

tomorrow

TECHNOLOGIE ERLEBEN MIT SCHAEFFLER

Nachhaltiges Leben

Wie Technologien helfen,
Ressourcen effizient zu nutzen

Nachhaltige Mobilität

Innovationen für klassische und
alternative Antriebskonzepte

Nach|hal|tig|keit, die; - ['na:xhaltiçkai]

- a)** Das in der Forstwirtschaft seit Jahrhunderten angewandte Prinzip der Nachhaltigkeit ist unter dem Aspekt der Ökonomik als Art des Wirtschaftens zu bezeichnen, bei welcher derzeitige Bedürfnisse befriedigt werden, ohne zukünftigen Generationen die Lebensgrundlagen zu entziehen (Sustainable Development). Kennzeichnung durch langfristig orientiertes Denken und Handeln, um ein Fließgleichgewicht der natürlichen Ressourcen zu erreichen.
- b)** Die ökologische Nachhaltigkeit bezieht sich allgemein auf das Überleben und den Gesundheitszustand von Ökosystemen. Der Gesundheitszustand kann dabei als umfassender, multiskalarer, dynamischer und hierarchischer Messwert der Vitalität, Organisation und Widerstandsfähigkeit eines ökologischen Systems verstanden werden. Eine Vernachlässigung der ökologischen Nachhaltigkeit führt dazu, dass bestimmte Ressourcen unwiderruflich zerstört oder unbrauchbar gemacht werden und damit die Chancen für jegliche weitere Entwicklungen vernichtet werden.
- c)** Die soziale Nachhaltigkeit bezieht sich auf den Gesundheitszustand von Sozialsystemen. Das Aufrechterhalten des Gesundheitszustands (Vitalität, Organisation und Widerstandsfähigkeit) ist von bes. Bedeutung. Dies kann durch die Verbesserung des Humankapitals, bspw. durch Bildung, und die Stärkung sozialer Werte und Einrichtungen erreicht werden und verbessert damit die Widerstandsfähigkeit eines sozialen Systems entscheidend. Innerhalb von Unternehmen betrifft dies bspw. die Auswirkungen sozialen Handelns im Umgang mit Mitarbeitern, die Beziehungen zu Interessensgruppen oder die allgemeine Verantwortung des Unternehmens gegenüber der Gesellschaft.

aus: Gabler Wirtschaftslexikon, Springer Gabler Verlag (Herausgeber)

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

vor kurzem bin ich auf ein Zitat von Albert Camus gestoßen, das wunderbar zum Schwerpunktthema „Nachhaltigkeit“ dieser Ausgabe unseres Technologiemaßmagazins „tomorrow“ passt. Dort heißt es: „Die wahre Großzügigkeit der Zukunft gegenüber besteht darin, in der Gegenwart alles zu geben.“ Oder anders gesagt: Wie die Welt von morgen aussieht, das können wir schon heute mit beherztem Handeln maßgeblich beeinflussen.

Großen Worten nachhaltige Taten folgen zu lassen ist nicht immer einfach. Im Großen genauso wenig wie im Kleinen. Hand aufs Herz, wenn es am Sonntagmorgen regnet, greifen Sie für den kurzen Weg zum Brötchenholen beim Bäcker nicht auch eher zum Auto- als zum Fahrradschlüssel? Dieses einfache Beispiel zeigt: Immer alles zu geben, wie es Albert Camus vorgibt, ist nicht leicht.

Aber auch wenn es viel Einsatz erfordert: Wir dürfen nicht aufgeben, alles für eine lebenswerte Zukunft zu geben. Die Schaeffler Gruppe hat ihre Position klar definiert: Nachhaltigkeit bedeutet für uns, neuen Technologien zum Durchbruch zu verhelfen – insbesondere solchen Technologien, die einen Beitrag zu einer kostengünstigen, verlässlichen und umweltschonenden Energiebilanz leisten und unseren Kunden helfen, ihren wachsenden Herausforderungen, wie der Reduzierung der CO₂-Emissionen oder steigenden Kraftstoffkosten, zu begegnen. Dafür geht Schaeffler mit der Erschließung neuer Produkttechnologien für die „Mobilität für morgen“ in Vorleistung und investiert umfangreich in Forschung und Entwicklung.

Vier Megatrends spielen dabei eine entscheidende Rolle: Im Bereich Umwelt der Klimawandel, in der Wirtschaft die Globalisierung, gesellschaftlich die zunehmende Urbanisierung und im Bereich Technologie die Digitalisierung. In allen vier Bereichen sucht und findet Schaeffler Lösungen, um die „Mobilität für morgen“ mitzugestalten.

Was Nachhaltigkeit in der individuellen Mobilität bedeutet, beleuchten wir mit einem Blick auf Europa, in die USA und nach China ab Seite 16 intensiv. Bleiben wir



international: Ab Seite 30 nehmen wir Sie dann mit auf eine Reise zu den acht „Grünen Hauptstädten Europas“. Jede einzigartig und jede mit ihren ganz eigenen Ideen, um Lebensqualität, Industrie und die Herausforderungen des Verkehrs gerade in den Innenstädten nachhaltig miteinander zu vereinbaren.

Wie Nachhaltigkeit in unserem Unternehmen ganz konkret gelebt wird, erzählen Mitarbeiter aus Standorten rund um den Globus ab Seite 72 anhand von Beispielen aus ihrem täglichen Arbeitsleben – egal ob Produktion, Einkauf, Logistik oder Marketing. Eine Dokumentation mit vielen spannenden Aspekten.

Dass bei der „Mobilität für morgen“ kein Weg an der wachsenden Elektrifizierung vorbeiführt, wird immer klarer. Mit ihrem Engagement in der ersten weltweiten vollelektrischen Rennserie Formel E treibt die Schaeffler Gruppe auch hier die Entwicklungen für die „Mobilität für morgen“ mit Erfolg voran, wie Rennfahrer und Technikfan Lucas di Grassi im Interview ab Seite 88 berichtet.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen und interessante Einblicke in die Welt der Nachhaltigkeit.

Klaus Rosenfeld
Vorsitzender des Vorstandes

global

Blick in die Welt

8 GRÖßER, HÖHER, NACHHALTIGER
Mit immer **spektakuläreren Projekten** zapfen Ingenieure und Wissenschaftler die Energie der Natur an

16 EINE MISSION
Das Ziel ist klar: **weniger Autoabgase**. Doch mit welchen Mitteln soll man es erreichen? Eine globale Antwortsuche

24 VERZICHTEN LERNEN
Wer Fortschritt mit dem Wort „mehr“ definiert, liegt falsch. „Besser“ muss es heißen. Und **oft ist weniger mehr** – und damit besser

26 TIERISCH GUT
Ein Schaeffler-Partner in den Niederlanden nutzt den **Spürsinn von Hunden**, um Defekte bei Großmaschinen aufzudecken

30 IM „GRÜNEN“ WOHNEN
Nachhaltiger leben gleich zufriedener leben – zu dieser Erkenntnis gelangen viele Bürger in Europas „**Umwelt-Hauptstädten**“



in bewegung

Innovationen im Laufe der Zeit

42 AUTOMOBILE ZEITREISE
Die Sportwagenschmiede **Porsche** setzt Maßstäbe. Nach dem Zweiten Weltkrieg mit 40 PS im 356, heute mit dem Hybrid-Boliden 918. Ein Vergleich

50 IST DER LACK AB?
Im Rennsport sowieso, aber auch Straßenautos tragen **immer öfter Folienkleid**. Lack hat deswegen aber noch lange nicht ausgedient

54 KERZE VS. LED
Der Blick zurück zeigt: Unsere **Technik wird immer effizienter**. Aber: Immer mehr Geräte werden immer häufiger genutzt. Das kostet Energie

60 KAPUTT, VERALTET, AUSSORTIERT
Eine lange **Gerätelebensdauer** hilft der Umwelt. Doch allzu oft werden Kühlschränke & Co zu früh verschrottet



jetzt-zeit

Leben mit dem Fortschritt

68 DIE KRAFT DES WASSERS

Im Gegensatz zu Sonne und Wind ist **Wasserkraft** ein überall verlässlicher Stromlieferant. Schaeffler hilft, sie zu nutzen

72 LÜCKENLOS VON A BIS Z

Nachhaltigkeit bei Schaeffler ist geprägt vom **verantwortungsvollen Handeln** entlang der gesamten Wertschöpfungskette

82 LEICHTER GESAGT ALS GETAN

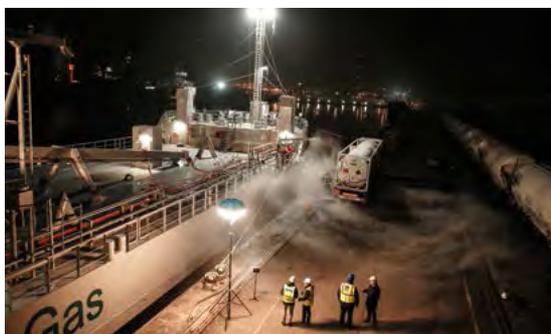
Nachhaltig leben – wer will das nicht? Aber dann ist das **Auto doch bequemer als das Rad**. Ein Dilemma

86 MÜLL? ROHSTOFF!

Findige Menschen zeigen, dass **Abfall kein Problem** darstellen muss, sondern ein wichtiger Teil der Lösung sein kann

88 STARK MIT STROM

Lucas di Grassi und das Team **ABT Schaeffler Audi Sport** haben die Formel-E-Saison mitgeprägt. Ein Interview mit dem Vizechampion



ausblick

Technik für morgen

96 KLEIN, ABER OHO

Mit bloßem Auge nicht zu erkennen, helfen **Bakterien und Pilze** immer mehr, nachhaltige Lösungen umzusetzen

100 SUCHEN UND FINDEN

Benzin und Diesel gibt es an jeder Ecke. Aber Strom? Defizite in der **Ladeinfrastruktur** erweisen sich als Bremsklotz für die E-Mobilität

106 KOLLEGE ROBOTER

Interview mit **Arbeitsexperte Prof. Hans-Jörg Bullinger** über das künftige Zusammenspiel von Mensch und Maschine

110 PLUS UND MINUS

Batterien werden immer besser und ein immer wichtigerer Bestandteil im Baukasten „Strom“. Das bringt neue Herausforderungen mit sich

114 IMPRESSUM



KLAR UND SAUBER

— Ist ein UFO in einer Pariser Fußgängerzone gelandet? Nein. Das ungewöhnliche Objekt unten rechts in diesem Bild heißt Watly und gehört eigentlich auch nicht in bestens ausgebaute Innenstädte. Watly ist erschaffen worden, um Gebiete mit schlechter, zerstörter oder gar nicht vorhandener Infrastruktur mit sauberem Wasser, Elektrizität und Kommunikationsmöglichkeiten zu versorgen. Alles das stellt Watly dank Solarstrom völlig autark und mit energetisch neutraler Bilanz zur Verfügung. Auf dem Wege der Dampfkomppressionsdestillation wird Wasser durch Solarenergie gereinigt oder entsalzt – bis zu drei Millionen Liter pro Jahr. Der Strom aus den Sonnenstrahlen ermöglicht den unmittelbaren Anschluss an Haushalte, auch wenn weit und breit kein Stromnetz vorhanden ist. Zudem eröffnet die Anlage via Internetverbindung viele Formen der digitalen Kommunikation. Gesundheit, Bildung, Ernährung – Watly packt viele Problemfelder entlegener und armer Gebiete an. Bleibt zu hoffen, dass viele dieser UFOs dort landen. —

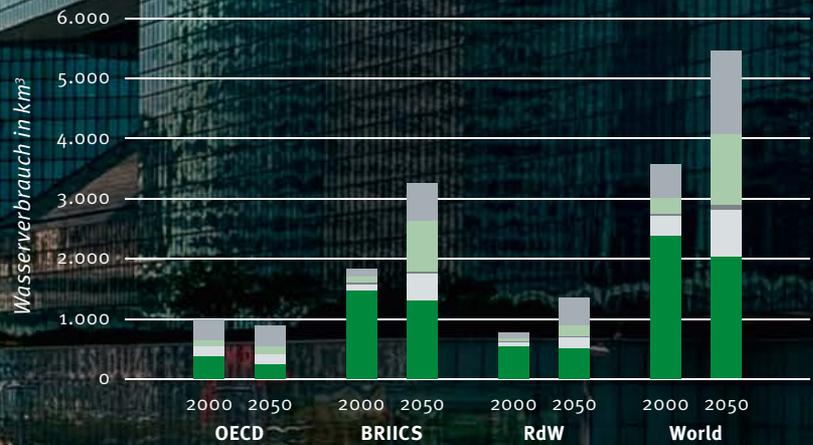


» Ein Sonnenstrahl reicht hin,
um viel Dunkel zu erhellen Franz von Assisi

global

Blick in die Welt

GLOBALER WASSERVERBRAUCH



- Bewässerung**
- Haushalt**
- Viehwirtschaft**
- Produktion**
- Elektrizität**

BRIICS (Brasilien, Russland, Indien, Indonesien, China, Südafrika), OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), RdW (Rest der Welt). Die Zahlen berücksichtigen nur den Verbrauch von „blauem Wasser“, nicht aber die Regenmenge für die Landwirtschaft.

Quelle: OECD

DIE KRAFT AUS DER NATUR

Ach, was wäre das für eine schöne Welt: keine Rußpartikel, kein CO₂, keine Stickoxide, kein Smog. „Regenerative Energien“ heißt ein Schlüssel zu sauberer Luft. Energie, die uns Mutter Erde jeden Tag schenkt. Wir müssen aus diesen Geschenken nur etwas machen. Vielerorts geschieht es schon – mit durchaus beeindruckenden, aber nicht immer unumstrittenen Technologien und Bauwerken. Superlative aus dem Bereich der regenerativen Energien.

— von Carsten Paulun

DER LÄNGSTE STAUDAMM



Bevor der 7.760 Meter lange Itaipú-Staudamm am Paraná an der Grenze zwischen Paraguay und Brasilien errichtet wurde, mussten 40.000 Menschen umgesiedelt werden, meist Guarani-Indianer. Dann vergossen über 34.000 Arbeiter 12,57 Millionen Kubikmeter Beton und stampften das Mammutprojekt aus dem Urwaldboden.

145 Menschen kamen in der Bauzeit (1972–1982) durch Unfälle ums Leben. Die letzte Turbine wurde erst 2005 in Betrieb genommen. Die Kosten beliefen sich auf 3,6 Milliarden US-Dollar, weshalb die brasilianische Auslandsverschuldung drastisch anstieg. Allerdings erzeugten die 18 (später 20) Turbinen nach der Inbetriebnahme gut 25 Prozent des in Brasilien benötigten Stroms.

DAS TEUERSTE BAUWERK

Der durch die Drei-Schluchten-Talsperre entstandene Stausee am chinesischen Jangtsekiang ist mehr als 600 Kilometer lang. Die gewaltige Wasserbarriere wurde zwischen 1993 und 2006 von 18.000 Arbeitern errichtet. Obwohl er mit 2.335 Metern deutlich kürzer ist als der Itaipú-Staudamm (siehe Kasten links), verschlang sein Bau wegen der technischen Schwierigkeiten rund 75 Milliarden US-Dollar. Die Drei-Schluchten-Talsperre ist damit das teuerste Bauwerk auf der Erde. Verbaut wurden 26,71 Millionen Kubikmeter Beton. Seine 32 Turbinen haben zusammen eine Nennleistung, die 15 modernen Atomreaktoren entspricht: 22,5 Gigawatt (Itaipú: 14,5 GW). Trotzdem liegt seine höchste erzeugte Jahresstrommenge (2014) mit 98.800 Gigawattstunden (GWh) nur 200 GWh über der Bestmarke von Itaipú aus dem Jahr 2008. Ein Problem: Wegen fehlender Deponien im Flussoberlauf kippen die Menschen einfach ihren Müll in den Jangtsekiang, der die Einlässe zum Stausee verstopft und die Turbinenanlage beschädigt.



WISSENSWERTES RUND UM DAS THEMA ENERGIE

Fakten und Daten, die helfen, sich im Spannungsfeld von Energiegewinnung und -nutzung zurechtzufinden.

— Der Energieumsatz pro Zeitspanne wird als „Leistung“ bezeichnet. Die Maßeinheit ist Watt (W).

— 1.000 W sind 1 Kilowatt (kW) 1.000 MW sind 1 Gigawatt (GW)
1.000 kW sind 1 Megawatt (MW) 1.000 GW sind 1 Terawatt (TW)

— Lläuft etwa ein Föhn mit einer Leistung von 1.000 Watt (also 1 kW) eine Stunde lang, so hat er einen Energieverbrauch von einer Kilowattstunde (kWh).

— 3.000 kWh Strom verbraucht jeder Mensch laut der Internationalen Energie Agentur (IEA, Stand 2012) im Schnitt pro Jahr.

— 7-mal so hoch ist der weltweite Gesamtenergiebedarf pro Jahr und Kopf: Rund 22.000 kWh. In Europa ist der Durchschnittswert doppelt so hoch.

— 153.000 TWh beträgt der weltweite Energiebedarf für Haushalt, Industrie, Verkehr insgesamt (BP Statistical Review of World Energy 2016). Das entspricht der Energieproduktion von rund 1.550 Drei-Schluchten-Staudämmen (siehe oben) mit einer Staumauerlänge, die fast von New York bis nach Los Angeles reichen würde.

— Gerade einmal ein halbes Milliardstel der insgesamt abgestrahlten Sonnenenergie erreicht die Erdoberfläche. Und trotzdem würde dieser Bruchteil laut dem Forschungsverbund Erneuerbare Energien (FVEE) ausreichen, um den Weltenergieverbrauch 2.850-mal zu decken (Windenergie: 200-mal, Biomasse: 20-mal, Erdwärme: 5-mal, Meeresströmung: 2-mal, Wasserkraft: 1-mal).



DIE ÄLTESTE SOLARANLAGE

Sie läuft und läuft und läuft: Die älteste noch funktionierende Solaranlage befindet sich auf dem Dach des Energielabors der Universität Oldenburg. Ursprünglich war man bei Solarpanels von einer maximalen Nutzungsdauer von 25 Jahren ausgegangen. Die Oldenburger Zellen sind seit 1976 in Betrieb und wurden damals installiert, um zu erforschen, wie man den erzeugten Strom nutzen kann, wie die einzelnen Halbleitermaterialien altern und welchen Einfluss die Witterung auf die 336 verbauten Module hat. Erstaunlich: Die Nennleistung der einzelnen Module lag bei der Erstmontage 1976 bei 10,3 W. 35 Jahre später wurden noch 9,9 W gemessen! Heute leistet die gesamte Anlage noch immer 3,4 kW – genug, um zwei Staubsauger zu betreiben. Der Wirkungsgrad sank in diesem Zeitraum nur von 8,55 Prozent auf 8,2 Prozent. Und die Anlage produziert noch immer fleißig Strom, seit 1976 zusammenaddiert etwa 146.000 kWh!



DAS STÄRKSTE PUMPSPEICHERWERK

Die Idee ist simpel und doch ganz schön clever: Mit überschüssigem Strom wird – zum Beispiel nachts oder am Wochenende – Wasser eine Anhöhe hochgepumpt und in einem See gespeichert. Tagsüber, wenn wieder Strom gebraucht wird, wird dieses Wasser einfach wieder abgelassen und treibt dabei Generatoren an. Es entsteht ein riesiger Akku mit einem Wirkungsgrad von 75 bis 80 Prozent. Der größte ging 1985 im US-Bundesstaat Virginia in Betrieb. Die Bath County Pumped Storage Station kostete 1,6 Milliarden Dollar und leistete anfangs 2,77 GW. 2004 wurde die Leistung auf 3 GW erhöht. Jede der sechs Pumpen ist so stark wie 3.000 VW Golf GTI und pumpt in einer Sekunde 800.000 Liter Wasser von dem unteren Speicherbecken in das zweite, 384 Meter höher gelegene. Emissionen werden bei Pumpspeicherwerken aber nur gespart, wenn der für die Pumpen benötigte Strom entweder atomar oder regenerativ erzeugt wird. Die meisten dieser Speicherwerke werden allerdings immer noch genutzt, um Kohle- oder Gaskraftwerke bei Überproduktion nicht abschalten zu müssen.



DIE ENTLEGENSTE SOLARZELLE

Raumsonden fliegen Jahre, oft Jahrzehnte durchs All. Ihr Energiehaushalt ist überlebenswichtig für die permanente Stromversorgung der wissenschaftlichen Geräte, der Funkverbindung und der Steuerungscomputer. Sie erfolgt bei sonnennahen Missionen durch Solarzellen. Sollen die Sonden in den interstellaren Raum vordringen, wie „Jupiter 1“ und „Jupiter 2“, oder die von der Sonne weiter entfernten Planeten unseres Sonnensystems untersuchen, kamen bisher fast ausschließlich Radionuklidbatterien zum Einsatz. Denn mit wachsendem Abstand von der Sonne werden Solarzellenflächen immer ineffizienter. Die mit über 600 Millionen Kilometer am weitesten von der Erde entfernte Sonde mit Solarzellen ist zurzeit „Rosetta“ (gestartet 2004), die den Kometen 67P hinter dem Jupiter umkreist und dort im September 2016 landen soll. In einer Entfernung von rund 750 Millionen Kilometern von der Sonne leisten die Solarpanels noch 395 Watt.

DIE GRÖSSTE OFFSHORE-WINDANLAGE

An der See sagt man gern „steife Brise“, wenn man sich den Wind um die Ohren blasen lässt. In dieser steifen Brise steckt jede Menge Power, mit der man unsere Energieprobleme gut lösen kann. „Geerntet“ wird die steife Brise mit Windrädern. Die auf der Nordsee sind allerdings deutlich höher als ihre Schwestern an Land. Packt man mehrere dieser Giganten zusammen, spricht man von einem Windpark, auf See von einem Offshore-Windpark. Der größte der Welt steht in der Nordsee vor der Themsemündung. „London Array“ besteht aus 175 Windrädern, jedes 147 Meter hoch. Zusammen haben sie 2015 rund 2.500 GWh Strom geliefert – und 925.000



Tonnen CO₂-Emissionen eingespart. Doch es sind noch größere Anlagen geplant, wie etwa auf der Dogger Bank 165 Kilometer vor der ostenglischen Küste. Die Anlage soll 1,8 Millionen Haushalte mit Strom versorgen. Bis 2020 soll die Kapazität von 4,8 auf 9 GW ausgebaut werden.

DIE TIEFSTE ENERGIEQUELLE

Nicht nur die Sonne ist ein gigantischer Energielieferant. Wir sitzen auch auf einem. Die Erde ist im Kern 6.000 Grad heiß, wenige Hundert Meter unter der Erdoberfläche teilweise noch über 300 Grad. Manchmal schrumpft diese schützende Erdkruste auf wenige Meter zusammen, wie zum Beispiel auf Island. Das Vulkaneiland im Nordatlantik deckt 60 Prozent seines Primärenergiebedarfs mit der Hitze aus der Tiefe, beheizt sogar Straßen in Reykjavík und Akureyri damit. Theoretisch reicht der in den oberen 3.000 Metern der Erdkruste gespeicherte Energievorrat, um die Menschheit über 100.000 Jahre mit der benötigten Energie zu versorgen. Man muss nur herankommen. Sogenannte Geothermiekraftwerke tun das. Sie nutzen diese Erdwärme, um mithilfe von Wasserdampf Strom zu erzeugen. Die erste Anlage wurde 1904 in Larderello in der Toskana in Betrieb genommen (oberes Foto). Ihre Leistung reichte gerade mal, um fünf Glühbirnen mit Strom zu versorgen. Das heutige Kraftwerk leistet an gleicher Stelle 0,769 GW und ist das drittgrößte seiner Art auf der Welt. Das größte ist „The Geysers“ in den USA mit 1,8 GW.



DIE GRÖSSTE SOLARANLAGE

Die Noor-Solaranlage in Marokko soll die größte der Welt werden. Das Leistungsziel: 0,58 Gigawatt. Genug Strom für 1,3 Millionen Menschen. Der erste Bauabschnitt am Rande der Sahara ist im Februar 2016 eröffnet worden und leistet 0,16 GW. Das reicht zunächst zur Stromversorgung von 350.000 Menschen. Schon jetzt werden dadurch 240.000 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart. Das entspricht dem Ausstoß von fast 50.000 Autos pro Jahr. Geplant ist, in vier Bauabschnitten eine Fläche von 30 Quadratkilometern mit beweglichen Parabolspiegeln zu bedecken, die das Sonnenlicht auffangen. Zum Vergleich: Der größte Solarpark Europas liegt in Frankreich und erstreckt sich über eine Fläche von 2,5 Quadratkilometern. Die Konvektoren von Noor erhitzen ein Spezialöl, das in einem Kraftwerk Wasser zum Verdampfen bringt und so eine Turbine antreibt. Die geplanten Gesamtkosten belaufen sich auf etwa 2,2 Milliarden Euro.



DAS GRÖSSTE BIOMASSEKRAFTWERK



Die Idee ist genial: Einfach der Natur energiegeliche Stoffe entziehen, die beim natürlichen Zersetzungsprozess sowieso CO₂ freigesetzt hätten, um damit Strom und/oder Wärme zu erzeugen. Genutzt werden können unter anderem alle Arten von Holz, Getreide, Stroh, Schilf, Textilfasern, Klärschlamm, Bambus und Altpapier. Allerdings liegt der Wirkungsgrad von Biomassekraftwerken, die nur Strom erzeugen, bei maximal 40 Prozent. Der Rest der Bioenergie geht als Wärme verloren. Der Wirkungsgrad steigt auf bis zu 90 Prozent, wenn diese Wärme beispielsweise als Fernwärme genutzt wird. Biomassekraftwerke gibt es in Deutschland seit 1994. Das größte der Welt, das zu 100 Prozent Biomasse nutzt, steht im polnischen Polaniec. Für 290 Millionen Euro wurde eine von acht bestehenden Generatoranlagen 2012 auf den Betrieb mit Biomasse umgerüstet. Sie hat eine Nennleistung von 0,2 GW.

DAS GRÖSSTE WELLENKRAFTWERK

Sie lassen Bojen tanzen, pressen Luft durch enge Schächte, bewegen künstliche Schlangen auf dem oder riesige Scharniere im Wasser – Wellen auf den Weltmeeren sind so unerschöpflich wie die Erdwärme. Im nordspanischen Mutriku ist 2011 das erste kommerziell genutzte Wellenkraftwerk der Welt in Betrieb gegangen.



16 Turbinen erzeugen durch von Wellenkraft komprimierte Luft Strom. Allerdings ist die Ausbeute noch gering. Die 300 kW reichen gerade mal für die Versorgung von 250 Haushalten. Hätte man die 2,3 Millionen Euro Baukosten in eine Fotovoltaikanlage gesteckt, hätte man deutlich mehr Haushalte mit Strom versorgen können. Dennoch: Wellenkraftwerke entstehen derzeit überall auf der Welt. Das größte wird gerade in Australien fertiggestellt. Es soll mit 45 Bojen 19.000 kW Strom für 10.000 Haushalte erzeugen. Kosten: rund 57 Millionen Euro. (Mehr zum Thema Wasserkraft auf Seite 68)

DAS UNGEWÖHNLICHSTE WINDRAD

Das ist mal eine spektakuläre Nachbarschaft: Zwischen den beiden 240 Meter hohen Wolkenkratzern des Bahrain World Trade Centers (Baukosten: 150 Mio. Dollar) hängen drei Windräder. Da sie nicht wie sonst üblich jeweils an einer beweglichen Gondel sitzen und sich optimal zum Wind stellen können, sind die beiden Wolkenkratzer speziell ausgerichtet. Sie stehen vorn 126 Meter auseinander und hinten nur 33 Meter. Die Anordnung wirkt wie ein Trichter und führt die Winde so optimal an die je 29 Meter hohen Rotoren heran. Die maximale Drehzahl der Rotoren beträgt 38 Umdrehungen pro Minute. Bei Sturm – die Anlage ist für Windgeschwindigkeiten bis zu 250 km/h ausgelegt, was einem Hurrikan der stärksten Stufe 5 entspricht – können die Rotorspitzen so gedreht werden, dass sie dem Wind möglichst wenig Widerstand bieten. Die drei Windräder „erdrehen“ zusammen 1,3 GWh Strom im Jahr und somit etwa 15 Prozent des Gesamtenergiebedarfs des 2008 fertiggestellten Bahrain World Trade Centers.



DIE VERRÜCKTESTE STROMERZEUGUNG



„Komm, Schatz, lass uns mal ein bisschen Strom tanzen!“
Eine flexible elektromechanische Tanzfläche erzeugt bei jeder Bewegung Strom. Mehrere Diskotheken nutzen diese Technik bereits. Der Tanzboden ist in viele einzelne Bodenplatten geteilt, die sich durch jede Bewegung der Tänzer nach unten drücken lassen. In dem Boden stecken Piezokristalle, die sich bei Druck verformen und so elektrische Ladungen erzeugen. Diese Mini-Ladungen kann man über einen Generator nutzbar machen. Ein einzelner Tänzer kann so bis zu 20 Watt erzeugen. Die

Bewegungen der Partygäste können ausreichen, um die gesamte Lichtanlage zu betreiben. Es wird auch an Straßen geforscht, die Strom erzeugen, wenn Autos darüberfahren. Doch die Serienfertigung für den Verkehr ist – anders als beim stromerzeugenden Tanzboden – eine reine Zukunftsvision.

DIE KRAFT DER NATUR NUTZEN



Seit 30 Jahren entwickelt
Schaeffler Lagerungen für
Windkraftanlagen

Entwicklungen von Schaeffler kommen in vielen Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien zum Einsatz. Hier sind ein paar Beispiele.

Die beiden Staudämme Macagua und Caruachi im Nordosten von Venezuela bilden mit zwei weiteren Dämmen einen der größten Wasserkraftkomplexe der Welt. In Rolltoren des Macagua-Staudamms wurden Pendelrollenlager mit Chrombeschichtung aus dem Schaeffler-Produktportfolio verwendet. Diese Beschichtung verbessert die Laufeigenschaften und mindert die Korrosionsgefahr. Durch 40 INA-Gleitlager* lassen sich die neun Segmenttore des Caruachi-Staudamms öffnen und schließen. Der Wasserdruck, dem die Technik standhalten muss, ist enorm.

Die horizontal fahrbaren Tore des Philipps-Damms in den Niederlanden wiegen 400 Tonnen. Öffnen und schließen lassen sie sich mithilfe von FAG-Pendelrollenlagern*.

In mehreren Staudämmen entlang des Waitaki River in Neuseeland werden INA-Gleitlager eingesetzt. Sie weisen höchste Tragzahlen auf, was gerade in Neuseeland beson-

ders wichtig ist, denn dort kommt es häufig zu Erdbeben, die eine kurzfristige Erhöhung der Lasten bedingen – ein Brechen der Lager hätte katastrophale Folgen.

Das verschlossene Radialtor des Staudammprojekts Shui Bu Ya in China muss einem Wasserdruck von 150 m Wassersäule standhalten. Dabei ergibt sich für die zwei Lagerstellen je eine Last von 5.000 Tonnen. Die entsprechend massiv ausgelegte Stahlkonstruktion stützt sich auf zwei fluchtende Wellen mit je einem ELGES-Gelenklager mit einem Bohrungsdurchmesser von

Weitere Infos:



1 m und 2 FAG-Pendelrollenlagern mit 0,85 m Lagerbohrung.

Ein gutes Beispiel für den Einsatz von Schaeffler-Technologien im Bereich Solar ist das Andasol-Solarkraftwerk in Spanien. Mit Gleitlagern werden dort die 150 Meter langen Kollektorstränge mit einer Genauigkeit von Zehntelmillimetern dem Ost-West-Tagesverlauf der Sonne nachgeführt. Die Schaeffler-Leistungen für Andasol werden komplettiert durch 7.488 umwelt-

freundliche Gleitstreifen aus dem Sortiment der Metall-Polymer-Verbundgleitlager. Sie sorgen in den Stützen zwischen den einzelnen Kollektorsegmenten für reibungsarmes Schwenken beim Nachführen.

Weitere Infos:



Für den Antriebsstrang von Windkraftanlagen bietet Schaeffler ein nahezu konkurrenzloses Know-how: Bereits seit mehr als 30 Jahren entwickelt und produziert der Konzern unter den Marken INA und FAG Lagerungen für Windenergieanlagen. Zum realitätsnahen Testen von Rotorlagern greift Schaeffler auf

Weitere Infos:



den größten und leistungsfähigsten Großlagerprüfstand der Welt zurück: den Astraio.

Auch für die immer wichtiger werdende Strömungs- und Wellenenergie bietet Schaeffler spezielle Lösungen – zum Beispiel für Turbinen, Schwimmkörper, Bojen oder oszillierende Tragflächen.



In Solar- oder Wasserkraftwerken werden Lager von Schaeffler Kräften von zum Teil Tausenden Tonnen ausgesetzt



MISSION: WENIGER EMISSIONEN

Was bedeutet eigentlich Nachhaltigkeit in der individuellen Mobilität? Auf den ersten Blick sehen die Antworten in aller Welt unterschiedlich aus. Klar ist aber auch, dass der durchschnittliche Flottenverbrauch einzelner Automobilhersteller in Nordamerika, China und Europa um vier bis fünf Prozent jährlich gesenkt werden muss. Ohne große Technologiesprünge bei den Verbrennungsmotoren und den Ausbau elektrischer und elektrifizierter Antriebe geht nichts mehr. Doch Nachhaltigkeit geht über das Auto hinaus: Die Frage der Energieinfrastruktur könnte für die Antriebstechnologie der Zukunft entscheidend sein.

CHINA

BOOM DER SCHMUTZIGEN ELEKTROMOBILITÄT

— Not macht erfinderisch, sagt man. Entsprechend hoch sind die Erwartungen an China. In keinem Land der Welt werden derzeit so viele Autos gekauft wie in der aufstrebenden Großmacht. Gleichzeitig verschlimmert die wachsende Zahl der Fahrzeuge die Luftverschmutzung. Nur die wenigsten Großstädte in China halten den staatlichen Standard für saubere Luft ein. Ballungsgebiete wie Peking und Shanghai – beide mit über 20 Millionen Einwohnern – gehören zu den Spitzenreitern bei der Smog-Belastung weltweit. Im vergangenen Winter herrschte in Peking mehrere Tage lang die höchste Warnstufe. Es war der schlimmste Smog in der Geschichte der chinesischen Hauptstadt. Auch für den Autoverkehr galten Beschränkungen, obwohl die Regierung in den vergangenen Jahren bereits Millionen alter Stinker aus dem Verkehr gezogen hat.

Wachsender Wohlstand steigert den Appetit auf modernste Technik. Das ist in China nicht anders als im Rest der Welt. Luxuriöse Allradfahrzeuge sind besonders beliebt, denn abseits der großen Städte verwandeln sich die Straßen schnell in Schlaglochpisten. Doch die Stadtregierungen geben monatlich nur einige Tausend Nummernschilder für solche Spritschlucker frei. Im Schnitt warten die Pekinger sechs Jahre auf die Zulassung für ein neues Auto – die Chance, eine der begehrten Lizenzen zu ergattern, liegt bei weniger als fünf Prozent. Sich das Nummernschild in einer Nachbarstadt zu besorgen, hilft übrigens nicht: Viele Stadtautobahnen sind für Autos aus anderen Städten gesperrt. Die einzige Chance auf einen Quick-Start bei der Zulassung ist ein Elektroauto.

Ungereimtheiten bei Zulassungen von E-Autos

Weil die Luft zum Atmen knapp wird, hat sich Chinas Regierung die Förderung von „New Energy Vehicles“ (NEVs) auf die Fahnen geschrieben. Die Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybride sind von der Nummernschild-Lotterie ausgenommen und können direkt zugelassen werden. Diesem Argument beugen sich auch Chinesen, die große Autos lieben: 2015 wurden laut der Beratungsfirma PwC 177.000 Elektro- und Plug-in-Hybride in China verkauft – damit hat die aufstrebende Weltmacht die USA als globale Nummer eins in diesem Segment überholt. Der chinesische Verband der Automobilindustrie CAAM nennt sogar einen doppelt so hohen Absatz von Elektrofahrzeugen. Doch Experten warnen vor einem Subventionsbetrug im großen Stil. Der „Economic

Observer“, eines der angesehensten Wirtschaftsmagazine Chinas, berichtet von E-Auto-Herstellern, die Fahrzeuge gleich mehrfach verkaufen.

Energie aus Kohlekraftwerken

Elektrofahrzeuge passen weder zum Stadt- noch zum Landleben der Chinesen, weil die Ladeinfrastruktur nur spärlich entwickelt ist. Trotzdem will die Regierung bis 2020 fünf Millionen E-Mobile auf die Straße bringen. Ob das klappt, steht in den Sternen, denn jetzt wird erst einmal das sogenannte Realtime-Monitoring eingeführt. Die Halter von Plug-in-Hybriden müssen per Übertragung von Echtzeit-Fahrzeugdaten nachweisen, dass sie tatsächlich elektrisch unterwegs sind und ihr Auto regelmäßig zu Hause an der Steckdose laden. „Die meisten Halter haben schlicht die Prämie kassiert und dann den Verbrennungsmotor genutzt“, so Jochen Siebert von JSC Automotive Consulting, der den chinesischen Markt von Shanghai aus beobachtet.

2015 wurden 5.000 von 43.000 Plug-in-Hybriden in China allein in Shanghai zugelassen. Seit die neue Regelung in Kraft getreten ist, streben die Neuzulassungen der Steckdosen-Hybride gegen null. Kein Wunder, denn so gut wie kein Chinese findet am heimischen Wohnblock eine Ladestation. Dass der Strom für Elektrofahrzeuge alles andere als nachhaltig produziert wurde, interessierte bislang wenig. Das Riesenland bezieht zwei Drittel seiner Energie aus rund 2.500 Kohlekraftwerken, mehr als 1.000 neue Meiler sind im Bau oder in Planung. Die Energie wird häufig in der Nähe der Ballungszentren produziert, was erheblich zum Feinstaub-Eintrag beiträgt.

E-Autos nur lokal emissionsfrei

Immerhin fahren reine Elektroautos mit dem Strom lokal emissionsfrei – wenn auch dank des kohlelastigen Energie-Mixes nicht besonders klimafreundlich: Umgerechnet stößt ein Elektroauto rund 190 Gramm CO₂ pro Kilometer aus. Das entspricht einem Durchschnittsverbrauch von acht Liter Benzin auf 100 Kilometer. Die Batteriewagen fahren also dort bislang kein bisschen umweltfreundlicher als Mittelklasse-Pkw mit Ottomotoren. Effiziente Dieselmotoren sind in China keine Alternative. Aktuell steht das Land nur für ein Prozent des

Ein oft gesehenes Bild:
Smog vernebelt chinesische
Großstädte wie hier
Shanghai. Ob lediglich lokal
emissionsfreie E-Autos ein
probates Mittel dagegen sind,
darf angezweifelt werden



STICKOXIDE NO_x

Die chemische Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff entsteht bei der Verbrennung fossiler Stoffe. Stickoxide reizen und schädigen die Atmungsorgane. Außerdem sind sie mitverantwortlich für die Bildung von bodennahem Ozon („Sommermog“) und saurem Regen. Gelangen Stickoxide in die Atmosphäre, knabbern sie an der Ozonschicht, die den Hautkrebs verursachenden UV-B-Anteil der Sonnenstrahlung filtert. Im Gegenzug vereiteln Stickoxide, dass Sonnenstrahlen von der Erde reflektiert werden. Dadurch erwärmt sich möglicherweise das Klima. Experten streiten allerdings darüber, ob diese Theorie hinlänglich bewiesen ist. Verhindert werden können Stickoxide vor allem durch saubere Verbrennung und die Einsparung von Energie.

EU-Grenzwerte (Euro 6) für NO_x

Diesel-Pkw 0,08 g/km

Benzin-Pkw 0,06 g/km

weltweiten Diesel-Pkw-Marktes. Der Kraftstoff ist aufgrund beschränkter Raffinerie-Kapazitäten fast ausschließlich für Lastkraftwagen reserviert.

In diesem Frühjahr hat Chinas Parlament einen neuen Fünf-Jahres-Plan beschlossen. Darin skizziert Peking die Zukunft des Landes. Und zum ersten Mal findet die Regierung deutliche Worte für das, was alles schief läuft. Bis Ende 2020 will das Land Kohlekraftwerke modernisieren und die erneuerbaren Energien ausbauen. Elektrizität und Erdgas sollen Kohle so schnell wie möglich ersetzen. Die Energieeffizienz von Neufahrzeugen soll erhöht, Millionen schmutzige Autos von der Straße verbannt und der Kauf von Elektrofahrzeugen gefördert werden. Ab 2020 dürfen die Autos im Schnitt nur noch fünf Liter Benzin auf 100 Kilometer verbrauchen. In Peking gilt der Höchstwert schon ab 2018. Das entspricht einem CO_2 -Limit von knapp 120 Gramm pro Kilometer. Ohne eine stärkere Elektrifizierung und Hybridisierung des Antriebs sind die künftigen Vorgaben nicht zu schaffen.

EUROPA

WIE GEHT ES NACH DEM **DIESEL** WEITER?

Smog ist nicht nur ein chinesisches Problem. Auch in vielen europäischen Metropolen verfärbt er den Himmel graubraun. Nachdem der Eiffelturm im Frühjahr 2015 erneut in einer Dunstsoße verschwamm, platzte der Pariser Bürgermeisterin Anne Hidalgo der Kragen. Den temporären Einfahrtsbeschränkungen für schmutzige Dieselfahrzeuge könnte 2020 ein generelles Verbot von Selbstzündern in der Seine-Metropole folgen. Auch London will stinkende Diesel, die vor 2006 gebaut wurden, demnächst mit einer doppelt so hohen Citymaut abschrecken. Stuttgart plant seinerseits die fünfte Stufe der Umweltzone ohne ältere Selbstzünder. Von 2019 an könnte die Einfahrt nur noch mit einer blauen Plakette für Euro-6-Fahrzeuge erlaubt sein. Allein in den fünf Landkreisen der Region und in der Stadt Stuttgart wären davon rund eine halbe Million Dieselfahrzeuge betroffen.

Kein Weg vorbei an alternativen Antrieben

Alle wollen weg vom Öl. Auf diese einfache Formel kann man den Klimagipfel bringen, der Ende 2015 in Paris stattfand. Der Straßenverkehr ist für rund ein Fünftel des CO₂-Ausstoßes in Europa verantwortlich. Hinter der Energieerzeugung steht er damit an zweiter Stelle der menschlichen Treibhausgas-Verursacher. Wer die globale Erwärmung und die Luftverschmutzung zumindest begrenzen will, kommt an alternativen Antrieben nicht vorbei. Zumal bereits im vergangenen Jahr 32 Prozent der verbrauchten Strommenge in Deutschland aus erneuerbaren Energiequellen stammte. Bis zum Jahr 2025 will Deutschland 40 bis 45 Prozent des verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Quellen erzeugen. Bis 2050 sollen es schon 80 Prozent sein. Doch der Absatz von Elektrofahrzeugen lahm, das Ziel von einer Million Stromern bis 2020 auf deutschen Straßen liegt in weiter Ferne.

Im Mai hat die Bundesregierung Kaufprämien von bis zu 4.000 Euro für Elektrofahrzeuge beschlossen. Darüber hinaus werden die Stromer zehn Jahre von der Steuer befreit. Der Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur wird vom Staat insgesamt mit 100 Millionen Euro bezuschusst. Doch die Frage bleibt, wann sich die klimafreundlichen Antriebe im automobilen

Massenmarkt auch ohne Hilfe bewähren. Nicht weniger brisant ist ein anderes Thema: Wer will angesichts der schwankenden Natur alternativer Energiebereitstellung eigentlich den Strom zu Überschusszeiten abnehmen? Eine öffentliche Diskussion darüber gibt es nicht. Stattdessen wird in Deutschland über den Sündenfall des Selbstzünders debattiert.

Feinstaub von Reifen und Bremse

Wäre der Planet ohne Diesel eine bessere Welt? Erinnern wir uns: Kurz nach der Jahrtausendwende standen die Ölbrenner schon einmal massiv in der Kritik. Peugeot setzte damals Partikelfilter erstmals serienmäßig ein – zumindest in Deutschland. 2007 machte die Bundesregierung das Rußsieb zur gesetzlichen Vorschrift für Dieselneuwagen. Befürchtungen, die Diesel-Pkw

KOHLENWASSERSTOFFE HC

***Diesel- und Ottokraftstoffe** bestehen zu großen Teilen aus einem Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Bei unvollständiger Verbrennung werden sie freigesetzt. Sie sind teilweise krebserregend, erzeugen einen unangenehmen Abgasgeruch und sind beteiligt am Smog. Benzinmotoren stoßen viermal so viel HC aus wie Diesel. Reduziert werden HC durch eine möglichst perfekte Verbrennung und durch eine Abgasbehandlung in Katalysatoren und Partikelfiltern. Die größten HC-Emitenten sind die Abfall- und Energiewirtschaft sowie die Landwirtschaft (u. a. Methan/CH₄).*

EU-Grenzwerte (Euro 6) für HC
Diesel-Pkw 0,17 g/km inkl. NO_x
Benzin-Pkw 0,1 g/km

FEINSTAUB STAUB

Feinstaub kann über die Lunge bis ins Blut gelangen und verschiedenste Krankheiten auslösen. Dies sind die Hauptverursacher:

- Erosion von Gesteinen (hauptsächlich durch Wasser und Wind)
- Kleinstlebewesen, z.B. Pilzsporen
- Pflanzenpollen
- Vulkanausbrüche (jährlich schätzungsweise 85 Millionen Tonnen Asche und Staub mit Partikelgröße bis 5 μm)
- Busch- und Waldbrände
- Landwirtschaft (10 % der europäischen Feinstaub-Emissionen)
- Privathaushalte (vor allem durch Holzheizungen und offene Kamine)
- Verbrennungskraftwerke und -motoren

EU-Grenzwert (Euro 6) für Feinstaub Diesel- und Benzin-Pkw 0,0045 g/km

könnten aufgrund verstopfter Filter massenhaft liegen bleiben, bewahrt werden nicht. Dank des Partikelfilters werden in Deutschland nur noch ein Prozent der Rußteilchen durch Diesel-Pkw verursacht. Der Abrieb von Reifen und Bremsklötzen trägt dreimal so stark zur Luftbelastung durch Feinstaub bei. Wo (wie in Paris) aber viele ältere Selbstzünder unterwegs sind, greifen die neuen Technologien zur Abgasreinigung noch nicht.

Das gilt erst recht für die hohen Stickoxid-Werte (NO_x), die vor allem von Selbstzündern verursacht werden. Auf dem Prüfstand liegen die NO_x -Emissionen von Diesel-Neuwagen dank der Euro-6-Norm um 84 Prozent niedriger als vor 15 Jahren. Das Problem ist nur: In den Innenstädten herrscht noch immer dicke Luft. Messungen des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) haben jüngst ergeben, dass viele der mehr als 50 getesteten Fahrzeugmodelle die gesetzlichen Stickoxid-Grenzwerte in der Praxis um ein Vielfaches überschreiten. Selbst neue



Motoren stoßen außerhalb des Testlabors teilweise das 20-fache des zulässigen Normwerts aus. Die KBA-Ergebnisse legen nahe, dass die optimale Abgasreinigung bei vielen Dieselmotoren nur in einem eng begrenzten Temperaturfenster funktioniert. Im normalen Straßenverkehr liegen die Emissionen vieler Ölbrenner also noch immer auf dem Niveau der Jahrtausendwende.

Diesel brauchen Chemiefabrik im Auspuff

Ein neuer Abgastest soll künftig verhindern, dass die optimale Abgasreinigung nur in einem eng begrenzten Temperaturfenster funktioniert: Ab Herbst nächsten Jahres werden die sogenannten Real Driving Emissions (RDE) den Test auf dem Rollenprüfstand durch Messfahrten im realen Straßenverkehr ersetzen. Um den höheren Anforderungen zu genügen, benötigen Dieselmotoren

Wegen des hohen Wirkungsgrades des Diesels bleibt der Selbstzünder gerade für Vielfahrer die erste Wahl

RUSSPARTIKEL

Der schwarze, pulverförmige Feststoff besteht zu 80 bis 99% aus unverbranntem Kohlenstoff. Es ist bewiesen, dass diese polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) Krebs verursachen können. Vor allem alte Dieselmotoren, aber auch Kraftwerke stoßen bei unzureichender Verbrennung und ohne Abgasbehandlung (z. B. durch Filter und Oxidationskatalysatoren) viel Ruß aus. Ein weiterer Faktor ist die Kraftstoffqualität.

eine präzise gesteuerte Chemiefabrik im Auspuff. Denn die Abgasreinigung muss im Autobahnbetrieb genauso zuverlässig funktionieren wie beim winterlichen Kurzstreckenverkehr zum Brötchenholen.

Höherer Wirkungsgrad spricht für Diesel

An den handfesten Vorteilen der Selbstzünder ändert das nichts. Aufgrund der höheren Energiedichte von Dieseldieselkraftstoff kann der Ölbrenner in der Praxis rund 20 Prozent Sprit gegenüber einem Benziner sparen. Auch wenn Ottomotoren technologisch momentan massiv aufgerüstet werden: An den höheren Wirkungsgrad des Diesels werden sie nicht herankommen. Gerade für Vielfahrer bleibt der Selbstzünder daher die erste Wahl. Ideal wäre eine Kombination der Vorteile des Diesel-Brennverfahrens mit Energie aus nachwachsenden Rohstoffen oder synthetischen Kraftstoffen. Noch vor wenigen Jahren galten

Biodiesel und Biogas als Wunderenergie schlechthin. Doch die Wende hin zu erneuerbaren Energien läuft schleppend.

Von ihrem Ziel eines 10-Prozent-Anteils von erneuerbaren Energien bis 2020 ist die EU weit entfernt. Allerdings enthält Dieseldieselkraftstoff in Deutschland bereits sieben Prozent Biodiesel, der vorwiegend aus Rapsöl hergestellt wird. Dieser gut bekömmliche Standardsprit ließe sich problemlos mit künstlichen Kraftstoffen auf CO₂-Basis in seiner Umweltbilanz weiter verbessern. Doch angesichts der niedrigen Ölpreise haben es alle Alternativen derzeit schwer. Auch in Europa brauchen umweltfreundliche Antriebe die Schützenhilfe der Politik: Der Steuervorteil für schadstoffarme Kraftstoffe wie Erd- und Autogas wird beispielsweise über 2018 hinaus verlängert. Doch diese Förderung soll ab 2019 schrittweise abgesenkt werden. Dem Gasantrieb geht es wie allen subventionierten Öl-Alternativen: Irgendwann sind die Fördertöpfe leer, oder die Prioritäten der Politik verschieben sich.

USA

ALLES AUF ANFANG IM LAND DER **PETROL HEADS**

Niedrige Ölpreise wirken wie ein Aufputzmittel auf den Automarkt USA: Der Absatz großer Pick-ups und SUV boomt. Die Amerikaner lieben es, mit ihren rollenden Wohnzimmern und womöglich noch mit einem riesigen Wohnwagen hintendran durch das weite Land zu fahren. So erfolgreich Tesla mit seinen elektrisch angetriebenen Luxuslimousinen auch ist: Für viele Einsatzzwecke ist der Batterieantrieb auf absehbare Zeit kaum geeignet. Das zeigt schon ein kurzer Vergleich zu anderen Antriebsalternativen: Luxus-Stromer können mittlerweile einen Energievorrat von knapp 100 kWh transportieren. Doch die angegebenen Norm-Reichweiten von über 400 Kilometern schafft kaum ein Fahrer. Selbst mit dem guten Wirkungsgrad des Elektroantriebs von gut 85 Prozent lassen sich aus der 600 Kilo schweren Batterie realistisch kaum mehr als 300 Kilometer Reichweite saugen.

könnte schon bald Wasserstoff werden. Kaum bemerkt vom breiten Publikum macht der ewige Kandidat für den Antrieb von morgen weitere Fortschritte. 2015 wurden die ersten Toyota Mirai in den USA und in Europa ausgeliefert. Die 4,89 Meter lange Limousine ist nach dem japanischen Wort für Zukunft benannt. Sie erzeugt ihren Strom aus Wasserstoff selbst und stößt dabei nichts weiter aus als ein bisschen Wasserdampf. Statt die Batterien stundenlang an die Steckdose zu hängen, zapfen Wasserstoffautos in knapp fünf Minuten frische Energie wie andere Gasfahrzeuge auch. Die Wasserstofftanks unter den Sitzen sollen bis zum Ende der Dekade 600 bis 700 kWh Energieinhalt aufnehmen. Damit könnte die Reichweite auch bei größeren Fahrzeugen auf über 500 Kilometer steigen. Vorausgesetzt, man findet eine Wasserstofftankstelle.

Alternative Wasserstoff

Was über den täglichen Pendelverkehr zur Arbeit und zurück hinausgeht, braucht also mehr Energie im Tank. Eine Alternative zu den langen Tankzeiten und der geringen Energiedichte des Batterieantriebs

Genau hier will das smoggeplagte Kalifornien in Führung gehen. Innerhalb der vergangenen drei Jahre sind allein im Los Angeles County mehr als 60 Wasserstofftankstellen entstanden. An der Westküste der USA gibt es schon heute mehr Wasserstoffzapfsäulen, als für Deutschland bis zum Ende des Jahrzehnts geplant sind. Noch ist die Infrastruktur mehr als löchrig. Doch mit dem nachhaltigen Umbau der Energiewirtschaft könnte sich das im nächsten Jahrzehnt ändern: Wenn Windfarmen Überschusskapazitäten erzeugen, kann der Strom mittels Elektrolyse in Wasserstoff verwandelt und relativ einfach gespeichert werden. Allein in Deutschland könnte die regenerative Überschusskapazität im Jahr 2050 bei 120 Gigawatt liegen. Wenn etwa 15 Prozent davon für die Herstellung grünen Wasserstoffes für die Mobilität genutzt würden, dann entspräche das einer Energiemenge von 40 TWh oder 730.000 Tonnen Wasserstoff. Damit ließen sich rund drei Millionen Brennstoffzellenfahrzeuge ein Jahr lang betreiben – als preiswertes Abfallprodukt der Energiewende.

KOHLENSTOFF-MONOXID CO

Das farb-, geruch- und geschmacklose, aber giftige Gas entsteht wie Kohlenwasserstoff unter anderem bei der unvollständigen Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Stoffen. Es wird über die Lunge aufgenommen und unterbindet den Sauerstofftransport im Blut. CO trägt auch zur Zerstörung der UV-B-strahlungsmindernden Ozonschicht bei. Reduziert werden kann CO durch die Senkung des Energieverbrauchs, den Umstieg auf regenerative Energien, eine homogenere Verbrennung von fossilen Brennstoffen sowie durch die Abgasnachbehandlung mit Katalysatoren.

EU-Grenzwerte (Euro 6) für CO

Diesel-Pkw 0,5 g/km

Benzin-Pkw 1,0 g/km

Transportbedarf steigt

Im Jahr 2050 werden voraussichtlich knapp zehn Milliarden Menschen auf der Erde leben. Der Transportbedarf steigt und lässt sich nicht unbegrenzt mit fossilen Kraftstoffen befeuern. „Es ist Zeit für einen Öl-Wechsel“, verkündete Daimler-Chef Dieter Zetsche schon vor Jahren. „Mit der Brennstoffzelle könnte Wasserstoff in unserer Wirtschaft eine ähnlich zentrale Rolle übernehmen, wie sie bisher das Öl hat.“

In den hauchdünnen Brennstoffzellen wird der Wasserstoff nicht etwa verbrannt, wie der Name irrtümlich nahelegt. Vielmehr reagiert das Gas aus den bord-eigenen Drucktanks mit dem Sauerstoff der Luft. Dabei entsteht nur etwas Wärme und Wasserdampf – und der Strom, der die Elektromotoren antreibt.

Auf welchen Antrieb setzen?

Diese „kalte Verbrennung“ funktioniert aber nur, wenn die Membranen mit genügend Platin geimpft werden. Das macht den Stapel mit Hunderten von Brennstoffzellen zu teuren Schmuckstücken des technischen Fortschritts. „Ich sehe Wasserstoff im Wettbewerb mit weiterentwickelten Batterieantrieben, die Anfang des nächsten Jahrzehnts 600 Kilometer Reichweite haben sollen“, sagt Siegfried Pint, „und ich fürchte mich davor, dass wir beide Antriebe mit viel Geld parallel entwickeln müssen“, so der oberste Audi-Entwickler für die Elektrifizierung des Antriebs. Vor 2025 rechnet aber niemand mit einem endgültigen Durchbruch des einen oder anderen alternativen Antriebs.

FAZIT

Nachhaltigkeit im Verkehr ist noch immer eine Formel mit vielen Unbekannten. Die Endausscheidung zwischen den alternativen Antrieben hat gerade erst begonnen. Deshalb arbeiten viele Autohersteller auch in China und den USA mittlerweile an einer Brückentechnologie: Fahrzeuge mit einem 48-Volt-Teilbordnetz können bis zu 70 Prozent der Effizienzpotenziale eines Hochvolthybrids realisieren. Ohne eine solche Teilelektrifizierung wird wohl kein Hersteller die CO₂-Vorgaben in Amerika, Asien oder Europa nach dem Jahr 2020 erfüllen. Auch in den nächsten 10 bis 15 Jahren wird der optimierte Verbrennungsmotor unverzichtbar bleiben, um die wachsende Nachfrage nach individueller Mobilität zu befriedigen.



DER AUTOR

Technologiewandel als Tagesgeschäft: **Dr. Joachim Becker** (Jahrgang 1963) ist Technik-Redakteur der „Süddeutschen Zeitung“.

Das Auto als vernetzter Roboter interessiert den Geisteswissenschaftler ebenso wie die Autofahrer, die noch mit dem Betriebssystem 1.0 laufen.

KOHLENSTOFF-DIOXID CO₂

Das unbrennbare, saure, farb- und geruchlose Gas ist ein natürlicher Bestandteil unserer Atemluft. Es entsteht sowohl bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen wie Holz, Kohle oder Benzin (35 Gigatonnen aus energetischer Nutzung weltweit jährlich) als auch in der Natur, z.B. durch die Zellatmung oder Verwesung von Organismen (insgesamt 550 Gigatonnen). Auch wenn der von Menschen verursachte („anthropogene“) Teil sehr klein erscheint, reicht er doch aus, um das Verhältnis zwischen natürlicher Produktion und natürlichem Verbrauch aus dem Gleichgewicht zu bringen. Ein Teil des Überschusses wird von den Ozeanen aufgenommen, die dadurch versauern. Ein weiterer Teil gelangt als Treibhausgas in die Atmosphäre und nistet sich dort mindestens 120 Jahre lang ein. Die aktuelle CO₂-Konzentration gilt als die höchste seit 15 bis 20 Mio. Jahren. Allerdings soll sich vor 500 Mio. Jahren 20-mal mehr CO₂ in der Atmosphäre befunden haben, was Kritiker der Treibhaus-Theorie gern ins Feld führen.

EU-Grenzwerte für CO₂ bei Pkw
bis 2015 120 g/km
ab 2020 95 g/km

Die billigen Spritpreise verleiten US-Autofahrer dazu, trinkfreudige Fahrzeuge mit entsprechend hohen Emissionswerten zu kaufen





DAS GLÜCK DER EINFACHHEIT

Weniger ist mehr! Immer mehr Menschen verschreiben sich dem Minimalismus und suchen ihr Heil im Verzicht. Aus Sicht der Nachhaltigkeit ein hehrer Ansatz, denn was nicht erworben, produziert und entsorgt werden muss, kann der Umwelt auf keinen Fall schaden. Aber macht es wirklich froh, nichts mehr verlieren zu können?

— von Wiebke Brauer

— Dinge. Überall sind Dinge. Gestapelt und gehortet, gefaltet, gequetscht, gelagert. Fast 10.000 Eigentümer nennt der Durchschnittsdeutsche sein Eigen, vom Topflappen bis zum Auto, von der Kuschedecke bis zum Turnschuh. Wir sammeln sie in unseren Wohnungen, rümpeln Speicher voll, vermüllen Keller, verstopfen Garagen. Braucht man das alles? Bestimmt irgendwann! Gefangen im Konsumkreislauf, der unsere Wirtschaft am Laufen hält und unsere Gesellschaft definiert, erhöhen sich die Ausgaben für Konsumartikel stetig, während man sich mehr oder weniger verzweifelt bemüht, all der Dinge Herr zu werden, die man um sich herum anhäuft – hier in Deutschland wie im Rest der westlichen Welt.

Es ist so eine Sache mit dem Haben und mit dem Sein. Als Kind skandierten wir den Kanon „Froh zu sein

bedarf es wenig“, als Teenager „Eigentum ist Diebstahl“. Heute sitzen wir auf dem Sofa, knabbern einen Keks und blättern durch Studien, die sich mit dem Glück der Menschen beschäftigen.

Existiert ein Zusammenhang zwischen Frohsinn und Vermögen? Nach dem aktuellen Weltglücksbericht des Earth Institute der New Yorker Columbia-Universität sind die Dänen am glücklichsten, gefolgt von den Schweizern, Isländern und Norwegern. Reichtum macht demnach zufrieden. Wobei ... Deutschland liegt auf Platz 16, und ausgerechnet auf Platz 15 findet man Puerto Rico – ein Staat, dessen Wirtschaft seit Jahren am Boden liegt. Das Königreich Bhutan wiederum, in dessen Verfassung das Glück seit 2008 festgeschrieben steht, landet nur auf Platz 84. So viel zur buddhistischen Genügsamkeit.

Fragt sich nun, woher dieser anhaltende Trend zum Minimalismus in den Industrienationen rührt. Ist es der Überdruß am Überfluß? Der Soziologe Ronald F. Inglehart prägte einst die Theorie des Wertewandels, nach der sich die Prioritäten verschieben, wenn es an nichts mangelt. Passenderweise tauchten Anfang des Jahrtausends Ratgeber mit Titeln wie „Simplify Your Life“ auf, später kamen die US-Amerikaner Kelly Sutton mit seinem Blog „The Cult of Less“ (Der Kult des Weniger) oder Joshua Fields Millburn und Ryan Nicodemus mit ihrer Webseite theminimalists.com dazu. In diesem Diskurs entflammte man für die Ästhetik des Entschlackens und die damit einhergehende Freiheit und Agilität. Und innerhalb dieser Reduktionsbewegung formierten sich ebenfalls die Sharing-Economy und das sogenannte NOwnership. Etwas sein Eigen nennen? Gott, bewahre! Das Zauberwort im hyperkomplexen digitalen Zeitalter heißt – Zugang. Niemand braucht mehr ein Regal voller Filme, wenn wir alles auf Netflix streamen können. Eine Plattensammlung? Dafür gibt es Anbieter wie Spotify. Ein eigenes Auto? Leihen wir uns über Carsharing-Angebote oder via Uber. Und das gute Öko-Gewissen für gelebte Nachhaltigkeit gleich mit.

Was stört, muss weg

Alles muss raus? Jein. Die letzte Blüte, die der Postmaterialismus treibt, ist der Erfolg der Sortierberühmtheit Marie Kondo. Ihre Bücher tragen Titel wie „Wie Wohnung und Seele aufgeräumt bleiben“, wurden in 27 Sprachen übersetzt und verkaufen sich millionenfach. In den USA existiert inzwischen sogar das Verb „to kondo“. Die Grundlehre der Japanerin besteht darin, dass man jedes Objekt in die Hand nimmt und sich fragt, ob es Freude bereitet. Wenn nicht, muss es weg. Ob das mit dem Staubsauger oder einem Fahrzeugschein ebenfalls funktioniert, sei dahingestellt. Immerhin muss man zugeben, dass es sich um eine ausnehmend schlichte Methode handelt, um sein Leben mit Freude zu erfüllen – wenn auch nicht mit der Freude am Mangel, sondern am Dinglichen. Da waren sie wieder, die Dinge. Das einfache Glück ist doch eine komplexe Angelegenheit.



DIE AUTORIN

Die Hamburger Journalistin **Wiebke Brauer** träumt zwar nicht immer von den einfachen Dingen im Leben, frönt aber einem ausgeprägten Hang zum Wegschmeißen. Die Idee der Aufräumberühmtheit Marie Kondo, nach der man

nur das behalten sollte, was Freude macht, fand sie so überzeugend, dass sie umgehend mit einem Müllsack durch ihre Wohnung zog.



der Westeuropäer (D, F, GB, I, E) haben **Interesse am Carsharing**, aber nur 55% würden ihr eigenes Auto mit anderen teilen.

Quelle: Ford-Umfrage, 2016



der Teilnehmer einer weltweiten Umfrage unter Besserverdienenden (>80.000 €) würden sich **von einer unerwarteten Geldzuwendung** eine Reise oder eine Aktivität gönnen, 19% ein technisches Gerät und 11% Kleidung, Schmuck etc.

Quelle: The Economist Group Luxury Goods Survey, 2014



„**Siedlungsabfall**“ produziert ein EU-Bürger pro Jahr im Durchschnitt. Auf Platz 1: Dänemark mit 758 kg. Das niedrigste Abfallaufkommen hat Rumänien mit 254 Kilo.

Quelle: Eurostat, 2014



Kleidungsstücke haben die Deutschen in ihren Schränken, gut 2 Mrd. oder rund 40% davon tragen sie sehr selten oder nie.

Quelle: Greenpeace-Umfrage, 2015



der Deutschen bewundern Menschen, die **keinen Wert auf Besitz** legen.

Quelle: different Statusstudie 2013



EINEN RIECHER FÜR ELEKTROPROBLEME

Den Hund ausführen und gleichzeitig den Zustand einer Maschine überprüfen? Klingt verrückt, ist es aber nicht. Das für seine kreative und flexible Denk- und Handlungsweise bekannte niederländische Industrie-Service-Unternehmen SPIT Electrical Mechanics in Almelo setzt tatsächlich auf die feine Nase des besten Menschenfreundes. Pelzige „E-Sniffer“ können SPIT-Kunden eine Menge Wartungskosten ersparen und die Lebensdauer von Maschinen verlängern – auch aus Sicht der Nachhaltigkeit ein wertvoller Beitrag.



— Nicole Ent-Schipper lotst den dreieinhalb Jahre alten Australian Shepherd Dice zu einer Maschine in der Halle, einer der drei Abfall-Energielinien auf dem Gelände des Biomasse-Verwerters Twence in Hengelo, Niederlande. Der Hund läuft um die Maschine herum und schnüffelt eifrig an jedem Teil; ab und zu klettert er hinauf, um alle 225 Millionen Riechzellen optimal einzusetzen (der Mensch hat „nur“ fünf Millionen solcher Zellen). Ent-Schipper und Dice gehen an der ganzen Maschine entlang, wobei der Hund aufmerksam auf jede Anweisung seiner Betreuerin reagiert. Nach

etwa fünf Minuten setzt Dice sich hin und gibt Nicole somit an, dass er eine Störung aufgespürt hat.

Die Vorführung mit dem E-Sniffer unterstreicht den praktischen Nutzen dieses ungewöhnlichen Angebots von SPIT zur Vermeidung eines frühzeitigen Ausfalls von Hochspannungsmaschinen. Das Unternehmen bedient Sektoren wie Energie, Industrie, Chemie, Öl & Gas, Agrar & Nahrungsmittel und Wasser. Wobei die Hauptaktivität darin besteht, Kunden dabei behilflich zu sein, Maschinen in Betrieb zu halten. Dazu verwendet

SPIT in der Regel fortschrittliche Instrumente zur Messung von allen möglichen elektrischen Variablen, von kritischen statischen und rotierenden Maschinen oder Komponenten. Auf Basis dieser Messergebnisse ermittelt ein cloudbasiertes Modell die erwartete restliche Lebensdauer des Geräts.

Bei den größeren Maschinen (mehr als 2 MW) finden sich Probleme meistens im Bereich Elektrik: Etwa 60 Prozent aller Maschinenausfälle werden durch einen Wicklungsschluss verursacht. Ein wichtiger Indikator sind Teilentladungen in den Wicklungen. Beim Aufspüren einer Maschinenstörung ist der Hund dazu ausgebildet, drei Signale zu unterscheiden, „einen Ultraschallton als Zeichen eines Stromlecks, den Geruch von Ozon bei Teilentladungen und den Geruch von Salpetersäure, wenn sich Sauerstoff in Form eines weißen Pulvers niederschlägt“, erklärt Leen Keesmaat, Manager Condition Monitoring bei SPIT. „Der große Vorteil ist, dass der Hund das Problem frühzeitig aufspürt. In der Regel beginnt diese ‚Leckage‘ in der Isolierung mit einem kleinen Loch, das immer größer wird und letztendlich zu einer sehr teuren Reparatur führt. Wenn das Loch abgedichtet werden kann, spart man eine Menge Kosten.“

Wie Hunde zu E-Sniffern wurden

Kunden reagieren überrascht, wenn Keesmaat von Dice und seinem Halbbruder und E-Sniffer-Kollegen, dem zweieinhalb Jahre alten Gary, erzählt. „Sie wundern sich darüber, wie man sich so etwas ausdenken kann“, lacht Leen Keesmaat. „Vor einigen Jahren haben wir ein Projekt mit der Universität Twente durchgeführt, um das Wissen von erfahrenen Kolleginnen und Kollegen – die Heroes unseres Unternehmens – niederzuschreiben. Sie wurden bei Maschinenausfällen immer hinzugezogen und haben dann auch an den Maschinen gerochen, um die Ursache zu ermitteln. Die Frau eines Kollegen arbeitete mit Hunden, und so führte das eine zum anderen.“

Auch eine andere Frage wird ihm oft gestellt: Warum versucht ein Unternehmen, dessen Kerngeschäft die Wartung ist, Lösungen zur Vermeidung von

Instandsetzungen zu finden? „Wir möchten unseren Kunden die höchstmögliche Produktivität zu den geringstmöglichen Kosten garantieren. Deshalb suchen wir ständig nach Möglichkeiten, dies noch effizienter zu gestalten“, erklärt der passionierte Ingenieur.

Der größte Vorteil

63 Prozent aller Messungen, die SPIT durchführt, bestätigen, dass die Maschine intakt ist und keiner Instandsetzung bedarf – eigentlich eine gute Nachricht. „Aber während des Checks ist die Maschine außer Betrieb, weil für eine Messung die Kabel getrennt werden müssen. In manchen Fällen muss man dazu viele Hunderte von Schrauben entfernen und äußerst präzise wieder eindrehen“, sagt Leen Keesmaat. „Je nach Maschine belaufen sich die Stillstandskosten von ein paar Tausend Euro bis zu über eine Million Euro pro Tag. Das ist auch der Vorteil von Hunden: Sie tun ihre Arbeit, während die Maschine in Betrieb ist.“

Das Aufspüren von Störungen mit Hunden erfordert laut Nicole Ent-Schipper auch einiges vom Betreuer. „Die Ausbildung des Hundes dauert mindestens drei Jahre.“ Und der Betreuer muss lernen, die Signale des Hundes richtig zu deuten. „Ich bin Hundetrainerin und Verhaltenstherapeutin, aber trotzdem entgeht mir gelegentlich ein Signal.“ Derzeit berät sich SPIT mit dem TÜV über die Möglichkeiten einer Zertifizierung. „Es gibt bereits ein Zertifikat für Hunde, die auf Bohrinseln Rost aufspüren, der entsteht, weil die Konstruktionen ständig dem Meerwasser ausgesetzt sind. Ein großer niederländischer Netzbetreiber arbeitet zum Beispiel mit Hunden, die bis 1,5 Meter unter der Erde Fehler in Hochspannungskabeln aufspüren, die sonst nur schwer zu messen sind.“

Wenn Dice oder Gary einen Defekt entdecken, wird das Ausmaß mit den üblichen Messmethoden festgestellt. „Die Hunde signalisieren das Problem, aber sie können natürlich nicht angeben, um wie viele Pico- oder Nanocoulomb es geht“, sagt Leen Keesmaat. „Aber sie zeigen uns, wenn eine Inspektion nicht erforderlich ist. Und darin liegt der größte Vorteil.“

1 MIO.

Mal besser als der Mensch können Hunde riechen. Auch das Gehör ist beim Hund feiner. Er kann Töne bis 100.000 Hertz wahrnehmen, der Mensch nur bis 20.000 Hertz.

1,5 METER

ist ein Elefantenrüssel lang und gilt damit als größte Nase im Tierreich. Mehr noch: Forscher der Universität Tokio haben bei Dickhäutern doppelt so viele Gene für Geruchsrezeptoren entdeckt wie bei Hunden.

AALE

haben das sensibelste aller Riechorgane. Würde man ein Stück Zucker in den Bodensee werfen, könnte der Aal es an der anderen Uferseite wittern.

AUSTAUSCH VON WISSEN

So arbeiten SPIT und Schaeffler zusammen.

SPIT verfügt über verschiedene Modelle, um den Zustand von Maschinen anhand von Big Data und Machine Learning zu bestimmen. Bei drohendem mechanischen Versa-

gen werden unter anderem Schwingungsmessungen eingesetzt.

Schaeffler verfügt über Sensoren, die die Leistung von Lagern überwachen. Anfang dieses Jahres beschlossen beide Unternehmen, ihre Datenbanken gegenseitig zugäng-

lich zu machen und somit ihr Know-how zu bündeln.

Die daraus resultierenden neuen Erkenntnisse werden in noch bessere Produkte umgesetzt, von denen die Kunden beider Unternehmen profitieren.



Hundeführerin Nicole Ent-Schipper mit den beiden Spürnasen Gary und Dice. Eine Ausbildung zum E-Sniffer dauert mindestens drei Jahre

HIER LEBEN WIR GERN

Eine Rundreise durch die acht „Grünen Hauptstädte Europas“. Wie wurden sie es, was haben sie aus ihrem Titel gemacht?

— von Carsten Paulun

STOCKHOLM PREISVERLEIHER UND PREISTRÄGER

Die Stadt, die alljährlich in einem feierlichen Rahmen den Nobelpreis in fünf unterschiedlichen Kategorien verleiht, erhielt 2010 selbst eine Auszeichnung: erste Umwelt-Hauptstadt Europas. Wer Stockholm aus der Luft sieht, sagt sofort: zu Recht! Schließlich ist Schwedens Hauptstadt **auf 14 Inseln erbaut, die mit 57 Brücken verbunden sind**. Vorgelagert ist ein Sammelsurium von weiteren 24.000 kleinen Felsinseln – der Schären Garten. Wasser, so weit das Auge reicht. Doch diese Idylle war nicht immer ungetrübt. Erst in den späten 1980er-Jahren hat in Schweden ein Umdenken in puncto Umweltbewusstsein eingesetzt. Das Land



und seine Hauptstadt **litten unter Wasserverschmutzung und verpesteter Luft**. Saurer Regen setzte der Stadt zu, die bei steigendem Meeresspiegel im Brackwasser der Ostsee zu versinken drohte. Der Stockholmer steuerte gegen, entwickelte sich zum „Ökobürger“. In der gesamten Stadtplanung und Wirtschaftsförderung übernahm der Umweltgedanke eine zentrale Rolle. Als Resultat wurde Stockholm 2010 die erste „Grüne Hauptstadt Europas“. Die Stockholmer sind stolz auf diese Auszeichnung. Der ehemalige Bürgermeister Sten Nordin: „In Europa leben fast 80 Prozent der Bevölkerung in Städten. Diesen kommt daher eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Lebensbedingungen der Bürger zu. Stockholm möchte daher Vorbild für andere Städte sein.“

Das Umweltbewusstsein der Stockholmer lässt sich auch empirisch nachweisen: Der Kohlenstoffdioxidausstoß

Vor der Wende zum „Grünen“ kämpfte Stockholm mit Wasserverschmutzung, saurem Regen und verpesteter Luft

pro Einwohner hat sich seit 1990 um 25 Prozent reduziert. Aber auch für die Zukunft hat man sich ein hohes Ziel gesteckt: **Bis zum Jahr 2040 soll die Stadt komplett ohne fossile Brennstoffe auskommen.** Die gesamte Energie, die zum Heizen, Kühlen, für Elektrogeräte und für sämtliche öffentlichen und privaten Fahrzeuge benötigt wird, soll dann aus erneuerbaren Quellen kommen. Der Magistrat hat seine Zielvorstellungen in der „Vision 2040“ festgehalten. So soll beispielsweise die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel weiterhin gefördert werden. Das bereits gut ausgebaute Netz von Radwegen soll stetig erweitert werden, zusätzliche Fährverbindungen können den innerstädtischen Verkehr deutlich entlasten. Bereits 2006 war mehr als jedes zweite stadteneigene Fahrzeug ein Auto mit alternativem Antrieb. Bis 2040 soll die Quote auf 100 Prozent steigen!

Die steigende Lebensqualität in Schwedens Hauptstadt schafft aber auch Probleme: Bezahlbarer Wohnraum wird

knapp in der Vorzeige-Metropole. Die Wohngebiete dehnen sich immer mehr ins Umland aus. Doch dem sind Grenzen gesetzt: im Osten die Ostsee, im Norden der Flughafen, im Westen die Seen und im Süden der Nationalpark Tyresta.

2010

Einwohner 910.000

Fläche 187 km²

Einw./km² 4.900

Gegründet 1252

Industrien Telekommunikation, IT, Arzneimittel

Besonderheit Größte und bevölkerungsreichste Stadt Skandinaviens

HAMBURG GRÜNE PERLE

„Hamburg, meine Perle ...“, so schallt Lotto King Karls Hamburg-Hymne bei jedem HSV-Heimspiel durchs Volksparkstadion. Und die Perle ist grün. **Nur wenige Metropolen haben so viele innerstädtische Grünflächen** wie die Hansestadt. Kaum ein Straßenzug ohne Bäume, Hecken, Rasenfläche oder Büsche. Hamburg war schon – zumindest optisch – eine grüne Stadt, als es 2011 Umwelt-Hauptstadt Europas wurde. Begründung der Jury: „Hamburg hat in den vergangenen Jahren große Leistungen erbracht und auf der ganzen Bandbreite exzellente Umweltstandards erreicht. Die Stadt hat sehr ehrgeizige Pläne für die Zukunft, die zusätzliche Verbesserungen versprechen.“ So wurden allein durch Stromeinsparungen von 46.000 MWh jährlich die CO₂-Emissionen seit 1990 bereits um 15 Prozent gesenkt. Bis 2020 sollen die CO₂-Einsparungen im Vergleich zu 1990 40 Prozent betragen, bis 2050 sogar 80 Prozent. Dazu hat die Stadt verbindliche Klimaschutzziele festgelegt.

Doch es sind keine leicht zu erreichenden Ziele, denn die 1,8-Millionen-Metropole ist ein wichtiger Industriestandort. Die Hansestadt ist nicht nur einer der vitalsten Verkehrsknotenpunkte Europas, ihr Hafen zählt zu den größten Containerhäfen der Welt, und sie beherbergt die größte Kupfermühle Europas. Dazu kommen rund 60.000 Wirtschaftsunternehmen aller Branchen und Größen. **Umweltschutz ist deshalb eine besondere Herausforderung für Politik und Wirtschaft.** Denn die Stadt darf wirtschaftlich nicht den Anschluss verlieren. Streitpunkte wie die geplante Elbvertiefung und der Dauerstau auf den Autobahnen A1 und A7 bedürfen zügiger und gleichermaßen umweltfreundlicher Lösun-

gen. Dazu eine Energiewende, in die das gerade ans Netz gegangene Kohlekraftwerk Moorburg mit einer aus heutiger Sicht überdimensionierten Leistung nicht so richtig passen will. Die Herausforderungen und Lösungen sind daher so vielschichtig wie die Stadt selbst. Im Hafen sollen die gigantischen Containerschiffe, aber auch die wachsende Zahl der Kreuzfahrtriesen mit umweltfreundlich erzeugtem Strom versorgt werden, um zumindest einen Teil des **enormen Schadstoffausstoßes der schwimmenden Giganten** abzufedern. Weitere Projekte wie die energetische Sanierung von älteren Gebäuden, der Einsatz von Umwelttaxen mit niedrigem Schadstoffausstoß und die Verbesserung von Windkraftanlagen sollen Hamburg helfen, weiter CO₂-Emissionen einzusparen.

Doch ein wirksamer Umweltschutz allein reicht nicht, um den Titel „Grüne Hauptstadt Europas“ tragen zu dürfen. Die Jury lobte Hamburg auch für die Fortschritte bei Luftqualität, Wasserverbrauch und Flächennutzung. Zu Letzterem trug sicherlich die neue HafenCity bei. Punkte heimste auch das Hamburger Engagement für Radfahrer und den Öffentlichen Personennahverkehr ein. Allerdings betonte die Jury, dass **alle Bereiche noch Spielraum für Verbesserungen böten.** Grund zum Ausruhen hat Hamburg also nicht. Tut es auch nicht. Allerdings stoßen angeschobene Programme für Radler oder auch zur Beschleunigung des Busverkehrs nicht überall auf Gegenliebe. Besonders Autofahrer fühlen sich benachteiligt, vergessen aber, dass Hamburg eine der wenigen westeuropäischen Metropolen ist, in der es keine Umweltzonen gibt. Es ist eben schwer, es allen recht zu machen.



Elbe, Alster und eine Menge Grün, aber auch viel Industrie und einer der größten Häfen der Welt – Hamburg muss die Balance zwischen Ökologie und Ökonomie halten



Einwohner 1.800.000

Fläche 755 km²

Einw./km² 2.400

Gegründet 500 n. Chr.

Industrien Hamburger Hafen, Flugzeugbau

Besonderheit Hamburg hat mehr Brücken als Venedig, London und Amsterdam zusammen

2011



Das Monument auf der Plaza de la Virgen Blanca erinnert an die Napoleonischen Kriege. Aktuell kämpft Vitoria-Gasteiz darum, klimaschädliche Emissionen bis 2050 zu halbieren

2012

VITORIA-GASTEIZ JEDER EINWOHNER HAT 45 M² GARTEN

Vitoria-was? Noch nie gehört? Vitoria-Gasteiz liegt in 500 Meter Höhe im Baskenland, etwa eine Autostunde südlich von Bilbao und der Biskaya-Küste. Die Stadt wird wegen ihrer kühlen Temperaturen auch gern „Sibiria-Gasteiz“ genannt. Und wurde 2012 „Grüne Hauptstadt Europas“. Vitoria-Gasteiz hat sich in den Bereichen **nachhaltige Mobilität, Recycling, Wasserverbrauch, Grünflächen** und in der Stadtplanung stark engagiert. Die Jury zeigte sich dabei besonders vom Projekt „Grüner Gürtel“ beeindruckt. Dieser nimmt ein Drittel des Stadtgebietes ein und bildet einen Ring um das Zentrum, sodass jeder Einwohner im Umkreis von 300 Metern in kurzer Zeit eine Grünfläche erreichen kann. Umgerechnet auf die Bevölkerung stehen jedem Einwohner 45 Quadratmeter „Grün“ zur Verfügung. Neben ihrer Funktion als Naherholungsgebiet erfüllen die Grünflächen auch noch einen erzieherischen Zweck – sie bieten der Bevölkerung praktisches Anschauungsmaterial für Gärtnern in der Stadt. Vitoria-Gasteiz war bei der Optimierung des Wassermanagements ebenfalls äußerst erfolgreich. Schwerpunkte waren dabei die Beseitigung von Lecks im Leitungssystem, Modernisierungen in der Infrastruktur und Aufklärungskampagnen, um der Bevölkerung die **Wichtigkeit des Wassersparens** nahezubringen. Ergebnis: Zwischen 2001 und 2009 sank der Pro-Kopf-Verbrauch um 20 Prozent. Das Ziel sind 100 Liter pro Kopf und Tag. Das ist die Hälfte des Weltdurchschnitts.

Weitere erfolgreiche Aufklärungskampagnen der Stadtverwaltung von Vitoria-Gasteiz betrafen Müll- und Lärmvermeidung sowie die Reduktion negativer Umweltfolgen durch nächtliche Lichtemission von Gebäuden und Straßenbeleuchtung. Für den öffentlichen Nahverkehr bietet die Stadt **neben zahlreichen Bussen**

Einwohner 244.000

Fläche 280 km²

Einw./km² 880

Gegründet 1181

Industrien Automobilbau, Maschinenbau, Aeronautik

Besonderheit Seit 1980 Hauptstadt der spanischen Autonomieregion Baskenland

auch zwei Straßenbahnlinien und ein Radwegenetz von insgesamt 90 Kilometern Länge.

Als Reaktion auf den weltweiten Klimawandel fördert die Stadt erneuerbare Energien wie Windkraft, Solarenergie und Geothermie. Zusätzlich wird aus städtischen Abfällen Biogas produziert. **Langfristiges Ziel der Stadt ist die Klimaneutralität.** Durch verschiedene Maßnahmen, wie zum Beispiel eine optimierte Nutzung der Solarenergie, sollen die klimaschädlichen Emissionen der Stadt bis zum Jahr 2050 halbiert werden. Wurden die Leckagen in den Frischwasserleitungen weitestgehend geschlossen, muss Vitoria-Gasteiz sich nun das Abwassersystem vornehmen. Die Belastung des Flusses Zadorra soll durch bessere Klärwerke, die auch vermehrtes Wasserrecycling (nicht als Trinkwasser) ermöglichen, weiter verringert werden.

Ein weiterer Schwerpunkt für die Zukunft der Stadt liegt darin, die hier angesiedelten **Wirtschaftsbetriebe in das grüne Stadtentwicklungskonzept einzubinden.** In Vitoria-Gasteiz betreibt beispielsweise Mercedes-Benz das zweitgrößte Transporterwerk der Marke. Dass aktiver Umweltschutz aber auch Arbeitsplätze bedeutet, zeigt ein weiterer Industriepartner: Gamesa Corporación Tecnológica – ein Windkraftanlagenhersteller.



2013

Einwohner 293.000

Fläche 65 km²

Einw./km² 4.500

Gegründet 1. Jahrhundert n. Chr.

Industrien Stahl, Glas, Textil, Zucker

Besonderheit In der „La Villa Hamster“ kann man für 100 Euro wie das Nagetier übernachten – inklusive Laufrad

NANTES EINMAL LEBENSWERT, IMMER LEBENSWERT



Neben drei Straßenbahnlinien vernetzen 70 Buslinien den ÖPNV von Nantes

Titel verpflichten. 2004 kürte das „Time Magazine“ Nantes zur „lebenswertesten Stadt Europas“. Das spornte die 293.000 Einwohner der einstigen Werften-Metropole an nachzulegen. Sie hatten begriffen, dass **Lebensqualität untrennbar mit Nachhaltigkeit und Umweltschutz einhergeht**. Zur Belohnung folgte 2013 der Titel „Grüne Hauptstadt Europas“.

Die Jury zeigte sich besonders beeindruckt vom Konzept für nachhaltigen Verkehr. Nantes war 1985 die erste Stadt Frankreichs, die ein Liniensystem für elektrische Straßenbahnen erfolgreich wiederbelebt hat. Überregional bekannt ist die Buslinie 4 von Foch Cathédrale bis Porte de Vertou. Sie verläuft vollständig auf eigenen Fahrbahnen und hat **an allen Kreuzungen Vorrang**. Auch andere Buslinien sollen besser werden, das Gleiche gilt für die Infrastruktur für Fußgänger und Radler. Autofahrer haben hingegen zusehends das Nachsehen. Ihr Anteil an der täglichen Mobilität soll auf unter 50 Prozent zurückgedrängt werden. Schon 2013 gelang so eine CO₂-Reduktion auf 4,77 Tonnen pro Kopf und Jahr. Zum Vergleich: In Deutschland lag der Wert doppelt so hoch.

Von der Künstlergruppe „Compagnie la Machine“ aus Nantes stammt das „Aéroflorale“, ein Koloss wie aus ei-

nem Roman von Jules Verne, einem Sohn der Stadt. Die Luftschiff-Fantasie wird mit Gas aus Pflanzen betrieben, die im Inneren verrotten. Von Nantes aus startete das Projekt auf Europatournee, um das Umweltbewusstsein zu schärfen. 2013 begeisterte es in Hamburg-Wilhelmsburg die Besucher der Internationalen Gartenausstellung.

Nantes bietet seinen Bewohnern neben einem gut ausgebauten Öffentlichen Nahverkehr auch viele Grünflächen.

Im Großraum Nantes gibt es **vier Naturschutzgebiete und 33 Naturräume** von botanischem, zoologischem oder ökologischem Interesse. So weit, so grün. Aber die Stadt dreht weiter an der CO₂-Schraube. Eingespart werden soll im Verkehr, bei Gebäuden und in der Industrie. Und das trotz der ansässigen Großbetriebe. So fertigt **Airbus am südlichen Stadtrand mit 10.000 Beschäftigten** unter anderem Rumpfsegmente sowie Kohlefaser-Bauteile.

Weitere wichtige Arbeitgeber sind die Stahl-, Glas-, Textil- und Zuckerindustrie, die für viele CO₂-Emissionen verantwortlich sind. Es gilt – wie für die anderen Umwelt-Hauptstädte (und die, die es noch werden wollen) – im Hinblick auf die Arbeitsplätze gemeinsam mit der Wirtschaft die Lösung der Umweltprobleme anzugehen. Denn „lebenswert“ bedeutet auch ein sicheres Einkommen.



KOPENHAGEN RADLERS NUMMER 1

Dänemarks Hauptstadt Kopenhagen ist nicht nur das wirtschaftliche und kulturelle Zentrum des Landes. Die quirlige Ostsee-Metropole zieht jedes Jahr viele Touristen aus aller Welt an. Und diese können sogar im Hafenbecken baden, **so sauber ist das Wasser** selbst dort. Wen wundert es da, dass Kopenhagen 2014 als fünfte Stadt mit dem Titel „Grüne Hauptstadt Europas“ ausgezeichnet wurde. Kopenhagen punktete vor allem mit dem Ausbau des Radverkehrs und dem vorbildlichen Fernwärmenetz. Im Visier hat Kopenhagen ein noch größeres Ziel, als Europas Umwelt-Hauptstadt zu sein: Die Stadt will **schon 2025 vollkommen klimaneutral** sein. Und ganz nebenbei ihren Titel als Welthauptstadt der Radfahrer verteidigen. Die Bürger sollen 50 Prozent aller Fahrten zur Arbeits- oder Ausbildungsstelle mit dem Fahrrad tätigen. Schon heute ist das **Kopenhagener Radwegenetz weltberühmt** und dient vielen ausländischen Metropolen als Vorbild. Wenn in europäischen Großstädten der Radverkehr denselben Anteil an der Verkehrsleistung erreichte wie in Kopenhagen, würden pro Jahr europaweit mindestens 76.600 Arbeitsplätze im Bereich des umwelt- und gesundheitsverträglichen Verkehrswesens entstehen. So lautet das Fazit einer Publikation von UNECE und WHO.



ökonomische Interessen. Der Umweltsektor ist bereits heute ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für die Stadt: Im Großraum Kopenhagen arbeiten etwa 25.000 Menschen im Bereich der Umwelttechnologien. Tausende Firmen sind dort aktiv, und die Produktivität dieses Sektors liegt 40 Prozent über dem Durchschnitt der dänischen Industrie. Das zeigt, dass der **Umweltsektor zur treibenden Wirtschaftskraft des Landes angestiegen** ist. Selbst während der Finanzkrise 2008 wuchs der Bereich um acht Prozent, während die Gesamtwachstumsrate des Landes in dieser Zeit bei nur 1,1 Prozent lag. Für die zukünftige Entwicklung der Stadt scheinen die Zeichen also positiv. Das Reglementieren des Autoverkehrs hat aber auch Nachteile: Die Bewohner aus dem Kopenhagener Umland kommen zum Einkaufen nicht mehr in die Innenstadt, sondern nutzen lieber die Einkaufszentren außerhalb. **Eine Verwaisung der Innenstadt** droht. Kopenhagen versteckt sich nicht vor diesen Herausforderungen. Im Gegenteil: Die Stadt hat unter Einbeziehung aller für den „Umwelt-Hauptstadt“-Preis nominierten Städte ein Netzwerk zum Erfahrungsaustausch gebildet, um damit für die zukünftige Entwicklung zu noch grüneren Städten entscheidende Impulse zu liefern.

Kopenhagens 2002 in Betrieb genommene U-Bahn ist eine weitere Messlatte. Sie wurde 2008 von Verkehrsexperten als „**beste Metro der Welt**“ bezeichnet. Auch das Fernwärmenetz ist vorbildlich. Es erreicht schon heute 98 Prozent der Haushalte. Nächstes Ziel: die Umstellung auf regenerative Energien. Dahinter stecken – wie bei fast allen Umweltplänen der Stadt – auch handfeste

Einwohner 590.000

Fläche 86 km²

Einw./km² 6.800

Gegründet 1167

Industrien Maschinen, Porzellan, Textil

Besonderheit Der Kopenhagener Tivoli ist der meistbesuchte Vergnügungspark der Welt



Auch die gut ausgebauten Fahrrad-Infrastruktur soll helfen, ganz Kopenhagen bis 2025 klimaneutral werden zu lassen

2015 **BRISTOL** KNOTENPUNKT FÜR CO₂-ARME INDUSTRIE



Die Clifton Suspension Bridge ist das Wahrzeichen von Bristol. Sie überspannt den Avon und ist selbst ein „Öko“: Seit 2006 wird sie mit LEDs beleuchtet



Ist auch Bristol ein Wiederholungstäter? Bereits 2008 wurde die 440.000-Einwohner-Metropole im Südwesten des Vereinigten Königreichs gekrönt und führte die Liste der nachhaltigsten Städte Englands an. Nun, sieben Jahre später, also „Grüne Hauptstadt Europas 2015“. Mausert sich der einstige Topstandort der britischen Luftfahrt (von hier stammen der Überschallflieger Concorde und der Senkrechtstarter Harrier) mit seinen weiß getünchten Stadthäusern zur grünen Vorzeigestadt? Mit den glorreichen Zeiten der beiden Profi-Fußballklubs Bristol Rovers und Bristol City sind auch Umweltverschmutzung und Infrastruktur-Fehlplanungen vom Fluss Avon ins zwölf Kilometer entfernte Meer gespült worden. Immerhin die vielen Sonnenstunden (1.885 jährlich) sind geblieben. Bristol rappelte sich auf, **investierte in Lebensqualität, Nachhaltigkeit, Recycling und Artenvielfalt**. Im Fokus standen schon 2008 die Bürger und der Klimawandel. Heute lässt sich die ganze Stadt kinderleicht mit dem Fahrrad erkunden: Die Anzahl der Radfahrer hat sich in den vergangenen Jahren verdoppelt, eine erneute Verdoppelung soll Schätzungen zufolge bis 2020 eintreten. Von 2005 bis 2010 hat sich der Energieverbrauch der Haushalte um 16 Prozent verringert, die Effizienz im Wohnungsbau wurde von 2001 bis 2011 um 25 Prozent verbessert.

Bristol hat sich keine Verschnaufpause gegönnt, hat allein in den Bereich Verkehr bis 2015 über 500 Millionen Euro gesteckt. Die effiziente **Nutzung von erneuerbaren Energien wird bis 2020 mit 300 Millionen Euro gefördert**. Dazu kommt der Wandel in der Wirtschaft: Statt auf Großindustrie setzte Bristol auf die Kreativ-, Digital- und CO₂-reduzierenden Branchen, schuf hier mehr als 17.000 neue Arbeitsplätze. Allein im Öko-Sektor verzeichnete Bristol 2012 ein Wachstum von 4,7 Prozent. Ergebnis: Trotz einer wachsenden Wirtschaft verringerte Bristol den CO₂-Ausstoß stetig – im Vergleich zu 2005 um ein Fünftel. Ein Ergebnis, das anspricht. Bis 2050 sollen CO₂-Abgase und Energieverbrauch um jeweils 80 Prozent gesenkt werden. Auf dem Weg dorthin möchte Bristol der europäische Knotenpunkt für eine CO₂-arme Industrie werden. Kein Wunder also, **dass Bristol sich selbst den Slogan „Laboratorium für den Wandel“ verpasst hat**. Doch der grüne Weg Bristols hat bislang nicht alle Schattenseiten einer modernen Großstadt getilgt. So zählen vier Stadtquartiere zu den ärmsten Englands. Zwar kann sich Bristol rühmen, zwei der renommiertesten Universitäten zu beherbergen, gleichzeitig jedoch ist die Zahl der mittleren Bildungsabschlüsse geringer als im restlichen Land. Die **soziale Schere klappt demnach sehr weit auseinander**. Dieses Problem zu mindern ist allein schon eine große Herausforderung. Es zu lösen dürfte den Bürgern Bristols fast mehr wert sein als der Titel „Grüne Hauptstadt Europas 2015“.

Einwohner 440.000

Fläche 110 km²

Einw./km² 3.900

Gegründet 11. Jh.

Industrien Luftfahrt,

Sportwagen, Heißluftballons

Besonderheit Beim Dialekt

„Brizzle“ wird an jede Vokalendung ein „l“ angehängt

LJUBLJANA STADT MIT „ZERO WASTE“-PLAN

So schwer der Name der Hauptstadt Sloweniens auch auszusprechen ist, fällt es einem doch leicht, dem Charme dieser kleinen Metropole zu erliegen. In den sauberen Straßen der 290.000-Einwohner-Hauptstadt hat man einerseits das Gefühl, sich im alten Österreich zu befinden – kein Wunder, schließlich gehörte Slowenien jahrhundertlang zum Reich der Habsburger. Andererseits lässt sich das **mediterrane Flair** nicht verleugnen, das die vielen Cafés entlang des Flusses Ljubljanica verströmen. Auch ein bisschen Laibach, so der historische deutsche Name, kann man noch in den liebevoll restaurierten kleinen Altbauten erkennen, die sich an den Ufern des Flusses, dem die Stadt ihren Namen verdankt, aneinanderreihen. Die üppige Vegetation rund um die Stadt bietet zahlreiche Möglichkeiten zum Wandern, Radfahren und zur Ausübung anderer Freizeitaktivitäten wie Fliegenfischen. **Die Lebensqualität ist hoch in Ljubljana.**



Das war allerdings nicht immer so. Vor nicht einmal einem Jahrzehnt drohte das Stadtzentrum am Verkehr zu ersticken. Es war eine Herausforderung, von einem Flussufer ans andere überzusetzen. Das Warten auf den Bus erwies sich als Gleichung mit vielen Unbekannten. Dass dort, wo sich heute beliebte Cafés befinden, Autos an den Ufern des Ljubljanica parkten, ist den meisten Bewohnern der Stadt noch präsent.

Das perfekte Zusammenspiel aus Problemerkennung, Ausarbeitung einer Strategie und konsequenter, schneller Umsetzung überzeugte die Jury – die „Grüne Hauptstadt Europas 2016“ heißt Ljubljana. Innerhalb kürzester Zeit ist es den Stadtvätern gelungen, das politische, administrative, kulturelle und wirtschaftliche Zentrum Sloweniens in eine **beispielhafte Stadt der Nachhaltigkeit** zu verwandeln. Diese Transformation wurde vor allem im Bereich des Nahverkehrs erreicht. Nachhaltige Formen der Mobilität werden gefördert, das Stadtzentrum immer mehr in eine Fußgängerzone umgewandelt. 2012 wurde der Stadtkern für den Pkw-Verkehr geschlossen. Seitdem dominieren Fahrräder den Alltag. Das städtische Fahrradverleihsystem „BicikeLJ“ hat seit 2011 schon 300 Räder an zentralen Stellen der Stadt aufgestellt. Jedes Rad wird durchschnittlich sechsmal am Tag ausgeliehen. Besonderer Anreiz: Die erste Stunde ist kostenlos. Behinderte können sich in den Fußgängerzonen im Stadtkern auf kürzeren Entfernungen gratis mit einem Elektroauto befördern lassen. Zudem werden immer mehr methanbetriebene Stadtbusse eingesetzt, was zusätzlich zur Reduzierung der CO₂-Emissionen beiträgt. 74 Prozent der Haushalte nutzen **Fernwärme und umweltfreundliche-res Erdgas** und tragen so ebenfalls zur Verbesserung der Luftqualität bei. Mit dem 2011 verabschiedeten Aktionsplan „Nachhaltige Energien“ will Ljubljana bis 2020 eine Verringerung des CO₂-Ausstoßes um 30 Prozent erreichen.

Als eine der wenigen Städte in Europa kann Ljubljana sich rühmen, natürliches Trinkwasser zu verwenden, das keiner Vorbehandlung mittels technologischer Verfahren bedarf. Ljubljana ist außerdem die erste Hauptstadt in der Europäischen Union mit einem „Zero-Waste-Plan“. Ziel ist es, ein Leben zu führen, bei dem **kein Abfallüberschuss** produziert und kein Rohstoff vergeudet wird. Alles soll wiederverwendet werden.



Einsammeln und verwerten: Ljubljana will die erste Hauptstadt der EU werden, die keinen Abfallüberschuss aufweist

Einwohner 290.000
Fläche 275 km²
Einw./km² 1.000
Gegründet 1144
Industrien Luftfahrt, Rohstoffhandel, Telekommunikation
Besonderheit Die Uni ist mit 65.000 Studenten eine der größten Europas

2016

2017

ESSEN VERLEGT 400 KM KANAL UNTER DIE ERDE

Essen, Ruhrgebiet, Bergbau – das klingt zunächst nicht nach lebenswerter Idylle. Doch die seit den 1950er-Jahren von Kohlekrise und wirtschaftlichen Umwälzungen gebeutelte 574.000-Einwohner-Stadt Essen hat sich zu einem Kleinod entwickelt. Und zur „Grünen Hauptstadt Europas 2017“. Die Jury würdigte damit die Leistungen und Ziele in den Bereichen Öko-Innovationen, Luftqualität, Natur und nachhaltige Umweltpolitik. Die einfache – aber in Zeiten von Bürokratisierung und Gesetzeswahn alles andere als selbstverständliche – Botschaft der Stadt: **„Ohne die Bürger geht gar nichts.“** Das beginnt schon im Schulalter. So werden jährlich 45.000 Kinder im Biologischen Bildungszentrum „Schule Natur“ in Umweltschutzthemen unterrichtet. Und die gesamte Essener Bevölkerung kann sich im Projekt „essen-pico-bello“ engagieren. Ziel: auf das Thema Sauberkeit aufmerksam machen und das Engagement der Bürger steigern.

Prestigeprojekt für Essen und die Metropolregion Ruhrgebiet ist die Renaturierung des Flusses Emscher, der einst als der schmutzigste Fluss Deutschlands traurige Berühmtheit erlangte. Seit 1992 arbeitet der öffentlich-rechtliche Wasserwirtschaftsverband Emschergenossenschaft an diesem Mammutprojekt. Der Fluss trug seit Jahren den Beinamen „Köttelbecke“, Ruhrgebietsdialekt für „Sch...bach“. 4,5 Milliarden Euro ist es dem Ruhrgebiet wert, die Emscher von diesem Ruf, aber vor allem von ihren Altlasten zu befreien. Unter anderem wird von dem Geld parallel zum Fluss ein Abwasserkanal gebaut, der zum Teil bis zu 200 Meter unter der Erde liegt. Von der **Gestaltung neuer Flusslandschaften**, die 2020 abgeschlossen sein soll, profitieren viele Großstädte des Reviers.

Seit 2005 gibt es in Essen den Stadtentwicklungsprozess STEP 2015+, der gezielt den Wandel und Umbau der Stadt planerisch umsetzen soll. **Viele Projekte sind bereits abgeschlossen**, Wohnen am Wasser oder im Grünen, Spaziergänge an Seen und Auen sind für viele Bürger Essens bereits gelebte Realität. Weitere Projekte sollen folgen, so wie das Programm „ESSEN. Neue Wege zum Wasser“ zur Entwicklung und Vernetzung der Grünflächen und Parks.

Einwohner 574.000

Fläche 210 km²

Einw./km² 2.700

Gegründet 845 n. Chr.

Industrien Energieversorgung, Stahl, Bergbau

Besonderheit Der Hauptgürtelasteroid „(133243) Essen“ wurde nach der Stadt benannt



Die Essener haben erkannt, dass ihr Ziel, ihre Stadt in eine grüne Vorzeige-Metropole zu verwandeln, sich am besten realisieren lässt, wenn man gemeinsam an einem Strang zieht. So entstand bereits 1994 ein Netz aus verschiedenen Kooperationspartnern, die projektbezogen zusammenarbeiten, um mit sinnvoll geplanten Maßnahmen zur Beschäftigung und Qualifizierung die Lebens- und Standortqualität in der Stadt Essen zu erhöhen – der sogenannte „Essener Konsens“. Ortsansässige Unternehmen, private wie auch öffentliche Institutionen haben die **Bekämpfung der Langzeitarbeitslosigkeit mit der nachhaltigen Wohnumfeldverbesserung** in der Stadt Essen kombiniert. Die Firmen, die an der Umgestaltung der Stadt aktiv mitwirken – beispielsweise Garten- und Landschaftsbauer – verpflichten sich, mindestens einen Arbeitslosen für ein Jahr sozialversicherungspflichtig zu übernehmen. Im Idealfall ergibt sich daraus die Überführung in den Arbeitsmarkt. Eine weitsichtige Entscheidung der Stadtväter, denn trotz aller Begeisterung für den Umwandlungsprozess darfeines nicht aus dem Bewusstsein verdrängt werden: Aktuell beträgt die **Arbeitslosenquote in Essen zwölf Prozent** – und ist somit doppelt so hoch wie der Bundesdurchschnitt.



DER AUTOR

Nachhaltig lebt **Carsten Paulun** schon seit seiner Jugend, allerdings unbewusst: Radfahren, Windsurfen und Segeln sind seine großen Leidenschaften. Für sein Haus bei Hamburg sucht der Motor-Journalist und Spezialist für Krisen-Kommunikation nun eine Solaranlage und denkt über die Anschaffung eines Elektroautos nach.

Huch, so grün? Die Ruhr-Metropole Essen überrascht Besucher immer wieder mit viel Natur, wie hier im Stadtgarten

WANN SIND WIR ZU VIELE?

— *Wir werden immer mehr: Bevölkerung um das Jahr 1800 noch rund eine Milliarde Menschen die Erde, waren es 1950 schon 2,5 Milliarden. Heute – keine 70 Jahre später – sind es fast dreimal so viele: 7,39 Milliarden! Und täglich werden es mehr. Alle 24 Stunden kommen mehr als 210.000 Menschen hinzu, jedes Jahr rund 78 Millionen. Neuesten UN-Berechnungen zufolge könnten im Jahr 2100 über 10 Milliarden Menschen die Erde bevölkern. Da ist die Frage „Wie viele Menschen verträgt die Erde?“ durchaus berechtigt. Die Umweltschutzorganisation WWF warnt: Wir verbrauchen jedes Jahr 50 Prozent mehr Ressourcen, als die Erde regenerieren kann. Mehr Effizienz in allen Bereichen ist also gefordert, damit der Ast nicht bricht, auf dem wir alle sitzen. Und mehr Bildung: Denn je höher das Bildungsniveau ist, desto niedriger die Geburtenrate. Ebenso wichtig ist eine gerechte Verteilung. 1,4 Milliarden Menschen leiden heute an Hunger – genauso viele haben Übergewicht. Das ist kein Widerspruch. Fakt ist: Aktuell gibt es eigentlich von allem genug. Genug Wasser für jeden, genug Nahrung, genug Lebensraum, genug Energie. Alles reicht für alle – bis zur welcher Bevölkerungszahl das noch gilt, darauf hat derzeit jedoch niemand eine Antwort.*



» Kontrolliere das Öl, und du kontrollierst Staaten, kontrolliere die Nahrung, und du kontrollierst die Bevölkerung Henry Kissinger

in bewegung

Innovationen im Laufe der Zeit

HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER WELTBEVÖLKERUNG

— Weltbevölkerung in Milliarden
— Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs innerhalb von 10 Jahren



Grafik: Stiftung Weltbevölkerung
Quelle: Vereinte Nationen, World Population Prospects: The 2010 Revision, 2011

NON PLUS ULTRA!



JEDER ZEIT



Pioniergeist, Innovationstrieb und unternehmerischer Instinkt sind einige der Tugenden, die Porsche und Schaeffler einen. Stets markieren die Produkte beider Häuser das Optimum, und das schon seit sieben Jahrzehnten. Wie schnell die Zeit vergangen ist, dokumentieren zwei Sportwagen. Superstars von einst und jetzt – ein Generationentreffen der besonderen Art. Beiden gemein ist die effiziente Nutzung der eingesetzten Energie.

— Es gibt einen kräftigen Schlag in den Rücken, die Halsmuskeln haben ihre schwere Not, den blitzartig zurückschnellenden Kopf in der Senkrechten zu halten. Das Auto schießt nach vorn, als wäre es von einem Katalpult geschossen. „Offiziell nennen wir 2,5 Sekunden für den Sprint von 0 auf 100 km/h“, strahlt Marc Lieb, studierter Ingenieur und praktizierender Porsche-LMP1-Pilot, „aber wir haben auch schon 2,3 gemessen...“ In wenig mehr als sieben Sekunden zeigt der Tacho 200 km/h. Die Kraft der insgesamt 887 Pferde, beziehungsweise physikalisch korrekt ausgedrückt 652 Kilowatt, hält sich erst bei Tempo 345 die Waage mit den sich bietenden Widerständen von Straße, Wind und Co. Kraft ist jederzeit und in für Automobile unbekannter Fülle vorhanden: Sagenhafte 1.280 Newtonmeter misst das maximale Drehmoment, ein Wert, mit dem üblicherweise ausgewachsene Landmaschinen zu brillieren wissen.

Mit Vollgas aus dem Schatten des Krieges

Der Name des automobilen Nonplusultra der Jetztzeit lautet Porsche 918 Spyder. Von seinen Fahrleistungen fällt der Zweisitzer in das Ressort Rennwagen. Doch er trägt eine Straßenzulassung und stellt einen beeindruckenden Gradmesser für die Spitze des heute Machbaren in puncto Automobiltechnologie dar. Das gilt für den Antrieb, die Wahl der Werkstoffe und auch für die Feinarbeit im Detail. Die gewaltigen Fortschritte werden eklatant sichtbar beim Familientreffen des jüngsten Sprosses aus Stuttgart mit seinem Urahnen, dem Porsche 356, der seinerzeit ebenfalls die Spitze des Machbaren verkörperte und das Fundament der erfolgreichen Sportwagenmarke bildet.

» Am Anfang schaute ich mich um, konnte aber den Wagen, von dem ich träumte, nicht finden: einen kleinen, leichten Sportwagen, der die Energie effizient nutzt. Also beschloss ich, ihn mir selbst zu bauen

Ferry Porsche

Zwischen den beiden Porsche liegen sieben Jahrzehnte. Sieben Jahrzehnte Automobilbau, die Schaeffler mit seinen Produkten und Technologien begleitet und mit definiert hat. Porsche und Schaeffler verbinden viele Erlebnisse und Projekte. Beide Unternehmen legen anno 1946 im Herzen des von den Kriegsfolgen gezeichneten Europa den Grundstein für ihr später weltumspannendes Schaffen. Und während in Herzogenaurach 1948 mit Erscheinen des käfiggeführten Nadellagers die Initialinnovation des heutigen Technologiekonzerns entsteht, rollt im österreichischen Gmünd das 356 Cabriolet aus der Werkstatt. Heute steht das gut gehütete Original in Stuttgart-Zuffenhausen.

40 kontra 887 PS

Das dortige Porsche Museum ist auch Begegnungstätte für ein Stelldichein der beiden Sportwagen. Eindrucksvoll sind die Unterschiede, die sich in Zahlen ausdrücken lassen: vier Zylinder versus V8 mit zwei Elektroantrieben, 40 zu 887 PS, Höchstgeschwindigkeiten von 140 und 345 km/h... Fünf Zoll, sprich 127 Millimeter misst die Breite der Reifen auf den 16-Zoll-Stahlfelgen des 356. Die des 918 über zwei- beziehungsweise nahezu dreimal so viel (265/35 R20, beziehungsweise 325/30 R21).

In Porsches Frühwerk sitzen die Insassen auf durchaus bequemem, kübelförmigem Gestühl. Kopfstütze und Gurt? Fehlanzeige! Im 918 kommen Gurtstraffer, Airbags und eine Reihe von weiteren Sicherheitsfeatures wie ABS, ESP und Traktionskontrolle hinzu. Ganz zu schweigen von der auch auf Sicherheit hin optimierten Architektur aus Kohlefaser im Vergleich zu der sensiblen Aluminiumhaut über dem kastenförmigen Stahlblechrahmen beim Urahnen.

Dessen Vierzylinder wird mittels eines Fallstrom-Vergasers mit Benzin ernährt und mobilisiert seine Höchstleistung bei 4.000 Umdrehungen – der Hubraum wird übrigens bereits in dieser sehr frühen Nachkriegszeit aus motorsportlichen Gründen reduziert, von 1.131 auf 1.086 cm³. Dadurch werden Starts in der populären Motorsportklasse bis 1,1 Liter Hubraum möglich. Bei 2.600/min liegt das maximale Drehmoment von 69 Nm an.

Die Kraftübertragung erfolgt über ein manuell betätigtes, unsynchronisiertes Vierganggetriebe (Zwischenkuppeln und wohltdosierte Zwischengasstöße sind herzlich willkommen). Tempo 140 ist für die leer gefegten, aber schmalen Straßen der frühen Nachkriegszeit ein beachtlicher Wert. Möglich wird das dank der guten Aerodynamik mit kleiner Stirnfläche sowie des geringen Gewichts (600 Kilogramm). Die Akustik des luftgekühlten Boxermotors erinnert an den Klang des VW Käfer. Und das nicht von ungefähr, schließlich stammen beide



Wie ein Flugzeugcockpit wirkt der Kommandostand des Hightech-Sportwagens 918 gegenüber dem geradezu minimalistisch wirkenden Innenraum seines Urahns 356



Durchgestylte LED-Rücklichter vs. Glühbirnen-Funzel: Optisch haben beide Varianten ihren Reiz, in puncto Sichtbarkeit und Sicherheit ist die moderne die klar bessere Lösung



Hinweise und Warnmeldungen aller Art – der Porsche 918 liefert Informationen en masse. Der 356 beschränkt sich auf Tempo und Kilometerstand. Für den Rest muss der Fahrer seine fünf Sinne nutzen



Die LED-Scheinwerfer des 918 leuchten weit über einen halben Kilometer in die Dunkelheit. Im Vergleich dazu ähnelt eine Nachtfahrt im 356 einem heimeligen „Laternelaufen“



Egal ob Rückspiegel, Auspuff oder
Bedienelemente am Armaturenbrett –
viele im Porsche 356 wirkt aus heutiger
Sicht geradezu filigran





Aggregate aus derselben Feder und zeigen eine tiefe Verwandtschaft.

Rein elektrisch so schnell wie der 356 und Highspeed wie auf Schienen

Um die Leistungsfähigkeit des 918 Spyder erfahren zu können, ist ein Ortswechsel notwendig. Es geht auf die Teststrecke des Porsche-Entwicklungszentrums im 25 Kilometer entfernten Weissach. Motorengeräusch? Fehlanzeige. Zumindest die vertrauten Verbrennerklänge kommen erst mit Verzögerung und auf Bedarf hinzu, denn der 918 Spyder ist ein Hybrid, das heißt unter seiner aus Carbon gefertigten Karosserie verbergen sich sowohl ein verbrennungsmotorischer als auch ein Elektroantrieb. In diesem Fall sind es gleich zwei. Und laden lässt sich die Lithium-Ionen-Batterie im Fahrbetrieb und – wie es für Plug-in-Hybride charakteristisch ist – über eine Steckdose. Ihre Speicherkapazität von 6,8 kWh reicht für die Fahrt nach Weissach. Die Leistung der Elektroantriebe summiert sich auf 205 kW, das entspricht – in traditioneller Auto-Quartettspiel-Lesart – 279 PS.

Und – falls gewünscht – bleiben die beiden Auspuffrohre des 4,6-Liter-V8-Verbrennungsmotors über das Spitzentempo des frühen 356 hinaus kalt, sprich bis Tempo 150 kann ausschließlich elektrisch gefahren werden. 7,2 Liter Otto-Kraftstoff konsumiert der Vierzylinder-Olddie auf 100 Kilometer. Der Kraftstoffverbrauch des Hybrid-Sportlers ist nach Norm mit 3,0 Liter angegeben. Der Wagen bedient sich aus Tank und Batterie. 12,7 kWh beträgt der Wert in Strom für die Normdistanz.

Gemischtes Doppel, das gilt auch in Sachen Bereifung des 918. Und damit ist nicht allein die Tatsache gemeint, dass der Hybrid-Sportler hinten und vorn Reifen unterschiedlicher Dimensionen in Breite und Durchmesser trägt: Sie sind eigens für die speziellen Anforderungen des 918 Spyder konzipiert. Bodenhaftung und Seitenführungskraft sowie möglichst geringer Rollwiderstand bilden üblicherweise einen Zielkonflikt. Dem sind die Reifeningenieure mit einem aus zwei Komponenten zusammengesetzten Reifen begegnet. Bei Geradeausfahrt rollt der leicht schräg laufende Gummi auf der widerstandsärmeren Innenseite. Bei dynamischer Kurvenfahrt stützt er sich dann über die gesamte

Breite und die zusätzlichen Grip bietende Außenseite ab. Wie gut das funktioniert, demonstriert Le-Mans-Sieger Marc Lieb auf der Teststrecke in Weissach, auf der er die Grenzen der Fahrphysik scheinbar neu definiert. Das Auto verbeißt sich förmlich in den Asphalt und erlaubt unfassbare Kurvengeschwindigkeiten. Der variable Allradantrieb sorgt für eine punktgenaue Verteilung des Lkw-gleichen Drehmoments und dafür, dass der Bolide neutral in die vom Fahrer gewünschte Richtung schießt.

Weitere Helferlein für das Über-Gokart-Feeling sind eine aktive Hinterachslenkung und ebenfalls aktive Aerodynamik-Komponenten an Front und Heck, die sich in drei Stufen verstellen lassen.

Nordschleifen-Weltrekord

Apropos Bordcomputer: Mittels des im Dreispeichenlenkrad integrierten „Sport-Response-Buttons“ lassen sich vier verschiedene Fahrmodi wählen. Sie bestimmen unter anderem Schaltzeiten, Ansprechverhalten des Motors und die Hybridstrategie. Im Fußraum befinden sich – anders als beim dreifach pedalierten Urahnen – lediglich zwei Pedale. Aber dafür hat der 918 noch zwei Schaltwippen am Lenkrad, über die der Fahrer das siebengängige Doppelkupplungsgetriebe mit nassen Belägen auch manuell betätigen kann. Er kann es aber eben auch lassen und den Komfort eines Automatikgetriebes nutzen. Beispielsweise während er, dank Elektroantrieb, in die Londoner Innenstadt fahren darf, wo Autos mit Verbrennungsmotor ausgesperrt bleiben. Dabei kann er – wie in einem ausgereiften Großserienfahrzeug – in Ruhe telefonieren, sich vom integrierten Navigationssystem den Weg weisen lassen und – wie beim Smartphone und iPad – über die Mittelkonsole wischen, um damit zwischen verschiedenen Menüs zu wählen. So ermöglicht der 918 seinem Fahrer nicht nur Bestzeiten auf der Rundstrecke (Marc Lieb umrundete damit die Nürburgring-Nordschleife in 6 Minuten und 57 Sekunden! Weltrekord!!), sondern hilft ihm auch im Alltag.

Auch beim Thema Bremsen geht es um Zusammenarbeit und Vernetzung: Verzögert der 356 noch über Trommeln, ankert der 918 mit pizzadimensionalen Scheiben (vorn 410, hinten 390 Millimeter) aus Keramikverbundmaterial. Dazu addiert sich dann noch die Bremsleistung der E-Maschine, die zugleich Energie zurück in die Batterie speist und die Köpfe der Insassen bei Bedarf mit bis zu 0,5 g nach vorn reißt. Die elektrische Verzögerungsleistung des Porsche 918 Spyder ist um das Zweieinhalbfache größer als die bisherigen Systeme.

Summa summarum lässt sich der Allradsporthler so aus Tempo 300 in weniger als 250 Metern stoppen – wahrhaft atemberaubend.

Eine Clique entwickelte den 356, 400 Ingenieure den 918

Überhaupt macht heute das gelungene Zusammenspiel den Unterschied. Das zeigen nicht nur die verschiedenen Antriebe und zahlreichen Systeme des 918. Dies wird auch deutlich durch den Entstehungsprozess des 918 Spyder. Während Ferry Porsche den Urahnen von 911 und Co. noch mit einer kleinen Clique vertrauter Ingenieure und Techniker realisierte, zählt der „enge Zirkel“ der am Schaffungsprozess des 918 Beteiligten über 400 Ingenieure. Zu dem Kernteam in Weissach gesellen sich dann noch die Heerscharen von Ingenieuren bei den Zulieferern, deren Know-how und Technologien zum Gelingen dieses Fahrzeugs beigetragen haben. Selbst auf den ersten Blick unspektakuläre Komponenten, wie beispielsweise Radlager, wurden für das automobilen Non-plus-ultra optimiert und maßgeschneidert. Ein Beispiel für die detailverliebte Feinarbeit sind die leicht laufenden Hochleistungsradlager von Schaeffler, bei denen Keramikkugeln die sonst stählernen Wälzkörper ersetzen. Lohn der Mühe: minus 640 Gramm. Auch wenn es das Gesamtgewicht von 1.675 Kilogramm auf den ersten Blick nicht zu suggerieren vermag, für die Entwickler des 918 zählt jedes Gramm.

So ist es am Ende eine Idee, die viele beflügelt. Das gemeinsame Ziel: ein einmaliges Automobil zu schaffen und dafür die Inspirationen und Innovationen von vielen Beteiligten zu sammeln und zu einem großen Ganzen zusammenzufügen. Und während vor 70 Jahren noch eine kleine Gruppe von Künstlern gemeinsam ein wahrhaft großes Werk schuf, bedarf es in der Gegenwart eines Orchesters, dessen Werk dafür aber auch um ein Vielfaches beeindruckender wird.



DER AUTOR

Jörg Walz testete bei „auto, motor und sport“, für „Volante“ und die „AUTO ZEITUNG“ bereits viele Autos, Sport- und Rennwagen. Keines beeindruckte ihn bislang so sehr wie der Porsche 918 Spyder, dessen maximale Leistungsfähigkeiten ihm von Rennprofi und Le-Mans-Sieger Marc Lieb demonstriert wurden.



PORSCHE 356

4-Zylinder-Boxer
1.086 cm³
40 PS (29,4 kW)

69 Nm
140 km/h
23,5 Sekunden
Manuelles 4-Gang-Getriebe
830 Kilogramm
rund 10.000 D-Mark

**MOTOR
HUBRAUM
LEISTUNG**

DREHMOMENT

VMAX

0-100 KM/H

SCHALTUNG

GEWICHT

PREIS

PORSCHE 918

V8-Benziner, 2 E-Motoren
4.593 cm³

System: 887 PS (652 kW); V8: 608 PS (447 kW);
E vorn: 129 PS (95 kW); E hinten: 156 PS (115 kW)
1.280 Nm

345 km/h (elektrisch 150 km/h)
2,5 Sekunden

7-Gang-Getriebe mit Doppelkupplung

1.675 Kilogramm

768.000 Euro

9,8 Kilo wiegt das riesige 21-Zoll-Hinterrad mit
Magnesiumfelgen und Zweikomponenten-Reifen



Der Verbrennungsmotor ist mit 135 Kilo
der leichteste der V8-Zunft

Links bekommt der V8 Treibstoff-Futter,
rechts wird Strom für die E-Aggregate getankt





OBERFLÄCHLICH BETRACHTET

Ein Kilo Gewichtseinsparung – hört sich nicht nach viel an. Im Motorsport ist es aber eine kleine Welt. Effizienzsteigerung im Detail. Und genau dieses Kilo als Spielmasse gewinnen die Techniker von Audi dank einer neuartigen Folierung des DTM-Rennwagens Audi RS 5. Im automobilien Alltag wird aber der Lack die Oberhand behalten. Auch weil er immer umweltverträglicher wird.

— Als die Mercedes-Mannschaft der Legende nach 1934 vor dem Eifelrennen auf dem Nürburgring Lack von der Aluminiumhaut ihrer neuen Rennwagen kratzt, versucht sie damit, das laut Reglement auf 750 Kilo beschränkte Höchstgewicht pro Auto zu erreichen. Es gelingt – Manfred von Brauchitsch siegt bekanntlich auf dem nun „Silberpfeil“ genannten W 25 und schreibt ein besonders schillerndes Kapitel Motorsportgeschichte. Auch heute wird um jedes Gramm Gewicht gerungen, um auf der Piste schneller und wendiger zu sein. Ein gespartes Kilo ist da ein echtes Pfund. Darüber freut sich Audi jetzt beim neuen RS 5 DTM: Unter anderem dank einer neuartigen Folie mit eingearbeiteten Sponsoren-Logos wiegt die Beklebung jetzt etwa 1.000 Gramm weniger.

„Folie bietet viele Vorteile im Rennsport“, sagt Bianca Becker, Geschäftsführerin von becker design aus Nieder-Olm und verantwortlich für die neue Folientechnik, „aber das Detail ist entscheidend. Bereits beim Erstellen der Produktionsdaten für den Digitaldruck der Folien muss nicht nur das Gesamtfahrzeug, sondern auch jedes einzelne Bauteil mit seiner individuellen Form erfasst werden.

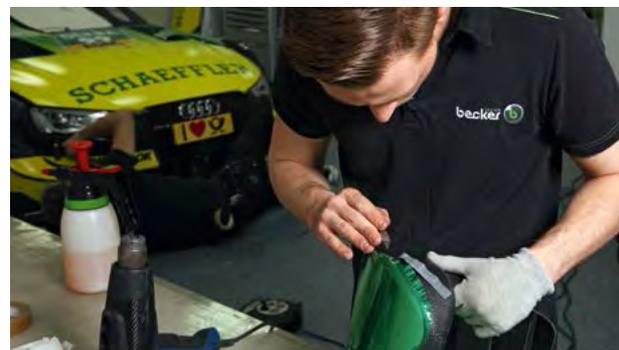
Zudem ist die Materialauswahl, Drucktechnik und exakte Positionierung der Folien-shapes maßgebend.“

Die grundsätzlichen Vorteile gegenüber Lack liegen auf der Hand: Erstfolierung und Reparatur gehen schnell vonstatten (Folierung Rennwagen: circa eineinhalb Tage), und mit etwas Übung kann auch ein Mechaniker in der Box Ersatzfolie verkleben. Früher wurden Kampfspuren bei Rennwagen immer wieder überlackiert – und mit jeder Farbschicht wuchs das Gewicht, das der Pilot um die Kurven wuchten musste.

Auch Folie braucht Lack

Gewicht bringen sowohl Lack als auch Folie mit. Beispiel VW Golf für die Straße: So ein massenkompatibler Kompaktwagen erhält normalerweise vier Schichten Lack – den Korrosion verhindernden Elektrotauchlack, den Füller zum Ausgleichen von Unebenheiten sowie als Schutz vor Steinschlag und UV-Strahlung, den Basislack als Farbe und den Klarlack für den Glanz. Nach Angaben des Deutschen Lackinstituts macht das im nassen Zustand etwa 14 Kilo aus, getrocknet bleiben immerhin noch 4,2 Kilo übrig. Und das, obwohl alle Schichten zusammen nur etwa einen Zehntelmillimeter dick sind, was dem Durchmesser eines menschlichen Haares entspricht.

Eineinhalb Tage benötigt die Firma becker design, um einen filigranen Rennwagen wie den Schaeffler Audi RS 5 DTM zu folieren. Das komplexe Design mit Lack aufzutragen würde – wenn überhaupt möglich – ein Vielfaches der Zeit in Anspruch nehmen und mehr Gewicht zur Folge haben



LACKE IM UND AM AUTO

UV-härtende Lacksysteme härten sekundenschnell mithilfe von UV-Licht aus und sind äußerst widerstandsfähig. Eingesetzt u. a. bei Schutzleisten und Außenspiegeln

Laserbare Lacke werden z. B. für Bedienelemente genutzt. Der auf transparentem Kunststoff aufgetragene Lack wird dort weggelassert, wo Symbole oder Schriften illuminiert werden sollen

Kunststofflacke färben nicht nur, sie schützen die entsprechenden Teile vor mechanischen Einflüssen, UV-Strahlen und Witterung

Alkydharzlacke/ Epoxy-Pulverlacke sind besonders resistent gegen Hitze, Kälte und Chemikalien

Softlacke werden genutzt, um Kunststoffoberflächen mit einer lederähnlichen Optik und Haptik zu veredeln

Autoserienlacke bestehen in der Regel aus vier Schichten (siehe Grafik unten)

Effektlacke wie Metallic- und Perlmuttlacke sind wegen ihrer Außenwirkung bei vielen Autokäufern beliebt

Gleitlacke verbessern Optik und Haptik von Kunststoffen und reduzieren Kratz- und Knistergeräusche

Lacke für Polyurethan-Schäume sind widerstandsfähig und dennoch flexibel. Eingesetzt u. a. bei Lenkrädern, Radkappen, Zierleisten

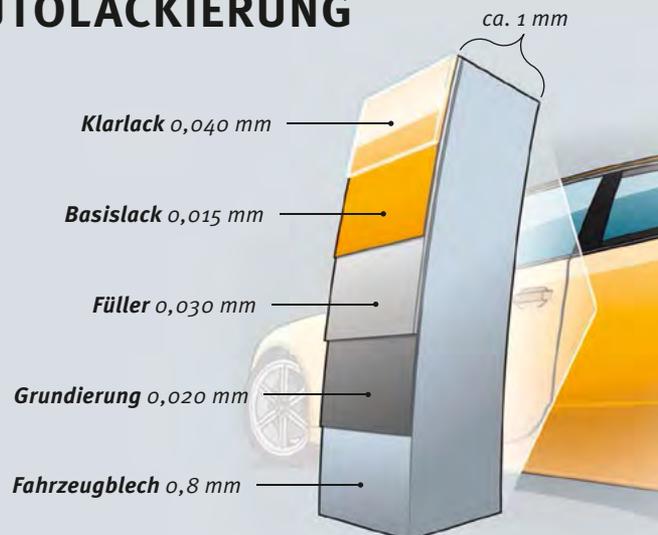
Pulverlacke enthalten keine Lösemittel, hinterlassen kaum Abfälle und gelten daher als umweltfreundlich. Genutzt werden sie u. a. bei Stoßdämpfern, Federn, Felgen und Sitzschienen

INNOVATIONEN CHIC IN FOLIE



Markant designte Folien weisen bei Konzeptfahrzeugen von Schaeffler wie dem CO₂ncept-10% auf die innovative Technik hin, die sich unter dem Serien-Blechkleid verbirgt

AUFBAU EINER AUTOLACKIERUNG



Grafiken: Deutsches Lackinstitut



Eingetaucht oder aufgespritzt:
In verschiedenen
Prozessschritten werden die
Lackschichten aufgetragen

Die Folie für ein Straßenauto wie den Golf wiegt laut Bianca Becker mehr als 160 Gramm pro Quadratmeter (Rennwagenfolie: 106,8 Gramm). Rund 25 m² werden gebraucht. Allerdings: Damit das Auto unter der Folie nicht rostet, muss es sowieso Lack tragen oder wenigstens grundiert sein. Zumindest, wenn die Karosserie aus Blech ist.

Lacke sind widerstandsfähiger

Ein weiterer Nachteil der Folie ist die Oberflächenqualität, die (noch) nicht an die eines Lackes herankommt. „Deswegen“, erklärt Dr. Wolfgang Reckordt, Marketingchef Automotive Coatings Solutions EMEA bei BASF, „werden Folien in der Regel nur zusätzlich zum Lackierprozess eingesetzt. Sie können funktionelle Eigenschaften wie Rostschutz nicht ersetzen. Außerdem sind spezielle Effekte und Farbtöne nicht möglich, und die Haltbarkeit ist wesentlich geringer.“

Letzteres fällt bei Rennwagen weniger ins Gewicht, bei Straßenautos schon: „Im Außenbereich wird die Folienhaltbarkeit besonders durch das Klima und den Winkel der Sonneneinstrahlung bestimmt“, sagt Becker. So gilt in Mitteleuropa etwa bei vertikaler Folierung (zum Beispiel auf den Türen) eine Haltbarkeit von drei Jahren, wenn sie digital bedruckt ist, von vier Jahren bei Uni- und Metallic-Farbe und von fünf Jahren in Schwarz-Weiß. Horizontale Folierung (zum Beispiel auf dem Dach) lebt kürzer: schwarz-weiß drei Jahre, uni, metallic und digital bedruckt nur zwei Jahre. Reckordt: „Die Lebensdauer eines Lackes dagegen entspricht inzwischen der Lebensdauer eines Autos.“

Dennoch macht Folie auch auf Straßenautos Sinn. Zum Beispiel bei Taxis, die nur zeitweise zur Personenbeförderung benutzt werden sollen und unter der folierten Taxifarbe RAL 1015 einen anderen Farbton als „Hellelfenbein“ tragen. Becker ergänzt: „Folien sind hervorragend geeignet für Individualisierungen, um sich aus der Masse hervorzuheben, zum Beispiel für trendige Farben und Mattgrau oder -schwarz. Firmenfahrzeuge können ihre Corporate Identity nach außen zeigen, Polizei- und Kommunalfahrzeuge sind schon lange foliert.

Und bei Leasing- und Promotionsfahrzeugen kann der Lack geschützt werden.“

Und weil beide Methoden ihre Berechtigung haben, werden beide auch kontinuierlich weiterentwickelt. „Die Lackschichten wurden bislang immer dünner, die Applikationsverfahren effizienter und der Abfall weniger“, sagt Reckordt, „aber auch die Prozesse werden optimiert. So wird mit einer modernen Technologie die Funktionalität des Fülllacks in die der Basislackschicht integriert. Dadurch entfällt die Ofentrocknung des Füllers, was wiederum Material und Energie einspart.“ Bei der Folie arbeitet man darauf hin, das schwer entsorgbare PVC als Hauptwerkstoff zu ersetzen.

Einen dritten Weg zeigt beispielsweise Smart auf. Ein Großteil der Karosserieteile des Kleinwagens bestehen aus durchgefärbtem Kunststoff, der nur eine dünne Schicht Klarlack als Schutz braucht. Die großen Vorteile dieser Variante sind das geringe Gewicht und die Unempfindlichkeit.

Übrigens: Schon lange müsste der alte Fernsehmoderatorenbegriff „Lackaustausch“ für den Kontakt zweier DTM-Rennwagen auf der Strecke in „Folienaustausch“ geändert werden. Denn unter der Folie steckt fast überall unlackiertes Carbon.



DER AUTOR

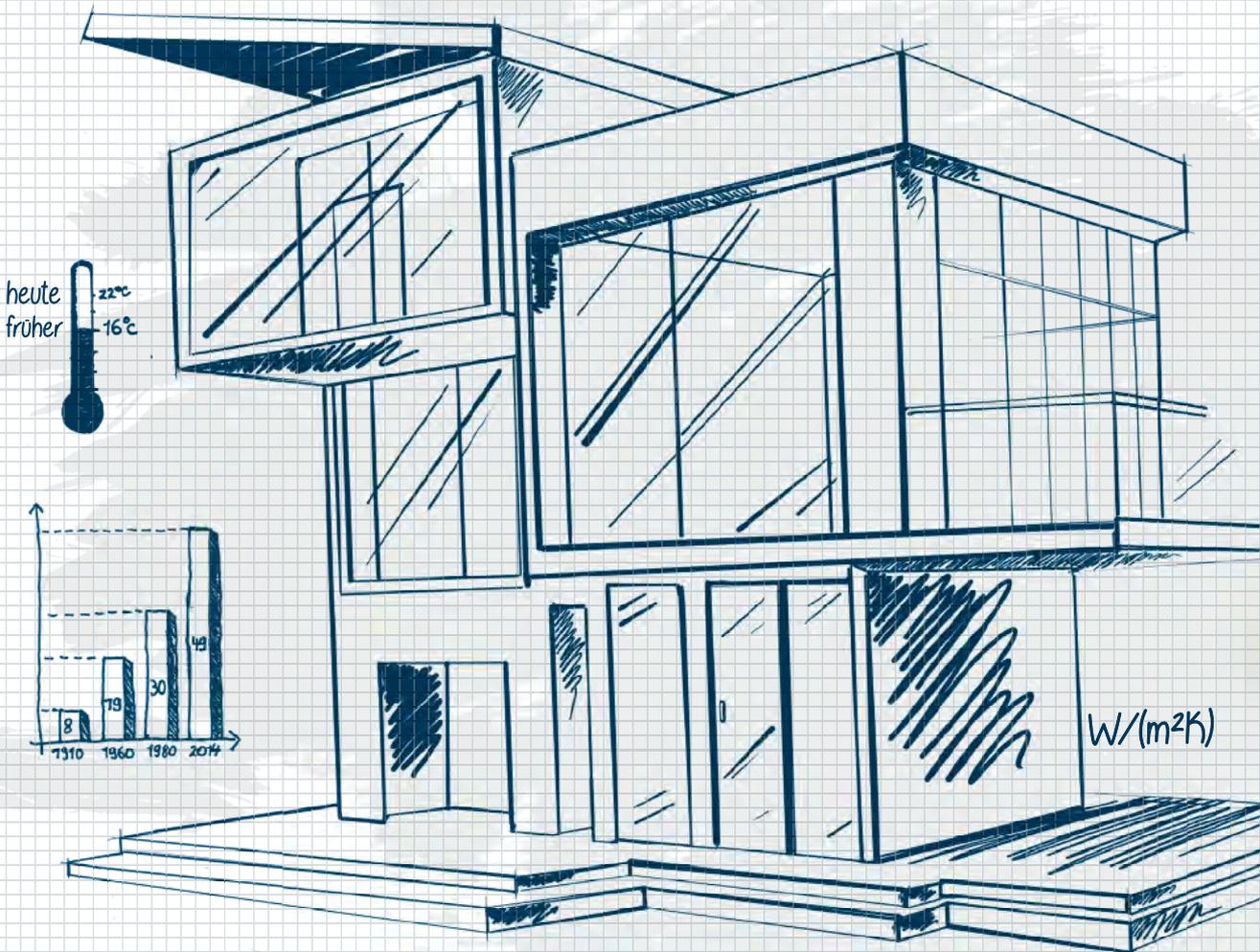
Schon in der Schule lernte **Roland Löwisch**, dass Schwarz und Weiß keine Farben sind. Um später kein Schwarz-Weiß-Maler zu sein, wurde er (Auto-)Journalist.

Nach Stationen beim „stern“ und bei „Auto Bild“ machte er sich selbstständig und erlebt seitdem, wie bunt die (Auto-)Welt wirklich ist. Und so lange der Lack noch nicht ganz ab ist, will er über alles schreiben, was das (Auto-)Leben ausmacht – Oldtimer, Sportwagen, Offroad-Abenteuer. Sein Alltagsauto ist übrigens schwarz. Aber irgendwas ist ja immer ...

ENERGIEBEDARF IM WANDEL DER ZEIT

Den Berechnungen des Ethnologen Marshall Sahlins zufolge war der weltweite Energieverbrauch pro Kopf und Jahr bis zum Beginn der industriellen Revolution nahezu konstant. Wachsender Wohlstand und energieverzehrende Maschinen trieben den Verbrauch dann immer weiter in die Höhe – bis heute. Aber wir lernen dazu, werden jeden Tag sparsamer und setzen neueste Technologien ein, die mit weniger Energie immer mehr können.

— von Carsten Paulun

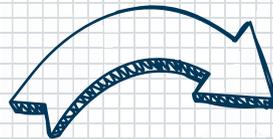


5-7 % Energie kann ein Haushalt einsparen, wenn die Kellerdecke zum ungeheizten Untergeschoss gedämmt wird

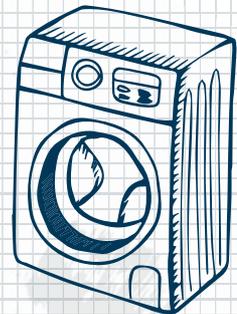
MODERNE HÄUSER SORGEN SELBST FÜR IHRE ENERGIE

Noch bis Mitte des letzten Jahrhunderts galt die Zentralheizung als Luxusgut. Bis dahin wurden die Räume – wenn überhaupt – durch Einzelfeuerungsanlagen erwärmt. Reingekippt wurde Kohle, Holz oder was sonst so greifbar und halbwegs brennbar war. Im Winter freute man sich über **16 Grad im Wohnzimmer**. Der wärmste Ort war die Küche. Hier wurde auf einem ebenfalls mit Kohle oder Holz befeuerten Herd gekocht. Über Abgase und Emissionen machte man sich genauso wenig Gedanken wie über eine Wärmedämmung. Heute wird so etwas in mehreren europäischen Richtlinien geregelt, in Deutschland zusätzlich durch die über 1.000 Seite starke Energieeinsparverordnung.

Folge: **Trotz immer größerer Wohnflächen** (Durchschnitt pro Person 1910: 8 m²; 1960: 19 m²; 1980: 30 m²; 2014: 49 m²) sinkt der Energiebedarf kontinuierlich. Verantwortlich sind dafür vor allem modernste Heiztechnik bis hin zur Nutzung von Erdwärme und üppige Dämmung. Noch vor Ende des Jahrzehnts sollen alle Neubauten in der EU „**Null-Liter-Häuser**“ sein, also so viel Energie erzeugen, wie sie verbrauchen, z. B. über Sonnenkollektoren oder Wärmepumpen. So weit, so grün. Aber: Die Herstellung der Materialien für **Gebäudedämmung verbraucht viel Energie und Rohstoffe**. Zudem ist eine spätere Entsorgung noch nicht geklärt.



40° statt 60° C
= 1/3 weniger Energie



WASCHMASCHINEN WERDEN NICHT SPARSAMER

Ein Drittel der gesamten Energie verbrauchen in Europa die Privathaushalte. Davon fällt etwas **mehr als die Hälfte aufs Heizen**. Licht, Kochen und Elektrogeräte sind für ein weiteres Drittel verantwortlich. Haushaltsgeräte sind in den **letzten 30 Jahren im Schnitt rund 50 Prozent sparsamer geworden**. Beispiele: Eine Kühl-Gefrier-Kombination Baujahr 1992 braucht im Schnitt Strom für 145 Euro im Jahr. Ein modernes Gerät für weniger als 50 Euro. Beim Vergleich herkömmliche Herdplatte gegen moderne Induktionsherdplatte stehen 83 Euro pro Jahr an Stromkosten 65 Euro gegenüber. Doch Vorsicht: Der Ersatz älterer, aber noch funktionierender Elektrogeräte ist aus Umweltschutzgedanken nicht immer sinnvoll (siehe S. 60). Und: **Fortschritt in Sachen Sparsamkeit hat seine Grenzen**. So werden Waschmaschinen in absehbarer Zeit nicht noch sparsamer. Denn damit die Wäsche sauber wird, ist ein Minimum an Wasser nötig, das erhitzt werden muss. So bleibt schließlich nur noch die Möglichkeit, die Wassertemperatur zu senken: 40-Grad-Wäsche braucht etwa ein Drittel weniger Energie als 60-Grad-Wäsche.



50 Watt =
ein Candela



60 Watt =
730 Candela



12 Watt =
730 Candela



9 Watt =
730 Candela

KERZEN SIND ENERGIEVERSCHWENDER

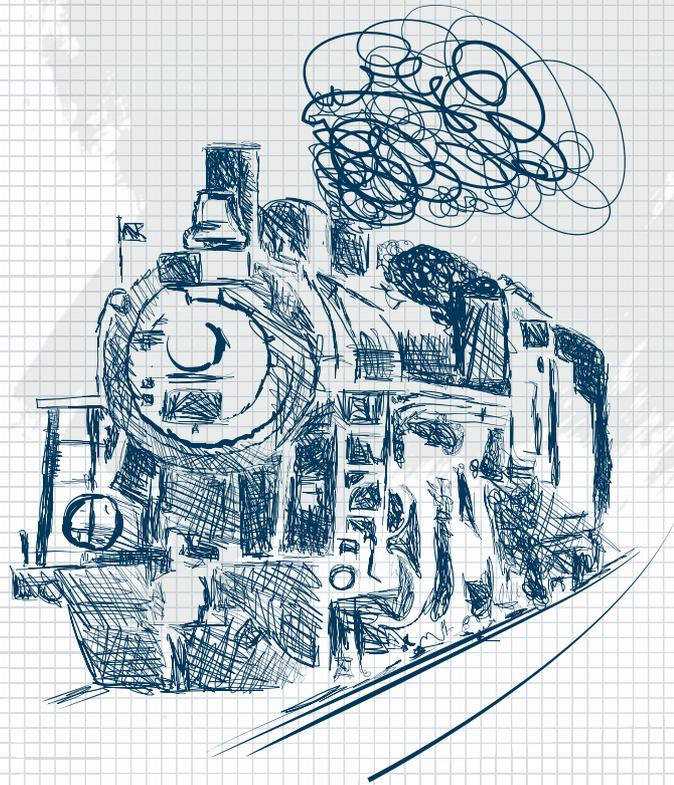
Das Erzeugen von Licht ist eines der wichtigsten Einsatzfelder der Elektrizität. Denn das elektrische Licht verlängert mühelos den Tag und **fördert so die Produktivität**. Heute macht Licht ungefähr vier Prozent unseres Energieverbrauchs aus. Zu viel? Wenn man zum Vergleich auf die gute alte Kerze zurückblickt, sicher nicht. Ihr Licht ist zwar heimelig, aber das Verhältnis von aufgewendeter Energie zur erzielten Helligkeit ist ziemlich mau. Die Flamme am Docht wandelt **50 Watt Energie in eine Lichtstärke von 1 Candela** um. Zum Vergleich: Selbst eine 5-Watt-Fahrradlampe ohne Reflektor bietet 2,5 Candela, mit Reflektor sogar 250 Candela. Die meiste Energie gibt die Kerze in Form von Wärme ab. **Auch Glühbirnen kämpfen** – wenn auch in geringerem Maße – mit dem gleichen Problem und sind daher vom Aussterben bedroht. Das aktuell effizienteste Leuchtmittel ist die LED. Bei gleicher Lichtleistung braucht eine **LED bis zu 90 Prozent weniger Energie als eine Glühbirne**. Die höheren Anschaffungskosten macht die LED durch eine ungefähr zehnfache Lebensdauer wieder wett. Nachteil der LED: Ist das Leuchtmittel kaputt, muss manchmal die ganze Lampe entsorgt werden, weil ein Wechsel der Lichtquelle nicht möglich ist. Immerhin da war ein Kandelaber effizienter.



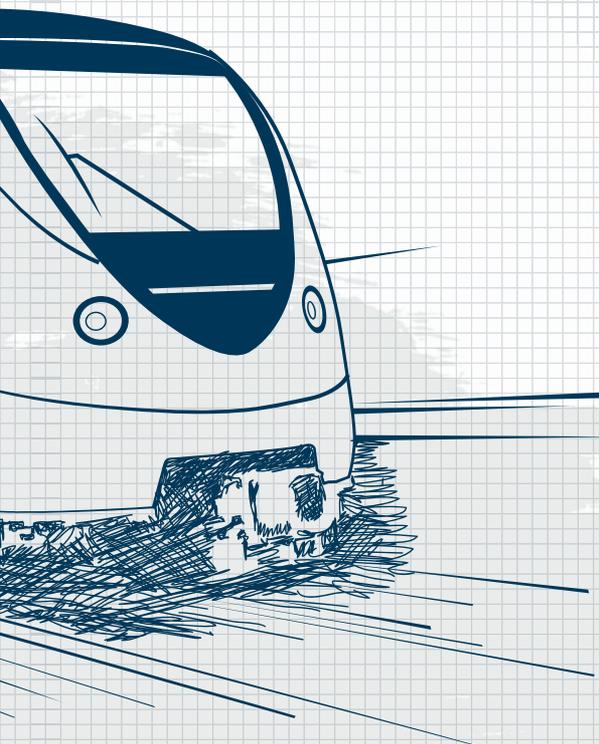
VON DER DAMPFLOK ZUM HYPERLOOP

Bei der Eroberung des Wilden Westens rauchten Dampfloks und schießende Colts um die Wette. Lang ist's her. Heute qualmen die kohlebetriebenen Eisenmonster nur noch auf ausgesuchten, meist touristisch genutzten Strecken. Das letzte Dampffross der Deutschen Bahn ging 1977 in Rente. **Die stärkste in Deutschland jemals eingesetzte Dampfloks**, die 45-003-Serie von Henschel aus dem Jahr 1940, leistete 2,2 MW (3.000 PS) und schaffte Tempo 90: Dabei pustete sie neben jeder Menge Schadstoffen und Rußpartikeln auf jedem Kilometer 133 Kilogramm CO₂ in die Luft. Zum Vergleich: **Ein modernes Auto der Kompaktklasse atmet nicht einmal ein Tausendstel davon aus.** Und selbst ein ICE 3 der Deutschen Bahn – immerhin 18 MW (24.480 PS) stark und über 300 km/h schnell – begnügt sich mit 1,2 kg/km CO₂-Ausstoß, wenn man den **Jahresdurchschnittsverbrauch aller ICE-3-Züge von 2 kWh/km** und den deutschen Energiemix (fossile, regenerative und atomare Energie) zugrunde legt. Da die Deutsche Bahn aber 100 Prozent „grünen“ Strom verwendet, entsteht überhaupt kein klimaschädliches CO₂. Auch beim Vergleich mit einer Magnetschwebebahn (500 km/h, 6 kWh/km Verbrauch, ca. 3,6 kg/km CO₂) sieht die Dampfloks

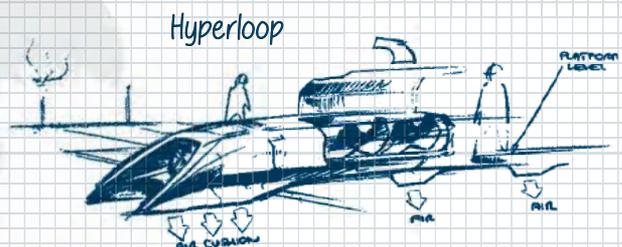
133 Kilo CO₂ = viel Rauch
für 90 km/h



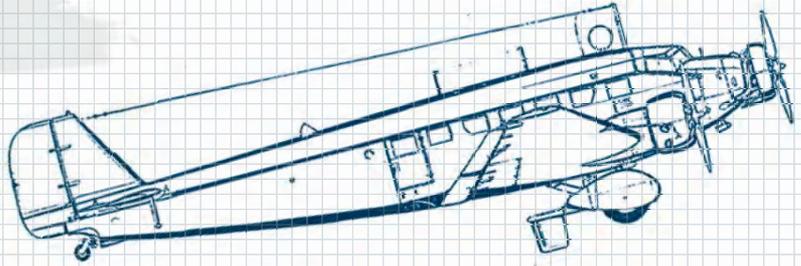
92-95 dB bei 80 km/h - Lärm ist eine
wesentliche Umweltbelastung durch die Bahn



mehr als uralt aus. Allerdings: Mit der Geschwindigkeit der Highspeed-Züge steigt auch ihr Verbrauch. Der von Tesla-Boss Elon Musk geplante Hyperloop, der in Vakuum-Röhren auf 1.200 (!) km/h beschleunigen soll, ist mit einem Stromverbrauch von 4,4 GWh (4,4 Millionen kWh) pro Tag (!) kalkuliert. Diesen Strom, **der dem Tagesbedarf einer 360.000-Einwohner-Stadt entspricht**, soll das System aber selbst produzieren: Auf den Oberrohren des Hyperloops sind Solarpaneele geplant, und als Pfeiler könnten Windräder dienen. Außerdem wird beim Abbremsen des Kapsel-Zugs Energie rekuperiert. Allein dadurch sollen gut 60 Prozent der Energie, die für den Antrieb benötigt wird, zurückgewonnen werden.



Tante Ju = 11 L / Passagier
Heutiger Jet = 4-5 L / Passagier



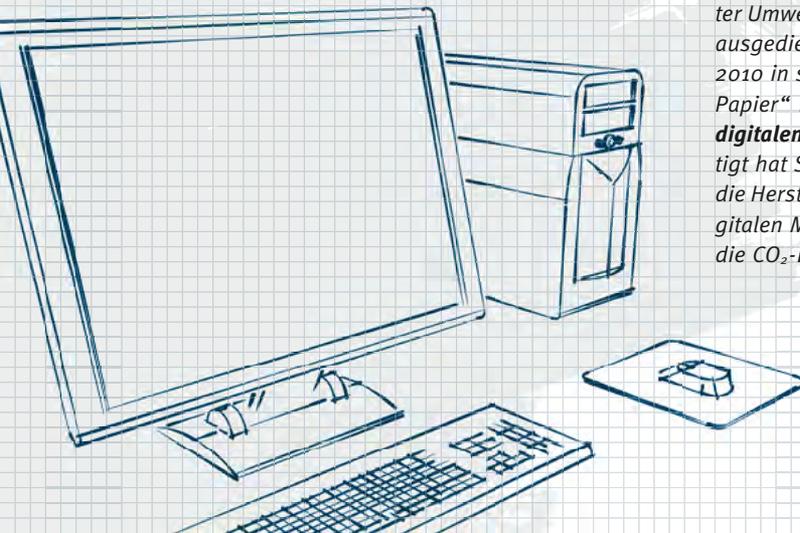
FLUGZEUGE SIND 30 PROZENT SPARSAMER GEWORDEN

Laut Wikipedia gilt die Sikorsky Ilya Murometz von 1914 als erstes Passagierflugzeug der Welt. Sie hatte eine Passagierkabine für 16 Personen und bot einen Schlafrum mit Bad. Ausgestattet mit vier 220-PS-Motoren schaffte sie maximal 130 km/h und eine Reichweite von 500 Kilometern. **Die berühmte Junkers Ju 52, die „Tante Ju“**, aus dem Jahr 1932 verbrauchte mit ihren drei Propeller-Triebwerken etwa 11 Liter pro Passagier und 100 Kilometer. So wird bei Verkehrsmaschinen der Verbrauch angegeben. Die Reichweite lag bei knapp 900 Kilometern, die Höchstgeschwindigkeit bei 250 km/h, also knapp unter einem Drittel der heutigen Verkehrsmaschinen. **Moderne Linienflieger brauchen etwa vier bis fünf Liter pro Person und**

100 Kilometer. Das gilt aber nur für Langstrecken ab etwa 1.500 Kilometer. Bei kurzen Flügen bis 1.000 Kilometer liegt der Verbrauch bei sieben bis acht Litern. Das liegt an der spritfressenden Startphase, in der die Triebwerke volle Leistung liefern müssen. Bei Langstrecken spielt die kurze Startphase insgesamt gesehen keine große Rolle. Kerosin, der Treibstoff der modernen Düsentriebwerke, **setzt nicht mehr CO₂ frei als normaler Dieseldieselkraftstoff.** Problem: Durch die Flughöhe wird das **schädliche CO₂ deutlich näher an der sensiblen oberen Atmosphäre freigesetzt.** Und durch den rasant wachsenden Flugverkehr (doppelt so schnell wie die Weltwirtschaft) gelangen immer mehr Schadstoffe in die Atmosphäre.



Je kürzer die Lesezeit, desto effizienter ist der Bildschirm



GEDRUCKTES PAPIER IST OFT „SAUBERER“ ALS E-PAPER

Das gute alte Zeitungs- und Buchpapier – zumindest unter Umweltschutzgesichtspunkten hat es noch lange nicht ausgedient. Nachhaltigkeitsexperte Markus Schinerl hat 2010 in seiner Expertise „Carbon Footprint Digital versus Papier“ sämtliche **CO₂-Emissionen von gedruckten und digitalen Medien-Erzeugnissen verglichen.** Berücksichtigt hat Schinerl bei den Papierprodukten den Transport, die Herstellung, den Druck sowie den Vertrieb. Bei den digitalen Medien wurden neben dem Stromverbrauch auch die **CO₂-Emissionen von Herstellung und Entsorgung des**

digitalen Konsumgerätes zugrunde gelegt. Da diese Werte für Desktoprechner, Notebook, Netbook und E-Reader sehr unterschiedlich sind, wurden sie einzeln bewertet. Die Benutzung eines **Desktoprechners verursacht hierbei die höchsten CO₂-Emissionen**, der E-Reader die niedrigsten. Ergebnis: Je länger gelesen wird, desto besser schneidet das gedruckte Produkt ab. Beim 20-stündigen Schmökern in einem Harry-Potter-Roman **kann nur noch der E-Reader mit dem Papierbuch mithalten**. Alle anderen Geräte schneiden in der CO₂-Bilanz deutlich schlechter ab. Beim Lesen der Tageszeitung, so Experte Schinerl, liegen die digitalen Varianten bei einer Lesezeit von unter einer halben Stunde durchweg günstiger. Erst bei zwei Stunden und mehr wendet sich das Blatt zugunsten des Druckwerks. Forschungen des Königlich-Schwedischen Instituts für Technologie sehen die Tageszeitung eher vorn. Demnach

ist jede einzelne Person, die ein Jahr lang eine Tageszeitung bezieht und liest, für den damit verbundenen Ausstoß von 28 kg CO₂ pro Jahr verantwortlich. Das Äquivalent bei 30 Minuten Computernutzung am Tag entspricht laut den Skandinaviern 35 kg CO₂ pro Jahr. Ein weiterer Wert zeigt, dass **digitale Worte der Umwelt mehr schaden** können, als man zunächst denken mag: Fast 70 Prozent des weltweiten E-Mail-Verkehrs sind laut dem „Kasperskys Spam Report 2013“ unerwünschter Spam. Der damit verbundene Energieverbrauch weltweit: 33 Milliarden kWh. Das entspricht dem Verbrauch von 2,4 Millionen US-Haushalten.

2 kg
CO₂
pro Jahr

EIN SMARTPHONE BRAUCHT SIEBENMAL MEHR STROM ALS EIN ALTES HANDY

Jeden Abend das gleiche Bangen: Hält der Akku des Smartphones noch bis nach Hause? Während ein „normales“ Handy wie das Nokia 6310 von 2001 mit einer Akkuladung locker eine Woche durchhielt, schaffen manche Hightech-Smartphones nicht mal zwölf Stunden. **Sind die modernen Geräte also Stromfresser?** Ja und nein. Tatsache ist: Die hochgezüchteten Prozessoren und riesigen beleuchteten Bildschirme saugen den Akku deutlich schneller leer. Denn auch wenn die heutigen Geräte natürlich viel mehr können, sind die Akkus nicht mitgewachsen. Leistete der Stromspender im genannten Nokia 6310 noch 6,7 Wattstunden, bringt es der Akku im iPhone 6s auf gerade mal 6,4 Wattstunden. Kein Wunder also, dass er siebenmal so häufig aufgeladen werden muss. Und ergo das moderne Smartphone siebenmal mehr Strom verbraucht als das alte Handy. Übers Jahr gesehen kommen so beim Smartphone knapp über **zwei Kilogramm CO₂-Emissionen pro Gerät** zusammen. Beim Handy von 2001 waren es noch 300 Gramm. Noch bedeutsamer ist allerdings die Herstellung eines Smartphones. Allein die Produktion eines zwei Gramm leichten Prozessors verschlingt fast 1,3 Kilogramm fossile Brennstoffe, was einem CO₂-Ausstoß von mehr als vier Kilogramm entspricht.



RETTEN?

Immer günstiger, immer billiger – lässt sich die „Geiz ist geil“-Mentalität mit Nachhaltigkeit vereinen? Oft genug ist neben dem Image der Preis beim Kauf das wichtigste Argument. Das gilt für Auto und Smartphone genauso wie für Computer oder Haushaltsgeräte. Geht so ein Billiggerät dann kurz nach Ablauf der Garantiezeit kaputt, fällt der Verdacht schnell auf den Hersteller. Steckt etwa ein geplantes vorzeitiges Lebensende (Fachleute nennen das „geplante Obsoleszenz“) dahinter? Siddharth Prakash, Forscher am Freiburger Öko-Institut, hat das zusammen mit dem deutschen Umweltbundesamt untersucht.

— von Carsten Paulun

— Unter die Lupe genommen wurden bei der Haltbarkeitsstudie* unter anderem Haushaltsgroßgeräte, Drucker, Notebooks und Fernseher. Beunruhigendes Ergebnis: Geräte werden heute früher ersetzt als noch vor zwölf Jahren. Im Vergleich zu 2004 wird eine Waschmaschine 0,9 Jahre, ein Wäschetrockner 2,8 Jahre und ein Gefriergerät sogar 3,1 Jahre eher wegen eines Defektes ausgetauscht, so die Studie. Besonders auffällig: Heute gehen immer mehr Geräte kaputt, die nicht einmal fünf Jahre alt sind. Bei ihnen stieg der Anteil von 3,5 auf 8,3 Prozent. Also plant die Industrie doch das Ende ihrer Geräte gezielt voraus?

Dass die Studie von Siddharth Prakash dafür keine eindeutigen Beweise bringt, ist selbst für den Forscher keine allzu große Überraschung. Die Gründe liefert er gleich mit: Je günstiger die Geräte angeboten werden, desto eher ersetzen wir Verbraucher das Altgerät im Fall eines Defektes durch ein neues. Denn je niedriger der Anschaffungspreis ist, desto höher wirken im Vergleich die für eine Reparatur anfallenden Kosten. Ein niedriger Anschaffungspreis lässt also auch eine spätere Reparatur unwahrscheinlich werden. Ein Beispiel: Eine Waschmaschine, die in der Anschaffung 1.000 Euro gekostet hat, lässt man eher für 200 Euro reparieren als eine, die nur 300 Euro gekostet hat. Prakash spricht in diesem Fall von „ökonomischer Obsoleszenz“.

Manch Hersteller nutzt das an anderer Stelle geschickt aus, wie die US-amerikanische Website iFixit.com darlegt. Der Anbieter von Reparaturanleitungen und -werkzeugen für Smartphones und Tablets zerlegt diese Geräte, sobald sie auf dem Markt sind. iFixit bewertet die Reparierbarkeit auf einer Skala von eins (kaum zu reparieren) bis zehn (gut zu reparieren). Das Apple iPhone schneidet hier regelmäßig schlecht ab, da es nur mit Spezialwerkzeug geöffnet werden und der Benutzer so einen defekten Akku nicht selbst tauschen kann.

Preis als Qualitätsindiz

Wieder zurück zum sensiblen Preisthema: Lassen wir das Image mal außen vor, greifen wir Verbraucher

* Studie des Öko-Instituts Freiburg und des Umweltbundesamtes, Februar 2016: „Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen Obsoleszenz“.



» Als Verbraucher weiß man nicht, wie lange ein Produkt halten wird

Siddharth Prakash

gern zum günstigen Produkt. Wohlgermerkt nicht zum allergünstigsten. Denn es hat sich inzwischen herumgesprochen, dass „nichts so teuer ist wie billig“ oder: „Wer billig kauft, kauft zweimal.“ Gewünscht wird hohe Qualität zu niedrigen Preisen. Natürlich hat jede Produktgruppe Preisuntergrenzen, die klar erkennen lassen: Bei diesem niedrigen Preis kann man davon ausgehen, dass weder hochwertige Materialien verwendet wurden, noch dass das Produkt besonders langlebig sein wird. Werner Scholz vom Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) sagte dazu gegenüber der „Welt“: „Einige bauen Waschmaschinen, die eine ganze Generation lang halten. Andere bauen Maschinen, die schon für 179 Euro zu kaufen sind.“

Wir können anhand des Preises also in etwa die Haltbarkeit des Produktes erahnen. Verbindlich ableasen können wir sie nicht. Darin sieht auch Forscher Prakash ein Problem: „Als Verbraucher weiß man nicht, wie lange ein Produkt halten wird.“ Dabei würde gerade die erkennbare Haltbarkeit bei vielen Verbrauchern eine Kaufentscheidung beeinflussen. Das Umweltbundesamt in Deutschland fordert daher, dass die Hersteller zukünftig die erwartbare Lebensdauer von Elektrogeräten angeben müssen. Diskutiert wird eine Angabe in Betriebsstunden, da die individuelle Nutzung der

Je billiger elektronische Geräte werden, desto seltener lohnen sich Reparaturen

Geräte durch die Verbraucher so unterschiedlich ist, dass eine Angabe der Nutzungsdauer in Jahren zu ungenau erscheint. Nichtsdestotrotz sind sowohl eine zuverlässige Angabe vonseiten der Industrie als auch eine Überprüfung dieser Angaben sehr komplex.

Viele funktionsfähige Geräte werden entsorgt

Bei manchen Produkten ist eine besonders lange Haltbarkeit auch gar nicht im Interesse vieler Kunden. Beispielsweise bei Smartphones oder TV-Geräten gibt es viele Innovationen und häufige Neuentwicklungen. Wir Verbraucher greifen daher vollkommen unabhängig von der Haltbarkeit eines Produktes etwa alle drei Jahre zum neuen Handy oder Fernseher. Wen wundert es da, dass laut Öko-Institut mehr als jedes zweite TV-Gerät entsorgt wird, obwohl es noch funktioniert. Nur weil ein neues, schickeres Modell angeschafft werden soll.



NULL-FEHLER-PRINZIP



Kunden von Schaeffler setzen auf die Produktkompetenz und die durchgängig sehr hohe Qualität des weltweit aktiven Zulieferers. Denn nichts ist teurer als der Ausfall einer Maschine durch ein billig eingekauftes Bauteil mit minderer Qualität. Sei es bei einem schwer zugänglichen Windrad, einem Schiff auf hoher See oder gar einem Weltraum-Auto auf dem Mars.

Auch vor diesem Hintergrund wurde das Zusammenspiel von fehlervermeidenden und fehlerentdeckenden Maßnahmen bei Schaeffler über viele Jahre weiterentwickelt und gefestigt. Der Maßstab ist das an allen Standorten der Schaeffler Gruppe geltende „Null-Fehler-Prinzip“, das für die Stabilisierung der Prozes-

se und die ständige Verbesserung steht. Es dient dazu, Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und zu beheben. Die sorgfältige Umsetzung des „Null-Fehler-Prinzips“ gewährleistet höchste Prozesssicherheit und Produktqualität über alle Phasen hinweg – von der Konstruktion über die Fertigung bis hin zum Service.

Zahlreiche Auszeichnungen über Jahre hinweg von Kunden und Zertifikate nach international gültigen Normen belegen den hohen Qualitätsstandard bei der Schaeffler Gruppe. Alle Produktionsstandorte der Schaeffler Gruppe verfügen über gültige Zertifikate gemäß weltweit anerkannter Qualitätsnormen und Standards, wie bspw. ISO 9001:2008 oder ISO TS 16949:2009. Nicht zuletzt deswegen

erhielt die Schaeffler Gruppe allein im Geschäftsjahr 2015 zwei Dutzend Qualitätsauszeichnungen, zum Beispiel den Volvo Car Quality Excellence Award oder den Global Quality Award von Nissan.

Mit dem „Netzwerk Produktsicherheit“ wurde bei Schaeffler eine Kommunikationsplattform initiiert, die eine Vielzahl von Unternehmen umfasst und von den Fachverbänden VDA, VDMA und ZVEI unterstützt wird. Das Netzwerk läuft unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Mitglieder sind Unternehmen mit einem breiten Portfolio von technischen und elektromechanischen Produkten. Ziel ist eine kontinuierliche Verbesserung der Produktsicherheit im Interesse der Verbraucher.

Dabei stehen insbesondere die Bereiche des Personentransports und des Maschinen- und Anlagenbaus im Fokus. Ein periodisch ausgerichteter Produktsicherheitstag soll dem Austausch des Netzwerks dienen. Im Januar 2015 richtete Schaeffler den ersten Produktsicherheitstag aus.

Smartphones werden aus denselben Gründen ersetzt. Für ein Handy mit zehn Jahren Haltbarkeit gibt es keinen ausreichenden Markt. Wer möchte schon ein iPhone der allerersten Generation von 2007 heute noch benutzen? Entwicklung und Produktion solcher Geräte zielen also ganz bewusst auf eine Haltbarkeit von etwa drei Jahren ab. Das Motto heißt denn folglich eher „so lange wie nötig“ und nicht „so lange wie möglich“. Das macht das Produkt entsprechend preiswerter – oder die Marge für den Hersteller größer!

In der Folge wandern viele durchaus reparable Geräte in den Elektroschrott. Der weltweite Berg an Elektroschrott erreichte 2014 laut einem Bericht der Universität der Vereinten Nationen ein Gewicht von 41,8 Millionen Tonnen – Tendenz steigend. Fast 60 Prozent des Schrotts

1/3 des weltweiten **Elektroschrotts** fällt in den USA und China an.

Quelle: Universität der Vereinten Nationen (2014)

300 Tonnen

Gold konnten 2014 weltweit aus Elektroschrott recycelt werden, rund ein Zehntel der globalen Jahresproduktion.

Quelle: Universität der Vereinten Nationen (2014)

60 MATERIALIEN

stecken in einem Handy: Kunststoffe, Glas und Keramik für Gehäuse und Display, 30 Metalle – überwiegend Kupfer, aber auch viele Edelmetalle wie Gold, Silber und Platin sowie Seltene Erden wie Neodym und Cer – finden sich im Innenleben. Die Mengen an Edelmetall in einem einzelnen Gerät sind gering (u. a. 250 mg Silber, 24 mg Gold), aber weltweit werden jährlich ca. zwei Milliarden dieser Geräte verkauft. Gibt es einen vernünftigen Grund, auf die darin verarbeiteten 500 Tonnen Silber und 48 Tonnen Gold zu verzichten?



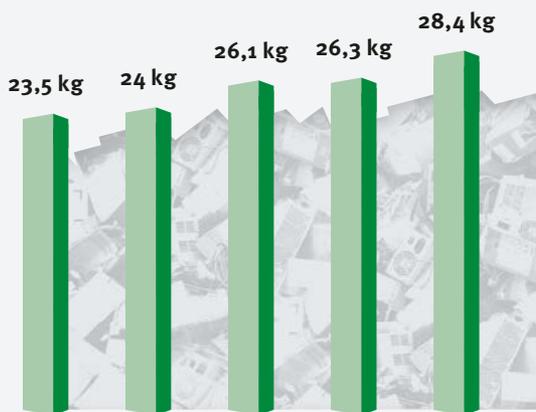
machte sogenannte „Weiße Ware“ wie Kühlschränke oder Waschmaschinen aus. Entsorgte Handys, Drucker oder Laptops hatten einen Anteil von sieben Prozent an der Gesamtmenge. Der Abfallberg entspricht rund 1,15 Millionen voll beladenen Lastwagen, die aufgereiht eine Länge von 23.000 Kilometern ergäben, heißt es in dem Bericht weiter.

Dauerläufer punkten

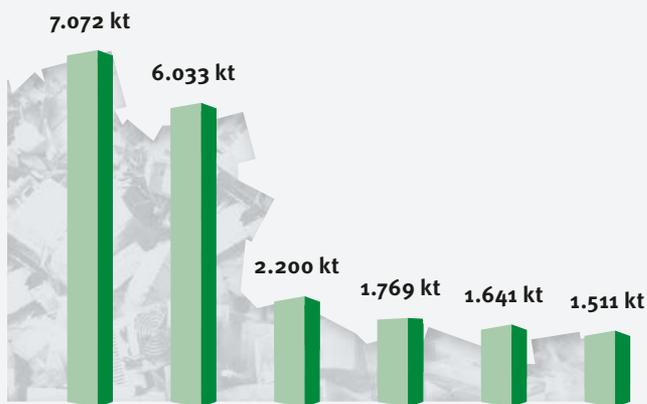
Nur ein Sechstel dieser enormen Schrottmenge wird recycelt. Das Meiste wandert, als Gebrauchtgeräte

DER ELEKTROSCHROTT-MÜLLBERG UND SEINE GRÖSSTEN MACHER

Die Top 5 des Pro-Kopf-Rankings (in Kilo/Jahr)



Die Top 5 des Länder-Rankings (in Kilotonnen/Jahr)



GB Dänemark Schweiz Island Norwegen

USA China Japan Deutschland Indien GB



deklariert, in Entwicklungsländer mit laschen Umweltauflagen. Dabei stellt der Schrott einen nicht unerheblichen Wert dar: Auf 48,5 Milliarden Euro taxiert der Bericht der UN-Uni das daraus recycelte Material. Allerdings befanden sich auch 2,2 Millionen Tonnen gefährliche Bleiverbindungen ebenso wie Quecksilber, Kadmium, Chrom und 4.400 Tonnen des Ozonschichtkilters FCKW in dem Recycling-Berg.

Wen wundert es da, dass langlebige Elektrogeräte die Umwelt deutlich weniger belasten als Geräte mit kurzer Lebensdauer. Beispielsweise verursacht eine Waschmaschine mit einer Lebenszeit von 20 Jahren 40 Prozent (1,1 Tonnen) weniger CO₂ als eine kurzlebige. Die bessere Energieeffizienz modernerer Modelle wiegt die bei der Herstellung und Entsorgung anfallenden Umweltbelastungen bei Weitem nicht auf. Bei Notebooks und TV-Geräten stellte Siddharth Prakash Vergleichbares fest, als er die ökologische Bilanz kurz- und langlebiger Produkte verglich. Der kumulierte Energieaufwand aus Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Notebooks mit 3 Jahren Nutzungsdauer ist rund ein Viertel höher als bei einem langlebigen (12 Jahre). Auch das Treibhauspotenzial ist um rund 36 Prozent höher, dazu zählen auch 300 zusätzliche Kilogramm CO₂.

Bei Fernsehern lagen die Werte beim Vergleich „Sprinter“ (3 Jahre Laufzeit) gegen „Dauerläufer“ (12 Jahre) bei plus 28 Prozent beim Energieaufwand, plus 25 Prozent beim Treibhauspotenzial und plus 600 Kilo beim CO₂. Oder einfach gesagt: Die umweltentlastende Wirkung von langlebigen Produkten ist nicht zu verleugnen. Prakash fordert daher, „neben verpflichtenden Mindestqualitätsanforderungen für die Geräte auch Anreize zu schaffen, die private und öffentliche Verbraucher ermutigen, Produkte länger zu nutzen“.

FORMEN DER OBSOLESENZ

Die Obsoleszenz, also schnelle Abnutzung bzw. Veralterung eines Produktes, wird meist durch Veränderungen im technischen oder psychologischen Bereich bewirkt. Unterschieden wird zwischen folgenden Formen:

— Geplante Obsoleszenz

Die Lebensdauer bzw. Funktion eines Produktes wird seitens des Herstellers absichtlich reduziert, um den Verbraucher zum Kauf eines neuen Produktes zu animieren.

— Indirekter Verschleiß

Ein Bauteil eines Gerätes verschleißt schneller, weil eine andere Komponente minderwertig ist. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn Akkus überbeansprucht werden oder überhitzen.

— Funktionelle Obsoleszenz

Das Produkt an sich bleibt zwar weiter funktionsfähig, kann aber durch neue Anforderungen ergänzender Komponenten nicht in vollem Umfang genutzt werden. Durch fehlende Treiber für das neue Betriebssystem wird die Nutzung des PCs beispielsweise stark eingeschränkt.

— Ökonomische Obsoleszenz

Ein schadhaftes Produkt lässt sich technisch reparieren, doch die Kosten für die Reparatur stehen in keinem Verhältnis zum Wert des Produktes.

— Psychische Obsoleszenz

Häufig bedingt durch Modetrends, wird ein Produkt, das von der Funktion her noch uneingeschränkt nutzbar ist, durch ein neues, populäreres ersetzt.



» Man lernt das Matrosenleben nicht
durch Übungen in einer Pfütze Franz Kafka

Gas



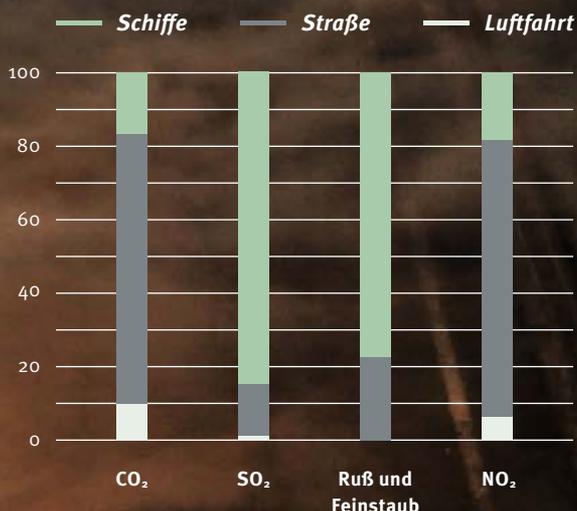
jetzt-zeit

Leben mit dem Fortschritt

SAUBER GEBUNKERT

Schwarze Rauchfahnen, dicke Luft – besonders Hafenstädte leiden unter Schiffssmog. Die meist älteren Antriebe der dicken Pötte verbrennen vornehmlich billiges, schwefelhaltiges Schweröl und blasen reichlich Abgase und Partikel in die Luft. Neue Vorgaben sollen die Reeder dazu bewegen, sich nach Treibstoff-Alternativen umzusehen. Eine davon ist flüssiges Erdgas (LNG), das hier im Rostocker Hafen, heruntergekühlt auf minus 160 Grad, in den Bauch eines Zementfrachters gepumpt wird. Auch ein paar Fähren tuckern schon mit LNG über die Ostsee. Doch noch ist die LNG-Infrastruktur dünn, der Ausbau holperig. „Ich hätte nicht gedacht, dass der Einsatz von LNG bei Schiffen so kompliziert ist“, sagte Monika Griefahn, Umweltbeauftragte des in Rostock ansässigen Kreuzfahrtanbieters AIDA, gegenüber dem „Spiegel“. Nicht die Technik, sondern die Genehmigungen seien am aufwendigsten gewesen. Dennoch will auch AIDA vermehrt auf LNG setzen. Zunächst im Hafenbetrieb, ab 2018 auch auf hoher See. Die Frage ist, ob die Kapitäne zur Befeuerung ihrer Dual-Fuel-Motoren tatsächlich vermehrt LNG nutzen oder – was Umweltverbände befürchten – doch weiterhin hauptsächlich billiges Öl verbrannt wird. Der Kostendruck ist hoch, Kontrollen mitten auf dem Ozean sind schwierig ...

PROZENTUALER ANTEIL DES VERKEHRS AN DER GLOBALEN EMISSION



Quelle: zeit.de



GEZEITENWENDE

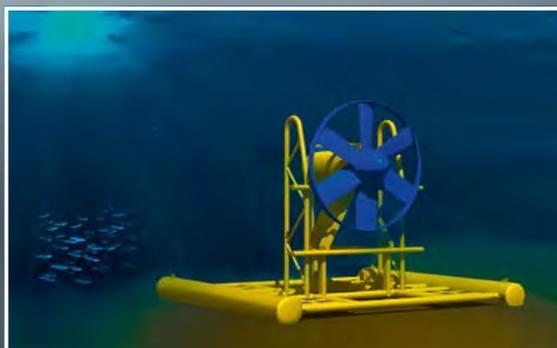
Strom aus Ebbe und Flut? Gezeitenkraftwerke sind nicht nur unsichtbar, sondern liefern wetterunabhängig erneuerbare Energie. Die Technik wird unter anderem in Frankreich und den Niederlanden erprobt – mithilfe von Schaeffler.

— von Laurin Paschek

2015 installierte der französische Turbinenhersteller Sabella in einer Meerenge zwischen zwei bretonischen Inseln die erste Meeresströmungsturbine Frankreichs



Hans van Breugel muss von seinem Büro bis zur Versuchsanlage am Afsluitdijk („Abschlussdeich“) nur wenige Meter laufen. Der CEO des niederländischen Turbinenherstellers Tocado scheint recht bekannt zu sein: Unterwegs grüßen Lastwagenfahrer mit der Hupe, van Breugel grüßt zurück. „Wer einmal auf den Damm gefahren ist, muss die ganzen 32 Kilometer bis nach Friesland weiterfahren“, sagt er. Der lange Damm, auf dem die Europastraße 22 die niederländischen Provinzen Nordholland und Friesland miteinander verbindet, wurde in den 1920er-Jahren angelegt, um das IJsselmeer vom offenen Meer abzutrennen und die Ufer vor Überflutungen zu schützen.



Mit einer Gesamthöhe von 17 Metern, einem Rotordurchmesser von zehn Metern und einem Gewicht von 450 Tonnen ist die Sabella D10 ein wahrer Koloss. Der in 55 Metern Tiefe arbeitende Generator kommt auf eine Leistung von 1,1 Megawatt

Die Kraft aus dem IJsselmeer

„Für uns ist das der ideale Ort, um unsere Turbinen zu testen“, berichtet van Breugel. „Jeden Tag werden zweimal die Schleusen geöffnet, damit das Wasser aus dem IJsselmeer abfließen kann.“ Dann strömt das Wasser mit einer Geschwindigkeit von drei bis vier Metern pro Sekunde durch vier Turbinen, die Tocado hier direkt an der Schleuse installiert hat. Eine von ihnen, ein Prototyp, ist bereits seit 2008 im Dauertest. Die drei anderen Kleinturbinen des Typs T1 sind Serienmodelle mit jeweils 100 Kilowatt Leistung. Seit Anfang 2015 liefern



» Unsere Turbinen arbeiten unsichtbar unter Wasser und haben geringen Einfluss auf die Umwelt

Hans van Breugel, CEO des Turbinenherstellers Tocado

sie Strom – und jede Menge wertvoller Daten, die die Entwickler am 150 Meter entfernten Firmenstammsitz in Den Oever direkt nutzen können.

Ebbe und Flut – absolut vorhersagbar

Die Unterwasserturbinen von Tocado erinnern mit ihrem torpedoförmigen Körper und den kurzen Stummelflügeln an Außenbordmotoren großer Boote. Ihre Funktionsweise ähnelt der von direkt angetriebenen Windkraftanlagen: Die Drehbewegung der Rotoren wird über eine Welle getriebeles an einen Generator übertragen, der Strom produziert. Da die Dichte des Wassers – je nach Temperaturbedingungen – etwa 800-mal höher als die der Luft ist, sind die Rotorblätter allerdings wesentlich kürzer als die von Windkraftanlagen. Drei Dinge sind für die Entwickler der Unterwasserturbinen von besonderer Bedeutung: die optimale Geometrie der Rotorblätter, um möglichst viel Strömungsenergie einzufangen, die richtige Steuerung der Drehzahl bei allen Strömungsbedingungen und die sichere Lagerung der Welle im aggressiven Salzwasser. Dafür entwickelte Schaeffler in enger Zusammenarbeit mit den Ingenieuren von Tocado wartungsfreie und wegen der Anforderungen der Dichtungen auch spielfreie Kegelrollenlager. „Wir haben acht Jahre Erfahrung in der Entwicklung dieser zukunftsweisenden Technik“, sagt van Breugel mit Stolz. „Unsere Turbinen sind unter Wasser unsichtbar und haben geringen Einfluss auf die Umwelt. Der größte Vorteil von Gezeitenkraftwerken ist aber, dass wir anders als bei Wind- und Sonnenenergie jederzeit genau wissen, wie viel Strom sie wann

produzieren werden.“ Seit November 2015 betreibt Tocado eine zweite Anlage an der „Eastern Scheldt“-Barriere im Südwesten des Landes. Im größten Gezeitenkraftwerk der Niederlande kommen fünf 250-Kilowatt-Turbinen der neuen Generation T2 zum Einsatz.

Auf dem Meeresgrund

Auch an anderen europäischen Küsten erproben Ingenieure, wie die Kraft der Gezeiten für die Stromproduktion genutzt werden kann. So installierte der französische Turbinenhersteller Sabella im Juni 2015 in einer Meerenge zwischen zwei bretonischen Inseln die erste Meeresströmungsturbine Frankreichs. Anders als in den Niederlanden setzen die Entwickler hier auf Größe: Mit einer Gesamthöhe von 17 Metern, einem Rotordurchmesser von zehn Metern und einem Gewicht von 450 Tonnen ist die Sabella D10 ein wahrer Koloss. Der Generator kommt auf eine Leistung von 1,1 Megawatt. „In 55 Metern Tiefe haben wir einen idealen Standort gefunden“, berichtet Erwann Nicolas, Leitender Ingenieur bei Sabella. „Hier ist die Topografie des Meeresgrundes so geschaffen, dass sich das Wasser auf etwa vier Meter pro Sekunde beschleunigt.“ Rotor und Welle folgen dabei dem Rhythmus von Ebbe und Flut: Je nach Strömung wechseln auch sie ihre Drehrichtung. Das stellt hohe Anforderungen an die Lager, die Sabella von Schaeffler bezieht. „Die Richtungsübergänge mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten sind die kritischen Momente“, erläutert Nicolas. „Wir stoppen die Maschine daher während der Übergänge kurzzeitig, um Lagerschäden zu vermeiden.“ Der Gewinnung sauberen Stroms tut das keinen Abbruch: Nachdem das Kraftwerk im November 2015 ans Netz gegangen war, konnte Sabella bereits im Januar 2016 die Produktion von 50 Megawattstunden Gezeitenstrom mit der Anlage in der Bretagne vermelden. Die schweren Herbst- und Winterstürme hatte sie da schon unbeschadet überstanden. Mit Unterstützung durch öffentliche Förderprogramme entwickelt der Hersteller jetzt die nächste Generation Sabella D15, die Spitzenleistungen von zwei Megawatt erreichen soll.

Kosten als größte Herausforderung

Sowohl bei Tocado als auch bei Sabella sind die Ausbaupläne bereits weit gediehen. Das hat einen guten Grund: Beide Unternehmen sehen das weltweite Potenzial für Gezeitenkraftwerke bei 100 bis 120 Gigawatt. Das entspricht der Leistung von 70 bis 80 Kernkraftwerken und könnte eines Tages 10 bis 20 Prozent des weltweiten Energiebedarfs decken. Wichtigste Voraussetzung, um dieses Potenzial heben zu können, ist es, die Kosten zu senken, etwa durch höhere Stückzahlen. „Darüber hinaus ist es wichtig, auch die einzelnen Komponenten kostenbewusst auszulegen“, berichtet Erwann Nicolas. „Bei



Um zu zeigen, wie die Unterwasserturbinen von Tocardo aussehen, hat Hans van Breugel sie per Fernbedienung aus dem Wasser gehievt

Sabella verwenden wir deswegen Standardlager von Schaeffler. Dazu haben wir die Dimensionierung der Welle sogar geringfügig an die verfügbaren Lager angepasst.“ Hans van Breugel, der zwischen 2018 und 2019 seine dritte Turbinengeneration mit einem Megawatt Leistung auf den Markt bringen will, setzt vor allem auf das breite Portfolio des Wälzlager-Spezialisten: „Um die Turbinen skalieren zu können, benötigen wir ein großes Spektrum an leistungsfähigen Lagern“, betont er. Schließlich will er in den nächsten drei Jahren einige Hundert neue Turbinen installieren, vor allem in Großbritannien und Kanada. Sabella wird 2019 in der Bretagne zwei Turbinen des Typs D15 im Rahmen eines französischen Regierungsprojekts auf den Meeresgrund setzen. 2019 und 2020 sollen außerdem fünf D15-Turbinen vor der philippinischen und vier baugleiche Turbinen vor der indonesischen Küste den Netzbetrieb aufnehmen. Die Produktion sauberer Energie aus dem Meer geht damit in die Phase der Kommerzialisierung.



DER AUTOR

Laurin Paschek ist Mitinhaber des Redaktionsbüros delta eta in Frankfurt am Main. Als begeisterter Hobbytaucher schreibt der Technikjournalist nicht nur über Wasserkraft, sondern erlebt sie auch direkt.

Die Strömung des Meeres sieht er als wichtige Quelle für die Energiegewinnung von morgen.

800 x

höher als die Dichte von Luft ist die Dichte von Wasser – je nach Temperatur schwankt dieser Wert. Die Rotoren von **Unterwasserturbinen** sind deswegen deutlich kleiner als die von Windkraftanlagen.

10–20 %

des **weltweiten Energiebedarfs** könnte eines Tages durch **Gezeitenkraftwerke** gedeckt werden. Das entspricht einer installierten Leistung von bis zu 120 Gigawatt.

4 m/Sek.

ist die **optimale Geschwindigkeit** einer Meeresströmung, um sie zur Stromerzeugung zu nutzen. Je nach Standort müssen die Kraftwerke auch den Wechsel der Gezeiten berücksichtigen.

100 Standorte

sind allein in Europa für **Meeresströmungskraftwerke** geeignet, etwa vor der niederländischen und der französischen Küste. Besonders viele Standorte gibt es vor den Britischen Inseln.

NACHHALTIG

VON A BIS Z

Nachhaltigkeit ist mehr als nur ein Begriff. Die gesamte Wertschöpfungskette bei Schaeffler ist geprägt von einem verantwortungsvollen Umgang.

— von Alexander von Wegner

— Für Raluca Chetrusca steht fest: Keine Rohstoffe aus Gewaltregionen. Chetrusca arbeitet bei Schaeffler in Rumänien in der Abteilung Corporate Material Compliance. „So stellen wir sicher, dass in der Lieferkette von Schaeffler keine Menschenrechtsverletzungen vorkommen“, verdeutlicht die Spezialistin. Aber nicht nur Rohstoffe zweifelhafter Herkunft sind bei Schaeffler tabu, Gleiches gilt auch für Materialien, die in Produktions- oder Vertriebsländern verboten sind. Rund 1.500 Kilometer entfernt von Raluca Chetrusca arbeitet Michael Haas. Er ist Leiter der Produktlinie Ventiltrieb und Motorenanwendungen in Herzogenaurach. Zusammen mit seinen Kollegen entwickelt und fertigt er Technologien, die der Autoindustrie helfen, verbrauchs- und emissionsarme Fahrzeuge zu produzieren.

Zwei Länder, zwei Kollegen, zwei völlig verschiedene Arbeitsbereiche – was sie und rund 85.000 weitere Mitarbeiter eint, ist nicht nur der Arbeitgeber Schaeffler, sondern auch der geleistete Beitrag für das nachhaltige Handeln des Unternehmens entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Diese setzt sich aus folgenden sechs Bereichen zusammen:



Nachhaltiges Wirtschaften, das Schonen von Ressourcen und gesellschaftliche Verantwortung sind elementare Bestandteile der Unternehmenskultur bei Schaeffler. Daher verbindet Schaeffler seinen wirtschaftlichen Erfolg mit verantwortlichem Handeln gegenüber Umwelt, Mensch und Gesellschaft.

Verantwortung übernehmen

Und das aus gutem Grund: Ohne umfassend gelebte Nachhaltigkeit ist ein langfristig profitables Wachstum nicht möglich. „Unsere Kunden stellen zunehmend soziale und ökologische Anforderungen, um ihre Produkte unter sich verändernden Rahmenbedingungen erfolgreich zu vermarkten“, unterstreicht Pia T. Hoffmann, Corporate Responsibility Officer bei Schaeffler. „Ziel ist es deshalb, entlang der gesamten Wertschöpfungskette unternehmerische Verantwortung wahrzunehmen. Dafür werden Nachhaltigkeitsaspekte konsequent in den Unternehmensentscheidungen berücksichtigt.“ Mitarbeiter wie Raluca Chetrusca und Michael Haas sorgen dafür, dass sie umgesetzt werden. Wie, das verraten sie und 17 weitere Kollegen auf den folgenden Seiten.



FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



GEWINN DURCH VERZICHT Schaeffler hat beispielsweise den klassischen Drehmomentwandler für Automatikgetriebe neu erfunden. Das iTC-Wandlerkonzept verzichtet auf eine separate Überbrückungskupplung und integriert die Funktion in den Wandler. Mit der Hybridisierung gehen die Ingenieure noch einen Schritt weiter.

» **Jetzt gehen wir den nächsten Schritt und verheiraten den Drehmomentwandler mit einem Elektromotor. So entsteht ein Hybridmodul für noch geringeren Verbrauch**

Marc McGrath,
CEO Schaeffler Automotive Americas, USA

IM FREIEN FLUSS Mit UniAir regelt Schaeffler die Luftzufuhr in den Verbrennungsmotoren ganz neu. Der UniAir-Aktuator reguliert die Frischluftzufuhr drosselfrei, stufenlos und elektronisch kontrolliert im gesamten Kennfeldbereich. Gab es bislang rein mechanische Steuerelemente, so kontrolliert nun ein definiertes Ölvolument die Bewegungen des Einlassventils. Damit gehören Drosselverluste der Vergangenheit an.



» **Mit der UniAir-Ventiltriebstechnik steuern wir den Ventilhub flexibel. Durch diese Optimierung helfen wir der Automobilindustrie bei der Entwicklung verbrauchs- und emissionsarmer Automobile**

Michael Haas,
Leiter Produktlinie Variabler Ventiltrieb und Motoranwendungen, Deutschland



330
MILLIONEN MAL SCHALTET EIN SCHALTVENTIL WÄHREND DER LEBENSDAUER DES UNIAIR-SYSTEMS

jetzt-zeit

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

EINKAUF

PRODUKTION

LOGISTIK

MARKETING, VERTRIEB UND AFTERSALES

VERWERTUNG



VIRTUELL STATT REAL Bei der Entwicklung des elektrischen Wankstabilisators zahlte sich Schaefflers Kompetenz bei der Simulationstechnik aus. Der Computer ersetzt echte Testkilometer im Versuchsmodell. Mechanische Komponenten wie auch Elektronik in der Fahrzeugumgebung werden nun simuliert. Auch das Produkt selbst hilft Energie zu sparen: Im Vergleich zu hydraulischen Systemen verringert der elektromechanische Wankstabilisator den Kraftstoffverbrauch um bis zu 0,3 Liter.



» Simulation spart Zeit und Geld, wenn sie zum richtigen Zeitpunkt eingesetzt wird. Sie hilft, physikalische Zusammenhänge zu erklären, das Produkt zu verstehen und es nachhaltiger zu entwickeln

Dr. Tomas Smetana,
Leiter Produktlinie Fahrwerkaktuatoren, Deutschland



SCHICHT FÜR SCHICHT Ein geringerer Verbrauch beginnt bei der Verringerung von Reibungsverlusten. Das Schaeffler Competence Center Surface Technology entwickelt Beschichtungsverfahren, um die Reibung von Komponenten zu reduzieren. Beispielsweise lassen sich mit der Beschichtung Triondur CH im Ventiltrieb von Autos bis zu zwei Prozent CO₂ einsparen. Bei Pendelrollenlagern können mithilfe von Triondur CX⁺ sogar bis zu 45 Prozent geringere Reibwerte erreicht werden.



EINKAUF

WELTWEIT IN DER PFLICHT Schaeffler bezog 2015 Waren und Dienstleistungen von 33.000 Lieferanten aus 80 Ländern. An Lieferanten richten sich besonders hohe Anforderungen – zum Beispiel Zertifikate für Umweltmanagementsysteme. Wo es möglich ist, setzt Schaeffler bei der Beschaffung auf die lokale Nähe seiner Zulieferer, um den Transportaufwand und damit die Umweltbelastungen zu verringern. Bereits seit einigen Jahren werden die Lieferanten zur Einhaltung des Schaeffler Code of Conduct verpflichtet, um Menschenrechte, Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz sowie Compliance-Anforderungen einzuhalten. Zukünftig sichert dies ein eigenständiger Supplier Code of Conduct noch detaillierter ab.



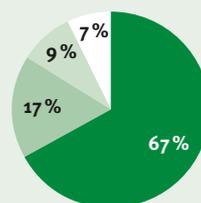
» **Seit 2015 sind die Themen Umwelt, Gesundheit und Arbeitssicherheit aus unseren Lieferantenprogrammen nicht mehr wegzudenken**

Thorsten Bünning,
Leiter Qualität Einkauf, Prozesse & Methoden, Deutschland

» **Eine zeitgemäße Strukturierung des Lieferantenmanagements stärkt Qualität und Logistik und trägt dazu bei, das Thema Nachhaltigkeit in der Lieferkette für unsere Zukunft zu gestalten**

Andreas Knoll,
Leitung Einkauf Region Europa &
Corporate Supplier Management

EINKAUFSVOLUMEN DER SCHAEFFLER GRUPPE



— Asien/Pazifik
— Greater China
— Americas
— Europa



IN DER REGION – FÜR DIE REGION SCHAEFFLER SETZT AUF DIE LOKALE NÄHE SEINER ZULIEFERER

KEIN RISIKO Erst war es eine gesetzliche Anforderung an börsennotierte Unternehmen in den USA, längst ist es eine globale Kundenanforderung an die gesamte Lieferkette geworden: Auf bestimmte Rohstoffe aus Krisenregionen ist zu verzichten. So können Zinn, Wolfram, Tantal oder Gold in einigen Ländern Zentralafrikas zur Finanzierung von bewaffneten Konflikten beitragen. Schaeffler hat 2013 einen Monitoring-Prozess eingerichtet, der die Herkunft dieser Rohmaterialien klärt. Des Weiteren hält das Unternehmen die Stoffverbotsstandards ein und fordert deren Umsetzung auch bei Lieferanten. Eine Materialdatenbank enthält alle verwendeten Werkstoffe und deren Materialeigenschaften. Neben den Schaeffler-Produkten werden auch Zukaufteile klassifiziert. Durch die kontinuierliche Beobachtung der neuesten gesetzlichen Regelungen stellt das Unternehmen sicher, frühzeitig Ersatzprozesse oder Ersatzstoffe zu entwickeln und bei neuen Produkten bereits einzusetzen.



FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

EINKAUF

PRODUKTION

LOGISTIK

MARKETING,
VERTRIEB
UND AFTERSALES

VERWERTUNG

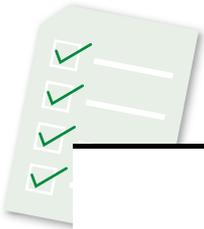


DIE DATENBANK FÜR „REASONABLE COUNTRY OF ORIGIN INQUIRIES“ ENTHÄLT INFORMATIONEN ZU DEN URSPRÜNGEN VON KONFLIKTMINERALIEN, ALSO ROHSTOFFEN AUS GEWALTREGIONEN



» **Wir beachten konsequent alle Stoffverbote in unseren Produktionsländern und überwachen die Entwicklungen der Materialgesetzgebungen in unseren Vertriebsregionen. So können wir rechtzeitig auf Veränderungen des Marktes reagieren und wirtschaftliche Alternativen entwickeln, die zugleich höchste Produktqualitäts- und -sicherheitsstandards erfüllen**

Jens Herrmann,
Corporate Material Compliance, Deutschland



» **In Brasov werden strategisch relevante Lieferanten in Abstimmung mit dem Einkaufszentral bewertet, um zu bestimmen und nachzuvollziehen, aus welchen Regionen der Erde die Erze unserer Rohmaterialien stammen. So stellen wir sicher, dass in der Lieferkette von Schaeffler keine Menschenrechtsverletzungen vorkommen**

Raluca-Veronica Chetrusca,
Corporate Material Compliance, Rumänien



PRODUKTION



AUF DAUER GÜNSTIGER Unter anderem mit einer Schmierstoffanlage in Korea und einer Druckluftanlage in den USA beweist Schaeffler, dass die lebenszyklischen Kosten durch Neuanschaffungen sinken können. Zwar können dadurch die Investitionskosten steigen, aber die geringen Betriebskosten der neuen Anlage verringern die Ausgaben über die Gesamtlaufzeit.



» **Durch Life Cycle Costing (LCC) können wir die Betriebskosten unserer Maschinen und Anlagen transparent machen und senken. Dadurch können neben Energie auch CO₂-Emissionen eingespart werden**

Philipp Münzel,
Corporate Construction, Energy Management & Maintenance, Deutschland



» Die LCC-Betrachtung unserer neuen Anlage für Schmierstoffe in Korea zeigt, dass höhere Investitionskosten durch Betriebskosteneinsparungen aufgewogen werden können

Tae-In Yoong,
MN. Manager, Changwon/Südkorea

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

EINKAUF

PRODUKTION

LOGISTIK

MARKETING,
VERTRIEB
UND AFTERSALES

VERWERTUNG

» Mit einem LCC zu unserer Druckluftanlage in den USA konnten wir belegen, dass sich zusätzliche Investitionskosten durch niedrigere Betriebskosten oftmals schnell rentieren

Marco Groke,
Plant facilities, maintenance, Joplin/USA



WELTWEIT GÜLTIG Der Anspruch von Schaeffler ist ein weltweit einheitlicher Standard von Qualität und Produkten. Voraussetzung für emissionsarmen und energieeffizienten Nah- und Fernverkehr ist die Qualität der Produkte. Ein zentrales Management-Handbuch schreibt allen Standorten Regularien und Abläufe vor. Audit- und Review-Prozesse stellen die Einhaltung sicher. Jede Einheit verfügt über Qualitätsleiter oder Qualitätsverantwortliche. So haben Produkte aus Mexiko den gleichen Standard wie solche aus Nordamerika, Europa oder von anderen Standorten.



» Auch in Mexiko verpflichten wir uns zu dem Null-Fehler-Prinzip und gewährleisten damit höchste Prozesssicherheit und Produktqualität über alle Phasen hinweg – von der Konstruktion über die Fertigung bis hin zum Service

Eduardo Castilla,
Qualitätsmanager, LuK Puebla, Mexiko

GLÄNZENDE LEISTUNG Wie lassen sich Ressourcen am besten sparen? Indem ganze Prozessschritte eingespart werden. Im Bereich der Umformtechnik ist Schaeffler eine beachtliche Leistung gelungen: Die Werkzeuge für Umformen und anschließende Wärmebehandlung arbeiten inzwischen so präzise, dass Bauteile mit einer sehr hohen Form- und Oberflächengüte entstehen – der zuvor übliche Schritt des Schleifens entfällt. Wie präzise dabei vorgegangen wird, verdeutlichen die Zahlen: Die Abmessungen dürfen nur um wenige Mikrometer abweichen, obwohl etwa beim Härten leicht Verformungen auftreten.



0,000001 m

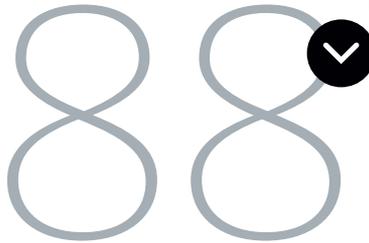
1 μ m (MIKROMETER)
ENTSPRICHT EINEM
MILLIONSTEL METER.
ZUM VERGLEICH: EIN HAAR
IST 50 MIKROMETER DICK



» In der **Produktionsentwicklung** achten wir auf die **Hochwertigkeit unserer Produkte** und auf einen **schonenden Umgang mit Ressourcen**

Dr. Peter Bach,
Leiter Entwicklung Produktionstechnologie, Deutschland

SPAREN DURCH LASERN Laserschweißen eröffnet neue Möglichkeiten, Strom zu sparen: Neue Scheibenlaser ersetzen alte Stablaser und verringern damit den Stromverbrauch um 88 Prozent, die Kühlleistung um 69 Prozent und den Kreiswasserverbrauch um 92 Prozent. Am Standort Herzogenaurach spart Schaeffler damit rund 730 Megawattstunden Strom – das entspricht dem Jahresstromverbrauch von rund 200 Vierpersonenhaushalten.



PROZENT ENERGIE LÄSST SICH DURCH SCHWEISSEN MIT SCHEIBENLASER-SYSTEMEN EINSPAREN

LOGISTIK

ZUG DER ZEIT Logistik in einer weltweit immer enger vernetzten Wirtschaft ist nicht nur eine Frage von Zeit und Geld. Das Spannungsfeld erweitert sich um den Aspekt der Nachhaltigkeit, wenn beispielsweise so große geografische Distanzen wie die rund 8.000 Kilometer zwischen Europa und China überwunden werden müssen. Schaeffler nutzt eine umweltfreundliche Alternative zu See- und Luftfracht: den Bahnverkehr.



» Mit dem **Bahnverkehr** zwischen **Europa und China** nutzen wir auf einer unserer **wichtigsten Handelsrouten** in beide Richtungen eine **interessante und ressourcenschonende Alternative** zu **Luft- und Seetransport**

Bernhard zur Strassen, Leiter Corporate
Network Design & Transportation, Deutschland





» Unsere Kunden in China entscheiden sich auch deshalb für uns, weil wir per Bahn eine schnelle und ressourcenschonende Logistikhösung anbieten

Ludger Tillmann,
Leiter Logistik, China

MARKETING, VERTRIEB UND AFTERSALES

WER KOPIERT, VERLIERT Schaeffler verfolgt Produktpiraterie weltweit konsequent. Das Unternehmen stößt nicht nur eine juristische Verfolgung an, sondern sorgt auch vor: Der Schaeffler GS1 Data Matrix Code macht jedes Objekt einzigartig und ermöglicht es, seine Authentizität zu prüfen. Gefälschte Produkte führen zu Material- und schlimmstenfalls Personenschäden. Schaeffler schätzt den eigenen Schaden durch Plagiate über das gesamte Produktportfolio auf etwa ein Prozent des Umsatzes: rund 130 Millionen Euro.



1.700.000.000.000 \$

DIE INTERNATIONALE HANDELSKAMMER SCHÄTZT DEN JÄHRLICHEN WELTWEITEN SCHADEN DURCH PRODUKTPIRATERIE AUF 1,7 BILLIARDEN US-DOLLAR. DAS SIND ZWEI PROZENT DER GLOBALEN WIRTSCHAFTSLEISTUNG

» Um weltweit für einen wirksamen Schutz unserer Marken zu sorgen, ergänzen wir juristische durch präventive Maßnahmen wie den Sicherheitscode für unsere Originalprodukte

Ingrid Bichelmeir-Böhn,
Fachanwältin für gewerblichen Rechtsschutz, Deutschland



FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

EINKAUF

PRODUKTION

LOGISTIK

MARKETING,
VERTRIEB
UND AFTERSALES

VERWERTUNG



ZUSTANDSÜBERWACHUNG Schaeffler hat Systeme zur Zustandsüberwachung entwickelt. Das steigert die Verfügbarkeit und die Lebensdauer von Maschinen und Anlagen. Ebenso kann eine Apparatur damit sicherer und effizienter betrieben werden. Unternehmen können die Instandhaltung damit am jeweiligen Zustand einer Anlage ausrichten. Das ist ein großer Fortschritt gegenüber konventionellen Verfahren, in denen präventiv oder reaktiv gearbeitet wurde. Die Systeme von Schaeffler erfüllen hohe Anforderungen an Sensorik, Erfassung und automatische Verarbeitung der Messdaten. Neu ist das FAG SmartQB Frühwarnsystem. Es erkennt Unregelmäßigkeiten an Elektromotoren, Pumpen, Lüftern und deren Wälzlagern. Eine echte Neuheit auf dem Condition-Monitoring-Markt sind die aus den Schwingungsdaten automatisch generierten Klartextmeldungen auf dem sieben Zoll großen Display.



» Mithilfe der automatisch generierten Klartextmeldungen im FAG SmartQB bietet Schaeffler eine einfach zu bedienende und intelligente Überwachungslösung zum Maschinenzustand. Ohne zusätzliche Engineering-Aufwände lassen sich so für den Betreiber die Laufzeiten und Verfügbarkeit erhöhen. Diese Lösung ist somit auch an kleineren Anlagen und Nebenaggregaten wirtschaftlich einsetzbar. FAG SmartQB senkt die LCC (Life Cycle Costs) und schont zugleich wertvolle Ressourcen

Volker Erberich,
Internationales Servicemanagement

VERWERTUNG



TRENN-KOST Auch in den USA geht Schaeffler mit gutem Beispiel voran. Das Projekt „Zero Waste to Landfill“ beinhaltet die konsequente Trennung, Vermeidung und Wiederaufbereitung von Müll. Unternehmen und Gemeinden, die mehr als 90 Prozent des sonst entsorgten Aufkommens vermeiden, werden als „Zero waste“ (Null Abfall) klassifiziert. Am Standort Fort Mill, South Carolina, hat Schaeffler einen Recycling-Workshop angeboten, um eine bessere Sortierung zu erreichen und das Aufkommen zu verringern. „Das Projekt ‚Zero Waste to Landfill‘ dient der kontinuierlichen Verbesserung der Umweltschutzleistungen unserer Werke“, sagt Ken Brown, EHS Coordinator am Standort Fort Mill.



AUS FLÜSSIG WIRD FEST In China besitzt Schaeffler einen Standort in Taicang. Der dort anfallende Schleifschlamm lässt sich zu Briketts pressen und dient der Wärmeerzeugung. Zugleich wird in diesem Prozess Öl zurückgewonnen.

» Unsere Brikettieranlage schlägt zwei Fliegen mit einer Klappe: Sie halbiert die Abfallmenge und stellt das Öl wieder für die Fertigung bereit

Li You,
EHS Regionalkoordinatorin, China

ZWEITES LEBEN Schaeffler hat ein Verfahren entwickelt, um in China die Radlager von Bahnfahrzeugen am Ende ihrer Laufzeit wieder nutzbar zu machen.

» Die Aufbereitung gebrauchter Radlager von Bahnfahrzeugen erhöht die Lebenszeit unserer Produkte. Zugleich schonen wir Ressourcen und senken den Wasserverbrauch, die CO₂-Emissionen sowie die Kosten

Dr. Yong Liu,
Director Central Engineering, China

The image shows the rear left side of a silver car, including the taillight, rear bumper, and a portion of the trunk. The car is parked on a paved surface with a yellow line. The background is a plain, light-colored wall.

WOL VS. TUN

Einfach mal die Welt retten? Kein Problem, wenn es da nicht saftige Schnitzel, brüllende V8-Motoren und Fernweh gäbe. Über das Dilemma zwischen Anspruch und Wirklichkeit, Verführung und Verwirrung, Auto und Fahrrad.

— von *Wiebke Brauer*

LEN

— Gute Vorsätze haben mehr Feinde als ein Wildschwein zu Beginn der Jagdsaison. Auf der einen Seite stehen die eigenen Ideale. Der Wunsch, Lebewesen zu schützen und nicht einfach in Form einer Salami zu verdrücken. Der hehre Gedanke, dem Klimaschutz Genüge zu tun und gesellschaftliche Verantwortung zu übernehmen. Nachhaltig leben, mit einer passablen Ökobilanz, um kommenden Generationen einen sauberen und lebenswerten Planeten zu hinterlassen – das wäre etwas. Und wie weiß die Weste wäre, wie rein das Gewissen! Herrlich. Wenn da nicht die Salami wäre. Mit einem Hauch von Trüffel, so frisch und würzig auf der Zunge, dass noch der Waldboden durchschmeckt, in dem sich die Sau einst suhlte. Und wenn nicht der Verbrennungsmotor wäre, mit seinen verführerischen Ausdünstungen von Freiheit und Abenteuer und dem Anschein von Potenz und Pracht. Und die sagenhaft günstige Karibik-Reise! Überall lauern Versuchungen.

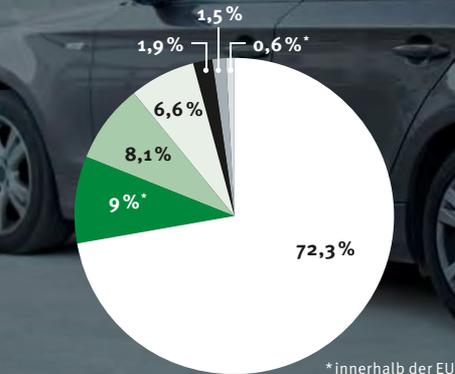
Fragt sich bloß, ob im Verzicht allein das Heil liegt. Wie edel sind die Gedanken wirklich, wie hilfreich die Opfer, wie gut das Trachten? Verheddert man sich nicht vielmehr in einem Knäuel von modernistischen Dogmen, verlogener Ethik und angesagtem Lifestyle? Wie viel einfacher war es, als das Fressen noch vor der Moral kam und nach uns die Sintflut.





12.700 km

legt der EU-Bürger pro Jahr im Durchschnitt, **unterstützt mit Motorkraft**, zurück – verteilt auf folgende Verkehrsmittel:



* innerhalb der EU



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2013

So kommt es einem zumindest vor, wenn man sich den Unterschied zwischen Öko-Wahn und Wirklichkeit vor Augen führt. Wenn man nicht gerade als grüner Glaubenskrieger mit einem Jutebeutel durch die Gegend hüpf, Algen-Tofu verdrückt und sich abends mit einem Birkenstöckchen die Zähne putzt, steht man morgens auf, schnappt sich einen Coffee to go im Einwegbecher, steigt in seinen Kombi und fährt zwölf Minuten zur Arbeit. Radfahren? Ne, hat genieselt. Mittags wird ein Schnitzel verdrückt, abends ein Glas Wein zur Pasta vertilgt, vielleicht eine Zigarette hinterher, bei der man sich auf die anstehende Fernreise freut. Hier ein paar Daten, um die alltäglichen Freuden ein bisschen zu trüben: 60 Kilo Fleisch verzehren wir im Jahr, laut Greenpeace verursacht jeder Deutsche einen sechsmal größeren CO₂-Ausstoß, als die Erde verkraftet – und um die Laune so richtig zu versauen, kann man sich vor Augen führen, dass man pro Jahr 221,5 Kilo Verpackungsmüll produziert. Doch wie sieht die Alternative aus? Klar könnte man sich der Zero-Waste-Bewegung anschließen und keinen Müll mehr hinterlassen. Indem man in Geschäften einkauft, die Waren plastik- oder sogar verpackungsfrei anbieten. Feine Idee, allerdings kaum umsetzbar, wenn man nicht gerade in Berlin-Kreuzberg wohnt, wo man solche Läden eher vorfindet als in, sagen wir, Cuxhaven.

Europameister

in Sachen Autofahren sind die Zyprioten. 89 % geben **Pkw oder Motorrad/Moped** als Hauptfortbewegungsmittel an. Beim ÖPNV sind die Tschechen Spitze. 37 % nutzen hauptsächlich **Bus und Bahn**. Die Rumänen sind beim **Zu-Fuß-Gehen** (29 %) ganz weit vorn und die Niederländer beim **Radfahren** (31 %).

Quelle: Eurobarometer

Und als Vorhaben ist das noch unmöglicher, wenn man keine Lust hat, mit Tupperdosen bewaffnet einzukaufen – oder eine unstillbare Liebe für Nutella-Brote hegt. Ach, wenn es denn nur die Nutella-Brote wären ... Laut einer forsa-Studie im Auftrag von CosmosDirekt kann sich nur jeder dritte Autofahrer in Deutschland vorstellen, sich ein E-Mobil anzuschaffen. Und was ist mit den anderen? 37 Prozent mögen viel sein, aber alle anderen Bundesbürger geben sich einem anderen Traum hin. Abgesehen von der Masse, die der Reichweite eines Elektromobils nicht traut oder sich kein solches Vehikel leisten kann, gibt es noch die kleine Truppe der Unvernunft, die dem Verbrennungsmotor huldigt. Nachts murmeln diese Benzinköpfe Wörter wie: Selbstzündung, Brennraum,

Saugmotor und Glühzünder. Das ist sexy, das vereint Pyromanie, Benzingeruch und Hubraum!

Und der Verdacht liegt nahe, dass diese Nostalgiker niemals auf die Idee kämen, ihren heiß geliebten Wagen auszuborgen. „Sharing is caring“? Mag angehen. Aber 61 Prozent der deutschen Autobesitzer verleihen ihren Wagen nie – obwohl die Sharing-Economy das neue Glücksversprechen sein soll. Wie viele Menschen lieber ihre Mutter verkaufen würden, als ihr heiß geliebtes Gefährt an einen Fremden zu verleihen, darüber existiert im Übrigen keine Studie. Zum Glück, muss man wohl sagen.

Der trügerische Fußabdruck der Bio-Avocado

Überhaupt – wäre man ein besserer Mensch, wenn man elektronisch über den Asphalt sausen würde? Laut einer Studie des Verkehrsinstituts der Technischen Universität Dänemarks (DTU) verbrauchen auch E-Autos weitaus mehr als von den Herstellern angegeben. Womit wir wieder beim ironischen Spruch aus den 80ern wären: „Bei mir kommt der Strom aus der Steckdose.“ Der Haken in dieser ohnehin hyperkomplexen Welt: Für jede Studie findet sich eine Gegenstudie oder ein Gegenargument. Das fängt bei der E-Mobilität an und geht bei Lebensmitteln weiter: Ehrenhaft, wenn man sich dafür entscheidet, nichts mit Gesicht zu essen. Aber was ist mit den Einzelnern und Würmern, die durch den Anbau von Getreide- und Sojamonokulturen getötet werden? Und werden nicht sogar Regenwälder in Brasilien gerodet, um den steigenden Bedarf der Tofu-Konsumenten zu stillen? Wie man's macht, ist's falsch. Allerdings ist es auch keine Lösung, mit den Schultern zu zucken und im Chevrolet Camaro zum Burger-Drive-in zu brettern. Also, nicht immer.

Natürlich muss man sich mit seiner Verantwortung für diesen Planeten auseinandersetzen. Und sicherlich kann man seine Witze darüber machen, dass Veganismus das neue Heilsversprechen der Konsumgesellschaft zu sein scheint. Da kaufen vernunftbegabte Menschen vegane Fleischwurst von Wiesenhof und vegetarisches Hack von der Rügenwalder Mühle, um sich vom normalen Omnivor abzuheben. Andere geben unendlich viel Geld für eine

» **Ich kenne mindestens 1.000 Möglichkeiten, wie wir aus der Situation hier wieder rauskommen ... Leider sind sie alle tödlich**

aus „Per Anhalter durch die Galaxis“

KLIMABILANZ FÜR NAHRUNGSMITTEL

CO₂-Äquivalente in Gramm pro Kilo des Produkts

Produkt	konventionell	ökologisch
Geflügel	3.508	3.039
Rind	13.311	11.374
Schwein	3.252	3.039
Gemüse, frisch	153	130
Gemüse, TK	415	378
Kartoffeln, frisch	199	138
Kartoffeln, trocken	3.776	3.354
Pommes frites, TK	5.728	5.568
Tomaten, frisch	339	228
Teigwaren	919	770
Butter	23.794	22.089
Joghurt	1.231	1.159
Käse	8.512	7.951
Milch	940	883
Sahne	7.631	7.106
Eier	1.931	1.542

Quelle: GEMIS 4.4

375.000.000

Vegetarier machen **Indien zur Welt-Hochburg der fleischfreien Ernährung**. Veganer findet man auf dem Subkontinent hingegen so gut wie gar nicht. Hier sind die USA mit 6 Mio. Anhängern top of the world.

Quelle: vegane-bewegung.de

Bio-Avocado aus Chile aus, deren CO₂-Fußabdruck wahrscheinlich größer ist als der eines europäischen Außenministers. Ein wenig funktionieren die hohen Preise für Bioprodukte wie ein Ablasshandel mit dem Kapitalismus: Wer es sich leisten kann, kauft sich frei, fühlt sich gesünder, physisch optimiert und moralisch überlegen. Das kann man anprangern. Oder sich wiederum darüber erheben. Muss man aber nicht. Es ist nichts Verwerfliches daran, seinem Gewissen die Schwere nehmen zu wollen. Sein Karma aufmöbeln und den Heiligenschein polieren? Mag man töricht finden, ist jedoch nur menschlich. Wenn modische Auswüchse und der frömmelnde Selbstbetrug dazu führen, dass man einen einzigen Tag mit dem Fahrrad ins Büro fährt und mittags einen veganen Burger mampft, während zweihundert Kilometer weiter ein bejahrtes Wildschwein in einem Wald herumsudelt, ohne zu einer Trüffelsalami verwurstet worden zu sein – dann ist vielleicht nicht die Welt gerettet worden, aber sie ist zumindest wieder ein bisschen in Ordnung. Und von einer Salami zu träumen, das kann ja keine Sünde sein.

AUS ABFALL WIRD ZUKUNFT

Fasern, Biokunststoff, CO₂: Querdenker entdecken herausragende neue Materialien und Werkstoffe in dem, was bislang als Müll gilt und vernichtet wird.

— von Kay Dohnke



230 Mio.

Tonnen petrochemisch basierte **Kunststoffe** werden jährlich weltweit produziert (Worldwatch Institute). Nahezu 30% könnten durch Kunststoffe aus dem Bio-„Müll“ Lignin ersetzt werden.

CO₂

und andere Rauchgas-Emissionen von Hochöfen sollen zur Herstellung von Chemikalien wie Ammoniak und Methanol nutzbar gemacht werden. Das plant das Projekt „**Carbon2Chem**“. In 15 Jahren könnte es losgehen.

Quelle: carbon2chem.com

CRADLE TO CRADLE

Das Konzept von Michael Braungart und William McDonough basiert auf der Idee, Konsumgegenstände aus wenigen Werkstoffen so zu produzieren, dass sie nach Nutzung problemlos **in ihre Bestandteile zerlegt** und ohne Materialverlust recycelt werden können.

— Wenn Anke Domaske Begriffe wie „Abfall“ oder „wegwerfen“ hört, klingt es für sie nach Worten aus längst vergangener Zeit. Nach einem Denken, das Probleme eher verursacht als gelöst hat. Also nach etwas, das sie hinter sich gelassen hat. Anke Domaske wirtschaftet höchst erfolgreich mit – verdorbener Milch. Die norddeutsche Modedesignerin aus Hannover hat daraus „Qmilch“ entwickelt, eine hochwertige Biofaser mit Top-Eigenschaften. Und die gewinnt sie aus Milch, die für den menschlichen Verzehr nicht mehr zugelassen ist. Bislang goss man sie fort, oder die Bauern kippten sie auf ihre Felder.

Domaske hat darin ein Wundermaterial erkannt: Auf der Suche nach einer unbehandelten Faser experimentierte die ausgebildete Mikrobiologin Domaske mit Kasein, jenem Milcheiweiß, aus dem Quark gewonnen wird und das sie zu einer Faser verarbeitet hat. Die ist bio und regional, benötigt bei der Herstellung 90 Prozent weniger Wasser als herkömmliche Fasern, ist sehr belastbar, hautfreundlich und sogar kompostierbar. Inzwischen laufen Domaskes Maschinen auf Hochtouren, die internationale Nachfrage wächst rapide.

Nicht nur ökologisch, auch ökonomisch interessant

500 Kilometer weiter südlich in Deutschland, bei Tecnar in Ilsfeld bei Stuttgart, läuft ein ähnlich wunderbarer Prozess ab. Auch Helmut Nägele und Jürgen Pfitzer sind als Querdenker auf einen Superstoff gestoßen und haben ihm eine große Zukunft erschlossen: Lignin, ein Abfallstoff der Papierherstellung. Der wurde bislang verbrannt. Die beiden Chemiker entwickelten daraus „Arboform“, einen hochwertigen Biokunststoff mit allen Eigenschaften, die Plastik haben muss. Nur dass er nicht aus Öl besteht, sondern aus Holzfaser-Abfall. Arboform ist vielfältig einsetzbar und ungiftig, wird ohne Umweltbelastung hergestellt und kann kompostiert werden.

Saure Milch und Holzfasern: Domaske bzw. Nägele und Pfitzer stehen für ein neues Denken. Sie lassen sich nicht von Begriffen wie „Müll“ oder „Abfall“ irritieren, sondern betrachten Material analytisch, gleichsam durch die Oberfläche hindurch, und erkennen darin neue Potenziale: Lignin ist nicht Holz, sondern ein Polymer, und saure Milch hat das Zeug zu einer Faser. Ihre Entwickler leisten einen strukturellen Transfer und öffnen Perspektiven, die konventionellem Denken verborgen bleiben mussten.

Qmilch und Arboform setzen in der Pre-Consumer-Phase der globalen Müll-Produktion an und zeichnen sich durch besondere Aspekte aus: Beide Bio-Stoffe entstehen ohne zusätzliche Landnutzung. Domaskes Faserherstellung verbraucht keine Lebensmittel, die

noch genießbar wären, und für Arboform muss kein einziger Baum extra geschlagen werden. Interessant sind sie für die Industrie, da sie sich dauerhaft in verlässlich großer Menge und Qualität produzieren lassen: Jedes Jahr fallen in Deutschland zwei Millionen Tonnen verdorbene Milch an, und vom Ausgangsstoff für Arboform, dem Lignin, werden jährlich weltweit 70 Millionen Tonnen verbrannt.

Müllverbrennung zerstört Rohstoffe

Für Armin Reller ist das ein rotes Tuch. Denn Müllverbrennung hält der Experte für Abfälle und Recycling und Leiter der Fraunhofer-Projektgruppe Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS einfach nur für dumm: „Wir zerstören wertvolle Rohstoffe und deponieren sie als Schlacke – dabei verlieren wir die vielen Potenziale, die die Materialien eigentlich haben und die bei effektiver Handhabung immer wieder genutzt werden könnten.“

Domaske, Pfitzer und Nägele hingegen nutzen das aus Rellers Sicht so wichtige „Wissen um die Stoffzusammenhänge“ und starten auf Basis unbeachteter Materialien neue Wertschöpfungsketten, die Ressourcen und Umwelt entlasten. Erste Verfahrensmodelle zeigen, dass auch aus dem klimaschädigenden CO₂ vielfältige Materialien gewonnen werden können. Fast wie im Märchen vom Rumpelstilzchen, in dem die Müllerstochter Stroh zu Gold spinnen kann.



DER AUTOR

Nach langjähriger Tätigkeit als Redaktionsleiter und Chefredakteur erkundet Kay Dohnke seit geraumer Zeit als freier Autor in Hamburg die Welt der

Nachhaltigkeit. „Ein Bereich“, sagt er, „in dem man täglich auf positive Themen und spannende Menschen stoßen kann.“

ABT



„WIR WOLLEN INNOVATIONEN VORANTREIBEN“

Mit zehn Podiumsplätzen und drei Siegen hat das Team ABT Schaeffler Audi Sport die zweite Saison der Formel E geprägt. Vizechampion Lucas di Grassi über die Faszination von Elektroautos, die Herausforderungen an die Ingenieure und seine ganz persönlichen technischen Leidenschaften.

— von Jörg Walz

— **Sie haben den Titel in einem spannenden Formel-E-Finale nur um zwei Punkte verpasst. Wie zufrieden sind Sie trotzdem mit der Saison?**

Natürlich war ich zunächst enttäuscht, aber schon nach wenigen Tagen hat die Freude über eine erfolgreiche Saison überwogen. Es war nicht zu erwarten, dass wir den Titelkampf gegen das Renault-Werksteam bis zum Finale offenhalten. Ich finde, alle Mechaniker, Ingenieure, Partner und auch wir Fahrer dürfen stolz auf das sein, was wir in diesem Jahr erreicht haben. Wir haben die Saison erhobenen Hauptes verlassen und werden stärker als zuvor zurückkommen.

Die Formel E hat ihre zweite Saison absolviert. Wie beurteilen Sie die Entwicklung der Serie?

Die Formel E ist ein sehr interessantes Projekt. Alle, mich eingeschlossen, waren skeptisch, wie die Serie bei den Menschen ankommt. Ein Schlüssel zum Erfolg war die Entscheidung, mitten in den größten Metropolen der Welt zu fahren und nicht auf langweiligen permanenten Rennstrecken. Die Fans und Medien begeistern sich für die Formel E, immer mehr Automobilhersteller und Fahrer wollen mit dabei sein. Meiner Meinung nach ist die Formel E eine Erfolgsstory und wird weiter an Bedeutung gewinnen.

Schaeffler hat zusammen mit dem Team den Antriebsstrang für das aktuelle Auto entwickelt. Wie war der Weg dahin?

Als die Formel E gegründet wurde, stand keine entsprechende Technologie zur Verfügung. Also gab es

40 Standardautos – ausgestattet von McLaren, die Batterie von Williams und das Chassis von Dallara. Dann hat man in der zweiten Saison die Entwicklung nur für die Teile zugestanden, die auch für die Straßentechnologie relevant sind. Die Aerodynamik, die in der Formel 1 ja eine sehr große Rolle spielt, ist in der Formel E also vorgegeben. Der einzige wichtige Bereich für die Produktentwicklung war in diesem Fall der Antriebsstrang. Alles, was hinter der Batterie liegt, das ERS, der Motor, das Getriebe, das Differenzial, die Hinterradaufhängung, ist frei. Wir haben unseren eigenen Antriebsstrang ABT Schaeffler MGU01 entwickelt, der uns in die Position gebracht hat, bis zum letzten Rennen um den Titel zu kämpfen.

Was sind die Herausforderungen bei einer solchen Entwicklung?

Für uns ist nur das von Bedeutung, was aus der Batterie kommt: eine elektrische Leistung von 200 kW. Jetzt ist es wichtig, den größten Teil der Leistung so effizient wie möglich und mit dem geringstmöglichen Gewicht auf die Räder zu übertragen. Von Bedeutung ist auch die Frage nach der Anzahl von Gängen: Je weniger Gänge man hat, desto besser, da die Beschleunigung konstant ist. Dafür wird aber der Motor größer. Und je kleiner der Motor ist, desto mehr Gänge werden nötig. Wir haben also mit einem kleinen Motor mit fünf Gängen in der ersten Saison angefangen und sind dann den Kompromiss eines geringfügig größeren Motors mit nur drei Gängen eingegangen. Andere Teams haben zwei oder fünf Gänge oder zwei Motoren. Wir haben einen guten Kompromiss

gewählt. Das beschert uns auf manchen Strecken eine gute, konstante Beschleunigung. Wir brauchen kaum zu schalten – das ist sehr gut –, und gleichzeitig haben wir das Gewicht niedrig gehalten. Daher waren wir in dieser Saison auch eines der wenigen Teams, die sich unterhalb der Gewichtsgrenze befanden. Deshalb denke ich, dass wir das Richtige getan haben.

Ein großes Schlagwort in der Elektromobilität ist die Effizienz ...

In der Formel E auch. Nur im Qualifying ist die Effizienz nicht wichtig, denn Sie können so viel Energie verbrauchen, wie Sie wollen. Im Rennen ist der Fahrstil dann etwas anders, denn man muss energiebewusst fahren: Jedes Auto hat 28 kWh zur Verfügung, und damit muss man für die Hälfte des Rennens auskommen. Muss ich verteidigen oder attackieren, verbrauche ich mehr und muss anschließend wieder sparen. Fahrer und Team sind für eine perfekte Strategie und spontane Anpassungen gefordert.

Was wird es in den kommenden Jahren an technischen Neuheiten geben?

Heute sind wir bei 28 kWh pro Auto, in der fünften Saison wollen wir bei 56 kWh sein – damit wird es dann möglich sein, das Rennen ohne Wechsel nur mit einem Auto zu bestreiten. Ein Zwischenschritt ist die Erhöhung der Leistung von 200 auf 250 kW. Es gibt also einen genauen Fahrplan – die Formel E kommt gut voran, die meisten Einschränkungen sind natürlich batteriebedingt.

Wie denken Sie über den Motorsport der Zukunft? Stichwort ist auch das Roborace, ein Autorennen mit autonomen Rennwagen ohne Fahrer, das im Rahmenprogramm der Formel E starten soll.

Treiben die Entwicklung in der Formel E voran: Technologie-Vorstand Prof. Peter Gutzmer (rechts) und Dr. Simon Opel, Leiter Sonderprojekte Motorsport, sind bei den Rennen dabei



Als ich etwas über fahrerlose Autos gehört habe, war ich zunächst nicht besonders glücklich, denn die würden mich ja arbeitslos machen (lacht). Aber wir durchlaufen gerade eine sehr interessante Phase im Motorsport: Wir haben den Punkt erreicht, an dem viele Systeme im Auto bessere Arbeit verrichten als ich. Aber ist das wirklich noch Sport? Ich akzeptiere Roborace als eine Serie, in der Ingenieure alle technischen Möglichkeiten in ein fahrerloses Auto stecken können. Und in den anderen Kategorien werden wir weiter darum kämpfen, wer der beste Fahrer ist – ich glaube also, beide Wege haben eine glänzende Zukunft vor sich.

Sie haben verschiedene Kategorien angesprochen. In der FIA-Langstrecken-Weltmeisterschaft WEC gehen Sie mit einem Hybrid-Auto an den Start – welche Bedeutung hat der Motorsport für dessen Entwicklung?

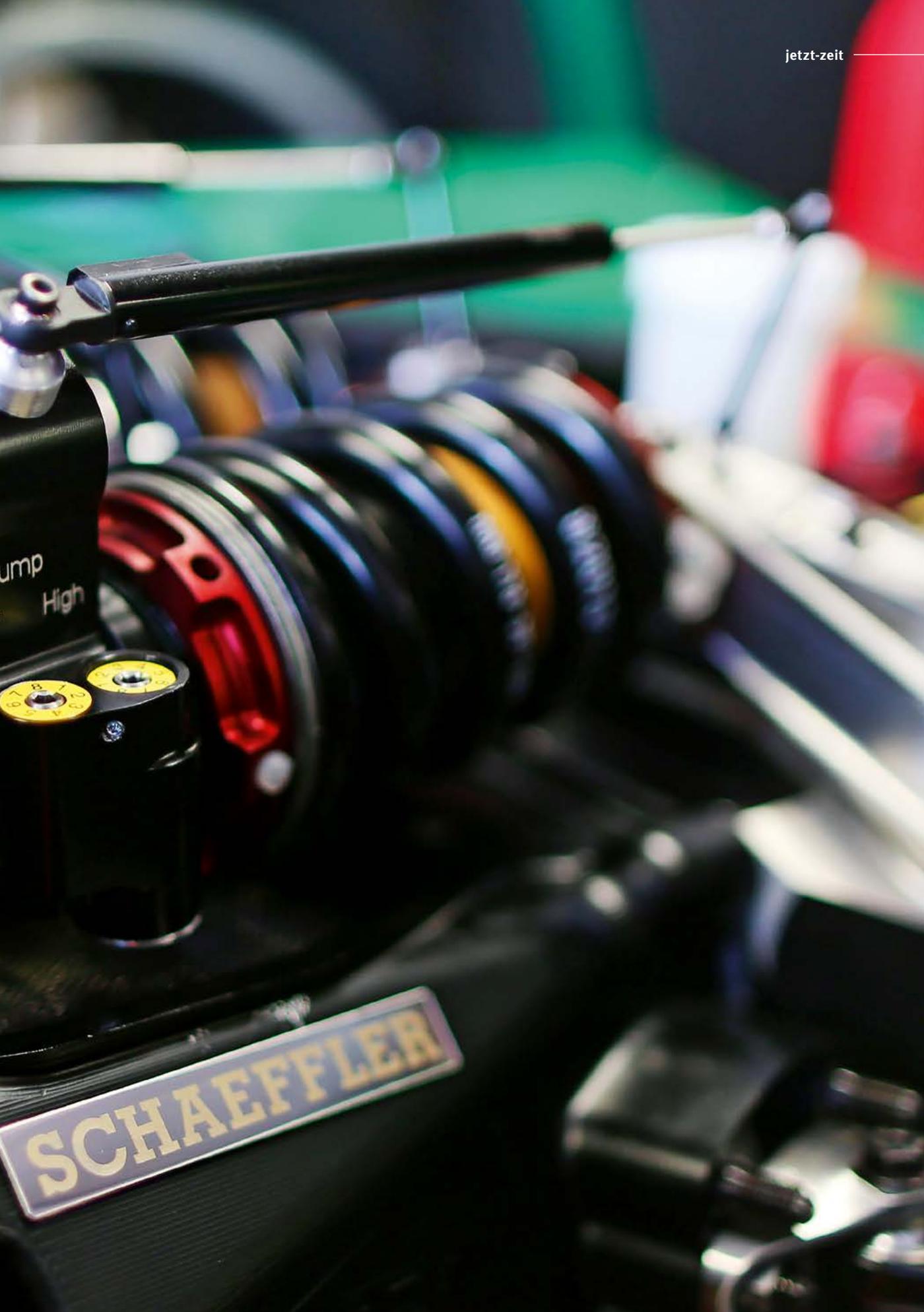
Im Motorsport wird vermutlich das 24-Stunden-Rennen von Le Mans das letzte sein, das voll elektrisch wird. Ganz einfach weil es unrealistisch ist, 24 Stunden lang mit einer Batterie auf Höchstleistung zu bleiben. Aber der Übergang zu Hybrid – wie wir es auf der Straße gesehen haben – ist ein riesiger Schritt nach vorn. Le Mans propagiert diesen Übergang zu Hybrid nun schon seit fünf Jahren, und in diesem Zeitraum hat sich der Kraftstoffverbrauch für dieselbe Rundenzeit nahezu halbiert. Davor hat die Einführung von Hybrid etwa 40 bis 50 Jahre gedauert.

Die Zusammenarbeit mit den Ingenieuren trägt sehr stark zum Erfolg bei. Wie sehr sind Sie als Rennfahrer selbst Ingenieur?

Nun, ich stamme aus einer Familie von Ingenieuren: Mein Vater und mein älterer Bruder sind Ingenieure. Ich glaube, es war auch so vorgesehen, dass ich Ingenieur werden sollte. Ich liebe das Komplex. Das hilft mir, denn ich kann so besser mit unseren Technikern reden und sie verstehen. Es ist schwer, die Wünsche zu formulieren, weil unsere Autos so komplex sind. Wenn ich in einer bestimmten Kurve ein Problem habe, dann gibt es so viele verschiedene Möglichkeiten, um das Problem zu lösen: Es kann an der Aufhängung liegen, am Differenzial, am Reifendruck – wenn man ein bisschen darüber weiß, wie sich das Auto verhält, kann man präziser vorgehen und bessere Entscheidungen treffen.

Ich habe gehört, Sie beschäftigen sich nicht nur beruflich mit Innovationen rund um die Elektromobilität ...

Auch ich habe ab und zu Freizeit und baue mir gerne Sachen zusammen. Ich betreibe ein paar Projekte in Sachen elektrischer Mobilität, was meiner Meinung nach sehr zukunftssträchtig ist, besonders für die Innenstädte. Da ich in Monaco lebe, hole ich nur selten mein Auto heraus. Die Gegend ist aber sehr hügelig, und da möchte man nicht unbedingt so viel schwitzen, wenn man nicht gerade trainiert. Um es kurz zu machen: Ich war nicht glücklich mit den E-Bikes, die auf dem Markt waren, also habe ich die



ump
High

SCHAEFFLER



Am Limit: Lucas di Grassi kämpfte bis zum letzten Rennen um den Titel

Probefahrt: Lucas di Grassi testete den Bio-Hybrid von Schaeffler in London und ist begeistert von dem Konzept

diversen Einzelteile von verschiedenen Herstellern gekauft und selbst einen Prototyp gebaut. Jetzt arbeite ich an einem dreimotorigen Fahrrad ohne Kette und ohne mechanische Bremse, nur mit regenerativer Bremse und elektrischer Leistung. Ich verfolge mehrere Projekte und wende das, was ich bei meinen Rennen lerne, gerne im Alltag an. Es gibt so viele Gelegenheiten: So viele Dinge sind nicht ausgereift, oder es gilt, eine Nische zu bedienen, oder ich bin mit einem aktuellen Produkt nicht zufrieden. Deshalb betreibe ich das als Hobby. Ich glaube, wenn ich einmal in den Ruhestand gehe, will ich so etwas machen.

Ich gehe davon aus, dass Sie Schaefflers Ideen zur Mikromobilität und zu unserem Bio-Hybrid gesehen haben. Was halten Sie von solchen Ideen?

Ich liebe solche Ideen. Und ich habe sie nicht nur gesehen, sondern hatte vor dem Formel-E-Finale in London auch Gelegenheit zu einer Probefahrt und hatte eine Menge Spaß. Alles, womit wir es in der Formel E zu tun haben, hat einen direkten Einfluss auf diese Technologien. Von den weicheren Anwendungen über Temperaturregelungen bis hin zu verschiedenen Materialien, Magneten und der Effizienz von Antrieben: Alles, womit wir in Kontakt kommen, können wir im kleinen wie im großen Maßstab anwenden. Das ist eine Welt, die mich total begeistert. So innovativ und zukunftsorientiert, wie Schaeffler sich auf diesem Gebiet bewegt, das ist genau der richtige Weg.

Welche Herausforderungen warten aus Ihrer Sicht auf unsere Entwickler?

Die makroskopische Produktion und Speicherung von Energie ist ein sehr interessantes Thema, das vorangetrieben werden muss. Und dann muss überlegt werden, wie man diese Energie nutzt und wie effizient man sie auf die Fertigungslinie überträgt. Ich bin ja ein großer Fan der Mikromobilität in den Städten und kleiner Maßstäbe. Aber wir sprechen über Bio und Nullemissionskraftstoffe, neue Kraftstoffe für Flugzeuge, für gewerbliche Lkw und für andere Dinge, für die ein energiereicher interner Verbrennungsmotor gebraucht wird. Ich glaube, da gibt es eine große Bandbreite. Wir müssen Technologien verbessern, vorantreiben und verändern. Für uns in der Formel E ist es auch wichtig, die Wahrnehmung der Menschen und ihre Kultur so zu verändern, dass sie ihre Skepsis vor elektrischer Mobilität und Innovationen generell verlieren. Wir möchten zeigen, dass es nicht nur besser für die Umwelt und für sie selbst ist, sondern dass es für sie auch billiger ist, diesen Weg einzuschlagen. Deshalb bin ich auch stolz darauf, in der Formel E ganz vorne mit dabei zu sein und mit so großartigen Partnern wie Schaeffler zusammenzuarbeiten.



TEAM ABT SCHAEFFLER IN DER FORMEL E 2015/2016

4
Kontinente

9
Länder

10
Rennen

10
Podiumsplätze

2 1 3

3
Siege

4
2. Plätze

3
3. Plätze

221
Punkte

2.
Platz Fahrer

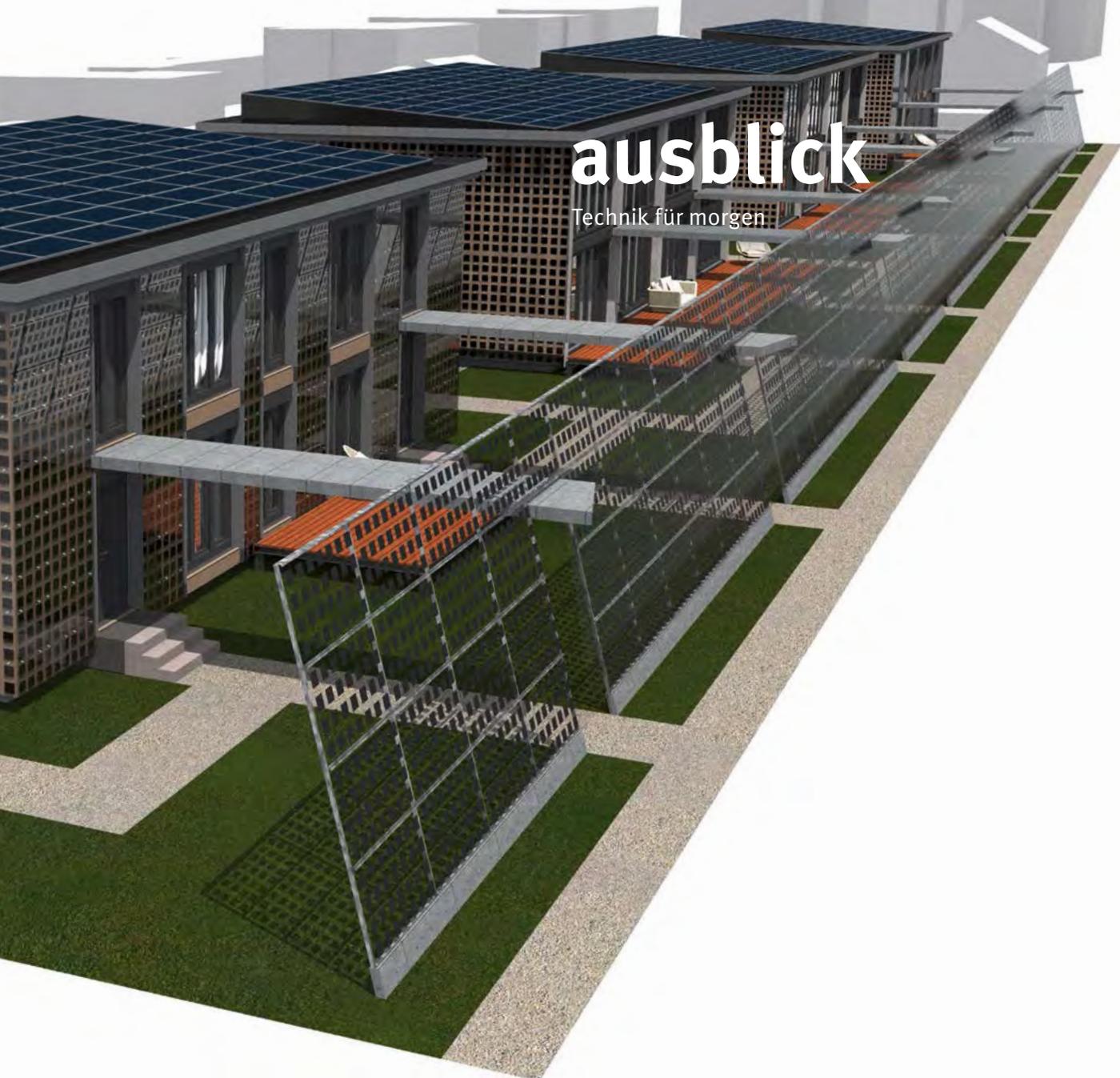
2.
Platz Team

» Zeige mir, wie du baust, und ich
sage dir, wer du bist Christian Morgenstern



AUF DIESE **MATERIALIEN** KÖNNEN SIE **BAUEN**

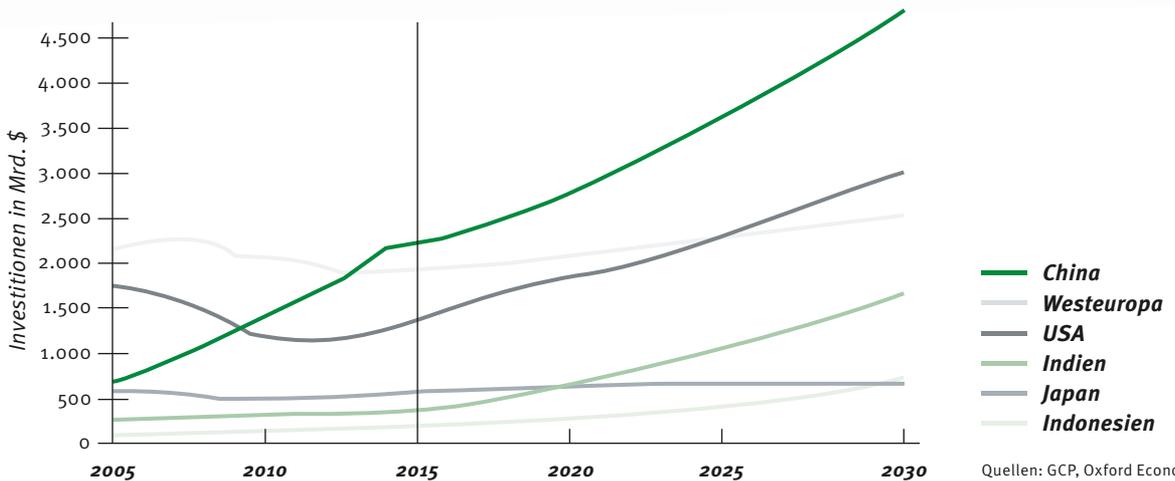
— Nachhaltig bauen, geht das? Es muss! Immerhin entstehen bei der Herstellung der in der modernen Architektur bevorzugten Baustoffe Beton und Stahl rund ein Zehntel der weltweiten Kohlendioxid-Emissionen. Kein Wunder, dass sich Forscher dieses Themas längst annehmen. Ansatz eins: Betonfassaden, von denen im Jahr weltweit rund 130 Millionen Quadratmeter verbaut werden, wenigstens zur Energiegewinnung nutzen. Die Dresdner Firma Heliatek hat dafür organische, transparente Solarfolien entwickelt, die in unterschiedlichste Fassaden integriert werden können. Beton, Glas, Jalousien – alles geht. Die Solarfolien erzeugen rund 25 Prozent mehr Energie als herkömmliche Solarzellen auf Siliziumbasis. Einen anderen Weg geht der Schweizer Architekt Fredy Iseli, der als Betonersatz einen Baustoff aus Altpapier, Holz und Zement entwickelt hat. Das Material mit Wabenstruktur ist zehnmal leichter als Beton. Die ersten, hier als Illustration gezeigten Häuser wurden mittlerweile am Bodensee errichtet. Zurück zur Natur beim Städtebau lautet das Ziel der Bio-Ingenieurin Dr. Michelle Oyen von der Universität Cambridge. Sie will aus natürlichen Rohstoffen wie Eierschalen und Knochen neue Baustoffe entwickeln, die sogar bei der Konstruktion von Wolkenkratzern eingesetzt werden können. Den dort massiv genutzten Stahl will ihr Uni-Kollege Paul Dupree mit seinen Forschungen verdrängen. Der Biochemie-Professor ist dem Geheimnis von Zellwänden auf der Spur, um dann Festigkeit, Steifigkeit und Langlebigkeit natürlicher Materialien zu verbessern und so langfristig beim Hausbau ganz auf Stahl verzichten zu können.



ausblick

Technik für morgen

DIE GRÖSSTEN BAU-REGIONEN DER WELT



Quellen: GCP, Oxford Economics

KLEINE ZELLEN, GROSSE WIRKUNG

Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze werden zunehmend vom Menschen in vielen Bereichen gezielt eingesetzt. Dank Gentechnologie ergeben sich nun noch weitere nachhaltige Anwendungen – das könnte unsere Gesellschaft verändern.

— von Christian Heinrich

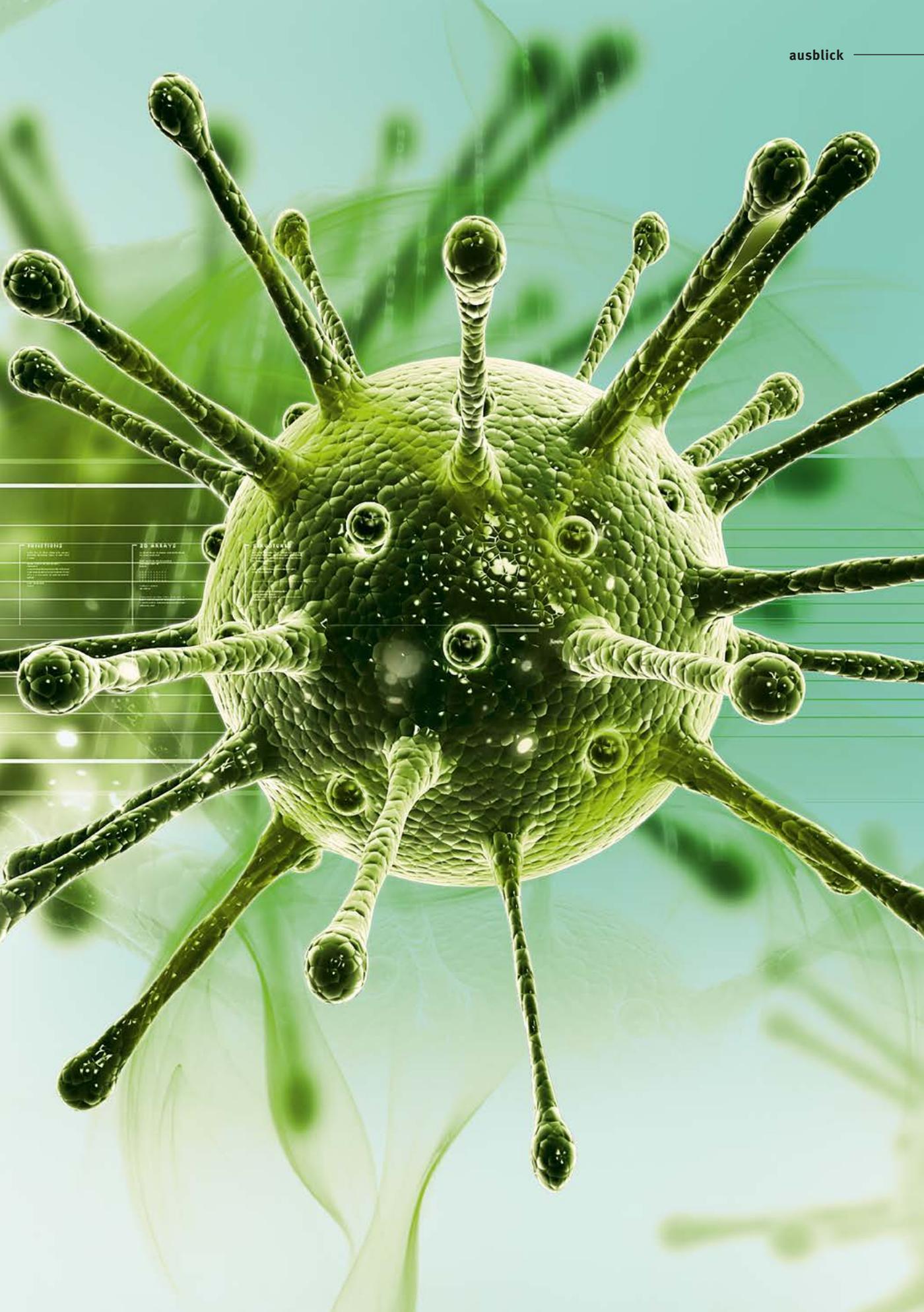
— Ein Heer von Millionen Helfern, die fleißig und klaglos ihre Arbeit verrichten. Was unglaublich klingt, ist im molekularen Maßstab längst Realität. Bakterien! Die weitläufig lediglich als Krankheitserreger bekannten Mikroorganismen dienen Industrie, Wirtschaft und Forschung zunehmend als unermüdliche Arbeitskräfte. Und sie nehmen sich teilweise Aufgaben an, die außer ihnen niemand erledigen könnte. Das ist keine Zukunftsvision, sondern Realität. Mehr noch: Wir sind teilweise bereits von ihrer Arbeitskraft abhängig, damit ein für die Menschen lebenswichtiger Zyklus in Gang gehalten wird: der Wasserkreislauf.

Jede Kläranlage setzt heute Mikroorganismen – besonders Bakterien und Hefen – ein, um unter ständiger Luftzufuhr biologische Verunreinigungen im Abwasser abzubauen. Auf diese Weise werden unter anderem Kohleverbindungen, Stickstoff und Ammonium aus dem Abwasser entfernt. Eine Kläranlage ohne diese sogenannten biologischen Reinigungsstufen ist inzwischen kaum noch vorstellbar.

Auch aus der Medizin sind Mikroorganismen als Helfer nicht mehr wegzudenken. Hier werden sie längst als regelrechte Fabriken eingesetzt. Mit Pilzen und Bakterien produziert man heutzutage Vitamine und Antibiotika. Allein im Bereich der Penizilline werden heute jährlich Medikamente mit einem Marktwert von 15 Milliarden Euro von Pilzen produziert. Die werden wiederum eingesetzt, um andere Bakterien zu eliminieren, die dem menschlichen Körper zusetzen. Ohne Antibiotika wie Penizillin würde die Lebenserwartung der Menschen heute wohl spürbar niedriger liegen.

Bakterien bauen Plastik und Öl ab

Ein ganz anderes Problem: 230 Millionen Tonnen Plastik werden jährlich produziert, davon mehr als 55 Millionen Tonnen Polyethylenterephthalat, kurz PET, eine besonders häufige Plastiksorte. Nur ein Bruchteil davon – zwei Millionen Tonnen – wird recycelt. Dass Mikroorganismen tatsächlich effizient das synthetisch



TECHNICAL
SPECIFICATIONS
TABLE 1

20-ARAVZ
TABLE 2

TABLE 3



5.000

der mehreren Millionen vermuteten **Bakterienspezies** sind bekannt. Und nur 200 machen krank.

Quelle: Robert Koch-Institut

15 Mrd. €

ist der **Marktwert der Penizilline**, die jährlich von Bakterien und Pilzen produziert werden.

Quelle: Buch „Industrielle Mikrobiologie“

0,1 – 700

Mikrometer sind Bakterien groß. Im Gegensatz zum 50-mal kleineren Virus bestehen Bakterien aus einer eigenen Zelle und haben einen eigenen Stoffwechsel. Daher gelten sie auch als **Lebewesen**.

hergestellte PET oder andere Plastiksorten abbauen könnten, erschien lange unrealistisch. Bis im März dieses Jahres Wissenschaftler der japanischen Kyoto University ein Bakterium fanden, dem PET als Nahrung dient. Mit nur zwei Enzymen zersetzt es das PET und generiert Energie daraus. Das Bakterium, das die Wissenschaftler „*Ideonella sakaiensis*“ getauft haben, arbeitet langsam, bei einer Temperatur von 30 Grad Celsius brauchen die Bakterien sechs Wochen, um ein fingernagelgroßes Stück Plastik abzubauen. „Wir müssen das Bakterium verbessern, um es wirksamer zu machen“, sagt der Agrarchemiker Kohei Oda vom Kyoto Institute of Technology, der an der Entdeckung beteiligt war.

Ein Bakterium verbessern oder gar verändern – dank biotechnologischer Methoden lässt sich das Erbgut der Mikroorganismen tatsächlich immer gezielter und leichter manipulieren, sodass sie bestimmte gewünschte Eigenschaften aufweisen. Neben dem Wissen, was welche Bakterien unter welchen Bedingungen tun, ist das ein weiterer Faktor, der den Einsatzbereich von Mikroorganismen derzeit enorm erweitert. „Mithilfe der Gentechnologie lässt sich vielleicht auch das von uns entdeckte Bakterium verbessern“, sagt auch Kohei Oda.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgen Wissenschaftler um den Meeresbiologen Brett Baker von der US-amerikanischen University of Texas in Austin. Sie haben nach der durch die Bohrplattform Deepwater Horizon verursachten Ölkatastrophe eine Reihe von Bakterien gefunden, die Öl abbauen können. „Wir waren überrascht, dass wir sogar viele Bakterien gefunden haben, die sich von Verbindungen im Öl ernähren, die besonders schwer abzubauen sind“, sagt Brett Baker. Auch hier versucht man nun herauszufinden, wie sich die Bakterien womöglich gezielt vermehren und einsetzen lassen können.

Einen Schritt weiter geht ein europäisches Verbundprojekt mit dem Namen P4SB, an dem unter anderem die Universitäten Aachen und Leipzig beteiligt

sind. Dass die Bakterien erdölbasierte Kunststoffe zersetzen, ist der Forschergruppe zu wenig. Die Mikroorganismen sollen die abgebauten Materialien in einem weiteren Schritt in Biokunststoff umwandeln. Ziel ist es, dass die Bakterien Bioplastik-Bausteine ausscheiden, die weiterverwendet werden können. „Wir arbeiten daran, die einzelnen Schritte miteinander zu verknüpfen und die entsprechenden Werkzeuge dafür zu entwickeln“, sagt Lars Blank vom Lehrstuhl für Angewandte Mikrobiologie der RWTH Aachen, der an dem Projekt beteiligt ist.

Eine Batterie aus Bakterien

Gerade das Verbundprojekt zeigt, dass die „industrielle Mikrobiologie“, wie der Zweig genannt wird, bei dem Mikroorganismen gezielt für Produktions- und Abbauprozesse eingesetzt werden, von interdisziplinärer Zusammenarbeit abhängig ist. In dem Konsortium bündeln Experten aus den Bereichen Synthetische Biologie, Metabolic Engineering, Enzymologie, Prozesstechnik, Polymerwissenschaft und Umweltforschung ihr Wissen. Erst dank einer solchen Zusammenarbeit zwischen den Fachdisziplinen kommen immer häufiger die gewünschten Ergebnisse heraus: Bakterien, die Stoffe produzieren, die man braucht. Und solche, die Substanzen abbauen, die schädlich sind. Auch wenn vieles erst im Labormaßstab gelingt, ist es nicht unwahrscheinlich, dass Bakterien in vielen Bereichen bald ähnlich routiniert eingesetzt werden wie in Kläranlagen.

Und diese Entwicklungen dürften erst der Anfang sein. Dank der Fortschritte bei der Manipulation des Erbguts dürften sich in Zukunft zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Wissenschaftler aus den Niederlanden haben bereits den Prototyp einer Batterie entwickelt, die auf dem Stoffwechsel von Bakterien basiert. Die Ära, in denen der Mensch sich einen Teil der Mikroorganismen untertan macht, hat gerade erst begonnen.



DER AUTOR

Christian Heinrich ist promovierter Mediziner und arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Hamburg. Er schreibt unter anderem für die „Süddeutsche Zeitung“, die „Zeit“ und die „tageszeitung“.

An wissenschaftlichen Neuerungen interessieren ihn nicht nur die technischen Entwicklungen, sondern auch ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft.



BITTE ANDOCKEN

Elektroautos gelten als ein wichtiger Schlüssel für eine umweltschonendere Mobilität. Um den Marktanteil der Stromer zu erhöhen, um Überlandfahrer und Laternenparker zu erreichen, scheint eine flächendeckende Versorgung mit Lademöglichkeiten unabdingbar. Leichter gesagt als getan ...

— von Michael Specht

— Norwegen hat 14-mal weniger Einwohner als das Automutterland Deutschland, aber mehr elektrische Ladesäulen. Die Niederlande haben nur zwölf Prozent der Fläche Deutschlands, versorgen den E-Auto-Fahrer aber mit rund viermal so vielen Ladesäulen. Auch in Frankreich und Großbritannien stehen doppelt so viele Stromtankstellen wie in Deutschland. Die Heimat von Audi, BMW, Mercedes, Opel, Porsche und VW hat also Nachholbedarf. Jüngste Zahlen belaufen sich auf knapp 5.600 öffentlich zugängliche Ladestationen, die man in Deutschland ansteuern kann. Statistiker haben ausgerechnet, dass somit durchschnittlich alle 111 Kilometer eine Säule steht. Zum Vergleich: Die Holländer kommen auf sieben Kilometer. Ginge es mit ähnlichem Tempo weiter, kämen wir bis 2020 auf rund 12.000 Säulen. Das ist Lichtjahre entfernt vom Zielwert 70.000, den die Nationale Plattform Elektromobilität ausgegeben hat.

Dank einer Mitte Mai ausgesprochenen Förderungsmaßnahme sollen in Deutschland nun aber 300 Millionen Euro in den Aufbau der öffentlichen Lade-Infrastruktur fließen. Eine wichtige Investition für die Mobilität von morgen, denn Experten sind sich einig: Ein lückenhaftes Versorgungsnetz hemmt neben dem teuren Anschaffungspreis die Verbreitung von E-Autos zusätzlich. „Käufer haben eine Art Urangst, irgendwo mit leerem Akku liegen zu bleiben“, sagt Stefan Bratzel, Leiter des Center of Automotive Management (CAM) in Bergisch Gladbach. Nur, wer ist für den Ausbau des Ladenetzes verantwortlich? Die Politik, die die Ziele vorgibt? Die Stromversorger, die Elektroautobauer? Oder ein ganz neuer Mitspieler?

Eine normale Ladestation kostet heute rund 10.000 Euro. Über den Stromverkauf ist damit mittelfristig kein Geld zu verdienen. Langfristig möglicherweise auch nicht. Jürgen Schenk, bei Mercedes der Leiter für die E-Mobilität, glaubt sogar, schon in wenigen Jahren gebe es ein Überangebot an Ladesäulen in Deutschland. „Durch die Fortschritte in der Batterie-Technologie erzielen wir 2020 elektrische Reichweiten von über 500 Kilometern. Der Autofahrer braucht dann höchstens noch Schnelllader entlang der Autobahnen.“

Jeder kocht sein eigenes Süppchen

Es wundert daher nicht, dass die aktuellen Investitionen in Ladestationen nur zäh fließen. Auch die Autohersteller tun sich mit dem Thema schwer, sehen sich nicht in der Pflicht, für den Ausbau einer Lade-Infrastruktur zu sorgen. Und eine Insellösung wie die von Tesla, das seinen Kunden exklusive Säulen und kostenlosen Strom anbietet, soll es nicht geben. Mercedes-Mann Jürgen Schenk: „Wir halten das nicht für zielführend.“

Dennoch fehlt eine übergeordnete Regelung. „Jeder kocht sein eigenes Süppchen“, klagt CAM-Leiter Bratzel. Will ein E-Autofahrer größere Distanzen zurücklegen, ist er fast gezwungen, sich bei unterschiedlichen Anbietern anzumelden, um nicht vor „verschlossenen“ Säulen zu stehen. Im gewohnten Diesel- und Benzin-Markt kennen wir dieses System nicht. Kraftstoff gibt es an jeder Tankstelle, unabhängig von der Marke, für

jeden Autofahrer. Vereinzelt gibt es die Möglichkeit, E-Autos nach dem Roaming-Prinzip wie bei Handytarifen „fremd“ zu laden. Oder der Kunde schickt einen Code per SMS an den Stromanbieter. Hier gilt es aber zu beachten, dass zum Teil happige Aufpreise verlangt werden, die den kWh-Preis um über 50 Prozent verteuern können. Inakzeptabel und ein Bremsklotz für die Verbreitung von Elektroautos. „Es ist an der Zeit, einen diskriminierungsfreien Zugang auch bei den E-Tankstellen anzustreben“, sagt Autoexperte Ferdinand Dudenhöffer. Der Leiter des CAR-Instituts an der Universität Essen-Duisburg ist sich sicher: Erst wenn alle Stromanbieter ihren Kunden ihren Strom zu ihrem Preis an jede öffentliche Ladesäule liefern können, ergibt dies mehr Transparenz, nimmt die Elektromobilität Fahrt auf.

Einen großen Schub könnte die Elektromobilität erfahren, wenn man die Millionen Laternenparker in den Metropolen – eigentlich prädestinierte Nutzer – als Zielgruppe gewinnen könnte. Aber schon heute ist die Parkplatzsuche für diese Autofahrer ein täglicher K(r)ampf. Zusätzlich um eine der wenigen Ladesäulenplätze zu konkurrieren käme einem Horrorszenario gleich. Kein Wunder, dass in Deutschland aktuell 80 Prozent aller E-Mobilisten ihr Fahrzeug an einer eigenen Steckdose nachladen. Systeme wie das des Berliner Start-ups ubitricity könnten helfen, die große Zielgruppe der Laternenparker für einen Umstieg zu begeistern. Die Idee der Hauptstädter: Technisch schlanke „SimpleSockets“ ersetzen teure Ladesäulen und können überall – zum Beispiel an jeder Straßenlaterne – installiert werden. Die Abrechnung erfolgt über sogenannte SmartCables, die – und das ist die Krux an dem System – wegen des hohen technischen Aufwands rund 600 Euro kosten. Ein Teil der Kosten für den Infrastrukturaufbau eines solchen Systems würde so vom Stromanbieter zum -nutzer umgeschichtet. Es sei denn, der Energielieferant subventioniert den Kabelkauf bei Abschluss eines Mobilstromvertrags – eine Strategie, die im Handymarkt seit Jahren praktiziert wird.

Im Münchner Raum hat die von BMW angeführte Projektgruppe „Light & Charge“ begonnen, Laternen und Stadtmöbel mit Ladestationen aufzurüsten. Im Gegensatz zum Berliner „SimpleSocket“ steckt hier ein Großteil der Technik in der Ladevorrichtung selbst. Auch an der Laterne scheint der Königsweg des Ladens also noch nicht gefunden zu sein.

Induktivem Laden gehört die Zukunft

Umfragen unter E-Mobil-Besitzern haben aber ergeben, dass das ständige Hantieren mit dem Ladekabel „nervt“, erst recht bei schlechtem Wetter und im Winter. Besonders zum Tragen kommt dieser Nachteil bei Plug-in-Hybriden. Weil die Batterien aufgrund der kleinen Reichweite nahezu täglich geladen werden

müssen, um die Verbrauchsvorteile voll auszunutzen, soll das induktive Laden („unplugged“) forciert werden. Im Science-Fiction-Film „Gattaca“ aus dem Jahr 1997 war diese Technik noch Musik aus einer fernen Zukunft. Heute ist sie in Feldversuchen bereits Realität. Das Funktionsprinzip über Magnetspulen gleicht dem des Aufladens elektrischer Zahnbürsten. Das Auto parkt über einer im Boden versenkten Induktionsplatte (Primärspule). Das entsprechende Gegenstück (Sekundärspule) sitzt unterm Fahrzeug. Berührungslos fließt jetzt Strom.

Derzeit lassen sich laut BMW und Mercedes, die gemeinsam an der Umsetzung einer solchen Unplugged-Variante arbeiten und diese 2017 auf den Markt bringen wollen, Leistungen von bis zu 3,6 kW mit einem Wirkungsgrad von mehr als 90 Prozent übertragen. Auch Spezialfirmen wie Qualcomm haben sich dieses Themas angenommen. Der amerikanische Konzern arbeitet intensiv mit Autobauern und Systemanbietern zusammen, um für die verschiedenen Elektroautos die passenden Lösungen bereitzustellen.

Drei entscheidende Hürden gilt es beim Aufbau eines Netzes mit induktiven Ladebereichen zu meistern: Zum einen sollen die Spulensysteme eine möglichst hohe Positioniertoleranz aufweisen, damit die Autos nicht punktgenau auf der Spule zum Stehen kommen müssen. Ein wichtiger Aspekt, denn das Ziel ist es, auch Ampelstopps oder das Überfahren entsprechend präparierter Straßenabschnitte zum Nachladen zu nutzen. Dabei gilt es, vorgeschriebene Grenzwerte des magnetischen Feldes einzuhalten. Zum anderen muss eine Kompatibilität zwischen Systemen unterschiedlicher Nennleistungen sichergestellt werden. Und dann ist auch hier das liebe Geld im Spiel: Wer finanziert die Infrastruktur, und wie wird der Stromkonsum abgerechnet?

Laternenparken 3.0

Unlängst wagte Nissan einen anderen interessanten Vorstoß im Bereich E-Mobilität der Zukunft. Zusammen mit dem renommierten Architektur- und Designbüro

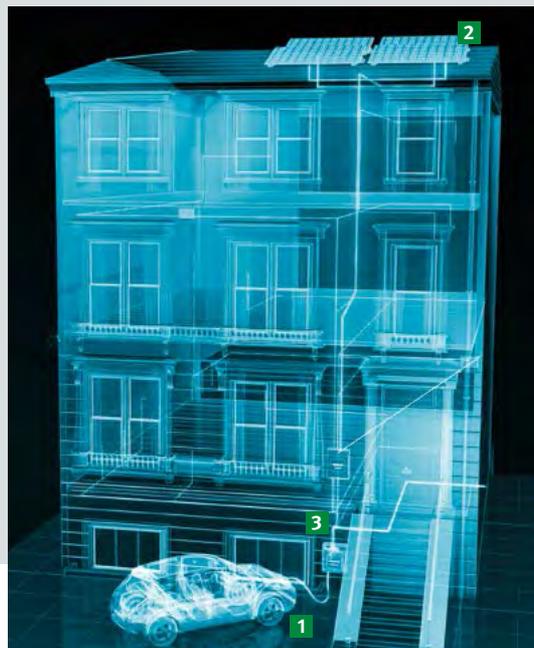


SMART STREET

So stellt sich Nissan das Laternenparken 3.0 vor. In der mit dem Architektur- und Designbüro Foster & Partners ersonnenen „Smart Street“ werden die E-Autos auf einem induktiven Parkplatz (1) mit regenerativ erzeugtem Strom (2) geladen. Sind die Akkus voll, machen die autonom fahrenden Stromer automatisch Platz für das nächste zu ladende Fahrzeug. Sollte es in der Umgebung zu Spannungsdefiziten kommen, dienen die Akkus des bidirektionalen Ladesystems als Energiereserve und speisen Strom zurück ins Netz (3).



YouTube-Video:
So funktioniert die
„Smart Street“



OHNE KABEL

Induktive Aufladung hilft gegen Kabelsalat. Man kennt es vom Handy oder der elektrischen Zahnbürste: das kontaktlose Aufladen. Das hantieren mit Kabel, Stecker und Dose entfällt. Einfach das Auto auf die Induktionsplatte (1) fahren, die Sekundärspule (2) im Auto empfängt die elektromagnetischen Impulse und leitet den Strom weiter an den Akku (3). Und das mit einem Wirkungsgrad von 90 %. Allerdings fließen die Ströme nicht so stark wie durch eine Kabelverbindung, entsprechend länger sind die Ladezeiten. Mercedes und BMW wollen das System in ihren Topmodellen 2017 anbieten.

ELEKTRO-PIONIERE

Der Coburger „Flocken Elektrowagen“ aus dem Jahr 1888 gilt als erster vierrädriger elektrisch angetriebener Personenkraftwagen weltweit. Um 1900 waren laut Wikipedia 40 % der Autos in den USA dampfbetrieben, 38 % elektrisch und nur 22 % mit Benzin. Ab 1912 wendete sich das Blatt allmählich, weil fossile Brennstoffe zunehmend günstiger wurden und größere Reichweiten ermöglichten. Die Batterie des Lohner-Porsche (Foto) aus dem Jahr 1900 wog über 400 Kilogramm und ermöglichte eine Reichweite von ca. 50 Kilometern. Um diese zu erhöhen, schob die Firma 1902 ein Hybridmodell nach, bei dem ein Daimler-Benzinmotor den Akku nachlud – auch diese Technik ist also nicht neu.



Foster & Partners entwarf man eine multifunktionale Mobilitätsvision. In der Nissan-Welt suchen sich sämtliche autonomen E-Fahrzeuge nachts in einer sogenannten „Smart Street“ einen induktiven Parkplatz, werden mit regenerativ erzeugtem Strom geladen, parken selbstständig um, um anderen E-Autos das Laden zu ermöglichen, und stehen am nächsten Morgen für die Fahrt zur Arbeit bereit.

Geparkte Autos werden bei dem Nissan-Planspiel aber auch als Energiespeicher genutzt, die aus ihren vollgeladenen Batterien ungenutzten Strom zurück ins Netz speisen können, wenn dort sogenannte Lasttäler entstehen. Eine Idee, die auch andere Anbieter verfolgen und – wie zum Beispiel mit dem „Micro-Smart Grid“ in Berlin-Schöneberg – auch bereits testen. Aus gutem Grund: Ein Problem des wachsenden Anteils regenerativer Energien (in erster Linie der Windenergie) besteht in den hohen Schwankungen bei der Einspeisung in die Stromnetze. Die Batterien von Elektrofahrzeugen könnten beim bidirektionalen Laden als Zwischenspeicher nivellierend eingreifen.

Auch das Forschungsprojekt INEES der Kooperationspartner Volkswagen, LichtBlick, SMA Solar Technology

AUF DIE EINFACHE TOUR

Billige Dose, teurer Stecker. Ladestationen für E-Autos kosten 10.000 Euro und mehr. Geld, das so schnell nicht wieder reinkommt. Auch das ist ein Grund für den zögerlichen Ausbau der Lade-Infrastruktur. Das muss nicht sein, sagt das Berliner Start-up ubitricity. Mit technisch schlanken „SimpleSockets“ **(1)** können die Hauptstädter fast jede Straßenlaterne für schmales Geld zur Ladestation umrüsten. Die teure Technik unter anderem für die Abrechnung steckt im Kabel **(2)**, das entsprechend kostet: rund 600 Euro. In der Addition ist das System dennoch günstig und könnte helfen, die Zahl der Ladestellen schnell zu erhöhen.

 ubitricity.com



sowie des Fraunhofer-Instituts Windenergie und Energiesystemtechnik hat die Möglichkeit untersucht, durch die Batterien eines Pools von Elektrofahrzeugen eine stabilisierende Wirkung auf die Stromnetze zu erreichen. Das Fazit: technisch schon heute umsetzbar, aber unter den aktuellen Rahmenbedingungen unrentabel.

Doch was passiert, wenn künftig vielleicht Millionen E-Autos mehr oder weniger zeitgleich nach der Heimfahrt von der Arbeit zum Aufladen angedockt werden? Verkräftet das Stromnetz, dem in der Volt-Rushhour zwischen 17 und 19 Uhr ohnehin Höchstleistung abverlangt wird, die zusätzliche Belastung? Zumal die Ladeströme immer potenter werden. Einst galten Ladestationen mit 20 kW Wechselstrom als Benchmark. Aktuell testet ein Konsortium mit Beteiligung des Fraunhofer-Instituts 150 kW starke Gleichstromsysteme, die in 30 Minuten 300 Kilometer Reichweite in die Batterien pressen. Ob die Netze das aushalten? Eine finale Antwort darauf fällt schwer. Um es gar nicht erst zum Blackout kommen zu lassen, existieren bereits sogenannte Smart-Charging-Strategien. Der Ladevorgang beginnt nicht unbedingt direkt dann, wenn das Auto ans Netz geht, sondern wenn die Netzauslastung es zulässt.

Man merkt: Es sind noch viele Fragen zu klären, bis das Aufladen von E-Autos so einfach ist wie „einmal volltanken“ an der Kraftstoff-Zapfsäule. Aber auch dort fing es holperig an: Benzin gab es zunächst nur in Apotheken, die ersten Zapfsäulen wurden erst in den 1920er-Jahren eingeführt.

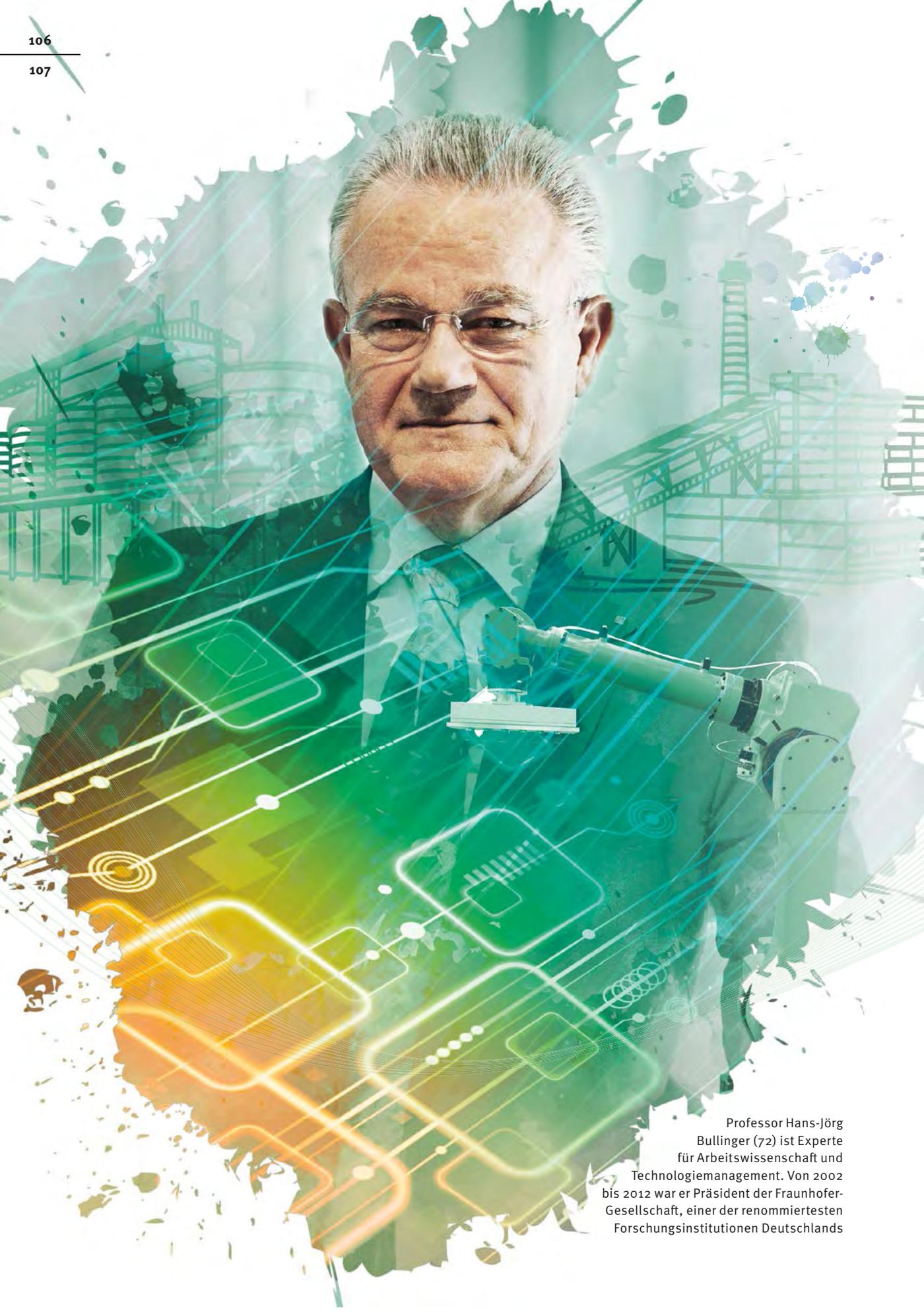


DER AUTOR

„Nie wieder ein Auto mit Verbrennungsmotor“, sagte sich **Michael Specht**, als er vor mehr als zwei Jahren auf E-Mobilität umschwenkte. Seitdem hat er in seinem BMW i3 (natürlich ohne Range

Extender) über 27.000 Kilometer zurückgelegt. Die angeblich mangelnde Infrastruktur in Sachen Ladesäulen stört den Hamburger Journalisten nicht. Das „Tanken“ erfolgt zu 99 Prozent zu Hause.





Professor Hans-Jörg Bullinger (72) ist Experte für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement. Von 2002 bis 2012 war er Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, einer der renommiertesten Forschungsinstitutionen Deutschlands

ROBOTER SCHAFFEN MEHR FREIHEIT

Gesündere Jobs, weniger Stress, saubere Umwelt: Der technische Fortschritt beschert vielen Menschen ein besseres Leben, sagt der langjährige Fraunhofer-Präsident Hans-Jörg Bullinger. Allerdings nicht allen. Ein Zukunftsgespräch.

— von Claus Gorgs

— **Herr Professor Bullinger, die industrielle Produktion wird immer vernetzter, intelligente Roboter halten Einzug. Was bedeutet das für die Arbeit der Zukunft?**

Wir werden einen großen Automatisierungsschub erleben, vor allem bei Produktionslinien mit großen Stückzahlen. Bei Unternehmen, die eine hohe Vielfalt an Produktvarianten herstellen, wird es in den nächsten Jahren eher auf eine größere Spezialisierung hinauslaufen. Klar ist schon jetzt, dass wir in beiden Bereichen höher qualifizierte Menschen brauchen werden – und zwar mehr, als wir derzeit haben.

Gleichzeitig ersetzen intelligente Maschinen immer mehr Fachkräfte. Ist die Digitalisierung für die Beschäftigten eher Chance oder eher Risiko?

Es ist ja nicht so, dass wir die Wahl hätten. Diese Entwicklung kommt. Und wo es Chancen gibt, gibt es immer auch Risiken. Für Menschen, die bisher eher einfache Tätigkeiten in einer Fabrik ausführen, wird es natürlich eng. Diese Art von Arbeit wird verschwinden. Bei spezialisierten Tätigkeiten werden die Roboter eher der Unterstützung der Menschen dienen und deren Arbeit leichter machen. Unter dem Strich glaube ich, dass die Chancen überwiegen.

Wie kann man sich diese Zusammenarbeit von Mensch und Maschine vorstellen?

Es geht nicht in erster Linie darum, dass Roboter Menschen im Produktionsprozess ersetzen. Das Kernthema heißt Vernetzung. Das Zusammenführen von Produktionsdaten, Planungsdaten, Kundendaten – da liegen die enormen Effizienzvorteile. Wenn bekannt ist, wann welcher Auftrag fertig sein muss und wie die Maschinen belegt sind, dann können die Mitarbeiter zum Beispiel

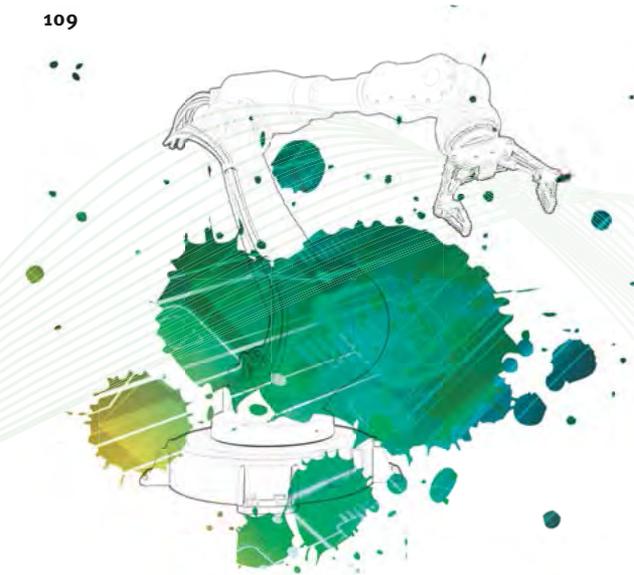
untereinander ausmachen, wer den Job übernimmt und wer an einem sonnigen Tag vielleicht früher gehen kann. Die Digitalisierung erlaubt es, den Menschen bei der Einteilung ihrer Arbeit mehr Freiheiten zu geben.

Steht am Ende dieser Entwicklung die menschenleere Fabrik?

Diese Möglichkeit sehe ich, aber das wird noch ewig lang dauern, bis das in der Breite der Industrie so kommen wird. In diesem Stadium werden natürlich Industriearbeitsplätze verloren gehen, ganz klar. Gleichzeitig werden neue Arbeitsplätze bei der Herstellung von Automatisierungstechnik entstehen. Dummerweise wird man das nicht mit den Menschen machen können, die man in der Fabrik freisetzt. Und genau das wird das gesellschaftliche Dilemma der kommenden Jahrzehnte sein. In den nächsten fünf bis zehn Jahren wird es aber vor allem um die Spezialisierung der Arbeitsplätze gehen, in denen digitale Technik und Vernetzung die Menschen unterstützt.

Wie sollten sich Unternehmen und Mitarbeiter auf diese Entwicklung vorbereiten?

Ich sage immer, es gibt drei wesentliche Aufgaben: 1. Qualifizierung, 2. Qualifizierung, 3. Qualifizierung. Dort, wo heute gutes Facharbeiterwissen gefragt ist, brauchen wir in Zukunft Ingenieurqualifikationen – und zwar praxisorientiert. Es wird sehr viel Systemwissen erforderlich sein, ein Mix aus Elektronik-, Mechanik- und Informatikwissen. Da müssen noch viele Pläne an den Berufsschulen und in der Ingenieurausbildung umgeschrieben werden, damit wir auf diese Entwicklung richtig vorbereitet sind. Und wir werden für die Produktion derselben Stückzahlen weniger Menschen brauchen.



Nun besteht die Wirtschaft ja nicht nur aus Industriebearbeitungsplätzen. Wie wird die Digitalisierung die übrigen Bereiche verändern?

Die Anforderungen an das Verständnis von Mathematik und Informatik werden auch in anderen Berufen steigen. Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass überall dort, wo Fähigkeiten wie Einfühlungsvermögen, Emotion oder Kreativität gefragt sind, der Mensch gegenüber der Technik auch in Zukunft klar im Vorteil ist. Ärzte, Architekten oder Schriftsteller lassen sich kaum durch Computer ersetzen. Überall dort, wo es darum geht, große Datenbestände auszuwerten, vorhandene Informationen zusammenzuführen und daraus neue Schlüsse zu ziehen, ist die Industrie 4.0 allerdings deutlich überlegen. Um die Kreditwürdigkeit eines Kunden zu beurteilen, braucht man keinen Bankkaufmann.

Worauf sollte ein Personalchef künftig bei der Auswahl neuer Mitarbeiter achten?

Er muss vor allem darauf achten, ob ein Kreativitätspotenzial vorhanden ist, eine Bereitschaft, sich auf Wandel einzulassen, Neues dazulernen. Was wir im Detail in 20 Jahren an Qualifikationen brauchen werden, weiß heute niemand. Was wir aber wissen, ist, dass sich die Berufsbilder viel schneller und viel häufiger verändern werden als bisher. Wer diese Entwicklung mitgeht, sie unterstützt und vorantreibt, ist sehr wertvoll für ein Unternehmen. Für hoch qualifizierte und spezialisierte

Mitarbeiter öffnen sich zudem völlig neue Möglichkeiten, ihre Fähigkeiten zu vermarkten. Warum sollen die sich überhaupt von einem Unternehmen fest anstellen lassen?

Was sollen sie stattdessen tun?

Sie können als Selbstständige für verschiedene Auftraggeber tätig sein – wo sie arbeiten, ist aufgrund der Digitalisierung und immer schnellerer Datenübertragungsgeschwindigkeiten zusehends egal. In der Medienbranche und bei Unternehmensberatern ist eine solche Arbeitsweise schon heute sehr verbreitet, bei Informatikern und Ingenieuren geht es inzwischen auch los.

Wenn Arbeit zunehmend ortsunabhängig wird, heißt das, dass Arbeits- und Privatleben wieder näher zusammenrücken, vielleicht sogar verschmelzen?

Die Digitalisierung bietet die einmalige Chance, Arbeit für die Menschen günstiger zu gestalten. Moderne Fabriken können in Innenstädte und Wohngebiete integriert werden, weil sie keinen Krach mehr machen und keine Emissionen mehr ausstoßen. Der Lärm und der Dreck waren die Gründe, warum die Fabriken vor 100 Jahren aus den Städten verschwanden, jetzt können sie zurückkehren – zum Beispiel dank Produktionsverfahren wie der 3-D-Drucktechnik. Das erspart Zigttausenden von Beschäftigten lange Arbeitswege, entlastet die Straßen und die Umwelt. Zudem können wir die Arbeitszeit erheblich flexibler gestalten. Viele Tätigkeiten, die bisher an den Arbeitsplatz gebunden waren, können jetzt beim Zulieferer, beim Kunden oder von zu Hause aus erledigt werden. Da gibt es eine ganze Reihe interessanter Optionen.

Gilt das auch für die geringer qualifizierten Menschen, deren Jobs durch die Digitalisierung wegfallen?

Die Entwicklung hin zur Industrie 4.0 birgt die Gefahr einer Spaltung der Gesellschaft: Auf der einen Seite stehen diejenigen, die qualifiziert genug sind und Arbeit haben, und auf der anderen die, deren Jobs wegfallen und die dann keine oder nur sehr schlecht bezahlte Arbeit haben. Diese Gefahr darf man auch nicht kleinreden. Deshalb brauchen wir eine Qualifizierungsoffensive in allen Arbeitsbereichen. Das wird die große Herausforderung der kommenden Jahre und Jahrzehnte sein.

1 BILLION

Objekte werden bis 2025 über das Internet **miteinander vernetzt** sein und fortlaufend Daten produzieren.

Quelle: McKinsey

390.000

neue **Arbeitsplätze** könnten in Deutschland in den kommenden zehn Jahren durch die Digitalisierung entstehen.

Quelle: BCG

1 MRD.

Meldungen wurden 2014 von **Robotern geschrieben**. Auch im Journalismus ist die Maschine auf dem Vormarsch.

Quelle: digitur.de

TRENDSETTER SCHAEFFLER

Hoch qualifizierte und spezialisierte Mitarbeiter im Einklang mit Robotern und Maschinen – das ist der Arbeitsmarkt der Zukunft. Bei Schaeffler wird er schon heute gelebt.

Mehr als 84.000 Mitarbeiter an 170 Standorten in über 50 Ländern sprechen eine deutliche Sprache. Bei Schaeffler wird trotz der zunehmenden Digitalisierung weiterhin auf das „Gut“ Mitarbeiter gesetzt. Allein in den vergangenen fünf Jahren stieg die Zahl der Beschäftigten weltweit um mehr als 10.000 an.

Um aktuelle Mitarbeiter langfristig zu binden und gleichermaßen neue Arbeitsplätze mit Spitzenkräften zu besetzen, investiert die Schaeffler Gruppe in hohem Maße in Aus- und Weiterbildung und beteiligt sich an praxisorientierten Studiengängen in Kooperation mit zahlreichen Hochschulen. Schaeffler bietet vielfältige Möglichkeiten für die berufliche Weiterentwicklung und Karriereplanung – auch im internationalen Austausch zwischen den Unternehmen der Schaeffler Gruppe.

Das Weiterbildungsangebot bei Schaeffler wird weltweit unter dem Dach der Schaeffler Academy gebündelt. Das Angebot richtet sich an alle Beschäftigten und hält gleichermaßen für Auszubildende, Mitarbeiter,

Führungskräfte und Mitglieder des Managements zielgerichtete Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung bereit. Am Ende des Geschäftsjahres 2015 befanden sich rund drei Prozent der Mitarbeiter in der Schaeffler Gruppe in einem Ausbildungsverhältnis. Die Zahl der Azubis hat sich damit um rund sechs Prozent im Vergleich zum Vorjahr erhöht.

Die Zukunft mitgestalten – diese Möglichkeit gibt es bei Schaeffler. Rund 6.700 Mitarbeiter entwickeln an 40 Forschungs- und Entwicklungsstandorten neue Produkte, Technologien, Prozesse und Verfahren für marktgerechte Lösungen. Mit mehr als 2.300 Patentanmeldungen im Jahr 2015 gehört Schaeffler zu den Innovationsführern in der Industrie. Auch in Zukunft.

~4.000

Weiterbildungen 2015 in
Deutschland

~2.900

Schaeffler-Auszubildende weltweit

Weitere Informationen

schaeffler.com/de/karriere



» Innovationsstärke und Technologieführerschaft beginnen in den Köpfen kreativer Mitarbeiter

Corinna Schittenhelm,
Vorstand Personal und
Arbeitsdirektorin der Schaeffler AG

DA IST SPANNUNG

Batterien werden künftig bei der Energieversorgung eine deutlich größere Rolle spielen als bisher. Wegen der zunehmenden E-Mobilität natürlich, aber auch in der ganz „normalen“ Stromversorgung. Grund genug, sich mit der Frage zu beschäftigen: Was können Batterien eigentlich – und was passiert mit den nützlichen Stromspeichern, wenn ihnen der Lebenssaft ausgeht?

— von Thomas Arndt

— Im Nordosten Deutschlands wurde bereits 2014 in Sachen Energiespeicher der Zukunft ein respektables Ausrufezeichen gesetzt: Seitdem betreibt der mecklenburgische Energieerzeuger WEMAG in Schwerin Europas erstes kommerzielles Batteriekraftwerk und ist damit Vorreiter einer immer schneller wachsenden Branche. Die vollautomatisch arbeitende Fünf-Megawatt-Anlage dient dazu, den mittels Wind- und Sonnenkraft gewonnenen Strom zu speichern und kann damit kurzfristige Schwankungen in der Netzfrequenz des Stromnetzes ausgleichen. Im Inneren des etwa turnhallengroßen Gebäudes speichern 25.600 Lithium-Manganoxid-Zellen Strom in Millisekunden. Fünf jeweils vier Tonnen schwere Mittelspannungs-Transformatoren verbinden das Kraftwerk sowohl mit dem regionalen Verteilnetz als auch mit dem nahe gelegenen 380-kV-Höchstspannungsnetz. Sorgen um die Nachhaltigkeit der Investition macht sich Unternehmenssprecher Michael Enigk nicht: „Die eigens für diesen Zweck von Samsung gelieferten Batterien haben eine garantierte Laufzeit von 20 Jahren“, versichert er.

Laufzeit ist auch das Stichwort für die wachsende Zahl von Antriebsenergie-Speichern für E-Autos. Diese

sind nämlich langlebiger, als man gemeinhin denkt. Acht Jahre Garantie geben beispielsweise Volkswagen auf die Batterien des e-Golf und Nissan beim Leaf. Mercedes-Benz garantiert seinen Kunden je nach Elektro-Modell bis zu zehn Jahre. Innerhalb dieses Zeitraums müssen zwischen 70 und 80 Prozent der ursprünglichen Leistungsfähigkeit abrufbar sein, um einen Garantiefall zu verhindern. Schwindet die Speicherfähigkeit, sinkt die Reichweite. Doch eine Schwächung macht nicht unbedingt einen kompletten Batterietausch notwendig. Im e-Golf beispielsweise sind 264 Zellen in 27 Modulen zusammengefasst. Eine Reparatur, etwa der Wechsel eines einzelnen Moduls, ist durchaus möglich.

Eine lange Lebensdauer solcher Antriebsbatterien ist wichtig, denn sie schleppen schwer an ihrem energetischen „Rucksack“. Soll heißen: Die für die Herstellung eines großformatigen Lithium-Ionen-Speichers benötigte Energiemenge ist enorm. Die Menge des dabei freigesetzten CO₂ ebenfalls: Das Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) geht von 125 Kilogramm CO₂-Emissionen pro bereitgestellter Kilowattstunde (kWh) aus. Die Batterie eines e-Golf speichert 35,8 kWh, demnach fallen dort 4,48 Tonnen CO₂ an.

DRIN



So viel, wie ein Golf TDI durch Treibstoffverbrennung auf rund 40.000 Kilometern freisetzt.

Das zweite Leben der Antriebsbatterien

Dennoch, irgendwann gelten Batterien für den Einsatz in E-Autos als verschlissen – obwohl sie durchaus noch Power haben. Dann beginnt das sogenannte „Second life“, das zweite Leben von Antriebsbatterien. Zum Beispiel in einem Kraftwerk.

Der größte „Second life“-Batteriespeicher der Welt soll in Kürze im westfälischen Lünen seinen Betrieb aufnehmen. Das Joint Venture der Partner Daimler, The Mobility House und GETEC Energie setzt auf den Einsatz gebrauchter elektroautomobiler Batteriesysteme. In Lünen werden diese zu einem Stationärspeicher mit einer Kapazität von insgesamt 13 MWh gebündelt. Wie in Schwerin sollen auch die Batterien in Lünen zur Stabilisierung der Stromnetze beitragen.

Einen ähnlichen Weg gehen seit 2013 BMW und der Energiekonzern Vattenfall. In der Hamburger HafenCity

» Kostengünstige und leistungsfähige Speicher sind eine Schlüsseltechnologie der dezentralen Energie-Revolution

Heiko von Tschischwitz,
Strom-Manager



betreiben die beiden Partner neben einer Schnellladestation für Elektrofahrzeuge einen Batteriespeicher als Leistungspuffer. Die Zwei-Megawatt-Anlage, die das Potenzial ausgedienter Antriebsbatterien nutzt, soll noch in diesem Jahr am Kreuzfahrtterminal „Cruise Center Steinwerder“ im Hamburger Hafen in Betrieb genommen und ebenfalls zur Sicherung der Netzstabilität eingesetzt werden.

50 Prozent Recyclingquote gefordert

Schon diese wenigen Beispiele machen klar, dass Elektroautos kein fahrender Sondermüll sind. Selbst wenn eine Antriebsbatterie irgendwann „ausgelutscht“ ist – der Verband der Elektrotechnik (VDE) geht von einer Gesamtnutzungsdauer im ersten und zweiten „Leben“ von über 20 Jahren aus –, kann sie noch gute Dienste leisten: Recycling-Betriebe wie zum Beispiel Snam in Frankreich, wo Toyota Nickel-Metallhydrid-Speicher aufbereiten lässt, oder Umicore Battery Recycling, Marktführer bei der Entsorgung der weit verbreiteten Lithium-Ionen-Batterien, kümmern sich um die Weiterverarbeitung der Rohstoffe. Dabei liegt der Fokus aber nicht auf der Rückgewinnung des Lithiums. Das Alkalimetall macht nur ein Gewichtsprozent einer Batterie aus. In einem Elektro-Golf sind das rund drei Kilogramm. Die Kosten betragen in der Anschaffung nicht einmal zehn Euro – Lithium aus einer gebrauchten Batterie zurückzugewinnen wäre teurer. Wichtiger, einfacher und vor allem effizienter ist die Rückgewinnung verbauter Metalle wie Kobalt, Kupfer und Nickel. Umicore trennt die Metalle mit dem patentierten UHT-Verfahren (ultra high temperature) bei großer Hitze. „Am Ende dieses Vorgangs bleibt weniger als ein Prozent an Rückständen übrig. Damit übertreffen wir die von der EU geforderte Rückgewinnungsquote von 50 Gewichtsprozent deutlich“, erklärt Klaus Sparr, Marketing & Sales Manager bei Umicore.

Nicht alles, was beim Batterie-Recycling – ob nun aus E-Auto oder Haushalt – „gerettet“ wird, landet zwingend in einem neuen Akku oder einer neuen Batterie. Zink und Zinkoxid gehen beispielsweise auch als Korrosionsschutz in den Automobilbau, Altstahl findet im Gebäudebau eine neue Verwendung. Sozusagen im dritten Leben.



DER AUTOR

*Ständig unter Strom stehen? Nichts für **Thomas Arndt** (Jahrgang 1959). „Wer öfter mal den Stecker zieht, hat länger Energie“ lautet das Motto des Hamburger Journalisten, der seine Schreiberkarriere 1980 mit einem Volontariat bei einer Tageszeitung in Kassel begonnen hat.*

DIE BATTERIE UND IHRE SPANNUNGSGELADENE GESCHICHTE

— **Etwa 200 v. Chr.** entsteht die sogenannte Bagdad-Batterie. Als Batterie-Flüssigkeit könnte Forschern zufolge frisch gepresster Traubensaft gedient haben. Die erreichbare Spannung: ca. 0,9 Volt.

— **1800** konstruiert der Italiener Alessandro Volta mit Kupfer- und Zinkplatten die Volta'sche Säule, die erste Batterie der Neuzeit. Er gilt damit gemeinhin als Erfinder dieses Stromspeichers.

— **1854** baut der deutsche Physiker Wilhelm Josef Sinstedden den ersten Bleiakkumulator. Fünf Jahre später ersetzt der Franzose Gaston Planté Bleiplatten durch die bis heute übliche Spiral-Anordnung.

— **1882** nutzt der Luxemburger Henri Owen Tudor eine Wassermühle, um seinen Bleiakkumulator ständig zu laden, und schafft so das erste Privatgebäude, das durchgehend elektrisches Licht hat.

— **1890** erfindet W. H. Lawrence die erste Trockenbatterie für den Hausgebrauch. 1896 geht die Erfindung in Serie: rund 1,5 kg schwer und für die Stromversorgung von Telefonen gedacht.

— **Um 1899** erfinden unabhängig voneinander Thomas Edison sowie der Schwede Waldemar Jungner die Nickel-Cadmium-Zelle – bis in die 1990er-Jahre der verbreitetste Akku für Endverbraucher.

— **1957** meldet der Kanadier Lewis Urry ein Patent für die erste Alkali-Batterie für den Konsumgütermarkt an. Die Lebensdauer ist um ein Vielfaches länger als bei Zink-Kohle-Modellen.

— **1992** werden AA-Lithium-Batterien eingeführt. Sie liefern endlich ausreichend Leistung auch für moderne Geräte mit hohem Energieverbrauch.

— **2013** fährt ein E-Kleinwagen dank Alu-Luft-Batterie 1.600 km. Nachteil: Die Batterie ist nicht aufladbar, das Aluminium muss nach Entladung ersetzt werden. An praktikablen Lösungen wird gearbeitet.

IMPRESSUM

Herausgeber

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

Kommunikation, Marketing und Investor Relations

Christoph Beumelburg (Leitung)
Jörg Walz (Automotive)
Martin Adelhardt (Industrie)
Jasmin Löffler (Corporate)

Konzeption

Jörg Walz (Schaeffler)
Thomas Voigt (Speedpool)

Chefredaktion

Jörg Walz (v. i. S. d. P.)

Redaktionsleitung

Volker Paulun

Koordination

Carina Chowanek, Julia Koop,
Anke von Lübken

Druckvorstufe

Julien Gradtke, Mathias Mayer

Druck

Blattwerk Hannover GmbH

Autoren

Thomas Arndt, Dr. Joachim Becker, Wiebke Brauer, Kay Dohnke, Jakub Fukacz, Claus Gorgs,
Christian Heinrich, Roland Löwisch, Laurin Paschek, Carsten Paulun, Wilma Schreiber,
Torben Schröder, Michael Specht, Jörg Walz

Redaktion und Produktion

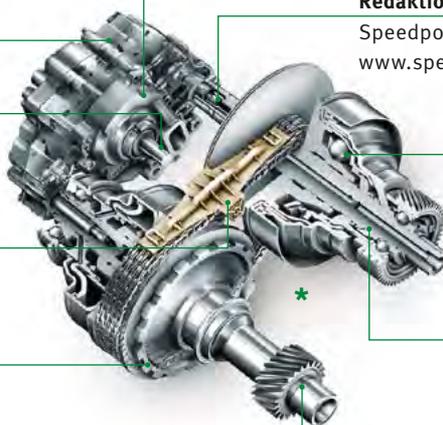
Speedpool GmbH
www.speedpool.com

Schlussredaktion

David Feist,
Volker Hummel,
Christoph Kirchner

Grafik

Manuela Mrohs (Ltg.),
Gökhan Agkurt, Oliver Breilmann,
Tina Hilscher, Janina Roll,
Mariessa Rose, Thomas Wildelau



Fotos

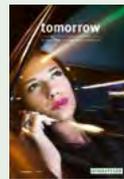
Titel: ParkerDeen/Getty; S. 3: Schaeffler; S. 4/5: Watly, Will Boase/Getty, Gazprom, Iseli Architektur AG; S. 6/7: Watly;
S. 8/9: STR/AFP/Getty, Wutzofant/Wikipedia; S. 10/11: ESA, Daniel Schmidt/University of Oldenburg, Dominion
Generation, London Array; S. 12/13: Fadel Senna/Getty, Ginori Conti, Roberto Caccuri/Contrasto, GDF Suez, Blom UK/
Getty; S. 14: Allan Donque/Wikipedia, energy-floors.com; S. 15: Schaeffler; S. 16/17: Colourbox; S. 18: DuKai/Getty;
S. 20: Mark Renders/Getty; S. 22: j/j images/Getty; S. 24/25: dem10/Getty; S. 26–29: fotosmit.nl; S. 30/31: Colourbox;
S. 32/33: Oliver Hoffmann/Colourbox, Virgen Blanca/Wikipedia; S. 34/35: IngolfBLN/Wikipedia, Dean Treml/Getty;
S. 36/37: Martin Kierstein/Colourbox; S. 38/39: JTB Photo/Getty, Wiki05/Wikipedia; S. 40/41: Will Boase/Getty;
S. 42–49: Christoph Bauer; S. 50: Audi; S. 51: Thomas Urner; S. 53: Audi; S. 54–59: Colourbox, Getty, Shutterstock;
S. 60/61: Erwin Wodicka/Colourbox; S. 62/63: Öko Institut, Wodicka/Colourbox, Schaeffler; S. 64/65: Wodicka/
Colourbox, Ton Koene/Getty; S. 66/67: Gazprom; S. 68/69: Emmanuel Donfut/Balao, Sabella; S. 70/71: Marvin Zilm;
S. 72–81: Schaeffler; S. 82/83: Zero Creatives/Getty; S. 84/85: David Leahy/Getty; S. 86: JW LTD/Getty; S. 88–93: Hoch
Zwei; S. 94/95: Iseli Architektur AG; S. 96–99: Colourbox; S. 100/101: Lya_Cattel/Getty; S. 102/103: Daimler AG, Nissan;
S. 104/105: Jacob Lohner & Co, ubitricity; S. 106–109: Ansgar Pudenz/Fraunhofer, Colourbox, Schaeffler;
S. 110–113: Jean-Christophe Riou/Getty

VERPASSEN SIE NICHT DIE NÄCHSTE AUSGABE VON **tomorrow**

Wir nehmen Sie gern
in den Verteiler auf
tomorrow@schaeffler.com



Alle Ausgaben finden Sie auch
digital in unserer Mediathek
www.schaeffler.de/tomorrow



01/2015



02/2015



03/2015



01/2016



02/2016

tomorrow wurde ausgezeichnet

Silver Winner

Kategorie

„Custom Publications /
Corporations: Technology“



Shortlist

Kategorie

„B2B: Industrie
Technologie /Automobil“



Special Mention

Excellent

Communications Design
Editorial





WEB-WELTEN

Erleben Sie
Technologie für
morgen im Internet
schaeffler.de