch eine gewisse Sicherheit.“

Allerdings findet Chiellino, dass schon einiges erreicht worden ist. Stichwort Elektroauto zum Beispiel: „Anfangs drehte sich die Diskussion stets um das Thema mangelnde Reichweite und hohe Brandgefahr. Jetzt hört und liest man darüber kaum mehr etwas. Und wenn man dann gleichzeitig Fragen löst wie die der Ladeinfrastruktur, dann kann man Schritt für Schritt weiter das Vertrauen jedes Einzelnen gewinnen, sodass schließlich die Transformation umgesetzt und angenommen wird.“

Schritt für Schritt – das gilt auch beim Kennenlernen neuer Technologien. Aus Erfahrung weiß man, dass viele Widerstände bröckeln, wenn man den Nutzen von Innovationen selbst erlebt hat. Was auch erklärt, warum es noch so viele Widerstände gegen das hochautomatisierte Fahren gibt. Chiellino: „Aus unseren Umfragen wissen wir, dass die

wenigsten Autofahrer bereits Kontakt mit dieser Technik hatten. Sie konnten sich noch gar nicht damit auseinandersetzen, weil sie noch keinen Zugriff auf solche Fahrzeuge haben. Das Wissen darüber ist zu klein, somit ist der Nutzen tatsächlich noch nicht greifbar. Also ist es kein Wunder, dass viele Menschen noch skeptisch sind.“

Vorteile gegen Vorurteile

Das war schon vor Kaiser Wilhelm so – zum Beispiel bei der industriellen Revolution, die mit Dampfmaschinen begann. Waren die englischen Minenarbeiter anfangs skeptisch, weil ihnen die Kessel



„Technik gewinnt immer dann, wenn sie den Alltag erleichtert“

Verkehrspsychologe Ulrich Chiellino

um die Ohren flogen, wurde schnell klar, wie einfach die Bergwerksarbeiten wurden, weil die Maschinen für die notwendige Entwässerung sorgten. „Veränderungen werden vom Verbraucher zuerst immer skeptisch beäugt“, sagt der Verkehrspsychologe, „denn wenn ich auf einem vertrauten Pfad wandele, fühle ich mich sicher, kenne mich dort aus und will ihn deshalb nicht so ohne Weiteres verlassen. Warum sollte ich ein zusätzliches Risiko eingehen? Der Unternehmer aber muss weiterdenken. Für ihn gilt: ‚Wer nicht mit der Zeit geht, geht mit der Zeit.‘ Wenn er den Anschluss verpasst, hat er etwas versäumt und kann den Nachteil meist auch nicht mehr aufholen.“

Letztlich beweist die Historie allerdings, dass Technik immer gewinnt – sogar gegen alle Blockaden in diversen Hirnen. Oder? „Sie gewinnt immer dann, wenn sie benutzerfreundlich und attraktiv gestaltet ist und wenn sie es schafft, den Alltag zu erleichtern“, sagt Ulrich Chiellino und verweist auf einen Vergleich mit der Digitalisierung: „Das erste iPhone kam im Jahre 2007 auf den Markt, das ist gerade 15 Jahre her. Und trotzdem hat heute fast jeder die Vorzüge des Smartphones verinnerlicht, weil es unseren Alltag effizienter gestaltet. Technik

kann begeistern, immer wieder von Neuem überzeugen und uns sogar glücklich machen.“

Fahrspaß wird neu definiert

Apropos „glücklich“: Darf man trotz aller Klimadiskussion heute überhaupt noch über „Fahrspaß“ reden? Denn auch dessen Verlust ist ein Argument einiger Mobilitätswandelskeptiker. Chiellino antwortet diplomatisch: „Es kann sein, dass ‚Fahrspaß‘ in Zukunft etwas anderes bedeutet als das, was wir heute darunter verstehen. Fahrspaß kann zum Beispiel die persönliche Auszeit im autonom fahrenden Auto sein, also das Gewinnen von Freizeit. Aber klimaverträgliche Transformationen in der Technologie können auch dafür sorgen, dass der ursprüngliche ‚Fahrspaß‘ erhalten bleibt. Oder sogar zunimmt – wenn man realisiert, wie agil Elektrofahrzeuge sein können.“

Der Tipp vom Verkehrspsychologen an alle, die versuchen, ihre Barrieren zu überwinden: „Erst mal bei der eigenen Alltags- und der Nahmobilität prüfen, welches Verkehrsmittel wofür sinnvoll ist. Es ändern sich ständig Strukturen, es ändern sich Räume. Da geht es ums Ausprobieren, darum, Erfahrungen zu sammeln, für sich neue Perspektiven zuzulassen und das Ergebnis dann in seinen Alltag zu übernehmen.“

Hat Kaiser Wilhelm übrigens auch gemacht – letztlich gehörte ihm ein ordentlich motorisierter Fuhrpark ...



Der Autor

30 Jahre über Autos zu schreiben hinterlässt Spuren, jedenfalls bei **Roland Löwisch**. Wie gut, dass er sich schon rein beruflich mit dem Mobilitätswandel

beschäftigen muss – da werden die Barrieren im Kopf durch Wissen ständig kleiner. Auch wenn er sich noch nicht vorstellen kann, eines Tages Fahrfreude in einem Auto zu erleben, das den Piloten zum Passagier befördert ...



Mobile Medizin

Krankswagen, fliegende Apotheken, rollende OP-Säle – schon heute ist die Mobilität ein fester Bestandteil medizinischer Systeme. Digitalisierung und künstliche Intelligenz ebnen den Weg zu weiteren Anwendungsgebieten.

Von Volker Paulun

Hühühü statt Tatütata – die ersten Rettungswagen wurden noch von Pferden gezogen. Später löste der Verbrennungsmotor das Pferd als antreibende Kraft ab. Der technische Fortschritt ließ weitere Ideen sprießen: 1938 vertrat der Heidelberger Chirurgie-Professor Martin Kirschner in seinem Aufsatz „Die fahrbare chirurgische Klinik“ die Auffassung, dass durch präklinische ärztliche Behandlung mehr Patienten gerettet werden könnten. Theoretisch richtig, zur damaligen Zeit leider praktisch nicht umsetzbar.

Heute gehören EKG, Defibrillator und Beatmungsgeräte zur Standardausstattung von Rettungswagen. Als Hubschrauber haben „Rettungswagen“ auch längst die Lüfte erobert.



Mit zwei PS und ohne Blaulicht: Berliner Krankentransporter um 1900

Kirschners Vision von der „fahrbaren chirurgischen Klinik“ ist ebenfalls längst Realität geworden. So ließ sich das Centre of Ambulance Services in Dubai bereits 2008 eine aus drei Mercedes-Bussen bestehende Klinik auf Rädern made in Germany liefern. Eingesetzt werden solche mobilen Medizinzentren bei Großschadenslagen, also Unfällen oder Katastrophen mit vielen Verletzten, um dort schnell medizinische Hilfe vor Ort leisten zu können. Herzstück der Hightech-Karawane in Dubai ist die in einem der drei Busse integrierte intensivmedizinische Versorgungseinheit inklusive funktionstüchtigem Operationsaal.

Im Trend liegen auch mobile Computertomografen in Lkw-Aufliegern oder OP-Säle in Containern. Solche beweglichen Einheiten helfen, Kapazitätsengpässe bei Krankenhäusern auszugleichen, beispielsweise bei Modernisierungsmaßnahmen. Diese werden heute deutlich öfter durchgeführt als noch vor 50 Jahren, weil die Nutzungsdauer eines OP-Saals durch die immer schnellere technische Entwicklung von ehemals 30 bis 35 Jahren auf heute 10 bis 15 Jahre zusammengeschrumpft ist. Mobile Einheiten helfen dann, den Klinikbetrieb aufrechtzuerhalten.

Mobile Medizin 4.0: Rollende Praxis ruft sich selbst

So viel zum Status quo. Mittlerweile arbeiten visionäre Köpfe verschiedenster Forschungs- und Entwicklungsdisziplinen aber bereits an der mobilen Medizin 4.0. Im Fokus stehen dabei weniger rollende Intensivstationen à la Dubai, sondern vor allem diagnostische und medikamentöse Bereiche.





KI, Augmented Reality und bordeigene Apotheke: So stellt sich die US-Ideenschmiede Artefact eine rollende Praxis vor

„Die Zukunft der Mobilität wird die Gesundheitsversorgung verändern, den Einsatz dezentraler Versorgungsmodelle beschleunigen und die Planungen, wo und wie neue Einrichtungen gebaut werden, beeinflussen“

Aus dem Deloitte-Arbeitsblatt „Mobility will change the future of health care“

Und: „mobil“ muss nicht zwingend „Fahrzeug“ bedeuten. Auch Smartphones und sogenannte „Wearables“, also tragbare, zum Beispiel in Kleidung integrierte Applikationen, werden immer wichtigere mobile Bestandteile moderner Medizin.

Die US-Ideenschmiede Artefact stellt sich eine solche umfassende mobile medizinische Anwendung so vor: Das Smartphone sammelt über diverse im Umfeld (Haushalt/Büro) verteilte Sensoren, über Wearables oder Verbindungen mit dem Internet der Dinge ständig gesundheitsrelevante Daten. Werden besorgniserregende Werte gemessen, kann das System eine mobile Praxis bestellen, die autonom zum Patienten fährt. Diese unbemannte mobile Praxis ist mit weiteren diagnostischen Möglichkeiten ausgestattet. So könnte der Patient mit Augmented Reality, beispielsweise einer visuellen Projektion seines Körpers, ergänzend zu verbalen Beschreibungen punktgenau auf Problembereiche hinweisen. Anhand aller Parameter erstellt eine

künstliche Intelligenz eine Diagnose und schlägt eine passende Therapie vor. Die nötigen Medikamente kann die bordeigene Apotheke im Idealfall direkt mitgeben. Sollte es Bedarf für einen Kontakt mit einem realen Arzt geben, kann dieser per Videokonferenz mit eingebunden werden.

Viele Diagnostik- und Überwachungsfunktionen lassen sich auch in andere Fahrzeuge integrieren – so wird die tägliche Fahrt ins Büro zur Routineuntersuchung. Ob man diese permanente Überwachung des Körpers und das entsprechende Abgreifen der Daten befürwortet, ist natürlich eine weitere, nicht unerhebliche Frage. Aber wie viele Menschen tracken schon heute körperliche Kennzahlen mit einer Fitness-App?

KI diagnostiziert besser als gedacht

Eine weitere und nicht nur für die beschriebene mobile Anwendung entscheidende Frage: Kann eine KI zukünftig wirklich einen realen Arzt ersetzen? In einigen Bereichen ist sie bereits auf Augenhöhe. Gerade in der Diagnostik, wenn es darum geht, das vorhandene Symptom mit anderen Fällen abzugleichen und entsprechende Schlüsse daraus zu ziehen, haben künstliche Intelligenzen schon heute in einigen Tests besser abgeschnitten als der reale Mediziner. Zum Beispiel beim Körperscreening zur Hautkrebserkennung. Eigentlich wenig überraschend, schließlich greift eine gut „geschulte“ KI in Sekundenbruchteilen auf Hunderttausende oder gar Millionen Vergleichsdaten zurück. Warum also nicht sich in der Mittagspause

Flying Doctors

Luftrettung mit sogenannten Multikoptern – senkrechtstartenden Luftfahrzeugen mit mehreren elektrisch angetriebenen Rotoren – ist möglich, sinnvoll und verbessert die notfallmedizinische Versorgung der Bevölkerung: Auf diesen Nenner lässt sich das Ergebnis der weltweit ersten Machbarkeitsstudie über den Einsatz dieser neuen Fluggeräte im Rettungsdienst bringen, die die Luftrettung des deutschen Automobilclubs ADAC 2018 in Auftrag gegeben hatte. Der Multikopter soll den Rettungshubschrauber laut ADAC ausdrücklich nicht ersetzen, sondern die schnelle Hilfe aus der Luft ergänzen. Ein Patiententransport ist dabei zunächst nicht vorgesehen.

Die bis 150 km/h schnellen Multikopter bringen Notärzte ab einem Einsatzradius von 25 Kilometern schneller zum Einsatzort als erdgebundene Rettungswagen, die sich durch den Stadtverkehr kämpfen müssen. Vor dem Hintergrund, dass sich die Notarzt-Eintreffzeit in den vergangenen 20 Jahren im Bundesdurchschnitt um fast 40 Prozent verschlechtert hat, ein wichtiger Vorteil. Ein weiterer: Die Arbeit des Mediziners wird so effektiver und der Multikopter zu einem adäquaten Mittel im Kampf gegen den vielerorts herrschenden Notarztmangel. Vorteil drei: die in der Gesellschaft positiv besetzten Rettungseinsätze können helfen, die Akzeptanz des neuen Mobilitätsangebots der Multikopter zu erhöhen.





Ob mobiler OP für Großgefahrenlagen in Dubai (l.) oder rollende Praxis für Hilfsbedürftige in Berlin: Rund um die Welt haben sich umgebaute Omnibusse als fahrende Medizinzentren etabliert

in eine rollende Box stellen und seinen Körper ab-suchen lassen, statt monatelang auf einen Termin beim Facharzt zu warten?

Mobilität verbindet Medizin mit den Menschen

Genau hier liegt der große Vorteil mobiler Medizin: Sie bringt ärztliche Versorgung zu den Menschen. Auch zu Menschen, die sonst keinen Zugriff auf medizinische Angebote haben. Oder zu Menschen, die Untersuchungen aus Zeitknappheit oder schlicht aus Faulheit vernachlässigen. „Im Einzelfall kann dies bedeuten, dass Menschen leiden, weil sie keine Möglichkeit haben, einen medizinischen Experten aufzusuchen, und dass ihr Leiden über den Punkt hinausgeht, an dem sie mit einfacheren Methoden ihr Gesundheitsproblem lösen können“, schreibt der auf KI und Maschinenlernen spezialisierte Dr. Lance B. Eliot in einem Beitrag

über mobile Medizin für das Magazin „Forbes“. Makroökonomisch können nicht frühzeitig erkannte Krankheiten die Gesundheitskosten durch eine dadurch verursachte teurere medizinische Versorgung in die Höhe treiben, argumentiert Eliot weiter. Investitionen in mobile medizinische Anwendungen können sich also nicht nur humanitär auszahlen, sondern auch finanziell rechnen.

Medizin zu den Menschen bringen: Genau mit diesem Ansatz rollen mittlerweile über 2.000 mobile Kliniken durch die USA. Sie sind eine feste Säule des dortigen Gesundheitssystems geworden. Neben Bewohnern in ländlichen Regionen nehmen vor allem Geringverdiener, Obdachlose und Unversicherte dieses mobile medizinische Angebot an. In Deutschland rollen seit Sommer 2022 sogenannte Medibusse durch Großstädte wie Berlin und Hamburg. Die Fahrzeuge sind ähnlich ausgestattet wie eine komplette Arztpraxis und sollen vor allem geflüchtete Menschen, aber auch ärmere Bevölkerungsschichten in ihrem direkten Lebensumfeld medizinisch unterstützen. Bei Bedarf kann das Team unter anderem medizinisch geschulte Videodolmetscher für zahlreiche Sprachen dazuschalten. Gründe für den Einsatz eines solchen Angebots gibt es viele: Engpässe in der fachärztlichen Versorgung gehören ebenso dazu wie Sprachbarrieren sowie fehlende Information und Orientierung im Rechts- und Gesundheitssystem. Als schnelle mobile Einsatzgruppe umgeht das Medibus-Team diese Hürden mit seinem unbürokratischen Angebot. Schließlich nützt der beste Arzt nichts, wenn er unerreichbar ist.

29%

aller Afrikaner leben laut einer Studie des Weltwirtschaftsforums zwei oder mehr Stunden von einem Krankenhaus entfernt. Aber nicht nur in Afrika, sondern auch in anderen ländlichen Gebieten ohne nennenswerte medizinische Infrastruktur können mobile Angebote die gesundheitliche Versorgung massiv verbessern.

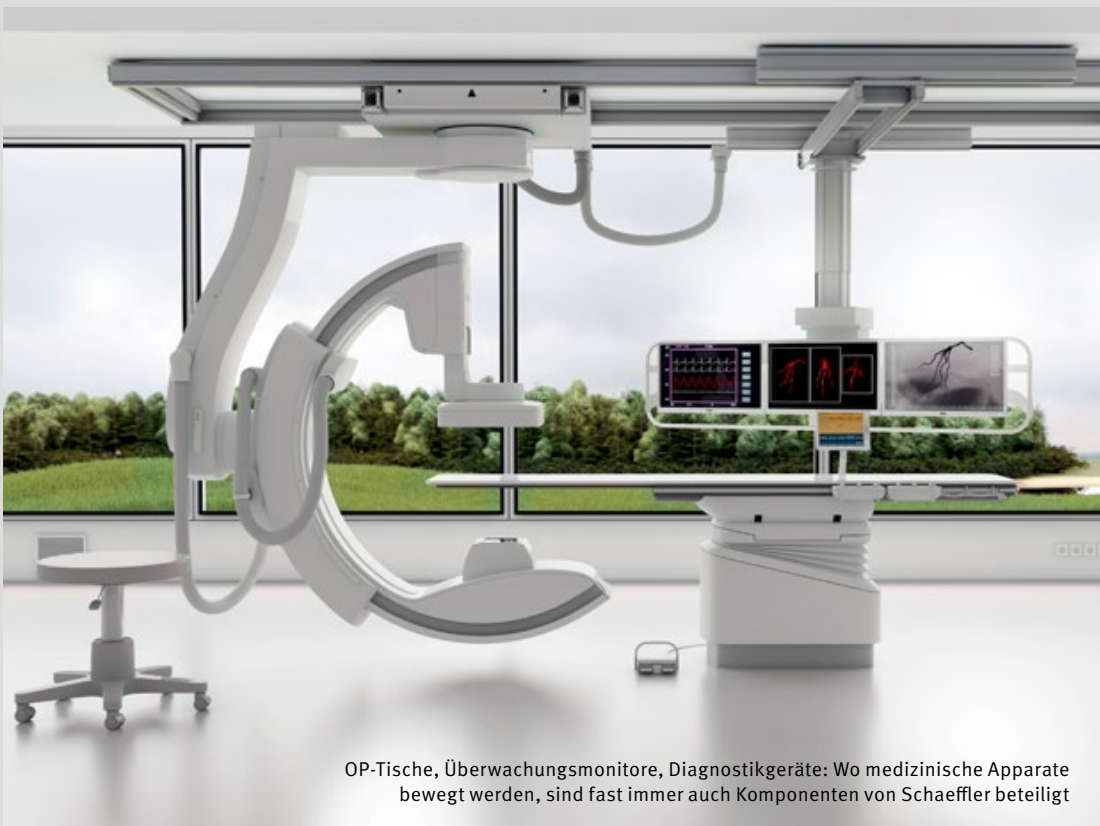
Schaeffler bewegt die Medizin

Mit seiner Industriesparte engagiert sich der Zulieferer seit vielen Jahren auch im Bereich Medizintechnik. Insbesondere kommen Komponenten von Schaeffler in der bildgebenden Diagnostik wie C-Bögen, Röntgenröhren und Computertomografen zum Einsatz.

„Führende Gerätehersteller setzen beispielsweise für eine hohe Scan-Qualität auf unsere sehr leisen CT-Lager und Antriebe“, sagt Ralf Moseberg, Leiter des Geschäftsbereichs Industrial Automation bei Schaeffler. Auch im OP-Bereich, insbesondere in Deckenschwenkarmen, sind Schaeffler-Produkte im Einsatz: Rotativ-Lagerungen,

Bremsen und auch hier Antriebe. Moseberg. „Wo immer in der Medizin Linear- und Rotativ-Führungen bis hin zu mechanischen Robotikanwendungen im Einsatz sind, treffen sie fast immer auf unsere Motoren, Getriebe oder auch komplette kinematische Systeme.“ Die Medizintechnik ist für Schaeffler ein strategisches Wachstumsfeld. Das Unternehmen will das Geschäft dort deutlich ausbauen und zu einer Hauptsäule im Bereich Industrie machen. Dabei setzen Moseberg und seine Kollegen auch auf Inhouse-Mobilität: So können Computertomografen mit Fahrsystemen von Schaeffler schnell von einem Raum in den nächs-

ten transportiert werden – das erhöht den Patientendurchsatz und die Behandlungseffizienz. Die jüngst bekannt gegebene Übernahme des Lineartechnikspezialisten Ewellix unterstreicht die Ambitionen von Schaeffler. Das Unternehmen ist einer der Marktführer unter anderem bei elektromechanischen industriellen Aktuatoren und Hubsäulen sowie Rollengewindetrieben. Diese werden neben der Robotik und mobilen Maschinen vor allem in der Medizintechnik eingesetzt – in der Zahnmedizin, der Früh- und Neugeborenenpflege oder in chirurgischen Ausrüstungen ebenso sowie in Reha- und Fitnessgeräten.



OP-Tische, Überwachungsmonitore, Diagnostikgeräte: Wo medizinische Apparate bewegt werden, sind fast immer auch Komponenten von Schaeffler beteiligt

Think Green

Rethink the systems: Um die Umwelt zu entlasten, müssen Innovationen nachhaltig gedacht und gestaltet werden.



Heizen mit Bits und Bytes

In der deutschen Bankenmetropole Frankfurt sorgte das Bauprojekt „Westville“ unlängst für positive Schlagzeilen. **Mehr als 1.300 Wohnungen sowie Kindergärten, Schulen und Büros sollen künftig mit der Abwärme eines Rechenzentrums auf der anderen Straßenseite beheizt werden.** Ein Vorzeigeprojekt, das Nachahmer sucht. Denn die im Bereich Abwärme ungenutzten Potenziale sind gewaltig. Würde man beispielsweise die Abwärme aller 60 Frankfurter Rechenzentren konsequent nutzen, könnten bis 2030 sämtliche Wohn- und Büroräume der 750.000-Einwohner-Stadt CO₂-neutral geheizt werden. Wichtige Grundvoraussetzung: Die Anlagen müssten von der ineffizienten Luft- auf Wasserkühlung umgestellt werden. **Auch niedrig temperierte Abwärme von energieintensiven Industriebetrieben, die für eigene Prozesse nicht mehr genutzt werden kann, lässt sich noch sehr gut zum Heizen verwenden.** Besonders dann, wenn der Weg vom Betrieb zum Abnehmer nicht zu weit ist. So beheizt beispielsweise eine Hamburger Kupferhütte 5.000 Wohnungen und Büros in der benachbarten HafenCity. Dafür musste aber auch ein Pufferspeicher zwischengeschaltet werden, denn nicht immer sind Wärmeabgabe und -nutzung deckungsgleich. Viele Unternehmen scheuen sich aber (noch), in gut eingespielte Produktionsprozesse einzugreifen, um die Abwärme zu nutzen. Oder hohe Investitionen schrecken ab. Die gestiegenen Preise für fossile Brennstoffe machen die Abwärmenutzung aber in vielen Bereichen immer attraktiver.

Super-Filterpflanze

Tuning fürs heimische Ökosystem: Das französische Start-up Neoplants hat eine gentechnisch veränderte „Superpflanze“ entwickelt, **die Raumluft laut Unternehmensangaben 30-mal effektiver filtert als die natürliche Ursprungspflanze**, deren Gene nicht modifiziert wurden. 2023 soll „Neo P1“ auf den Markt kommen. Die Züchtung soll sogar mehr Schadstoffe (Formaldehyd etc.) aus der Luft nehmen als herkömmliche technische Luftreiniger. Als Basis wählte das Unternehmen die ohnehin schon beliebte, weil pflegeleichte Pothos-Pflanze. Die Idee: Die „Neo P1“ speichert keine Schadstoffe, wie es eine normale Zimmerpflanze tun würde, sondern recycelt sie in nützliche Stoffwechselprodukte. Der Rest wird in einer speziellen Blumenerde von besonderen Mikroorganismen zersetzt.



„Kleine Schritte sind besser als keine“

John P. Murphy,
US-amerikanischer Autor



21.500 km

Auto fahren entspricht derselben Umweltbelastung wie die Haltung eines Pferdes. Das hat die Beratungsfirma ESU Services im Rahmen einer Studie errechnet. **Wer hätte das gedacht, dass ein Ross die gleiche Ökobilanz aufweist wie ein Pkw-Trip um den halben Erdball?** Der große Futterbedarf und „Abgase“ in Form des Klima-Killers Methan vermiesen die Ökobilanz des Pferdes. Und auch beim Wauwau gibt's kein Nachhaltigkeits-Wow: Ein Hundehalter kommt in puncto Ökobilanz auf ein Streckenäquivalent von 3.700 Kilometern.

Ausgezeichnete Technologie

Der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler hat mit der Beschichtungslösung Enerctect PC+ den zweiten Platz des Clepa Innovation Award 2022 in der Kategorie „Clean and Sustainable Mobility“ gewonnen. Der europäische Verband der Automobilzulieferer Clepa zeichnet mit dem Preis herausragende Innovationen für eine smarte und nachhaltige Mobilität aus. Die drei besten Technologien aus insgesamt 104 Bewerbungen wurden zur Finalrunde nach Brüssel eingeladen. **Enerctect PC+ ist ein neues Hochleistungsschichtsystem und macht metallische Bipolarplatten, eine zentrale Komponente für Brennstoffzellensysteme, effizienter, kostengünstiger und noch nachhaltiger.** Anstelle von Titan oder Graphit, die einen größeren CO₂-Rucksack mit sich bringen, wird bei der Beschichtung Stahl als Grundmaterial verwendet. Mit der Innovation leistet Schaeffler einen wichtigen Beitrag, die Wasserstofftechnologie in der Mobilität der Zukunft zu etablieren.



Prof. Dr.-Ing. Tim Hosenfeldt, Leiter Zentrale Technologien bei Schaeffler, nahm den Clepa Innovation Award entgegen

Wirtschaften im Kreis




Wann immer ein Gegenstand im Abfall landet, landet er am falschen Ort. So schnell, wie die Müllmengen wachsen, schwinden wichtige Rohstoffe – und das weltweit. Verbrauchen statt zu gebrauchen, das war gestern: dem System einer Kreislaufwirtschaft gehört die Zukunft.

Von Kay Dohnke

Zuerst waren es nur wenige Aktive, aber ihre Zahl wuchs kontinuierlich: Ab dem Sommer 1970 trafen sich auf einem Innenhof im kalifornischen Berkeley Mitglieder der Ecology-Action-Bewegung, trugen leere Flaschen zusammen, stapelweise ausgelesene Tageszeitungen, Getränkedosen. Diese regelmäßigen Recycling-Happenings Öko-Bewegter gelten als Keimzelle des US-amerikanischen Recyclings. Denn die Idee griff um sich: Fast im ganzen Land stehen heute an den Abholtagen blaue Boxen mit Altglas, Altpapier, Altmetall bereit. Verschwendung Einhalt zu gebieten lag damals in der Luft: Auch in den Niederlanden waren es engagierte Bürger, die Altglas zu sammeln begannen und die Kommunen zum Handeln zwangen. Und in Österreich, später in England und in Skandinavien. In Deutschland werden heute knapp 300.000 Sammelbehälter regelmäßig gefüllt. Millionen Konsumenten beteiligen sich.


Blendende Erfolge

Das Recycling von Altglas und Altpapier kann in vielen Ländern als Erfolgsmodell gelten. Doch es verstellt den Blick für größere Dimensionen – nämlich

A decorative graphic consisting of several wooden spheres with colored segments (green, yellow, orange) arranged along a grey, curved path that starts from the top right and curves downwards towards the bottom left. One sphere is also visible in the bottom right corner of the page.

wenn es um die weltweite Wirtschaftsproduktion geht. Armin Reller zeichnet ein globales Bild, das die Verbreitung von Abfall über den gesamten Planeten bewusst macht: „So, wie wir nutzbare Stoffe um den ganzen Erdball herumschicken, bewegen sich auch die Abfallströme um den ganzen Erdball“, sagt der langjährige Lehrstuhlinhaber für Ressourcenstrategie an der Universität Augsburg. Da sich diese Ströme aus Elektroschrott und Bauschutt, ausgedienten Fahrzeugen, Hausabfällen und vielem mehr in unzählige kleinere Ströme aufsplitten, ist ein Zurückholen nutzlos gewordener Produkte und Materialien ohne ein hierfür speziell geschaffenes System irgendwann extrem schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Viel zu viele Rohstoffe gehen unrettbar verloren.

Johanna Pütz übersetzt das in konkrete Zahlen: Weltweit werden nur 25 bis 35 Prozent der kritischen Wertströme recycelt – doch es müssten mindestens 80 bis 90 Prozent sein, um mit dem Planeten in Einklang zu leben. Die Expertin für Nachhaltigkeit und Wertstoffkreisläufe bei Boston Consulting macht klar, was das bedeutet: „Wir verbrauchen heute 1,8-mal so viele Ressourcen, wie der Planet dauerhaft zur Verfügung stellen könnte – und bei weiter ungebremstem Raubbau würde es 2040 das



2,3-Fache sein. Um das zu verhindern, ist ein kluges Rohstoffmanagement unabdingbar.“

Rohstoffe unter Druck

Steigende Preise, schwindende Vorräte und geostrategische Veränderungen machen aktuell die Bedeutung von Rohstoffen für die Wirtschaftsproduktion mehr als deutlich. Was zu Zeiten billigen Nachschubs leicht übersehen wurde: Alle Produkte sind verarbeitete Rohstoffe – und bleiben dabei zugleich Rohstoffe! Doch anstatt sie rückzugewinnen und bestmöglich wiederzuverwenden, schieben wir sie in eine Sackgasse. Ausgediente Produkte – vom Fernseher über das Smartphone, vom Möbel bis zur Verpackung – werden am Ende ihrer direkten Nutzungsphase plötzlich als wertlos angesehen und landen weltweit in gigantischen Mengen auf Deponien, in der Natur oder im Ofen von Verbrennungsanlagen. Und schlimmstenfalls gelten sie als Sondermüll.

Müll: Dieser Gedanke reizt Michael Braungart zu energischem Widerspruch: „Sobald man überhaupt Abfall als Tatsache akzeptiert, hat man schon verloren“, postuliert der Hamburger Chemiker und Begründer des Cradle-to-Cradle-Prinzips: „Die Natur kennt keinen Abfall, wir sind die einzigen Wesen, die Abfall machen. Die Natur kennt nur Nährstoffe.“ Und mit diesem Gedanken propagiert er eine Systematik, in der alle Rohstoffe zum

Ende ihrer Nutzungsphase wieder als Rohstoff an den Start eines neuen Produktlebens gehen können. Cradle to Cradle, von der Wiege zur Wiege – und nicht wie heute: zur Bahre.

Neue Wege der Rohstoffgewinnung

Während weltweit unablässig neue Rohstoffvorkommen gesucht und unter immer schwierigeren Bedingungen und oft massiven Eingriffen in die Natur erschlossen werden, während Bergbaukonzerne im Rahmen eines „Second Mining“ ihre Abraumhalden nach Erzresten durchwühlen und sie in verbesserten Extraktionsverfahren rückgewinnen, klettern die Preise an den Rohstoffbörsen unaufhaltsam. Dabei liegt eine Problemlösung nah: „Urban Mining“, also die Sekundärrohstoff-Gewinnung aus Reststoffen unserer konsumorientierten Welt, kann Materialien zurück in Produktionskreisläufe bringen – sofern es gelingt, ihrer habhaft zu werden.

Aktuell steht das „Urban Mining“ jedoch vor einer Reihe von Hürden. Konzepte wie Duales System, Sero, Upcycling, Zero Waste oder Cradle to Cradle sind zwar alle dem Gedanken der Kreislaufwirtschaft verpflichtet, doch keines kann die Praxisprobleme lösen. Denn:

- Es werden zu wenige Produkte in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt.
- Das Produktdesign erschwert die Rückgewinnung der sekundären Rohstoffe massiv oder macht sie oft unwirtschaftlich.
- Es stehen noch zu wenige Recycling-Technologien für die Weiterverwertung komplexer Produkte zur Verfügung.
- Neue, also primäre Rohstoffe sind noch immer zu billig – nicht zuletzt, weil die ökologischen und gesellschaftlichen Gesamtkosten unbeachtet bleiben.

Und tatsächlich: Wir operieren mit einem System, das weder schlüssig noch funktional ist. Solange Wachstum als erstrebenswerte Maxime des Wirtschaftssystems gilt, ist derjenige auch ökonomisch erfolgreich, der Produkte mit immer kürzerer Nutzungsdauer und immer höherer

Austauschrate auf den Markt wirft. Was interessiert mich das Smartphone von gestern, wenn es schon morgen eines mit mehr Funktionen und Gimmicks gibt? Oder noch größere Fernsehgeräte oder Gadgets aller Art?

Anteil nehmen an der Geschichte

Den Konsumenten aber zum naiven, kaufberauschten Ressourcenfresser zu stempeln, lässt Heike Weber nicht zu: Die Professorin für Technikgeschichte an der TU Berlin versteht die Etablierung eines Roh- und damit Wertstoffkreislaufsystems als gesamtgesellschaftliches Vorhaben. Und die Verbraucher fungierten darin zusehends stärker als wichtige Player, ja als Motoren des Fortschritts. Denn die Menschen interessierten sich immer mehr für die gesamte Geschichte eines Produktes, sagt Weber. Sie nähmen auch die früher ignorierte Vor- und Nachnutzungsphase zur Kenntnis. Und aus dem Wissen, unter welchen Bedingungen, mit welchem Material- und welchem Energieeinsatz ein Produkt entsteht und was am Ende der Nutzung damit geschieht, vertiefte sich

die Beziehung zum Produkt. Was auch ein Gefühl der Verantwortung erzeuge – sonst würden sich die Menschen nicht um einen sinnvollen Verbleib ihrer ausgedienten Gegenstände sorgen. Und auch nachhaltiger konzipierte, aber teurere Produkte fänden keinen Absatz.

Aus Wissen entsteht Verantwortungsbewusstsein und daraus eine aktive Beteiligung an der Materialrückführung – und klüger hergestellte Produkte bekommen dadurch bessere Marktchancen.

Genau hier bezieht auch Michael Braungart engagiert Position im Rohstoff-Diskurs: Neben den bewussten Konsumenten braucht es auch aufgeklärte Produzenten, die ein neues Produktdesign realisieren. Derzeit, moniert er, stünde bei nahezu allen Produkten nur die eigentliche Nutzungsphase im Blickpunkt, und sie seien überwiegend auf das Wegwerfen konzipiert. Dabei sei es einfach, die nötigen Materialien so zu verbauen, dass sie sich später problemlos rückgewinnen lassen – weniger unterschiedliche Materialien, leichter lösbare Verbindungen, Verzicht auf unnötige Zusätze.

„Um den Raubbau an unserem Planeten zu verhindern, ist ein kluges Rohstoffmanagement unabdingbar“

Johanna Pütz, Expertin für Nachhaltigkeit und Wertstoffkreisläufe bei Boston Consulting

Weitgehend sortenrein rückgewinnbare Recyclate ließen sich problemlos im Markt weiterverkaufen.

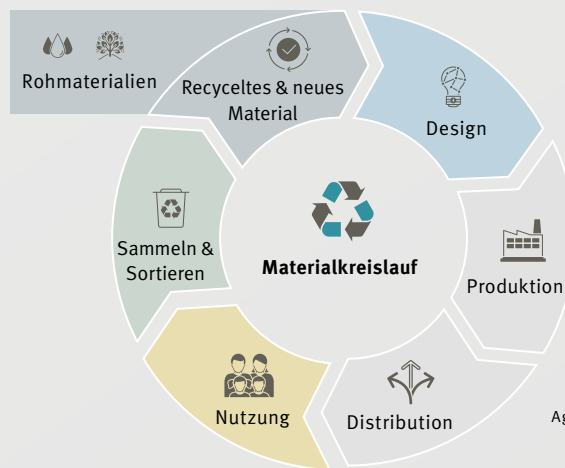
Innovative Verfahrensweisen gesucht

Überhaupt: die Technologie. Die ist derzeit eine der zentralen Herausforderungen bei der Etablierung eines umfassenden Wertstoffkreislaufsystems. Einfache Fraktionen wie Glas oder Papier zu recyceln sei ein Kinderspiel im Vergleich zur Verwertung komplex konstruierter Produkte. Doch

Braungart ist zuversichtlich, dass die benötigten Verfahren – wie aktuell das Zersetzen von PET-Kunststoffen mittels Enzymen – entstehen werden. Innovative Firmen und die Verbraucher wollen Teil der Lösung sein und nicht länger Teil des Problems.

Ist also tatsächlich denkbar, dass Hersteller und Konsumenten das Problem der Kreislaufwirtschaft allein bewältigen können? So ganz ohne gesetzliche Vorgaben oder ordnungspolitische Lenkung? Heike Weber, Armin Reller und Michael Braungart

Die wichtigsten Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft



Quelle und Copyright: Studie „A Paris Agreement“ for recycling the Earth’s resources“ von World Business Council For Sustainable Development und Boston Consulting Group



Stahl & Aluminium

Fehlende Sammel-Infrastruktur und geeignete Sortiertechnik, um Downcycling im Recyclingprozess zu vermeiden.



Papier

Verunreinigung des Papiers bei der Herstellung (u. a. Beschichtung), Entsorgung über den Hausmüll.



Zement

Technische Beschränkungen für recycelten Beton erfordern aktuell den Einsatz von Neumaterial.



Holz

Gleichwertige Weiternutzung schwierig. Und selbst Downcycling ist nur für eine begrenzte Anzahl an Holzprodukten möglich.



Bioabfall

Hohe Lebensmittelverschwendung auf Verbraucherseite insbesondere in wohlhabenden Ländern.



Elektroschrott

Fehlendes Bewusstsein beim Austausch noch funktionsfähiger elektronischer Geräte (z. B. Handys, Laptops).



Kunststoffe

Die Komplexität der Produkte – sieben Hauptkunststoffsorten mit Tausenden von Polymeren – macht es schwierig, sie zu sortieren und zu recyceln.



Antriebsbatterien

„Second Life“-Nutzung noch nicht ausreichend erforscht.

Jährliches globales Abfallaufkommen heute und 2040

	2020	2040	Zunahme
Bauschutt	2,2 Mrd. Tonnen	3,3 Mrd. Tonnen	ca. 50 %
Metalle	750 Mio. Tonnen	1,1 Mrd. Tonnen	ca. 30 %
Papier	400 Mio. Tonnen	530 Mio. Tonnen	ca. 30 %
Plastik	270 Mio. Tonnen	560 Mio. Tonnen	ca. 110 %
Elektroschrott	54 Mio. Tonnen	100 Mio. Tonnen	ca. 95 %

Quelle: Studie „A ‚Paris Agreement‘ for recycling the Earth’s resources“ von World Business Council For Sustainable Development und Boston Consulting Group



halten unisono nur sehr wenig davon, eine sekundäre Rohstoffgewinnung per Gesetz und Verordnung herbeiführen zu wollen. Die Erkenntnis ist einfach: Niemand lässt sich gern Vorgaben machen oder gar zu etwas zwingen, und je höher der Druck, desto größer der Widerstand.

Im Hinblick auf die Wirtschaft zeigt Johanna Pütz eine andere Einflussosphäre auf: Vorgaben und Auflagen könnten in der Vor- und der Nachnutzungsphase konstruktiv sein, etwa indem material- und energieexzessive Herstellungsverfahren sowie schädliche Stoffe keine Zulassung mehr bekommen. Gutes Beispiel: Der schnelle internationale Ausstieg aus der FCKW-Produktion im Rahmen des Montreal-Protokolls hat den Abbau der Ozonschicht weitgehend zum Stillstand bringen können. Auch die Verpflichtung des Handels, ausgediente Objekte kostenlos zurückzunehmen, sei laut Pütz eine hilfreiche politische Lenkung. Wenn die Politik – möglichst international – Rahmenbedingungen und Entwicklungsziele vorgebe, könne das den Transfer vom linearen Denken, Produzieren und Konsumieren hin zum System des Kreislaufs beschleunigen. Doch die eigentliche Nutzungsphase sollte frei von Zwängen sein – was vernünftig ist, würden aufgeklärte Konsumenten ohnehin tun, und es sei Aufgabe von Wirtschaft und eben der Verwaltung, die Beteiligung aller an der Kreislaufwirtschaft möglichst niedrigschwellig zu ermöglichen.

Killerkonzept Müllverbrennung

In einem Punkt sehen Reller, Braungart und Pütz den derzeitigen Umgang mit „Abfall“ jedoch auf dem völlig falschen Weg: Müllverbrennung sei der größte Fehler, den man machen könne, denn dadurch würden die Sekundärrohstoffe nahezu vollständig zerstört oder unbrauchbar gemacht. Auch

der Aspekt der Energieerzeugung – irreführend als „thermisches Recycling“ bezeichnet – sei ein Irrweg, betont Braungart, denn bei fast allen Stoffen werde in der Herstellung mehr Energie benötigt als bei der Verbrennung gewonnen. Eine längere Nutzung der Rohstoffe sei also auch unter energetischem Aspekt eindeutig geboten.

„Welche Rohstoffe und Ressourcen für die Zukunft, für die nächste Generation von Technologien wichtig sein werden“, gibt Reller zu bedenken, „ist heute noch gar nicht absehbar. „Im Abfall sind viele dafür wichtige Stoffe und vor allem Metalle enthalten, die jetzt vielleicht noch unbedeutend sind, aber später unheimlich wichtig werden können. Wir können sie vielleicht technologisch noch nicht rückgewinnen, aber künftig wird es dafür neue Technologien geben, um selektiv solche Wertstoffe wiederzugewinnen. Es kommt eine Welle neuer Methoden auf uns zu, die sehr spannend sind.“

Deponieren statt verbrennen? Die Zukunft erfordert andere Denkmodelle – und nur der Kreis macht neue Anfänge möglich.



Der Autor

Kay Dohnke fühlt sich als freier Journalist Nachhaltigkeitsthemen verpflichtet. Altpapier und leere Flaschen zu recyceln fand er schon

immer wichtig. Dass er und seine deutschen Landsleute aber nicht – wie oft kolportiert – Weltmeister im Mülltrennen sind, stellte er bei Recherchen für diesen Beitrag fest. Der Titel gebührt nämlich den Japanern: Die sammeln sekundäre Rohstoffe in 14 unterschiedlichen Kategorien.

Sand wird knapp!

Man mag es kaum glauben, aber das, was es „wie Sand am Meer“ gibt, ist inzwischen äußerst knapp. Das System unserer modernen Gesellschaft ist buchstäblich auf Sand gebaut. Alles Wissenswerte rund um den zweitwichtigsten Rohstoff nach Wasser.

Wer sind die größten Sandverbraucher?

Die Kinder am Strand oder im Sandkasten zeigen es uns fast jeden Tag: Sie bauen aus Sand die schönsten Häfen, Burgen und andere Bauwerke. Auch in der realen Welt führt beim Bauen kein Weg an Sand vorbei. Ob in Asphalt oder Beton – überall steckt Sand drin. **Etwa zwei Drittel des globalen Sandverbrauchs gehen in den Bausektor und in die Landgewinnung.** Allein das Volumen an benötigtem Baumaterial ist im letzten Jahrhundert um das 34-Fache gestiegen. China hat innerhalb von weniger als einem Jahrzehnt so viel Sand verbraucht wie die USA im gesamten 20. Jahrhundert.



Wo einst vor Singapurs Küste tropisches Meer schwappte, ist heute Festland – mit importiertem Sand aufgespült

Größter „Verbraucher“ bei der Landgewinnung ist Singapur. Der Stadtstaat wuchs seit 1973 um 130 Quadratkilometer. Das entspricht der Fläche von 18.207 Fußballfeldern – und mehr als 500 Millionen Tonnen Sand, die Singapur von seinen Nachbarländern importiert und ins Meer geschüttet hat. Aber Singapur ist nicht allein, auch Bahrain, China, Doha, Dubai, Lagos, Tokio und viele andere Staaten und Metropolen schütten Jahr für Jahr Abermillionen Tonnen Sand zur Landgewinnung ins Meer.

200 Tonnen

Sand verschlingt ein normales **Einfamilienhaus** beim Bau, ein Kilometer Autobahn unglaubliche 30.000 Tonnen.

Wofür wird Sand noch gebraucht?

Weltweit verwenden wir Sand auch für das Filtern von Wasser, für Kosmetik, Fotovoltaikanlagen, Mikrochips und für die Herstellung von Glas. Auch das Fracking vor allem von Erdgas ist ohne Sand nicht möglich. Dabei geht es darum, in oder unter undurchlässigen Gesteinsschichten wie Schiefer eingeschlossenes Gas zu erschließen. **Beim Fracking bricht ein unter hohem Druck eingepresstes Wasser-Sand-Chemikalien-Gemisch diese Gesteinsschichten und löst das Erdgas.** Der in dem Gemisch enthaltene Sand sorgt dafür, dass sich die durch das Aufbrechen entstandenen Kanäle nicht sofort schließen. Dafür ist spezieller Sand nötig, der einerseits die Kanäle „abstützt“, aber andererseits dem Erdgas noch so viel Platz lässt, dass es vorbeiströmen kann.

3/4

ihres abgebauten Quarzsandes verwenden die USA für das Fracking, noch vor der Herstellung von Glasprodukten und Mikrochips.

Wo kommt Sand her?

Sand ist so alltäglich, dass sich kaum jemand fragt: Wo kommt er eigentlich her? Sand entsteht meist in Gebirgen. Frost, Hitze, Wasser, Wind, aber auch Pflanzenwurzeln und Lebewesen sorgen dafür, dass sich Gestein zunächst aus Felsen löst und dann Stück für Stück zerkleinert wird. Flüsse spülen die Sedimente weiter ins Meer, dabei werden sie immer weiter zermahlen. Es gibt aber auch Sand, der aus Muscheln oder Korallen entstanden ist. Hier helfen auch Fische, die beides essen und beim Verdauungsprozess zermahlen. So produziert ein grüner Buckelkopf-Papageifisch jedes Jahr 90 Kilogramm paradiesisch-weißen Strandsand. **Als größte „Sandfabrik“ der Welt gilt der Amazonas.** Rund eine Milliarde Tonnen Sediment gelangen jährlich durch die vielen Zuflüsse und schließlich über den Amazonas in den Atlantik.

Flüsse spülen Sedimente ins Meer



7,5 Trillionen

Sandkörner, so schätzt Forscher Howard McAllister von der Universität Hawaii, liegen an den Stränden der Welt. Der Forscher räumt aber selbst ein, sich eventuell um ein bis zwei Billionen verschätzt zu haben.



Sand kann ganz unterschiedliche Formen, Qualitäten und Größen haben

Warum ist Sand nicht gleich Sand?

Es kommt weniger auf die Größe an, sondern auf Form und Qualität. Denn je nach Verwendung unterscheiden sich die „Aufgaben“ des Sandes. **Die Körner von Bausand müssen kantig sein, damit sich der Sand gut mit anderen Materialien verbindet.** Der für die Glasherstellung benötigte Sand muss in der Regel mindestens 95 Prozent reines Siliziumdioxid enthalten und frei von bestimmten Verunreinigungen sein. Dementsprechend teurer sind solche Quarzsande gegenüber dem reinen Bausand – sie kosten ungefähr elfmal so viel. Auf die Qualität des im Sand enthaltenen Siliziums kommt es auch bei der Herstellung von Microchips an. Besonders die Produktion der Gießwerkzeuge zur Chipherstellung erfordert absolut reines Silizium. Das ist extrem teuer: Für eine Tonne Silizium zahlen Hersteller aktuell umgerechnet rund 7.700 Euro. Das entspricht in etwa dem Preis von reinem Kupfer.

2 Millimeter

kann ein einzelnes Sandkorn maximal messen, das kleinste ist ca. 0,06 mm groß. Ein Sandkorn besteht größtenteils aus Quarz, also Siliziumdioxid.

Wie viel Sand wird verbraucht?

Die weltweit pro Jahr verbrauchte Menge Sand entspricht in etwa einem 27 Meter breiten und 27 Meter hohen Wall einmal rund um den Äquator. Der aktuelle jährliche Verbrauch ist damit etwa doppelt so hoch wie die Menge von neuem Sand, den Flüsse ins Meer spülen – wenn er denn überhaupt so weit kommt. **Von Menschenhand gebaute Dämme und Schleusen unterbrechen den Sandfluss.** Außerdem wird Sand mit riesigen Saugbaggern aus Flüssen abgetragen – legal und auch illegal.

› 50 Milliarden

Tonnen Sand verbraucht die Menschheit weltweit pro Jahr.

Warum ist Sand ein knapper Rohstoff?

Beim Blick auf die Wüsten der Erde mag man gar nicht glauben, dass wir zu wenig Sand haben. **Aber selbst das Sandmeer Sahara besteht nur zu einem Fünftel aus Sand.** Und der ist, typisch für Wüsten, durch immer wiederkehrende Verwitterungsprozesse verschiedenster Art über Hunderttausende von Jahren so rund geschliffen, dass er sich weder zum Bauen noch für die Landgewinnung eignet. Kein Wunder also, dass selbst Wüstenstaaten Sand importieren müssen.

360.000 Tonnen

Sand aus Australien wurden für den Bau des höchsten Gebäudes der Welt, des Burj Khalifa in Dubai, verwendet.

Weil sich Wüstensand nicht als Baumaterial eignet, muss Dubai zum Bau seiner Wolkenkratzer Sand importieren

Welche Schäden verursacht der Sandabbau?

Enorme: Strände verschwinden entweder durch legalen oder illegalen Sandabbau oder durch von Bauwerken beeinflusste veränderte Strömungsbedingungen. Fehlen die schützenden Strände oder Dünen, können sich Hurrikane, Tsunamis und selbst kleinere Unwetter verheerend auf die betroffenen Küsten auswirken. **So verursachte der Wirbelsturm Sandy 2012 an der Ostküste der USA Schäden in Höhe von 65 Milliarden Dollar**, vorrangig dort, wo die Strände erodiert waren. Kein Wunder also, dass Kommunen versuchen, dem mit Sandaufspülungen entgegenzuwirken – zu enormen Kosten, zumal die Aufspülungen häufig wiederholt werden müssen.

Vom Meeresboden abgepumpter Sand lässt unzählige Riffe sterben und vernichtet den Lebensraum vieler Pflanzen- und Tierarten. Gleiches gilt für den Sandabbau in Flüssen. So schrumpft das Mekongdelta in Vietnam inzwischen – Jahrmillionen zuvor ist es durch Sedimentablagerungen stetig gewachsen. Hier leben rund 20 Millionen Menschen, deren Ernährung hauptsächlich auf den lokalen Reisanbau angewiesen ist. Durch den fehlenden Sand sinkt der Wasserspiegel des Mekong und es gelangt immer mehr Meerwasser ins Delta. Und gefährliche Salzwasserkrokodile.



Hurrikane und Tsunamis können sich verheerend auf Küsten auswirken

1,3 Milliarden

Dollar Schaden wurden nach Schätzungen des US Army Corps of Engineers durch rechtzeitig wieder aufgefüllte Strände verhindert, die der Wirbelsturm Sandy ansonsten verursacht hätte.

Wie können wir unseren Sandverbrauch eindämmen?

Zunächst einmal muss die Welt für das Problem sensibilisiert werden. Warum sollte man etwas schonen, das es sprichwörtlich „wie Sand am Meer“ gibt? Fakt ist: Wir müssen mit Sand – wie mit jeder Ressource, die wir der Erde entnehmen – sparsam und achtsam umgehen. **Staatliche Reglementierungen helfen**. Aber nur dann, wenn ihre Einhaltung auch durchgesetzt wird. Noch immer werden in vielen Regionen Flüsse ohne jede Genehmigung ausgebagert, der Meeresboden gnadenlos abgesaugt. Auch der Handel mit Sand muss kontrolliert werden. Was nützt es, wenn ein Land den Abbau untersagt, der Sand aber aus illegalen Quellen importiert wird. „Der illegale Abbau von Sand ist ein Multimilliarden-Geschäft mit mafïösen Strukturen. Auf Jamaika stahlen Sanddiebe für den Bau einer künstlichen Bucht in einem neuen Luxus-Resort den Strand eines Fischerdorfs. Sie kamen nachts mit schwerem Gerät – und Gewehren“, so berichtete der Deutschlandfunk bereits 2016. Gewehre für Sand – auch das zeigt (leider), wie wertvoll er ist.

50 %

der Strände in Marokko sind bereits widerrechtlich abgetragen worden.

Welche Alternativen zu Sand gibt es?

Zahlreiche Forscher arbeiten an Sandalternativen. Aber wie wir schon gelesen haben, ist Sand eben nicht gleich Sand. **In manchen Betonarten können Flugasche, Schlacke und Gesteinspartikel den Sand ersetzen.** Geschredderter Plastikabfall ist eine weitere Möglichkeit. Auch geschredderter Beton lässt sich wiederverwerten, wenn auch eingeschränkt, beispielsweise als Tragschicht beim Straßenbau. Ein Schweizer Start-up hat ein Verfahren entwickelt, mit dem sich CO₂ in geschreddertem Beton einlagern lässt. Dieses aufbereitete Betongranulat soll sowohl im Straßenbau Verwendung finden als auch anstelle von Sand und Kies zu neuem Beton recycelt werden. In Australien arbeiten Experten daran, einen Straßenbelag aus einer Mischung von Kaffeesatz und Abfallprodukten aus der Stahlproduktion herzustellen. Auch Asphalt lässt sich gut wiederverwerten.

Nahezu alle Ressourcenprobleme beim Thema Sand könnte eine Idee aus Deutschland lösen: Eine Münchner Firma hat ein Verfahren entwickelt, das den feinen Wüstensand zu noch feinerem Steinmehl mahlt und es anschließend mit chemischen Bindemitteln zu Pellets presst. In einem Hochgeschwindigkeitsmischer lassen sich diese Pellets zusammen mit Zement und Wasser

zu Beton mischen. Der soll sogar belastbarer als herkömmlicher Beton sein und weniger Zement benötigen.

Andere entwickeln aus Wüstensand geformte Bausteine, ähnlich den bekannten Lego-Steinen, entweder mithilfe von Bakterien oder unter Zugabe von Polyesterharzen.

Und tatsächlich hilft auch der Klimawandel bei der Sandproduktion mit. Denn die durch die Erderwärmung schrumpfenden Gletscher spülen reichlich Sand in Flüsse und Meere. In Grönland hat diese ökologische Lose-win-Situation einige Flussdeltas in den vergangenen 80 Jahren um bis zu zwei Kilometer ins Meer wachsen lassen. Ein teuer erkaufter Rohstoffgewinn ...

73 Millionen

Tonnen recycelter Asphalt kommen schon heute jährlich zum Einsatz.

Findige Firmen entwickeln aus Wüstensand geformte Bausteine, ähnlich den bekannten Lego-Steinen



Der Autor

Bei der Recherche zu dem Thema Sand ist der Journalist **Carsten Paulun** – aufgewachsen in der Sandkiste und am

Ostseestrand – auf viele ihm unbekanntes Fakten gestoßen. Erschreckend für ihn sind die mafiösen Strukturen des Sandabbaus überall auf der Welt.

Digital

Die Digitalisierung dringt immer weiter in bestehende Systeme vor und erschafft eigene neue.



„Super-GPS“ ohne Satelliten

Beim Navigieren greifen wir im Alltag fast täglich auf die Dienste von Satelliten des Global Positioning System zurück, kurz GPS. Das funktioniert gut, ist nur manchmal ungenau, gerade in den Hochhäuserschluchten dicht bebauter Städte oder in umbauten Räumen wie Tiefgaragen oder Tunneln. Ein niederländisches Forschungsteam an der Universität von Delft hat ein alternatives Positionierungssystem entwickelt, das gerade in Ballungsräumen **bis zu 100-mal präziser als GPS** arbeitet. Dafür greift es auf Mobilfunk- und die sich immer weiter verbreitenden Glasfasernetze zurück. Die Entwickler sehen in ihrem „Super-GPS“ aber nicht zwingend einen Ersatz für das bestehende GPS-System, sondern eine hochleistungsfähige Ergänzung beziehungsweise eine Back-up-Lösung. Gerade **hinsichtlich der Entwicklung autonom fahrender Mobilitätslösungen könnte die neue Technologie neue Möglichkeiten eröffnen.**

1999

benutzte der britische Technologiepionier **Kevin Ashton** erstmals den Begriff „Internet der Dinge“ für sich vernetzende Maschinen. Außerdem entsprang seiner Fantasie der mexikanische Social-Media-Guru Santiago Swallow, der vor dem Outing als Fake als vermeintlich echte Fachautorität 90.000 Twitter-Follower und eine sehr glaubhafte Biografie bei Wikipedia hatte. **Ashton bewies mit diesem Experiment eindrucksvoll, dass die Anzahl der Follower nichts darüber aussagt, wie glaubwürdig die Person ist**, der gefolgt wird. Eigentlich ist Ashton aber Experte für Radiowellentransponder und Sensoren und arbeitet so auch an der Entwicklung des von ihm getauften „Internet der Dinge“ mit.

„Zu niemandem ist man ehrlicher als zum Suchfeld von Google“

Constance Kurz, deutsche Autorin und Sprecherin des Chaos Computer Club



Digitales Fingerspitzengefühl

Künstliche Intelligenzen komponieren komplexe Sinfonien, schreiben Bücher und sind bei der Spracherkennung längst Alltag. So weit, so bekannt. Jetzt hat das KI-System Cicero der Facebook-Mutter Meta **erstmalig (und mehrfach) menschliche Gegner in der Onlinevariante des Brettspiels Diplomacy geschlagen**. Wer hier gewinnen will, braucht vor allem eines: Verhandlungs- und Kooperationsgeschick. Bislang nicht gerade Kernkompetenzen einer KI. Cicero war da erfolgreicher, weil die Entwickler strategisches Denken und die Verarbeitung von Sprache in einer Anwendung kombinierten. Mehr als 2,7 Milliarden Parameter speiste Meta in seine KI ein, das Sprachmodul wurde mit mehr als 40.000 Dialogen aus früheren Diplomacy-Spielen trainiert. **Die große Leistung: Cicero verhandelte nicht nur geschickt, sondern wurde obendrein von den Mitstreitern nicht als KI erkannt**. Selbst auf Umgangssprache reagierte Cicero in den meisten Fällen authentisch. Meta will die Erkenntnisse nutzen, um aktuell noch hölzernen wirkende Chatbots weiterzuentwickeln.

Wolkenatlas

Cloud Computing ist eine Multi-Milliarden-Dollar-Industrie, die Jahr für Jahr wächst. Zahlen und Fakten aus der virtuellen Wolke.

› **168 Mrd.** US-Dollar soll der weltweite Markt für Cloud-Anwendungen im Jahr 2025 erreichen.

Quelle: Apps run the world

3% des weltweiten Energieverbrauchs verursachen Cloud-Rechenzentren.

Quelle: BMC



60% der weltweiten Unternehmensdaten werden in einer Cloud gespeichert.

Quelle: 2022 Thales Data Threat Report

200 Zettabyte Daten (200 Billionen Gigabyte) werden bis 2025 in Clouds gespeichert sein.

Quelle: Cybercrime Magazine

Teamplayer gesucht

Lange Zeit wurden Computerspieler gern als nerdige Einzelgänger eingestuft. Mittlerweile liefert die Wissenschaft neue Erkenntnisse über sie. Ihre Erfahrungen in virtuellen Welten erleichtern oft den Zugang zu den Systemen moderner Arbeitswelten. Das macht Gamer auch für Arbeitgeber interessant.





Von Dr. Lorenz Steinke

Ohrenbetäubender Lärm von den Bühnenshows der Spielehersteller und riesige Videoleinwände, auf denen Spielszenen laufen. Dazu lange Besucherschlangen vor den Anspielstationen für die neuesten Video- und Computerspiele: Wenn alljährlich in den Kölner Messehallen die weltgrößte Computerspielmesse Gamescom ihre Türen öffnet, dann erwartet die wachsende Spielergemeinde aus aller Welt ein Festival für die Sinne. Zukünftig könnte die Messe auch für Recruiter interessant sein.

2021 hat der Spielmarkt einen weltweiten Umsatz von 180 Milliarden US-Dollar erzielt und andere Unterhaltungsbranchen wie Sport, Musik und Kino längst auf die Plätze verwiesen. Laut einer Studie der Unternehmensberatung PwC könnten in der Branche bereits 2026 rund 320 Milliarden US-Dollar umgesetzt werden. Als Booster erwies sich die Corona-Pandemie, durch die viele andere Freizeitangebote wegfielen.

Doch während Unterhaltungsformate wie Kinofilm, Comic-Literatur oder alle Spielarten der Populär-Musik längst als Teil des Kultur-Kosmos akzeptiert sind, haben Computerspiele noch immer ein Wahrnehmungsproblem. Auch diesbezüglich hat

Top 3 der meistverkauften Computer- und Videospiele:

- Minecraft (238 Millionen verkaufte Exemplare)
- Grand Theft Auto V (rund 170 Millionen)
- Tetris (EA-Version) (rund 100 Millionen)

die Pandemie der Branche gutgetan – das hat zumindest Bartosz Skwarczek, Mitbegründer und CEO des Online-Spielmarktplatzes G2A.com, beobachtet: „Gaming wurde so oft mit dem falschen Pinsel gemalt – stereotyp als isolierend und ungesellig. Die Pandemie hat jedoch gezeigt, dass dies nicht weiter von der Wahrheit entfernt sein könnte.“ Denn es wurde nicht nur gedaddelt, bis der Joystick glüht, sondern auch kräftig geschattet.

Lange Zeit wurde Stellenbewerbern geraten, eher Hobbys wie Sport oder das Einstudieren eines

110 Mio.

Abonnenten hat der Schwede Felix Kjellberg, besser bekannt als **PewDiePie**, bei YouTube und ist damit der erfolgreichste Influencer aus der Gaming-Welt.

2,5 Mrd.

Dollar bezahlte Microsoft 2014 für das **Spielestudio Mojang** („Minecraft“). Der schwedische Gründer Markus „Notch“ Persson wurde damit zum reichsten Spieleprogrammierer der Geschichte.

40 Mio.

Dollar Preisgeld gab es 2021 beim **bislang bestdotierten Spieleduell der Welt** zu gewinnen, dem Dota-2-Duell „The International“.

7 Mio.

Dollar Preisgeld hat sich Johan Sundstein (Foto) aus Dänemark bei Dota-2-Turnieren erspielt. Kein anderer E-Gamer hat bis heute mehr verdient als der 28-Jährige.



Instruments in den Vordergrund zu stellen als Gaming. Auch das könnte sich bald ändern, wie neueste Forschungsergebnisse zeigen. So legten sich für eine Studie der Georgia State University Spieler und Nichtspieler bei Reaktionstests in einen Magnetresonanztomografen (MRT). Weil die Spieler bestimmte Gehirnbereiche deutlich besser aktivieren konnten, zeigten sie signifikant bessere Reaktionszeiten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Neurowissenschaftler der Universität Oberta de Catalunya (UOC) in Barcelona. Videospiele, so die Forscher, können kognitive Fähigkeiten nicht nur schulen. Einmal erworbene Fähigkeiten bleiben über die aktive Spielerkarriere hinaus vorhanden.

Schon 2014 hatten Forscher vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Nicht-Spieler zu täglichem Spielen animiert und im Studienverlauf deren Gehirne per MRT vermessen. Ihr Fazit: Wer regelmäßig virtuell spielt, baut graue Gehirnmasse im sogenannten Hippocampus auf. Bedeutet: bessere räumliche Orientierung, ein leistungsfähigeres Arbeitsgedächtnis und eine verbesserte Feinmotorik.

Spielewelten als Gruppenaufgabe

In der heutigen arbeitsteiligen Berufswelt sind zunehmend Projektmanagement-Skills, Organisationstalent und Kommunikationsfähigkeiten gefragt. Bewerber mit Spieleerfahrung haben hier oft einen Heimvorteil. Denn vergleichbare Fähigkeiten sind in vielen modernen Online-Spielewelten gefordert.

In den immer beliebteren Fantasy-Rollenspielen beispielsweise verabreden sich Spieler regelmäßig zu Gruppenabenteuern. Teams von bis zu 100 Spielern treten koordiniert gegen übermächtige virtuelle Gegner oder andere Teams an. Nur wenn alle Teammitglieder über lange Zeiträume exakt ihre Teilaufgaben erfüllen und ihren Mitspielern bei Problemen schnell helfen, kann das ganze Team am Ende erfolgreich sein.

So lernen schon junge Spieler, sehr heterogene Mannschaften über Sprach- und Kulturgrenzen hinweg zusammenzuhalten, bei Konflikten zu schlichten und bei technischen Problemen schnelle Lösungen zu finden: etwa dann, wenn ein



„Wer gute Spielergebnisse erreicht, verfügt in der Regel auch bereits über Fähigkeiten im Management“

Prof. Markus Weinmann,
Wirtschaftswissenschaftler Uni Köln

wichtiger Teil des weltweit vernetzten Teams wegen einer lokalen Internet-Störung mitten im Pixel-Wettbewerb ausfällt.

Zugleich stehen die Spielergruppen untereinander im harten Wettbewerb: Erzielt eine Mannschaft keine Erfolge, so drohen die Mitspieler, zu einer anderen abzuwandern. Dann ist Verhandlungsgeschick im Bleibegespräch gefragt. Es gibt also viele Parallelen zur Arbeitswelt.

Management-Skills spielerisch entwickeln?

Personaler und Digitalisierungsexperten wie Franziska Gerner schätzen deshalb die praxisnahen Soft Skills junger Teamspieler. Als Head of Digital Competencies bei der Schaeffler AG weiß sie: „Digitalisierung und Gaming passen gut zusammen, da beides auf modernen Technologien beruht, oft Teamgeist, Problemlösungsorientierung, übergreifende Zusammenarbeit und Kommunikation erfordert – manchmal auch ein ‚Out of the box‘-Denken. Genau solche Eigenschaften suchen wir.“

Ähnlich sieht es auch der Wirtschaftswissenschaftler Prof. Markus Weinmann von der Uni Köln: „Wir haben in einer Studie gezeigt, dass Spieler und Spielerinnen, die in Strategiespielen wie etwa ‚Sid Meier’s Civilization‘ gut abschneiden, höhere organisatorische und planerische Fähigkeiten in Assessment-Centern haben. Personaler

und Personalerinnen könnten also anhand von Gaming-Erfahrung ableiten, wie es um bestimmte Management-Skills von Kandidaten und Kandidatinnen steht.“

Als Trainingswerkzeug sieht Weinmann Computerspiele gleichwohl nicht. Häufiges Spielen allein setzt noch keine guten Führungsskills frei. Andererseits gebe es aber eine auffällige Korrelation: Wer gute Spielergebnisse erreiche, verfüge in der Regel auch bereits über Managementfähigkeiten.

Vielleicht suchen also schon bald Headhunter in den Bestenlisten besonders schwieriger Online-Spiele nach interessanten Nachwuchskräften mit herausragenden Teamskills.



Der Autor

Als Technik-Journalist hat **Dr. Lorenz Steinke** schon viel über Gaming und Spielkultur geschrieben. Auf Presseterminen und Spielemessen in Berlin,

London und Los Angeles traf er immer wieder Vordenker, Gamedesigner und Entwickler aus der Spielebranche. Sein Fazit: Spielen ist viel mehr als nur eine Freizeitbeschäftigung. Das allererste Spiel, das er selbst spielte? Pong.



Auf gute Zusammenarbeit

Leibniz-Preisträger Prof. Dr. Wolfram Burgard gehört zu den führenden Forschern zu künstlicher Intelligenz (KI) und Robotik. Seit 2022 ist er Gründungsprofessor des Departments Engineering der TU Nürnberg. Im Interview gibt er einen Ausblick auf Roboter und KI als mögliche Teamkollegen im System Arbeitswelt von morgen.



No.1

MENU

メニュー

三種盛井 ¥900
マダロ クニ イクラ ¥1200
まぐろ 井 ¥700
具大 (ほろ多) ¥1500
うに 井 ¥2000

ねぎとろ 井 ¥700
ねぎいくら 井 ¥800
ねぎとろ 井 ¥900
スペシャル
ねぎとろサモン ¥900
まぐろいくら ¥800

季節 海鮮 井 ¥1500
マダロ クニ イクラ ¥1800
サモン親子 ¥800
サモン一色 ¥900
サモンいくら ¥1000
サモン甘えび ¥1000

お祭り 井 ¥1300



Sie forschen seit vielen Jahren zu KI. Werden wir in der Arbeitswelt bald gemischte Teams aus realen Menschen und künstlichen Intelligenzen haben und dies als ganz normal empfinden?

Eine Arbeitswelt mit solchen gemischten Teams wäre wirklich ein großer Fortschritt für die Robotik und die Produktion. Die Hoffnung ist ja, dass wir durch den Einsatz von Robotern in der Arbeitswelt viele Prozesse effektiver gestalten können.

Von der Dampfmaschine bis zum Inspektionsroboter im Kernkraftwerk: Immer wieder haben wir Maschinen erfunden, die gefährliche oder monotone Arbeiten für uns übernehmen. Von welchen Arbeiten werden uns KI und Roboter in Zukunft entlasten?

Das ist schwer vorherzusagen. Derzeit wird intensiv daran gearbeitet, Roboter in großen Logistik- oder

Verteilzentren einzusetzen. Dort müssen Menschen viele Pakete handhaben und teilweise auch große Strecken zu Fuß zurücklegen. Hier können Roboter zu einer Entlastung und auch zu größerer Effizienz führen. Darüber hinaus versucht man, komplizierte Montageprozesse in Kooperation mit Menschen auszuführen. Bis wir so weit sind, ist es aber noch ein weiter Weg.

Können Sie nachvollziehen, dass manche Menschen Angst vor einer Welt mit intelligenten Maschinen haben? Oder wird unser Bild von Robotern zu sehr vom Kino und von dystopischen Romanen geprägt?

Ich glaube, dass Menschen generell Ängste und Bedenken haben, wenn es um die Auswirkungen von Innovationen geht. Das ist durchaus verständlich, weil nie ganz klar ist, wie das eigene Leben durch die von einer Innovation verursachten Veränderungen beeinflusst wird. Robotik und





Der Experte

Wolfram Burgard ist ein deutscher Wissenschaftler der Informatik und Robotik.

1996 bis 1999 leitete er das Forschungslabor für autonome mobile Systeme an der Universität Bonn, das 1997 den ersten interaktiven mobilen Museumsführer „Rhino“ im Deutschen Museum in München einsetzte. Burgard war von 1999 bis 2022 Professor an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, an der er die Leitung der Arbeitsgruppe für Autonome Intelligente Systeme am Institut für Informatik innehatte. In dieser Zeit entwickelte er unter anderem Systeme für autonomes Fahren, so 2008 für die Navigation in der komplexen Umgebung einer Parkgarage. Im März 2009 wurde Burgard von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet. 2012 war er Gründungsmitglied der Open Source Robotics Foundation (OSRF), die sich virtuellen Testumgebungen und der Verbreitung des Robot Operating System (ROS) widmet. 2014 wurde er in die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina gewählt. Seit Februar 2022 ist Burgard Gründungsprofessor des Department Engineering der Technischen Universität Nürnberg.

KI haben ein großes Potenzial für Innovationen. Allerdings geht von Kinofilmen und der Science-Fiction-Literatur ein großer und leider nicht immer positiver Einfluss aus. Roboter spielen hier zu selten die Rolle der Guten. Insbesondere in Europa trägt das sicher zu einem schlechteren Image von Robotern bei.

Roboter werden nie krank und kennen keine schlechte Laune. Welche Eigenschaften müssen Roboter haben, damit Menschen gerne mit ihnen zusammenarbeiten?

Sie müssen zunächst zuverlässig sein und eine echte Hilfe darstellen. Dies ist eine große Herausforderung, denn es handelt sich um Maschinen, die natürlich auch einem Verschleiß unterliegen. Besonders anspruchsvoll ist der Dialog oder die Interaktion mit dem Menschen. Hier muss tatsächlich noch viel getan werden, um Roboter leicht instruierbar und nachvollziehbar zu machen. Das ist eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz von intelligenten Robotern.

Wird man beim Design zukünftiger Arbeitsroboter Rücksicht auf die Gefühle der menschlichen Kollegen nehmen müssen?

Roboter sollten, so weit wie möglich, auf den Menschen eingehen können. Das bedeutet, dass sie idealerweise auch auf die Gefühle ihrer Nutzerinnen und Nutzer reagieren – und auf die individuellen Fähigkeiten. Wenn es um die Interaktion mit dem Menschen geht, spricht man von dem Turing-Test. Die Annahme ist, dass ein System wirklich intelligent ist, wenn man in einem Dialog mit ihm nicht mehr erkennen kann, ob es sich um einen Menschen oder eine Maschine handelt. Davon sind wir aber noch sehr weit weg. Das lässt sich beispielsweise an den Fähigkeiten der intelligenten Sprachassistenten erkennen, die immer mehr Verbreitung finden.

Wie sieht eigentlich der ideale Roboterkollege aus Menschensicht aus? Wie muss ein Roboter im Hotel oder im Krankenhaus aussehen, damit wir ihn akzeptieren?

Das ist eine sehr gute Frage, die ich kaum beantworten kann. Wir wissen ja auch nicht, wie das optimale Fahrrad oder Auto aussieht. Aus Nutzersicht sollten Roboter aber auf jeden Fall vielseitig, flexibel, effektiv und leicht instruierbar sein. Das Design muss zunächst einmal funktional sein. Und dann spielen natürlich auch die Kosten eine Rolle.

3,5

Millionen Industrieroboter arbeiteten 2021 weltweit in den Werken und Fabriken – um 517.000 mehr als im Vorjahr, der größte Anstieg in der Geschichte.

37

Prozent stieg der weltweite Umsatz mit professionellen Servicerobotern im Jahr 2021 an. 121.000 Einheiten wurden verkauft. Mehr als jeder dritte gebaute Roboter war für den Transport von Gütern oder Fracht bestimmt.

19

Millionen Roboter für Haushaltsaufgaben (Staubsaugen, Boden reinigen, Gartenarbeit) wurden 2021 weltweit verkauft. Ein Plus von zwölf Prozent. Experten des IFR gehen davon aus, dass dieser Markt in den nächsten Jahren durchschnittlich jährlich im niedrigen zweistelligen Bereich wächst.

Quelle: IFR, International Federation of Robotics



„Ich glaube, dass Menschen generell Ängste und Bedenken haben, wenn es um die Auswirkungen von Innovationen geht. Das ist durchaus verständlich, weil nie ganz klar ist, wie das eigene Leben durch die von einer Innovation verursachten Veränderungen beeinflusst wird“

Prof. Dr. Wolfram Burgard,
Wissenschaftler der Informatik und Robotik

Sitzen wir eines Tages im virtuellen Metaverse, um dort mit unseren Roboterkollegen einen Kaffee zu trinken?

Das glaube ich eigentlich nicht. Mit Maschinen zielt man hauptsächlich auf Arbeitstätigkeiten ab. Ich glaube, dass wir bei der Kommunikation in den meisten Fällen einen Menschen der Maschine vorziehen werden.

Gibt es so etwas wie eine Psyche oder ein Bewusstsein der künstlichen Intelligenz? Werden Maschinen gerne arbeiten, weil sie sich motiviert fühlen?

Es gibt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich damit befassen, Robotern und Dialogsystemen emotionale Kompetenzen zu vermitteln. Dadurch könnten sie uns in der Tat ähnlicher werden. Die Frage des Bewusstseins ist natürlich auch sehr spannend. Allerdings bezweifle ich, dass wir das bei Robotern tatsächlich benötigen. Auch wenn Roboter darauf achten werden, sich nicht selbst zu beschädigen: Ein Bewusstsein ist dafür meiner Meinung nach nicht notwendig.

Brauchen Roboter auch Sozialarbeiter oder Lehrer, die sie trainieren und ihnen Sozialverhalten beibringen?

In meinen Augen benötigen sie keine Sozialarbeiterinnen und -arbeiter. Aber Personen, die ihnen Dinge beibringen, werden sie auf jeden Fall brauchen. Die Frage, wie Menschen Robotern eine Tätigkeit auf eine einfache und intuitive Weise beibringen können, ist eine aktuelle Forschungsfrage. Aber auch in diesem Kontext gibt es interessante Probleme. Beispielsweise sollte ein Roboter in der Lage sein, einzuschätzen, ob er bestimmte Dinge tun darf oder nicht. Regeln und soziale Normen zu lernen ist eine große Herausforderung.

Manche Forscher sehen eine Zukunft ganz ohne menschliche Arbeit. Wird der Mensch durch KI langfristig arbeitslos, oder gibt es Aufgaben, die ein Roboter niemals erledigen können?

Man soll ja niemals nie sagen. Ich halte es für höchst unwahrscheinlich, dass die Menschen in Zukunft komplett arbeitslos werden. Betrachten Sie beispielsweise den Fortschritt. Dieser hängt maßgeblich von der menschlichen Intuition und Kreativität ab. So etwas mit einem Roboter nachzubilden ist eine Herausforderung, für die ich selbst sehr langfristig noch keine Lösungen sehe. Es wird auch immer Dinge geben, die wir nicht durch künstliche Intelligenzen erledigen lassen möchten, wie zum Beispiel die Rechtsprechung.



Schaeffler bietet weit mehr als nur ein breites Programm an Wälzlagern für die Robotik. Mehr Informationen finden Sie hier



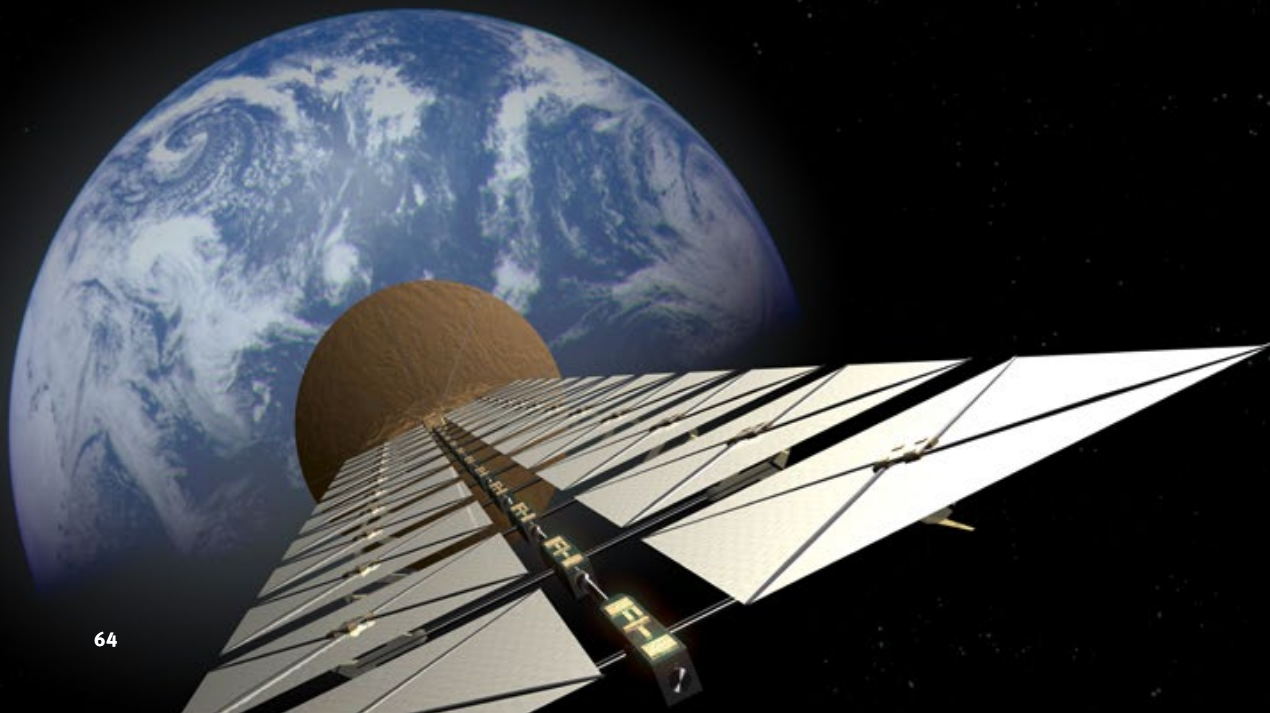
Future Life

Wie sieht die Welt aus, in der wir morgen leben werden? Welche Systeme verändern sich? Welche kommen, welche gehen? Bei der Beantwortung dieser Fragen spielt der technische Fortschritt eine entscheidende Rolle.

Strom aus dem Weltall – geht das?

Warum eigentlich keine riesigen Solarkollektorsysteme dort aufstellen, wo die Sonne 24 Stunden und mit hoher Intensität scheint: im Weltall. Forschende der Europäischen Weltraumorganisation ESA haben die Machbarkeit ihres Mammutprojekts „Solaris“ mittels Studien überprüfen lassen. Ergebnis: **Die Technologie hat Potenzial – und Hürden.** Die Idee der ESA ist, Mikrowellen in einer imaginären Säule mit einem Durchmesser von rund zwei bis drei Kilometern auf eine ähnlich dimensionierte Antenne auf der Erde treffen zu lassen, um von dort den Strom ins Netz zu speisen. **Der Mehrwert wäre ähnlich gigantisch wie die Anlage.** Eine Analyse von Frazer-Nash, einem der beauftragten Unternehmen, ergab, dass mit-

hilfe von Solarkraftwerken im All ab 2050 jährlich 800 Terawattstunden saubere Energie gewonnen werden könnten. Das wäre in etwa ein Drittel der Stromerzeugung der Europäischen Union im Jahr 2020. Dafür müssen die Beteiligten allerdings noch die eine oder andere Hürde bei dem Projekt überspringen. Neben den **immensen Kosten ist vor allem der Platzbedarf am Boden und im All ein Problem.** Solarpanels in der Größenordnung von 200 Fußballfeldern würden im Orbit schweben. Da könnte es schon mal passieren, dass diese von einem der aktuell rund 32.000 Teile Weltraumschrott getroffen werden. So verlockend ein solches Solarsystem im All auch ist, seine Umsetzung ist ungleich komplexer.



Hai-Tech fürs Klima

Bei der Vermessung der Welt könnten Tiere in Zukunft eine wichtige Aufgabe in der modernen Forschungsarbeit leisten. Das zeigt ein internationales Team, das sich die Vorliebe von Tigerhaien für Seegrashabitat zunutze gemacht hat. Die Forschenden statteten 15 Exemplare der Art mit Kameras und Sendern aus, um eines der weltgrößten Seegrasökosysteme rund um die Bahamas zu kartieren. Warum der Aufwand? **Weil Seegras enorme Mengen Kohlenstoff aus der Atmosphäre speichert und das Wissen über dessen Ausdehnung hilfreich beim Klimaschutz sein kann.** Durch den Einsatz der Haie erhöhten sich die bestehenden Bodenuntersuchungen zur Seegraskartierung um das Zehnfache. Bereits in einer früheren Studie kartierten auch Seekühe oder Grüne Meeresschildkröten die Seegrasvorkommen. Tierisch, dieser Einsatz.



Goldener Reis gegen „Hidden Hunger“

Manchmal brauchen Forschende einen langen Atem. Nach gut 30 Jahren Entwicklungsarbeit, die nicht zuletzt immer wieder durch Vorbehalte gegen Gentechnik eingebremst worden sind, haben Bauern auf den Philippinen **erstmal den modifizierten „Golden Rice“ in größerem Stil ernten dürfen.** Ihren Anfang nahm die Geschichte des Genfoods an der Technischen Hochschule in Zürich, wo man Mangelernährung bei Kindern bekämpfen wollte – den sogenannten „Hidden Hunger“. Die von Genfood-Gegnern nach wie vor abgelehnten gelblichen Reiskörner verfügen über mehr Beta-Karotin, ein Provitamin A. Gerade in Entwicklungsländern mit ihren schnell wachsenden Bevölkerungszahlen leiden viele Menschen unter Vitamin-A-Mangel. „Golden Rice“ soll helfen, das Immunsystem zu stärken.

„Die Zeit ist schlecht? Wohlan! Du bist da, sie besser zu machen“

Thomas Carlyle (1795–1881), schottischer Essayist und Historiker

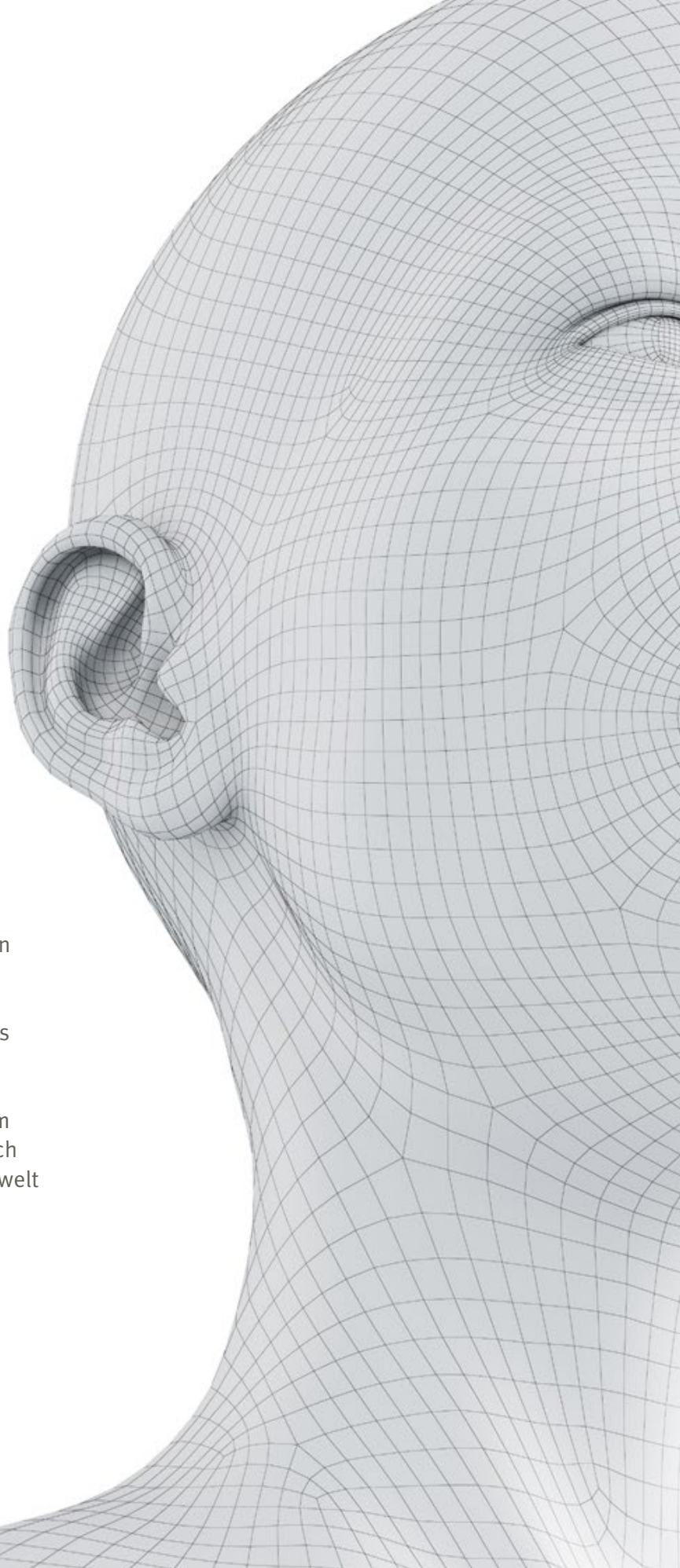
3.300

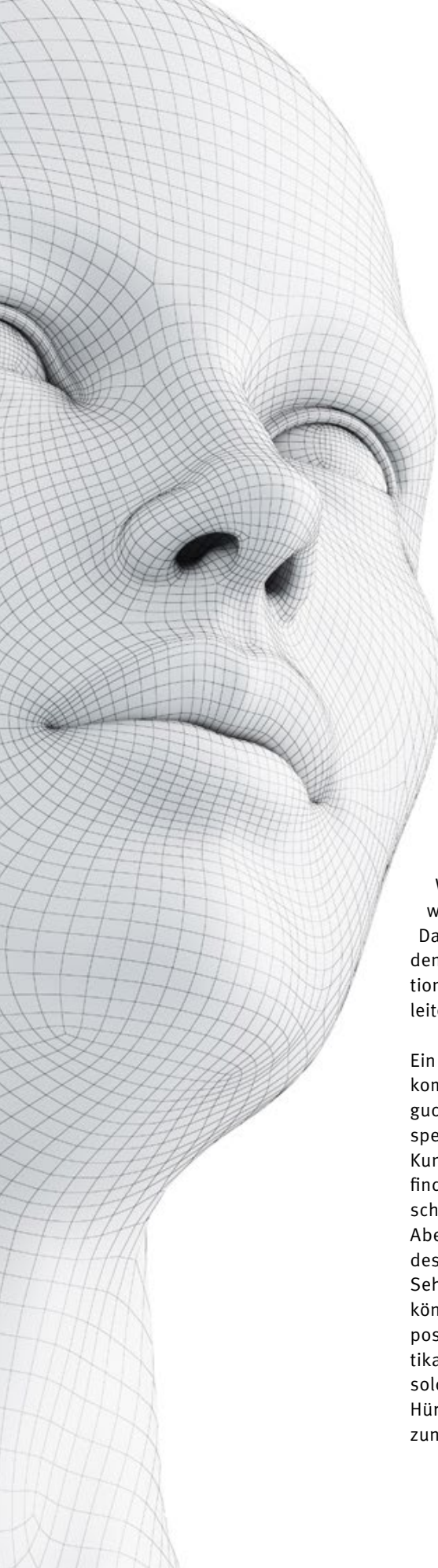
Bäume sollen in der geplanten Öko-Fußballarena „International Forest Stadium“ in Mailand eine neue Heimat finden. **Der Entwurf sieht ein System üppiger Vegetation von Fassaden und Tribünen vor.** Dazu gehört auch eine Laufbahn „durchs Grüne“ auf der obersten Ebene. Die Arena, die jährlich circa 160 Tonnen CO₂ binden soll, würde den Bürgern auch außerhalb von Spielen zur Verfügung stehen. Museumsräume, Fitnessstudios, Bars und Restaurants sind geplant. Und nicht nur menschliche Besucher sollen sich dort heimisch fühlen, sondern auch über 70 Tierarten.



Das ergibt Sinn

Sehen, Hören, Fühlen, Riechen und Schmecken – diese fünf Sinne haben nicht nur eine biologische Bedeutung für uns Menschen, sie vernetzen uns mit unserem Umfeld. Umso schwerer wiegen Störungen im sensorischen System. Hightech aus den Baukästen der Laborwelt kann Abhilfe schaffen.





Ich sehe was, was du auch siehst

Blinde wieder sehend zu machen – das ist seit Jahrhunderten ein großes Ziel von Wissenschaft und Medizin. Aktuell sind 43 Millionen Menschen weltweit blind, 295 Millionen stark sehbehindert. So groß der Wunsch, ihnen zu helfen, so groß sind auch die damit verbundenen Herausforderungen. Erste Ansätze, das Wunder des Sehens technologisch nachzuahmen, gibt es bereits. Seit einigen Jahren werden künstliche Retinas bei Patienten mit Netzhautschädigungen implantiert. Dort übernimmt ein Chip die Arbeit defekter Sehzellen und wandelt Lichtsignale in elektrische Impulse um, die dann über den natürlichen Sehnerv ans Gehirn weitergeleitet werden. Auch erste Fortschritte wurden in diesem Bereich bereits erzielt, sowohl was die Bildschärfe angeht als auch darin, dass mittlerweile der optische Apparat des natürlichen Auges anstelle einer Kamerabrille genutzt werden kann. Doch das Seherlebnis ist immer noch mau: Grobe Umrisse werden in Graustufen erkannt. Wen wundert's, schließlich gilt der visuelle Sinn nicht nur als der wichtigste für uns Menschen, sondern auch als der komplexeste. Das menschliche Auge kann zwischen 600.000 Farben unterscheiden und nimmt in jeder Sekunde mehr als zehn Millionen Informationen auf, die in rasanter Geschwindigkeit an das Gehirn weitergeleitet und dort gefiltert und verarbeitet werden.

Ein internationales Team von Forschenden hat vor zwei Jahren ein komplettes bionisches Auge präsentiert, das nicht nur schärfer gucken kann als das menschliche Gegenstück, sondern auch Farbspektren wie Infrarotlicht sieht. Kernelement ist eine sphärische Kunst-Netzhaut, deren ultrafeine Nanodraht-Sensoren lichtempfindlicher sind als die Photorezeptoren des Menschen. Die technische Basis für eine hochauflösende Augenprothese ist also gelegt. Aber es bleibt noch viel Arbeit, sie ins komplexe visuelle System des Menschen zu integrieren, insbesondere die Vernetzung mit dem Sehzentrum des Gehirns. Apropos Vernetzung: Das künstliche Auge könnte auch Echtzeitsignale an Freunde schicken oder im Internet posten. Damit all diese Visionen wahr werden, muss auch eine praktikable Lösung gefunden werden, den hohen Energiebedarf eines solchen künstlichen visuellen Systems dauerhaft bereitzustellen. Hürden, die dazu führen können, dass die bionischen Superaugen zunächst in Maschinen eingesetzt werden.

Besser hören mit Licht

Wenn das herkömmliche Hinter-dem-Ohr-Gerät nicht mehr reicht, kommen bei Hörgeschädigten Cochlea-Implantate (CI) zum Einsatz. Die Hörprothesen stimulieren den Hörnerv via Strom. Deren Vorgeschichte reicht bis ins 18. Jahrhundert zurück. Batteriepionier Alessandro Volta steckte sich schon zwei geladene Metallstäbe ins Ohr und hörte ein Geräusch, das dem einer kochenden Suppe ähnelte. Vom ersten Implantat 1957, das die Funktionen der erbsengroßen Hörschnecke (Cochlea) ersetzte, indem es über Elektroden Schall in Stromimpulse umwandelte, bis zur heutigen CI-Generation gab es etliche Weiterentwicklungen.

Allerdings eint alle ein Problem: Der Strom breitet sich in der Salzlösung der Hörschnecke weit aus. Sehr viele Zellen werden angeregt, die für verschiedene Frequenzen zuständig sind. „Dann klingt Mozart, als würde ein Pianist mit beiden Fäusten in die Tasten hauen“, sagt Marcus Jeschke von der Universität Göttingen. Dort haben Hörforschende an einer CI-Version gearbeitet, die auf Licht statt Strom setzt. Der Vorteil: Licht lässt sich besser fokussieren.

Bei dem Verfahren werden die Nervenzellen der Hörschnecke genetisch verändert. Statt auf eher breiige Geräusche reagieren sie dann auf präzise Lichtsignale. Hörgeschädigte sollen so selbst ein vielstimmiges Sprachgewirr entknoten und feine Untertöne wie Ironie erkennen können.

Fühl dich gedrückt

Schon die alten Ägypter liefen vor 3.000 Jahren auf funktionstüchtigen Gehhilfen. Mittlerweile erlauben Hightech-Prothesen dank Sensoren und winziger E-Motoren komplexe Bewegungen, aber auf eines müssen Menschen nach Amputationen immer noch verzichten: auf das Gefühl. Forschende machen jetzt Hoffnung, insbesondere künstlichen Händen Tastsinn zu vermitteln. So wurde an der US-Universität Stanford eine sensible Gummihaut mit stromleitenden Mini-Röhrchen als Sensoren entwickelt. Je stärker der (Hände)Druck, desto mehr Röhrchen berühren sich und umso mehr Strom leitet der künstliche Tastsinn ans Nervensystem weiter.

Ferner haben britische Forschende der University of Bristol künstliche Fingerspitzen aus dem 3D-Drucker entwickelt. Die gedruckten Papillen, die jenen empfindlichen Zapfen unter der menschlichen Haut ähneln, können Formen erkennen und diese Daten über künstliche Nervensignale weiterleiten.

Ein solcher künstlicher und dennoch sensibler Tastsinn könnte nicht nur geschädigten Menschen helfen, sondern auch der Robotik ganz neue Möglichkeiten eröffnen. Auch in diesem Bereich wird rund um den Planeten geforscht. Zum Beispiel am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart. Die dortigen Forscher haben einen daumenähnlichen Sensor entwickelt, der über druckabhängige Oberflächenverformung entstehende Lichtmuster verarbeitet und an neuronale Netze weitergibt. Auch wenn noch einiges an Forschungsarbeit zu leisten ist, vielleicht haben Roboter schon bald das, was bislang ein Privileg des Menschen war: taktiles Feingefühl.

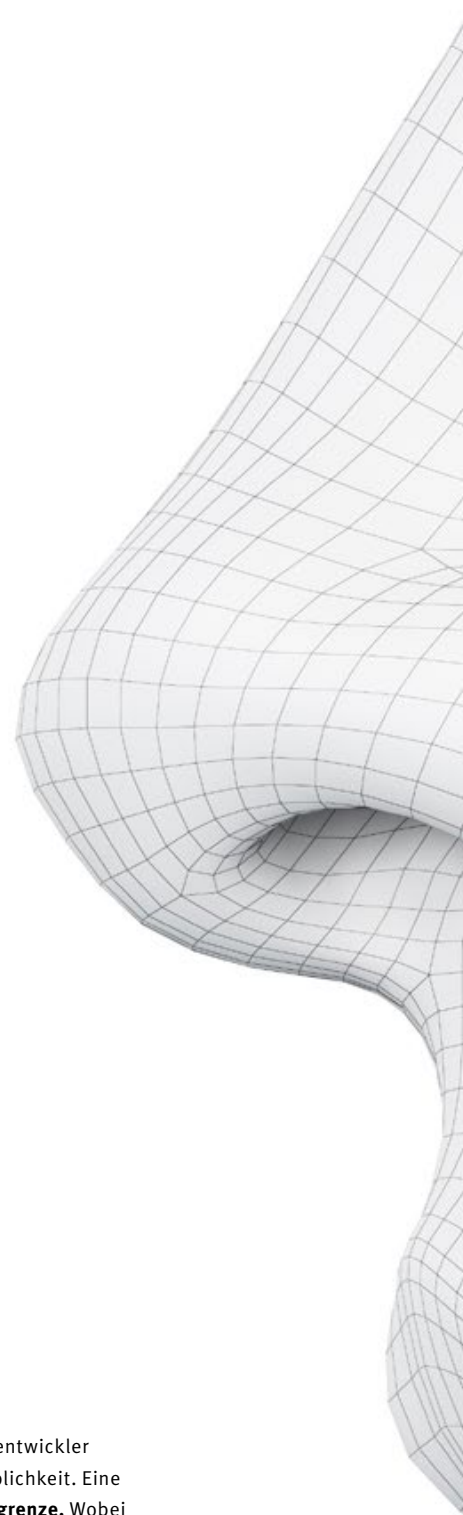
Ein ganz feines Näschen

Schon heute können künstliche Nasen bei Sicherheitskontrollen zum Beispiel Sprengstoff erschnüffeln oder in Laboren Chemikalien identifizieren. Forschende arbeiten bereits an „Supernasen“, die sogar Krankheiten wie Demenz, Krebs oder Covid riechen können. Aber kann ein künstlicher Geruchssinn auch Menschen helfen, die unter Anosmie leiden, also wenig oder nichts riechen können? Eric Holbrook von der Harvard Medical School in Boston will genau diese Einschränkungen beseitigen. Und es ist ihm bereits gelungen, Riechnerven mit elektrischen Impulsen so zu manipulieren, dass bei einem Probanden die für das Geruchsempfinden zuständige Hirnstruktur namens Riechkolben Zwiebelgeruch wahrnahm, den es faktisch nicht gab.

Aber bis ein künstlicher Geruchssinn tatsächlich den menschlichen ersetzen kann, sind noch einige Baustellen zu lösen: Zum Beispiel die genaue Platzierung der Elektroden am Riechkolben und eine sensible Sensorik, die ein großes Geruchsspektrum aufnehmen, analysieren und in elektrische Impulse umwandeln kann. Ungleich schwieriger ist es, einen gestörten Geschmackssinn zu ersetzen. Denn dieser ist aus wissenschaftlicher Sicht ein komplexes Zusammenspiel aus Geschmack, Geruch, Tast- und Temperaturempfinden in der Mundhöhle.

2045

wird der Tod optional sein. Das sagt Raymond Kurzweil. Der Futurist und Google-Chefentwickler verkündet damit die Erfüllung eines von vielen gehegten Menschheitstraums: Unsterblichkeit. Eine breit angelegte Studie aus dem Jahr 2021 hält hingegen **150 Lebensjahre für die Obergrenze**. Wobei auch hier einige der beteiligten Wissenschaftler sagen, dass mit etwas Hilfe auch durchaus ein paar Jahre mehr drin seien. Der Wissenschaftsphilosoph David Wood, der zusammen mit dem Ingenieur José Cordeiro das Buch „**Der Sieg über den Tod**“ geschrieben hat, prophezeit: „Was in unserer Reichweite liegt, ist die Überwindung der größten Todesursache, nämlich der biologischen Alterung.“ Den Schlüssel hierfür soll die winzige Qualle Turritopsis dohrnii liefern. Sie kann sich selbst verjüngen und ist damit potenziell unsterblich. Cordeiro will das Ewigkeitsrezept der Qualle entschlüsseln und mit dem Wissen den Alterungsprozess des Menschen schon in frühen Jahren entschleunigen, sodass das Leben zumindest Richtung Unendlichkeit verlängert werden kann. Ob das schon 2045 so weit ist, wie Kurzweil prognostiziert, wollen die beiden nicht bestätigen. Wood empfiehlt: „**Lebe lange genug, um ewig zu leben.**“ Ob man das überhaupt wirklich will, steht auf einem ganz anderen Blatt.



Sprachlose sprechen lassen

Für Menschen, die nicht mehr sprechen können, gibt es zwar schon heute einige Hilfen, aber diese künstliche verbale Kommunikation klingt doch sehr holperig. Bekanntestes Beispiel ist der weltberühmte und 2018 verstorbene Physiker Stephen Hawking, der seine letzten 20 Lebensjahre via Computereingabe „sprach“, was sich sehr roboterhaft anhörte. Die Eingabe der Worte über eine Computertastatur erschwert einen Sprachdialog ebenfalls.

Wissenschaftler verschiedener Fachbereiche forschen an komfortablen Möglichkeiten, Sprachlosen wieder eine authentische Stimme zu geben. Zum Beispiel an der chinesischen Tsinghua-Universität. Dort haben die Forschenden jüngst flexible, dehnbare Sensoren mit Kohlenstoff-Nanofasermembranen entwickelt, die auf dem Gesicht platziert werden. Dort erfassen sie typische Bewegungen, die beim Bilden phonetischer Laute auftreten. Die Signale werden an einen Microcomputer weitergegeben und von einer KI in Audiosignale für den Lautsprecher verwandelt. Die Sensoren erfassen auch den gesamten Gesichtsausdruck, Temperaturschwankungen sowie den Puls und können so sogar Emotionen in die Sprachausgabe einbinden. Erste Versuche verliefen vielversprechend, doch der Weg bis zum realen Alltagseinsatz ist noch lang.

Auch die Forschenden der University of California stehen noch am Anfang ihrer Entwicklung, dort arbeitet man daran, elektrische Impulse, die das Gehirn eigentlich an den Artikulationsapparat zur Sprachausgabe weitergibt, abzugreifen und in eine künstliche Stimme zu verwandeln. Das Gehirn formuliert, die Technik artikuliert. Erste Probanden konnten mit dieser Methode 50 einfache Testsätze wie „Tina Turner ist eine Pop-Sängerin“ hörbar machen. Joseph Makin von der University of California sagt: „Wir sind noch längst nicht da, wo wir hinmüssten, aber wir glauben, das könnte die Basis für eine Sprachprothese sein.“



Hallo, Holo!

Beamens wie in der Science-Fiction-Saga „Star Trek“ bleibt wohl für immer unmöglich. Oder etwa nicht? Kanadische Forschende haben es jetzt geschafft, das Hologramm eines Menschen in Echtzeit zu teleportieren. Gemeinsam mit „tomorrow“ wagt Prof. Dr. Metin Tolan, Physik-Koryphäe und bekennender „Trekkie“, einen Ausblick auf die Systeme der Zukunft: Welche virtuellen Begegnungen sind denkbar, was bleibt utopisch?

Interview: Björn Carstens

Am Institute for Earth and Space Exploration an der Western University in Kanada haben Studenten nach eigenen Angaben die erste internationale holografische Teleportation durchgeführt – das Hologramm einer Person wurde augenblicklich über Landesgrenzen hinweg übertragen. Versetzen Sie solche Schlagzeilen ins Staunen?

Staunen ist zu hoch gegriffen, denn wirklich neu ist das nicht. Die NASA hatte schon vor Monaten einen Astronauten dreidimensional ins All geschickt. Aber natürlich wäre es super, wenn man sich künftig nicht nur wie in einer Zoom-Konferenz am flachen Bildschirm unterhalten kann, sondern stattdessen mit einer Person dreidimensional in Echtzeit interagiert, als ob sie vor einem stehen würde. Man könnte dann quasi um die Person herumgehen. Aber man muss auch ehrlich sein und die Begriffe sauber voneinander trennen. Mit einer Teleportation hat das, was da in Kanada gemacht wurde, nichts zu tun. Hier bringt man nicht eine Person physisch an einen anderen Ort, sondern nur ein 3D-Bild. Auch eine tolle Leistung, aber Teleportieren wäre technologisch gesehen ein gigantischer Unterschied.

Star-Trek-Fans würden vom Beamen sprechen.

Richtig. Physiker sprechen dagegen eher von Quantenteleportation. Da geht es im Wesentlichen um die Erzeugung miteinander verschränkter Photonen. Diese Lichtteilchen sind so gekoppelt, dass der Zustandswechsel des einen automatisch den des räumlich getrennten Partners verursacht. Unabhängig von der Entfernung. Mit dieser Technologie kann man superschnelle Quantencomputer bauen und absolut abhörsicher kommunizieren. In heutigen Zeiten wahrscheinlich wichtiger denn je.

Aber Beamen bedeutet doch viel mehr? Materie müsste sich dematerialisieren.

Stimmt. Rein physikalisch gesehen denkbar. Nach Einsteins Relativitätstheorie entspricht jeder Masse eine Energie. Gemäß seiner berühmten Formel $E=mc^2$ müsste man also die Masse eines Menschen mit der Lichtgeschwindigkeit multiplizieren. Und das zum Quadrat. Da fangen spätestens die Probleme an. Rechnerisch würde bei diesem Auflösungsprozess eine Energiemenge frei, die reicht, eine Industrienation wie Deutschland ein Jahr lang mit Energie zu versorgen. Diese gigantische Menge müsste man dann irgendwie kontrollieren. Technisch gesehen schwer vorstellbar aus heutiger



Der Experte

Metin Tolan, 1965 in Norddeutschland als Sohn einer deutschen Mutter und eines türkischen Vaters geboren, war 20 Jahre Professor für Experimentelle Physik an der Technischen Universität Dortmund und ist seit 2021 Präsident der Universität Göttingen. Neben der Forschungsarbeit hält er als Wissenschaftskabarettist Vorträge zu Themen wie „Die Physik bei Star Trek“. Dabei untersucht er Erfindungen und Filmeffekte auf physikalische Machbarkeit, zum Beispiel auch Teleportationen.

Sicht. Mal abgesehen davon, dass vor dem Zusammensetzen die Orte all der menschlichen Atome genau bestimmt werden müssten. Alles in allem sehr große Hürden. Aber der Neandertaler konnte sich auch noch keine Concorde vorstellen. Meine Prognose ist: In den nächsten 100 Jahren wird das Beamen nicht machbar sein.

Beamen wir uns zurück in die Realität. Bei der in Kanada durchgeführten sogenannten Zwei-Wege-Teleportation wird mit einer speziellen Kamera aus verschiedenen Perspektiven gefilmt. Der Nutzer am anderen Ende der „Leitung“ muss eine Mixed-Reality-Brille tragen, die für den dreidimensionalen Eindruck sorgt. Warum noch diese HoloLens-Brille?

Weil sonst die Informationen der Person nicht übertragen werden können. Man muss verstehen: Um ein holografisches Bild zu erzeugen, brauchen Sie spezielles Laserlicht. Da müssen derart viele Informationen gesendet werden, dass eine Übertragung in Echtzeit ohne Brille derzeit noch nicht möglich wäre. Man kann sie sicherlich noch smarter designen oder in die normale Brille integrieren.

1993

gelang es dem Wiener Quantenphysiker Anton Zeilinger, ein **Photon zu teleportieren**. 2004 gelang ihm die Übertragung des Quantenzustands eines Atoms rund 600 Meter über die Donau und 2007 eine Quantenteleportation von La Palma nach Teneriffa, also über rund 140 Kilometer. 2022 wurde er für seine Experimente zur Quantenteleportation mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

400 verstorbene Berühmtheiten

dürfte die amerikanische Firma Worldwide XR als Hologramm auf die Bühne projizieren. Sie hat sich die entsprechenden Rechte gesichert. In Japan füllt die durch Holografie zum Leben erweckte Sängerin Hatsune Miku – ein von Menschen geschaffener Avatar – bereits ganze Hallen.

1948

wurde die grundsätzliche **Methode der Holografie** durch den ungarischen Physiker Dennis Gabor erfunden. Für seine Arbeit „Die verzerrte Front elektromagnetischer Wellen“ erhielt er 1971 den Physik-Nobelpreis. Dreidimensionale Fotos waren jedoch noch nicht möglich. Erst 1962 im Zuge der Erfindung des Laserlichts gelang die erste holografische Aufnahme. Das Objekt war eine Modelleisenbahn.

10-15

Sekunden oder wenige

Billiardstelsekunden dauert es, bis ein von japanischen Forschenden entwickelter Laser ein frei schwebendes Hologramm erzeugt. Der Laser schießt Impulse ab, wodurch die Luftmoleküle ionisieren. Dabei geben sie Energie in Form von Lichtpunkten ab und verdichten sich zu einem Gemisch aus positiven und negativen Partikeln – auch Plasma genannt.

Was braucht es, um komplett auf Brillen verzichten zu können?

Eine noch schnellere Datenübertragung und eine Technologie, die es einem erlaubt, Hologramme einfach so im Raum zu produzieren. Man bräuchte eine Technologie, die das Laserlicht im Raum sichtbar macht. Bei einem Hologramm wäre das wiederum etwas Dreidimensionales.

Aber auch mit diesen Brillen ist ein in Echtzeit „verschicktes“ Hologramm, das man sich wie einen digitalen Zwilling vorstellen kann, ein technologischer Fortschritt, oder?

Auf jeden Fall. Ich möchte das Experiment keinesfalls kleinreden. Stellen Sie sich vor: Ein Arzt hat ein dreidimensionales Bild von Ihnen vor sich. Dann kann er Sie zumindest äußerlich untersuchen, und zwar überall und viel besser als in 2D auf dem Bildschirm. Er kann Verfärbungen auf der Haut sehen, er kann sehen, ob sie an ungewöhnlichen Stellen transpirieren. Ein riesiger Schritt nach vorne, um beispielsweise eine medizinische Versorgung in abgelegenen Gebieten zu ermöglichen. Das kann enorme Kosteneinsparungen für das Gesundheitssystem bedeuten.

Dann wäre es natürlich optimal, wenn das Element Haptik dazukäme.

Klar, da sind bei Hologrammen die Hürden hoch. Aber auch nicht zu hoch. Angenommen der Arzt drückt auf Ihre Kniescheibe, dann müssten Sie einen Anzug tragen, der einen entsprechenden Impuls auslöst. Nur mithilfe von Licht können Sie leider nicht drücken. Was diese Brillen betrifft, könnten vielleicht Biosensoren integriert werden, die zusätzlich die Herzfrequenz und die Sauerstoffsättigung im Blut überwachen.

Also sind solche Hologramme mehr als ein soziales „Nice to have“?

Ja, natürlich. Aber selbst, wenn die Brillen nur einen sozialen Mehrwert liefern würden, würde ich sagen: Wow! Es wäre doch toll, wenn jeder diese Brillen als ganz normalen Gegenstand zu Hause hat wie zum Beispiel einen Computer oder ein Handy. Stellen Sie sich vor, der Onkel aus den USA steht zu Ihrem Geburtstag virtuell vor ihnen. Oder der Astronaut im Weltall schaut abends bei seiner Familie vorbei. Oder das Konzert Ihres Lieblingsstars wird als Hologramm live ins Wohnzimmer übertragen. Es gibt unendlich viele denkbare Szenarien. Wie schön wäre es auch, wenn sich der Personal

Coach dreidimensional zu seinem Schützling dazuschalten und mit ihm realistisch trainieren könnte? Vor allem in Pandemiezeiten sinnvoll.

Sehen Sie denn noch weitere konkrete Anwendungen in der Wirtschaft und in der Industrie?

Ja, wenn diese Technologie in der Lage ist, einen ganzen Raum zu übertragen, kann man natürlich vielerlei konkrete Hilfestellungen leisten. Nach dem Motto: Hier musst du die Schraube anziehen, hier musst du das Kabel anschließen. Da kann ich mir sehr viele Anwendungen vorstellen. Zum Beispiel könnten auch die Säulen einer Tabellenkalkulation aus einem Meetingraum ragen. Oder aber mir wird in einer Werkhalle von einer Maschine aktiv ein Problem angezeigt, ich hole dann einen Techniker dazu – egal, wo sich dieser gerade befindet. Hauslebauer könnten ihr neues Heim digital in Lebensgröße vorab begehen. Oder ich kreierte virtuelle Büroetagen und Vorlesungsräume. In 50 Jahren vielleicht für uns alle der ganz normale Alltag.

Vielen Dank für das Gespräch.

„Wie schön wäre es, wenn sich der Personal Coach dreidimensional zu seinem Schützling dazuschalten und mit ihm realistisch trainieren könnte!“

Prof. Dr. Metin Tolan

Kommt ein Hologramm zum Arzt: Was wie der Anfang eines Witzes klingt, könnte in naher Zukunft Realität werden. Mehrere Ärzte könnten dezentral ihre Expertise einbringen



Sci-Fi-Kids

Wie werden der demografische Wandel und der technologische Fortschritt das System Familie verändern? Das SOS-Kinderdorf Hamburg hat zusammen mit den Zukunftsspezialisten des Beratungsunternehmens Z_punkt einen Ausblick aufs Jahr 2070 gewagt und – um gezielt Diskussionen anzustoßen – durchaus provokante fiktive Zukunftsbilder gezeichnet.



Fit bis ins hohe Alter, Mutter mit 60 und die Ururoma gehört wie selbstverständlich zur Familie – die neue Realität?

Zukunftswelt „120 plus“

2070 liegt die durchschnittliche Lebenserwartung der Population wohlhabender Nationen bei 120 Jahren, für 2100 wird sie bereits auf 135 Jahre prognostiziert. Der Wohlstand in diesen Ländern ermöglicht es vielen Menschen, sich geriatrisch behandeln zu lassen, sodass ein längeres und gesünderes Leben möglich wird. Die Politik fördert die Behandlungen monetär, um den Auswirkungen der schrumpfenden Gesellschaft auf das Wirtschaftssystem entgegenzuwirken. Das Leben des Menschen verändert sich radikal: Das Renteneintrittsalter wird auf 87 Jahre hochgesetzt und jüngeren Menschen wird mehr Zeit für Schule und Ausbildungen gelassen, um sich optimal und multiperspektivisch auf das Berufsleben vorzubereiten. Der medizinische Fortschritt zur Verlängerung der Fruchtbarkeit und der Fokus auf die Karriere führen dazu, dass immer mehr Frauen zunehmend später Kinder bekommen. Es ist üblich, mit 50 oder 60 Jahren das erste Kind zu bekommen.

Was bedeutet das für Kinder? Kinder verbringen mehr Lebensjahre bei ihrer Familie, als es noch in den Nullerjahren der Fall war. Im Durchschnitt ziehen Kinder erst im Alter von 30 Jahren bei ihren Eltern aus. Durch die Verlängerung der Schul- und Ausbildungszeit können sie individueller gefördert werden und es bleibt mehr Zeit für Auslands- und Austauschprogramme.

Was bedeutet das für Familien? Die Eltern-Kind-Beziehung befindet sich im Wandel. Nicht nur die Lebensverlängerung von Eltern, Großeltern und Urgroßeltern, auch der Gesundheitszustand führt dazu, dass Traditionen der Familie besser aufrechterhalten werden und Familiengenerationen von Großfamilien wieder aufleben können.

Zukunftswelt „Das fahrende Klassenzimmer“

2070 sind wasserstoffbetriebene, autonome Pods ein beliebtes Transportmittel. Besonders Eltern junger Kinder rufen sie gerne, um ihr Kind sicher von A nach B zu bringen, anstatt es mit öffentlichen Transportmitteln reisen zu lassen. Denn trotz der Möglichkeiten in virtuellen Realitäten wird noch viel Wert auf Erfahrungen in der echten Welt gelegt – Kinder sind viel unterwegs, treffen einander in der Schule oder in ihrer Freizeit, und Ausflüge mit praktischen Erfahrungen sind ein wichtiger Teil des Lehrplans.

Viele Services bieten spezielle Pods an, die auf Kinder ausgerichtet sind: So haben sie zum Beispiel für Kinder bequeme Sitzgelegenheiten und ein großes Angebot an kindgerechten Unterhaltungsmöglichkeiten. Zusätzlich lassen sich die Pods individuell gestalten, was etwa die Farben und digitale Dekoration der Innenwände angeht, sodass Kinder sich fast wie in ihrem eigenen Zimmer einrichten und wohlfühlen können. Die intelligent gesteuerten Licht- und Musikgestaltungen geben den Eltern zusätzlich das Gefühl, dass ihre Kinder gut aufgehoben und umsorgt sind.

Was bedeutet das für Kinder? Schon junge Kinder haben viel Bewegungsfreiheit und können auch mal eigenständig ihre Freunde besuchen fahren. Durch die positive und vertraute Atmosphäre in den Pods reisen sie gerne umher und an neue Orte, und die Stimmungsoptimierung sorgt für viele gute Tage und positive Erfahrungen. Allerdings verhindert sie auch manchmal, dass Kinder ihre Gefühle richtig ausleben und verarbeiten.

Was bedeutet das für Familien? Eltern geben mit den autonomen Pods viel Kontrolle ab und fördern schon früh die Selbstständigkeit ihrer Kinder. Sie gewinnen im Alltag Zeit, die sie zu einem anderen Zeitpunkt freier mit ihren Kindern verbringen können. Bei manchen Eltern weckt die Stimmungsoptimierungsfunktion für Kinder unrealistische Erwartungen, was zu Leistungsdruck oder Positivitätszwang führen kann.

Wird das autonome Shuttle zum Eltern-Taxi der nächsten Generation?



Zukunftswelt „Edu-Bot“

2070 sind Edu-Bots weit verbreitet und in der Gesellschaft akzeptiert. Das traditionelle Bild der Familie hat sich bereits in den 2050er-Jahren begonnen aufzulösen, was die Geburtsstunde der Edu-Bots war und die weitere Auflösung klassischer Eltern-Kind-Beziehungen zur Folge hatte. Sozialpädagogische Grundsätze, die sich bereits Ende des 19. Jahrhunderts mit Fokus auf Erziehung, Bildung und staatliche Intervention etabliert hatten, wurden bis ins Jahr 2070 weiterentwickelt. Die Erziehungsrolle muss nun nicht länger allein von Eltern und Bildungsbeauftragten getragen werden. Der Edu-Bot unterstützt den Erziehungs- und Bildungsauftrag als zusätzliche Erziehungskraft, die etablierte pädagogische Konzepte nach Wahl der Eltern unterstützen kann. Kinder werden individuell nach Bedürfnis gefördert, um sich in jeglichen Alltagssituationen einer zusehends komplexen Welt zurechtfinden zu können. Somit haben alle Kinder, unabhängig von ihrer individuellen Ausgangssituation, die gleiche Chance auf ein selbstbestimmtes Leben. Sowohl für Eltern als auch für Kinder existiert eine vorher nicht da gewesene Form der Freiheit.

Was bedeutet das für Kinder? Einerseits können Kinder hochgradig individuell gefördert und ihnen können Chancen eröffnet werden, die eine Lebenswelt ohne Edu-Bot so nicht bieten kann. Auf der anderen Seite können Kinder auch unter enormen Kontroll- und Leistungsdruck geraten, da ein Großteil ihres täglichen Lebens getrackt wird, um die Fördermaßnahmen des Bots zu personalisieren. Bei manchen Kindern kommt es auch zu Entwicklungsstörungen, da sie aufgrund der vielen Zeit mit dem Edu-Bot menschliche Gefühle und Mimik langsamer verstehen lernen.

Was bedeutet das für Familien? Erziehungsmuster werden durch den Edu-Bot neu definiert. Eltern leisten nicht mehr die maßgebliche Erziehungsarbeit, was zur Folge hat, dass sie sich deutlich weniger mit dem Kind auseinandersetzen. Dieser Reibungsverlust bringt auch einen Bindungsverlust mit sich. Zugleich führt die Tatsache, dass Kinder von den Eltern unabhängiger sind, zu zunehmender Entfremdung. Die „Ersetzung“ der Eltern durch den Edu-Bot hat ebenfalls eine Schwächung der Eltern-Kind-Bindung zur Konsequenz.



Edu-Bots können zum allwissenden 24/7-Elternteil 2.0 werden



Offline gehen als
Digital Detox – schon
heute ein Trend

Zukunftswelt „Offline-Dorf“

2070 ist gefühlt die ganze Welt immer online, und die physische Welt ist von digitalen Ebenen durchzogen. Selbst der menschliche Körper ist inzwischen ein cyber-physisches, durch verschiedenste Implantate optimiertes und vernetztes System. Als solche Eingriffe in den Körper in den 2050er-Jahren normal wurden, entschlossen sich immer mehr der schon lange existierenden Anti-Digitalisierungs-Bewegungen dazu, ihre eigenen Siedlungen und Gesellschaftsformen zu gründen. Statt digitaler Vernetzungen stehen dort zwischenmenschliche Verbindungen und die Einheit mit der Natur im Vordergrund. Mit neuen Technologien setzen sie sich hauptsächlich auseinander, um sie aus ihren Dörfern fernzuhalten und ihre Verbindungsmöglichkeiten durch ihre Filter kappen zu können.

Trotzdem sind diese Gemeinden nicht komplett isoliert – gesellschaftlich und politisch werden sie toleriert und dabei unterstützt, ihren Bewohnern eine hohe Lebensqualität zu bieten und zum Beispiel ihre eigenen Bildungsmodelle umzusetzen. Außerdem nehmen die Dörfer gerne alle Besucher auf, die ein Leben nach ihren Werten ausprobieren oder eine digitale Auszeit nehmen wollen.

Was bedeutet das für Kinder? Kinder in Offline-Dörfern wachsen komplett anders auf als Kinder im Rest der Gesellschaft. Selbst körperlich sind sie ohne die weitverbreiteten Implantate anders. Durch die Dorfbesuchenden sind sie sich dieser Unterschiede sehr bewusst, was für manche schwierig ist. Falls sie sich als Erwachsene entscheiden, ihr Dorf zu verlassen, haben sie oft Probleme, sich in die digitale Welt zu integrieren.

Was bedeutet das für Familien? Die Familienbeziehungen innerhalb und außerhalb der Offline-Dörfer sind teils sehr verschieden, weil sie durch die Anwesenheit oder Abwesenheit verschiedenster Technologien und Implantate beeinflusst werden. Weil das Leben innerhalb und außerhalb der Dörfer so verschieden ist, gibt es in manchen Familien auch Streit zwischen Eltern und Kindern darüber, welches das bessere Lebensmodell ist.

Zukunftswelt „Reality Filter“

Im Jahr 2070 gibt es weit entwickelte gemischte und digitale Realitäten, in denen fast alles möglich ist. Menschen verbringen viel Zeit dort, um Neues zu erleben und zu entdecken. Besonders für Kinder ist das spannend, und sie sind genauso gerne dort wie in der realen Welt unterwegs.

Allerdings gibt es auch vieles, was sie noch nicht sehen sollten, oder was schwierig zu verstehen ist – so kann es in digitalen Welten schwer sein, zu wissen, was normal oder realitätsnah ist. Der Reality Filter schützt Kinder vor gefährlichen oder überfordernden Erfahrungen, sodass sie auch ohne Begleitung eines Erwachsenen sicher auf Entdeckungstour gehen können.

Viele Eltern setzen auf diese Technologie und sie ist weitgehend akzeptiert. Auch auf die Vorgaben, was in welchem Alter herausgefiltert oder gezeigt werden sollte, einigt sich ein Großteil der Gesellschaft. Designierte Expertenräte prüfen und aktualisieren die empfohlenen Einstellungen regelmäßig, und Eltern können innerhalb eines festgelegten Rahmens die Programmierung etwas strenger oder lockerer gestalten, um ihre eigene Erziehungsphilosophie zu unterstützen.

Was bedeutet das für Kinder?

Kinder können viel eigenständiger die echte sowie gemischte und digitale Welten erkunden und ihren Interessen folgen. Da gefährliche oder verstörende Dinge herausgefiltert werden, können sie länger unbeschwert sein und in einer „heilen“ Welt leben. Allerdings ist es dann für manche Kinder umso schwieriger, wenn sie in höherem Alter mit solchen Themen konfrontiert werden.

Was bedeutet das für Familien?

Der Reality Filter setzt vieles direkt und unmerklich um, um das sich sonst als Regel oder Verbot gestritten werden könnte. Dadurch sind Eltern weniger stark in einer aktiv wahrgenommenen Erziehungsrolle. Gleichzeitig gibt es für Kinder keine Möglichkeit, die Filtereinstellungen zu umgehen, sodass ihr Realitätsbild von der Filterkonfiguration der Eltern vorgegeben ist.

Das Schlechte in der Welt einfach ausblenden – Zensur oder Jugendschutz?



Zukunftswelt „Resilience Kid“

Die Auswirkungen des Klimawandels machen menschliches Leben auf dem Planeten an vielen Orten nahezu unmöglich. Je nach Region gibt es unterschiedliche Anforderungen der Klimawandelanpassung, die ein beschwerdefreies Leben möglich machen. Das „Resilience Kid“ ist eine kostspielige Möglichkeit, vor allem von Eltern gewählt, die ihren Kindern eine sorgenfreie und lebenswerte Zukunft ermöglichen und absichern wollen und sich dies auch monetär leisten können. So wird es ihren Kindern durch genetische oder technologische Anpassungen, die bereits vor oder kurz nach der Geburt getroffen werden, möglich, unter extremen Bedingungen angenehm zu leben. Aufgrund stetiger Innovation und Anpassung der Lösungen an neue Klimawandelherausforderungen sind Kinder oft besser angepasst als ihre Eltern. Der Vorgang ist sehr kostspielig und wird vor allem im Globalen Norden durchgeführt. NGOs setzen sich dafür ein, dass diese Unterstützung für alle Kinder möglich ist.

Was bedeutet das für Kinder? Kinder werden bereits vor oder kurz nach ihrer Geburt in ihrem Wesen angepasst und erfahren somit einen Eingriff in ihre Fähigkeiten und in ihre Persönlichkeit. Die Ungleichheit zwischen Kindern nimmt enorm zu und ist an den Wohlstand der Familie gekoppelt. „Resilience Kid“-adaptierte Kinder haben eine höhere Lebenserwartung und haben von Geburt an eine höhere Chance auf eine bessere Lebensqualität, kommen jedoch mit einer hohen Verantwortung gegenüber ihren Familien auf die Welt.



Abwehrkräfte durch pränatale Genmanipulation – kommt der neue „Super-Mensch“?

Was bedeutet das für Familien? Die Verantwortung der Eltern gegenüber ihren Kindern wächst enorm. Bereits vor der Geburt müssen sie für ihre Sicherheit sorgen. Familien- und Kinderplanung wird oft davon abhängig gemacht, ob Eltern sich die Anpassungsmöglichkeiten leisten können. Andererseits sind viele Familien auf die Fähigkeitsanpassungen ihrer Kinder angewiesen, um lebensfähig zu bleiben. Kinder sorgen vermehrt für ihre Familie, was teilweise zur Umkehrung des Eltern-Kind-Verhältnisses führt.



Die Autorinnen

Die Autorinnen **Annika Bach** (SOS-Kinderdorf Hamburg) und **Clarissa Schmitt** (Z_punkt) betonen ausdrücklich, dass die Szenarien keine wünschenswerten oder realistischen Zukunftsbilder sind, sondern gezielt provokative und mehrdeutig interpretierbare Spekulationen. Z_punkt extrapolierte sowohl längerfristige Megatrends als auch

schwache Signale und Innovationskeime zu fiktiven Zukunftsartefakten für Kinder und Familien, die das SOS-Kinderdorf Hamburg aus sozialpädagogischer Expertise einordnete. Die entstandenen Zukunftsbilder sollen dazu anregen, gegenwärtige Entwicklungen und mögliche Zukünfte aus neuen Perspektiven zu betrachten, zu hinterfragen und zu diskutieren.

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

Chefredaktion

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

Redaktion & Produktion

Speedpool GmbH

Redaktionsleitung

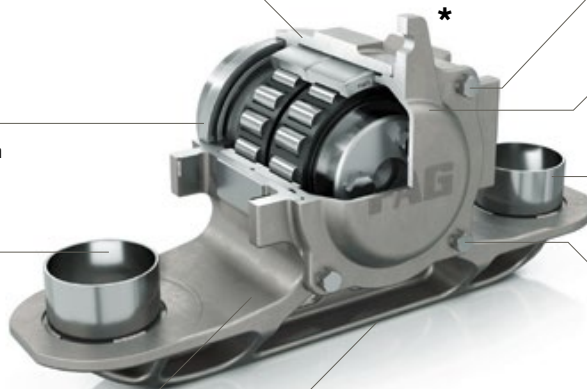
Volker Paulun;
Björn Carstens,
Stefan Pajung (Stv.)

Autoren

Annika Bach, Kay Dohnke,
Roland Löwisch, Clarissa Schmitt,
Dr. Lorenz Steinke

Schlussredaktion

David Feist,
Christoph Kirchner



Koordination

Carina Chowanek,
Gina Fernandez

Grafik

Janina Roll,
Julian Schmaljohann,
Thomas Wildelau

Druckvorstufe

Julien Gradtke,
Anke von Lübken

Druck

Zeitfracht GmbH

*Das neue Y25-Gehäuse von Schaeffler sorgt für einen effizienteren Gütertransport im Bahnsektor. Die Anwendung eines Data Matrix Codes ermöglicht außerdem die kontinuierliche Erfassung von Produkt- und Betriebsdaten und bietet die Schnittstelle zur vorausschauenden Wartung auf Basis eines digitalen Zwillinges.

Fotos/Illustrationen

Titel: Paper Boat Creative/Getty; S. 3: Schaeffler; S. 4: Elenabs/Getty, Artefact Aim; S. 5: iStock, Getty (2); S. 6: Synhelion; S. 7: Satoshi Konishi, Schaeffler; S. 8–13: Elenabs/Getty, privat; S. 14/15: Schaeffler; S. 16: Yuji Sakai/Getty, Skywater; S. 17: University of Texas Austin/Cockrell School of Engineering, WasserStiftung; S. 18: MIT; S. 19: Tamara Worzewski; S. 20: Anders Nyobe/Sahara Forest Project; S. 21: Universität der Bundeswehr München; S. 23: Gemeinfrei (2), Daily Herald Archive/Getty; S. 24: Porsche; S. 25: Roam, Marius Knutsen/Maritime CleanTech; S. 26–31: SvetaZi/Getty; S. 30: Stefanie Aumiller/ADAC, privat; S. 32: Gemeinfrei; S. 33: Donald Iain Smith/Getty; S. 34: Artefact Aim; S. 35: Getty; S. 36: Von Bergh Global Medical Consulting, MediBus; S. 37: Schaeffler; S. 38: Getty; S. 39: Neoplants, Ben Shbeeb/Unsplash, Schaeffler; S. 40–44: D3signAllTheThings/Getty;

S. 45: privat; S. 46: Monica Volpin/Pixabay; S. 47: Jörg Vieli/Pixabay; S. 48: Nicole Klesy/Pixabay; S. 49: Selim Mohammed/Pixabay; S. 50: Michelle Raponi/Pixabay; S. 51: Pixabay, privat; S. 52/53: Getty; S. 54: Jovanmandic/iStock; S. 55: Pixabay; S. 56: Dota 2 The International/Wikimedia; S. 57: RSM, privat; S. 58–62: SM/AlUEO/Getty; S. 61: TU Nürnberg; S. 63: Schaeffler; S. 64: European SPS Tower Concept; S. 65: Antique Provincial Information Office, Stefano Boeri Architetti; S. 66–71: Sebastian Kaulitzki/Getty; S. 72: Matt Bird/Getty; S. 73: Swen Pförtner/Universität Göttingen; S. 75: Colin Anderson Productions/Getty; S. 76: Coneyl Jay/Getty; S. 77: Witthaya Prasongsin/Getty; S. 78: EvgeniyShkolenko/iStock; S. 79: Olivier Le Moal/iStock; S. 80: Klaus Vedfelt/Getty; S. 81: Denis Labutin/iStock, privat (2); S. 82: Schaeffler

tomorrow Alle bisher erschienenen Ausgaben



01/2015
Mobilität
für morgen



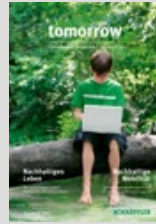
02/2015
Produktivität



03/2015
Unterwegs



01/2016
Innovationen



02/2016
Nachhaltigkeit



03/2016
Digitalisierung



01/2017
Energie



02/2017
Bewegung



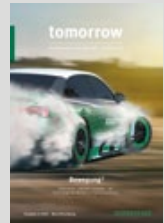
03/2017
Maschinen



01/2018
Transformation



02/2018
Urbanisierung



03/2018
Beschleunigung



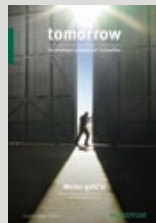
01/2019
Herausforderungen



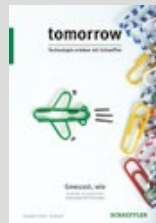
02/2019
Holismus



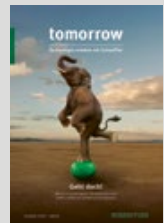
03/2019
Arbeit



01/2020
Chancen



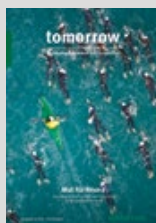
02/2020
Innovation



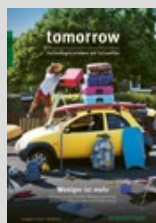
01/2021
Agilität



02/2021
Effizienz



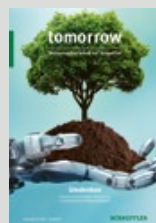
03/2021
Pioniergeist



01/2022
Reduktion



02/2022
Sustainable
Transportation



03/2022
Systeme

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