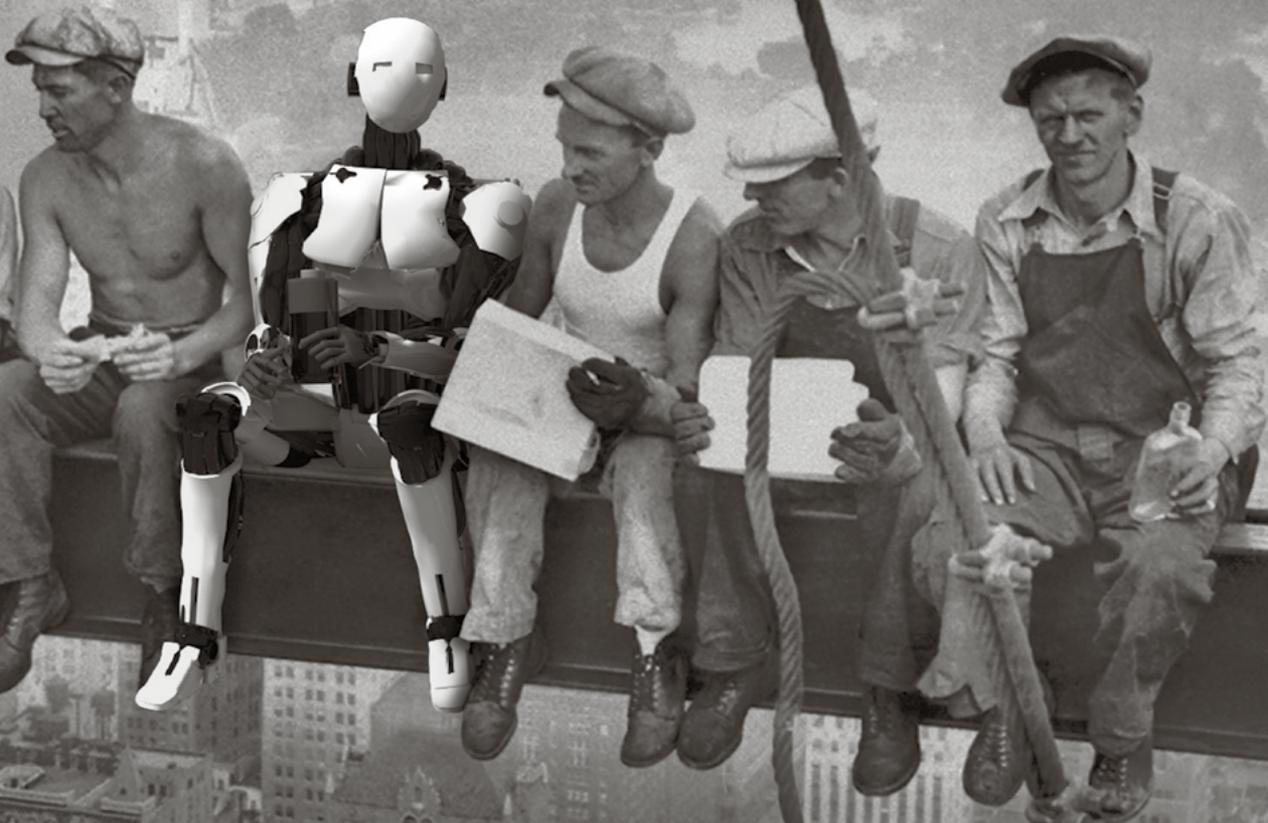


tomorrow

Technologie erleben mit Schaeffler



Ein neues Miteinander

Wie Technologien die Arbeitswelt
fundamental verändern

Ar|beit, die; - ['a:baɪt]

1. selbstgewählte, bewusste, schöpferische Handlung
2. ausführende, zweckgerichtete Tätigkeit
3. Tätigkeit, die erledigt wird, um Geld zu verdienen
4. Verhältnis, bei dem man eine Tätigkeit gegen Geld verrichtet
5. kurz für: Klassenarbeit, eine schriftliche Prüfung in der Schule
6. Volkswirtschaft: einer der drei Produktionsfaktoren
7. Physik: Energie, die durch Kraft über einen Weg auf einen Körper übertragen wird
8. etwas, das Anstrengung, Mühe kostet
9. Ergebnis einer Tätigkeit; Produkt, Werk
10. Ort, an dem die Tätigkeit gegen Geld verrichtet wird

Quelle: Wiktionary, Das freie Wörterbuch. Abgerufen am 7. November 2019, 10:58 von <https://de.wiktionary.org/w/index.php?title=Arbeit&oldid=7315162>

tomorrow

im Internet



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



tomorrow 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@schaeffler.com



Liebe Leserin, lieber Leser,

der Volksmund behauptet, Arbeit sei das halbe Leben. Wie sieht Ihre persönliche Rechnung aus? Ich würde sagen: Mit der Hälfte kommt man nicht aus. Denn Arbeit ist weit mehr als der Beruf. Arbeiten hört nach Feierabend nicht auf. Daheim warten Haus- und vielleicht Gartenarbeit. Im Sportverein arbeitet man an seiner Fitness, in der Abendschule an seinen Sprachkenntnissen. Und alle Eltern werden mir wohl zustimmen, dass die Erziehungsarbeit eine der schwierigsten ist. Schon diese wenigen Beispiele zeigen: Arbeiten und Leben zu separieren – egal ob in 50/50, 60/40 oder 40/60 – ist schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Leben ist Arbeiten und umgekehrt. Oder wie es Pablo Picasso einmal gesagt hat: „Arbeit bedeutet atmen für mich. Wenn ich nicht arbeiten kann, kann ich nicht atmen.“

Mit diesem kleinen Gedankenspiel begrüße ich Sie in der aktuellen Ausgabe unseres Technologiema-gazins „tomorrow“, in der sich auf 100 Seiten alles um das Thema „Arbeit“ dreht.

Picasso hat mit der Handfertigkeit seines Körpers und der Kreativität seines Geistes Meisterwerke erschaffen – und daraus die Energie für sein Da-sein gezogen. Natürlich ist es nicht vielen ver-gönnt, Meisterwerke von Weltruhm zu erschaffen, dennoch kennen wir alle das befriedigende Ge-fühl, wenn es am Ende eines Projekts heißt: ge-schafft! Arbeit ist aber nicht nur Treibstoff für unser Selbstwertgefühl. Arbeit gibt unserem Le-ben Struktur. An guten wie an schlechten Tagen. Oder wie es Aufklärer Voltaire formulierte: „Die Ar-beit hält drei große Übel fern: die Langeweile, das Laster und die Not.“

Ganz klar: Arbeit dient nicht nur, aber eben auch dazu, den Lebensunterhalt zu verdienen. Womit wir in der Berufswelt angekommen sind. Und die befindet sich aktuell in einem ebenso großen wie schnellen Wandel. Der technologische Fortschritt leistet auch hier ganze Arbeit. Computer, Roboter und Maschinen werden uns immer mehr Routine-tätigkeiten abnehmen. Andere Jobs werden durch Marktveränderungen schlicht nicht mehr benötigt. Auf der anderen Seite werden zahlreiche neue Ar-beitsplätze entstehen, nicht wenige davon mit Na-men und Tätigkeitsbeschreibungen, die wir heute noch gar nicht kennen – auch das ein Thema der aktuellen „tomorrow“. Ein Blick zurück über die vergangenen Jahrhunderte beruhigt: Der Fort-schritt hat den Arbeitsmarkt ständig verändert – und stets wachsen lassen. Auch die folgenden Zahlen ermutigen dazu, die aktuellen Bewegun-gen vor allem als Chance zu deuten: In der ersten Dekade unseres Jahrtausends hat die Digitalisie-rung laut einer Berechnung des Forschungsinstituts ZEW europaweit 9,6 Millionen Arbeitsplätze gekostet – aber 21 Millionen neue geschaffen.

Diese Zahlen zeigen: Den Weg des Wandels mitzu-gehen lohnt sich. Davon sind wir bei Schaeffler fest überzeugt. Lassen auch Sie sich von dem Wandel der „Arbeit“ faszinieren – auf den folgenden Sei-ten. Wir wünschen eine spannende Lektüre.

Klaus Rosenfeld

Vorsitzender des Vorstandes

Global

Blick in die Welt



Gut zu wissen 8

Daten, Fakten, Kurioses – ein 360-Grad-Rundumblick auf unser „tomorrow“-Schwerpunktthema „Arbeit“

Verwenden statt verdammen 12

CO₂ als Rohstoff oder Nutzgas – so unterstützt modernste Technologie die Reduktion des Klimagases

Business as unusual 18

Ungewöhnliche Jobs an ungewöhnlichen Orten – von der Antarktis bis ins All haben wir arbeitende Menschen getroffen

In Bewegung

Innovationen im Laufe der Zeit



Work in progress 30

Ackerbau und Viehzucht, Industrialisierung und Digitalisierung – wie Arbeit sich im Laufe der Jahrhunderte gewandelt hat

Produktive Produktion 34

Von der ersten Fertigungsstraße im Venedig des 15. Jahrhunderts bis zum Mensch-Maschine-Teamwork in der Fabrik von morgen

Retrofuturistisch 40

So hat man sich vor 100 Jahren die Arbeitswelt der Zukunft vorgestellt – was wurde wirklich wahr?

Jetzt-Zeit

Leben mit dem Fortschritt



New Work 48

Schlanke und agile Strukturen sind der Schlüssel für erfolgreiche Unternehmen – Blick hinter die Kulissen von fiten Firmen

Einen Schritt voraus 56

Bagger, Trecker, Gabelstapler – die Welt der Nutzfahrzeuge ist in Sachen autonome Mobilität Vorbild

Saubere Sache 62

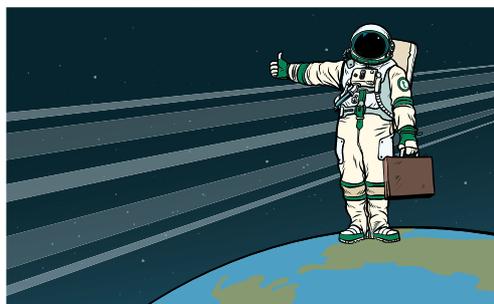
Ökologische Schlüsseltechnologie für eine nachhaltige Mobilität: das große ABC der Brennstoffzelle

Geht nicht gibt's nicht 68

Die Experten von Schaeffler erfinden und bauen für jede Art von Produkt die perfekte Fertigungsmaschine

Ausblick

Technik für morgen



Hightspeed-Revolution 76

Quantencomputer könnten die Welt der Informationstechnologie auf den Kopf stellen – so leistungsstark sind die Megarechner

Virtuelle Welten 80

Datenbrillen mit Augmented und Virtual Reality erweitern klassische Arbeitswelten um einen digitalen Durchblick

Die Zukunft der Arbeit 84

Wohin führt die Transformation die Berufswelt? Die Antwort kennt Industriosoziologe und Zukunftsforscher Martin Krzywdzinski

Stellenangebote von morgen 90

Digitalisierung und Urbanisierung schaffen neue Berufsfelder – gesucht werden unter anderem Vertical Farmer und Weltraum-Worker

Impressum 98

Global

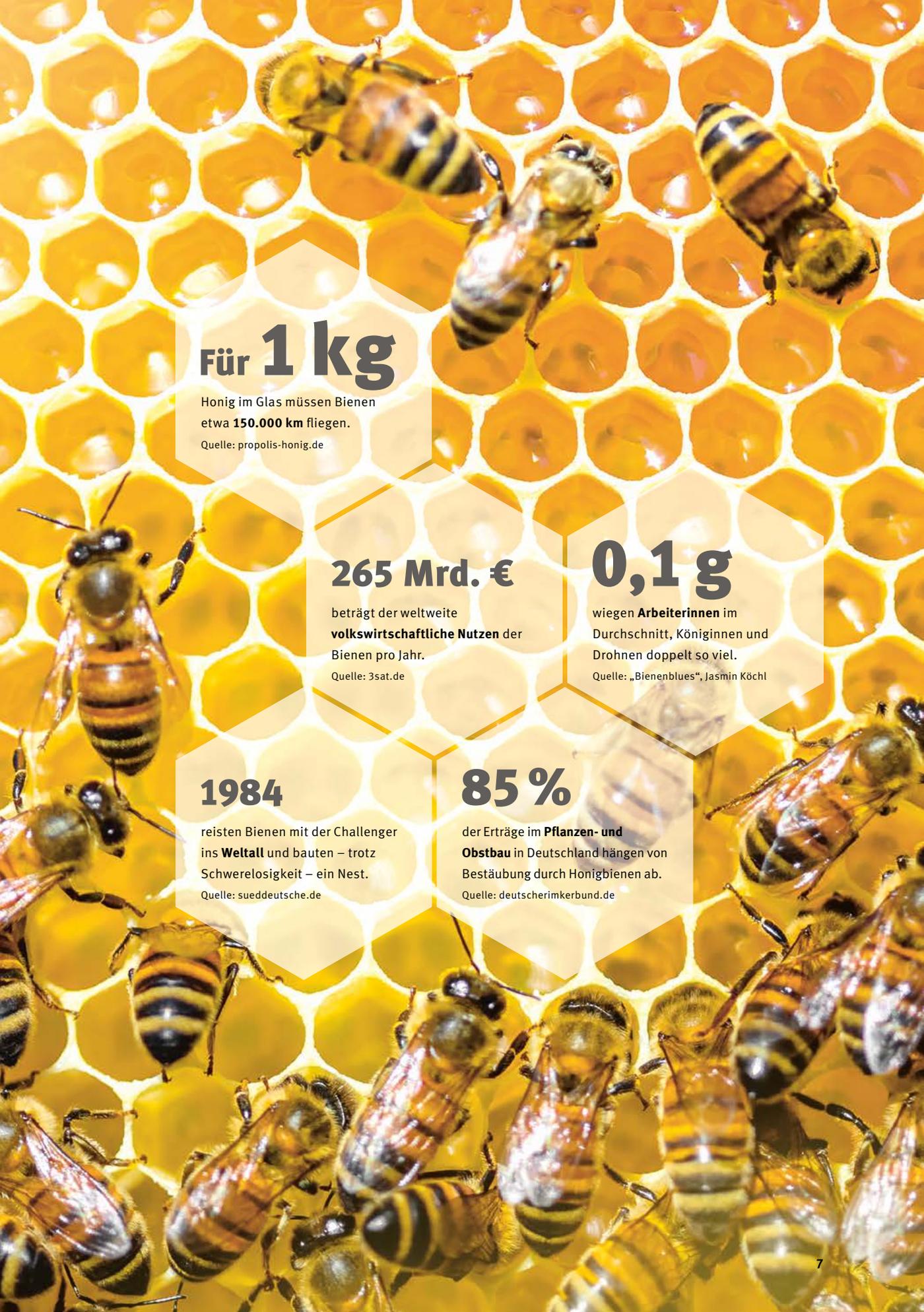
Blick in die Welt

Champions in Teamwork

100.000 Komplexaugen, 200.000 Flügel und 300.000 Beine – aber vor allem ist ein Stock mit 50.000 Honigbienen ein Paradebeispiel für Arbeitsorganisation. Königin, Arbeiterinnen und Drohnen verfolgen alle dasselbe Ziel: das Überleben des Bienenvolkes. Die Aufgaben sind klar verteilt. Die Königin steuert das disziplinierte Gewusel über Botenstoffe – Fachbegriff Pheromone – und sorgt für den Nachwuchs. Die Arbeiterinnen bauen neue Waben, pflegen den Nachwuchs, sammeln Nektar und Blütenstaub – sie sind die Alleskönner im Bienenstock. Dagegen haben Drohnen, die männlichen Honigbienen, in ihrer kurzen Lebenszeit nur eine einzige Aufgabe: die Königin bei ihrem Hochzeitsflug zu begatten. Und sollten sie zu den wenigen Auserwählten zählen, denen das vergönnt ist, zahlen sie für ihren Einsatz sofort den höchsten Preis ... nämlich mit ihrem Leben.

» *Schwebe wie ein Schmetterling, stich wie eine Biene*

Boxlegende Muhammad Ali über seinen eleganten und leichtfüßigen Kampfstil



Für **1 kg**

Honig im Glas müssen Bienen
etwa **150.000 km** fliegen.

Quelle: propolis-honig.de

265 Mrd. €

beträgt der weltweite
volkswirtschaftliche Nutzen der
Bienen pro Jahr.

Quelle: 3sat.de

0,1 g

wiegen **Arbeiterinnen** im
Durchschnitt, Königinnen und
Drohnen doppelt so viel.

Quelle: „Bienenblues“, Jasmin Köchl

1984

reisten Bienen mit der Challenger
ins **Weltall** und bauten – trotz
Schwerelosigkeit – ein Nest.

Quelle: sueddeutsche.de

85 %

der Erträge im **Pflanzen- und
Obstbau** in Deutschland hängen von
Bestäubung durch Honigbienen ab.

Quelle: deutscherimkerbund.de

360° Arbeit

Zahlen, Fakten, Kurioses – ein Rundumblick auf das Schwerpunktthema dieser „tomorrow“-Ausgabe.

Schergewicht

Keinen leichten Job haben Tiefseetaucher – und dies im wahrsten Sinne des Wortes. Mit dem Exosuit, einem speziellen, druckausgleichenden Taucheranzug, können sie Tiefen von rund 300 Metern erreichen. Je nach Ausstattung wiegt dieses Ungetüm aus Aluminium, das an Land nicht allein stehen kann, bis zu 250 Kilogramm und ist damit **die schwerste Arbeitskleidung der Welt**. Und mit einem Preis von 1,4 Millionen Dollar auch eine der teuersten.

Die 10 größten Fabriken in km²



Quelle: maschinensucher.de



Erfolgreiche Zusammenarbeit



Matthias Zink (Vorstand Automotive OEM bei Schaeffler, v. l.), Dieter Gass (Audi-Motorsportchef), Dr. Jochen Schröder (Leiter des Unternehmensbereichs E-Mobilität bei Schaeffler) mit dem neuen Audi e-tron FE06

Schaeffler und Audi bilden auch in Zukunft ein schlagkräftiges Team in der Elektrosportserie Formel E. Der global tätige Automobil- und Industrielieferer aus Herzogenaurach und die Marke mit den vier Ringen haben unmittelbar vor dem Auftakt der sechsten Saison ihre erfolgreiche Zusammenarbeit verlängert. Schaeffler bleibt langfristig Technologie- und Entwicklungspartner von Audi. Seit 2014 holte man zusammen über **1.000 Punkte**, **40 Podestplätze** und **zwei Meistertitel** – und setzte damit Maßstäbe.

Kinderträume

Lieblingsberufe von Kindern in aller Welt

Was wollen Kinder später werden? Polizist und Lehrerin. In fünf Ländern auf fünf verschiedenen Kontinenten sind diese Jobs immer in den Top drei der Nennungen.

	Jungen	Mädchen				
Deutschland 	19%  Polizist	10%  Pilot	6%  Feuerwehrmann	22%  Tierärztin	9%  Lehrerin	8%  Ärztin
Australien 	37%  Sportler	15%  Polizist	7%  Ingenieur	26%  Lehrerin	13%  Sportlerin	9%  Tierärztin
China 	20%  Wissenschaftler	17%  Polizist	14%  Feuerwehrmann, Soldat	29%  Lehrerin	16%  Tänzerin	14%  Künstlerin
Uganda 	28%  Fahrer	20%  Polizist	20%  Pilot	58%  Lehrerin	21%  Krankenschwester	8%  Ärztin
Mexiko 	18%  Arzt	16%  Polizist	13%  Sportler	23%  Tierärztin	18%  Lehrerin	16%  Modedesignerin

Quelle: Education and Employers, forschung-und-wissen.de



Gemeinschaftsarbeit

All for one, one for all: Das weltweit vielleicht einzige Projekt, an dem jeder mitarbeiten kann, ist die Online-Enzyklopädie Wikipedia. Inzwischen umfasst das Nachschlagewerk, das seit dem 15. Januar 2001 im Netz erreichbar ist, **mehr als 51,5 Millionen Artikel in 297 Sprachen.**

Starke Worte



» **Die Arbeit ist das Leben, und ohne sie gibt es nur Angst und Unsicherheit**

John Lennon (1940–1980),
Musiklegende

» **Freude an der Arbeit lässt das Werk trefflich geraten**

Aristoteles (384–322 v. Chr.),
griechischer Philosoph

» **Persönlichkeiten werden nicht durch schöne Reden geformt, sondern durch Arbeit und eigene Leistung**

Albert Einstein (1879–1955),
Physiker

» **Arbeite klug, nicht hart**

Dr. Gregory House,
TV-Arzt

» **Ich habe niemals an Erfolg geglaubt. Ich habe dafür gearbeitet**

Estée Lauder (1906–2004),
US-amerikanische
Kosmetik-Unternehmerin

» **Arbeiten! Nichts als arbeiten! Widerlich!**

Donald Duck,
Comicfigur



Zeitkiller Mail

Effizienz ist im modernen Arbeitsalltag ein wichtiger Faktor. Dennoch gibt es zahlreiche Zeitkiller, die regelmäßig Ressourcen kosten. Einer der größten sind immer noch E-Mails. Laut einer aktuellen Studie von Adobe verbringen Arbeitnehmer **mehr als drei Stunden pro Tag** damit, dienstliche Mails zu checken. Mittlerweile gibt es daher Unternehmen, die als Ziel eine Zero-E-Mail-Strategie haben und völlig ohne elektronischen Postverkehr auskommen wollen.



71 Pfennig Stundenlohn:
Die Fortschritte in der Arbeitswelt lassen sich beim Lohn und der Arbeitszeit erkennen: Während der Arbeitslohn 1947 bei Schaeffler in Herzogenaurach deutlich niedriger war als heute, war die Wochenarbeitszeit mit 72 Stunden wesentlich länger.

Hat das Klimagas CO_2
auch eine grüne Seite?

Wollte man das Klimagas Kohlendioxid bislang in unterirdischen Gesteinsschichten speichern und einfach nur loswerden, soll es nun zum wertvollen Rohstoff werden. Matratzen, Carbonfasern, Treibstoff – Experten arbeiten daran, CO₂ für die Herstellung solcher und anderer Produkte sinnvoll zu nutzen.

Von Denis Dilba

Wenn es nach Dr. Markus Steilemann geht, werden auf dem Klima-killer CO₂ bald immer mehr Menschen sanft schlummern können. Der Vorstandsvorsitzende des Kunststoffherstellers Covestro aus Leverkusen meint damit die ersten Produkte der vor rund drei Jahren eröffneten „Dream Production“-Anlage in Dormagen. Hier stellt der Konzern mithilfe des als Übeltäter verschrienen Kohlendioxids rund 5.000 Tonnen Polyol pro Jahr her – eine Substanz, die man unter anderem für Polyurethan-Schaumstoffe in Polstermöbeln und Matratzen benötigt. In einem zweiten Schritt sollen aus dieser Chemikalie, die normalerweise komplett aus dem Kohlenstoff des Erdöls gewonnen wird, auch Dämmstoffe für Häuser oder Kühlschränke und Klimaanlagen entstehen.

CO₂ soll Erdöl als Rohstoff ersetzen

Das Tochterunternehmen des Chemieriesen Bayer ist damit eines der ersten Unternehmen in Deutschland, das Kohlendioxid in wirtschaftlichem Maßstab als Rohstoff zur Kunststoffproduktion nutzt – und nicht als ungewollten Abfall abtut. „Mit CO₂ als Kohlenstoff-Lieferant können wir zunehmend auf traditionelle fossile Quellen wie Erdöl verzichten“, sagt der Covestro-Chemiker Dr. Christoph Gürtler, der die Prozesse der Anlage in Zusammenarbeit mit dem Catalytic Center der RWTH Aachen entwickelt hat. Fachleute sprechen bei so einem Prozess auch allgemein von „Carbon Capture and Utilization“ (CCU), grob übersetzt: der Abscheidung und Nutzung von Kohlendioxid. Das Klimagas steht damit vor einem Imagewandel: Bisher wollte man den Anteil des CO₂, der sich nicht durch den Einsatz von alternativen Antriebs- oder Produktionsverfahren vermeiden lässt, vor allem in den Untergrund pumpen. Dort, möglichst auf alle Ewigkeit gefangen in Gesteinsschichten, sollte das Kohlendioxid kein Unheil mehr anrichten.

CO₂-Recycling noch am Anfang

Nun will man das Klimagas wiederverwerten. Dieses CO₂-Recycling beflügelt bereits die internationale Forschergemeinde: Weltweit wird fieberhaft an neuen effizienten Verfahren gearbeitet. Kein

Monat vergeht, in dem nicht neue Erfolge und Produkte präsentiert werden. So produzierten etwa US-Forscher per Elektrolysereaktion aus CO₂ Carbonfasern. Der Leichtbauwerkstoff könnte so künftig sogar günstiger als mit den herkömmlichen Methoden hergestellt werden. Das britische Unternehmen Carbon Clean Solutions wiederum hat einen Prozess vorgestellt, der aus dem Abgas eines Kohlekraftwerks auf sehr wirtschaftlichem Weg Natriumkarbonat gewinnt – eine Vorstufe von Backpulver. Das vielseitige Natriumkarbonat, umgangssprachlich auch Soda genannt, kommt auch in der Produktion von Papier, Glas, Klebstoff, Waschmittel und Seife zum Einsatz.

Ohne Förderung wirtschaftlich

Die Firma aus London ist zwar nicht die erste, die Soda aus CO₂ herstellt, aber die erste, die so ein Verfahren ohne staatliche Förderungen auf den Weg gebracht hat. Ihr Erzeugnis soll laut eigener Auskunft zwei- bis dreimal günstiger herzustellen sein als das auf üblichem Wege produzierte Soda. Möglich wird dieser Kampfpfeis durch eine von Carbon Clean Solutions entwickelte neue Chemikalie zum Filtern von CO₂. Anders als die heute dafür eingesetzte Stoffgruppe der Amine soll sie einerseits effizienter, günstiger und weniger korrosiv sein, andererseits weniger Energie zur Abtrennung des aufgenommenen Kohlendioxids benötigen und auch mit kleineren Apparaten genutzt werden können. Eine beachtliche

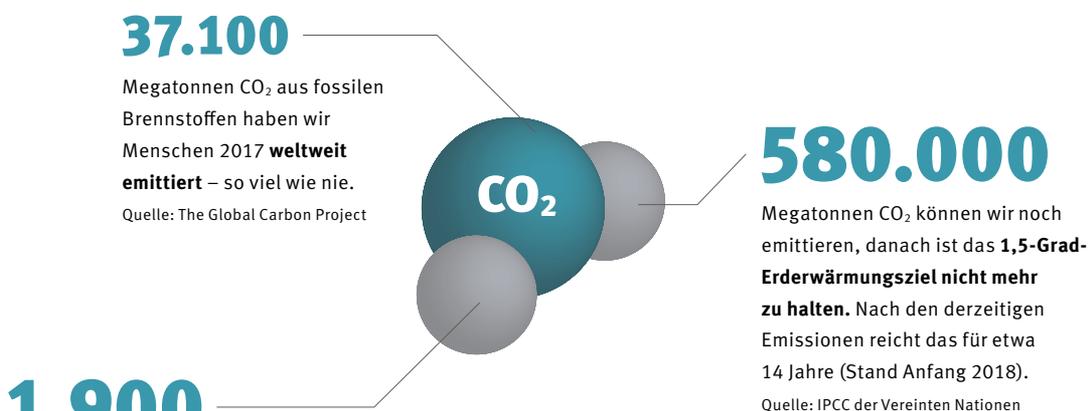
Leistung – scheitern doch die meisten CCU-Verfahren heute noch oft an der Wirtschaftlichkeit.

Nur wenig Klimaschutz?

Denn um das reaktionsträge CO₂ mit anderen Chemikalien zu vermählen, muss man es auf Touren bringen. Und dazu braucht man in der Regel eine Substanz, die die gewünschte Reaktion erleichtert – einen sogenannten Katalysator –, und viel Energie, die von außen zugeführt werden muss. Beides zusammen kostet Zeit, viel Geld und setzt darüber hinaus nicht selten wiederum Kohlenstoffdioxid frei. Umweltverbände wie der WWF oder Greenpeace kritisieren die Entwicklung von CO₂-Recycling-Verfahren daher als Greenwashing der Konzerne. Dass CCU nicht über Nacht den Planeten retten wird, weiß auch die Industrie: „Natürlich sind die CO₂-Mengen, die für die Synthese von solchen Chemikalien eingesetzt werden können, nur sehr gering im Vergleich zum jährlichen Ausstoß an CO₂, sodass die Auswirkungen für das Klima erst einmal gering sein werden“, sagt Thomas Schaub, der bei BASF daran arbeitet, aus CO₂ die Chemikalie Formaldehyd herzustellen.

Mit regenerativer Energie klimaneutral

Nur wenn auch die Energie für die CCU-Prozesse CO₂-frei gewonnen würde, etwa durch Windkraft oder Fotovoltaik, verbrauche CCU auch wirklich CO₂. „Allerdings muss irgendwann ein Anfang





gemacht werden“, sagt Schaub. Kohlendioxid habe den Vorteil, dass es in sehr großen Mengen und sehr günstig verfügbar ist, so der Wissenschaftler. Ob Schaub Formaldehyd, einen wichtigen Grundstoff für verschiedene Kunststoffe, künftig tatsächlich aus CO₂ produzieren kann, ist allerdings noch offen: Er und sein Team suchen aktuell nach einem Katalysator, der die Reaktion wirtschaftlich macht. Ihre bislang erzielten Ergebnisse sehen immerhin vielversprechend aus. Solche Projekte seien aber in jedem Fall wichtige Wegbereiter für die Nutzung von CO₂ als Rohstoff, sagt der Chemiker Schaub. „Die Technologien, die dabei entwickelt werden, können später auch in wesentlich größere Anwendungen gehen, wie beispielsweise in die Produktion von Flüssigtreibstoffen.“

Baustein für den Klimaschutz

Ähnliche Anlagen für Kraftstoffe oder Kraftstoffzusätze planen oder betreiben auch einige andere Unternehmen: RWE, Audi, LanzaTech,

Oben: Mithilfe von CO₂ fertigt Covestro in dieser komplexen Produktionsanlage den Kunststoff Polyol

Unten links: Die Spezialisten verwenden CO₂ auch zur Herstellung von Bindemittel für elastische Sportböden

Unten rechts: Ein Team um Forscher Dr. Christoph Gürtler hat den richtigen Katalysator entdeckt, um CO₂ zur Herstellung von Polyol zu nutzen. Eine erste Anwendung ist Weichschaum für Matratzen

CO₂ in Zahlen

Weltweiter Kohlendioxid-Ausstoß aus fossilen Brennstoffen im Jahr 2017



37.100
Megatonnen CO₂



Davon entfällt die Hälfte auf die **drei größten Emittenten**

10.900 China 
5.100 USA 
2.500 Indien 

Anteil der EU an den weltweiten CO₂-Emissionen in Prozent

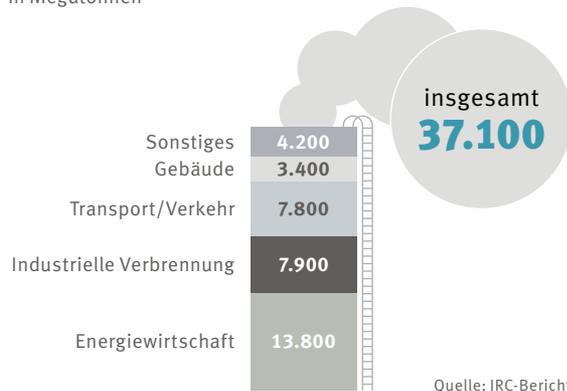


0,95

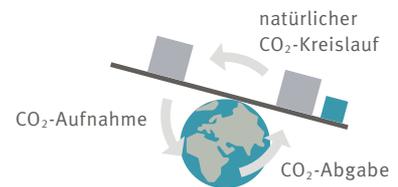
Megatonnen CO₂ von insgesamt 3.500 Megatonnen entstanden 2017 in der EU durch den Verkehr

Quellen: Internationale Energieagentur, Europäische Umweltagentur, CO₂-Bericht des Joint Research Center (JRC)

Weltweiter CO₂-Ausstoß 2017 nach Sektoren in Megatonnen



Mensch bringt CO₂-Balance aus dem Gleichgewicht



■ 280 ppm* CO₂
■ 104 ppm CO₂

Zusätzlicher Eintrag des Menschen seit 1750

*ppm = parts per million (Teilchen pro 1 Million Luftmoleküle)
Quelle: Weltklimarat

CO₂ als wertvoller Rohstoff

CO₂

Erdöl

bis zu

20 %

Erdöl können durch CO₂ ersetzt werden



Quelle: Covestro

Schlafen auf CO₂

Weichschaum für Matratzen

Fit mit CO₂

Bindemittel für Sportböden

Anziehen mit CO₂

Elastische Fasern für die Textilindustrie

Projekte in der Pipeline

Bauen, Fahren, Kühlen, Waschen mit CO₂



Standortvorteil Island

Die isländische Firma Carbon Recycling International (CRI) nutzt seit mehr als sieben Jahren den Standortvorteil der Insel im Nordatlantik: Ein Geothermiekraftwerk liefert kostenlose Abwärme und günstigen Strom sowie das Klimagas auch gleich in geeigneten Konzentrationen mit. Es steigt dort aus der Erdkruste auf.

4.000 Tonnen Methanol stellt CRI so pro Jahr her. Die Isländer haben den Prozess nun so weiterentwickelt, dass er auch mit CO₂ aus dem Abgas von Chemiefabriken, Stahl- und Zementwerken läuft. Ihre nächsten Anlagen werden mindestens zehn- bis zwanzigmal größer sein und bis zu hunderttausend Tonnen Methanol im Jahr produzieren, sagt Benedikt Stefánsson, Leiter der CRI-Geschäftsentwicklung. In zwei Jahren soll die erste Großproduktion dieser Art in China ihren Betrieb aufnehmen.

Carbon Engineering, Global Thermostat, Nordic Blue Crude oder Ineratec, um nur einige zu nennen. „Bei der Produktion solcher synthetischen Kraftstoffe hat sich allerdings noch kein Verfahren durchgesetzt“, sagt Georg Kobiela vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Der Experte für zukünftige Energie- und Industriesysteme mahnt aber nicht nur bei der Kraftstoffproduktion aus CO₂, sondern auch bei den meisten anderen CCU-Techniken aus der chemischen Industrie die langen Zeiträume an, die es ohne weitere unterstützende Maßnahmen dauert, bis relevante Produktionsmengen erreicht werden können. „Wir reden hier derzeit von einem Jahrzehnt und noch längeren Zeiträumen“, räumt der Forscher ein. Er schlägt daher Instrumente wie finanzielle Förderungen, Abnahmegarantien der Produkte und Möglichkeiten zur schnelleren Abschreibung der nötigen Anlagentechnik vor, um den Aufbau von CCU-Techniken zu beschleunigen. „Denn klar ist, dass wir sie brauchen – als einen Baustein unter vielen anderen Maßnahmen, die für den Klimaschutz notwendig sind.“

Perpetuum mobile durch Gentechnik?

Wissenschaftler wie Daniel Nocera von der Harvard University in den USA arbeiten derweil trotzdem an der ganz großen Lösung: der künstlichen

Fotosynthese. Sein bionisches Blatt wandelt Sonnenlicht, Kohlendioxid und Wasser zunächst in Wasserstoff und Sauerstoff um. Per Gentechnik designte Bakterien nehmen dann den Wasserstoff auf und verarbeiten ihn mit Kohlendioxid zu Biomasse – oder anderen CO₂-basierten Basischemikalien. So könnte ein künstlicher CO₂-Kreislauf tatsächlich Realität werden. Dann könnte in Zukunft das Kohlendioxid aus Autos, Flugzeugen, Schiffen und Fabriken einfach von künstlichen Blättern aufgefangen und in Benzin umgewandelt werden. Darauf verlassen sollten wir uns allerdings (noch) nicht.



Der Autor

Nach seiner Recherche erwägt Technologie-Journalist und Ingenieur **Denis Dilba**, beim nächsten Matratzenkauf auf ein CO₂-Modell zu setzen. Für

synthetischen Diesel auf CO₂-Basis hätte er auch Verwendung. Die Frage ist nur, ob sein betagter VW Bulli durchhält, bis der grüne Sprit an die Tankstelle kommt.

Out of office

Es muss ja nicht immer der Schreibtisch sein. Diese zehn Menschen haben einen etwas anderen Arbeitsplatz.

Von Wiebke Brauer



Vier Weltraum-Außeneinsätze hat Christina Koch (oben und Selfie links) mittlerweile absolviert. Mit dem gemeinsamen Ausflug mit Kollegin Meir schrieb sie Raumfahrtgeschichte

Die Astronautin

Arbeiten in der Schwerelosigkeit

Diese Frau ist wirklich abgehoben. Seit dem 19. März 2019 arbeitet US-Astronautin **Christina Koch** auf und an der Raumstation ISS. Im Oktober schrieb die Elektroingenieurin Raumfahrtgeschichte. Wieder einmal, muss man sagen. Denn die 40-jährige hält schon den Rekord mit dem bislang längsten Weltraumaufenthalt einer Frau. Nun ist Koch auch noch Teil des ersten rein weiblichen Außeneinsatzkommandos im All. Nach drei Ausflügen mit männlicher Begleitung ist Koch bei ihrem

vierten Außeneinsatz mit Kollegin Jessica Meir aus der ISS ausgestiegen. Die Technikerinnen tauschten eine Ladeinheit für Lithium-Ionen-Akkus aus, die Strom für die Regulierung der Sonnensegel liefert. Der Einsatz sorgte weltweit für Schlagzeilen. Der Einsatz sorgte weltweit für Schlagzeilen. Er sei ein gutes Beispiel für die wachsende Bedeutung von Frauen in der Raumfahrt, unterstrichen die beiden Akteurinnen. Im ISS-Alltag sei es der Besatzung aber egal, ob Männer oder Frauen die Arbeit übernähmen.

7:17 Stunden

dauerte der **erste weibliche Doppelausflug im All**. In der Zeit umkreist die ISS fast fünf Mal die Erde. Kochs vorherige All-Ausflüge waren ähnlich lang.

38 Grad

beträgt die **Körpertemperatur im All**, ein Grad mehr als auf der Erde. Bei Anstrengung werden es schnell 40 Grad, weil das kühlende Schwitzen in der Schwerelosigkeit stockt.

Die Meeresbiologin

H₂O in den Genen

Ihr Großvater war Kapitän und Walfänger, als Kind begeisterte sie sich für die Filme von Jacques-Yves Cousteau oder Lotte und Hans Hass – vielleicht kann man dann nur das Meer als Arbeitsplatz wählen. **Antje Boetius** ist Tiefseeforscherin. Wobei das etwas kurz gefasst ist: Seit November 2017 leitet die 52-Jährige das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven mit Außenstellen in Potsdam, auf Helgoland und auf Sylt – mit insgesamt 1.250 Mitarbeitern. Zusätzlich ist Boetius Professorin für Geomikrobiologie an der Universität Bremen und Leiterin einer Forschungsgruppe für Tiefseeökologie und -technologie am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie. Während ihrer beruflichen Laufbahn hat die gebürtige Hessin fast 50 Expeditionen geleitet, insgesamt mehrere Jahre auf See verbracht und etliche Tauchgänge in die Tiefsee absolviert. Noch vor 150 Jahren ging man davon aus, dass es zwischen vier- und elftausend Meter unter dem Meeresspiegel kein Leben geben könnte. Weit gefehlt. Die Tiefsee bietet Millionen von Arten ein Zuhause. Wie viele genau es sind, kann niemand sagen. „In der Tiefsee“, erklärt Boetius, „waren weniger Menschen als im All.“ Die Tauchgänge in die fremde Welt beschreibt sie folgendermaßen: „Oben sind die Meeresschichten ja vom Sonnenlicht durchschienen, dann hat man alle möglichen Blaufarben. Und wenn man dann bei 400 Meter angekommen ist, schwebt man in der absoluten Dunkelheit.“ Werden die Lampen an Bord ausgeschaltet, sieht man leuchtende Bakterien, Fische und Quallen. Als „Feuerwerk in der Dunkelheit“ bezeichnet die Forscherin das Spektakel.

2000

wies Boetius die Existenz **Methan fressender Mikroorganismen** in der Tiefsee nach. Die Einzeller verhindern, dass das Faulgas, das 22-mal klimaschädlicher ist als CO₂, in die Atmosphäre aufsteigt.

88 %

der Ozeane oder 62% der Erdoberfläche **sind Tiefseegebiet**. Der Bereich beginnt bei 200 Metern unter der Wasseroberfläche. Die Temperatur pendelt dort recht gleichbleibend zwischen –1 und +4 Grad.



Egal ob mit dem deutschen Forschungsschiff „Polarstern“ oder im U-Boot – Tiefseeforscherin Boetius fühlt sich auf und unter Wasser wie zu Hause. Ihr Großvater hat drei Schiffsuntergänge überlebt



Der Außendienstingenieur

Winzige Staubkörner, riesige Lager

US-Amerikaner geben ihren Bundesstaaten gern Spitznamen. Der von Arizona lautet „The Copper State“ – wegen der reichlichen Kupfervorkommen. Einer, der hilft, das Edelmetall abzubauen, ist **Michael Wernke**. Ungefähr viermal im Jahr durchstreift der Schaeffler-Außendienstingenieur die abgelegene, marsianische Landschaft der Region, um seinen Kunden Freeport-McMoRan in Morenci, die größte Kupfermine in Arizona, entscheidend zu unterstützen. In Morenci befindet sich die weltweit größte Hochdruck-Mahlwalze, die zum Zerkleinern von Erz verwendet wird. Um die Produktivität der Mine zu steigern, hat Schaeffler das weltweit erste abgedichtete Pendelrollenlager in dieser Dimension entwickelt – ein massives Exemplar mit einem Außendurchmesser von fast zwei Metern. Der Gigant fällt in Wernkes Aufgabenbereich.

Der Tag in seinem „Outdoor-Büro“ beginnt mit einer einstündigen Autofahrt ins staubige Minengebiet, wo ein Heer gewaltiger Maschinen unermüdlich vor sich hin arbeitet. Auch die imposante Mahlwalze mit dem nicht minder imposanten Schaeffler-Lager. Das riesige Bauteil, das wegen des extrem staubigen Arbeitsumfelds versiegelt ist, stellte Wernke zunächst vor eine interessante Herausforderung: Wie misst man das Spiel eines Lagers, dessen Rollen die Größe von Fußbällen haben und jeweils 50 Kilo wiegen? „Das Teil ist bedeutend größer als alles, woran ich jemals zuvor gearbeitet habe“, sagt Maschinenbauingenieur Wernke fast ehrfürchtig. Seine technische Begabung zeigte sich früh: Im Alter von nur drei Jahren zerlegte er den Staubsauger der Familie! Heute zerlegt der 1,93-Meter-Mann Lager, die so groß sind wie er.

Trotz seiner 1,93 Meter sieht Schaeffler-Ingenieur Michael Wernke klein aus neben der Hochdruck-Mahlwalze und im Schaeffler-Lager. Das ist wegen des staubigen Arbeitsumfeldes versiegelt



115.000

Tonnen Kupfererz werden täglich in Morenci gemahlen.

126

Muldenkipper mit je 236 Tonnen Traglast versorgen die Mühlen mit Erz. Die Schaufeln der beladenden Bagger fassen bis zu 57 m³.



300.000\$

kostete das berühmte Eisrennen im 007-Film „Im Geheimdienst ihrer Majestät“, das Glavitzka choreografiert hat: **knapp 5% der gesamten Filmkosten.**

0

Verletzungen hat sich Glavitzka bei Stunts oder Autorennen zugezogen. Beim Motocross hat er sich mal einen Halswirbel angeknackst und beim Eishockey hat er einen Puck ins Auge bekommen, woraufhin sich die Netzhaut ablöste. Beide Verletzungen sind gut verheilt.



Der Stuntman

Sein Motto:
„Vollgas oder nix“



Hauptdarsteller und Produzent Steve McQueen (unteres Bild l.) suchte für seinen Film einen Stuntman, der gut Unfälle bauen konnte: Glavitzka (u. rechts und oben)

Sein Arbeitsgebiet lag sehr oft jenseits des Grenzbereichs. „Ich habe kein Problem damit, mich zu überschlagen.“ Und dennoch ist der Mann, von dem dieser Satz stammt, heute immerhin 77 Jahre alt: **Erich Glavitzka**. Waghalsig war die Arbeit des Österreicherers oft, lebensmüde nie. In seinem Buch „Vollgas oder nix: Meine wilden 60er mit Jochen Rindt, James Bond und Steve McQueen“ beschreibt Tausendsassa Glavitzka seine wildesten Ritte und ungewöhnlichsten Jobs. Im James-Bond-Film „Im Geheimdienst Ihrer Majestät“ doublete Glavitzka auch das Bond-Girl Diana Rigg. Für ihn kein Problem: „Ich habe eigentlich nur a Pelzhaubn aufsetzen müssen.“ Auch wenn er es bei verschiedenen Filmen ordentlich hat krachen lassen – er selbst bezeichnet sich nicht als richtigen Stuntman. Eigentlich habe er beim Film nur das getan, was er immer schon machte: Auto fahren. Bereits in seiner Jugend fuhr der Mann mit dem Dokortitel in Philosophie Rennen, später auch Motorcross – dazu arbeitete er als Fahrinstructor. Allerdings gründete er auch mit Kompagnon Peter Huber die Firma Stunt Limited und arbeitete am Set des Rennfahrerfilms „Le Mans“, den Hauptdarsteller Steve McQueen 1970 selbst produzierte. „Er hat jemanden gesucht, der realitätsnah Unfälle bauen konnte“, sagt Glavitzka. Das konnte er. „Man muss dafür auf den Zentimeter genau fahren.“ Disziplin ist für das haargenaue Fahren unabdinglich, sagt er, der McQueens Gegenspieler Siegfried Rauch doublete, und fügt hinzu: „Freilich war das gefährlich. Wir sind vollen Speed gefahren, da ging nichts mit langsam kurven und Zeitraffer. Überschlag, Crash in die Mauer – das machst halt, wennst jung und deppert genug bist.“

35 Mio. €

Baukosten sind seit 2000 in die Anlage geflossen.

9

Bauabschnitte sind aktuell fertiggestellt. Eine Brücke in ein benachbartes Gebäude erschließt neue Flächen, u. a. sollen die Abschnitte „Provence“, „Süd- und Mittelamerika“ sowie „Asien“ folgen.



Der Zugführer

Große Übersicht in einer kleinen Welt



Das „Miniatur Wunderland“ ist eine der wichtigsten Attraktionen der Hafenstadt Hamburg – und ein äußerst interessanter Arbeitsplatz für Lars Rösenberg (unten)

1.040 digital gesteuerte Züge. 15.715 Meter Gleislänge, 3.454 Weichen, 1.380 Signale, 9.250 Autos, 52 Flugzeuge. Und das alles auf 1.499 m². Die Rede ist vom „Miniatur Wunderland“ in Hamburg, der größten Modelleisenbahn-Anlage der Welt. Und was für die einen wie ein Spielplatz erscheint, ist für **Lars Rösenberg** ein normaler Arbeitsplatz. Er ist Industriemeister Elektrotechnik und Leiter der Anlagensteuerung. Der Bahnbetrieb, wie Rösenberg es nennt, umfasst alles vom fahrenden Zug über das Auto bis zum Schiffsverkehr. In seinem Team arbeiten 45 Personen, allerdings nicht alle in Vollzeit. „Wir sind dafür zuständig, dass sich alles dreht und bewegt“, beschreibt Rösenberg. Sieben Tage die Woche hat die Touristenattraktion geöffnet, jeden Morgen muss die Anlage hochgefahren werden, was 30 bis 45 Minuten dauert – die kritischsten Phasen des Tages. Rösenberg: „Man muss beobachten, wie ruhig das System anläuft, wo Fehler auftauchen oder ob ein Computer abstürzt.“ Wie er zu seinem Job kam? Ganz einfach: Zwei Wochen, nachdem er seine Ausbildung als Elektrotechniker beendet hatte, besuchte er privat das „Miniatur Wunderland“ – und fragte kurzerhand nach einem Job. Gerade mal 21 war er zu diesem Zeitpunkt. Ob er denn zu Hause eine Modelleisenbahn hätte, wurde er beim Einstellungsgespräch vom Elektronik-Meister gefragt. Als er verneinte, bekam er den Job. Weil: Die Begeisterung für Modellbahnen ist eine Sache, ein hochprofessioneller Anspruch an die Technik eine andere. Wenn man den 38-Jährigen heute fragt, was das Beste an seinem Job ist, überlegt er eine Weile und ruft dann aus: „Es ist ein Irrsinn! Wir halten eine Masse von Dingen in Bewegung – und es ist ein Wunder, dass es funktioniert.“

4.000

Menschen **leben im Sommer in der Antarktis**, dem fünftgrößten Kontinent. Im kalten und dunklen Winter sind es nur noch 1.000.

2

Wochen lang durchlief Amy Hobbs ein spezielles **Medizintraining**, das sie befähigt, in der Antarktis bei chirurgischen Eingriffen zu assistieren.



Prima Klima in der Casey-Station – dafür sorgen Amy Hobbs (links) und ihr Team nicht nur technisch, sondern auch im zwischenmenschlichen Bereich

Die Polarforscherin

„Geht nicht“ gibt es bei ihr nicht

Monatelang in der Antarktis sitzen – das muss man mögen. **Amy Hobbs** tut es. Sie hat bereits zweimal als leitende Service-Ingenieurin auf der Casey-Station gearbeitet, einem australischen Forschungsaußenposten an der Budd Coast im Osten der Antarktis. Einmal im Sommer (2017/2018), einmal im bitterkalten und dunklen Polarwinter (2019), wenn die Durchschnittstemperaturen an der Küste zwischen minus 20 und minus 30 Grad Celsius liegen. Aber egal ob Sommer oder Winter: Ohne das entsprechende technische Equipment ist ein Überleben in der Antarktis nicht möglich. Die Technik in Schuss zu halten ist der Job von Amy Hobbs und dem von ihr geleiteten Team. Hobbs ist ein Mädchen für alles. Wenn nötig, hilft die Ingenieurin beim Klempnern. „In einer einzigartigen Umgebung mit großartigen Menschen zusammenzuarbeiten, das lässt mich jede anstehende Aufgabe mit einem Lächeln erledigen – selbst wenn es mal ein echter Mistjob ist“, beschreibt Hobbs das Besondere an der Arbeit in der Casey-Station. Und am Feierabend? Dann genießt die Australierin, wann immer es geht, das sich ständig verändernde Licht auf den Eisbergen und auf dem Meer in der Newcomb Bay: „Ich glaube nicht, dass ich jemals genug davon kriegen werde.“



Bis 2021 ist Indien voraussichtlich drittgrößter Pkw-Markt der Welt. Gleichzeitig wird die Fahrzeugtechnologie immer komplexer. Umso wichtiger, dass die Mechaniker vor Ort geschult werden



2018

hat Schaeffler Automotive Aftermarket sein **erstes indisches Trainingscenter** in Mumbai eingerichtet.

70

indische Städte stehen auf dem Tourplan des **mobilen Trainingscenters** von Schaeffler REPERT.

1,859 Mrd. €

Umsatz erzielte der Automotive Aftermarket von Schaeffler 2018 weltweit.

Der Teileerklärer

Immer dicht am Mann

Sein Arbeitsplatz sind keine klinisch reinen Glaspalastwerkstätten. **Himmat Singh** leistet Aufklärungsarbeit an der Basis. Dort, wo es nach Öl und Benzin riecht. Seit drei Jahren reist er für den Schaeffler Automotive Aftermarket kreuz und quer durch den indischen Bundesstaat Rajasthan. Seine Aufgabe: den Werkstattprofis, deren Arbeitsplatz nicht selten open air oder in einem dünnen Wellblechverschlag ist, die Vorzüge von Kupplungssystemen, Getriebe- und Fahrwerkskomponenten des fränkischen Zulieferers ans Herz zu legen und Montagetipps zu geben. Indien ist ein wichtiger Zukunftsmarkt. Allein in den vergangenen fünf Jahren ist der Automotive Aftermarket dort um jährlich 14 Prozent gewachsen. „Die Interaktion mit den Mechanikern hilft mir, Feedback zu unseren Produkten zu sammeln. Am Ende geht es um Kundenzufriedenheit“, sagt Singh.





Der Hubschrauberpilot

Präzision beim Kleinholzmachen

Wolfgang Jäger fliegt nicht einfach durch die Gegend. Er kappt mit seinem Helikopter Bäume und Äste. Und zwar dann, wenn die in Gleise, Stromleitungen oder Skilifte ragen. Jäger ist einer von nur zwei Piloten der österreichischen Firma Wucher Helicopter, die überhaupt mit einer Säge fliegen dürfen. Natürlich handelt es sich dabei nicht um irgendein Schneidegerät, sondern um ein langes Gestänge aus zusammengeschraubten Alu-Rohren, an dem eine 600 Kilo schwere Kreissäge mit zehn rotierenden Sägeblättern hängt. Durch das Gestänge zieht sich das Steuerungskabel, das von der Säge ins Cockpit führt. Von dort aus wird das System gesteuert. Für Notfälle befindet sich an seinem Steuerknüppel eine Taste, mit der die Säge ausgeklinkt werden kann – etwa dann, wenn sie eine Oberleitung trifft. Damit das nicht geschieht, ist engste Zusammenarbeit nötig: So steht der Pilot im ständigen Austausch mit einem Co-Piloten und einem Einweiser am Boden. Jäger: „Das ist enorm wichtig. Denn im Einsatz musst du dich voll auf die Säge konzentrieren. Das ist viel Feinarbeit: Oft schneidest du nur 30 Zentimeter an einer Stromleitung vorbei.“ Als ob das nicht schon schwierig genug sei, kann es sein, dass die Säge zu viel Schwung bekommt oder durch eine Böe erfasst wird. „Bis zu einer Windgeschwindigkeit von etwa 45 km/h kann noch geflogen werden, ist der Wind stärker, wird es zu gefährlich“, sagt Jäger. Allerdings hat er sich noch nie verschnitten, wie er meint.

4.000 Euro

kostet das **Baumschneiden mit dem Helikopter** – pro Stunde. Dafür sind aber auch rund 2 Kilometer Strecke freigeschnitten.

6–8 Jahre

hält ein **Hubschrauberschnitt**. Dann hat sich die Natur ihr Revier zurückgeholt und die fliegende Säge muss wieder ran.

45–60 PS

haben **die Motoren der fliegenden Säge**. Der Tank reicht für 90 Minuten.

Ein infernalisches Pendel: Alles, was sich der fliegenden Säge mit zehn rotierenden Blättern in den Weg stellt, wird pulverisiert – entsprechend vorsichtig muss Pilot Wolfgang Jäger fliegen





› **8.500**

Pkw, Lkw, Transporter und Nutzfahrzeuge wurden schon mit Space Drive ausgerüstet – und ein zugelassener Rennwagen.

Platz 4

belegte **Ex-Formel-1-Pilot Markus Winkelhock** beim DMV-GTC-Finalrennen mit dem Space-Drive-Audi von Schaeffler Paravan

Der Fahrzeugumrüster

Persönliche trifft berufliche Leidenschaft

Das breite Lächeln im Gesicht von **Timo Haug** kommt nicht von ungefähr: Seine Arbeit hat ihn an den Ort gebracht, an den ihn auch seine private Leidenschaft zieht – an die Rennstrecke. Haug ist passionierter Kartfahrer und Motorsportfan. Durch seinen Job bei Schaeffler Paravan hat sich nun eine private und berufliche Schnittmenge ergeben. Im Arbeitsalltag rüstet der 38-Jährige Fahrzeuge für Menschen mit Behinderungen mit der Drive-by-Wire-Technologie Space Drive von Schaeffler Paravan aus. Außerdem entwickelt Haug im Kundenauftrag individuelle Space-Drive-Lösungen für Prototypen – vom Kleinstwagen bis zum Lkw. Alles in allem ein höchst abwechslungsreiches Tätigkeitsfeld, das 2018 um eine sehr reizvolle Facette erweitert wurde: einen Rennwagen mit Space Drive. Um einerseits die Leistungsfähigkeit

der Technologie zu demonstrieren und andererseits weitere Entwicklungsimpulse aus dem Einsatz am Limit zu gewinnen, rüstete Schaeffler-Paravan einen Audi R8 LMS zum Steer-by-Wire-Rennwagen um. Lenkstange raus, ein mit elektrischen Impulsen agierendes Force-Feedback-Lenkrad rein. Timo Haug war von Anfang an am Projekt beteiligt. Der innovative Rennwagen erhielt als erster seiner Art eine Zulassung vom Deutschen Motorsport Bund und startete in der Serie DMV GTC. Für vier Rennen tauschte Timo Haug die Produktionshalle im schwäbischen Aichelau mit den Boxen auf Rennstrecken wie dem Nürburg- oder Hockenheimring. „Es ist spannend, das System unter diesen extremen Bedingungen weiterzuentwickeln“, sagt er. „Als das Auto das erste Mal mit über 250 km/h an uns vorbeiraste, so ganz ohne Lenksäule, war das ein echter Gänsehautmoment.“

Ob Startaufstellung oder Boxengasse: Timo Haug steht im ständigen Austausch mit dem Rennfahrer, um möglichst detaillierte Rückmeldungen zu bekommen. Diese fließen in die Weiterentwicklung von Space Drive ein



Der Maß-Arbeiter

Schaumiges im Fluss halten

Das Münchner Oktoberfest ist das größte Volksfest der Welt. 6,3 Millionen feierfreudige Menschen strömten 2019 auf die Wiesn. Und die meisten wollen vor allem eins: Bier trinken. Insgesamt 7,3 Millionen Liter waren es in diesem Jahr. Der Mann, der maßgeblich dafür sorgt, dass der Gerstensaft-Strom nicht versiegt, ist **Uwe Daebel**, Hauptabteilungsleiter Abfüll- und Verpackungstechnik bei der Paulaner Brauerei. Seine Firma versorgt beim Oktoberfest 18 große und kleine Bierzelte. Und das im doppelten Sinne mit Hochdruck. Gerade in den großen Zelten, in denen jeweils bis zu 9.300 Menschen bedient werden wollen, wurde die Nachschubversorgung immer schwieriger. Daher kam Uwe Daebel auf die Idee, die drei größten Zelte jeweils über eine Ringleitung mit Bier zu versorgen. Erstaunlich: „Das System arbeitet ohne mechanische Pumpen; lediglich Kohlendioxidgas als Druckmittel fördert das Bier zu den Zapfhähnen“, erklärt Daebel. Hört sich simpel an, im Hintergrund arbeitet aber eine Menge Steuerungstechnik und Software von Siemens. Daebel kann von jedem Ort der Welt mit Internetverbindung alle relevanten Daten auf seinem „Maß-o-Meter“ ablesen: Durchflusstempo, Verbrauchswerte, Drücke, Temperaturen, Füllstände und so weiter. Schon am frühen Morgen gilt Daebels erster Blick dem „Maß-o-Meter“. Er checkt, ob die Planmenge für den Tag tatsächlich über Nacht angeliefert – oder wie Daemel sagt: abgetankt – wurde und in welchem Status sich die Anlage befindet. Daebel: „Ist der Festzeltmodus aktiv, dann weiß ich, dass die Abtankung in der Nacht geklappt hat. Andernfalls versuche ich, Kontakt mit dem Abtankpersonal aufzunehmen und bespreche die Relevanz der Störung.“ Wenn alles nicht hilft, schaut der 62-Jährige selbst nach dem Rechten und behebt die Störung vor Öffnung des Festzeltbetriebes. Sonst gibt's lange Gesichter bei den Besuchern. Und beim Wirt. Jede Stunde Ausfall würde 12.000 nicht verkaufte Maß bedeuten, oder umgerechnet rund 130.000 Euro Umsatz.



3 Sek.

dauert es im Schnitt, bis ein **Maßkrug** auf dem Oktoberfest befüllt ist.

13%

des **Münchner Strombedarfs** fließen während der Wiesn-Wochen aufs Oktoberfest.

0

Energie wird in der Bierpipeline zur Kühlung verbraucht. Das Bier wird gekühlt geliefert und hält die Temperatur bis zum Ausschank.



Neben dem vielen Bier sorgen auch Fahrgeschäfte auf dem Oktoberfest für Drehgefühle (oben). Radartechnik misst den Füllstand der Bierfässer berührungslos (unten)

In Bewegung

Innovationen im Laufe der Zeit

Schlaue Striche, die die Welt veränderten

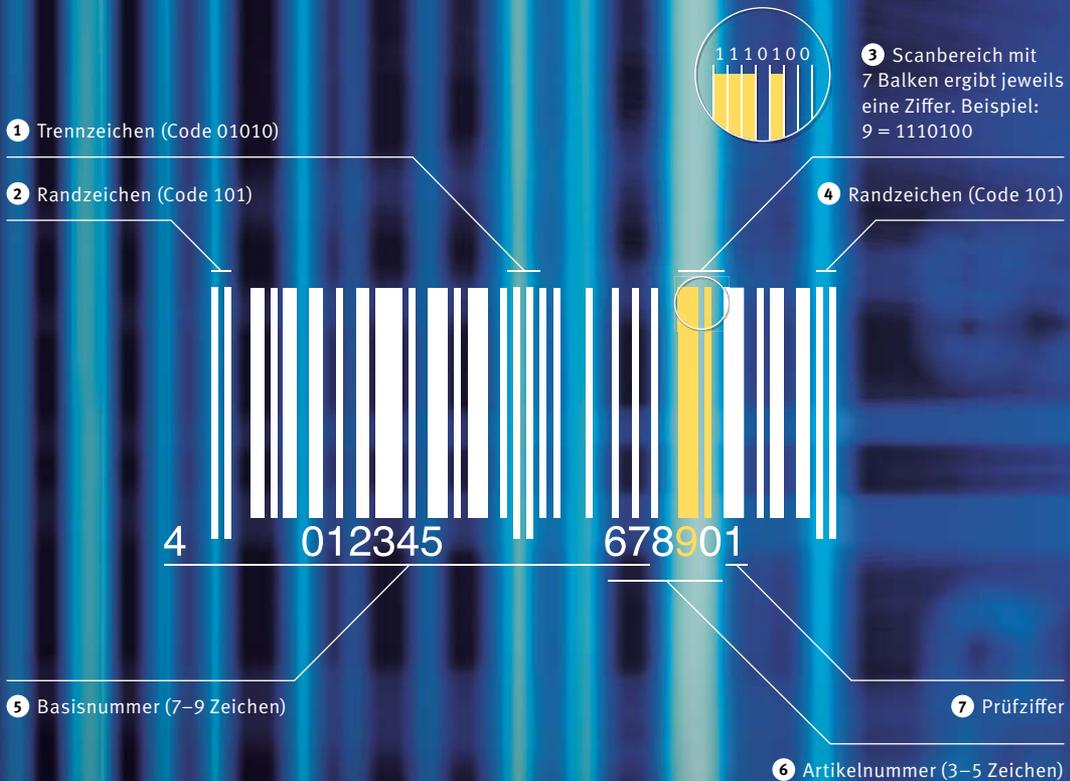
So gut wie alle Produkte besitzen heute ihren eigenen Ausweis: den Barcode. Ein Piep, und die Kasse weiß Bescheid. Wie der Artikel heißt, woher er kommt, Preis, Steuersatz und noch vieles mehr. Schwarz-weißen Strichen, dünnen wie dicken, sei Dank. Am 26. Juni 1974 fängt in einem Supermarkt in Ohio mit einem Päckchen Kaugummi alles an. Der erste Code wird eingescannt. Der Ur-Piep sozusagen. Die Idee ist jedoch viel älter. In diesem Jahr genau 70 Jahre. Im Oktober 1949 meldeten die amerikanischen Studenten Joseph Woodland und Bernard Silver ihr gedrucktes „Morse-Alphabet“ zum Patent an. Die Geburt einer neuen Form der Informationsspeicherung. Ohne Barcodes oder deren Evolutionsstufen – die prominenteste ist der zweidimensionale QR-Code – käme die heutige Handels-, Logistik- und Industriewelt

nicht aus: hochmoderne und vernetzte Lagersysteme, die Waren vollautomatisch kommissionieren; Labore, die Urin- und Blutproben eindeutig Patienten zuordnen; Verbraucher, die ihre Konzert- und Flugtickets zu Hause ausdrucken. Der Barcode treibt Entwicklungen voran, ganze Branchen haben sich verändert. Bis hierhin war es ein langer Weg. Einer, der sich – um im Bild zu bleiben – zog wie Kaugummi. Denn es fehlte dereinst das optische Lesegerät, um Woodlands und Silvers Striche zu erfassen. Erst mit Einzug der Lasertechnologie erhielt die Codierung einen Nutzen. Heute piepsen Kassenscanner weltweit täglich Milliarden Mal. Der Barcode ist omnipräsent. Und doch fast unsichtbar. Ein unscheinbarer Alleskönner, der zu einem der wichtigsten Werkzeuge des modernen Lebens geworden ist.

» Man muss nicht nur mehr Ideen haben als andere, sondern auch die Fähigkeit besitzen, zu entscheiden, welche dieser Ideen gut sind

Linus Pauling,
US-Chemiker und zweifacher Nobelpreisträger

Beispiel EAN-13-Barcode: Aufbauprinzip und Funktionsweise



„Barcode“ basiert auf dem englischen Wort Balken, also „Bar“. Der EAN-13-Code ist eine **European Article Number** mit **13** Stellen. Es ist ein eindimensionaler Code, der Scanner (Infrarot- oder Lasertechnik) unterscheidet nur zwischen der Reflexion des Lichts auf den Leerräumen und der Nicht-Reflexion auf den dünnen Balken. Hat der Balken eine Farbe, steht das für den Digitalcode 1, ein leerer Zwischenraum entspricht dem Digitalcode 0. Das Lesegerät kann erkennen, wenn mehrere Balken (im Layout hier sind sie weiß, üblicherweise aber schwarz) oder Leerräume nebeneinander stehen und diese einzeln auslesen. Das Ergebnis des optischen Auslesens der Balken samt digitaler Umrechnung entspricht exakt der abgebildeten Zahlenfolge. 12 Ziffern stellen die Artikelnummer dar – aufgeteilt in eine

Basisnummer **5** mit Land und Firma sowie die Artikelnummer **6**. Die 13. Ziffer ist eine Prüfziffer **7**, die nach einer Formel aus den 12 Ziffern berechnet wird. Außen und in der Mitte wird jeder Code immer von denselben Randzeichen **2 4** und dem Trennzeichen **1** begrenzt. Es sind jeweils 6 Ziffern links und 6 Ziffern rechts vom Trennzeichen codiert. Jede Ziffer **3** besteht aus 7 Bit, also jeweils 7-mal 1 oder 0 – aber immer genau 2 Balken und 2 Leerzeichen unterschiedlicher Dicke. Auf der linken Seite beginnt die Codierung aller Ziffern mit einem Leerzeichen, auf der rechten mit einem Balken – es gibt also mehrere Tabellen zur Codierung der Ziffern von 0 bis 9. Dadurch wird sichergestellt, dass die Decodierung auch dann korrekt ist, wenn der Barcode über Kopf eingelesen wird.



Innerer Antrieb

Die Arbeitswelt hat sich in Hunderttausenden von Jahren stetig verändert – ein wesentlicher Grund, warum wir arbeiten, aber nie. Und so viel sei vorweggenommen: Er findet sich nicht im Portemonnaie.

Von Volker Paulun

Die Erde ist kein Schlaraffenland, in dem uns gebratene Tauben in den Mund fliegen. Allein schon um satt zu werden, gingen die Menschen seit Urzeiten zur Arbeit – und hörten bis heute nicht mehr auf. Die ersten Jobs der Geschichte: Jäger und Sammler. Gemeinhin gelten solche dem reinen Nahrungsgewinn dienenden Tätigkeiten als ist die älteste traditionelle Wirtschaftsform der Menschheit. Die Jäger waren – das nur nebenbei – auch die Ersten, die Arbeitsgeräte benutzten. 300.000 Jahre ist die älteste bisher gefundene Jagdwaffe alt, ein Speer.

Körpereigene Belohnung

Hunderttausende von Jahren alt ist auch die Erkenntnis, dass Arbeit nicht nur satt macht, sie kann auch glücklich machen. Das erklärt sich folgendermaßen: Bereits die evolutionären Vorfahren des Menschen waren in sozialen Gruppen lebende Geschöpfe. Nur wer sozial akzeptiert und zugehörig war, konnte überleben. Daher hat das menschliche Gehirn im Laufe der Evolution Sensoren entwickelt, mit denen wir die Qualität sozialer Beziehungen wahrnehmen können, sowie ein im Mittelhirn ansässiges Nervenzellen-Netzwerk, das als Motivations- oder Belohnungssystem bezeichnet wird. Erfährt ein Mensch – damals wie heute – soziale Anerkennung und Wertschätzung, schüttet das System einen Glückscocktail mit den Zutaten Dopamin (eine Energiedroge), Oxytozin (ein Vertrauens- und Kooperationsbotenstoff) und körpereigenen Opioiden (Wohlfühl-Botenstoffe) aus. Eine Lohnauszahlung aus dem Oberstübchen.

Für die Arbeitswelt von heute ergeben sich aus diesen Erkenntnissen wichtige Schlussfolgerungen, sagt der Neurobiologe, Arzt und Buchautor Prof. Dr. med. Joachim Bauer („Arbeit – warum sie uns glücklich oder krank macht“): „Menschen können am Arbeitsplatz nur dann nachhaltig Engagement und Motivation aufbringen, wenn sie erleben, dass das, was sie tun, beachtet, wahrgenommen und wertgeschätzt wird. Dies bedeutet keinesfalls, dass Beschäftigte verwöhnt oder ständig mit Lob überhäuft werden wollen oder sollen. Auch Kritik kann durchaus als wertschätzend empfunden werden – wenn sie berechtigt ist und nicht herabsetzend vorgetragen wird. Die Notwendigkeit des ‚Gesehen-Werdens‘ betrifft übrigens nicht nur den Arbeitsplatz, sondern auch Tätigkeiten im Privatleben.“

» *Nicht, was ich habe, sondern was ich schaffe, ist mein Reich*

Thomas Carlyle,
schottischer Historiker

Natürlich kann man diese Mechanismen auch aushebeln. Die alten Griechen und Römer beispielsweise versagten der körperlichen Arbeit jegliche Wertschätzung. Zu antiken Hochkulturen konnten sie sich nur entwickeln, weil Sklaven sämtliche körperlich anstrengenden Tätigkeiten übernahmen und den Betrieb so am Laufen hielten. Arbeit und gesellschaftliches Leben waren in Rom und Athen weitestgehend voneinander getrennt.

Aufstieg durch Arbeit

Eine Entwicklung, die sich erst im Mittelalter allmählich änderte. Während die unterprivilegierte und unfreie Landbevölkerung – die damals in Europa einen Bevölkerungsanteil von 90 Prozent ausmachte – ihre nicht wertgeschätzte Arbeit als Mühsal und Plage ansah, entwickelte der

Bis ins 19. Jahrhundert hinein war die Forst- und Landwirtschaft weltweit der mit Abstand wichtigste Arbeits- und Wirtschaftssektor. Heute liegt der Anteil bei 6,4 %, in Ländern wie Deutschland und Großbritannien sogar unter 1 %



43

verschiedene Zweige im Schmiedebereich sind aus dem mittelalterlichen Köln überliefert. Es gab beispielsweise Grob-, Huf-, Nagel-, Scheren-, Hauben-, Beil-, Messer-, Kessel- und Pfannenschmiede. Branchenverwandt gab es Glocken- und Kannengießer, Kupferschläger oder auch Nadel-, Sporen- und Speermacher. Falls Sie sich fragen, woher der Name Schwertfeger stammt: Der war damals für die Feinarbeit an roh geschmiedeten Schwertern zuständig.

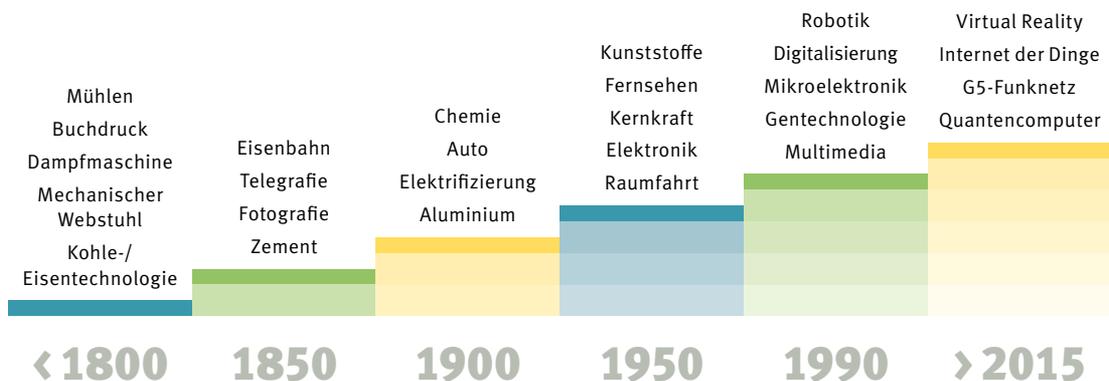
Handwerker in der Stadt eine durchaus selbstbewusste Einstellung zu seinen Tätigkeiten. „Arbeit adelt“ wurde zur Parole des Aufstiegs. Der technische Fortschritt beflügelte das Handwerk zusätzlich: Immer neue Berufe entstanden. In größeren Mittelalterstädten gab es bis zu 100 verschiedene Handwerksberufe. Da Schmied, Schneider oder Schuster das Ergebnis ihrer Arbeit nicht essen konnten und der Tausch Ware gegen Ware zusehends komplizierter wurde, setzte sich die bis heute gängige Bezahlung in Form von Arbeit gegen Geld mehr und mehr durch. Natürlich drückte der Lohn je nach Höhe auch eine Wertschätzung der geleisteten Arbeit aus – ein zusätzlicher Impulsgeber für das Belohnungssystem im Mittelhirn.

Dass Handwerk den sprichwörtlichen goldenen Boden hat, zeigt das Beispiel der ehemaligen Weber-Familie Fugger. Jakob Fugger regierte Anfang des 16. Jahrhunderts von Augsburg aus über ein globales Handels- und Bankenimperium, in dem – wie es damals hieß – die Sonne nie unterging. Sein Vermögen soll umgerechnet 400 Milliarden Dollar betragen haben, was ihn zum reichsten Menschen der Geschichte machen würde, noch vor allen Bezos, Gates und Buffets dieser Welt. „Arbeit adelt“ – die Fuggers waren ein extremes Beispiel für die Wahrhaftigkeit des Ausspruchs. Aber auch andere Handwerksfamilien schafften den Aufstieg ins Bürgertum und prägten so den bis heute gültigen Stellenwert der Arbeit in der Gesellschaft. Mit markigen Sprüchen beflügelte Reformier Martin Luther die Emsigen. „Der Mensch ist zur Arbeit geboren wie der Vogel zum Fliegen“, befand er. Das bei der Oberschicht gern genossene Nichtstun geißelte er gar als Blasphemie: „Müßiggang ist Sünde wider Gottes Gebot, der hier Arbeit befohlen hat.“

Der Sinn der Arbeit

Noch mal zurück zum Handwerk. Dieser Berufsstand gilt als besonders erfüllend – bis heute, wie Umfragen immer wieder bestätigen.

Technische Entwicklungen, die die Arbeitswelt verändert haben





Die Industrialisierung hat die Arbeitswelt ab Mitte des 18. Jahrhunderts auf links gedreht und für ein rasantes Wirtschaftswachstum gesorgt. Davon profitierte auch der Dienstleistungssektor. Dort sind heute EU-weit 72,1% aller Erwerbstätigen beschäftigt, in der immer weiter automatisierten Industrie 23,7%

Mit den eigenen Händen ein Werk erschaffen. Vom Anfang bis zum Ende. Etwas von Bestand, von Wert. All das lässt Glückscocktails aus dem Belohnungszentrum sprudeln.

Durch die Industrialisierung der Arbeit ab Mitte des 18. Jahrhunderts geht die Happy Hour im Hirn verloren. Das Werk wird zum beliebigen Produkt. Mithilfe von Maschinen massenhaft hergestellt. Anfang des 20. Jahrhunderts zerstückelt das Fließband die Produktion in monotone Arbeitsschritte (siehe folgenden Artikel). Der Befriedigungsfaktor durch das Gefühl des Erschaffens ist gleich null. Die Industrialisierung entmenschlicht die Arbeit aber auch aus zwei weiteren Gründen: weil die billige Maschinenfertigung vielen Handwerkern das Wasser abgräbt. Aber noch viel mehr durch die prekären Arbeitsbedingungen in den Fabriken, gerade in der Anfangszeit der Industrialisierung. Viele Menschen vom Land zogen damals in die Stadt. Allein in London wuchs die Einwohnerzahl zwischen 1800 und 1900 von einer auf fast sieben Millionen. Die Hoffnung, dass seine Arbeitskraft in den neuen Fabriken mehr wertgeschätzt wird als auf dem Hof eines Gutsherrn, wirkte geradezu magnetisch aufs Landvolk. Das plötzliche Überangebot an Arbeitskräften sorgte jedoch dafür, dass die Arbeiter zu Leibeigenen der Fabrikbesitzer wurden.

Katastrophale Arbeitsbedingungen, miese Bezahlung und entwürdigende Lebensbedingungen

trieben die Menschen zusehends auf die Barrikaden. Kein Wunder, wenn eine Sechs-Tage-Woche mit 96 Arbeitsstunden nicht reicht, um die Familie durchzubringen. „Die Proletarier haben nichts zu verlieren als ihre Ketten. Sie haben dafür eine Welt zu gewinnen“, stachelte Karl Marx an und fand viel Gehör. Auf der ganzen Welt wagten Arbeiterbewegungen den Aufstand, das Proletariat revoltierte gegen Geld- und echten Adel.

Ein neuer Sektor entkoppelt sich

Vieles wurde danach besser in den Fabriken. Doch die zunehmende Automatisierung kostete viele der gerade erst entstandenen Arbeitsplätze – sie wurden aber mehr als aufgefangen. Heute, im post-industriellen Dienstleistungszeitalter, arbeiten in den fälschlicherweise immer noch so heißen Industrienationen 70 Prozent aller Menschen im tertiären Sektor. Aktuell entkoppelt sich aus der Welt der Dienstleistungen ein vierter Sektor: der Informationssektor.

Der einst jagende Mensch aus der Vorzeit ist zum Datensammler geworden, wir weben nicht mehr an Stoffen, sondern Algorithmen. Doch fragt man junge Menschen, was sie antreibt, dann hört man noch immer: soziale Anerkennung und Wertschätzung. Wie damals am Lagerfeuer vor der Höhle. Prost Glückscocktail.

Das Förderband dieser
Druckerei gleicht einem
unüberschaubaren
Knotengewirr



Eins nach dem anderen

Vor über hundert Jahren veränderte das Fließband den Produktionsprozess. Eine ungeheure Erfolgsgeschichte – und eine, die bald ihr Ende finden könnte.

Von *Wiebke Brauer*

Es schien kein Halten zu geben. Seit ihrer Erfindung liefen die Fließbänder unermüdlich, sorgten für kürzere Fertigungszeiten und Transportwege. Sie sparten Zeit, Raum und Geld. Im Laufe der Jahrzehnte wurde die Massenproduktion am Fließband rationalisiert, standardisiert und perfektioniert – und die Industrialisierung in eine neue Dimension befördert. Dafür ratterten die Bänder in einem immer schneller werdenden Rhythmus, emsig, rastlos, unerbittlich. Und entmenschlichend. Weil der Arbeiter zum Handlanger einer Maschine wurde, die den Takt angab. Und weil er monoton immer das Gleiche tat. Tagein, tagaus. Das Erschaffen eines Werkes wurde aber nicht erst durch das Fließband in einzelne Abschnitte filetiert, sondern schon Jahrhunderte früher.

Montagestraßen gibt es seit 500 Jahren

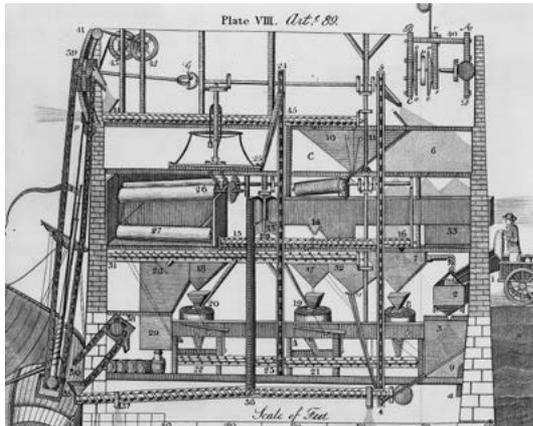
Die Nullserie der in einzelne Arbeitsschritte aufgeteilten Massenfertigung begann nicht etwa mit Henry Ford, wie viele denken, sondern weit vorher – im späten 15. Jahrhundert in der venezianischen Werft Arsenalen Novissimo. Dort wurden vermutlich das erste Mal Schiffe gefertigt, indem die Arbeiter standardisierte Bauteile in Montagestraßen zusammenfügten. Auf diese Weise soll fast täglich ein Segler vom Stapel gelaufen sein.

Was für ein Akkord. Und das ganz ohne Wind- oder Wassermühlen, Dampfmaschinen oder Elektrizität, durch die die industrielle Fertigung richtig Fahrt aufnahm.

Doch um in der Chronologie zu bleiben: 1787 setzte der US-amerikanische Erfinder und Mühlenbesitzer



Auftakt zur Massenfertigung im 15. Jahrhundert: der auf einzelne Stationen verteilte Bootsbau in der venezianischen Werft Arsenalen Novissimo



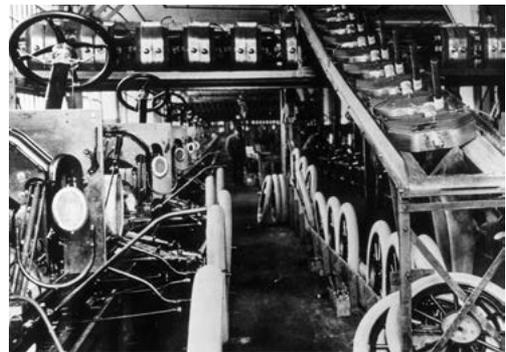
Anno 1787: Diese vollautomatische Mühle mit Förderband gilt als erster Meilenstein moderner Produktionsanlagen

Oliver Evans ein Förderband zum Schrot- und Mehtransport ein – als Bestandteil einer vollautomatisierten Mühle. Evans' Bauwerk gilt als erster Meilenstein moderner Produktionsanlagen. Wobei sein Förderband sich an ein Wasserfördersystem aus der Römerzeit anlehnt – wir merken, das Thema ist ein sehr klassisches. 1833 wurde in einer Fabrik für Schiffszwieback nahe London ein nahtloses Transportsystem eingeführt – es wird oft als „das erste moderne Fließband“ bezeichnet. Auch im deutschen Backgewerbe waren ähnliche Produktionsformen bekannt, etwa in der Keksfabrik Bahlsen, wo bereits 1905 erste Förderanlagen genutzt wurden. Und um die Kurve zur Automobilindustrie zu bekommen: 1901 begann die Fertigung des Oldsmobile in Michigan mithilfe eines Laufband-Systems: Die Fahrzeuge wurden auf Holzgestellen teilmontiert und zur nächsten Station gezogen.

Zwei Seiten der Fordismus-Medaille

Auch wenn Henry Ford letztlich nur bereits vorhandene Fertigungstechniken adaptierte, gilt er als „Vater des Fließbands“. Seine Idee, „assembly lines“ einzusetzen, stammte aus der größten Fleischfabrik der Welt, den Union Stock Yards in Chicago. Dort hingen Schweine und Rinder an rotierenden Transportketten, die „disassembly lines“ genannt wurden, also Demontage-Bänder. Ausgerechnet. Aber wie dem auch sei: Am 7. Oktober 1913 startete in Fords Werk Highland Park in

Ford hat das Fließband 1913 in den Autobau eingeführt, Volvo hat es 60 Jahre später wieder abgeschafft – zumindest vorübergehend



Detroit der Probebetrieb eines ersten Förderbands für die Produktion des „Modell T“. Das Datum gilt seitdem als Startschuss für das Fließband. Und für den Fordismus – ein maßgeblich durch den marxistischen Intellektuellen Antonio Gramsci geprägtes Synonym für seelenlose Massenproduktion. Was man ebenfalls erwähnen sollte: Henry Ford steigerte nicht nur die Produktion um das Achtfache, er verringerte zugleich den Preis der „Tin Lizzie“ drastisch von 850 auf 370 Dollar. Die eigenen vier Räder waren plötzlich für größere Bevölkerungsteile erschwinglich – der Startschuss in die Epoche der individuellen Massenmobilität.

Zumal auch die Löhne der Fließbandarbeiter deutlich nach oben kletterten. Ford verdoppelte 1914 den Tageslohn seiner Arbeiter auf fünf Dollar und propagierte, dass die Ford'schen Prinzipien das

Potenzial hätten, die Armut abzuschaffen. Tatsächlich floss ein Großteil der Arbeiterlöhne in den Konsum, was das Fließband des Wirtschaftswachstums schmierte. Ganz der selbstlose Heilsbringer, als der sich Ford gern und oft verkaufte, war er aber nicht. Vielmehr erhöhte er die Löhne nur notgedrungen: Zu Beginn der Fließbandproduktion rannten seine Arbeiter scharenweise aus den Hallen. Die demotivierende Monotonie am Band ließ die Fluktuation auf aberwitzige 90 Prozent hochschnellen. Erst als Ford die Lohntüten besser bestückte und obendrein – als weitere Neuerung – den Acht-Stunden-Tag im Drei-Schicht-Betrieb einführte, kehrte Ruhe und Loyalität ein.

Ein grundlegendes Problem der Fließbandarbeit aber blieb. „Bis repetita non placent“ – Wiederholungen gefallen nicht, wie schon der römische Dichter Horaz wusste. Ein anderer Kritikpunkt ist die fehlende Befriedigung des ganzheitlichen Erschaffens. Weil man nur an einer Schraube dreht – oder an zweien, wie Charlie Chaplin in dem Film „Moderne Zeiten“. Ford und seine Nachahmer kehrten das Problem unter den Geld-Teppich, wo es seitdem vor sich hin gärt.

Im sozialkritischen Schweden wagte Volvo 1973 den Aufstand gegen den Fordismus. Der Autobauer verkündete im Werk Kalmar den Abschied vom Fließband – nicht zuletzt getrieben durch drohende Streikwellen, eine hohe Fluktuation und einen hohen Krankenstand. Auch im 1989 eröffneten Werk Uddevalla griff man das erfüllende Prinzip des ganzheitlichen Erschaffens auf: In der Endmontage setzte ein Team ein Auto komplett zusammen. Obgleich die Produktivität beider Werke lange als konkurrenzfähig galt, wurden sie geschlossen. Volvo begründete den Schritt damit, dass die Werke ohne repetitive Arbeiten nicht höher automatisierbar und damit wirtschaftlich nicht zukunftsfähig waren. Ironie der Industriegeschichte: Volvos in Schiefelage geratene Pkw-Sparte wurde 1999 von Ford geschluckt. Heute ist Volvo chinesisch.

Perfekte Monotonie-Maschinen

Für die Automatisierung repetitiver Arbeiten wie gemacht sind Roboter. „Robot“ ist das tschechische Wort für „Fronddienst“ oder auch „Zwangsarbeit“. Monotonie ist dem maschinellen Malocher einerlei. Unablässig frönt er seinen Tätigkeiten.

7,2 km

misst das längste Luftförderband der Welt. In Barroso (Brasilien) transportiert es in luftiger Höhe 1.500 Tonnen Kalksandstein pro Stunde über Bäume, Hügel und Straßen hinweg. Der gigantische Endlosläufer ersetzt 40 Lastwagen pro Stunde.



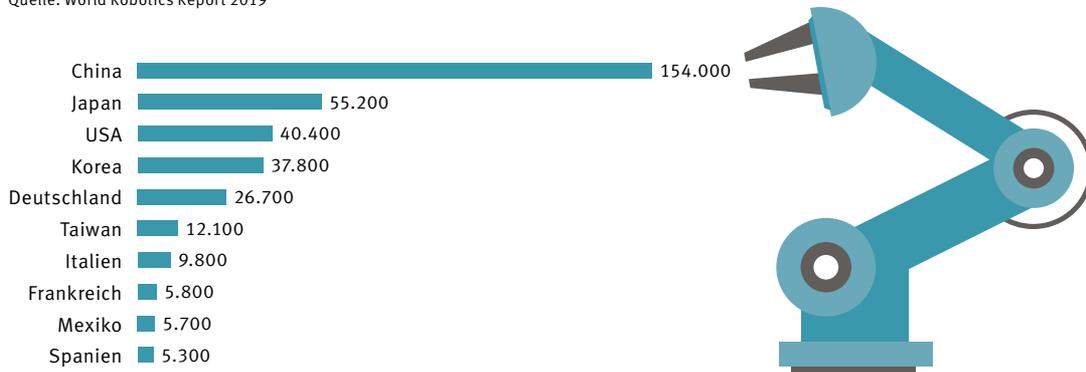
Klaglos. Effizient. Akkurat. Schnell. Und 24/7. Der perfekte Partner also fürs Fließband. 1961 befestigte der erste Industrieroboter, der 1,8 Tonnen schwere Unimate, Druckgusselemente an Autotüren in einer Fabrik von General Motors.

Roboter und Mensch Hand in Hand

Heute sind (nicht nur) Autofabriken voll mit Robotern. Blicken wir zum Beispiel ins Stammwerk von SEAT in Martorell bei Barcelona. Dort wurden bis in die 1970er-Jahre Autos noch per Hand lackiert, heute tragen 84 Roboter in einer Spritzkabine den Lack auf. In der Metallwerkstatt sind über 2.000 Roboter im Einsatz und 125 autonome Roboter in der Montagehalle. Insgesamt eine gewaltige Zahl – und trotzdem eine Minderheit, denn an ihrer Seite arbeiten mehr als 7.000 menschliche Kollegen.

Die 10 größten Roboter-Märkte

Quelle: World Robotics Report 2019



80.000

elektronische Bauelemente vom

einfachen Widerstand bis zum hochintegrierten Prozessor schießt der „Chip-Shooter“ in einer Stunde vollautomatisch und auf den Tausendstelmillimeter genau auf Leiterkarten, die auf einem Fließband vorbeirasen. Damit gilt die in Japan hergestellte Anlage als der schnellste Bestückungsautomat der Welt.

Wobei Seite an Seite immer wörtlicher zu nehmen ist. Sperrte man Industrieroboter einst noch in einen Käfig, dürfen sie nun in einer Mensch-Roboter-Kooperation, kurz MRK, arbeiten. Einen neuen Namen bekam der elektrische Kollege inzwischen auch: „Cobots“ heißen die kollaborierenden Roboter, die immer häufiger neben dem klassischen Arbeiter am Fließband zu sehen sind. Nicht, um ihm seinen Platz streitig zu machen, sondern um ihm eintönige und körperlich anstrengende Arbeiten abzunehmen.

Dass das Fließband zumindest im Autobau schweren Zeiten entgegenrollt, liegt an der zunehmenden

Individualisierung des Massenprodukts. Henry Fords Bonmot, dass jeder Kunde sein Auto in einer beliebigen Farbe lackiert bekommen kann, solange es Schwarz ist, funktioniert längst nicht mehr. Dank endloser Sonderausstattungslisten lassen sich selbst Brot-und-Butter-Autos zu Unikaten konfigurieren. So viel Individualität bringt das beste Fließband ins Stocken. Eine modulare, intelligent gesteuerte Montage kann das viel besser. Dabei bringen just in time zuliefernde Fahreroboter das Material zum Montageplatz und nicht mehr das Fließband.

Insofern würde ausgerechnet der Wunsch des Kunden nach Vielfalt der Monotonie des Fließbands Einhalt gebieten. Zumindest im Automobilbau.



Die Autorin

Um ihr erstes Motorrad zu finanzieren, stand die Hamburger Journalistin

Wiebke Brauer (u. a. ramp, ADAC Motorwelt, spiegel.de)

für Wochen am Fließband. Lehrreich, keine Frage, aber das Schreiben lag ihr mehr.



Gewusst, wie

Eine der Stärken von Schaeffler ist das in mehr als 120 Jahren erarbeitete Produktions-Know-how.

Bestes Beispiel: UniAir. Erdacht wurde die vollvariable Ventilsteuerung vom Fiat-Entwicklungszentrum RCF. Doch dort fehlte die Expertise zur marktreifen Entwicklung, Industrialisierung und Fertigung. Die steuern seit 2009 die Experten von Schaeffler bei.



Insgesamt versorgt die Schaeffler Gruppe mehr als 60 Branchen mit hochqualitativen Produkten – „null Fehler“ gilt dabei als selbst auferlegter Anspruch. Neben einem weltweit einheitlichen Qualitätsmanagement setzt Schaeffler dabei auch auf die enge Zusammenarbeit von Produkt- und Produktionsspezialisten.



Traditionell gehört der Sondermaschinenbau zu den Stärken des Konzerns (siehe auch Seite 68). Erfüllt keine am Markt erhältliche Produktionsanlage die hohen Anforderungen von Schaeffler, wird sie in Eigenregie entwickelt und produziert. Aber egal ob Eigenentwicklung oder Fremdprodukt: Seit jeher berücksichtigt Schaeffler in der Fertigung modernste Technologien. Dazu zählen bereits heute oder in naher Zukunft additive Fertigung (u. a. 3D-Druck), Leichtbau, das Arbeiten mit digitalen Zwillingen, kollaborative Roboter (Cobots) und die autonome Produktion. Wobei neue Techniken die bewährten nicht zwangsläufig ersetzen müssen. Auch das hat sich im Schaeffler-Alltag gezeigt: Eine Kombination aus beidem kann durchaus die beste Lösung sein.

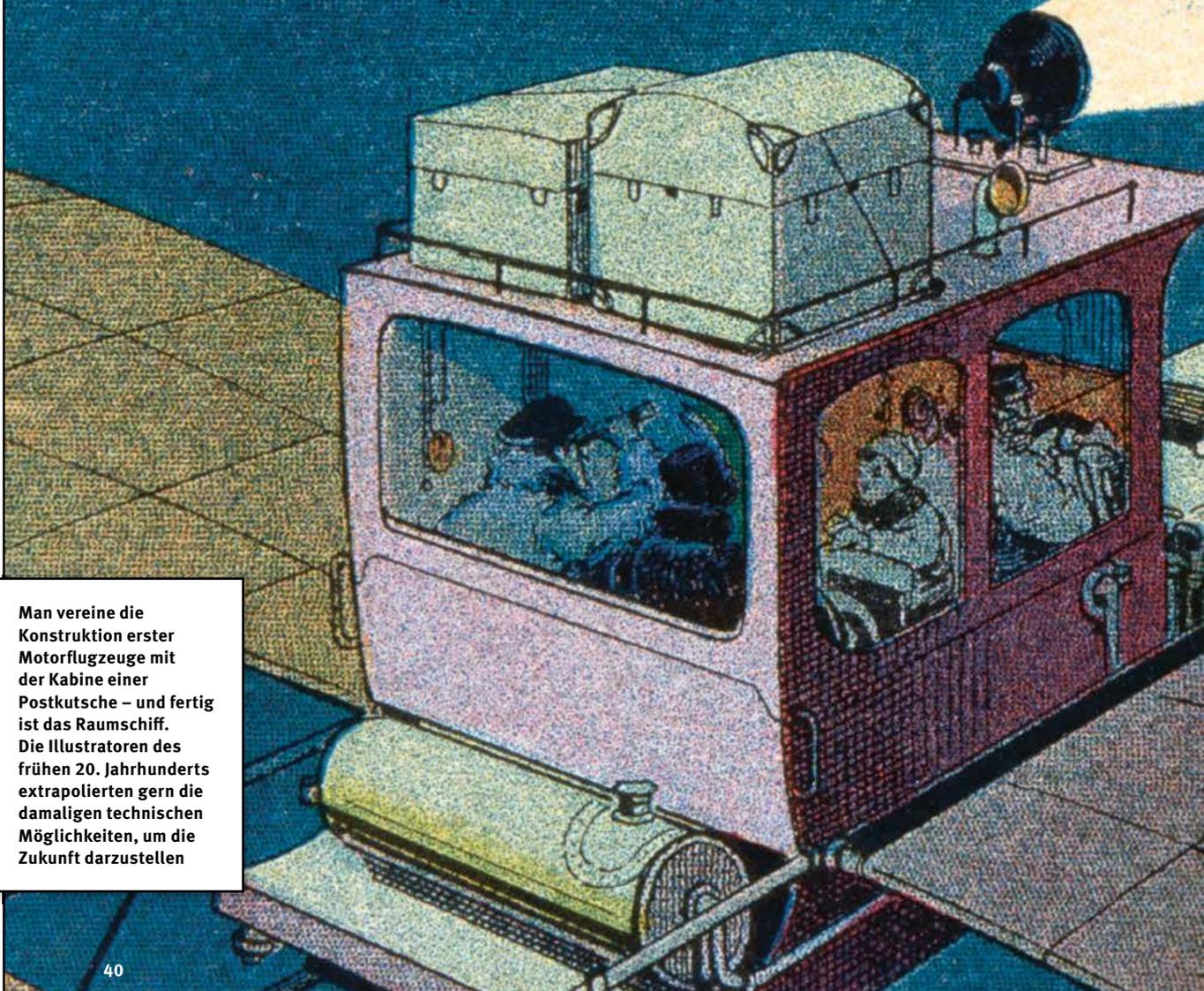


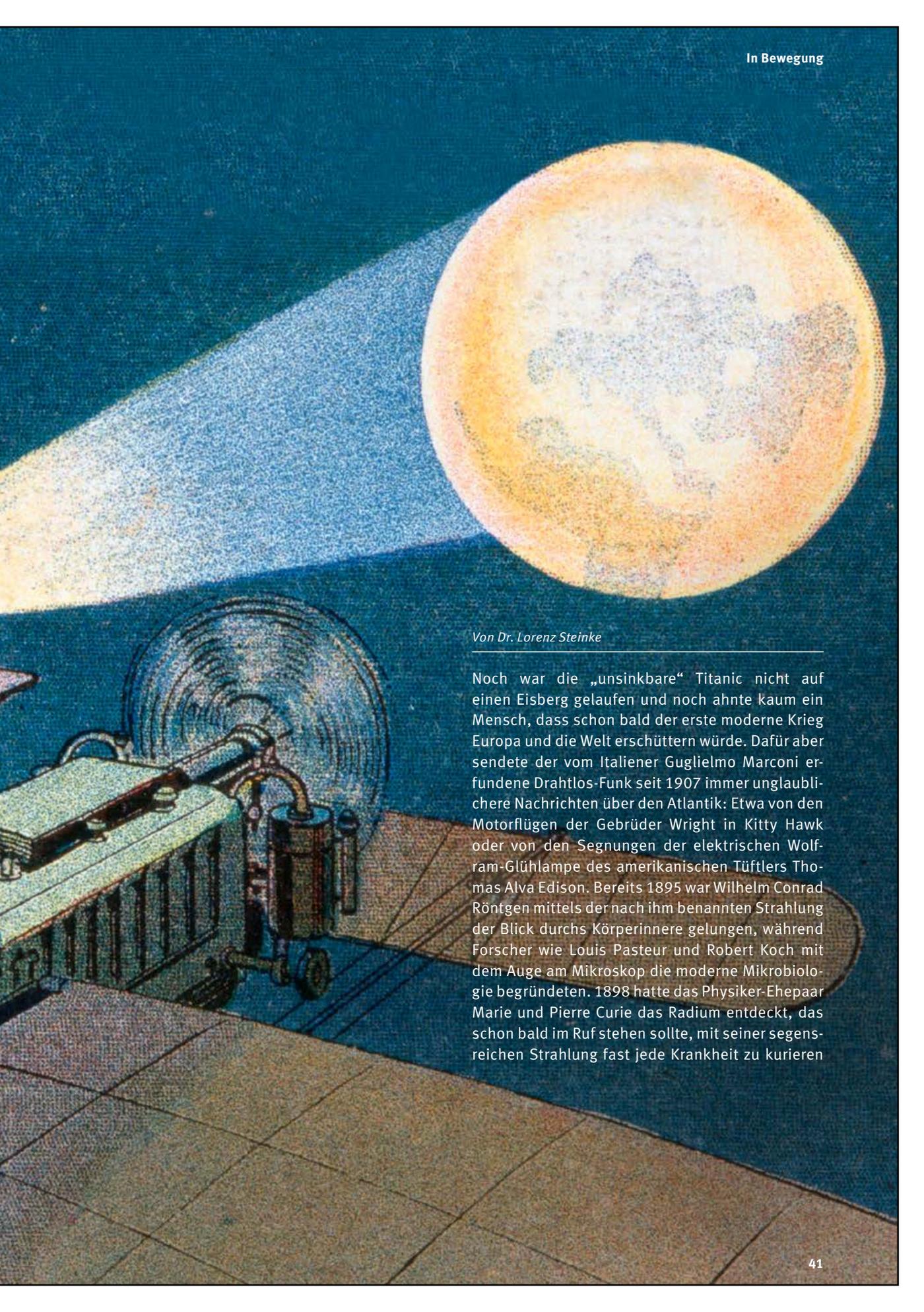
Sieben Jahrzehnte Produktions-Exzellenz made by Schaeffler: Qualitätskontrolle 1951, Nadelautomaten 1960, Kupplungsfertigung Anfang der 1990er-Jahre und Industrie 4.0 in der „Factory for tomorrow“ am Schaeffler-Standort im chinesischen Taicang

Großväterchens Mondfahrt

Nie war die Zukunft schöner, nie die Technikbegeisterung größer als in jener kurzen Zeit zwischen der Wende zum 20. Jahrhundert und dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs: Elektrizität, Radioaktivität, der erste Motorflug, die Funktelegrafie – nichts schien dem menschlichen Erfindergeist mehr unmöglich. Auch die Arbeitswelt sollte bald ganz anders aussehen ...

Man vereine die Konstruktion erster Motorflugzeuge mit der Kabine einer Postkutsche – und fertig ist das Raumschiff. Die Illustratoren des frühen 20. Jahrhunderts extrapolierten gern die damaligen technischen Möglichkeiten, um die Zukunft darzustellen





Von Dr. Lorenz Steinke

Noch war die „unsinkbare“ Titanic nicht auf einen Eisberg gelaufen und noch ahnte kaum ein Mensch, dass schon bald der erste moderne Krieg Europa und die Welt erschüttern würde. Dafür aber sendete der vom Italiener Guglielmo Marconi erfundene Drahtlos-Funk seit 1907 immer unglaublichere Nachrichten über den Atlantik: Etwa von den Motorflügen der Gebrüder Wright in Kitty Hawk oder von den Segnungen der elektrischen Wolfram-Glühlampe des amerikanischen Tüftlers Thomas Alva Edison. Bereits 1895 war Wilhelm Conrad Röntgen mittels der nach ihm benannten Strahlung der Blick durchs Körperinnere gelungen, während Forscher wie Louis Pasteur und Robert Koch mit dem Auge am Mikroskop die moderne Mikrobiologie begründeten. 1898 hatte das Physiker-Ehepaar Marie und Pierre Curie das Radium entdeckt, das schon bald im Ruf stehen sollte, mit seiner segensreichen Strahlung fast jede Krankheit zu kurieren

»» *Wer in der
Zukunft lesen
will, muss in der
Vergangenheit
blättern*

André Malraux,
französischer
Schriftsteller
(1901–1976)

und – hoch genug dosiert – gar den Tod und das Altern abzuschaffen. Derweil beflügelte der Konstanzer Kavallerie-General Ferdinand von Zeppelin mit seinen starren Luftschiffen aus Baumwolle, Aluminium und Rinderblinddärmen die hochfliegenden Träume einer ganzen Nation. Auch die Schwerkraft schien damit endgültig bezwungen.

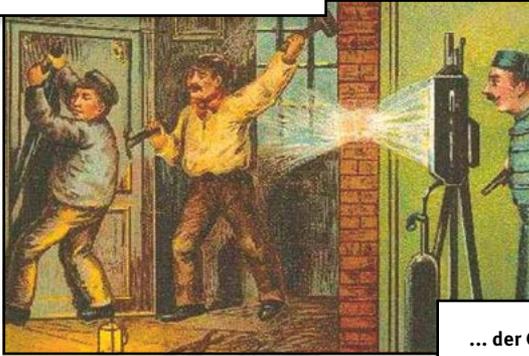
Manche Utopie ist real geworden

Der Euphorie der Zeit folgend, malten Wissenschaftler und das noch junge Genre der Science-Fiction-Literatur, aber auch die Illustratoren der damals sehr beliebten Schokoladen-Sammelkarten ein strahlendes Bild des Jahres 2000. Da sah die Berliner Kakaofabrik Hildebrand (später bekannt für ihre Koffeinschokolade Scho-Ka-Kola) die Kriminalisten der Zukunft **auf Verbrecherjagd – mit tragbaren Röntengeräten durch Wände blickend**. Heute hat die Realität die Fantasie längst eingeholt. Seit 1996 durchleuchtet beispielsweise der Hamburger Zoll Container mit Röntgentechnik, um kriminellen Schmugglern das Handwerk zu legen. Die Bilanz der ersten 20 Jahre: Insgesamt wurden mehr als 1,5 Milliarden unsteuerter Zigaretten, 2.700 Waffen und Munition, 38.000 Kilogramm Marihuana, 13.200 Kilogramm Haschisch und 4.600 Kilogramm Kokain sichergestellt. Wohl gemerkt von einer einzigen stationären Anlage. Und auch die auf dem Schokoladenbildchen festgehaltene Personenbeobachtung durch Wände ist heute längst möglich – dank sensibler Wärmebildkameras.

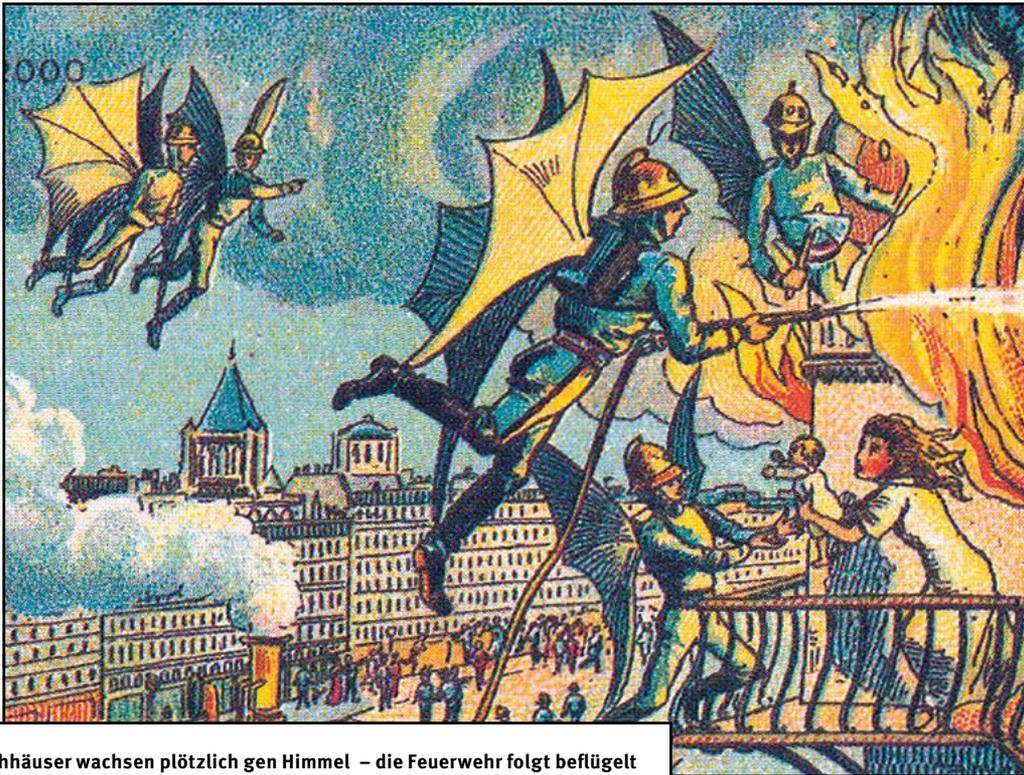
Aber zurück in die Utopie der Vergangenheit: **Feuerwehreute flatterten** auf einer französischen Postkartenserie (En L'An 2000) mit Fledermausflügeln zum Einsatz in luftiger Höhe, während von **Rückenpropellern beschleunigte Grenzsoldaten** auf Schmugglerjagd gingen. Auch diese Visionen sind wahr geworden. Dubai rüstet die Feuerwehr mit Jetpacks aus. Mit den Raketenrucksäcken sollen die Retter im Notfall Menschen aus brennenden Wolkenkratzern bergen können. Auch die Polizei des Emirats soll in die Luft gehen, auf sogenannten Hoverboards. Die Verbrechensbekämpfung mit unbemannten Drohnen ist ebenfalls längst Alltag.

Auch im Bereich Mobilität haben viele Utopisten Weitblick bewiesen – auch wenn manche Idee in der Fantasiewelt stecken blieb: Globale Distanzen schmolzen schon damals zu Kurzstrecken, eine Schwebebahn brachte täglich Geschäftsreisende von Berlin nach Kamerun. Wer beruflich den Atlantik queren musste, nahm den unterseeischen **Wal-Bus** oder fuhr über Wasser und Land ohne umzusteigen mit der praktischen **Schiffseisenbahn**, die nahtlos von den Wellen auf die Gleise glitt. Und war die Reiselust noch nicht gestillt, ging es abends mit der geschlossenen Motorflugdroschke zum Mond und zurück (Chocolaterie Lombart, Paris, 1912).

Düstere Aussichten für Ganoven:
Die Polizei setzt auf Röntgenblick ...



... der Grenzschutz auf Luftraumüberwachung



Hochhäuser wachsen plötzlich gen Himmel – die Feuerwehr folgt beflügelt



Seefahrtsvisionen: amphibischer Elementwechsel mit der
Schiffseisenbahn und Atlantikquerung mit dem Unterwasser-Wal-Bus

Auf der Veranda seiner Agrarfabrik dirigiert derweil der Landmann 2.0 ein Heer von **Erntemaschinen per Hebelfernsteuerung** durch die Felder. Auch hier sind autonome Landmaschinen und Roboter als Stallburschen längst Wirklichkeit. Gleichmaßen real-visionär: Der Schneider nebenan, der aus dem **dampfgetriebenen 3D-Drucker** im Handumdrehen die gewünschte Maßkonfektion hervorzaubert. Noch heute utopisch ist hingegen die Vision vom Dirigenten, der ein **Roboterorchester** dirigiert. Und ob je eine **Maschine** den **Friseur** ersetzen wird? Wenn, dann mit Sicherheit anders als in der französischen Postkartenserie illustriert. Dort bediente ein Barbier einen frühen Urahnen eines modernen Industrieroboters, der daraufhin Rasiermesser und -pinsel fast zärtlich über die Wangen vertrauensvoller Kunden

streifte. All das scheint deutlich komplizierter, als wenn der Barbier selbst Hand angelegt hätte. Ist diese Karte am Ende gar keine herbeisehnende Darstellung der Zukunft, sondern ein Hinterfragen der Sinnhaftigkeit von Maschinen?

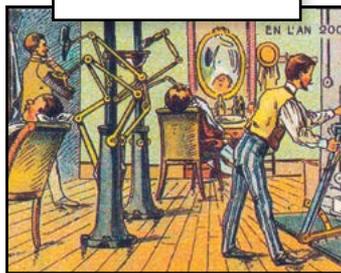
Visionäre Beschleunigung

Allen Utopien jener Zeit gemein sind die ungeheure Bewegungsfreude und Beschleunigung, die die Arbeitswelt der imaginierten Zukunft in weiser Voraussicht prägen. Hatte man in Europa noch 70 Jahre zuvor die ersten Eisenbahnen aus der Sorge heraus abgelehnt, deren ungeheures Tempo von 20 und mehr Meilen in der Stunde könne bei Fahrgästen zu Lungenschäden führen und unschuldige

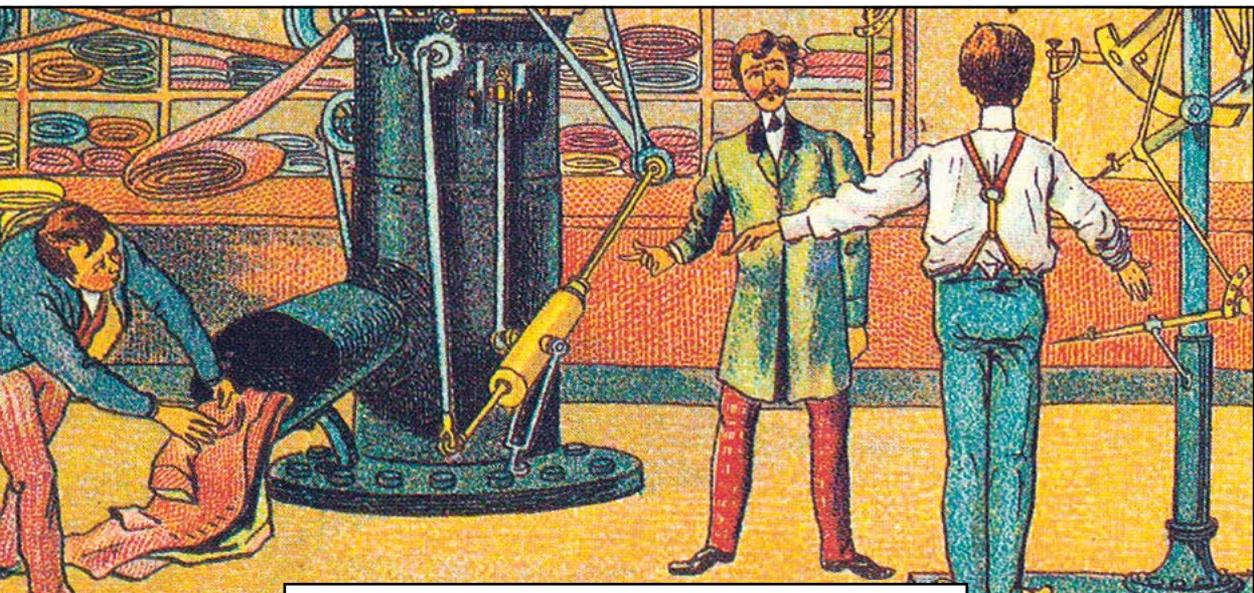
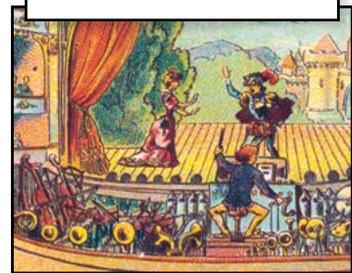
Maschinendirigenten auf dem Bauernhof ...



... im Friseursalon ...



... und im Orchestergraben



Dem 3D-Druck 100 Jahre voraus: der dampfgetriebene Maßschneider

Zuseher auf benachbarten Chausseen seelisch beeinträchtigen, so ist Geschwindigkeit nun durchgängig positiv besetzt. Selbst die Schule wird zur temporeichen Lernfabrik, in der der Lehrer ganze Bücherstapel in den Trichter einer **Lernmaschine** wirft, die Horaz und Euklid per Elektronenfluss in Rekordzeit in Schülerhirne hämmert.

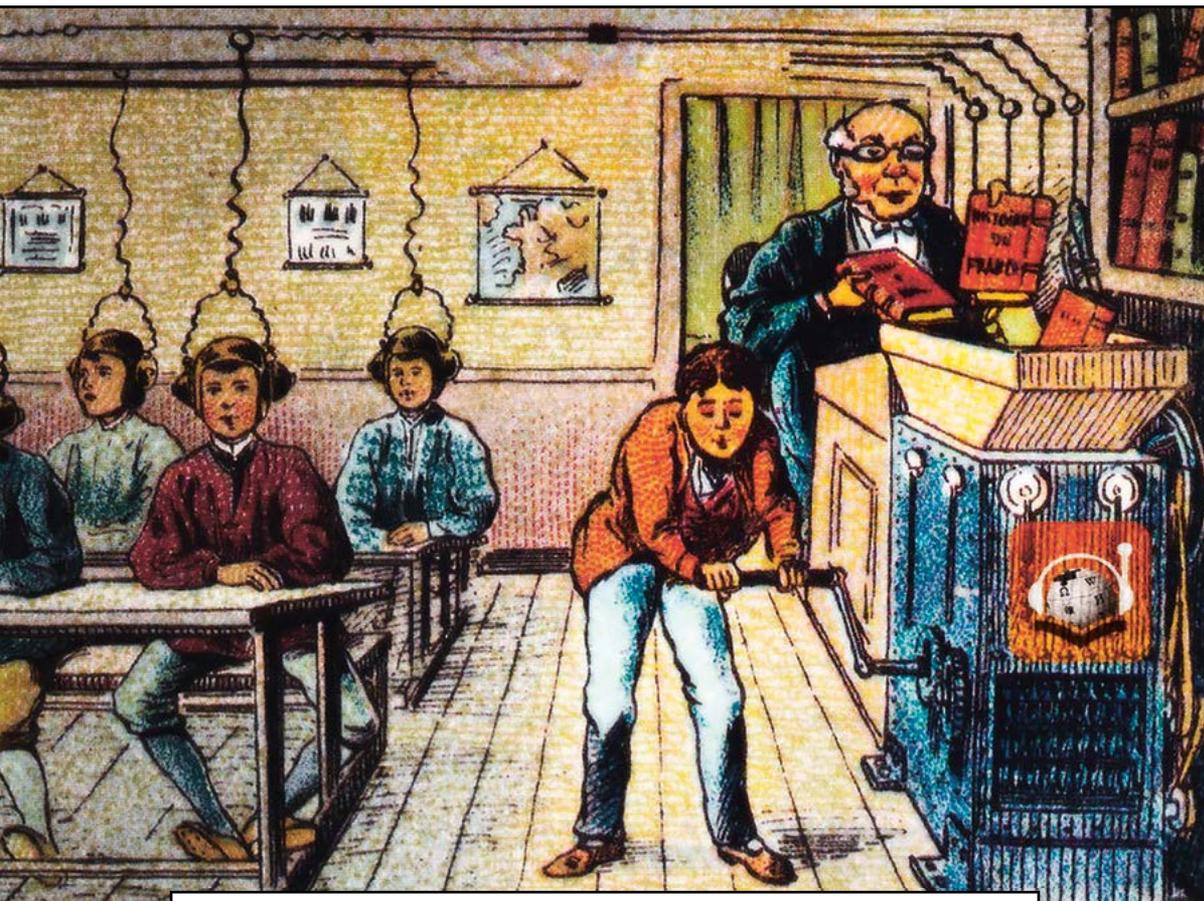
Trotz einiger amüsanten Querschläger, alles in allem ist es erstaunlich, wie treffsicher und weitblickend die Zeichner der utopischen Bildchen die Zukunft visualisiert haben. Oder anders herum: wie treffsicher der Fortschritt die technologischen Hoffnungen und Erwartungen der Menschen vor einhundert Jahren erfüllt hat.



Der Autor

Mit den technischen Visionen der Jahrhundertwende befasst sich der Journalist und Historiker **Dr. Lorenz Steinke** seit Jahren.

Dabei fasziniert ihn besonders die Fantasie und der mutige Fortschrittsglaube jener Epoche, die keine Angst vor dem Morgen kannte und in der tollkühne Menschen sich erstmals anschickten, in klapprigen Gestellen den Himmel zu erobern.



Wer braucht Google, wenn einem eine Maschine das Weltwissen elektronisch eintrichtert

Jetzt-Zeit

Leben mit dem Fortschritt

Monocoque

Einheitschassis von Spark in Verbundfaser-Konstruktion aus Carbonfasern mit Aluminium-Wabenkern, getestet nach den strengen Crash- und Sicherheitsstandards des Automobilweltverbandes FIA

Lackierung

Der Audi e-tron FE06 wird – motorsporttypisch – mit Folien beklebt. Für jede Saison wird das Design verändert. Eine Konstante seit sechs Jahren ist das Schaeffler-Grün

Aufkleber Streckenlayout

Jede Kurve bekommt eine Nummer, Abschnitte werden in Farben unterteilt als Basis für die Kommunikation zwischen Fahrer und Team

Namensschild

Neben der persönlichen Startnummer (di Grassi #11, Abt #66) gibt es Aufkleber mit dem Nachnamen und der Nationalflagge des Fahrers

Audi Schaeffler MGU04

Gemeinsam von Audi und Schaeffler entwickelte Motor-Generator-Unit mit einer maximalen Leistung von 250 kW

Hauptschalter

Zum An- und Ausschalten

Arbeitsplatz Formel-E-Cockpit

Eng, hart, unbequem, dafür rasant und immer wieder in einer anderen Metropole bereitgestellt: Der Arbeitsplatz im Audi e-tron FE06 des Teams Audi Sport ABT Schaeffler ist einer der spektakulärsten und begehrtesten. Die zwei, die es gibt, sind im sechsten Jahr vergeben an Lucas di Grassi und Daniel Abt. Maximal sieben Sekunden dürfen sie brauchen, um ihn zu verlassen – das wird überprüft. Und weil das sogenannte „Popometer“ für einen Rennfahrer alles ist, bringt beim Einsteigen jeder seinen eigenen „Bürostuhl“, ein auf den Leib geformtes Sitzpolster (nicht im Bild), selbst mit – damit die Verbindung zu Rennwagen und Piste möglichst „gefühlsecht“ ist.

Rückspiegel

Rennfahrer schauen eigentlich nur nach vorn, aber in der Formel E geht es so eng zu, dass die Manöver der Verfolger beobachtet werden müssen

Onboard-Kamera

Alle Autos sind mit dieser Kamera ausgestattet, der TV-Regisseur kann also auf Knopfdruck jeden Fahrer jederzeit ins Livebild schalten

Polsterung

Um Verletzungen an den Beinen der Fahrer vorzubeugen, schreibt die FIA eine mindestens 25 Millimeter dicke Polsterung im Beinbereich vor

Pedal links

Bremspedal – anders als im Pkw wird mit dem linken Fuß gebremst

Pedal rechts

Umgangssprachlich das „Gaspedal“, in einem E-Rennwagen also ein „Strompedal“

Halo

Cockpitschutz aus hochfestem Titan, der dem Gewicht von 14 Formel-E-Rennwagen standhalten kann

Abnehmbares Lenkrad mit LED-Display

Wichtigstes Arbeitsinstrument, mit dem nicht nur Lenken, sondern – über Handwippen – auch Schalten und Rekuperieren möglich ist. Über Dreh- und Tastschalter können Einstellungen vorgenommen werden

Feuerlöscher

Im Notfall kann der Fahrer diesen noch im Cockpit aktivieren

Not-Ausschalter

Unterbricht sofort alle Stromkreise

Sitzschale

Der Sitz ist quasi zweigeteilt in die Sitzschale aus Kohlefaser und das persönliche Sitzpolster (nicht im Bild). Nach einem Unfall kann der Fahrer auch zusammen mit Schale und Polster – ohne Durchtrennen der Gurte – geborgen werden, um weitere Verletzungen durch Bewegungen zu vermeiden

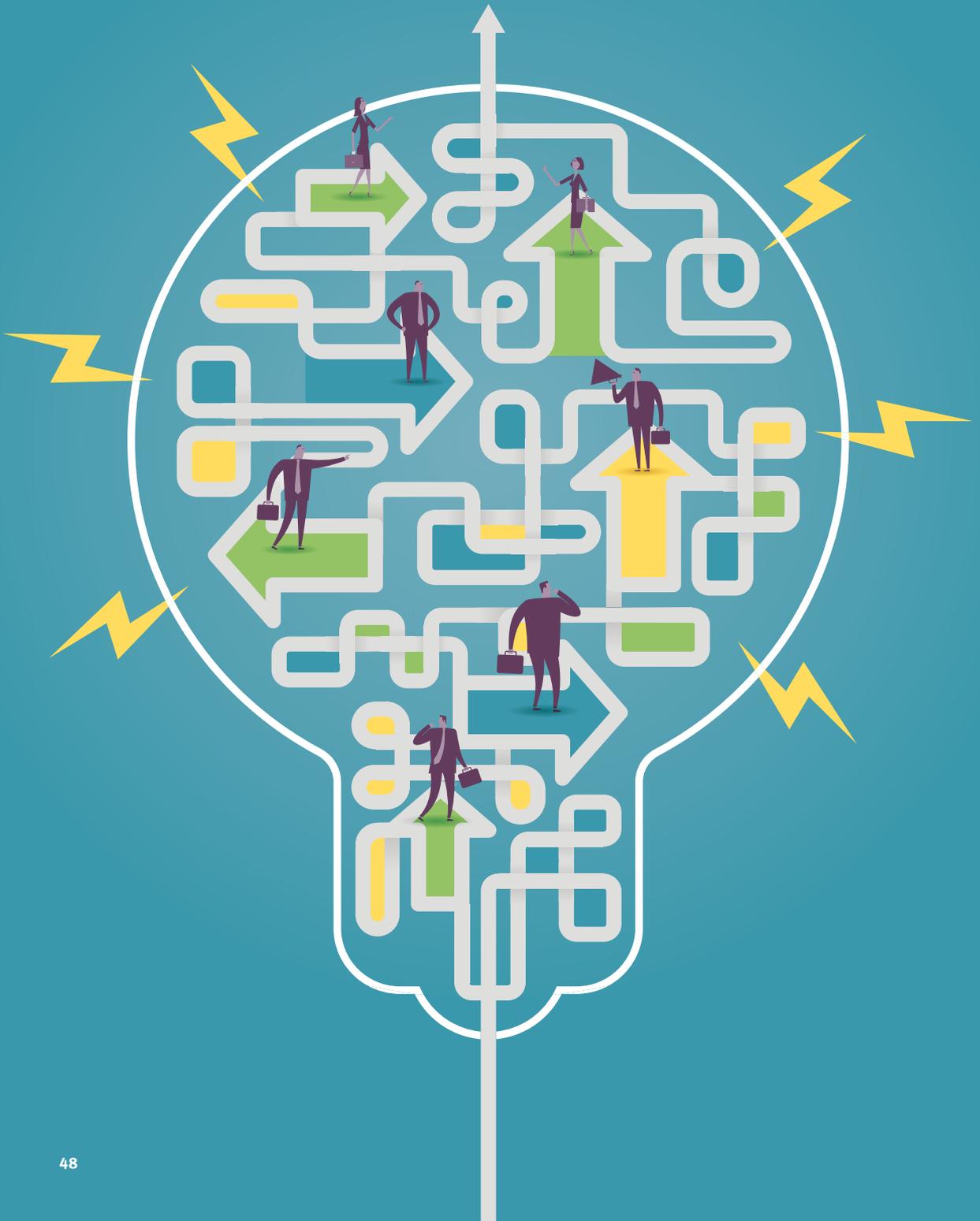
Sicherheitsgurt

Sechs-Punkt-Sitzgurt, der von der FIA vorgeschrieben ist. Kann nur mithilfe eines Mechanikers fest angelegt und geschlossen werden, aber vom Fahrer – oder Streckenposten – mit einer Handbewegung wieder geöffnet werden

LED-Lichter

Leuchten bei Aktivierung des Attack Mode blau, während der FanBoost-Nutzung magenta

Arbeit neu gedacht



Immer schneller immer anspruchsvollere Produkte entwickeln – das funktioniert nur mit schlanken, agilen Unternehmensstrukturen. „New Work“ heißt die Firmen-Fitnessformel.

Von Volker Paulun und Dr. Lorenz Steinke

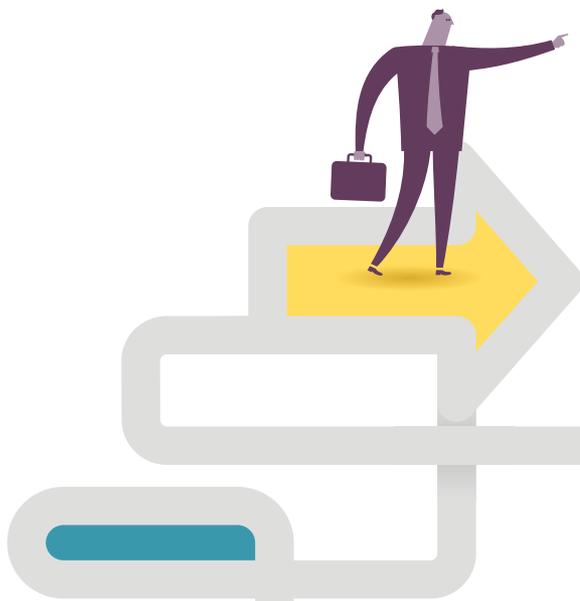
Bodo Janssen ist schockiert. Der Chef des mittelständischen Hotel- und Ferienanlagenbetreibers Upstalsboom startet 2010 eine Befragung seiner 650 Mitarbeiter. Das für ihn schmerzhafteste Feedback: „Wir brauchen einen anderen Chef.“ Was macht der Verschnittene? Er haut ab – ins Kloster. Unter Anleitung des Benediktinermönchs und Managementtrainers Anselm Grün (siehe auch „tomorrow“ 01/2017) entwickelt Janssen eine andere Sicht auf viele Dinge. So bekommen seine Mitarbeiter einen neuen Chef. Der hat zwar denselben Namen und dasselbe Aussehen wie vorher, aber er hat auch eine ganz neue Unternehmenskultur im Gepäck. Er gewährt jedem seiner Mitarbeiter die Freiheit, sich persönlich weiterzuentwickeln und sich für das einzusetzen, was ihm wichtig ist – und zwar in selbstorganisierten Teams. Frei nach Perikles' Motto „Das Geheimnis von Glück ist Freiheit. Und das Geheimnis von Freiheit ist Mut“. Janssen hat diesen Mut bewiesen und wurde auch unternehmerisch belohnt: Der Krankenstand schrumpfte von acht auf drei Prozent, neben den Mitarbeitern waren auch die Gäste deutlich zufriedener und der Umsatz verdoppelte sich in den ersten drei Jahren nach dem Philosophiewechsel.

New Work ist eigentlich ein alter Hut

Der „Upstalsboom-Weg“ ist ein gutes Beispiel für eine gelungene Umsetzung des Themas New Work. Denn er ist weitgehend deckungsgleich mit zwei Grundideen des österreichisch-US-amerikanischen Philosophen Frithjof Bergmann, der den Begriff New Work Mitte der 70er-Jahre in die Welt gesetzt hat. Der heute fast 90-Jährige befand damals, dass die Arbeitswelt dank technischer Innovationen und stetiger Produktivitätssteigerung mehr Raum ließe, um auf die Wünsche und Lebensvorstellungen des Einzelnen einzugehen. Arbeit sei so zu organisieren, fordert Bergmann, dass sie nichts Gezwungenes ist, vielmehr solle man einer Arbeit nachgehen, die man wirklich, wirklich will. Bergmanns zweite Idee: „Die Informationstechnologie macht Hierarchien überflüssig und ersetzt sie durch effizientere und schnellere horizontale Strukturen.“



Offene Arbeitsflächen für kollaboratives Teamwork, Rückzugsmöglichkeiten für fokussiertes Arbeiten und flexible Workshop-Bereiche: Das Raumkonzept des Digital Transformation Center (DTC) von Schaeffler ist voll auf digitales, kreatives und agiles Arbeiten ausgerichtet



Kennzeichen New Work: agiles und flexibles
Interagieren statt Hierarchielabyrinth

Also selbstorganisierte Teams mit selbstbestimmten Mitarbeitern. Eine Idee, die – technologiegetrieben – von der Software-Industrie in den 90er-Jahren aufgegriffen wurde. Vielstufige Hierarchien, ein umständliches Berichtswesen und ein den Takt vorgebendes Controlling – das alles bremste Projekte so stark aus, dass Software oft schon veraltet war, wenn sie endlich beim Kunden ankam. Viele Anwendungen wurden auch niemals fertig, weil während ihrer Entwicklungsphase erkannte Probleme nicht nach oben weitergemeldet wurden und so immer neue Abgabetermine gesetzt wurden, von denen die Mitarbeiter an der Basis bereits wussten, dass sie nicht einzuhalten waren. Erst der Wechsel zu einer offeneren Unternehmenskultur und zu flacheren Hierarchien brachte wieder Erfolg am Markt.

Konzerne implementieren New Work – mit Erfolg

Ein immer höherer Innovationsdruck, immer kürzere Produktzyklen und neue Fertigungs- und Entwicklungstechnologien lassen die New-Work-Ideen auch in traditionell eher starren Großkonzernen sprießen. Beispiel Siemens. Dort hatten sich die Planungen für einen Fabrikneubau durch Hierarchien, Kontrollmechanismen und Detailplanung selbst ausgebremst – bis zum Stillstand. Die Siemens-Projektspezialisten Sabine Kluge, Ronny Grossjohann und Dr. Robert Harms leiteten einen radikalen Wandel hin zu selbstorganisierten, agilen Arbeitsweisen ein, in denen die Projektbeteiligten zu wirklichen Unternehmern und Teilhabern der Sache wurden. Die so entstandene Fabrik habe alle Erwartungen übertroffen, bilanzierte Siemens.

Schnelle, agile und schlagkräftige Teams mit Mitgliedern, die wie Unternehmer denken: Diese sogenannten Intrapreneure sind die Transformations-Vorhut großer Konzerne auf dem Weg zu neuer Agilität. Auch der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler hat die Schlagkraft solcher kleinen unternehmerischen Einheiten längst erkannt. Beispiel Bio-Hybrid. Die Idee, die Lücke zwischen Fahrrad und Elektrokleinwagen mit einem vierrädrigen E-Bike zu schließen, wurde

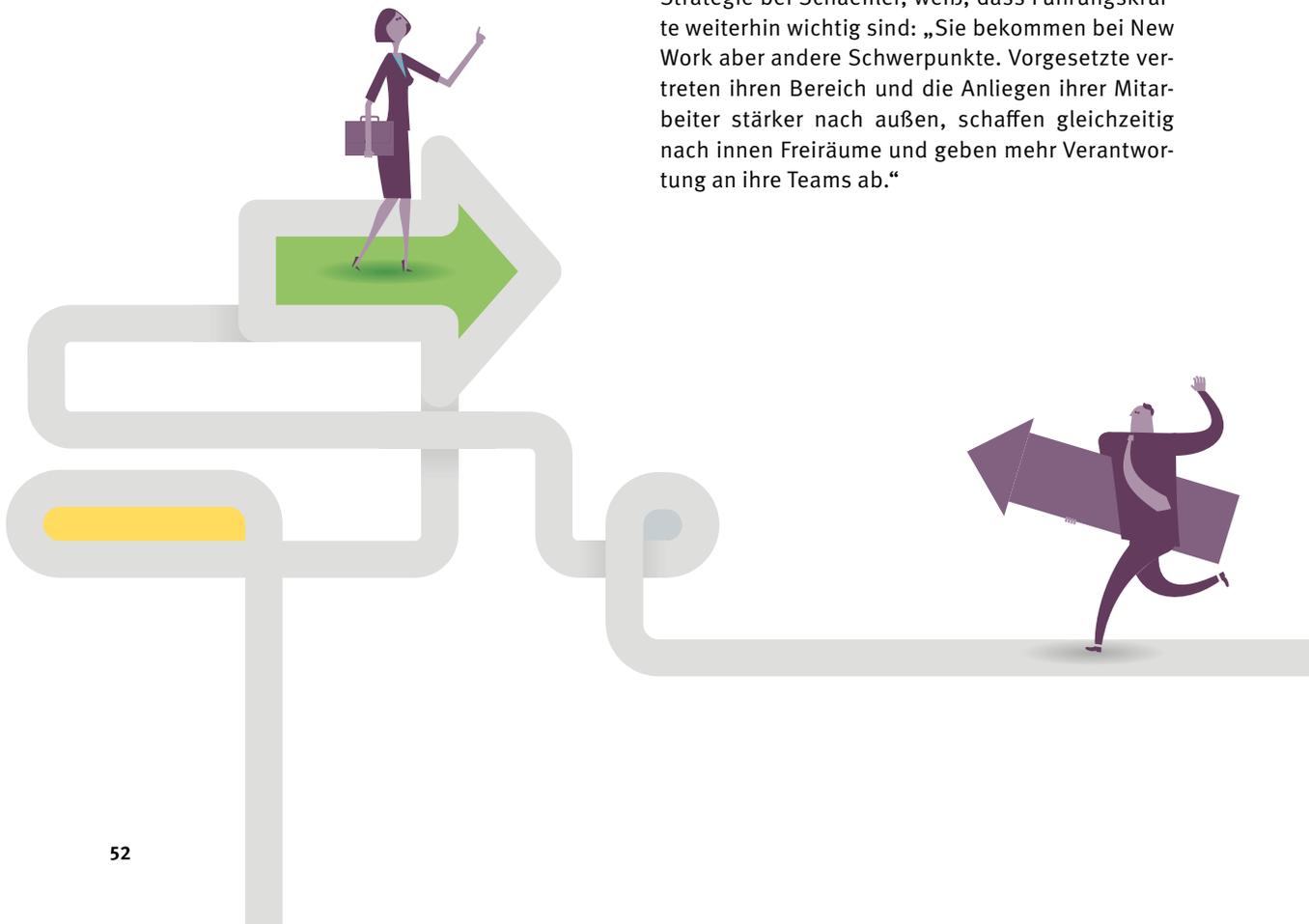
zunächst inhouse von einer eigenständigen Projektgruppe vorangetrieben und ist mittlerweile zu einem selbstständigen Start-up herangewachsen. Natürlich war und ist der Wechsel zu New Work, der ein sehr tief greifender ist, auch bei Schaeffler kein Selbstläufer. Sandra Köllner, Leiterin New Work, berichtet: „Anfangs gab es natürlich auch skeptische Stimmen. Wichtig ist, dass alle Beteiligten offen darüber sprechen, wie sich Prozesse und Strukturen verändern. Nach einer Anlaufphase wurde New Work an unseren Pilotstandorten aber sehr gut angenommen.“ Der erste nach New-Work-Vorgaben umstrukturierte Bereich bei Schaeffler war der Sondermaschinenbau (siehe auch Seite 68) am Standort Frauenaarach. Im Juni 2017 bezog die Abteilung ihre umgestalteten Büros. „Die agile Zusammenarbeit der Teams erforderte ein neues, offenes Raumkonzept“, erklärt Schaeffler-Experte Andreas Possel. Die Umgestaltung selbst war ebenfalls ein New-Work-Projekt, in das sich die Mitarbeiter als „Change Agents“ eingebracht haben. Am Standort Schweinfurt, im Digital Transformation Center (DTC) in Herzogenaurach sowie in den beiden

Gebäuden des sogenannten Air Campus in Nürnberg, in denen IT-Mitarbeiter, Prozess-Spezialisten und Logistiker von Schaeffler beheimatet sind, wird mittlerweile ebenfalls nach New-Work-Grundsätzen gearbeitet.

Dass solche Pilotprojekte nicht nur bei Schaeffler wichtige Impulsgeber sein können, um die gesamte Organisation agiler zu machen, davon ist auch Dr. Thorsten Lambertus, Wirtschaftsingenieur und Intrapreneur-Experte bei Fraunhofer Venture, überzeugt. Dem Fachmedium „automotivT“ sagte er: „Man muss an einer Stelle konkret anfangen, sodass sich Keimzellen bilden, die anderen als Vorbild dienen.“

Auf die Teams kommt es an

Die bei New Work proklamierte Selbstbestimmung und Selbstorganisation bedingt ein hohes Maß an Verantwortung – die auf der einen Seite abgegeben und auf der anderen Seite angenommen werden muss. Bei Upstalsboom hat dieses Wechselspiel gut funktioniert. Nicht zuletzt weil der neu kalibrierte Chef Bodo Janssen es weitblickend moderiert. Auch Andreas Possel, Leiter Personalstrategie bei Schaeffler, weiß, dass Führungskräfte weiterhin wichtig sind: „Sie bekommen bei New Work aber andere Schwerpunkte. Vorgesetzte vertreten ihren Bereich und die Anliegen ihrer Mitarbeiter stärker nach außen, schaffen gleichzeitig nach innen Freiräume und geben mehr Verantwortung an ihre Teams ab.“



Damit die Teams den Ball der Verantwortung aufnehmen können, bedarf es natürlich eines hohen Maßes an vielschichtigen Kompetenzen. Wie solche Projektgruppen am besten funktionieren, hat Google mithilfe von Psychologen, Statistikern, Soziologen und Ingenieuren sowie einem Millionenaufwand zwei Jahre lang in 180 Teams untersucht. Dabei haben sich fünf Thesen herauskristallisiert:

1. Psychologische Sicherheit: Teammitglieder müssen innerhalb des Teams Risiken eingehen können, ohne sich unsicher zu fühlen. Fehler und Falscheinschätzungen sind ausdrücklich erlaubt.
2. Verlässlichkeit: Jeder im Team muss darauf vertrauen können, dass alle ihre Arbeit pünktlich und gut erledigen.
3. Struktur und Klarheit: Ziele, Rollenverteilung und Ausführungswege müssen vom ganzen Team verstanden sein.

4. Sinn: Ist das, woran das Team arbeitet, jedem Mitglied persönlich wichtig?

5. Einfluss der Arbeit: Jedes Teammitglied muss überzeugt sein, dass seine Arbeit wichtig ist.

Das Ziel ist wichtiger als der Weg

Bei moderner Teamarbeit zählen vorrangig die Ergebnisse. Die Anwesenheitsstunden am Arbeitsplatz oder die Zahl der für das Unternehmen gereisten Kilometer werden immer weniger zu Belegen für berufliches Engagement. Arbeit löst sich von Präsenz. Es ist völlig egal, ob der Mitarbeiter sein Homeoffice nutzt, weil er vielleicht mittags seinen Nachwuchs vom Kindergarten abholen möchte, oder ob er die Sonne im Stadtpark genießt – mit dem Notebook auf dem Schoß. Was zählt, ist einzig der Output. Natürlich fällt es gerade großen Konzernen, in denen man viele unterschiedliche Fraktionen mit tradierten Vorstellungen auf eine Spur

Weitergeben, weiterkommen



Die eigenen Stärken weiter ausbauen, sich beruflich und persönlich breiter aufstellen und dabei sein Netzwerk vertiefen: Das ist das Ziel des Mentoring-Programms von Schaeffler.

Ab sofort können alle Mitarbeiter daran teilnehmen und sich innerhalb des Unternehmens entweder als erfahrener Mentor oder als

wissenshungriger Mentee weiterentwickeln. Eine Umfrage des Karriereportals „Monster“ bestätigt die Erfahrungen von Schaeffler.

Personal-Experte Thomas Zahay von „Monster“: „Es überrascht mich nicht, dass 47 Prozent der ‚Generation Y‘ (Jahrgänge 1980–1999) über Mentoren nachdenken und 22 Prozent sehr gerne einen Mentor hätten. Diese Generation ist es gewohnt, Feedback nicht nur einmal im Jahr zu erhalten, sondern kontinuierlich mit den Chefs und Kollegen im Austausch zu sein. Bedenkt man die besondere Rolle der Eltern als Ratgeber, ist es nicht verwunderlich, dass Millennials die Idee von erfahrenen Kollegen an ihrer Seite gut finden.“ Zahay würde es begrüßen, wenn Programme wie das von Schaeffler Schule machten. „Aktuell haben nur 23 Prozent einen Mentor, der ihnen bei der individuellen Weiterentwicklung hilft“, bemängelt er. Hier besteht ganz klar Nachholbedarf.

**»» DIEJENIGEN,
DIE VERRÜCKT
GENUG SIND,
ZU DENKEN,
DASS SIE DIE
WELT
VERÄNDERN
KÖNNTEN,
SIND
DIEJENIGEN,
DIE ES TUN**

Steve Jobs,
Apple-Gründer



bringen muss, schwer, solche flexiblen Arbeitszeit- und Anstellungsmodelle auf den Weg zu bringen. New-Work-Experten sprechen auch gern von Flexicurity. Dieses arbeitsmarktpolitische Konzept soll sowohl die notwendige Flexibilisierung der Arbeit (engl. flexibility) ermöglichen als auch die Sicherheit der Arbeitnehmer (engl. security) garantieren. Hier verkrustete Denkmodelle aufzubrechen erfordert ebenfalls Mut und Überzeugungsarbeit.

In der Berliner Innovationsberatung Partake (englisch für „teilhaben“) gewährt Gründer Dr. Hans-Jürgen Erbeltinger bereits extrem viele Freiheiten: Jeder Mitarbeiter sucht sich vom ersten Tag an selbst die Themen aus, an denen er mitarbeiten will, und setzt jederzeit eigene Projekte auf. Einzige Bedingung: Er muss unter den Kollegen Mitstreiter für seine Idee finden. Findet er diese, ist das ein Qualitätsmerkmal, das ausreicht, um die wie auch immer geartete Idee voranzutreiben. Findet er keine Mitstreiter, wird sein Projekt wieder eingestellt.

Ein so hohes Maß an Freiheit ist natürlich nicht in jedem Unternehmen so gut umsetzbar wie in einer Kreativ-Agentur – und es wird auch nicht von allen Arbeitnehmern goutiert. Oft wird Projektverantwortung als Belastung empfunden. Manche lehnen es ab, eigene Ideen und Arbeitsinhalte teamintern oder nach oben zu vertreten. Sie bevorzugen es, Entscheidungen des Chefs umzusetzen.

Aber gerade bei Nachwuchskräften stehen moderne Arbeitskonzepte hoch im Kurs. Flexible Arbeitszeiten, mehr Projektverantwortung, die Möglichkeit, regelmäßig im Homeoffice zu arbeiten oder auch mal eine längere Auszeit vom Job zu nehmen – diese Themen werden oft schon im Bewerbungsgespräch angesprochen und mitunter

offensiv eingefordert. Einem McKinsey-Report zufolge drängen 75 Prozent der Nachwuchskräfte der „Generation Z“ (Jahrgang 1997 und jünger) darauf, verschiedene Aufgaben innerhalb eines Unternehmens zu übernehmen. Wohl wissend, dass dieses Job-Hopping ein lebenslanges Lernen erfordert – auch das eine Idee von New-Work-Vordenker Bergmann. Erst die permanente Aus- und Weiterbildung befähigt Menschen, sich flexibel stets neuen Arbeitsbedingungen und Anforderungen anzupassen.

New Work macht Arbeitgeber sexy

Stichwort Nachwuchs: Eine agile Firmenstruktur mit flachen Hierarchien und offener Innovationskultur wirkt auf dem Arbeitsmarkt wie eine Leuchtreklame auf junge Menschen, die etwas bewegen wollen. Das ist in Zeiten des Fachkräftemangels ein nicht zu unterschätzender Faktor. Gerade Absolventen von MINT-Studiengängen und digitale Talente können sich ihre Arbeitgeber zunehmend aussuchen. Unternehmen müssen sich daher einiges einfallen lassen, um die besten Köpfe für sich zu gewinnen.

Räumlich attraktive Arbeitsumfelder wirken ebenfalls anziehend. Auch hier weist New Work den Weg. Außerdem wichtig: eine möglichst offene IT-Struktur, in der sich alle Beteiligten zurechtfinden und auf alle benötigten Daten zurückgreifen können. Sehen, fühlen, denken, reden, handeln – alles wird anders in der neuen Berufswelt. Oder wie es New-Work-Erfinder Frithjof Bergmann formuliert: „Wir werden Arbeit ganz anders erleben und empfinden als bisher. Und auf diese Andersartigkeit müssen wir uns alle vorbereiten.“



Order: 05723 confirmed
Destination: Area 51/Sector B2
Status: active



Selbsterfahrung

Ist der König der Landstraße bald ein Roboter? Haben Gabelstapler, Bagger und Traktoren in Zukunft noch Fahrerkabinen? Rollende Arbeitsgeräte sind dem Auto auf dem Weg zum vollautonomen Fahren schon heute einen Schritt voraus. Wird die Branche damit zum Vorreiter für ganz neue Arbeitswelten?

Der 2. Oktober 2019 ist ein typischer Herbsttag im schwedischen Södertälje: acht Grad, bedeckter Himmel, kleinere Regenschauer, leichter, aber kalter Westwind, der später auf Nord dreht – ungemütlich. Dennoch ist dieser Tag ungewöhnlich: Auf seinem Testgelände zeigt der schwedische Nutzfahrzeughersteller Scania einen Lastwagen der Zukunft. Der fährt vollkommen autonom. Was daran neu ist? Neben dem Fahrer fehlt auch gleich das Fahrerhaus. Hier denken und lenken Sensoren, Rechner und Aktoren. Einzig zur Überwachung und für Notfalleingriffe sitzt – theoretisch irgendwo auf der Welt – ein entspannter Arbeiter in seinem klimatisierten Büro.

Auch der schwedische Mitbewerber Volvo investiert in eine autonome Zukunft. Beim Werk

Eskilstuna wurde ein eigenes Testgelände inklusive 5G-Funknetzversorgung für elektrische und autonome Baufahrzeuge eingerichtet. Einsatzorte für solche Fahrzeuge sind unter anderem Baustellen, Kieswerke oder der Tagebau. Abgesperrte Terrains mit reduziertem Tempo, immer gleiche Strecken und so gut wie keine anderen Verkehrsteilnehmer – ein ideales Umfeld, um autonomes Fahren zu lernen. Viel besser geeignet als ein wuseliges Großstadtdickicht mit teils unberechenbaren Akteuren.

Autonome Arbeiter

Überhaupt ist die Arbeitswelt Pioniergebiet für autonomes Fahren: In den modernen Automobilwerken – und auch anderen Industriezweigen – bewegen sich schon lange kleinere Transportkarren mit Rohkarosserien, Motoren und anderen Teilen



Ob als Sattelzugmaschine, Paketbote, Shuttle-Service oder als kombiniertes Drohnen-Minibus-Taxi – so facettenreich ist das Einsatzgebiet des modular aufgebauten Schaeffler Mover. Die Plattform mit dem kompletten Antrieb, den Batterien, der Steuerungselektronik und allen Sensoren fürs autonome Fahren bleibt immer gleich

führerlos durch die Werkhallen. Fanden sie zunächst ihren Weg durch unsichtbar in den Boden eingelassene Signalkabel, steuern sie heute das jeweilige Materialdepot oder die nächste Produktionsstufe vollkommen autonom an. Querende Arbeiter erkennen sie durch eine Sensorik mit 3D-Kameras, Lidar-, Ultraschall- und Lasersensoren sowie Radaraugen. Selbstfahrende Gabelstapler und vollautomatisierte Roboter, die Teile aus einem Hochregallager holen oder dort einsortieren und mit dem verbundenen Warenwirtschaftssystem kommunizieren – in der Werkslogistik ist die Zukunft schon Gegenwart. Alle Fahrzeuge tauschen Daten untereinander aus, lernen voneinander. Durch den eingegrenzten Raum und das im Vergleich zum Straßenverkehr deutlich niedrigere Geschwindigkeitsniveau bietet die Werkhalle ein ideales Lernumfeld für autonome Fahrzeuge.

Autonomiebewegung von Schaeffler

So ein autark agierendes System entwickelt auch der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler: Schon jetzt kann der batterieelektrisch betriebene Schaeffler Mover dank seiner vier jeweils um 90 Grad schwenkbaren Räder auch in kleinsten Lagergassen perfekt manövrieren und sogar quer fahren. Im Gegensatz zu den automatischen Transportkarren in den Werkhallen soll sich der fertig entwickelte Mover mit Geschwindigkeiten bis 60 km/h auch im innerstädtischen Straßenverkehr völlig autonom bewegen. Ein Fahrer ist dann nicht mehr nötig. Dank eines modularen Konzepts mit Wechselaufsätzen eignet sich der Mover sowohl für den Waren- als auch für den Personentransport. Als führerlose Zugmaschine könnte er leistungsmäßig nach oben skaliert sogar autonome Sattelzüge durch die Lande ziehen.

Technologie entlastet Fahrer

Solche führerlosen Sattelzüge stehen auf der Wunschliste der Speditionen weit oben – kein Wunder, schließlich entfällt fast die Hälfte der Frachtkosten aufs Personal. Wenn überhaupt welches zu finden ist. Aber eine Vollautomatisierung des Lastverkehrs im öffentlichen Raum ist komplex. Bis es so weit ist, könnte eine Teilautomatisierung Budgets und Arbeitsmarkt entlasten. Das Stichwort hier heißt Platooning. Dabei vernetzen sich die Assistenzsysteme mehrerer Lkw, und die Fahrzeuge bilden – eine entsprechende Gesetzänderung



Autonomer Lieferant in der Werkshalle: Audi hat bereits 2017 mit dem Notfalltransport dringend benötigter Teile per Drohne experimentiert (oben). In vielen Produktions- und Lagerhallen fahren schon jetzt autonome Flurförderfahrzeuge des Gabelstapler- und Lagertechnikspezialisten Linde Material Handling (unten)



Die Pods des britischen Start-ups Starship liefern autonom Lebensmittel, Pakete oder Werkzeuge – zunächst auf Firmen- und Campus-Arealen

Autonom fahren, aber mit welchem Treibstoff?

7,5 Tonnen müssten die Batterien eines Lkw wiegen, um 1.000 km weit zu kommen. Zum Vergleich: Heute reicht eine Tankfüllung Diesel für bis zu 2.500 km. Für die Langstrecke ist der batterieelektrische Antrieb daher nicht die ideale Lösung – die Brennstoffzelle ist dafür deutlich besser geeignet. Mehr über die Technologie ab Seite 62.

vorausgesetzt – eine dicht an dicht fahrende Kolonne. Experten halten aktuell in verkehrsreichen Gebieten Zweier- oder Dreiergruppen für realistisch, in Flächenländern wie Kanada oder Australien sogar Kolonnen mit bis zu acht Fahrzeugen. Aufs Verkehrsgeschehen konzentrieren muss sich nur der Fahrer des Führungs-Lkw, die Besatzungen der hinteren Brummis können ihre Zeit im Stand-by-Modus anders nutzen. Dadurch dürfte sich auch das Berufsbild des Kraftfahrers ändern: weg vom bloßen Chauffeur hin zum Logistiker, der Papiere ausfüllt, Termine macht oder Routen plant.

Wenn der Roboter zweimal klingelt

Auch Lieferdienste setzen große Hoffnungen in autonome Fahrzeuge. Nicht nur in der Lagerlogistik, sondern auch bei der Kundenauslieferung. Eigenständig umherstomernde Packstationen vom Format eines Schaeffler Movers gehören ebenso zum autonomen (Wunsch-)Portfolio wie koffergroße Kleinstfahrzeuge oder Drohnen, führerlos umherfahrende Pizzabäckereien oder Eiswagen – vieles ist möglich,

einiges in den Entwicklungspipelines, manches schon im Probeinsatz unterwegs. Aber auch hier gilt: Die Komplexität der täglichen Verkehrssituationen ist vor allem in den Innenstädten noch eine Nummer zu groß für Robo-Fahrzeuge. Von rechtlichen Hürden ganz zu schweigen. Denkbar sind auch Cobot-Lösungen, also die Zusammenarbeit von Mensch und Roboterfahrzeug. So könnten sich der ausliefernde Bote und ein autonomes Fahrzeug direkt in der Nähe des Zustellgebiets treffen, nachdem der Transporter im Paketzentrum beladen wurde. Eine weitere Idee: Mini-Transporter, die dem Paketzusteller in Fußgängerzonen im Schrittempo folgen. Es bleibt spannend, welche Technologie künftig vor unserer Tür steht, wenn der Postmann klingelt.

Die Landwirtschaft rüstet ebenfalls technologisch auf – Stichwort „Smart Farming“. Dabei ist der älteste Wirtschaftszweig der Erde Vorreiter. Rund 25 Prozent aller Serviceroboter weltweit sind im Agrarbereich tätig, wie die International Federation of Robotics vermeldet. Bereits im Jahr 2015 wurde ein Drittel der Wertschöpfung bei Landmaschinen weltweit mit Software, Elektronik und Sensorik erzielt. Damit war der Anteil dreimal höher als in der Automobilindustrie. Die autonom gesteuerte Erntemaschine ist in der Landwirtschaft bereits Realität: Die Maschine verarbeitet selbstständig Informationen und trifft zumindest teilautonome Entscheidungen, während der Landwirt vorwiegend eine überwachende Rolle einnimmt. Schon heute lässt sich auf großen Feldern das Zusammenspiel autonomer Erntefahrzeuge bestaunen – führerlose Mähdrescher übergeben das Erntegut an eigenhändig herbeigerufene Anhänger, die von ebenfalls führerlosen Traktoren gezogen werden. Nur im Lkw am Feldrand sitzt noch ein Fahrer. Wie im Lieferdienst setzt auch die Landwirtschaft auf kleine Roboterfahrzeuge, sei es zum Säen oder Unkrautbekämpfen. Vorteil der Leichtgewichte: Sie verdichten den Boden deutlich weniger stark als konventionelle Großmaschinen.

Autonom durch Drive-by-Wire

Unabdingbar für alle autonomen Fahrzeuge der Stufen 2 (teilautomatisiert z.B. mit Spurhalte- oder Geschwindigkeitsassistenten) bis 5 (führerlose Vollautomatisierung) ist die sogenannte Drive-by-Wire-Technologie. Sie ersetzt mechanische Aktorik in Lenk-, Gas- und Bremssystemen

durch elektrische Impulse, die von Stellmotoren umgesetzt werden. Das System Space Drive des Schaeffler-Joint-Ventures Schaeffler Paravan ist Benchmark. Space Drive wird seit Jahren in Fahrzeugen für Menschen mit Handicap eingesetzt und hat so über eine Milliarde Kilometer im realen Straßenverkehr absolviert. Die Technologie, die durch drei sich gegenseitig überwachende Steuerchips vollständig ausfallsicher ist, wird bereits in Pkw, Transportern, Lkw und Landtechnik eingesetzt. Und selbst im Motorsport bewährt sich Space Drive in einem von Paravan modifizierten Audi-R8-Rennwagen. Zudem ist Space Drive auf weitere Anwendungen im Bereich Automotive, der Agrartechnik, der Baumaschinentechnik sowie bei Kommunal- und Sonderfahrzeugen adaptierbar. Im Zusammenspiel mit einer fahrzeugeigenen Radar-, Lidar- oder Ultraschall-Sensorik und einer entsprechenden Steuereinheit kann Space Drive Fahrzeuge völlig autonom beschleunigen, bremsen und durch den Verkehr lenken. Schaeffler stellt Space Drive ein ebenso flexibel adaptierbares „Gehirn“ zur Seite: die XTRONIC Control Unit der Schaeffler-Tochter XTRONIC GmbH. Die Steuereinheit vereint als Alleinstellungsmerkmal Sicherheits-, Überwachungs-, Bedien- und Komfortfunktionen in nur einem System und ist daher vielseitig und plattformübergreifend einsetzbar.

Neue Technologien schaffen Freiräume

Autonom agierende Arbeitsgeräte sind schon jetzt aus dem Arbeitsalltag vieler Branchen nicht mehr wegzudenken. Sie erhöhen Sicherheit und Produktivität – und geben uns den Raum, uns mit Aufgaben zu beschäftigen, die Menschen besser bewältigen können als Maschinen.

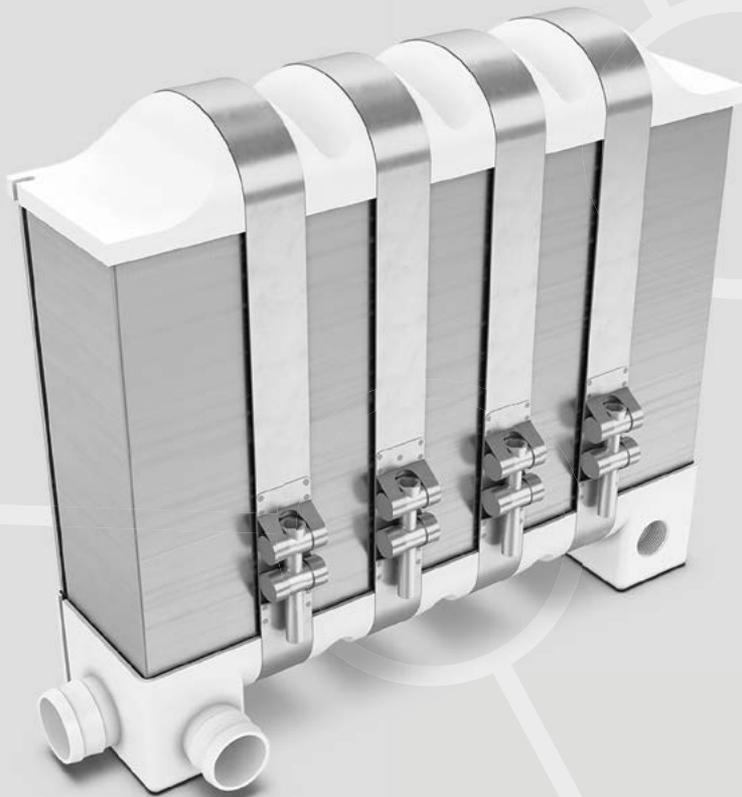


Der Autor

Technikfreak und Journalist **Carsten Paulun** hat schon in seiner Jugend mit ferngesteuerten Schiffen und Autos experimentiert. Aktuell

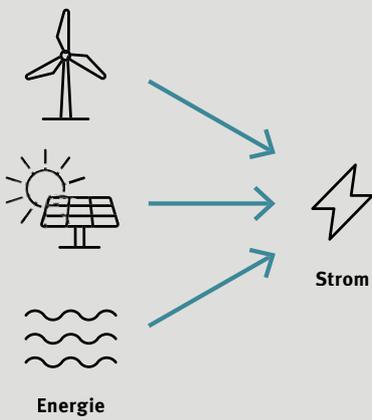
freut er sich über seine Drohne, die autonom Hindernissen ausweichen kann.

E-Werk an Bord: Brennstoffzelle



E-Antrieb geht auch prima ohne Reichweitenproblem:
Stichwort Brennstoffzelle. Wie funktioniert diese Technologie
eigentlich? Und warum ist sie jetzt überall im Gespräch?
„tomorrow“ beantwortet die wichtigsten Fragen.

Von Carsten Paulun



Was sind die Vorteile einer Brennstoffzelle?

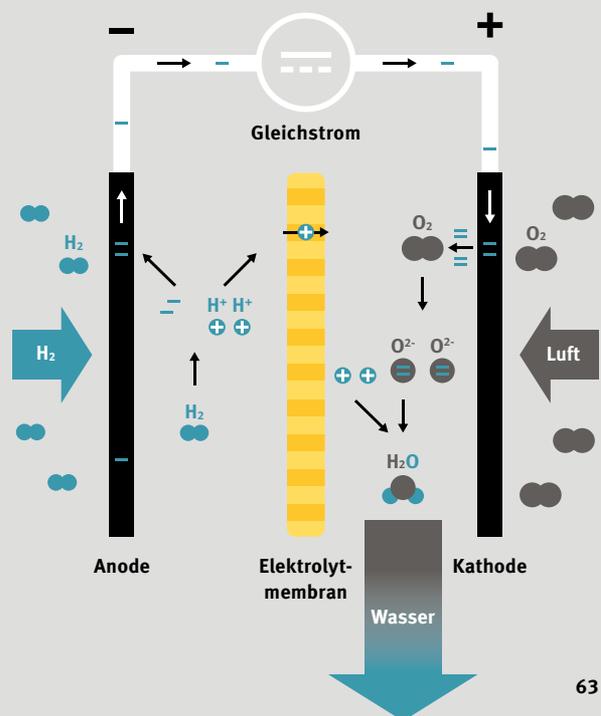
Sie resultieren vorrangig aus dem verwendeten Brennstoff: Wasserstoff. Mit ihm können wir regenerativ erzeugten Strom durch das Elektrolyseverfahren speichern, ohne schädliche Abgase zu produzieren. Und nach Belieben nutzen. Das ist besonders wichtig bei der Betrachtung der Emissionen entlang der Energiekette, also von der Erzeugung in den Tank und bis ans Rad. Der Fachmann spricht hier von Well-to-Tank und Tank-to-Wheel oder insgesamt von Well-to-Wheel. Während bei Verbrennungsmotoren die größten Verluste und Emissionen im Fahrzeug selbst entstehen, ist ein E-Antrieb hier emissionsfrei unterwegs. Dabei ist es egal, ob der Fahrstrom aus einer Batterie oder einer Brennstoffzelle stammt. Bei einem E-Fahrzeug entstehen die größten Verluste und Emissionen bei der Strom-Erzeugung und -Speicherung. Sie sind vernachlässigbar, wenn der Strom aus erneuerbaren Energien stammt.

Was ist eine Brennstoffzelle?

Eine Vorrichtung, die chemische Reaktionsenergie eines zugeführten Brennstoffes und eines Oxidationsmittels in elektrische Energie wandelt. Wobei der Begriff „Brennstoffzelle“ irreführend ist, da sie im klassischen Sinn den „Brennstoff“ nicht verbrennt. Idealer Brennstoff ist Wasserstoff. Seine Energiedichte ist mit 33,3 kWh pro Kilogramm fast dreimal höher als die von Diesel (11,9 kWh/kg). Und Wasserstoff ist in gebundener Form mit Sauerstoff – als Wasser – nahezu unbegrenzt vorhanden. Zur Erinnerung: 70 Prozent der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt. Außerdem ist in reinem Wasserstoff kein Kohlenstoff gebunden. Im Abgas einer Brennstoffzelle gibt es also kein CO₂. Eine Brennstoffzelle funktioniert mit allen wasserstoffhaltigen Gasen – zum Beispiel Methanol, Kohlegas oder Erdgas. Diese Gase emittieren im Gegensatz zu Wasserstoff bei der Umwandlung zu Strom und Wasser aber immer CO₂. Als Oxidationsmittel dient Sauerstoff aus der Umgebungsluft.

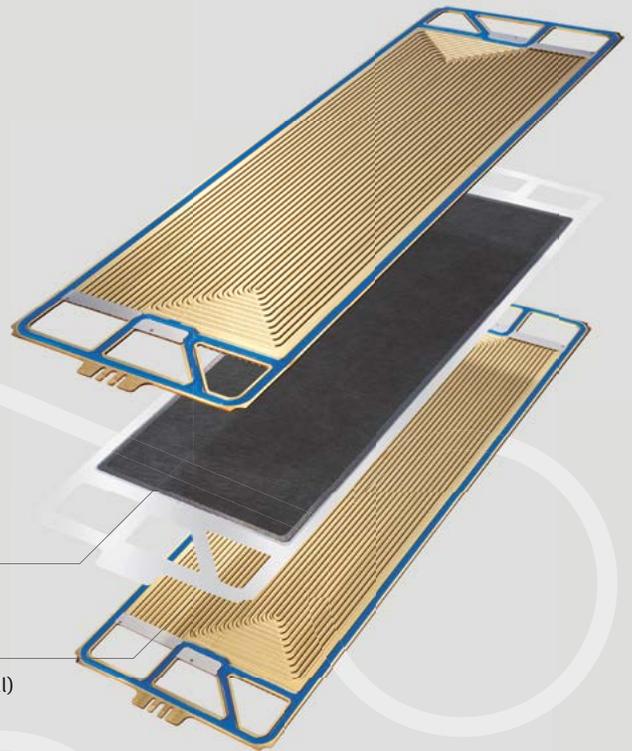
Wie funktioniert sie?

Die Brennstoffzelle wandelt chemisch gebundene Energie in einem Brennstoff direkt in Elektroenergie um. Der Aufbau einer Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle (Proton Exchange Membrane) – der heute favorisierten Technologie – ähnelt dem einer Batterie: Eine Membran trennt zwei plattenförmige Elektroden (Anode und Kathode) voneinander, die in der Brennstoffzellentechnik Bipolarplatten heißen. Diese Membran kann Protonen leiten, ist ansonsten aber undurchlässig. Sie ist mit Katalysatormaterialien beschichtet, die die Spaltung von Wasserstoff in Elektronen und Protonen fördern. Die Elektronen fließen als nutzbarer Strom über einen Leiter zur Kathode. Die Protonen strömen durch die Membran ebenfalls zur Kathode. Dort treffen sie auf Sauerstoff-Ionen, die sich durch die Aufnahme von zur Kathode gewanderten Elektronen gebildet haben. Beide reagieren zu Wasserdampf und Wasser.



Wie sieht sie aus?

Eine einzelne Zelle kann kleiner als eine Streichholzschachtel sein. Moderne einzelne Zellen bestehen aus drei flachen Scheiben, zwei aus dünnem Metall und eine aus einer beschichteten Kunststoff-Folie. Da die Spannung einer einzelnen Zelle nur zwischen 0,5 und 1 Volt beträgt, werden mehrere identische zu einem sogenannten Stack zusammengeschaltet. Ein komplettes 100-kW-Brennstoffzellensystem mit Pumpen, Leitungen, Heizsystem sowie Steuerungs- und Regelelektronik für einen Fahrzeugantrieb füllt den Motorraum eines Mittelklassewagens.



Membran (Kunststoff-Folie)

Bipolarplatte (Metall)

Warum ist sie bisher nur Nischenprodukt?

Für den Einsatz als kombinierter Wärme/Strom-Erzeuger in Gebäuden ist sie (noch) zu teuer. Bei Fahrzeugen kommt hinzu, dass es in keinem Land ein flächendeckendes Tankstellennetz gibt. Das Henne-Ei-Problem: Für die Energiekonzerne lohnt sich der Ausbau des Netzes nicht, weil es zu wenig Fahrzeuge gibt. Die Automobilindustrie argumentiert mit der zu dünnen Versorgung.

Warum wird sie jetzt interessant?

Bisher hatten wir es nicht nötig, sie zu nutzen. „Man hatte ja Holz, Kohle und Erdöl. Diese Brennstoffe ‚lagen herum‘ und man brauchte sie nur anzuzünden“, erklärt Michael Fröba, Chemie-Professor der Uni Hamburg. Da man jedoch – Stichwort Klimawandel – eine CO₂-neutrale, saubere Mobilität anstrebt, ist die mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle eine smarte Schlüsseltechnologie.

Wer hat sie erfunden?

Der deutsch-schweizerische Chemiker und Physiker Christian Friedrich Schönbein umspülte 1838 zwei Platindrähte in Salzsäure mit Wasserstoff bzw. Sauerstoff und bemerkte zwischen den beiden Drähten eine elektrische Spannung – die erste Brennstoffzelle der Welt. Der britische Physikochemiker Sir William Robert Grove nahm die Idee 1839 auf und verband mehrere dieser Zellen zu einer „Gasbatterie“ – dem weltweit ersten nutzbaren Brennstoffzellenstack.

Warum ist auch noch eine Batterie nötig?

Weil die Brennstoffzelle keine Energie, zum Beispiel aus Bremskraft, zurückgewinnen kann, für starke Beschleunigung eine Unterstützung sinnvoll ist und auch für den Start der Brennstoffzelle Energie vorhanden sein muss. Jedoch können solche Batterien bis zu 90 Prozent kleiner als Traktionsbatterien in BEV ausgelegt werden.

Wie effizient ist eine Brennstoffzelle?

Eine Brennstoffzelle erzeugt Strom und Wärme. Je nach Auslegung können sowohl der elektrische Wirkungsgrad als auch der thermische Wirkungsgrad bis zu 65 Prozent betragen. Während der Strom für den Antrieb genutzt wird, kann mit der Wärme die Fahrzeugheizung betrieben werden. Nicht berücksichtigt sind Verluste bei Herstellung, Transport und Lagerung des Brennstoffes.

Wovon hängt die Leistungsfähigkeit ab?

Entscheidend für Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit der Brennstoffzelle sind die katalytisch beschichtete Membran und Material sowie Beschichtungen der Bipolarplatten. Die Membranbeschichtungen bestehen in der Regel aus Kohlenstoff und Platin oder einem platinhaltigen Gemisch als Katalysator. Um Leistung, Haltbarkeit, Ansprechverhalten, aber auch den elektrischen Wirkungsgrad zu steigern, arbeiten Hersteller wie der Automobil- und Industrielieferer Schaeffler an verschiedenen Beschichtungen und Elektrolyten.

Gibt es Wartungsprozeduren?

Tatsächlich gilt sie als wartungsfrei. Die Hersteller schreiben in der Regel eine jährliche Kontrolle vor, allein schon für die anderen Systeme wie die Fahrzeugbremsen oder das Abgassystem bei einer Brennstoffzellenheizung. Die Lebensdauer beträgt zwischen 5.000 und 40.000 Stunden – je nach Technologie. Das reicht bei einer Pkw-Brennstoffzelle für gut 300.000 Kilometer.

Wie wird der Wasserstoff gewonnen?

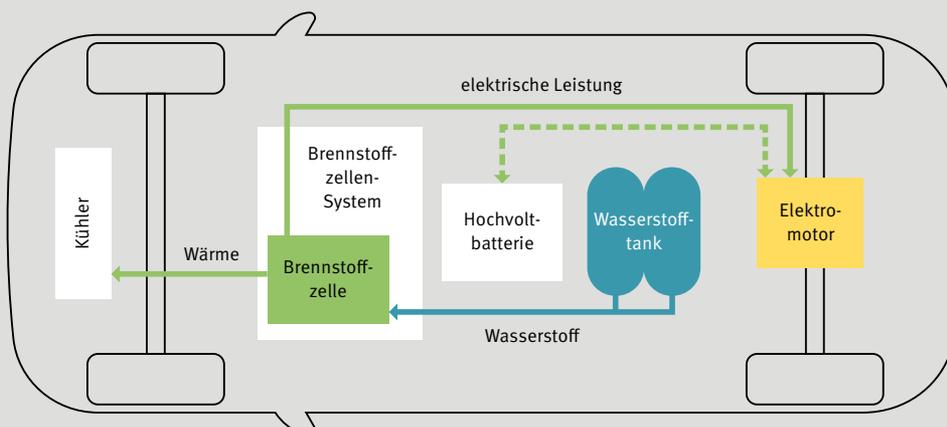
Durch ein chemisches Verfahren, die Elektrolyse: Man hält einen Pluspol und einen Minuspol ins Wasser, das sich dadurch in die Moleküle H_2 und O_2 spaltet – Wasserstoff und Sauerstoff. Spezielle Beschichtungen von Pluspol (Kathode) und Minuspol (Anode) sowie die Zugabe von Säure in das Wasser beschleunigen die Reaktion und erhöhen den Ertrag. Die bei der Elektrolyse aufgewendete Energie „ist nicht vergeudet, sondern wird zu einem Teil auf die einzelnen Moleküle übertragen. Da bleibt sie, bis die Rückreaktion erfolgt“, erklärt Professor Dr. Michael Fröba.

Welche Schwierigkeiten und Gefahren gibt es?

Wasserstoff kann gasförmig in Tanks gelagert werden. Doch um ähnlich viel Energie wie ein Benzintank zu speichern, müsste der so groß wie eine Lagerhalle sein. Alternativ kann man Wasserstoff sehr energieaufwendig bei minus 253 Grad verflüssigen. Die Lösung heißt: das Gas verdichten. Heutige Wasserstofftanks werden mit 700 bar befüllt – ein normaler Autoreifen hat etwa 2 bar Luftdruck. Diese Wasserstofftanks haben mehrlagige Wände aus verschiedenen Materialien und gelten als crashtolerant. Wasserstoff hat gegenüber Benzin und Diesel sogar einen Sicherheitsvorteil: Er verflüchtigt sich so schnell, dass eine Explosion nahezu unmöglich ist. Bei Tests der Universität Miami ist ein Wagen mit Benzinmotor komplett ausgebrannt, während der Wasserstoff in Sekundenbruchteilen in einer großen Stichflamme verbrannt und das Feuer dann erloschen ist.

Was gehört zur Integration einer Brennstoffzelle als Fahrzeugantrieb?

Die Brennstoffzelle selbst ist ein recht kompaktes Bauteil, dazu kommen noch Luftverdichter und -befeuchter, Pumpen, Spannungsregler, Kühl- und Heizsystem, Steuerungselektronik, Spannungsregler, Puffer-Batterie und als größte Komponente der Wasserstofftank. Und natürlich der Elektromotor für den Antrieb.



Drei Fragen an ...



**... Dr. Stefan Gossens,
Innovationsprogramm-Leiter
Energiespeicher & Wandler bei
Schaeffler.**

Warum ist die Brennstoffzelle ein Thema für Schaeffler?

Wir sehen die Brennstoffzelle als wertvolle Ergänzung im Bereich der neuen Antriebe. Unsere Kompetenzen sehen wir in Material, Metallumformung, Beschichtung und später natürlich auch der Massenfertigung. Hierbei sind zunächst Komponenten für Brennstoffzellen-Stapel im Fokus, in einem weiteren Schritt aber möglicherweise auch Teile der Brennstoffzellen-Peripherie.

Wo sieht Schaeffler potenzielle Kunden?

Es gibt ein breites Spektrum von Anwendungen

in der Mobilität, aber auch jenseits von Nutzfahrzeugen und Pkw, in denen emissionsfrei Strom erzeugt werden soll, etwa im Bereich Bahn, Flurförderzeuge und stationäre Anwendungen wie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Wie relevant ist Ihrer Auffassung nach der Preis eines leistungsfähigen Brennstoffzellensystems, um sich flächendeckend durchzusetzen? Und wann wird das sein?

Der hohe Preis der Technik ist heute sicherlich noch ein Hindernis für die weite Verbreitung. Die oben schon angesprochene Industrialisierung und auch technologische Weiterentwicklungen werden mittel- bis langfristig wesentlich zu den nötigen Preissenkungen beitragen. Wir werden das im Laufe der 2020er-Jahre erleben, in ähnlicher Art wie früher bei Fotovoltaik und Lithium-Ionen-Batterien.

» In der zukünftigen Mobilität können sich batterieelektrische und Brennstoffzellen-Fahrzeuge ideal ergänzen. Aber die Brennstoffzelle wird ihr Potenzial auch in Anwendungsgebieten jenseits von Lkw und Pkw beweisen

Dr. Stefan Gossens



Wie kommt der Wasserstoff zur Tankstelle und in den Tank?

Wasserstoff wird mit speziellen Drucktanklastwagen zur Tankstelle transportiert und dort in andere Drucktanks umgefüllt, an die die jeweiligen Zapfanlagen angeschlossen sind. Das Tanken selbst ist nicht viel anders als bei Diesel oder Benzin. Die Zapfpistole muss nur druckfest mit dem Fahrzeug verbunden sein. Hier gibt es ein standardisiertes System, das an allen Tankstellen gleich ist. Alternativen zum Drucktanklastwagen sind eine Pipeline oder die Auflösung des Wasserstoffs in organischen Spezialflüssigkeiten. Dann kann der Wasserstoff wie andere Treibstoffe transportiert werden. An der Tankstelle wird dann der Wasserstoff wieder aus der Trägerflüssigkeit extrahiert.



Wann und wo werden sie in Zukunft verwendet?

Hersteller wie Nikola (USA) oder Hyundai (Südkorea) wollen 2020 erste Lkw mit Brennstoffzellen ausliefern. Die Deutsche Bahn erprobt zurzeit Züge mit dieser Technologie im Personenverkehr. Sie sollen auf Strecken ohne Oberleitung herkömmliche Dieseltriebwagen ersetzen. Im Luftverkehr arbeiten Hersteller wie Airbus und Boeing, aber auch Forschungseinrichtungen wie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt intensiv an Brennstoffzellenflugzeugen. Zumindest kleinere Geschäftsflieger mit bis zu 20 Passagieren und Reichweiten von bis zu 800 Kilometern will der US-amerikanische Hersteller ZeroAvia ab 2022 mit Brennstoffzellenantrieb ausrüsten. Bereits serienreif ist das Schubboot Elektra, das ein Konsortium um den Brennstoffzellenhersteller Ballard Power Systems ab 2020 für den Warentransport zwischen Hamburg und Berlin auf Elbe und Havel einsetzen will.

Wo überall kommt eine Brennstoffzelle als Energiequelle für einen Antrieb infrage?

Überall dort, wo Elektroantriebe mit Batterien nicht wirtschaftlich oder aufgrund von Baugröße oder -gewicht nicht möglich sind und es auf große Reichweiten mit kurzer Tankzeit ankommt: Pkw, Lkw, Flugzeuge, Schiffe, Schienenfahrzeuge. „Mit der Brennstoffzelle können auch sie CO₂- und emissionsfrei betrieben werden“, so Professor Dr.-Ing. Tim Hosenfeldt, Leiter Innovation und Zentrale Technologie bei Schaeffler. Für den Einsatz in den Verkehrsmitteln spricht vor allem der hohe „System-Wirkungsgrad der Brennstoffzelle, der deutlich über dem von Verbrennungsmotoren liegt. Auch die lokale Emissionsfreiheit bei Stickstoffoxiden, CO₂ und Feinstaub spricht für diese Antriebsform“, so das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.



Der Autor

Unser Autor **Carsten Paulun** bewegte als Ressortleiter Auto bei der BILD-Zeitung bereits Mitte der 1990er-Jahre Prototypen mit

Brennstoffzellenantrieb. Damals wie heute ist er von der leisen und emissionslosen Technologie begeistert. Gerade überlegt er, seine heimische Ölheizung gegen eine Brennstoffzelle auszutauschen.

Die Möglichmacher

Die Erfolgsstory von Schaeffler ist eng mit den eigenen Produktionslandschaften verknüpft. Ohne die Anlagen und Fertigungslinien aus dem hauseigenen Maschinenbau würden die Schaeffler-Werke weltweit stillstehen. Das bislang nur inhouse genutzte Produktionsprozess-Know-how ist nun auch externen Firmen zugänglich.

Von Oliver Jesgulke

Die 1.800 Maschinenbauer bei Schaeffler stellen sich jeder technischen Herausforderung, die ein Produkt oder ein komplett neuer Produktionsprozess erfordert. Das Portfolio der findigen Spezialisten umfasst Bearbeitungsmaschinen, Montageautomation, Prüftechnik und produktionsnahe IT-Lösungen. Der Schwerpunkt liegt auf speziellen, nicht am Markt erhältlichen Lösungen für die Herstellung von Automotive- und Industrieprodukten. Zu den jüngeren Highlights zählen unter anderem die Entwicklung von Prototypen, komplexe Montage- oder Prüflinien für Hybrid-Module, das Thermomanagement-Modul oder die neuen E-Achsgetriebesysteme, die in Herzogenaurach für Audi- und Porsche-Modelle gefertigt werden.

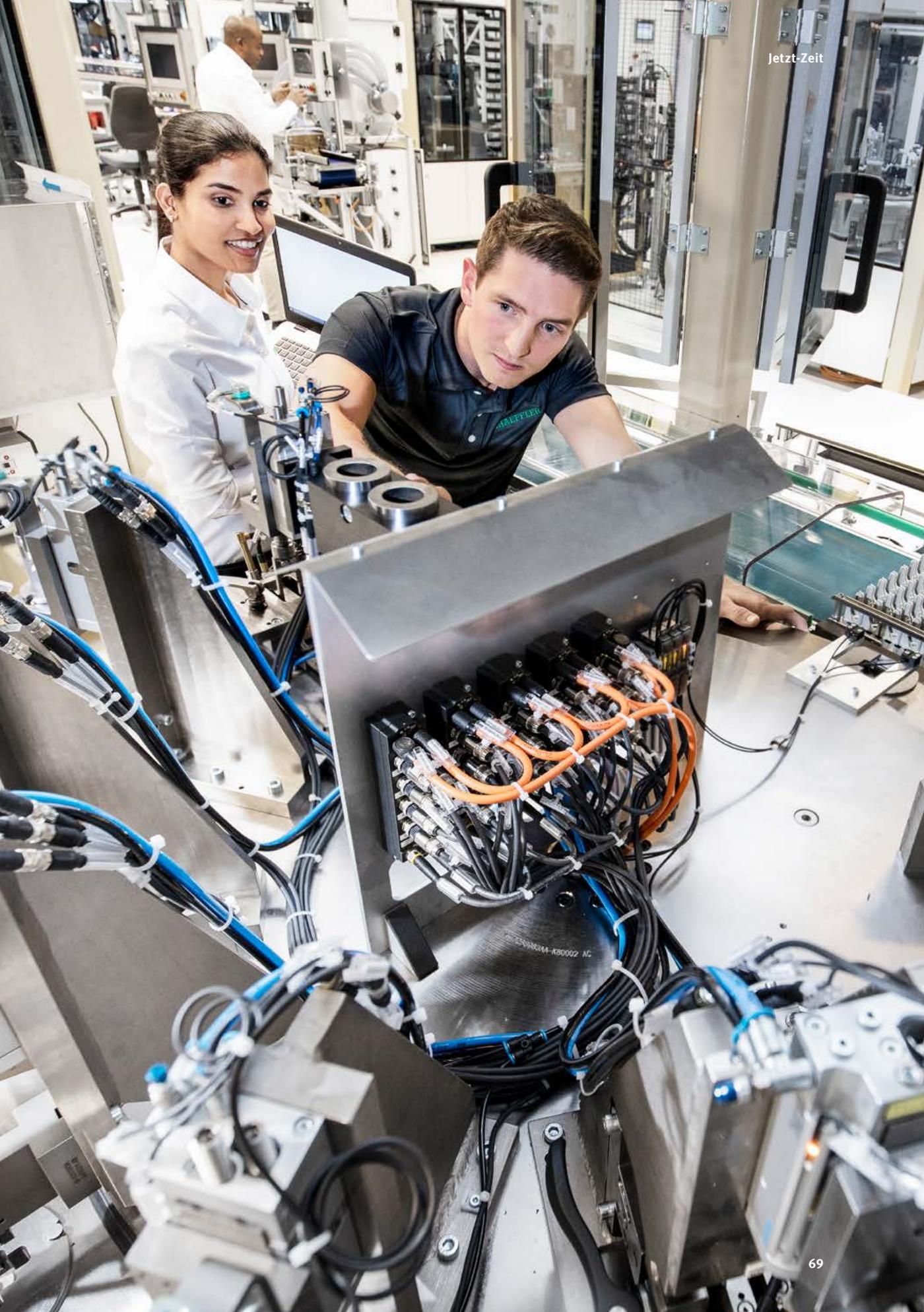
„Wir verstehen uns als ‚Partner for Production Excellence‘. Das partnerschaftliche Verhältnis zu unseren Produktionsstandorten ist seit Jahrzehnten ein Garant dafür, dass unsere Werke wie ein Schweizer Uhrwerk funktionieren und unsere Produkte den höchsten Qualitätsstandards entsprechen“, sagt Bernd Wollenick. Er verantwortet das weltweite Sondermaschinenbau-Netzwerk mit 16 Standorten. Rund 50 Prozent des konzernweit benötigten Produktionsequipments realisiert der Sondermaschinenbau im Haus.

Insgesamt verfügt der Geschäftsbereich über rund 30.000 Quadratmeter Montagefläche, was

der Größe von vier Fußballfeldern entspricht. Dort entstehen Anlagen und Maschinen, mit denen Schaeffler weit über 10.000 unterschiedliche Produkte produziert.

Ab Tag 1 dabei

Egal ob flexible Kleinserienfertigung oder Hochleistungsanlage, manuell oder vollautomatisch – die Teams von Wollenick bringen ihre Expertise sehr früh ins Projekt ein. „Ein zu fertigendes Produkt in unserem Umfeld kann sich in seiner Entstehungsphase 1.000-mal ändern und viele dieser Modifikationen sind anlagenrelevant. Daher sitzen wir schon bei der Produktkonstruktion unserer Kunden mit am Tisch“, erläutert Wollenick. „Produktionskosten entstehen im Produktdesign, und mit unseren agilen Methoden und simultanem Engineering stellen wir Herstellbar- und Wirtschaftlichkeit sicher.“ Ein Beispiel ist der im Jahr 2015 in Serie gebrachte elektromechanische Wankstabilisator, der für mehr Sicherheit beim Autofahren sorgt. Allein dessen Produktgewicht von 14 Kilogramm und die Länge von bis zu 1,4 Metern erschweren das Handling innerhalb der geplanten Montage- und Prüfanlagen. Schon deshalb war es unerlässlich, während der Produktkonstruktion das erforderliche Fertigungsequipment so zu planen, dass die einzelnen Bauteile später auch montiert werden können.



Eine

weltweit verfügbare Technologiedatenbank hat der Sondermaschinenbau.

Dort sind alle Informationen zu Prozessen und Ergebnissen hinterlegt. Zusammen mit einer weitgehenden Standardisierung und einheitlichen Bedienoberflächen der Maschinen können die Taktzeiten so bis zu 30 Prozent reduziert werden.

3.000

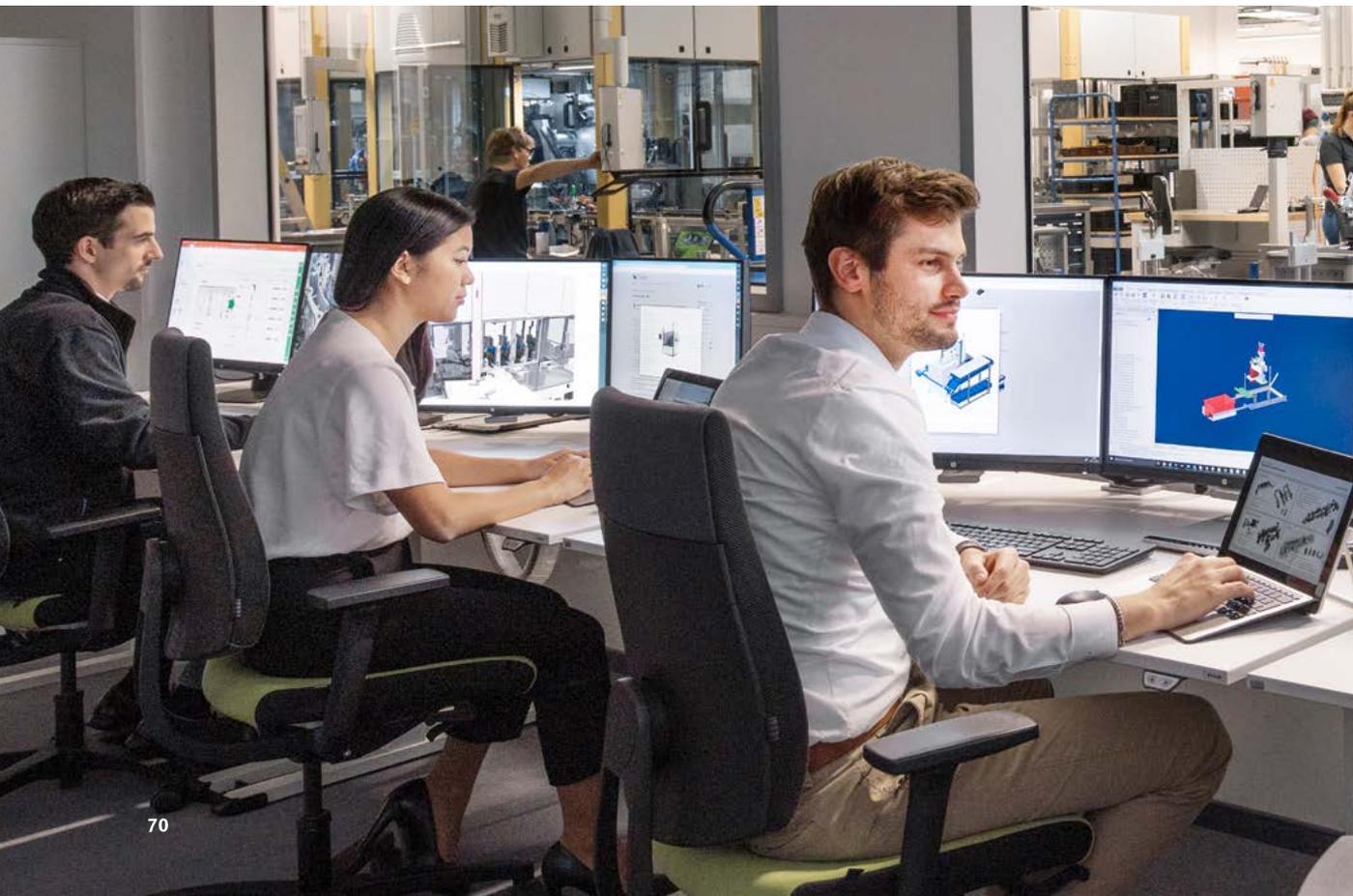
Dreh- und Fräszentren und mehr als 3.500 Schleifmaschinen sind in den Schaeffler-Werken weltweit im Einsatz.

Einzigartigkeit schützt vor Copycats

Von früh an setzten die Brüder Dr. Georg und Dr. Wilhelm Schaeffler bewusst auf eigene Maschinen in der Produktion. 1960 nahm die erste „Abteilung für Betriebsmittelbau“ in Herzogenaurach ihre Arbeit auf.

Getragen wurde die Entscheidung von der Überzeugung, dass man inhouse technisch ausgereifte Produkte am wirtschaftlichsten produzieren könne, wenn man dafür eigene Maschinen entwickelt und exklusiv nutzt, statt sie von einem externen Anbieter zu beziehen. Damit sichert sich Schaeffler wichtiges Know-how in Fertigung und Montage und kann komplexe Produkte schneller auf den Markt bringen. Das wiederum macht unabhängiger und schafft Wettbewerbsvorteile. Nur wenige Maschinen landen im Rahmen des Systemgeschäfts tatsächlich auch in den Händen Dritter, wie die Montagemaschinen für Gelenkwellen von Schaeffler, der Verkaufsschlager seit 50 Jahren. Ein Prinzip, das sich bis heute bewährt hat.

„Schauen wir uns die vielen Hidden Champions hierzulande an, dann verfügen die meisten über einen eigenen Maschinenbau für die Produktion“, sagt Wollenick. „Das schafft nicht nur besondere Qualitätsprodukte, sondern erschwert auch den Copycats dieser Welt das Leben.“ Als der gebürtige Forchheimer im Jahr 2007 das Ruder



» Wir sind ein Garant dafür, dass unsere Werke wie ein Schweizer Uhrwerk funktionieren

Bernd Wollenick,
Leiter Sondermaschinenbau bei Schaeffler

übernahm, gab es an mehreren großen Schaeffler-Standorten eine solche Abteilung, jedoch werkten alle isoliert voneinander. Wollenick strukturierte um und schweißte die einzelnen Bereiche zu einer globalen Einheit mit gleichen Prozessen und Arbeitsprinzipien zusammen.

Fortan trieb er die Internationalisierung des Sondermaschinenbaus voran, maßgeblich in China und der Slowakei. Heute stehen dort die

größten Anlagen des globalen Netzwerkes. Ein weiterer Meilenstein war der Umzug nach Erlangen 2017 mit der Bündelung verschiedener Kompetenzen in einem neuen Headquarter mit Platz für 650 Mitarbeiter.

Campus-Leben fördert Zusammenarbeit

Beim Betreten des Gebäudes wird schnell klar: Der Geschäftsbereich lebt Kollaboration und Innovation auf allen Ebenen. Hier arbeiten Kollegen – egal ob Ingenieur oder Facharbeiter – aus unterschiedlichsten Bereichen und über Abteilungsgrenzen hinweg räumlich zusammen. Alles ist nach dem New-Work-Konzept gestaltet – mit abgeschirmten Multispaces bis hin zu beschreibbaren Wänden. Kein Mitarbeiter hat einen festen Arbeitsplatz. „Je nach Anforderung und Konstellation der uns wichtigen Team- und Projektarbeit wird ein passender gesucht“, sagt Wollenick. Ein Novum bei Schaeffler. Mit dem Konzept konnten Effizienz und Innovationskraft merklich gesteigert werden.

„Von hier aus steuern wir ein globales Netzwerk mit 16 Standorten und sind in der Lage, standortübergreifend internationale Großprojekte zu realisieren – vom ersten Anlagekonzept bis zur stabilen Null-Fehler-Produktion“, erläutert Wollenick.

Die 1.800 Spezialisten im Sondermaschinenbau liefern alles aus einer Hand: von der Idee über die Entwicklung bis zur Gestaltung und Produktion der Maschinen





Die von Schaeffler entwickelten Maschinen reichen von Robotern, die keinen direkten Kontakt mit Menschen haben und mit hoher Geschwindigkeit arbeiten, bis hin zu hochsensiblen Cobots, die ohne Abgrenzungen auskommen

An seinen Zahlen gemessen ist der Geschäftsbereich heute sogar einer der größten Sondermaschinenbauer der Welt. Fast 4.500 Projekte und Aufträge wurden 2018 umgesetzt, der Jahresumsatz lag bei 363 Millionen Euro. Und das in sehr herausfordernden Zeiten. „Lean“ ist in. Durchlaufzeiten und Innovationszyklen werden kürzer. Aufgrund der großen Umbrüche in der Automobilbranche und der Produktoffensiven mit Hybrid- und Elektrofahrzeugen muss der Geschäftsbereich immer schneller Anlagen und Linien für die Serienproduktion etablieren. Mit dem Aufbau der Systeme ist es aber heute nicht mehr getan. 360-Grad-Service ist gefragt: Neben der Planung, Beratung, Projektierung und Entwicklung umfasst das Dienstleistungsspektrum der Sparte auch Qualitätssicherung, Maschinenwartung und Kundens Schulungen für den langfristigen Betrieb.

Sondermaschinenbau 4.0

Wie das Produktsortiment von Schaeffler selbst unterliegen auch die Produktionsprozesse einem kontinuierlichen Wandel. Die fortschreitende Digitalisierung hat daran maßgeblichen Anteil. Und so fokussieren sich die Sondermaschinenbauer auch darauf, Bestandsmaschinen und neue Generationen mit intelligenten Softwarelösungen, Sensoren und Schnittstellen auszustatten und zu vernetzen. Ebenso werden Rückverfolgungssysteme für eine durchgängige Qualitätssicherung von Produkten entwickelt. Die sogenannte Traceability erkennt Fehler rechtzeitig und hilft dadurch, kostspielige Rückrufe zu vermeiden. Auch Vision-Systeme für die



Partner for Production Excellence – der Sondermaschinenbau von Schaeffler auf YouTube

qualitative Absicherung mittels künstlicher Intelligenz von Fertigungsprozessen rücken in den Fokus. Das sind hochauflösende industrielle Kameras, die Geometrie-, Farb- oder Positionsmerkmale eines Produktes sowie Fälschungen erkennen.

Der Geschäftsbereich konzipiert, entwickelt und installiert zudem Technologien im Bereich der Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK). Das Produktportfolio reicht vom maschinellen Anheben und Abstellen in hoher Geschwindigkeit – sogenannte Pick-and-place-Anwendungen – bis hin zu hochkomplexen Montageprozessen mit kollaborativen Robotern. Diese Cobots sind der am stärksten wachsende Markt in der Robotik. Neben dem klassischen Industrieroboter, der fest montiert und abgeschirmt von seinen menschlichen Kollegen in einem Käfig die immer gleichen stakkatoartigen Bewegungen ausführt, ist dies eine smarte Möglichkeit der Automatisierung in Kooperation mit dem Menschen.

Maschinenteile aus dem 3D-Drucker

Schaeffler setzt bereits seit vielen Jahren auf 3D-Druck. Den Konstrukteuren steht eine Fülle von Tools vom Entwurf bis zum gedruckten Bauteil zur Verfügung. Mit der Technologie lassen sich zunehmend Ersatzteile und komplexe Bauteile aus Kunststoff oder Metallen für Maschinen herstellen. So nutzt auch der Sondermaschinenbau diese Vorteile der sogenannten additiven Fertigung. Schon heute stecken in jeder zweiten Maschine mindestens zwei Bauteile aus dem 3D-Drucker – Tendenz steigend.

Neue Märkte, neue Horizonte

Mit den Aufgaben wandeln sich auch die Berufsfelder. Zu den Mechatronikern, Maschinenbauern, Elektroingenieuren und -technikern, technischen Redakteuren und Vertriebsexperten gesellen sich 100 Softwareentwickler im Team von Bernd Wollenick – Tendenz auch hier steigend. Doch ein weiterer Trend ist viel entscheidender: Der Geschäftsbereich Sondermaschinenbau öffnet sich mehr und mehr anderen Branchen. „Mit der Öffnung für externe Märkte wollen wir uns aktiv benchmarken und wettbewerbsfähige Technologien offensiv auf dem Markt platzieren“, erklärt Wollenick. Derzeit ist der Geschäftsbereich in

1 bis 2

neue Werke eröffnet Schaeffler jedes Jahr.

Eine Million Quadratmeter umbaute Fläche sind so in den vergangenen 15 Jahren dem weltweiten Produktionsnetzwerk von Schaeffler hinzugefügt worden.

18 Monate

dauert es durchschnittlich **vom Beschluss bis zum Produktionsstart** eines neuen Schaeffler-

Werks. Nicht nur die Maschinen, sondern auch der gesamte Materialfluss und die Flächenbelegung folgen weltweit einheitlichen Standards.

zahlreichen Gesprächen mit potenziellen Neukunden involviert.

Darunter sind internationale Hersteller unterschiedlichster Branchen, die sich zum Beispiel für Bearbeitungsmaschinen, Montage- und Prüfmaschinen oder Handhabungs- und Zuführtechnik von Schaeffler interessieren. „Alle Branchen sind denkbar. Das wird nicht nur unseren Horizont erweitern, sondern wiederum auch unser Stammgeschäft bereichern.“ Aber auch der Schritt vom Spezial- zum Massenmarkt ist kein Tabu mehr für Schaeffler. Die Nachfrage nach investioptimierten, schlanken Maschinen zu einem günstigeren Preis ist hoch, gerade in aufstrebenden Märkten.

„Das ist aber eine echte Gratwanderung“, gibt Wollenick zu bedenken. „Unser Sondermaschinenbau ist das operative Rückgrat der Schaeffler-Werke, und Qualität ‚Made by Schaeffler‘ ist seit jeher unser Rückenmark. Und das wird immer an erster Stelle für uns stehen – in bewährter Tradition unserer Gründer.“



Mond 🌕

Entfernung 384.400 km

Ausblick

Technik für morgen

GEO
Geostationary Earth Orbit
35.790 km

🇪🇺 Ariane 64

Start 2021

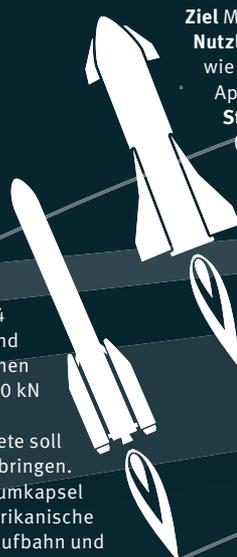
Besatzung 4

Ziel GEO, Mond

Nutzlast 11,5 Tonnen

Startschub 14.000 kN

Die europäische Trägerrakete soll bereits 2021 Satelliten ins All bringen. Für 2022 ist der Start mit der Raumkapsel Orion geplant, die vier amerikanische Astronauten in eine Mondumlaufbahn und 2024 sogar auf den Mond bringen soll.



SpaceX Starship 🇺🇸

Start 2023

Besatzung 100

Ziel Mond, später Mars

Nutzlast 150 Tonnen, dreimal so viel wie die Saturn-V-Trägerrakete der Apollo-Missionen

Startschub 74.000 kN
(Saturn V: 34.000 kN)

Mit dem Starship sollen nach Willen des SpaceX-CEO Elon Musk ab 2023 Menschen den Mond umrunden, später den Mars besiedeln. Alle Teile sollen wie bei den bisherigen Falcon-Raketen wiederverwertbar sein. Erste Prototypen entstehen gerade.

MEO
Medium Earth Orbit
2.000–35.790 km

»» Beam me up, Scotty

Mr. Spock

Ballon 🇺🇸 🇩🇪 🇺🇸

Bereits 1960 sprang Joseph Kittinger aus 31 km Höhe von einem Ballon ab, 2012 Felix Baumgartner aus 39 km und 2014 Alan Eustace aus 41 km. Bei rund 57 km ist rechnerisch Schluss – die dünne Luft in dieser Höhe trägt keinen Ballon mehr.



LEO
Low Earth Orbit
200–2.000 km

VSS Unity 🇺🇸

Start 2021

Besatzung 8

Ziel Weltall (110 km)

Nutzlast k. A.

Startschub 310 kN (Trägerflugzeug White Knight Two: 120 kN)



Das Raumflugzeug von Virgin Galactic wird in 15 km Höhe von einem Trägerflugzeug ausgeklinkt und schießt mit 4.200 km/h senkrecht bis in 110 km Höhe. An der Grenze zum Weltall wird das Triebwerk ausgeschaltet, das Raumflugzeug kippt zur Erde, sinkt und geht in 16 km Höhe in den Landeanflug über.

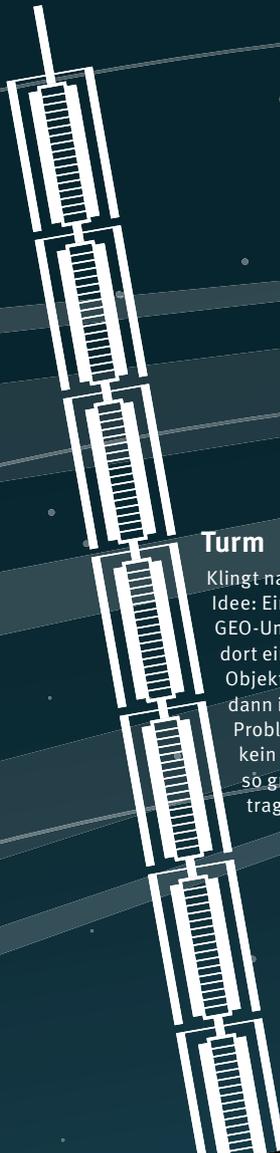


Lift

An einem 36.000 km (!) langen Seil sollen Gondeln ins All steigen. Das Seil ist an einem um die Erde kreisenden Kontergewicht befestigt, die Fliehkraft strafft das Seil. Geht das theoretisch? Ja! Problem: Es gibt bisher kein Material, das leicht und fest genug ist.

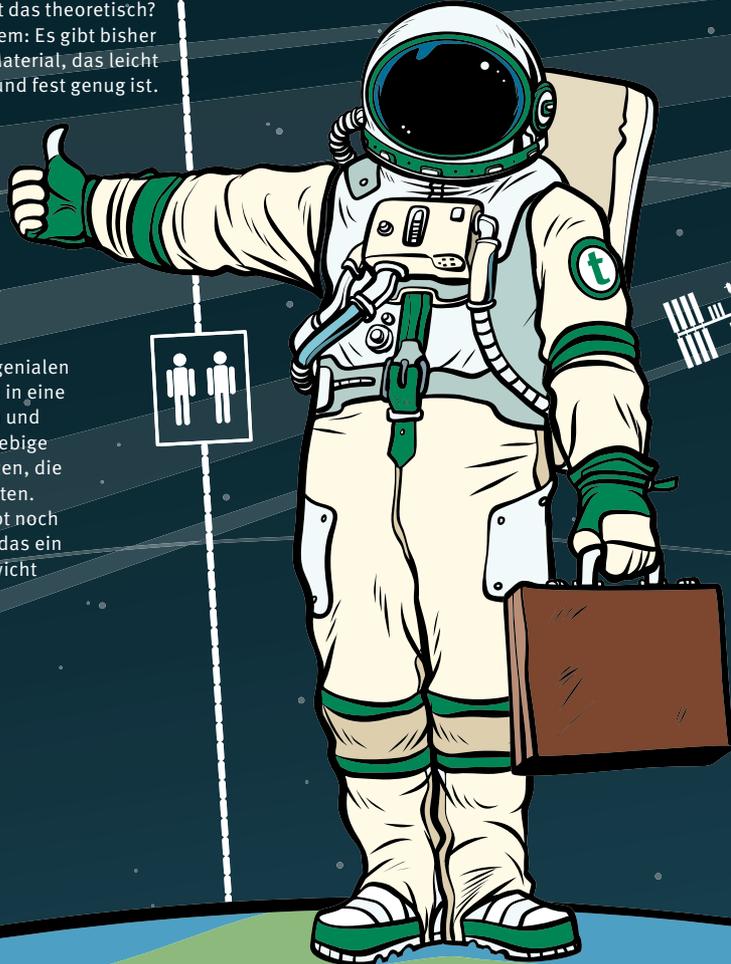
Satellit

Entfernung GEO-Umlaufbahn



Turm

Klingt nach einer genialen Idee: Ein Turm bis in eine GEO-Umlaufbahn und dort einfach beliebige Objekte aussetzen, die dann ins All driften. Problem: Es gibt noch kein Material, das ein so großes Gewicht tragen kann.



ISS
Entfernung
408 km

Arbeiten im Weltraum – wie hinkommen?

Weil wir es können, weil wir es müssen und weil es – im Sinne des Wortes – unendliche Weiten und Möglichkeiten bietet: Der Weltraum als Arbeitsplatz wird immer mehr in. Nach Schätzungen der UN werden 2100 etwa elf Milliarden Menschen auf und von unserem Planeten leben müssen – es wird eng hier unten. Das Weltall bietet Alternativen: Wir werden

Raumstationen konstruieren – viel größer als ISS und Co. Wir werden um die Erde kreisende Fabriken bauen, in denen wir in der Schwerelosigkeit neue Materialien und Herstellungsverfahren für bessere Produkte entwickeln. Im All werden wir neue Nutzpflanzen züchten, die uns ernähren. Kurz: Wir werden im Weltraum arbeiten und vielleicht auch mal leben. Nur wie pendeln wir dorthin?

Damit können Sie rechnen

Google und IBM arbeiten an Quantencomputern, die komplizierte Rechenaufgaben um ein Vielfaches schneller lösen als die schnellsten Hochleistungsrechner der Welt. Was haben wir davon?

Von Denis Dilba

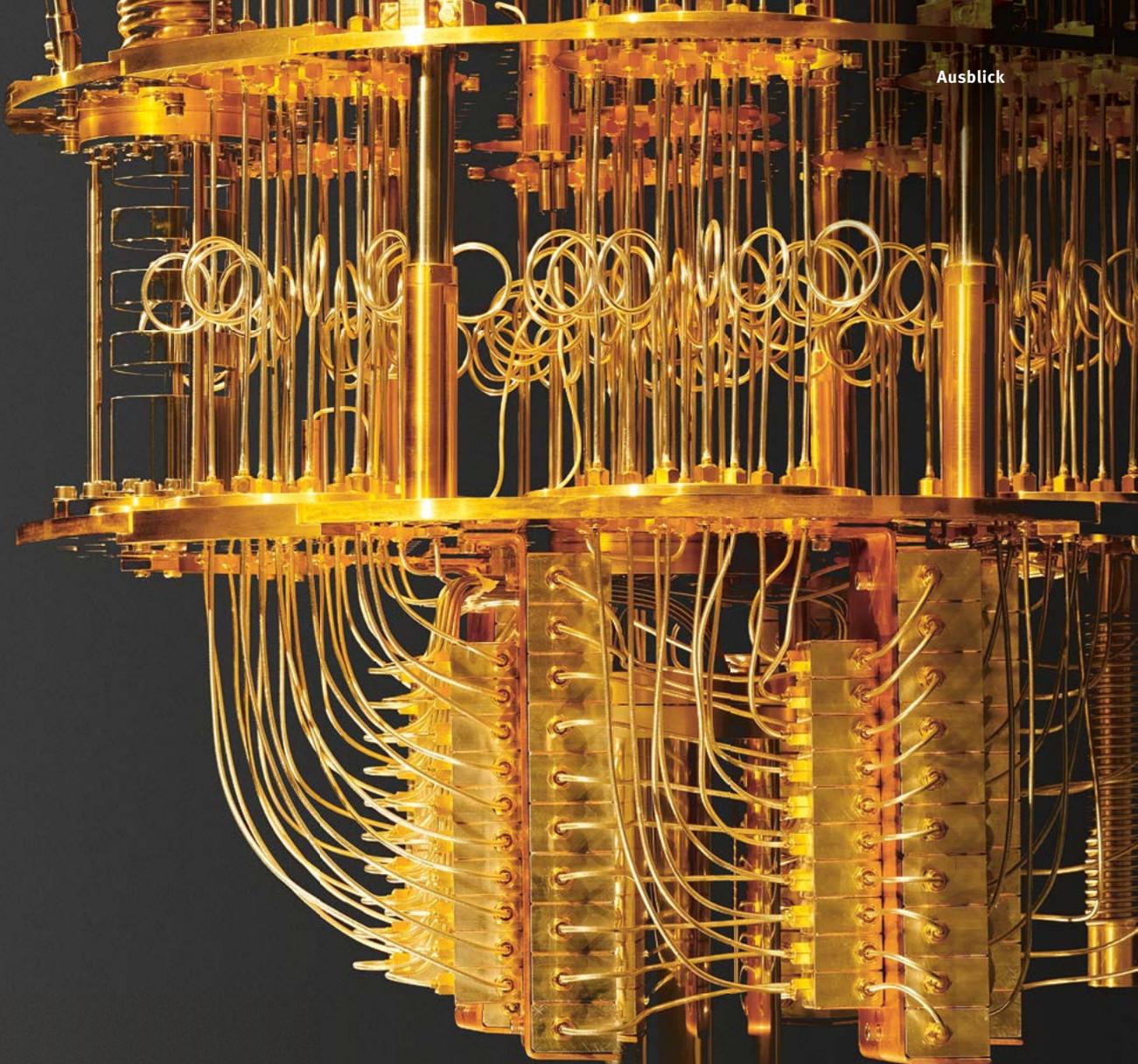
Die Aufregung in der internationalen Physikergemeinde ist immer noch groß: Hat Googles Quantencomputer „Sycamore“ nun die sogenannte Quantenüberlegenheit erreicht, wie die Forscher aus Mountain View in ihrer wissenschaftlichen Veröffentlichung im Fachmagazin „Nature“ vom Oktober dieses Jahres schreiben – oder nur „ein bisschen“, wie Hauptkonkurrent IBM schnell in einem eigenen Papier vorrechnet?

Der Suchmaschinen-Riese gibt an, Sycamore brauche für die ihm gestellte Aufgabe – das sogenannte Random Circuit Sampling, bei dem es darum geht, den Quantencomputer Zahlenfolgen berechnen zu lassen und anschließend zu überprüfen, ob diese wirklich einer von der Quantenphysik vorgegebenen Verteilung folgen – genau drei Minuten und 20 Sekunden. Sein Widersacher, der auf normalen

Bits und Bytes basierende Supercomputer „Summit“, würde für diese Berechnung 10.000 Jahre herumm kalkulieren. Das Pikante: Summit, der seit 2018 schnellste Rechner der Welt, stammt von IBM.

Quanten- und Supercomputer teilen sich die Arbeit

IBM-Forschungschef Dario Gil wollte dieses Ergebnis nicht einfach so stehen lassen: Wenn man Zwischenergebnisse bei dieser Berechnung auf Festplatten und nicht im Arbeitsspeicher ablege, brauche Summit nicht 10.000 Jahre, sondern im schlechtesten Fall nur 2,5 Tage. Von einer echten Quantenüberlegenheit im Sinne der strengen Definition, dass ein herkömmlicher Superrechner bei einem bestimmten Problem überhaupt keine Chance mehr gegen einen Quantencomputer hätte, könne man daher nicht sprechen.



Gil stört sich aber bereits an den Begrifflichkeiten: Das Wort „Überlegenheit“ impliziert, dass Quantencomputer immer besser seien als Superrechner und diese komplett verdrängen werden. Eben das sei nicht so, sagt Gils deutscher Kollege Ingolf Wittmann, der das Thema Quantum Computing in Europa vorantreibt: „Vielmehr wird es künftig so sein, dass sich Quantencomputer und herkömmliche Supercomputer die Arbeit teilen werden.“

Qubits statt Bits

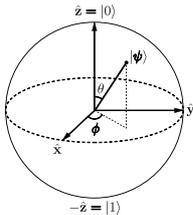
Die Quantencomputer werden nur dort zum Einsatz kommen, wo herkömmliche Supercomputer an Grenzen stoßen, erklärt der Experte. Zum Beispiel im Bereich der Chemie: „Das Koffein-Molekül ist nicht sonderlich kompliziert aufgebaut und hat 95 Elektronen. Wenn man allerdings seine exakte Bindungsenergie berechnen möchte, benötigt

man mehr klassische Bits, als Atome im Weltall vorhanden sind.“ Ein Quantencomputer mit 160 Quantenbits – kurz Qubits – würde das nach Wittmanns Einschätzung aber schaffen. Der gewaltige Unterschied in der Rechenkraft liegt daran, dass Qubits vollkommen anders funktionieren als normale Bits. Können Letztere stets nur die beiden Werte „0“ oder „1“ annehmen, existiert für Qubits auch ein Zwischenzustand. Das Qubit kann dabei beide Werte auf einmal repräsentieren. Spannend wird es aber erst, wenn mehrere Qubits miteinander verbunden werden. Physiker sprechen hier von der sogenannten Verschränkung.

Leistung wächst exponentiell

Stecken in zwei solcherart verbundenen Qubits vier Zustände gleichzeitig, sind es bei drei Qubits schon acht Zustände, bei vier 16 Zustände und so

Das kleine Quanten-Glossar



Quantencomputer nutzen die Zustände 0 und 1 – und alle anderen dazwischen auch

Qubit oder Quantenbit

Elementare Recheneinheit eines Quantencomputers. Es handelt sich etwa um ein Atom, Photon oder Neutron, das quantenmechanische Effekte nutzt, um genau zwei Zustände, etwa 0 und 1 darzustellen, ähnlich wie die Bits in einem herkömmlichen Computer.

Superposition

Qubits können sich in den beiden Zuständen 0 und 1 zugleich befinden – das nennt man Superposition. Erst wenn man sie misst, „entscheiden“ sie sich für einen Zustand. Quantenalgorithmen können diese Überlagerung verwenden, um Berechnungen extrem stark zu verkürzen.

Verschränkung

Einstein nannte diesen Quanteneffekt auch „spukhafte Fernwirkung“. Sind zwei Qubits in Superposition verschränkt, haben Veränderungen des einen Qubits sofortige Auswirkungen auf das andere – egal wie weit sie voneinander entfernt sind. Quantenalgorithmen nutzen das aus.

Quantenüberlegenheit

Mit dem Begriff ist der Zeitpunkt gemeint, ab dem ein Quantencomputer ein bestimmtes komplexes Problem um ein Vielfaches schneller lösen kann als ein herkömmlicher Supercomputer auf Basis von Siliziumchips.



Quantencomputer sind komplexe technologische Anlagen. Mit normalen PCs – und selbst mit den bisherigen Supercomputern – haben sie auch bautechnisch so gut wie nichts gemeinsam

weiter. Die Zahl der Zustände wächst exponentiell mit der Zahl der verschränkten Qubits. 20 Qubits entsprechen grob der Rechenkraft eines klassischen Notebooks, sagt Wittmann. Systeme mit 53 Qubits wie Sycamore, wie sie auch IBM anbietet, liegen in der High-Performance-Computing-(HPC-) Klasse, die Summit anführt. Auch die HPC-Rechner verbessern sich kontinuierlich, sagt Wittmann. Das Arbeitspferd Summit brauche aber bereits 520 Quadratmeter Stellfläche und hat eine Leistungsaufnahme von 13 Megawatt. Will man seine Rechenkraft verdoppeln, verdoppeln sich auch die benötigte Stellfläche und die Leistung. Bei einem Quantencomputer muss man für dieselbe Leistungssteigerung nur ein einziges Qubit hinzufügen. Das allerdings ist alles andere als leicht: Bei den Qubits, auf die IBM und Google setzen, handelt es sich um Atome, die mit aufwendigen Apparaturen bis kurz vor den absoluten Nullpunkt auf 15 Millikelvin (minus 273,135 Grad Celsius) gekühlt werden müssen.

Widerspruch lösen

Im Vergleich ist das aber fast schon die leichtere Aufgabe. Die andere, nämlich die Forderung,

» Wer glaubt, die Quantentheorie verstanden zu haben, hat sie nicht verstanden

Nobelpreisträger Richard Feynman,
US-amerikanischer Physiker (1918–1988)



Ein neues Zeitalter der Informations-Technologie: Google-CEO Sundar Pichai präsentiert den auf den Namen Sycamore getauften Quantencomputer

diese tiefkalten Atome gezielt manipulieren zu können und sie gleichzeitig vor Fremdeinflüssen zu schützen, erfordert noch mehr ingenieurtechnische Tricks. Bis zum echten universellen Quantencomputer mit rund einer Million Qubits, der sehr wahrscheinlich auch alle heute gängigen Verschlüsselungsverfahren knacken kann, werde es noch dauern. „Wir gehen von 20 bis 30 Jahren aus“, erläutert Wittmann.

Trotzdem lohne es sich für Unternehmen, das Thema Quantencomputer schon heute zu verfolgen. Zum einen, weil die ersten kleineren Berechnungen, bei denen Quantencomputer einen echten Vorteil gegenüber herkömmlichen Rechnern erzielen, bereits in den kommenden drei Jahren zu erwarten sind. Zum anderen, „weil man wissen sollte, wie man den Quantencomputer anwendet, wenn er dann da ist“.

Anwendungsfall autonomes Fahren

Viele Unternehmen prüfen daher bereits, welche Probleme sinnvoll auf einem Quantencomputer gerechnet werden können. Darunter fallen neben Berechnungen von chemischen Verbindungen in

Medizin und Industrie etwa Optimierungen oder Portfolio-Risikoanalysen – aber auch die Beschleunigung von Produktionsabläufen. Was nicht nur Kosten spart, sondern auch die Qualität der Produkte verbessert und damit den Kundennutzen erhöht. Ein ganz praktisches Beispiel: Die komplexen Berechnungen für das autonome Fahren werden nach Ansicht von Volkswagen nur mithilfe von Quantencomputern möglich sein.

Schaeffler verfolgt das Thema Quantencomputer ebenfalls mit großer Aufmerksamkeit. Zuletzt tauschten sich Schaeffler- und IBM-Experten dazu Ende Oktober aus. Viele der genannten Anwendungsbeispiele für den Megarechner sind für den Automobil- und Industriezulieferer höchst interessant. Daher lautet bei Schaeffler die Antwort auf die Frage, was man von Quantencomputern habe: eine ganze Menge. Zumindest Erwartungen.



Der Autor

Nach der Meldung zu Googles Durchbruch beim Quantencomputer war Wissenschafts- und Technikautor **Denis Dilba** kurz nervös. Nach

seinen Recherchen ist er nun erleichtert zu wissen, dass die kryptografischen Protokolle seiner Bitcoins noch eine ganze Zeit lang sicher davor sind, geknackt zu werden.

Digitaler Durchblick

Datenbrillen waren vor einigen Jahren das Gesprächsthema. Dann hörte man lange Zeit nichts mehr davon. Eine neue Generation wagt jetzt den Schritt ins B2B-Umfeld.

Von Oliver Jesgulke

Ein aufgeschlagener Möbelkatalog auf dem Fußboden, ein Smartphone mit Kamera – und schon kann man sich anschauen, wie sich der neue Sessel im eigenen Wohnzimmer machen würde. Digitale Technologien wie Augmented Reality (AR) bereichern die reale Welt um zusätzliche digitale Informationen an. Doch damit wir noch tiefer in diese neuen digitalen Welten eintauchen können, ist eine weitere Technologie nötig: Virtual Reality (VR), die oft im gleichen Atemzug mit AR genannt wird. Jetzt kommt die Datenbrille ins Spiel. Sie beamt den Nutzer komplett in eine virtuelle Welt.

Die Industrie verspricht sich von AR und VR Innovationssprünge und neuartige Wege der Zusammenarbeit. Nach einer Gemeinschaftsstudie der weltgrößten Technologie-Beratung Accenture und des Bundesverbands Digitale Wirtschaft plant allein die Automobilindustrie, weltweit bis 2021 mehr als 11 Milliarden Euro in derartige Technologien zu investieren.

Smartphone weitergedacht

1968 präsentierte der Computergrafiker Ivan Sutherland eine Urform der Datenbrille, die dem Nutzer dreidimensionale Formen direkt vor die Augen projizierte. Die Aufbauten dafür waren so groß und schwer, dass sie extra an der Decke befestigt werden mussten. Heute sind es vor allem Smartphones, die Umwelt und Nutzer mit digitalem Wissen vernetzen. Mit GPS, Bewegungssensor und WLAN haben die Geräte alles an Bord, was es dazu braucht. Mobile AR-Browser bereichern die Umgebung, die der Betrachter durch die Kamera sieht, mit Daten aus dem Internet an – Informationen über historische Ereignisse, Hinweise auf Kaufimmobilien in der Umgebung, den Weg zur nächsten Eisdielen oder auch zu der Straßenecke, wo das eigene Auto parkt. Doch dann haben wir noch immer nicht beide Hände frei.

Es ist schon ein paar Jahre her, da flopte Google mit der „Google Glass“ genannten Brille. Daher wurde eher im stillen Kämmerlein weiter an der Technologie gefeilt. Microsoft hat beispielsweise mit „HoloLens“ eine Mixed-Reality-Brille auf den Markt gebracht. Sie erweitert die Realität für ihren Träger um animierte dreidimensionale Elemente, sozusagen AR und VR in einem. Die fast 600 Gramm schwere Brille lässt sich mittels Gesten, gesprochener Befehle oder Kopf- und Augenbewegungen bedienen. Hardware und Software sind direkt im Headset untergebracht.

Wartung leicht gemacht

Im Industrie-Umfeld sind die Anwendungsgebiete damit innerhalb kürzester Zeit gestiegen. Kollaboratives Arbeiten von unterschiedlichen Standorten aus wird einfacher. Und der Nichtexperte ist in der Lage, auch ohne Spezialkenntnisse Dinge zu erledigen. Heute schon bekommen Servicetechniker in Werkstätten per AR-Anwendungen Schritt für Schritt erklärt, wie sie Komponenten austauschen und reparieren. Die Anwendungsmöglichkeiten im Wartungs- und Reparaturbereich zeigen auch Tests der NASA mit HoloLens: Die Datenbrille kann bei schwierigen Reparaturen im All neben einer Videounterhaltung mit Fachpersonal auf der Erde auch zusätzliche Informationen als holografische Illustrationen unmittelbar in das Sichtfeld des Astronauten projizieren.

Mit VR und AR konstruieren

Auch in der Autoindustrie kommen AR und VR zum Einsatz. Für die Entwicklung von Prototypen



Die HoloLens von Microsoft spiegelt animierte dreidimensionale Elemente in das Sichtfeld des Trägers



Das Arbeiten mit einer VR-Brille bietet viele neue Möglichkeiten

stehen den Ingenieuren und Designern virtuelle Arbeitsräume zur Verfügung. Die Mitarbeiter sind dort in Form von Avataren anwesend und arbeiten gemeinsam an 3D-Modellen von Fahrzeugen. Bauteile, Interieur oder Lackfarbe können so in Sekundenschnelle verändert werden – Anpassungen, die in der Realität Stunden oder gar Tage dauern würden.

Nicht massentauglich

Allerdings gelten die bisherigen AR-Datenbrillen für manche Experten gerade im B2B-Umfeld als unzureichend. Ein Kritiker ist Rigo Herold. Er ist Professor für Digitale Systeme an der Westsächsischen Hochschule Zwickau (WHZ) und einer der führenden Experten auf diesem Gebiet. „Für den professionellen Einsatz können Sie einfach keine Datenbrille von der Stange produzieren. So wie ein iPhone für alle. Diese fehlende Skalierung hat viele Investoren und Unternehmenslenker abgeschreckt“, sagt er. Daran sei auch die Google Glass gescheitert. Etliche Hersteller sind wieder von der Bildfläche verschwunden oder hätten ihr Engagement zurückgefahren. Und er ergänzt: „Wenn Sie beim Optiker sind, wird Ihnen selbstverständlich

Industrieanwendungen im Fokus



Prof. Dr.-Ing. Rigo Herold forscht und lehrt an der Westsächsischen Hochschule Zwickau im Bereich Digitale Systeme. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Hardwareentwicklung von Datenbrillen im industriellen Bereich sowie deren Einsatz und die Systemintegration in Unternehmen. Schon seit 2006 beschäftigt er sich mit dem Thema und hat dazu promoviert.

die Brille an Ihre Bedürfnisse angepasst. Das geht mit den existierenden Datenbrillen-Modellen aber nicht.“ Problematisch sind ebenso die kurzen Akkulaufzeiten und schnell alternde Prozessoren, die fest verbaut sind und sich nicht einfach austauschen lassen. Herold wollte es besser machen und erfand ein modulares Baukastensystem. Prozessorleistung und sämtliche Daten laufen extern, während die smarte Brille Inhalte auf die Gläser projiziert. Das System kann mit jedem beliebigen Computer oder Smartphone zusammenarbeiten. Optional ist ein Kameramodul montierbar, das einzelne Bilder oder Videos über eine WLAN-Verbindung überträgt.

Datenbrille nach Maß

Dadurch ist die Elektronik in der Brille selbst auf ein Minimum reduziert. So lassen sich Datenbrillen ganz individuell zusammensetzen und an verschiedene Träger wie Schutzhelme oder Schutzbrillen anbringen. Für die Serienproduktion hat Herold ein Spin-off gegründet. In der Intra-logistik oder Maschinenwartung von VW kommen seine Brillen bereits zum Einsatz. Für die Feuerwehr Dortmund hat Herold eine Atemschutzmaske inklusive Datenbrille entwickelt. Rettungskräfte bekommen Informationen wie digitale Gebäude- und Fluchtpläne oder Anweisungen der Einsatzleitung in ihr Sichtfeld eingespielt. Gekoppelt mit einem Sensoranzug, erscheinen zusätzlich Vitalwerte in Echtzeit. Herold arbeitet derzeit mit anderen Wissenschaftlern an einem Prototyp mit eingewebten Überdehnungssensoren, die Bewegungen von Armen und Beinen aufzeichnen. Ein weiterer Sensor misst die Dehnung des Rückens, ein Elektrokardiogramm (EKG) die Herzfrequenz. Herold kann sich den Cyberanzug auch gut im Leistungssport, in Stahlwerken oder für Sondereinsatzkommandos der Polizei vorstellen.

Next Level: Datenpupille

Vor drei Jahren hat sich Elektronikhersteller Samsung eine smarte Kontaktlinse patentieren lassen. Darin sind eine Kamera, Bewegungssensoren und ein Display vereint. So wählt man beispielsweise per Lidschlag eine Option aus. Ein Wimpernschlag, der früher oder später auch in der Automobilindustrie ordentlich für Furore sorgen wird.



AR und VR bei Schaeffler im Einsatz

Schaeffler nutzt AR- und VR-Technologien bereits für die Inbetriebnahme, Wartung und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen. Dazu gehört die Schulung von Auszubildenden beim Rüsten von Maschinen und die Unterstützung durch Spezialisten bei der Problemlösung im Maschinenumfeld. Dadurch können unter anderem Reisekosten reduziert und die Anlagenverfügbarkeit erhöht werden. VR ermöglicht außerdem eine effiziente Layoutplanung in der digitalen Fabrik.



Der Autor

So schön für Technologie-Journalist **Oliver Jesgulke** ein Display vor Augen auch wäre: Der Sinn einer Datenbrille steht und fällt für ihn mit der Qualität der

Internetabdeckung. Und die lässt selbst mitten in Berlin immer noch zu wünschen übrig.



Let's talk about future

Digitale Technologie und Automatisierung verändern die Zukunft unserer Arbeitswelt. Für den Industriesoziologen Martin Krzywdzinski sind Algorithmen und Maschinen weder eine Bedrohung für den Menschen noch die ultimativen Heilsbringer.

Interview: Oliver Jesgulke

Herr Krzywdzinski, aktuell pendelt die mediale Debatte zwischen Paradiesvorstellungen à la „Nie wieder arbeiten!“ und Horrorszenarien wie „Maschinen bestimmen über den Menschen“. Wie stellen Sie sich persönlich die künftige Arbeitswelt vor?

Die Debatte darüber wird viel zu dramatisierend geführt. Ich persönlich glaube nicht daran, dass wir künftig alle in der Hängematte liegen oder es zu einer großen Arbeitslosenwelle in den Industrieländern kommen wird. Technologischer Wandel gab und gibt es seit jeher, ebenso die Diskussionen darüber. Produktivitätszuwächse durch Maschinen bedeuten in erster Linie Fortschritt. Angefangen hat das mit der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert. Dann kam Henry Ford und seit einigen Jahrzehnten erleben wir nun die digitale Revolution. Natürlich haben wir dadurch den Effekt, dass Maschinen immer mehr von dem übernehmen können, was Menschen machen. Gleichzeitig ist die Beschäftigung weiter gestiegen, weil auch die Wirtschaft weiter gewachsen ist. Gerade in der Industrie ist der Automatisierungsgrad hoch – in den vergangenen Jahren konnten wir dennoch hierzulande einen Beschäftigungsrekord quer durch die Wertschöpfungskette verzeichnen.

Zur Person

Privatdozent **Dr. Martin Krzywdzinski** ist einer von sieben Direktoren des Weizenbaum-Instituts in Berlin. Und er leitet die Forschungsgruppe Globalisierung, Arbeit und Produktion am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB). Er hat an der Freien Universität Berlin promoviert und sich dort in Soziologie habilitiert, ist Co-Leiter des Promotionskollegs „Gute Arbeit“ am WZB sowie Mitglied im Steering Committee des internationalen Automobilforschungsnetzwerks Gerpisa und im Vorstand der Sektion Arbeits- und Industriesoziologie in der Deutschen Gesellschaft für Soziologie.

Eine oft zitierte Studie der Oxford University hat die Wahrscheinlichkeit der Automatisierung bei einer Reihe unterschiedlicher Berufe analysiert. Wie bewerten Sie solche Prognosen?

Mit der Interpretation solcher Studien muss man immer vorsichtig umgehen. Hier ging es in erster Linie um den Anteil von Routinetätigkeiten in den Berufen, die anhand von Jobbeschreibungen bewertet wurden. Mit dem Ergebnis: Je höher der Routineanteil, desto eher besteht angeblich die Gefahr der Substitution durch Automatisierung. Ob Unternehmen das dann auch so machen, ist eine andere Frage. Das hängt beispielsweise davon ab, wie viel ein Automatisierungsschritt kosten würde. Das ist in Prognosen wie dieser überhaupt nicht berücksichtigt. Natürlich werden einige Berufsbilder von der Bildfläche verschwinden. Aber in der Vergangenheit war es bis jetzt so, dass bei großen technischen Umbrüchen völlig neue Jobprofile entstanden sind – mit neuen Anforderungen an Kompetenzen. Dementsprechend existiert heute in vielen Branchen ein Fachkräftemangel. Zugleich stellt sich in solchen Umbruchsphasen natürlich die Frage, wer eher das Nachsehen hat. Die modernen Logistikzentren von Online-Versendern sind so ein Negativbeispiel: Hier arbeiten Lagerarbeiter oftmals in hoch standardisierten Jobs, ohne Qualifikationsanforderungen und mit einer schlechten Bezahlung. Das hält niemand lange durch.

Welche Technologien verändern die Art und Weise, wie wir in Zukunft arbeiten werden?

Da gibt es viele Beispiele. Die Technik rückt näher an die Menschen, etwa durch den Einsatz von Wearables wie Datenbrillen (siehe auch Seite 80). Verbesserte Modelle machen die Technologie zunehmend salonfähig in Bereichen wie der Fernwartung und Logistik. Zugleich scheitern manche Pilotprojekte, weil bei den Mitarbeitern schlichtweg die Akzeptanz fehlt – sei es in Hinblick auf Bedienbarkeit, Tragekomfort, Displayauflösung oder Akkulaufzeiten. In dem Thema steckt jedenfalls viel Potenzial, dabei sind noch Fragen der Datensicherheit zu klären. Ein anderes Feld ist der 3D-Druck. Hier sind die Unternehmen je nach Branche unterschiedlich optimistisch. Zwar lassen sich damit immer noch nicht größere Stückzahlen realisieren, aber bei Tätigkeiten wie dem Rapid Prototyping kann die Technik händische Routinen ersetzen und optimieren. So lassen sich Konzepte und Ideen schneller umsetzen.

Wie können Berufstätige quer durch alle Hierarchien mit dem technologischen Wandel Schritt halten?

Es reicht nicht, nur junge Toptalente anzuwerben und Kompetenz extern einzukaufen. Man muss ebenso die internen Ressourcen anzapfen und in verschiedenen Bereichen der Belegschaft Möglichkeiten und Räume bieten, sich mit datenbasierten Technologien auseinanderzusetzen und Erfahrungen zu sammeln. Wer mit künstlicher Intelligenz arbeitet, sollte beurteilen können, nach welchen Prinzipien sie funktioniert. Personalabteilungen müssen dafür verschiedene Fähigkeiten zusammenbringen. Die Lernarchitektur sollte auf eine interdisziplinäre Ausrichtung des Kompetenzprofils achten. So wird beispielsweise die Verbindung klassischen Ingenieurwissens auf dem Gebiet der Automatisierung mit den modernen Ansätzen der Softwareentwicklung

» Lebenslanges Lernen ist längst nicht mehr nur ein Schlagwort

immer relevanter. Es macht außerdem Sinn, über alternative Entwicklungspfade nachzudenken, die dann vielleicht aus der Instandhaltung oder dem Werkzeugbau in die Softwareentwicklung führen, um so entsprechendes Wissen einzubringen. Hier sehe ich beim Gros der deutschen Unternehmen immer noch viel Luft nach oben. Und insbesondere jüngere Arbeitnehmer müssen sich darauf einstellen, dass „lebenslanges Lernen“ längst nicht mehr nur ein Schlagwort ist.

Wie können Unternehmen die Akzeptanz zum Wandel bei der Belegschaft fördern?

Wenn sich im Zuge der Digitalisierung immer nur alles um Schnelligkeit, Effizienz und die Intensivierung von Arbeit dreht, erzeugen Sie automatisch Widerstände und die zuvor gepriesenen Effizienzgewinne sind dahin. Die digitale Transformation steht und fällt nun mal mit der Akzeptanz der gesamten Belegschaft – und nicht nur durch den digitalaffinen Nachwuchs. Wenn ich vierzig Jahre als Maschinenführer in einem Werk gearbeitet habe, stellt die Digitalisierung natürlich erst mal gefühlt eine Gefahr für mich dar. Auf der anderen Seite können neue Tools den eigenen Horizont erweitern und lästige Routinen

40 %

aller neuen Jobs, die zwischen 2005 und 2016 entstanden sind, fielen in **Bereiche mit einer hohen Digitalisierung**. Das Problem: 6 von 10 Arbeitern weltweit verfügen nicht einmal über ein Basis-Computerwissen. Auch diese Schere zeigt: Eine ständige Weiterbildung ist eine immer wichtiger werdende Eintrittskarte für den Arbeitsmarkt.

Quelle: OECD



**» Die digitale Transformation
steht und fällt mit der Akzeptanz
der gesamten Belegschaft**

ablösen. Man muss den Wandel mitgehen. Und am besten selbst mitprägen. Aber das ist leichter gesagt als getan.

Vieles kann aufgrund der Digitalisierung von einem anderen Ort erledigt werden. Arbeitsplätze werden flexibilisiert. Wird die Bedeutung des Büroturms abnehmen?

Der Betrieb als soziales Bindeglied hat weiterhin Konjunktur. Es gibt im Arbeitsalltag nichts Wichtigeres als den persönlichen Austausch. Positiv ist, dass der Arbeitsplatz und seine Gestaltung eine andere Qualität bekommt mit kurzen Dienstwegen, weniger Silodenken und optimalen Kommunikationsmöglichkeiten für den funktions- sowie standortübergreifenden Austausch. Der Grund des Erfolgs des Silicon Valley liegt beispielsweise darin, dass die Menschen die Nähe zueinander suchen und miteinander sprechen. Das sehen wir in der neuen Arbeitsmethodik in der Softwareentwicklung, das erleben wir in Start-ups sowie kleinen und mittelständischen Unternehmen, aber noch nicht in allen Konzernen.

In der täglichen Arbeit übernehmen Algorithmen und Maschinen zunehmend Entscheidungsprozesse. Rücken wir in der Befehlskette immer weiter nach unten?

Vorsicht vor zu viel Technikgläubigkeit – die meisten Maschinen und Algorithmen sind noch gar nicht so intelligent, wie wir ihnen immer unterstellen. Wir delegieren überwiegend Routineaufgaben an sie. Aber so langsam spielen algorithmische Unterstützungssysteme in komplexeren Entscheidungsprozessen eine Rolle, beispielsweise bei der Personalauswahl mit Diagnostiktools. Und es wird in Zukunft weniger Kontrollvorgänge durch Menschen geben. Systeme in der Industrie wie Predictive Maintenance und Condition Monitoring erkennen automatisch Probleme und reduzieren Fehler. Doch die übergeordneten Aufgaben der Prozesssteuerung, das Kommunizieren, Abstimmen und Improvisieren kann man nicht an Maschinen delegieren. Im Flugverkehr laufen beispielsweise viele Systeme heute schon autonom,

aber gerade die jüngsten Flugzeugkatastrophen zeigen, wie wichtig es ist, dass auch künftig der Pilot oder die Fluglotsen alles im Auge behalten und fähig bleiben, in Krisensituationen einzugreifen. Algorithmen und Maschinen sollten wir daher als Hilfsmittel betrachten, aber nicht glauben, dass sie uns noch komplette Entscheidungen und letztendlich auch das Denken abnehmen.

Wird der Mensch Roboter und KI irgendwann als gleichwertige Kollegen sehen können – oder gar als Chefs akzeptieren?

Wir tendieren dazu, Maschinen und Programmen menschliche Eigenschaften zuzuschreiben, sie zu vermenschlichen. Doch Roboter und Cobots setzen nur um, was man ihnen vorher beigebracht hat. Sie können weder denken noch Probleme eigenständig lösen oder Emotionen entwickeln. Daher halte ich das für Unfug.

Was halten Sie von der Idee, Roboter bzw. Computer als „elektronische Personen“ zu klassifizieren und deren Besitzer oder Betreiber dazu zu verpflichten, für sie gesondert Steuern abzuführen?

Wir sollten nicht über die zusätzliche Besteuerung von Investitionen diskutieren, denn eine Besteuerung von Robotern wäre eigentlich nichts anderes. Wenn wir über eine Reform des Steuersystems diskutieren, wäre es besser, darüber nachzudenken, wie wir bestimmte Konzerne – allen voran die großen Internetunternehmen – stärker besteuern und Steuerschlupflöcher schließen.



Der Interviewer

Projektarbeit, wechselnde Kunden, Remote-Arbeitsplatz – Fragesteller **Oliver Jesgulke** ist schon in der neuen Arbeitswelt angekommen. Er sitzt zwar nicht

an einem Strand in der Karibik, aber digitale Tools ermöglichen ihm seit 2012, als Freelancer Beruf und Familie optimal zu vereinbaren. Positiver Nebeneffekt: Den brutalen Berufsverkehr in Berlin kennt er eigentlich nur noch aus Erzählungen.

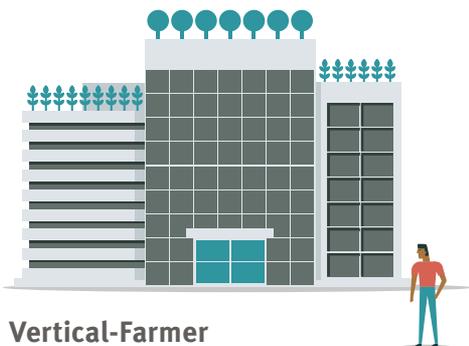
Jobs in der Stadt der Zukunft

Megatrend Urbanisierung – die UN erwartet bis 2100 elf Milliarden Menschen auf der Erde, 85 Prozent davon in Städten. Beim Aufbau der dortigen Infrastruktur werden neue Jobs entstehen.

Smart-City-Architekten



Eine lebendige und lebenswerte Stadt ist wie ein Organismus. Es geht um viel mehr als ein einzelnes Bauwerk – um das Zusammenspiel von Gebäuden, Verkehrswegen, Wasser- und Stromnetzen. Alles muss mit dem Internet der Dinge und den IT-Welten vernetzt werden. Und das im vorhandenen „Bestand“. **Spezialisierte Architekten müssen also alte und neue Strukturen, reale und Datenwelten zu einer modernen „Smart City“ verschmelzen.**



Vertical-Farmer

Landwirtschaft in Städten – das muss kein Widerspruch sein. Mit Nutzpflanzen begrünte Hausdächer haben längst den Anfang gemacht. **„Urban Farming“ mit Kunstlicht und Nährboden in der Hochhausetage, der ehemaligen Tiefgarage oder an der Wand im Innenhof wird zum ernst zu nehmenden Geschäftsmodell in den wachsenden Megacities dieser Welt.** Eine neue Branche, die neben gut ausgebildeten Experten auch weniger qualifizierten Menschen eine Chance bieten könnte.



Traffic-Controller 4.0 und Drohnen-Crews

Die Städte vor dem Verkehrskollaps zu bewahren wird Aufgabe von Traffic-Controllern sein. Dabei geht es nicht mehr nur um überirdische Straßen oder Schienen- und Wasserwege mit ein paar Brücken oder Tunneln. **Mobilität wird sich in den Städten auch noch stärker unter die Erde oder in den Luftraum verlagern.** Die intelligente Vernetzung und Steuerung der Verkehrsmittel mithilfe neuer Technologien wird zu einer Schlüsselqualifikation für smarte Städte. Experten erwarten bereits in den frühen 2030er-Jahren eine Milliarde Passagier- oder Frachtdrohnen am Himmel. Viele autonom, aber auch viele von Piloten gesteuert. Auch das ein Nejob. Ebenso das entsprechende Bodenpersonal. Andere neue Mobilitätskonzepte wie die Hyperloop-Überschallzüge werden ebenfalls Arbeit mit sich bringen – beim Bau ebenso wie beim Betrieb.

Weltraum-Worker

Städte jenseits der Erdatmosphäre sind aktuell Science-Fiction – aber wie lange noch? 50 Jahre nach der ersten Mondlandung ist neuer Schwung in die Weltraumfahrt gekommen. Neben staatlichen

Organisationen nehmen immer mehr private Unternehmen den Orbit ins Visier.

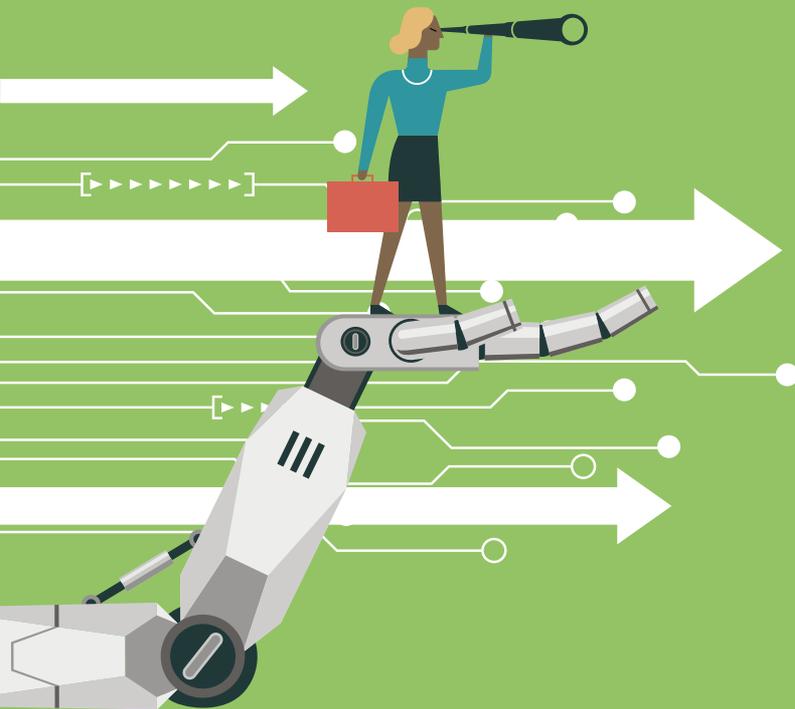
Weltraumtechnologie könnte wieder zum technologischen Schrittmacher werden – und zum Jobmotor. Zumal ganz neue wirtschaftliche Aspekte in den Fokus rücken: Es geht um hochpreisigen

Tourismus im Erdorbit oder auf dem Mond. Und um Rohstoff-Exploration auf dem Erdtrabanten und im Asteroiden-Gürtel. Weltraum-Pioniere gesucht!



Leben und arbeiten in der Welt der Daten

Daten sind das neue Gold, heißt es. Auch wenn sie maschinell erfasst, gespeichert und ausgewertet werden, wird auch der Mensch in Form neuer Berufe von dem digitalen „Goldrausch“ profitieren. Zum Beispiel in den Bereichen Datensicherung, -verwertung und -vertrieb.



KI-Spezialisten

Die künstliche Intelligenz schafft ein Füllhorn neuer, von Menschen zu besetzender Tätigkeitsfelder: natürlich Programmierer und Experten, die Anwenden KI beibringen. Es wird auch Spezialisten geben, die in Programmcodes eintauchen, die von KI selbst programmiert wurden, sei es zur Kontrolle oder um sie zu adaptieren. **Außerdem werden Menschen KI mit bestehenden Berufen verknüpfen, zum Beispiel KI-Künstler, -Filmemacher und -Musiker.**



Persönliche Datenhändler

Schon heute produziert ein jeder von uns Unmengen an Daten. Bei jedem Einkauf, bei jeder Fortbewegung, bei jedem Klick im Internet. Daten, die viel wert sind. Noch werden sie von uns, den Produzenten, verschenkt. **In Zukunft könnten persönliche Datenhändler die virtuellen Informationen von Menschen oder Gruppen zu Geld machen.** Und wo Geschäfte gemacht werden, kann es zu Reibungen kommen. Hier würden wiederum Datenschutz-Anwälte ins Spiel kommen. Der Frage, welche Daten überhaupt gesammelt werden dürfen, gehen Daten-Ethiker auf den Grund. Und wenn Daten frei gehandelt werden, können Spezialisten gut damit verdienen, neue Quellen anzuzapfen.



Kryptowährungs-Banker

Digitale Zahlungsmittel nutzen ausgefeilte Algorithmen für Finanztransaktionen. Weltweit existieren mittlerweile mehrere Tausend Kryptowährungen, die in vielen Ländern nicht mehr nur ein Nischendasein fristen. Die Ankündigung von Facebook, mit der Kryptowährung Libra an den Start zu gehen, wird weitere Anbieter anlocken. **Spezialisierte Anlageberater für Kryptowährungen werden davon profitieren.**



Virtuelle Bestatter

Was bleibt nach dem Tod bestehen im Datennetz? Wer löscht eigene Dateien, Posts und Fotos, die nicht für die Ewigkeit bestimmt sind? Das digitale Erbe von Menschen, Unternehmen und Institutionen ist eine Aufgabe für Spezialisten. **Virtuelle Bestatter kümmern sich um das, was bleiben und was gelöscht werden soll im digitalen Netz.** Denn digitales Vergessen wird im Zeitalter der sozialen Medien immer wichtiger.

Datenforensiker und Datendetektive

Welche Spuren hinterlasse ich selbst im Datennetz? Wer greift meine Daten ab? Wo haben Unternehmen Datenlecks, die es zu stopfen gilt? Wer manipuliert Kryptowährungen? **Hier sind Spezialisten für Datenforensik gefordert, die mit detektivischem Spürsinn und KI solche Fragen beantworten.** Ein zukunftssicherer Job, denn das Verbrechen schläft auch im Cyberspace nicht.



Worker in virtuellen Welten

Computergenerierte Welten werden immer realitätsnäher. Es entstehen immer neue Geschäftsideen mit ungewohnten Berufsfeldern im Schlepptau – viele aber durchaus mit traditionellem Bezug.



Virtuelle Reiseplaner

Ein mögliches Einsatzgebiet virtueller Welten ist die Reiseplanung. Mittels Datenbrille können Kunden in immer mehr Reisebüros ihr Hotel, ihr Zimmer, den Urlaubsort oder ein Kreuzfahrtschiff vorab entdecken. **Solch virtuelle Erkundungstouren müssen entwickelt und produziert werden.** Dafür braucht es nicht nur Rechenleistung, sondern menschliche Kreativität. Und warum nicht gleich digital verreisen? Virtuelle Welten werden immer „gefühlsechter“, der VR-Reiseplaner könnte aus dem stetig wachsenden Angebot den perfekten Trip maßschneidern.



E-Gamer

Ist das noch Sport oder reines Gedaddel? Die Diskussion um die Ernsthaftigkeit von E-Sport und E-Games ist längst entbrannt. Und wenn man sich das explosionsartig boomende Interesse anschaut, eigentlich schon entschieden. **Professionelle E-Gamer und E-Sportler verdienen mit der weltweiten Videoübertragung ihrer Wettkämpfe aus Sportstadien mittlerweile stattliche Summen.** Wie auch im klassischen Profisport entstehen viele Jobmöglichkeiten. Vom Trainer über Physiotherapeuten bis hin zu Vermarktern und Sponsoring-Managern. Und auch die virtuellen Arenen wollen gebaut werden – mit VR-Architekten.



VR-Architekten

Virtuelle Räume sind letztlich – Räume. **Und wer ist beim Bau von Räumen gefragt? Architekten und Innenarchitekten.** Entsprechend sind diese Berufsgruppen auch in virtuellen Welten gefordert, wenngleich natürlich mit anderen Qualifikationsschwerpunkten. Schließlich wird nicht Stein auf Stein gebaut, sondern digital mit Einsen und Nullen. Das Gespür für Formen, Farben, Strukturen und Funktionalitäten ist aber in der virtuellen Welt ebenso gefragt wie in der realen.

Neue Jobs mit Fokus auf den Menschen

Neben den neuen Technologien werden der Mensch und die Umwelt in der Berufswelt von morgen im Mittelpunkt stehen. Freizeit, Bildung, Gesundheit – drei Bereiche mit viel Job-Potenzial.

Life-Coaches

Der Mensch wird immer älter, wohlhabender und hat mehr Freizeit. Gleichzeitig wird das Leben durch digitale Wissensflut und Angebote immer undurchschaubarer. **Sogenannte Life-Coaches helfen uns, Alltag und Freizeit zu meistern.** Egal ob im Bereich Mobilität, Gesundheit, Ernährung, Fitness, Wissen oder auch Anti-Aging.



Gen-Ingenieure

Die Manipulation des Erbguts bei Mensch, Tier und Pflanze wird weiter für Kontroversen sorgen – ist aber lange noch nicht ausgereizt. **Neue Jobformen entstehen dabei nicht nur in Forschung, Technologie und Medizin, sondern auch auf dem Gebiet der Ethik- und Rechtsberatung.**

IoT-Vernetzer

Wie kann sich der Mensch mit dem Internet der Dinge vernetzen? Wie kann er von den sich daraus ergebenden Möglichkeiten am besten profitieren? **IoT-Experten aus den Bereichen Gesundheit, Haushalt, Hard- und Software sowie Schulung helfen weiter.**



Bildungsportfolio-Optimierer

Der technologiegetriebene Wandel der Arbeitswelt konfrontiert Menschen und Unternehmen mit immer neuen Möglichkeiten. **Die Aufgabe von Bildungsportfolio-Optimierern wird es sein, für Einzelne, Gruppen oder in Unternehmen aus der Vielzahl der weltweit verfügbaren Angebote die sinnvollsten auszuwählen.** Nicht jede Aus- und Weiterbildung ist für jede Person geeignet. Eine smarte Auswahl zu treffen – darauf wird es zukünftig immer mehr ankommen.



Anders arbeiten in der Fabrik der Zukunft

Die Industrie 4.0 ist auf dem Vormarsch. Maschinen vernetzen sich im Internet der Dinge. Dadurch ergeben sich viele neue Jobs. Besonders an den Schnittstellen von Robotik und künstlicher Intelligenz.



Mensch-Maschinen-Teaming-Manager

In der Industrie 4.0 assistieren Teaming-Manager dabei, Mensch und Maschine aufeinander abzustimmen. Damit sollen Fehler vermieden werden, denn die Logik von Mensch und Maschine ist unterschiedlich. Entscheidend für erfolgreiche Unternehmen wird es sein, dass Mensch und intelligente Maschine einander verstehen lernen und ein Team bilden. Dabei helfen können auch Empathie-Trainer, die Maschinen die Welt der Gefühle erklären.



Roboter-Mechaniker

Es ist schon lange Alltag, dass Maschinen andere Maschinen bauen. In Zukunft werden intelligente Maschinen andere intelligente Maschinen entwickeln und herstellen. **Aber immer dann, wenn beim Einsatz der Roboter etwas kaputtgeht, werden Menschen beim Reparieren noch auf lange Zeit überlegen sein.** Auch beim Vertrieb der Roboter wird menschliche Überzeugungskraft punkten.



Sensor-Spezialisten

Das Internet der Dinge wird aus Milliarden von Sensoren bestehen, die Daten liefern – in der Fertigung genauso wie im Alltag. Die beim Data Mining zusammengetragenen Informationen werden von künstlicher Intelligenz ausgewertet und analysiert. Das können die Maschinen ohne uns. **Aber die Sensoren müssen entwickelt, platziert und gewartet werden, außerdem müssen sie den Kunden verkauft werden.** All das ist eher menschliches Hoheitsgebiet.



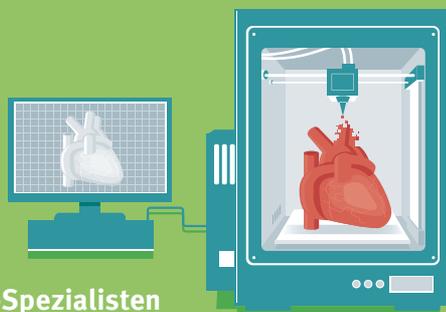
Blockchain-Manager

Fertigungs- und Logistikprozesse in der Industrie 4.0 werden von Blockchain-Technologien unterstützt: **Diese Abläufe zu planen, zu implementieren und mithilfe von KI auszuwerten, übernehmen darauf spezialisierte Manager.** Blockchain-Technologien könnten auch beim Thema Datensicherheit ein enormes Jobpotenzial entwickeln.



Algorithmen-Versicherer und -Juristen

Computerprogramme steuern immer mehr Prozessabläufe in Arbeitswelt und Alltag. Solange alles prima funktioniert, wunderbar. Aber sobald Fehler auftauchen und Schäden entstehen, sind Fragen der Haftbarkeit und des Schadensersatzes zu klären: Wer kommt dafür auf? Der Programmierer? Der Roboter-Hersteller? Das einsetzende Unternehmen? **Darauf müssen geschulte Versicherungsexperten zukünftig Antworten geben.** Ebenfalls interessant: die juristische Seite solcher Haftungsfragen. Auch dort sind Spezialisten gefragt.



3D-Druck-Spezialisten

Kunststoffe, Metalle und selbst biologische Stoffe lassen sich dezentral mittels 3D-Druck in fast jede denkbare Form bringen. Das verändert die Entwicklung und Fertigung von Produkten ebenso wie die Beschaffung von Bau- und Ersatzteilen. **Eine wachsende Zahl von Spezialisten für 3D-Druck entwickelt dabei ständig neue Methoden, Materialien und Bauteile.** Die Überprüfung von 3D-Druck-Vorlagen könnte eine Dienstleistung mit hohem Zukunftspotenzial sein. Auch die künstliche Herstellung von Lebensmitteln, sogar von Organen, wird massiv ausgebaut.



Der Autor

Wolfgang Karg hat neben klassischer Literatur in seiner Jugend den einen oder anderen

Science-Fiction-Roman verschlungen. Technologien für die Zukunft sind auch sein Leitthema als international tätiger Wissenschaftsautor und Keynote-Speaker. Obwohl viele Zukunftstechnologien aktuell vorhersehbar erscheinen, ist er überzeugt, dass vieles ganz anders kommen wird als heute gedacht.

Impressum

Herausgeber

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

Kommunikation Schaeffler

Thorsten Möllmann
(Leiter Globale Kommunikation & Branding)
Martin Mai
(Leiter Newsroom, Chefredaktion Schaeffler Gruppe)

Redaktionsleitung

Volker Paulun,
Stefan Pajung (Stv.)

Koordination

Carina Chowanek,
Jana Herbst,
Julia Schneider

Druckvorstufe

Julien Gradtke,
Mathias Mayer,
Diana Schröder

Druck

Hofmann Druck Nürnberg GmbH & Co. KG

Autoren

Wiebke Brauer, Björn Carstens, Denis Dilba,
Oliver Jesgulke, Wolfgang Karg, Lars Krone,
Carsten Paulun, Bettina Schuller,
Dr. Lorenz Steinke, Roland Zumsande

Fotos/Illustrationen

Titel: imago, AdobeStock; S. 3: Schaeffler; S. 4/5: Getty (2), Michael Kunkel/Audi, vectorstock; S. 6/7: Westend61/Getty; S. 8: Stan Honda/Getty; S. 9: Audi (2); S. 10: Wikipedia; S. 11: Rowland Scherman/Getty, Shih Wei Wang/Getty, Schaeffler; S. 12: Leonard_c/Getty; S. 14: Manuela Mrohs; S. 15: Covestro (3); S. 16: Manuela Mrohs; S. 17: Feifei Cui-Paoluzzo/Getty, privat; S. 18: NASA (3); S. 19: Achim Multhaupt/Alfred-Wegener-Institut, Mario Hoppmann/Alfred-Wegener-Institut, Mathias Hüne/Alfred-Wegener-Institut; S. 20: Schaeffler (3); S. 21: Dr. Erich Glavitzka (3); S. 22: Michael Kunkel (2), Miniatur Wunderland; S. 23: Australian Antarctic Devison, Amy Hobbs (2); S. 24: Schaeffler (3); S. 25: Wucher Helicopter (3); S. 26: Schaeffler Paravan (3); S. 27: Siemens (3); S. 28/29: enot-poloskum/Getty; S. 30: Benoitb/Getty, AzmanL/Getty; S. 31: Sompong Rattanakunchon/Getty, Bill Sykes/Getty; S. 33: Dennis Strameier/Getty, Westend61/Getty; S. 34: Westend61/Getty; S. 35: Dea/A. Dagli Orti/Getty; S. 36: Oliver Evans, Hulton Archive/Getty, Michael Serrailier/Getty; S. 38: Leitner Ropeways, privat; S. 39: Schaeffler (3);

S. 40/41: Photo12/Ann Ronan Picture Library/Getty; S. 43: Hildebrands Deutsche Schokolade (2), Wikipedia (3); S. 44/45: Wikipedia (5), privat; S. 46/47: Malte Christians/Audi; S. 48: Akindo/Getty (2); S. 50: Schaeffler (3); S. 51/52: Akindo/Getty (2); S. 53: Schaeffler; S. 55: Akindo/Getty; S. 56/57: Scania; S. 58: Schaeffler; S. 59: Audi, Linde Material Handling; S. 60: Starship; S. 61: privat; S. 62: Schaeffler; S. 63: Manuela Mrohs; S. 64: Daimler; S. 65: Manuela Mrohs; S. 66: Schaeffler, Daimler; S. 67: AIDA, Bundeswehr, Zerovia, Alstom, Nikola, privat; S. 68–73: Schaeffler (3); S. 74/75: Studiostoks/Vectorstock, Manuela Mrohs; S. 77/78: IBM; S. 79: Google, privat; S. 80: Paulus Rusyanto/Getty; S. 81: Microsoft; S. 82: Jullian Sullivan/Getty, Westsächsische Hochschule Zwickau; S. 83: Schaeffler, privat; S. 84: Kay Herschelmann; S. 85: Sompong Rattanakunchon/Getty; S. 86/87: Yuichiro Chino/Getty; S. 88/89: Donald Iain Smith/Getty; S. 90–97: Sorbetto/Getty (18), privat; S. 98: Schaeffler

© 2019 Alle Rechte vorbehalten Nachdruck nur mit Genehmigung

tomorrow Alle bisher erschienenen Ausgaben



01/2015
Mobilität
für morgen



02/2015
Produktivität



03/2015
Unterwegs



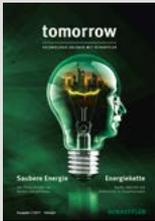
01/2016
Innovationen



02/2016
Nachhaltigkeit



03/2016
Digitalisierung



01/2017
Energie



02/2017
Bewegung



03/2017
Maschinen



01/2018
Transformation



02/2018
Urbanisierung



03/2018
Beschleunigung



01/2019
Herausforderungen



02/2019
Holismus



03/2019
Arbeit

tomorrow wurde ausgezeichnet



Special Mention
„Communications
Design Editorial“



best of
content marketing
Silber 2017

Silber
Sonderpreis
„Internationale
Kommunikation“



german
brand
award
2017
special

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“



Shortlist
„External
Publications“



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



Gold Winner
„General Website,
Categories-
Magazine“



Silber
„Writing:
Magazines Overall“



Web-Welten

Mehr zu den Megatrends,
die die Welt verändern,
finden Sie auf
schaeffler.com



MIX
Papier aus ver-
antwortungsvollen
Quellen

FSC® C022647