



ESSENTIAL

FREUDENBERG SEALING TECHNOLOGIES

JETZT ABER!
Alternative Antriebe

WOHIN GEHT DIE REISE?

Zukunftsforscher Peter Schwartz über Elektroantrieb und Wasserstoff.

WIENER WALZER

Sinnbild eines Umbruchs: das Wiener Motorensymposium im Wandel.

PIONIERE MIT MISSION

Das Start-up Nikola will die Brennstoffzelle im Mainstream etablieren.

das magazin **1_20**



IN FÜNFZIG WORTEN



Der Durchbruch der alternativen Antriebe wurde mehrmals angekündigt und genauso häufig verschoben. Wir sind überzeugt: Diesmal ist es so weit. Antriebe wie Brennstoffzelle und Elektromotor werden neben dem Verbrenner zum Alltag gehören. Nachhaltigkeit, Effizienz und Nutzerverhalten gewinnen an Bedeutung. Ein Heft über den gar nicht mehr so „alternativen“ Antriebsmix der Zukunft.

ZUM TRAILER





Jetzt aber!

Von Claus Möhlenkamp, Chief Executive Officer,
Freudenberg Sealing Technologies

Der Durchbruch alternativer Antriebe wurde schon mehrmals angekündigt – und genauso häufig verschoben. Diesmal aber ist alles anders. Wirklich? Ja. Das liegt nicht zuletzt an der Vielfalt der künftigen Antriebe und der Veränderungsbereitschaft ihrer Nutzer.

Vielleicht würde heute der Verkehr auf unseren Straßen anders aussehen, wenn die USA 1919 nicht die Prohibition beschlossen hätten. Was das Alkoholverbot mit dem Automobil zu tun hat? Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gingen zahlreiche großen Ingenieure und Automobilpioniere davon aus, dass ihr Treibstoff selbstverständlich Alkohol sein werde. Nikolaus August Otto, Namenspathe des Ottomotors, verwendete Kartoffelsprit, und von Henry Ford ist das Zitat überliefert: „Der Treibstoff der Zukunft wird aus Früchten gewonnen werden, aus dem Sumach am Straßenrand, aus Äpfeln oder Unkraut.“ Einer der Geburtshelfer des Autos war also Bio-Ethanol. Bis unter anderem die Prohibition den Schnapsbrennereien den Boden unter den Füßen wegzog.

„Der Treibstoff der Zukunft wird aus Früchten gewonnen werden, aus dem Sumach am Straßenrand, aus Äpfeln oder Unkraut.“ (Henry Ford)

Übrigens: Der erste Porsche 1898 war ein Elektromobil. Die Passagiere saßen über einem Batteriekasten, der 500 Kilogramm wog. Reichweite: 80 Kilometer. Damit war er gar nichts Besonderes. In Frankreich, England und den USA konstruierten Ingenieure in den 1890er Jahren ebenfalls Elektromotoren. Nicht nur für Autos, sondern auch für Omnibusse, Lieferwagen, Feuerwehrfahrzeuge und die ersten Gabelstapler.

„Alternative Antriebe“ nennen wir heute all das, was nicht mit Otto- oder Dieselmotoren angetrieben wird. Damit benennen wir die Andersartigkeit und nicht den konkreten Nutzen. Angesichts der Tatsache, wie lange viele dieser Antriebstechnologien bereits existieren, ist das erstaunlich. Aber es hat eben auch mit der Historie zu tun: Fossile Brennstoffe sind seit einem Jahrhundert der Standard unserer Mobilität. Sie trieben über Generationen hinweg fast alles an, was fährt, fliegt oder schwimmt.

Die Jahrhundertwende war nicht der einzige Zeitpunkt, an dem alternative Antriebe vor dem Durchbruch zu stehen schienen: Auch nach den Ölkrisen der 1970er Jahre gab es vereinzelte Initiativen, fossile Brennstoffe zu ersetzen. Mercedes-Benz stellte innerhalb dieses Jahrzehnts einen Erdgas-Omnibus, einen Elektrotransporter, einen Methanol-Ottomotor und einen Wasserstofftransporter mit Hybridantrieb vor. In die Massenfertigung ging nichts davon. Wer als Ingenieur an solchen und ähnlichen Ideen arbeitete, galt als „Alternativer“ – und der Begriff war damals nicht positiv gemeint. Er fiel auf der Wiener Hofburg, beim weltweit größten Kongress der Motoringenieure, und er wurde fast ausschließlich begleitet von Kopfschütteln und Schmunzeln. Der Durchbruch ließ weiter auf sich warten.

Bis in die 90er Jahre. Wieder eine Ölkrise, diesmal ausgelöst durch den Zweiten Golfkrieg. Abermals verkündeten die Automobilhersteller, auf alternative Technologien wie den Elektroantrieb und die Brennstoffzelle zu setzen. Es war die Zeit, in der Toyota sich der Idee des Wasserstoffantriebs verschrieb – und andere Hersteller zumindest mit Testfahrzeugen nachzogen. Es war das Jahrzehnt, in dem Elektroautos eine Renaissance zu erleben schienen. Durchbruch? Fehlangezeigt. Die Forschungen gerieten ins Stocken, der Markt schien nicht interessiert. Die meisten Ideen wurden auf Eis gelegt.

2020 ist die Welt eine andere: Strenge CO₂-Vorschriften, Elektroquoten, massenhafter gesellschaftlicher Druck beim Klimaschutz. Kein Kopfschütteln und Schmunzeln mehr, eher Gerade: Den einstigen „Alternativen“ gilt die volle Aufmerksamkeit von Vorstands-, Forschungs- und Entwicklungschefs. Anstatt sich zu fragen, wann der Durchbruch denn nun kommt, steht die Frage im Raum, welcher Hersteller abgehängt wird, weil er zu spät auf alternative Antriebe umgestellt hat.

Ganz so schwarz-weiß ist es allerdings nicht. Vieles deutet darauf hin, dass in Zukunft die alte Dualität nicht mehr gelten wird: „Hier die Verbrenner – und dort die Alternativen.“ Die neue Antriebswelt wird vielfältiger sein als die alte. Verbrenner werden auch künftig ihren Platz haben. Sei es, weil sie aus bestimmten Anwendungen wie dem Flugverkehr noch immer schwer wegzudenken sind – sei es, weil sie künftig verstärkt mit CO₂-neutralen Kraftstoffen betrieben werden. Ohnehin greift der Blick auf den reinen CO₂-Ausstoß eines Fahrzeugs zu kurz. Genauso entscheidend ist schließlich, wie viele Emissionen bei Herstellung oder Transport der Einzelteile oder bei der Produktion des Energieträgers entstehen.

Wichtiger als die Frage der Technologie wird künftig die Frage sein, welche Maschine denn nun eigentlich angetrieben werden soll und wohin der Nutzer wie weit und wie schnell fahren möchte. Sinn und Zweck von Mobilität stehen im Vordergrund.

Über all diese Fragen gilt es zu reden, zu forschen und für die Zukunft zu entscheiden. Die vorliegende Ausgabe der ESSENTIAL will ein Denkanstoß dazu sein. Sie zeigt die Vielfalt der Antriebe auf, die Vielfalt der Nutzer und die Vielfalt der Anwendungen.

Freudenberg Sealing Technologies ist auf den Antrieb der Zukunft vorbereitet – oder treffender gesagt: die Antriebe der Zukunft. Egal ob Verbrenner, Elektromotor, Brennstoffzelle oder womöglich etwas ganz anderes. ©

Die neue Antriebswelt wird vielfältiger sein als die alte. Verbrenner werden auch künftig ihren Platz haben.

Inhalt

24

Nikola

Das amerikanische Start-up will die Brennstoffzelle im Mainstream etablieren.

03

In fünfzig Worten
Alternative Antriebe: Jetzt aber!

04

Essay
Diesmal ist alles anders: Alternative Antriebe stehen vor dem Durchbruch.

08

Bilderstrecke
Antriebe im Weltall, in der Tierwelt und in Notzeiten.

14

Interview
US-Futurist Peter Schwartz über Zukunftsprognosen und Elektromobilität.

20

Wiener Walzer
Der „Opernball der Motoren-ingenieure“ ist Symbol für den Umbruch einer Branche.



29

Jetzt erzähle ich
Ein Wasserstoffmolekül über Kreislauf, ewiges Leben und Wiedergeburt.

30

Dreimal mit allem, bitte!
Infrastrukturen für nachhaltigen Verkehr mit wenig Geld – ist das möglich?

32

Außerirdischer Stromer
Bei ihren Mondmissionen ließen die Amerikaner drei Elektrofahrzeuge zurück.

36

Eine Zeit für Erfindungen
Wie umgehen mit Wandel? Zwei Führungskräfte von FST im Interview.

42

Infografik: Ressourcen
Wo stecken die Rohstoffe im Boden, die Mobilität ermöglich(t)en?



44

Feuer und Flamme

Japan verfolgt mit Vehemenz eine nationale Wasserstoffstrategie.

50

Internationaler Blick

Wie alternative Antriebe in China und in Schweden positioniert sind.



54

Dornröschenschlaf
Um 1900 hatte die Elektromobilität Chancen, sich zu etablieren.

62

Auf der Strecke geblieben
Welche alternativen Antriebe weckten letztlich erfolglos Hoffnungen?

64

Speicher statt Straße
E-Akkus können nach ihrer Zeit als Fahrzeugantrieb ein zweites Leben haben.

72

Wissenswert
Neues aus der Welt von Freudenberg Sealing Technologies.



77

Awards
Ausgezeichnete Kommunikation.

56

Auf der Überholspur

E-Bikes sind in den vergangenen Jahren immer populärer geworden.



61

Essenziell
Über die Geschichte der Steckdose, und warum sie so wichtig ist.

67

Zahlencheck
Wie viel CO₂ wird beim Bau eines E-Akkus verbraucht?

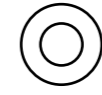
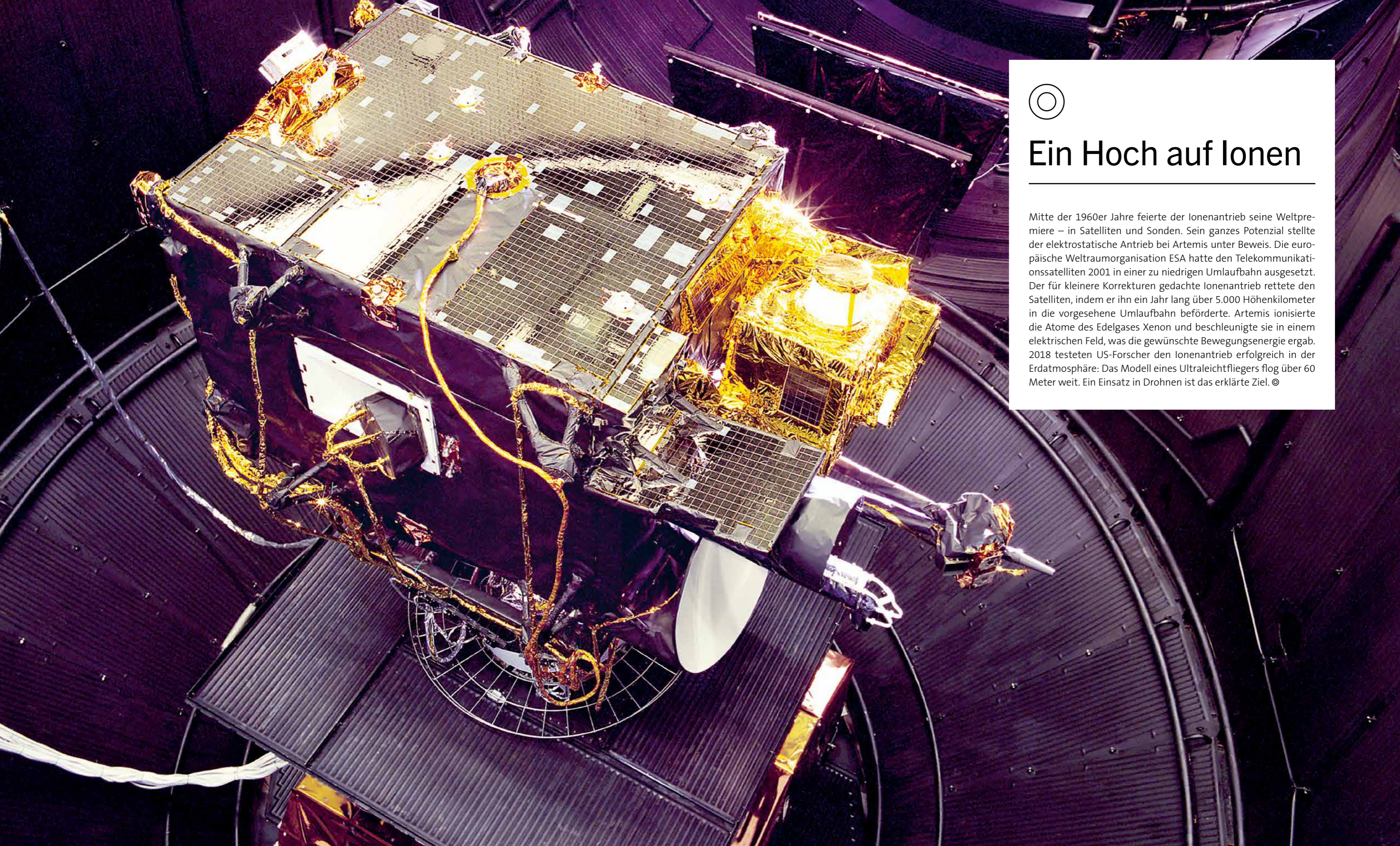
68

Schnell weiter
Zu Besuch bei einem Pionier für öffentliche Elektrobusse.

74

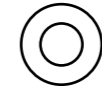
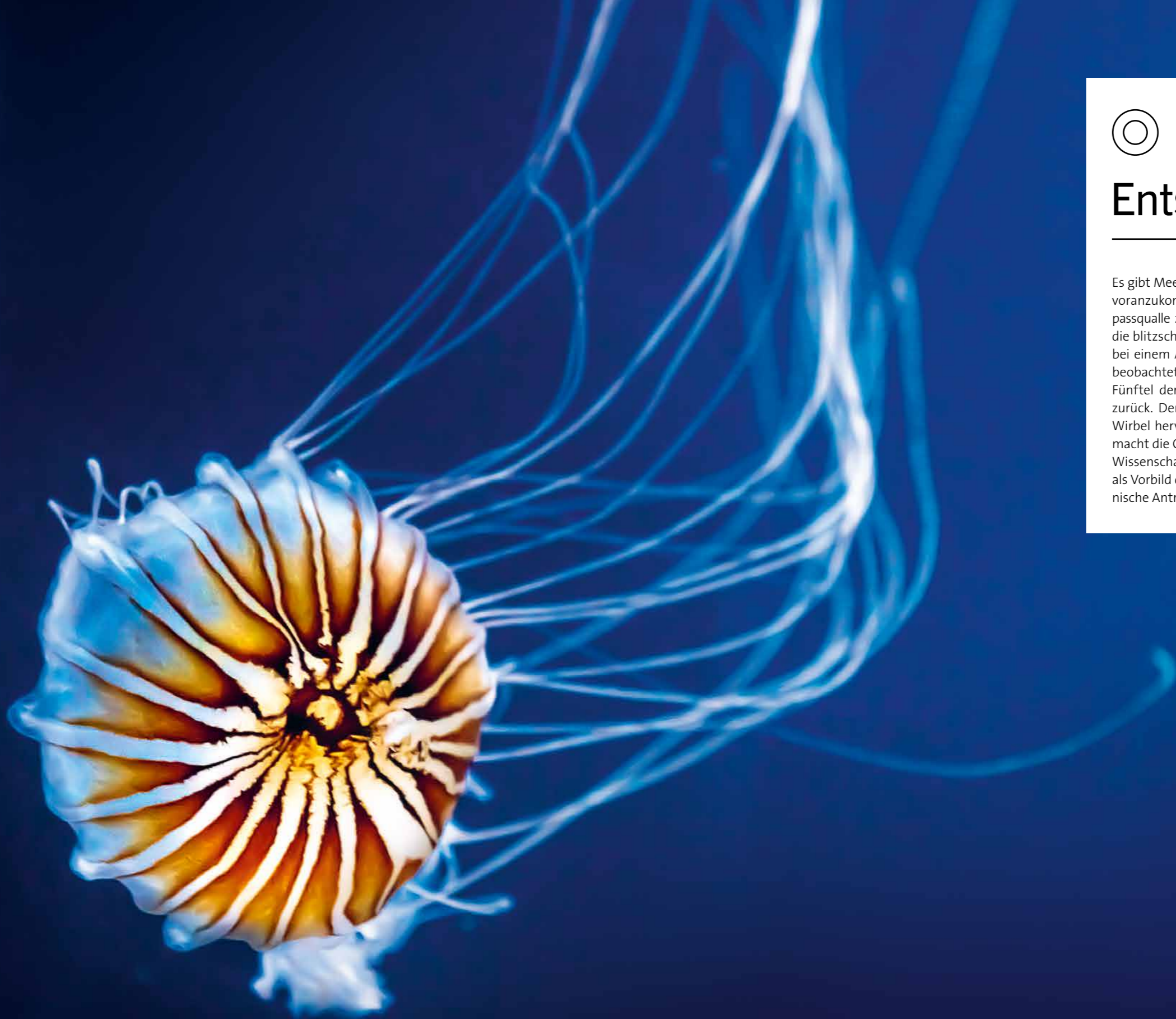
Gleich richtig

Die Fabrik der Zukunft könnte komplett mit Gleichstrom betrieben werden.



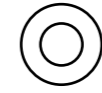
Ein Hoch auf Ionen

Mitte der 1960er Jahre feierte der Ionenantrieb seine Weltpremiere – in Satelliten und Sonden. Sein ganzes Potenzial stellte der elektrostatische Antrieb bei Artemis unter Beweis. Die europäische Weltraumorganisation ESA hatte den Telekommunikationssatelliten 2001 in einer zu niedrigen Umlaufbahn ausgesetzt. Der für kleinere Korrekturen gedachte Ionenantrieb rettete den Satelliten, indem er ihn ein Jahr lang über 5.000 Höhenkilometer in die vorgesehene Umlaufbahn beförderte. Artemis ionisierte die Atome des Edelgases Xenon und beschleunigte sie in einem elektrischen Feld, was die gewünschte Bewegungsenergie ergab. 2018 testeten US-Forscher den Ionenantrieb erfolgreich in der Erdatmosphäre: Das Modell eines Ultraleichtfliegers flog über 60 Meter weit. Ein Einsatz in Drohnen ist das erklärte Ziel. ©



Entspannt vorwärts

Es gibt Meeresbewohner, die auf das Rückstoßprinzip setzen, um voranzukommen. Quallen etwa, wie die hier abgebildete Kompassqualle zählen dazu. Sie realisieren den Rückstoßantrieb durch die blitzschnelle Kontraktion ihrer Muskeln. Wie Wissenschaftler bei einem Artgenossen der Kompassqualle – der Ohrenqualle – beobachteten, legt diese allerdings pro Schwimmzyklus nur ein Fünftel der Strecke durch das Zusammenziehen ihrer Muskeln zurück. Den Rest erledigt das Entspannen ihres Schirmes, was Wirbel hervorruft, die für einen zusätzlichen Schub sorgen. Das macht die Ohrenqualle zu einem überaus effektiven Schwimmer. Wissenschaftler glauben, dass dieses Prinzip der Fortbewegung als Vorbild dienen kann, um für Wasserfahrzeuge sparsame technische Antriebe zu entwickeln. ©



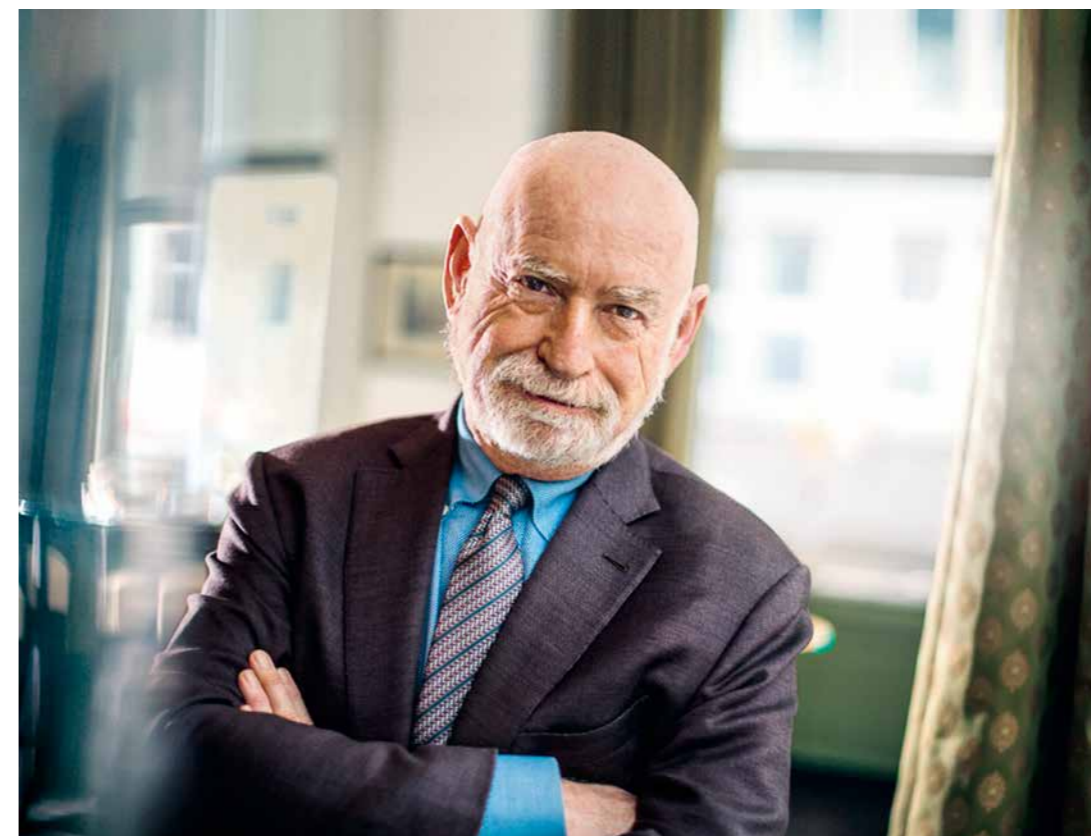
Aus der Not geboren

Not macht bekanntlich erfinderisch, und sie ist in Kriegs- und Nachkriegszeiten besonders groß. Nicht nur Lebensmittel und Güter des täglichen Lebens sind knapp, auch Sprit zählt zu den Mangelwaren. Während und nach dem Zweiten Weltkrieg kam als Treibstoff eine Alternative infrage, die gut verfügbar war: Brennholz beziehungsweise das Gas, das entstand, wenn man es erhitze. Um 1945 soll es in Deutschland rund 500.000 mit Holzgas angetriebene Fahrzeuge gegeben haben. Dabei wurde das klein geschnittene „Tankholz“ in einem an die Karosserie angebauten Generator erhitzt, woraufhin das entstehende Gasgemisch in den Verbrennungsmotor geleitet wurde und diesen antrieb. Das aus drei Kilogramm „Tankholz“ gewonnene Gas ersetzte auf diese Weise etwa einen Liter Benzin. ©



„Laden und tanken wird gleich schnell gehen!“

Futurist Peter Schwartz beschäftigt sich seit bald einem halben Jahrhundert mit der Entwicklung von Zukunftsprognosen. Wohin geht seines Erachtens die Reise für die Elektromobilität?



Peter Schwartz (Jahrgang 1946)

Der US-Amerikaner ist ein international anerkannter Futurist und Unternehmensstratege. Schwartz hat sich auf Zukunftsszenarien spezialisiert und berät Unternehmen sowie Regierungen. Der Mitbegründer von Global Business Network arbeitet seit 2009 als Senior Vice President of Strategic Planning bei Salesforce, einem Anbieter von Cloud-Computing-Lösungen. Daneben ist er Autor mehrerer Bücher und Berater von Drehbuchautoren.

PETER SCHWARTZ, SIE ENTWICKELN ZUKUNFTSPROGNOSEN FÜR UNTERNEHMEN. GEHT ES FIRMEN EHER DARUM, CHANCEN ZU ERGREIFEN ODER RISIKEN ZU VERMINDERN?

Beides. Da geht es meist nicht um entweder oder. Manche Unternehmen sind zunächst einmal daran interessiert, Chancen zu erkennen. Dazu ist es aber wichtig, verschiedene Szenarien zu betrachten. Und da kommt natürlich wieder das Risiko ins Spiel: Was gibt es für Problemstellen? Müssen wir die Einführung einer Produktneuheit verschieben?

WELCHE PARAMETER WENDEN SIE BEI IHREN BETRACHTUNGEN AN?

Das variiert je nach Unternehmen. Aber nur, was die Gewichtung angeht. Denn grundsätzlich gilt es, den Blick zu weiten. Wir ziehen deshalb immer fünf Kategorien zurate: gesellschaftliche Faktoren, technologische, wirtschaftliche, politische und ökologische. An uns ist es dann zu bewerten, welche Kategorie die wichtigste ist oder die größte Unsicherheit darstellt.

HABEN SICH DIE KATEGORIEN IM LAUFE DER JAHRZEHNTE GEÄNDERT?

Nein, aber natürlich ändern sich die Umstände. Man denke nur an die Dotcom-Blase vor zwanzig Jahren. Die Welt hat sich verändert, sie ist fragmentierter. Aber die Kategorien, die wir damals erarbeitet haben, sind noch immer gültig.



Es gab drei Möglichkeiten für den alternativen Antrieb der Zukunft: Batterie, Brennstoffzelle und Wasserstoff. Die Batterien haben gewonnen.“

Peter Schwartz, Senior Vice President of Strategic Planning, Salesforce

WAS IST DAS SCHWIERIGSTE DARAN, ZUKUNFTSSZENARIEN ZU ENTWICKELN?

Die gründliche Analyse mit der richtigen Portion Fantasie zu verbinden. Wenn Sie zu wenig Fantasie einfließen lassen, ist der Blick in die Zukunft schal und nur die Verlängerung der Gegenwart. Lassen Sie zu viel einfließen, haben Sie Science-Fiction.

UND WAS GING SCHIEF, ALS SIE 1999 VORAUSSAGTEN, DASS 2020 FAST ALLE NEUEN AUTOS MIT WASSERSTOFF FAHREN WÜRDEN? ZU VIEL FANTASIE?

Ich kannte mich damals sogar ziemlich gut mit der Brennstoffzellentechnologie aus. Das Hauptproblem der Vorhersage bestand wohl darin, dass ich und auch andere unterschätzt haben, wie teuer und wie schwierig es ist, Brennstoffzellen praktisch umzusetzen. Der einzige Autohersteller, der ein Modell ambitioniert entwickelt hat, ist Toyota. Die Technik war eine viel größere Herausforderung, als wir es uns damals vorstellten.

WORIN GENAU BESTAND DIESE HERAUSFORDERUNG?

Im Kernmechanismus der Brennstoffzelle. Das Problem ist einfach, dass zum einen das Material sehr teuer ist – wir reden von Bestandteilen wie Platin oder Seltenen Erden. Zum anderen hat Wasserstoff eine eher schlechte Effizienz. Kurz gesagt, der Input ist sehr hoch, und der Output war lange Zeit sehr schlecht. Im Gegensatz dazu haben sich Batterien einfach als effizienter erwiesen. Schauen Sie, vor 20 Jahren gab es im Grunde drei Möglichkeiten für den alternativen Antrieb der Zukunft: Batterie, Brennstoffzelle und Wasserstoff als Treibstoff für den Verbrennungsmotor. Die Batterien haben das Rennen gewonnen.

IST DER WASSERSTOFF ALS ALTERNATIVER ANTRIEB DAMIT KEIN FAKTOR MEHR?

Doch, auf jeden Fall. Ich sehe die größte Chance allerdings dort, wo Wasserstoff leicht verfügbar ist. Städte wie Hamburg oder San Francisco haben viele Raffinerien, in denen bei der Produktion ohnehin Wasserstoff anfällt. In San Francisco haben wir deswegen Wasserstoffbusse, die mit Brennstoffzellen fahren. Auch für die Fahrzeuge, die die letzte Meile übernehmen, erscheint Wasserstoff ideal. Ein anderes Beispiel sind Fabriken, die schon heute ihre komplette Gabelstaplerflotte mit Wasserstoff antreiben, weil die Unternehmen ihn auf dem Gelände selbst produzieren können.

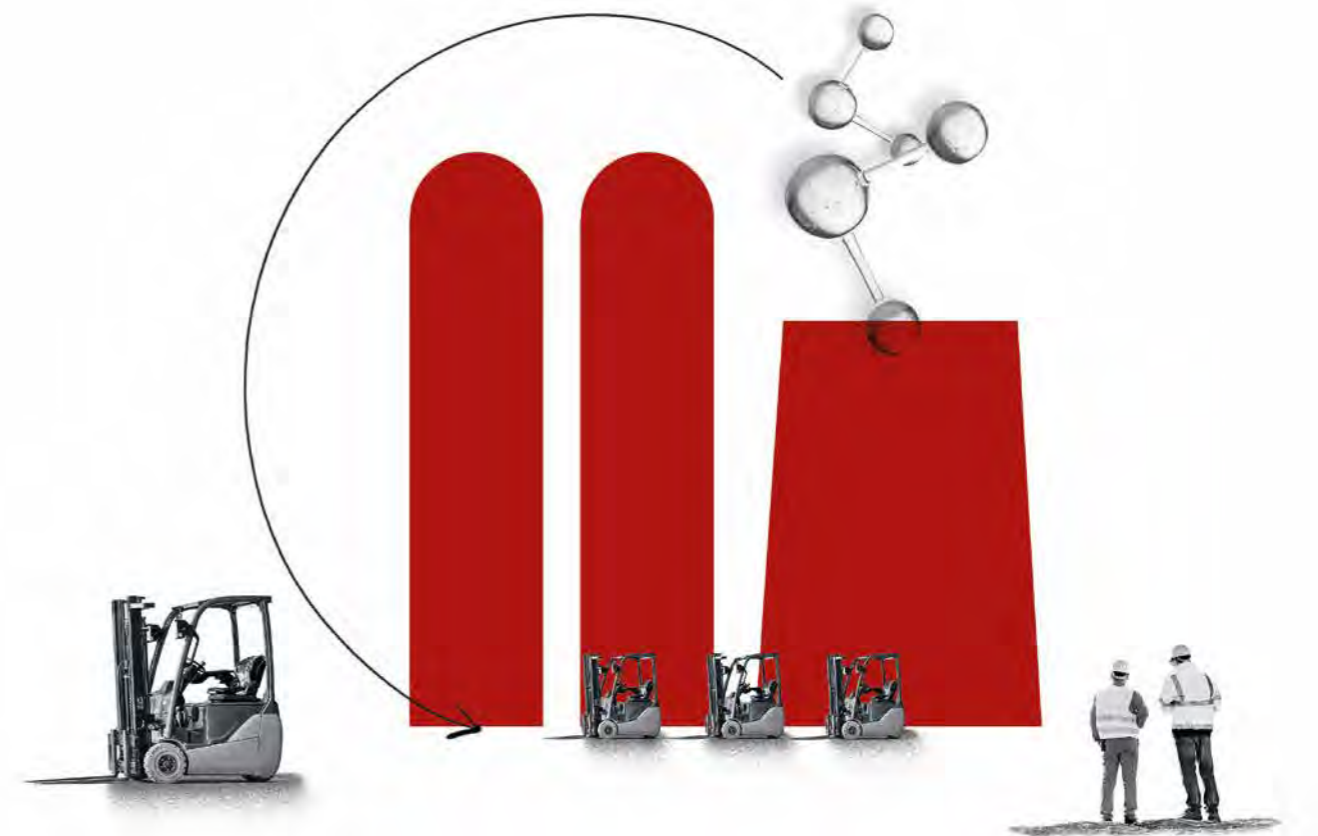
APROPOS PRODUKTION: NICHT JEDE ENERGIE, DIE ZUR HERSTELLUNG VON WASSERSTOFF UND E-AKKUS GENUTZT WIRD, IST GRÜN.

Das ist tatsächlich ein großes Thema für mich. Der inzwischen

verstorbene Physiker und Energieeffizienzexperte Lee Schipper hat gesagt, viele Elektrofahrzeuge seien genau genommen keine „Null-Emissions-Fahrzeuge“, sondern „Anderswo-Emissions-Fahrzeuge“. Sprich, die Abgase fallen an anderer Stelle an, etwa im Kohlekraftwerk, das den Strom produziert. Wirklich sauber wären die Fahrzeuge aber nur, wenn sie tatsächlich mit Strom aus erneuerbaren Energien angetrieben würden. Nur dann ergibt das Ganze Sinn. Speziell Deutschland hat sich nach dem Ausstieg aus der Atomenergie ziemlich hohe Hürden aufgebaut, weil es noch mehr von der Kohle abhängig ist.

WARUM HAT ES DER ELEKTROANTRIEB EIGENTLICH SO SCHWER GEHABT? ES GIBT IHN DOCH SCHON SEHR LANGE.

Die Menschheit ist mit Elektromobilität gestartet, noch bevor es Benzin gab. So gesehen entwickeln wir an Batterien schon sehr, sehr lange und versuchen sie zu verbessern – und eigentlich ist der Fortschritt gemessen daran eher bescheiden. Sie funktionieren also längst noch nicht großartig, inzwischen aber immerhin ziemlich gut. Batterien sind heute vergleichsweise effizient, weil sie in höheren Stückzahlen produziert werden können.





Aufbruch ins Wasserstoffzeitalter?

1999 blickte Peter Schwartz mit zwei Co-Autoren in seinem viel zitierten Buch „The Long Boom“ in die Zukunft. Das Erkenntnisinteresse: Wie würde sich die Welt in den darauffolgenden zwanzig Jahren entwickeln? Die „Washington Post“ bezeichnete die „Zukunftsgeschichte (...) eine Herausforderung“, denn die Autoren prognostizierten einen lang anhaltenden, globalen Wirtschaftsboom. Als Treiber nannten sie Innovationen in den Bereichen Informationstechnik, Nanotechnologie und Wasserstoff. Letzterer würde sogar eine Ära begründen können.

FÜR EINEN NACHHALTIGEN ERFOLG DER ELEKTROMOBILITÄT WIRD DIE LADEGESCHWINDIGKEIT ENTSCHEIDEND SEIN. WIE WIRD SIE SICH ENTWICKELN?

Die Ladezeit wird sich definitiv verkürzen. Ob ein Auto betankt oder aufgeladen wird, ist bald nicht mehr relevant. Es wird beides gleich schnell gehen. In den nächsten fünf bis zehn Jahren sind wir da auf demselben Level. Der Gedanke, einen E-Akku einfach gegen einen neuen auszutauschen, sobald dessen Energie zur Neige geht, wird sich meines Erachtens dahingegen nicht so gut durchsetzen. Hinzu kommt: Die Ladeinfrastruktur wird besser werden. Dazu sind Subventionen aus der Politik vonnöten, sie werden sich aber recht gradlinig entwickeln.

WERDEN DENN BALD ÜBERALL ELEKTROAUTOS FAHREN?

Ich denke, in spätestens einem Jahrzehnt wird jedes neue Auto mindestens ein Hybrid sein, der immer noch einen kleinen Verbrenner an Bord haben wird. Das heißt aber nicht, dass gar keine reinen Verbrenner mehr auf den Straßen zu sehen sind. Gerade Lastwagen werden in der Hinsicht eine Herausforderung darstellen, und es fahren natürlich auch noch alte Autos herum. Singapur ist das einzige mir bekannte Land, in dem man kein Auto fahren darf, das älter als zehn Jahre ist.

SIND STADTSTAATEN BESSER GEEIGNET, DERARTIGE TRENDSETTER ZU SEIN?

Manche Orte werden schneller sein als andere, und Singapur ist einer davon. Der Stadtstaat hat keine eigenen Energiequellen und würde lieber heute als morgen die Privatwagen abschaffen. Ich denke, innerhalb der nächsten 20 Jahre lässt sich das erreichen. Es wird das erste Land der Welt sein, in dem stattdessen autonome Fahrzeuge herumfahren und den öffentlichen Nahverkehr unterstützen. Ein anderes spannendes Land ist Norwegen. Es bezieht seinen Strom vor allem aus Wasserkraft und geht bei der Elektromobilität zielstrebig voran. Das ist so faszinierend, weil das eher dünn besiedelte Norwegen in mancherlei Hinsicht das genaue Gegenteil von Singapur ist. Aber beide setzen stark auf Elektromobilität und neue Ansätze.



WIE WIRD SICH DER LUFT- UND SEEVERKEHR WANDELN?

Eine spannende Frage. Der Schiffsverkehr ist etwas einfacher, da sind Möglichkeiten im Bereich des Flüssigerdgases oder der Brennstoffzelle denkbar. Aber Flugzeuge sind eine echte Herausforderung. Weil sie so hoch fliegen, wirken sie hinsichtlich des Treibhauseffekts umso gravierender. Die CO₂-Werte steigen immer weiter an. Eventuell wird das Kerosin durch die Zugabe biologischer Treibstoffe sauberer. Mehr aber auch nicht. Noch ist kein wissenschaftlicher Durchbruch in Sicht.

WORAUF WIRD ES FÜR DIE GROSSEN INTERNATIONALEN AUTOMOBILHERSTELLER ANKOMMEN?

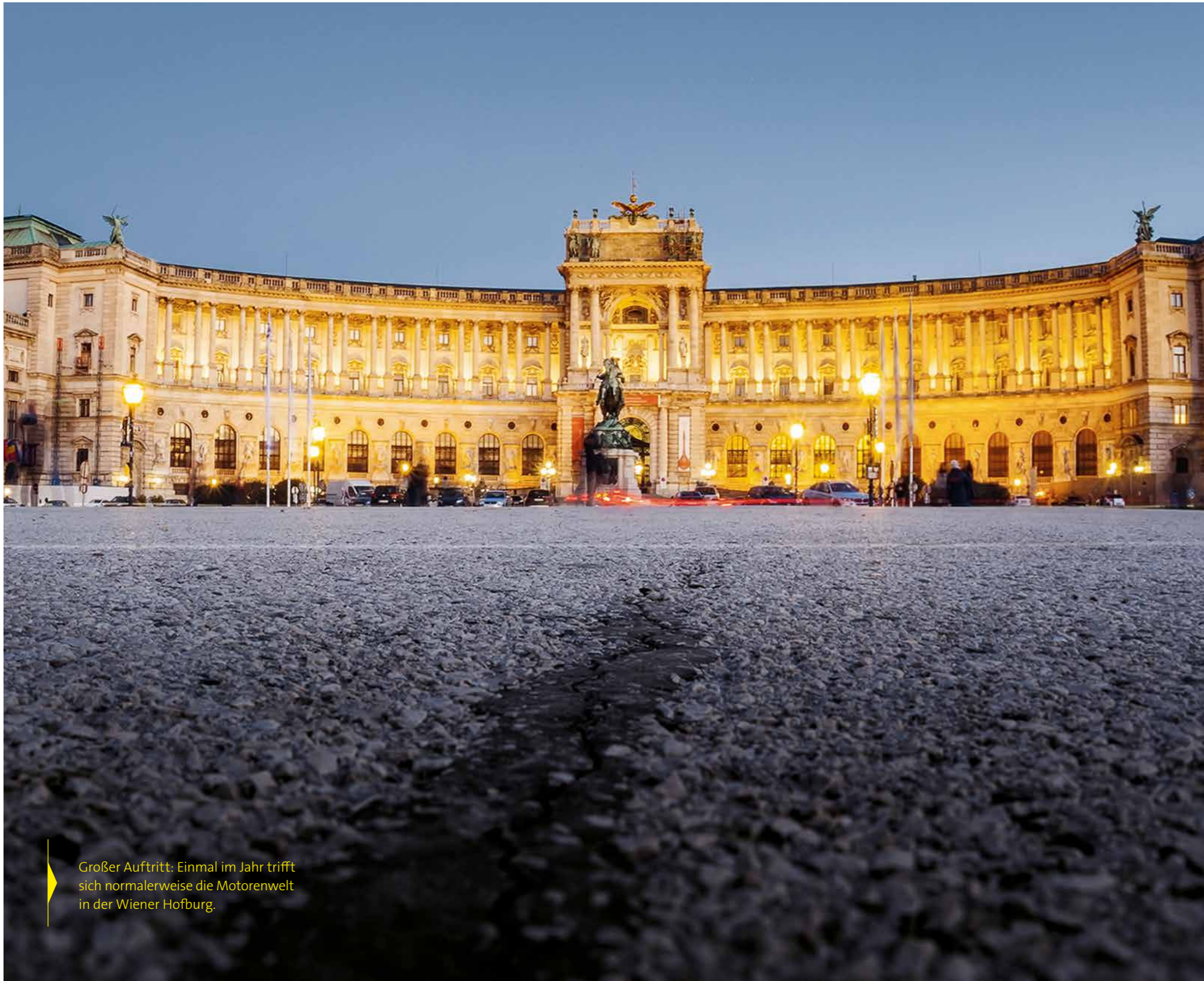
Die haben alle verstanden, dass der Wechsel zur Elektromobilität unausweichlich ist. Die Frage ist, wie schnell tun sie es, wer geht voran, und wie tun sie es? Gerade viele deutsche Hersteller hinken da erheblich hinterher, weil sie lange Zeit nicht an

Elektroautos geglaubt haben. Viele japanische Hersteller haben einen deutlichen Vorsprung. Toyota startete schon vor zwanzig Jahren. Auch General Motors war früh dabei. Das kann man nicht so einfach aufholen. Aber es ist auch sehr offensichtlich: Wir würden all das nicht machen, wenn der Klimawandel nicht wäre. Je mehr wir dessen Auswirkungen spüren, desto schneller werden wir reagieren.

DER MENSCH REAGIERT ERST, WENN DIE KATASTROPHE VOR DER HAUSTÜR STEHT?

So scheint es, ja. Leider. Aber es gibt eine neue Generation an jungen Leuten, für die das Auto nicht mehr das Ticket in die Freiheit ist. Das ist schon ein großer Mentalitätswandel. In New York City hat schon heute die Mehrzahl der Menschen kein Auto mehr. Es lohnt sich nicht. Sie suchen ohnehin nur die ganze Zeit nach einem Parkplatz. ©





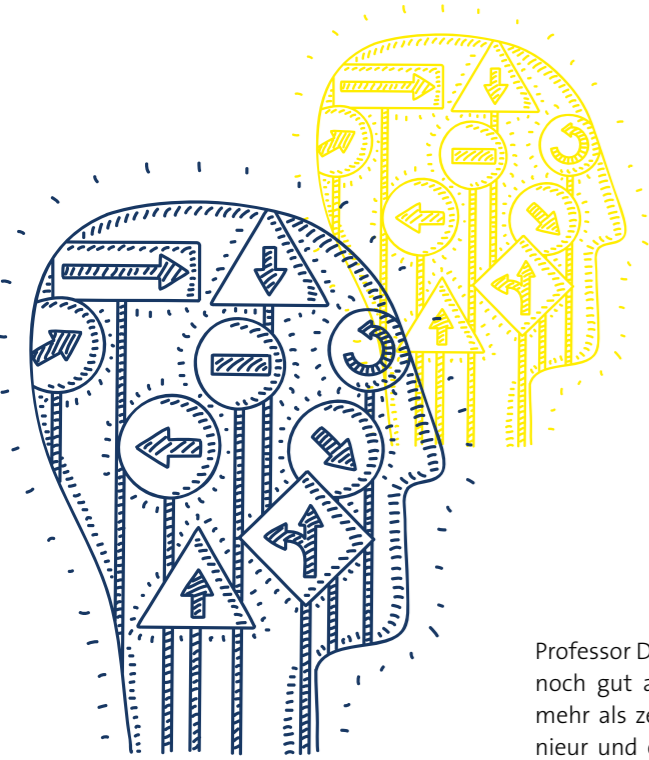
Großer Auftritt: Einmal im Jahr trifft sich normalerweise die Motorenwelt in der Wiener Hofburg.



Wiener Walzer

Das Internationale Wiener Motoren-symposium galt lange Zeit als Hort der Verbrennungsmotorenentwicklung. Der Umgang mit alternativen Antriebskonzepten spiegelt die Strukturen einer Branche wider, die sich angesichts des Klimawandels im Umbruch befindet.





Eine Gruppe chinesischer Touristen, mit Kopfhörern behängt, folgt einer zierlichen Frau, die in ein Mikrofon spricht. Am Michaelerplatz, dort wo die Fiker stehen, halten sie an. Vermutlich geht es der Führerin aber nicht um die ausharrenden Pferde, sondern um die mitten auf dem Platz offenliegenden Grundmauern einer römischen Lagervorstadt, längst Geschichte, wie so vieles in dieser Stadt. Zwischen den Gästen aus dem Fernen Osten bahnen sich anzugtragende Männer mit Namensschildern am Jackett den Weg. Ihr Ziel ist die Hofburg nebenan, genauer gesagt der rund 1.000 Quadratmeter große Festsaal, der nicht nur für festliche Ballabende, sondern auch für internationale Kongresse genutzt wird. Seit 40 Jahren, immer Ende April, wenn in Wien die Kastanienblüte beginnt, findet hier das Internationale Motorensymposium statt.

Professor Dr. Eberhard Bock erinnert sich noch gut an seinen ersten Besuch vor mehr als zehn Jahren. „Als junger Ingenieur und einfacher Teamleiter war ich beeindruckt davon, dass sich hier das Who is who der Automobilindustrie trifft“, sagt Bock, der mittlerweile den Bereich „Advanced Product Technology“ von Freudenberg Sealing Technologies verantwortet. „Damals hatte ich das Gefühl: Wenn du hier mal vortragen darfst, dann hast du es geschafft.“ Tatsächlich gilt die Wiener unter den zahlreichen Tagungen, die sich mit Antriebstechnik beschäftigen, als die bei Weitem elitärste. Manche sprechen sogar vom „Opernball der Motoreningenieure“. Mit aufwendigen Animationen erläutern Entwicklungschefs die Technikdetails neuer Motoren vom Drei- bis zum 16-Zylinder. Eine neue Kolbenmuldenform, eine neue Kühlkanalführung, nichts ist zu unwichtig, um nicht das unmissverständliche Signal zu senden: Wir bauen die besten Motoren der Welt. Auch die großen Zulieferer kommen in Wien von jeher nicht nur als Aussteller zum Zug, sondern dürfen nach strenger Prüfung auch neue Technologien vorstellen. 2014 stellt Bock hier erstmals die reibungsfreie Levitex-Dichtung vor.

2009

E-Mobilität lange Nischenthema

Als 2009 der 95-Gramm-Flottengrenzwert für CO₂ angekündigt wird, zeigt sich die Mehrzahl der Vortragenden in Wien noch überzeugt: Dem Verbrennungsmotor gehöre die Zukunft. Elektromobilität sei ein Nischenthema.

2013

Es sind zunächst einzelne Vortragende, die aus dem Mantra ausbrechen, etwa der Bosch-Chef Volkmar Denner, der in seinem Eröffnungsvortrag 2013 einräumt, dass Zwei-Tonnen-SUVs ohne Elektrifizierung künftig keine Chance mehr haben, die gewichtsspezifischen Grenzwerte zu erreichen. Zwei Jahre später wird klar, dass der bis dato zur Verbrauchsmessung verwendete Fahrzyklus geändert wird. Daher diskutieren die Experten auf dem Symposium über Gegenmaßnahmen wie variable Verdichtung und Zylinderabschaltung. BMW-Vorstand Klaus Fröhlich resümiert am Ende der Tagung: „Mit den neuen Emissionsbestimmungen nähern sich die Kosten für Verbrennungsmotoren und Elektroantriebe einander an, leider auf dem falschen Niveau.“

2016

2016 ist die Debatte um die Zukunft des Diesels in vollem Gang, auch weil künftig nicht nur die Emissionen auf dem Prüfstand, sondern im realen Fahrbetrieb zulassungsrelevant sein sollen. In der Hofburg ist davon wenig zu spüren. Mercedes-Benz stellt einen Vierzylinder-Diesel vor, der aufgrund seines Brennverfahrens und einer sehr motornahen Abgasreinigung die Zukunft des Selbstzünders sichern soll. BMW kontert mit einem Sechszylinder-Diesel, der mit insgesamt vier Turboladern auf eine Nennleistung von fast 300 Kilowatt kommt. Und Audi stellt die neue V8-Dieselgeneration vor, deren Drehmoment von bis zu 900 Newtonmeter auch für einen Zwölf-Tonnen-Lkw ausreichen würde. Nur Gilles Le Borgne, der damalige Entwicklungschef von PSA, plädiert für mehr Ehrlichkeit und zeigt Verbrauchsmessungen, die in Zusammenarbeit mit der Nichtregierungsorganisation „Transport and Environment“ auf öffentlichen Straßen entstanden sind. Die Ehrlichkeit schmerzt: Der Peugeot 308 mit 1,6-Liter-Dieselmotor, offiziell mit 3,2 Liter auf 100 Kilometer ausgewiesen, verbraucht unter den neuen Bedingungen 5,0 Liter. „Politisch unklug“ sei der Vortrag gewesen, heißt es anschließend auf den Gängen der Hofburg.

2017

Ein weiteres Jahr darauf reagieren auch andere Hersteller. Fritz Eichler, der wenig später in die Fahrwerkentwicklung wechseln wird, stellt das künftige Dieselaggregate-Programm von Volkswagen vor. Der kleine Dreizylinder-TDI fliegt aus dem Programm, fortan beginnt die Welt der Selbstzünder bei Volkswagen mit einem Hubraum von 1,6 Litern. Auf Übertreibungen will man in Wolfsburg künftig verzichten: Der wenige Jahre zuvor ebenfalls in Wien angekündigte Kraftprotz mit einer Literleistung von 100 Kilowatt wird ebenso wenig realisiert wie die Kombination mit einem Zehngang-Doppelkupplungsgetriebe. Doch Vorträge zu neuen alternativen Antrieben finden, wie all die Jahre zuvor, weiterhin hauptsächlich im kleinen Saal nebenan statt.

2019

Aufbruchstimmung

2019 wendet sich das Blatt schließlich, mehr als jeder zweite Vortrag ist entweder Hybrid- oder rein batterieelektrischen Antrieben gewidmet. Während sich vor der Hofburg Fridays-for-Future-Anhänger zu einer Demonstration versammeln, beginnt Andreas Trostmann, Produktionsvorstand von Volkswagen, seinen Abschlussvortrag mit einem Greta-Zitat. Allein das batterieelektrische Fahrzeug verspreche eine schnelle Lösung auf dem Weg zu klimaneutralen Antrieben, so Trostmann. Sein Entwicklungskollege Frank Welsch hatte am Vortag den Elektroantrieb des ID.3 genauso vorgestellt, wie es früher nur den Verbrennern vorbehalten war: im großen Saal, mit aufwendigen Technikanimationen und stolzeschwellter Stimme.

Ob Wien seine Rolle als führendes Symposium für die Antriebstechnik behalten wird, ist trotzdem nicht ausgemacht. BMW, Daimler und Volkswagen haben ihre Präsenz bereits deutlich reduziert. „Lange wurden alternative Antriebe hier nicht wirklich ernst genommen“, sagt Eberhard Bock. „Erst jetzt wurde der Hebel umgelegt.“ Ob der Anpassungsprozess gelingt, dürfte auch davon abhängen, wer den Takt auf dem Opernball vorgibt: Im vergangenen Jahr übernahm Bernhard Geringer, Professor an der Technischen Universität Wien, die Leitung des Symposiums. Er sagt: „Der Verbrennungsmotor ist sicher nicht im Sterben oder tot. Aber die Vielfalt an neuen reinen Verbrennungsmotorantrieben wird sinken, und die Hybridisierung, die Kombination von Verbrennungsmotor mit Elektroantrieb, wird zunehmen.“ ©



Auftrag: Den Diesel ablösen

Die Nikola Motor Company ist ein Start-up, das Wasserstoffantrieb im Massenmarkt etablieren und dabei ein „Henne-Ei-Problem“ lösen will. Nikola ist zuversichtlich: Die Zeit ist reif für die Brennstoffzelle.

Nikola Motors will Brennstoffzellen-Trucks zum Durchbruch verhelfen.

Sieht Jesse Schneider, stellvertretender Vorsitzender von Nikola, sich als Veteran oder Pionier? Die Frage ist rhetorisch, denn Schneider gehört zu den weltweit führenden Experten für Brennstoffzellentechnologie. Seit über 20 Jahren treibt er den Wasserstoffantrieb voran. Er hat für Unternehmen wie BMW und Mercedes gearbeitet und Standards für Brennstoffzellen- und Ladeinfrastrukturen mitentwickelt. Seit 2018 leitet er beim Start-up Nikola Motor Company in Phoenix (Arizona) den Bereich Hydrogen & Fuel Cell Technology.

Trotzdem zögert Schneider nicht mit seiner Antwort: „Definitiv Pionier. Hier bei Nikola sind wir die Pioniere, die Class-8-Trucks mit Brennstoffzellen auf den Markt bringen. Und Nikola ist schnell unterwegs.“ Ein amerikanischer Class-8-Truck entspricht etwa einem 40-Tonner. Das 2015 gegründete Unternehmen verfolgt das ehrgeizige Ziel, dem Wasserstoffantrieb im Schwerlastverkehr zum Durchbruch zu verhelfen. Schon bald sollen Testflotten von Nikola-Trucks mit Brennstoffzellen durch Europa und die USA rollen. Das Start-up entwickelt drei schwere Brennstoffzellen-Lkw: Nikola One, Nikola Two und Nikola Tre. Zusätzlich wird der Nikola Tre in Kooperation mit CHN Industrial, der Muttergesellschaft von Iveco und FPT Powertrain, in einer batterieelektrischen Variante produziert.



Wir liefern die Fahrzeuge mit der Infrastruktur – ein Kunde bestellt ein paar Hundert Lastwagen, und dann errichten wir die Tankstationen für diese Flotte.“

Jesse Schneider, EVP Hydrogen & Fuel Cell Technology

Warum erst jetzt?

Schon vor Jahrzehnten wurde die Brennstoffzelle als Antrieb der Zukunft gepriesen. Warum hat sie Diesel und Benzin nicht schon längst abgelöst? „Es braucht viel Zeit, eine umwälzende Technologie zu entwickeln“, sagt Schneider. „Die erste Revolution, die wir bei leichten Nutzfahrzeugen auf dem Weg zur emissionsfreien Mobilität erlebt haben, war der batterieelektrische Antrieb. Aber je mehr Masse und Reichweite von einem Fahrzeug gefordert werden, desto sinnvoller wird die Brennstoffzelle.“ Im emissionsfreien Fernverkehr seien Batterie und Brennstoffzelle nicht vergleichbar. So hat die batterieelektrische Version des Nikola Tre eine Reichweite von bis zu 400 Kilometern, während die Brennstoffzellenversion mit 60 Kilogramm Wasserstoff bis zu 800 Kilometer weit kommt.

Viele Vorteile von Wasserstoff liegen auf der Hand: Er ist etwa zehnmal schneller getankt als eine Batterie geladen, als Antriebsstoff ist er zudem leicht und ermöglicht größere Reichweiten. Noch vor wenigen Jahren folgte an dieser Stelle das große Aber: Der Energieaufwand, um Wasserstoff per Elektrolyse aus Wasser zu gewinnen, galt als zu teuer, zudem als nicht nachhaltig, wenn der benötigte Strom aus fossilen Energieträgern wie Kohle stammt. Doch das wachsende Bewusstsein für den Klimawandel und die globalen Anstrengungen, die CO₂-Emissionen zu begrenzen, beschleunigen den Ausbau erneuerbarer Energien aus Sonne, Wind und Wasserkraft. Eine grüne Wasserstoffproduktion ändert die Vorzeichen für die Bewertung der Brennstoffzellentechnologie. „Die Kosten für erneuerbare Energien sind drastisch gesunken“, sagt Schneider, „heute kostet die Kilowattstunde zwischen zwei und vier Cent.“

Ist die Zeit nun also reif für den Wasserstoffantrieb? „Ja, auf jeden Fall“, urteilt Schneider. „Es gibt verschiedene Faktoren, die Wasserstoff schneller zum Durchbruch verhelfen, als wir dachten.“ Das seien zum einen die ökologischen Aspekte, die Unternehmen weltweit motivieren, ihren CO₂-Fußabdruck zu reduzieren, zum anderen gesetzliche Vorgaben wie Europas Klimaschutzziele für 2030. Diese fordern von bestimmten Wirtschaftszweigen, ihre CO₂-Emissionen um 30 Prozent gegenüber 2005 zu senken. „Viele Lkw-Hersteller stellen sich darauf ein, dass Umweltauflagen wie das Zero-Emission-Vehicle-Mandat (ZEV) in Kalifornien bald nicht nur für leichte Nutzfahrzeuge, sondern auch für Schwerlasten gelten. Das treibt die Wasserstofftechnologie im Fernverkehr voran.“ Experten rechnen damit, dass 2030 in Europa und US-Staaten mit ZEV-Mandat zehn bis 13 Prozent der schweren Lkw mit Wasserstoff betrieben werden.

1



2



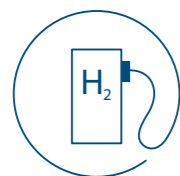
1_H₂-Truck-Stop: Ein Netz von 700 Wasserstoff-tankstellen will Nikola in den USA aufbauen.

2_Blick ins Cockpit eines Nikola-Trucks: Die meisten Fahrfunktionen werden digital über ein Touchscreen-Display gesteuert.

3_Startklar für emissionsfreien Transport: Der Nikola Two hat eine Reichweite bis zu 1.200 Kilometer.

3





1.200 km

Reichweite haben die Nikola-Trucks mit einer Tankfüllung Wasserstoff.

Neben der Technik sei auch der Sinneswandel eine Herausforderung für die Transformation, meint Schneider. Er verweist auf das Henne-Ei-Dilemma: Was muss zuerst da sein, Infrastruktur oder die Fahrzeuge? „Aktuell gibt es in den USA knapp 100 Wasserstofftankstellen, ebenso in Europa. Damit kann man nicht mit fossilen Treibstoffen konkurrieren, nicht mal mit Batterieladestationen. Lange blieben die Investitionen in Wasserstoff aus. Aber jetzt wird investiert, und das macht den Unterschied“, sagt Schneider. Das Umdenken habe begonnen. „Kunden wollen ihre Fracht emissionsfrei transportieren. Aber sie wollen keine Kompromisse eingehen.“

Zeit ist Geld für Spediteure, die es nicht in Kauf nehmen können, dass stundenlange Batterieladezeiten den Transport unterbrechen oder dass Akkus die Ladekapazität mit vielen Tonnen Eigengewicht belasten. Bei einem Class-8-Elektrotruck ist allein die Batterie sieben Tonnen schwer. Mit Wasserstoff kann man schnell tanken und die gleiche Reichweite erzielen. Wird er aus regenerativen Energien erzeugt, bleibt die Well-to-Wheel-Kette (von der Energiequelle bis zum Rad) für Fahrzeug und Infrastruktur emissionsfrei.

Die Nikola-Strategie: alles aus einer Hand

Nikola will das Henne-Ei-Dilemma mit einem smarten Geschäftsmodell lösen, das gigantische Investitionen erfordert: „Was das Henne-Ei-Dilemma betrifft, serviert Nikola das Omelett: Wir liefern die Wasserstofftankstellen parallel mit den Fahrzeugen“, erklärt Schneider. Ein Leasingmodell soll die Gesamtbetriebskosten für die Kunden planbar halten, denn sie zahlen einen Festpreis pro Meile, Zugmaschine, Treibstoff und Wartung inbegriffen.

Wasserstoff soll direkt an den Stationen mit Strom aus erneuerbaren Energien sowie zusätzlichem Strom aus dem Netz herge-

stellt und in Quantitäten von zehn Tonnen gespeichert werden. Das Unternehmen will sauberen Strom sowohl in eigenen Solarfarmen generieren als auch überschüssigen Strom von Wind- und Wasserkraftanbietern zukaufen.

Für die Trucks gibt es nach Angaben des Unternehmens schon über 14.000 Vorbestellungen – 800 davon für den Brauereikoncern Anheuser-Busch InBev. Das Netz von Wasserstofftankstellen soll entlang der großen amerikanischen Truckrouten wachsen, zunächst vor allem in Kalifornien.

Das Start-up setzt auf Kooperation mit CNH Industrial sowie dem deutschen Automobilzulieferer Bosch. Der Partner für die Infrastruktur der Wasserstofftankstellen ist Nel ASA, Solarpaneele für die Stromerzeugung soll Hanwha liefern. Anfang März verkündete Nikola die Fusion mit der Beteiligungsgesellschaft VectoIQ und den geplanten Gang an die Börse, wo das Unternehmen als NKLA gelistet werden soll.

Vision: größtes Wasserstoffnetzwerk der Welt

Für leichte Trucks ist die Brennstoffzellentechnologie schon so weit ausgereift, dass eine Tankfüllung nur fünf Minuten dauert und für 300 bis 500 Kilometer reicht. Jetzt geht es um die Schwergewichte. „Nikola ist dabei, eine Hardware für Brennstoffzellen zu entwickeln, die mit Diesel in Leistung, Tankzeit und Reichweite konkurrieren kann.“ In Zahlen: 300 Kilowatt, aufgetankt in 15 Minuten, ausreichend für 800 Kilometer.

Ab 2023 soll der Nikola Tre am Start sein, zusammen mit Wasserstofftankstellen in den USA und in Europa. Schneider umreißt den Zeithorizont: „2021 wollen wir in der Lage sein, ein bis zwei Tonnen Wasserstoff aus Elektrolyse zu gewinnen. 2022 wollen wir die Kapazität auf acht Tonnen vervierfachen. Innerhalb eines Jahrzehnts planen wir mehrere Hundert Wasserstofftankstellen in den USA. Jede wird mindestens 200 Fahrzeuge bedienen können.“ Die Zukunftsvision von Nikola-CEO Trevor Milton ist das weltweite größte Netz von Wasserstofftankstellen.

Im Januar 2020 hat der Hydrogen Council stark sinkende Kosten für die Wasserstoffproduktion prognostiziert. Schneider ist überzeugt, dass dies den Einsatz der Brennstoffzelle beschleunigen wird. „Wenn es gelingt, den Preis auf fünf, sechs Dollar pro Kilogramm zu senken, kann Wasserstoff mit fossilen Treibstoffen konkurrieren.“ Schneider ist überzeugt: „Die Brennstoffzelle ist weit genug entwickelt, um in Leistung und Reichweite mit dem Diesel gleichzuziehen. Wir ersetzen den Diesel eins zu eins!“ ©



JETZT ERZÄHLE ICH

Wasserstoffmolekül

Mal ehrlich: Glauben Sie an den Kreislauf des Lebens? Ewige Wiedergeburt und so? Also, meiner Erfahrung nach ist da etwas dran. Ich komme aus dem Wasser und werde wieder zu Wasser, zumindest, wenn es gut läuft. Im Wasser bin ich mit meinem Zwillingbruder fest an ein Sauerstoffatom gebunden. Eine ziemlich ungleiche Partnerschaft übrigens. Denn während wir winzig klein und leicht sind – wir bestehen ja jeweils nur aus einem Proton und einem Elektron –, kann man den Sauerstoff geradezu als Fettkloß bezeichnen. Fast 16 Mal so schwer ist der!

Vor mehr als 300 Jahren haben Menschen begonnen, mich aus Metallen technisch in Reinform herzustellen. Wie anachronistisch! Wenn heute über mich als Energieträger der Zukunft diskutiert wird, dann geht es immer um

Verfahren, bei denen man uns den Sauerstoff mithilfe von Sonnen- oder Windstrom entreißt. Anschließend werden wir ganz schön unter Druck gesetzt, um transportfähig zu sein. Wenn ich im Tank eines Brennstoffzellenfahrzeugs lande, ist der Druck 700 Mal höher als in der Atmosphäre. Ganz schön gemein, und das nur, weil ansonsten der Tank viel größer als das Auto wäre!

Dann aber geht es zurück in die Freiheit. Denn für jeden Kilometer, den das Auto fährt, braucht es Strom. Und den erzeugt die Brennstoffzelle, indem es zwei Zwillingspärchen von uns mit einem Sauerstoffpärchen zusammenbringt. In neuer Konstellation verlassen wir das Auto über den Auspuff. Als reines Wasser. Habe ich nicht gesagt, dass es ewiges Leben gibt? ©



Dreimal mit allem, bitte!

Elektroautos brauchen grünen Strom, Brennstoffzellenfahrzeuge benötigen Wasserstoff. Beides gibt es nicht im Überfluss, und nun sollen auch noch Verbrennungsmotoren mit synthetischen Kraftstoffen betankt werden. Lohnt das alles? Ein Essay.

Haben ist besser als brauchen. Auch wenn sich nicht nachvollziehen lässt, woher dieser Spruch kommt: Der Urheber könnte ein Bau- oder Elektroingenieur des frühen 20. Jahrhunderts gewesen sein. Denn als die Infrastrukturen für die Stromwirtschaft und den Verkehr entstanden, kalkulierte man stets etwas Sicherheit für Unvorhergesehenes ein. Und ziemlich lange ging das ziemlich gut. Die Zeit, in der ein Land volkswirtschaftlich bedeutende Infrastrukturen quasi auf Vorrat anlegen ließ, sind allerdings vorbei. Gleichzeitig zwingt die angestrebte Klimaneutralität zu erheblichen Investitionen. Dem Elektroauto bringt die Tankstelle ums Eck nichts. Und auch wenn der Strom für das E-Auto mangels Wallbox tatsächlich aus der Steckdose kommt – erzeugt werden muss er dennoch. Erst recht gilt das für den Wasserstoff, mit dem Brennstoffzellenfahrzeuge betankt werden sollen. Übrigens: Synthetische E-Kraftstoffe sprudeln auch nicht aus dem Wüstensand.

Die spannende Frage ist nun: Wie lässt sich mit möglichst wenig Geld eine Infrastruktur schaffen, die einen klimaneutralen Verkehr ermöglicht? Und ist es überhaupt sinnvoll, parallel auf verschiedene Technologien zu setzen und damit auch mehrere

Infrastrukturen finanzieren zu müssen? Wie eine unter volkswirtschaftlichen Kosten optimierte Gesamtstrategie für den Verkehr aussehen könnte, analysieren mehrere Studien aus der jüngeren Vergangenheit.

Brennstoffzelle sorgt für Kostenoptimum

So untersuchte das Forschungszentrum Jülich mehrere „Wege für die Energiewende“: Wie der Titel schon andeutet, ist der Verkehr hierbei nur Teil einer umfassenden Transformation, die zu einer 80- oder, in einem zweiten Set an Szenarien, zu einer 95-prozentigen Verringerung der Treibhausgase führen soll. Die Ergebnisse überraschen teilweise nicht, wurden aber selten so offen artikuliert: Das Ziel macht tatsächlich einen wesentlichen Unterschied. Denn wer mit nur 80 Prozent Reduktion plant, errichtet potenziell Investitionsruinen. Nur ein 95-Prozent-Ziel ermöglicht es, das Zwei-Grad-Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens zu erreichen und ist damit zukunftssicher. Für den Verkehr bedeutet das: Es werden ab 2050 keine fossilen Kraftstoffe mehr eingesetzt, auch nicht Erdgas. Rein batterieelektrische Fahrzeuge erreichen allerdings nur 25 Prozent Marktanteil bei den Pkw und sogar weniger als zehn Prozent bei den Lkw. Die

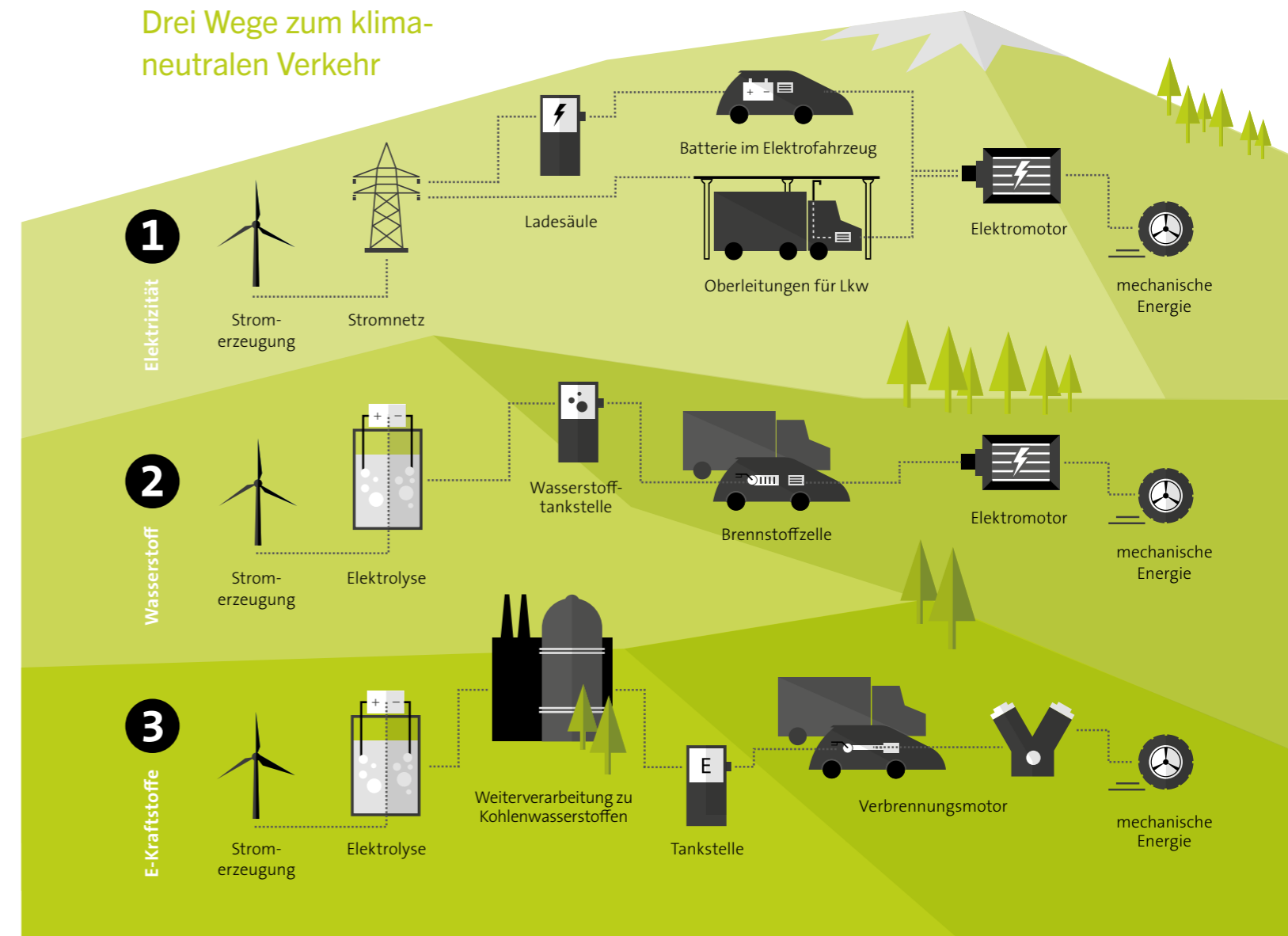
Brennstoffzelle sorgt hingegen in einem Drittel aller Pkw und in drei Viertel aller Lkw für die Fortbewegungsenergie. Eine Infrastruktur für Erzeugung, Transport und Speicherung des Wasserstoffs müsse ohnehin für Industrieanwendungen geschaffen werden, so die Jülicher Forscher. Sie verweisen aber auch darauf, dass eine 95-prozentige Absenkung kaum ohne Energieimporte in Form von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen zu schaffen sei. Und sie geben auch zu: „Unsere Analysen zeigen, dass schon eine relativ geringe Variation der Herstellkosten zu einer signifikanten Änderung der Wahl der Antriebstechniken führt.“

Wie teuer die klimafreundliche Mobilität für den Kunden wird, hängt vor allem vom Anschaffungspreis für das Fahrzeug ab. Denn die Energieinfrastruktur mit ihren langen Abschreibungszyklen von 20 bis 30 Jahren ist letztlich nicht so kostenintensiv,

dass sich daraus eine klare Präferenz für einzelne Antriebsarten ergeben würde. Dies zeigt eine Studie der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen, an der mehr als 40 Experten aus verschiedenen Branchen mitgewirkt hatten. Rechnet man jeweils den Bestfall, so ergeben sich für einen Pkw mit Elektroantrieb insgesamt Mobilitätskosten von 29,40 Euro pro 100 Kilometer, mit Brennstoffzelle 29,90 Euro und mit E-Kraftstoffen 28,40 Euro.

Weniger als 30 Cent pro Kilometer für ein klimaneutrales Fahrzeug im C-Segment? Und da sind alle Windkraftträder, Stromleitungen, Elektrolyseure und so weiter mit drin? Dann her damit, am besten gleich dreimal mit allem! Kleiner Schönheitsfehler dieser Rechnung: Es sind keinerlei Steuern und Abgaben berücksichtigt. ©

Drei Wege zum klimaneutralen Verkehr



E-Offroader: Für die Entwicklung und den Bau der Lunar Rover blieben nur 17 Monate Zeit.



Außerirdischer Stromer

Die Astronauten der Mondmissionen haben dort nicht nur ihre Fußspuren hinterlassen, sondern auch drei Lunar Rover. Bei ihnen handelt es sich um astreine Elektrofahrzeuge.

Die Apollo-15-Mission im Sommer 1971 war die vierte Expedition, die Menschen zum Mond brachte. Im Gepäck hatten die Amerikaner eine Neuheit: ein Lunar Roving Vehicle (LRV, Mondfahrzeug). Das schlichte, Buggy-artige Fahrzeug bot den Raumfahrern diverse Vorteile. Es vergrößerte den Aktionsradius der Astronauten erheblich und begünstigte eine längere Verweildauer in der lebensfeindlichen Umgebung, da sie Energiereserven sparten. Zudem konnten sie zusätzliches Werkzeug transportieren und mehr Bodenproben sammeln.

Kurze Entwicklungsphase

Für die Realisierung des LRV blieben den Entwicklern lediglich 17 Monate Zeit. Verglichen mit den 60 Monaten, die allein die Entwicklung der Raumanzüge umfasste, ein kleines Zeitfenster. Mit dem Einsatz von Mondfahrzeugen hatte sich die US-Raumfahrtbehörde NASA schon länger befasst, doch erst die Mondlandung im Sommer 1969 forcierte das Vorhaben. Die Sinnhaftigkeit des LRV unterstrich die Apollo-14-Mission im Februar 1971. Deren Astronauten nutzten auf dem Mond eine Art Handkarre, was jedoch kraft- und zeitraubend war.

Eine zusammenklappbare Lösung

Den Zuschlag, den Lunar Rover zu entwickeln, erhielt Boeing im Herbst 1969. General Motors und weitere US-Unternehmen unterstützten das 38 Millionen US-Dollar teure Projekt, zu dem die NASA konkrete Vorgaben machte. Das Fahrzeug musste höchst zuverlässig und sicher sein. Es durfte zudem nicht viel wiegen, weshalb Leichtmetalle wie Aluminium und Titan zum Einsatz kamen. Der fertige Lunar Rover wog nur 210 Kilogramm, konnte aber deutlich mehr Gewicht zuladen. Da für ihn kein Platz in der Mondlandefähre vorgesehen war, musste er in eine dreieckige Kammer zwischen zwei Füßen der Fähre passen. Die Lösung war ein zusammenklappbares Chassis mit angewinkelten Reifen, das sich nach dem Öffnen der Kammer nahezu vollständig selbst entfaltete. Das LRV bestand aus einem Fahrgestell, vier Rädern aus einem dichten Geflecht von verzinkten Stahldrähten, zwei Sitzen und einigen Aufbauten mit den notwendigen Instrumenten und Antrieben.



Navigationssystem

Trotz seines spartanischen Aussehens hatte der Lunar Rover bahnbrechende Systeme an Bord. Etwa ein Navigationssystem. Es erlaubte den Astronauten auf direktem Weg zur Mondlandefähre zurückzukehren, sofern sie sich außerhalb der Sichtweite begeben hatten. Das System basierte auf einer am Mondnorden ausgerichteten Richtungskreiselinheit, unterstützt durch einen Lageanzeiger und ein Sonnenschattengerät. Der Mondnorden und die Sonne waren somit wichtige Bezugspunkte des Systems.



- 1_ Der zusammengefaltete Lunar Rover steckt in einer dreieckigen Kammer.
- 2_ Das Heck klappt aus, die Hinterräder springen in Position.
- 3_ Die Front entfaltet sich, die Vorderräder springen in Position.

Suche nach dem richtigen Antrieb

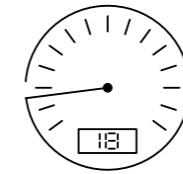
Doch wie sollte der Antrieb eigentlich erfolgen? Eine Frage, mit der sich vor der NASA schon mehrere Wissenschaftler befasst hatten. Ihre Vorschläge umfassten Raketentreibstoffe, Wasserstoffperoxid und Wasserstoff, die in Gas- oder Dampfturbinen beziehungsweise Brennstoffzellen ihre Wirkung entfalten sollten. Die NASA sah in ihrem umfangreichen Vorgabekatalog jedoch einen anderen Antrieb vor: einen Batterieantrieb, wobei jedes Rad von einem Elektromotor angetrieben werden sollte. Der Lunar Rover sollte ein E-Fahrzeug sein!

Elektromotoren in den Rädern

Schlussendlich trieben zwei 36-Volt-Silberoxid-Zink-Batterien den LRV an. Sie kennzeichneten eine geringe Selbstentladung bei einer vergleichsweise hohen Kapazität und niedrigem Leistungsgewicht. Zudem setzte die NASA solche Batterien bereits bei ihren Mondlandefähren ein. Während eine der beiden nicht aufladbaren Batterien die unabhängig voneinander steuerbaren Achsen des LRV mit Energie versorgte, floss der Strom der anderen in die Räder. Jedes enthielt in seinen Radnaben einen 180-Watt-Gleichstromelektromotor mit einer Leistung von 0,25 PS. Das garantierte, dass sich das Fahrzeug selbst nach dem Ausfall mehrerer Motoren fortbewegen ließ. Und wäre eine Batterie ausgefallen, dann hätte die andere deren Aufgabe mit übernommen. Wichtig war das Temperaturmanagement der Batterien, da je nach Position zur Sonne auf dem Mond zwischen -155 Grad Celsius und $+120$ Grad Celsius herrschen. Zur Regulierung dienten unter anderem mehrschichtige Isolierungen und Wachsboxen.

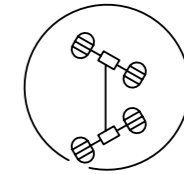
Immer noch fahrbereit

Die drei Lunar Rover der Apollo-Missionen 15, 16 und 17 legten auf dem Mond insgesamt 90 Kilometer zurück. Sie alle blieben auf dem Erdtrabant zurück und erfüllten die in sie gesetzten Erwartungen vollauf. Kein Astronaut äußerte einen Nachbesserungsbedarf. Einer der Entwickler, Ferenc Pavlics, würde heute lediglich bei den Batterien und den Elektromotoren nachjustieren. Zu groß sind hier die Fortschritte, was Effizienz und Gewicht sowie die enorm verdichtete Energie anbelangt. Die wohl immer noch fahrtüchtigen Lunar Rover müssten damit nur bestückt werden. ©



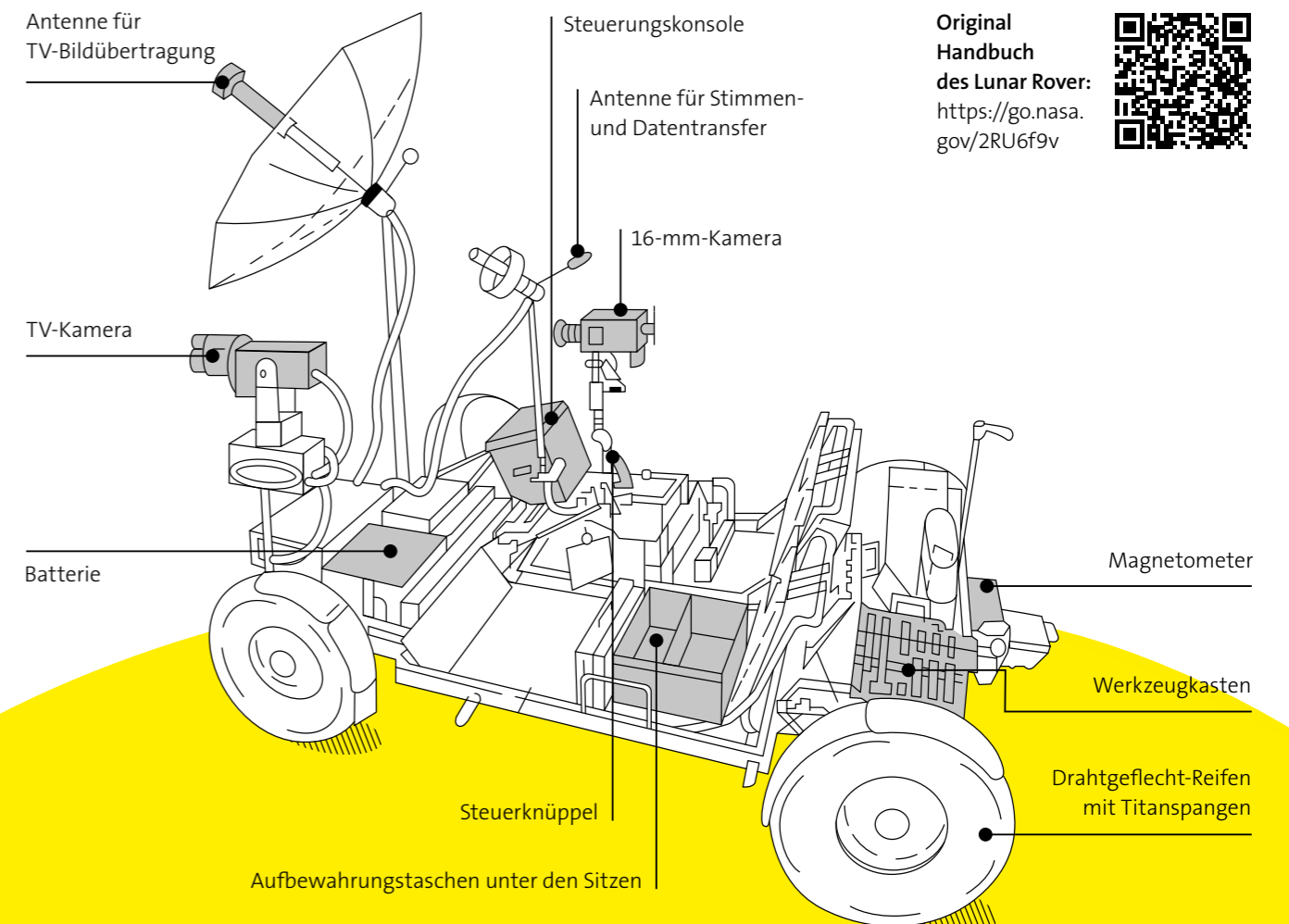
18 km/h

war das höchste Tempo, das ein Lunar Rover auf dem Mond zurückgelegt hat.



3 Meter

betrug der Wendekreis des LRV dank unabhängig voneinander steuerbarer Achsen.





„Die
Komfortzone
ist gefährlich
für uns.“

CLAUDIO ZOPPI
Vice President Lead Center Engine, Freudenberg
Sealing Technologies, Pinerolo (Italien)



„Wir haben
schon sehr
viel Wandel
durchlebt.“

MELANIE SCHNEIDER
Vice President Sales, Freudenberg
Sealing Technologies, Weinheim



„Es gibt eine Zeit für Erfindungen“

Wie umgehen mit Wandel? Zwei Führungskräfte von Freudenberg Sealing Technologies, Claudio Zoppi und Melanie Schneider, sprechen über Brüche, Innovation – und die Zukunft alternativer Antriebe.

FRAU SCHNEIDER, HERR ZOPPI, REDEN WIR ÜBER VERÄNDERUNG. WIE HAT SICH IHR ARBEITSALLTAG SEIT DEM BERUFSSTART GEWANDELT?

Claudio Zoppi: Nun, damals gab es keine Computer, das ist die offensichtliche Veränderung. Viel spannender finde ich aber, wie sich die Art und Weise, wie Menschen arbeiten, verändert hat: Die Geschwindigkeit, mit der wir heute kommunizieren. Die Frequenz von Besprechungen, E-Mails, Informationen. Was früher in einer Woche passiert ist, passiert heute an einem Tag.

Melanie Schneider: Ich bin jetzt auch schon seit 20 Jahren bei Freudenberg Sealing Technologies, und in dieser Zeit wurde alles schneller und komplexer. Heute arbeitet eigentlich jeder Mitarbeiter global. Jeder muss Zeitzonen oder interkulturelle Projekte im Blick haben.

ÄNDERT DAS AUCH DEN FÜHRUNGSSTIL?

Schneider: Sicherlich. Früher galt „Command and Control“. Heute gibt es viel mehr Informationen, man kann gar nicht mehr alles selbst wissen. Jeder von uns

ist gewissermaßen ein Sensor in einer komplexen Welt geworden. Und für eine Führungskraft ist es wichtig, auch die leisen Signale zu erfassen.

Zoppi: Das ist ein schönes Bild. Ich musste auch die Reichweite und Ausrichtung meiner Antennen verstärken. Zum Beispiel auch auf andere Kulturen. Manchmal bedeuten Details für Sie selbst gar nichts, in anderen Ländern aber sehr wohl. Ich bin sicher, dass ich manchmal viel zu hastig war in Besprechungen.

Schneider: Und das ist eine große Herausforderung! Sich im richtigen Moment die Zeit zu nehmen, die es braucht, um insgesamt schneller zu werden.

Zoppi: Ja, wenn man behutsamer vorgeht, ist man eher am Ziel.

WARUM FÄLLT MENSCHEN DER WANDEL OFT SO SCHWER?

Zoppi: Die Komfortzone zu verlassen ist immer unangenehm. Es ist menschlich, dass man es vorzieht, in der sicheren Schutzzone zu bleiben. Als Unternehmen müssen wir Räume schaffen, in denen

Menschen sich sicher fühlen. Mitarbeiter, die immer fürchten, dass ihre Vorgesetzten sie kritisieren, werden auch immer in ihrer Komfortzone bleiben. Aber dann wachsen sie auch nicht, sie entwickeln sich nicht, sie werden niemals innovativ sein.

NUN, NIEMAND MACHT GERNE FEHLER.

Zoppi: Aber Fehler sind notwendig, um zu lernen!

Schneider: So funktioniert auch wissenschaftlicher Fortschritt: Über Versuche wird getestet, was nicht funktioniert, um zu beweisen, was möglich ist. Aber wer gar nicht erst losgeht, der wird auch nicht ankommen. Das ist übrigens ein starkes Argument für Diversität: Je mehr unterschiedliche Menschen involviert sind, desto unterschiedlicher die Ideen.

Zoppi: Jede Veränderung kostet. Aber wir gewinnen dabei auch immer!

Schneider: Guter Punkt. Wir geben zwar etwas ab, bekommen aber auch etwas hinzu.

Zoppi: Und loslassen ist immer schwierig. Da sind wir wieder bei dem Managementwandel: Für viele Führungskräfte war und ist es sicherlich schwierig, Macht abzu-

geben. Erst recht, wenn sie noch nicht verstanden haben, wie viel mehr Möglichkeiten sie dadurch am Ende gewinnen.

WÄRE ES TROTZDEM FÜR UNTERNEHMEN RATIONAL NICHT VIEL SINNVOLLER, WEITERHIN DAS ZU MACHEN, WAS SIE AM BESTEN KÖNNEN?

Zoppi: Wenn Tiere immer zum selben Wasserloch gehen, und das Wasserloch trocknet aus, verdursten sie. Man muss beizeiten nach anderen Wasserquellen suchen. Langfristig ist die Komfortzone sogar richtig gefährlich für uns.

Schneider: Der Weg zur Innovation kann beschwerlich sein. Umso mehr braucht es dann jemanden, der die Mitarbeiter ermutigt. Auch das ist ja einer der Gründe, warum agiles Arbeiten heute so populär ist: erreichbare Etappenziele, ein Schritt nach dem anderen.

Zoppi: Und das sollte dann auch gewürdigt werden. Viele Mitarbeiter und auch Vorgesetzte glauben häufig, wenn etwas erfolgreich gelaufen ist, war das eben der Job. Nein, das ist der Punkt, an dem der Vorgesetzte auch seinen Mitarbeitern mal gratulieren darf. Der Punkt, an dem es auch mal gemeinsam etwas zu feiern gibt.

Es ist menschlich, dass man es vorzieht, in der sicheren Schutzzone zu bleiben.





Schneider: Viele Menschen sind ihre schärfsten eigenen Kritiker. Was nützt es da, wenn ich als Vorgesetzte noch zusätzlich kritisiere? Wenn ein Mitarbeiter Selbstreflexion hat und zeigt, ist es doch viel besser, ihn zu ermutigen.

WIE WÜRDEN SIE DIE AKTUELLE SITUATION RUND UM ALTERNATIVE ANTRIEBE BESCHREIBEN?

Schneider: Der Markt wird derzeit komplett durcheinandergeschüttelt. Ich bin wirklich neugierig, was die nächsten Jahre bringen werden. Früher hatte jeder sein eigenes Auto, künftig wollen Menschen vielleicht Carsharing. Es ist so viel Bewegung in diesem Feld. Das spürt man auch hier bei Freudenberg Sealing Technologies, wo wir mit den Übernahmen des Batterieherstellers XALT Energy und des Brennstoffzellenexperten Elcore einen großen Schritt gemacht haben.

Zoppi: Mich erinnert das alles an das erste iPhone, das mein Sohn gekauft hat. Ich war damals überzeugt, dass das etwas ist, was ich niemals brauchen würde! Und natürlich habe ich heute ein Smartphone. Selbst diejenigen, die noch vor Kurzem gesagt haben, sie wollen kein Elektroauto, werden sich eines kaufen.

Schneider: Ich bin auf dem Land aufgewachsen, und für mich war der Führerschein noch das Ticket zur Freiheit. Aber ich glaube nicht, dass das für die nächste Generation noch so gelten wird. Da wird

in den nächsten fünf bis zehn Jahren ganz viel passieren.

Zoppi: Alle diese Fragen, die wir uns heute stellen, über Infrastruktur und Reichweite – woher wissen wir denn, ob die kommende Generation Autos genauso nutzen wird, wie wir sie immer genutzt haben?

Schneider: Es ist ein Paradigmenwechsel, die Menschen kaufen Mobilität, nicht Autos.

Zoppi: Wir machen Dinge mit dem Smartphone, an die wir vor ein paar Jahren noch gar nicht gedacht haben. Deswegen werden auch Entwicklungszeiten immer kürzer. Niemand kann sich leisten, etwas über Jahre hin zu entwickeln, denn wenn er fertig ist, haben sich die Anforderungen schon längst wieder geändert. Denken Sie an die Brennstoffzelle – die hat als Antrieb das Potenzial, das komplette Design eines Autos zu verändern.

SIE SAGEN, DER DURCHBRUCH DES ELEKTROMOTORS STEHE KURZ BEVOR.

3,5 Mrd.

Menschen weltweit besitzen heute ein Smartphone. Die ersten Modelle erschienen 2007. Noch fünf Jahre später hatten nur 14 Prozent der Weltbevölkerung eines.

Es ist wie mit der Ketchup-Flasche: Sie wissen nie, wie viel Ketchup rauskommt und wann. Aber was die Elektromobilität angeht, wird die Flasche gerade richtig heftig geschüttelt.

ABER DER ELEKTROMOTOR IST JA ÜBER HUNDERT JAHRE ALT. SEIN DURCHBRUCH WURDE MEHRMALS ANGEKÜNDIGT UND KAM DANN DOCH NICHT.

Zoppi: Es gibt immer eine Zeit für Erfindungen. Künstliche Intelligenz gibt es auch schon sehr lange. Aber die Möglichkeiten dafür waren noch nicht da. Heute erst verfügen wir über die Rechnerleistung für neuronale Netzwerke, plus Cloud und Big Data. Und so ähnlich ist es mit Elektroantrieben.

HABEN DIE AUTOMOBILHERSTELLER VERSTANDEN, DASS SIE SICH ÄNDERN MÜSSEN?

Schneider: Das glaube ich schon. Natürlich können sie immer noch das machen, was sie schon heute am besten können. Auch wir bei Freudenberg Sealing Technologies werden weiterhin auf unsere Stärken setzen. Aber wir schauen trotzdem voraus.

Zoppi: Ein Unternehmen kann sich auf den Wandel vorbereiten. Es bringt keinen Nachteil, Änderungen zumindest zu durchdenken. Vielleicht gibt es Auto-manager, die aktuell noch öffentlich sagen, dass sie nicht an einen schnellen Wandel glauben – aber im Hintergrund bereiten sie sich garantiert vor. Es ist wie mit der Ketchup-Flasche: Sie wissen nie, wie viel Ketchup rauskommt und wann. Aber was die Elektromobilität angeht, wird die Flasche gerade richtig heftig geschüttelt.

VIELES DAVON ERINNERT AN DIE FREUDENBERG-GESCHICHTE, BEI DER AUCH EIN UNTERNEHMEN ALS GERBEREI BEGANN UND SICH WANDELTE BIS HIN ZU HOCHLEISTUNGSKUNSTSTOFFEN. SPIELT SO ETWAS IM ALLTAG EINE ROLLE?

Schneider: Wir führen Kunden gerne in unsere Unternehmensausstellung, um ihnen zu verdeutlichen: Wir haben schon sehr viel Wandel durchlebt. Wir haben bewiesen, dass wir das können.

Zoppi: Ich finde, Freudenberg stellt das noch immer täglich unter Beweis. Wir sind auch jetzt bereit, uns zu wandeln.

Schneider: Und das spürt man auch. Dass das Unternehmen zum Beispiel bereit war, so viel in das Thema Brennstoffzelle zu investieren oder in Batterien. Wir sind bereit, neue Dinge zu tun. Das ermutigt Mitarbeiter. Es ist ein Signal. Es macht uns auch stolz, gemeinsam mit dem Unternehmen vorwärts zu gehen.

SIE HABEN ALSO KEINE ANGST VOR DEM WANDEL?

Zoppi: Nein, im Gegenteil, ich finde, wir leben in spannenden Zeiten. Ich möchte das gerne noch so lange wie möglich verfolgen.

WANN KAUFEN SIE SICH EIN ELEKTRO-AUTO?

Zoppi: Ich denke, schon mein nächstes Auto könnte ein Hybrid werden.

Schneider: Mein nächstes Auto wird auf jeden Fall ein E-Fahrzeug sein. Wenn ich mir überhaupt noch eines zulege. Vielleicht brauche ich gar kein eigenes mehr.

Zoppi: Moment, das kannst du nicht tun, wir müssen immer noch Dichtungen verkaufen!

Schneider: Stimmt. Aber vielleicht in anderen Anwendungen.

Zoppi: (lacht) Sehen Sie, das fasst die Situation rund um Elektromobilität sehr gut zusammen. Ich habe gehört, ein Bambus wächst anfangs komplett unauffällig. Erst beschäftigt er sich damit, Wurzeln zu schlagen, und bleibt unscheinbar. Und plötzlich schießt er in die Höhe und breitet sich aus.

Schneider: Wir brauchen Geduld. Wie in dem Sprichwort: „Man kann Gras nicht aus dem Boden ziehen.“ Wir können aber den Boden dafür vorbereiten. Das tun wir derzeit. ☺



Lesen Sie mehr:
<https://bit.ly/2xFjaWk>





Ressourcen der Mobilität

Kohle, Erdöl, Lithium und Kobalt. Sie waren und sind wichtige Rohstoffe für die Mobilität. Wo lagern sie, und welche Länder fördern sie?



Quelle: Britannica, NORD/LB und Reuters.



Kohleabbau (Dampflokomotive/Dampfschiff)

Mobilitätshochphase: 19. Jahrhundert bis Zwischenkriegszeit

	1870*	1904/05**	1930**
1	Großbritannien	USA	USA
2	Deutschland	Großbritannien	Großbritannien
3	USA	Deutschland	Deutschland
4	Belgien	Österreich-Ungarn	Frankreich
5	Frankreich	Frankreich	Russland
6	Österreich-Ungarn	Belgien	Polen

*GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften. / ** Eyclopaedia Britannica. / *** Our World in Data (University of Oxford).

Erdölförderung (Auto/Flugzeug/Diesellokomotive)

Mobilitätshochphase: ab dem 1. Weltkrieg bis heute

	1920*	1970**	2018***
1	USA	USA	USA (u. a. Fracking)
2	Mexico	UdSSR	Saudi-Arabien
3	RSFSR (UdSSR)	Venezuela	Russland
4	Indonesien	Saudi-Arabien	Kanada (u. a. Ölsand)
5	Iran	Iran	China
6	Indien	Libyen	Irak

*Data is beautiful. / **BP. / ***U.S. Energy Information Administration.

Lithium- / Kobaltabbau (Akkus für E-Mobilität)

Mobilitätshochphase: heute

	Lithium 2019*	Kobalt 2019*
1	Australien	DR Kongo
2	Chile	Russland
3	China	Australien
4	Argentinien	Philippinen
5	Simbabwe	Kuba
6	Portugal	Madagaskar

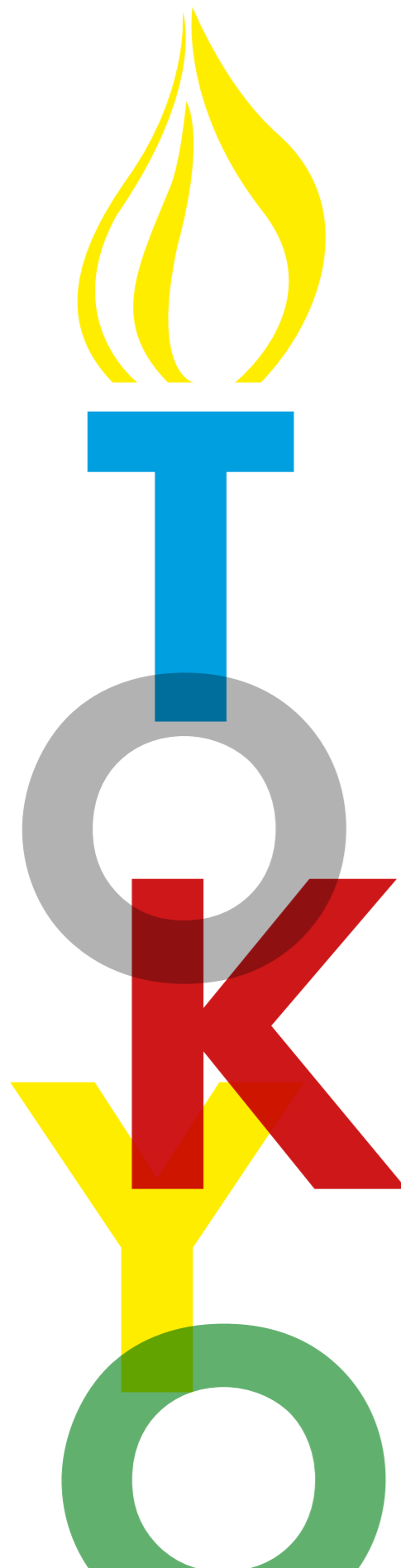
*Statista.



©

Feuer und Flamme für Wasserstoff

Japan hat als erstes Industrieland eine nationale Wasserstoffstrategie vorgestellt. Die Olympischen Spiele sollen dem Gastgeberland helfen, seinen technologischen Vorsprung zu sichern.



Olympische Spiele setzen immer Statements über den sportlichen Wettkampf hinaus. Als Tokio 1964 die Spiele austrug, präsentierten sich die Gastgeber mit elektronischer Zeitmessung und dem Superschnellzug Shinkansen als Hightech-Nation. 2021 wollen die Veranstalter dies mit Robotern und autonomen Taxis wiederholen. Vor allem aber geht es ihnen um einen klimaschützenden Traum: Das Land will sich als Fackelträger der globalen Wasserstoffwirtschaft darstellen, im wahrsten Sinne des Wortes.

Erstmals wird das olympische Feuer mit Wasserstoff brennen. Er wird aus der Präfektur Fukushima stammen, dem Ort der Atomkatastrophe im Jahr 2011, und mit Solarstrom aus Wasser hergestellt sein. Ein Beamter von Japans mächtiger Behörde für Ressourcen und Energie betont die Symbolik dahinter: „Dies wird das öffentliche Bewusstsein für die wichtige Rolle schärfen, die Wasserstoff in der Zukunft spielen wird.“

Japans Regierung versteht sich als globaler Vorreiter, wenn es darum geht, Strom ohne CO₂-Emissionen aus Wasserstoff herzustellen. In Brennstoffzellen gehen Wasserstoff und Sauerstoff eine chemische Reaktion ein. Daraus resultieren Strom und Wärme, mit Wasser als einzigem Nebenprodukt. „Japan hat die Welt bei praktischen Anwendungen von Wasserstofftechnologien angeführt. Etwa bei der Kommerzialisierung von Brennstoffzellen für Autos und Wohnungen“, so der Beamte weiter. Um diesen

technologischen Vorsprung zu sichern, verabschiedete die Regierung 2017 eine nationale Wasserstoffstrategie. Zwar folgen andere Länder inzwischen dem Vorbild. Doch noch immer sticht Japan mit seinen detaillierten und ambitionierten Zielen sowie einer engen Kollaboration von Politik und Wirtschaft heraus.

Japans globale Pläne

Japans Regierung beschränkt ihre Vision nicht aufs eigene Land. Sie will Wasserstoff bis 2050 weltweit zu einer wirklichen Alternative zu fossilen Brennstoffen ausbauen. Zum einen will sie in dieser Dekade eine globale Lieferkette aufbauen, die Wasserstoff in großindustriellem Maßstab produzieren und verteilen kann. Zum anderen will sie rasch Massenmärkte schaffen, um die noch hohen Kosten schnell zu senken.

Ein wichtiger Wirtschaftszweig ist dabei der Fahrzeugbau. Bis 2025 soll die Zahl der Brennstoffzellenfahrzeuge allein in Japan von derzeit 3.600 auf 200.000 und bis 2030 auf 800.000 Autos anwachsen. Darüber hinaus sollen 1.200 Busse und 10.000 Gabelstapler mit Strom aus Brennstoffzellen angetrieben werden.

Daneben nimmt Japan die Energieproduktion ins Visier. Brennstoffzellen für Wohnungen und Eigenheime, die Strom und heißes Wasser liefern, sind schon jetzt ein Markt, der sich subventionsfrei trägt. Seit 2009 wurden 300.000 dieser „Ene-Farm“ getauften kleinen Blockheizkraftwerke verkauft. Dabei ernten die

Wer Null-Emissions-Gesellschaften will, der braucht Wasserstoff, und zwar sehr viel.

„Energiefarmen“ ihren Betriebsstoff noch aus Stadtgas, das zumeist durch Kohlevergasung gewonnen wird, denn noch fehlt die Infrastruktur für reinen Wasserstoff. 2021 wird Marktführer Panasonic die erste Brennstoffzelle einführen, die reinen Wasserstoff nutzt. Bis 2030 sollen nach dem Willen der Planer 5,3 Millionen Energiefarmen beider Typen ihren Dienst versehen.

Die nationale Strategie nimmt auch die Stromversorger in die Pflicht. Sie sollen in den nächsten zehn Jahren Wasserstoffkraftwerke mit einer Leistung von einem Gigawatt errichten. Das entspricht in etwa der Kapazität eines Atomreaktors. Bis dahin soll der Preis von Wasserstoff um 70 Prozent auf drei Dollar pro Kilo gesenkt werden. 2050 soll das leichteste chemische Element dann bis zu 30 Gigawatt zum japanischen Strombedarf beisteuern.

Wegbereiter einer emissionsfreien Gesellschaft

Die Geburt des Wasserstoffplans war allerdings schwierig, erinnert sich Toyota-Ingenieur Katsuhiko Hirose. Er selbst wurde vom Wasserstoff-Saulus zum -Paulus Japans. Massiv mussten Toyota und Honda, die beide bereits Brennstoffzellenautos verkaufen, die Planer im Wirtschaftsministerium drängen, die Fokussierung auf Batterien für Elektroautos aufzugeben.

Seine eigene Erfahrung erleichterte Hirose wohl die Überzeugungsarbeit. Schließlich hatte Toyota ausgerechnet ihn, den

Mitentwickler von Hybridautos, beauftragt, Toyotas Brennstoffzellenauto Mirai zu entwerfen. Bis dahin hielt er Batterien und Hybridautos im Verkehr für die schnellere und bessere Lösung. Nicht zuletzt wegen der hohen Energieverluste beim Einsatz von Wasserstoff und der fehlenden Infrastruktur. Aber nun predigt Hirose: „Man braucht eine holistische Sicht für die Dekarbonisierung der gesamten Gesellschaft. Wir müssen ja nicht nur den Verkehr emissionsfrei betreiben, sondern wollen auch unsere Autos emissionsneutral produzieren.“ Seine Botschaft: Wer Null-Emissions-Gesellschaften will, der braucht Wasserstoff, und zwar sehr viel.

Toyota entwickelt daher wie Japans Stahlkonzerne Hochöfen für die eigenen Fabriken, die mit Wasserstoff funktionieren. Japans Energieexperte verweist zudem auf die Rolle von Wasserstoff als transportablem und brennbarem Energiespeicher.



30.000

Brennstoffzellen pro Jahr strebt Toyota als Produktionskapazität an.

70

Wasserstoffbusse sollen bei den Olympischen Spielen zum Einsatz kommen.

Die Betreiber von Solar- und Windkraftwerken können Wasserstoff mit überschüssigem Strom herstellen, der andersorts in schwierig zu elektrifizierenden Bereichen genutzt werden kann: in Lastwagen, Schiffen, der Stahlproduktion oder in Ö Raffinerien.

Die Suche nach Wasserstofflieferanten

Die eigentliche Stärke von Japans Strategie ist allerdings, dass sie inzwischen einer nationalen Bewegung gleicht, bei der sich Politik und Wirtschaft gegenseitig antreiben. Die Regierung arbeitet mit Hochdruck daran, weltweit Wasserstofflieferanten zu rekrutieren. Für den Transport lief Ende 2019 der erste Wasserstofftanker vom Stapel, gebaut von Kawasaki Heavy Industries.

Beim Import setzt die Regierung jedoch auf eine Strategie, die unter Klimaschützern umstritten ist. So erhält Japan ab diesem Jahr Wasserstoff aus Australien, der aus Kohle gewonnen wird. Aus Südostasien soll aus Erdgas gewonnener Wasserstoff importiert werden. Erst später dürfte Saudi-Arabien als Großlieferant von „grünem“ Wasserstoff hinzustoßen, der dank Strom aus erneuerbaren Energiequellen durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird.

Japan setzt zunächst auf Wasserstoff aus Kohle

Noch verteidigt Japans Regierung Kohle und Gas – gemeinsam mit Methoden der Kohlendioxidspeicherung – als notwendige Zwischenstufe, um künftig schneller

auf grünen Wasserstoff umsteigen zu können. Das Kalkül: Je mehr Geld zu verdienen ist, umso größer ist der Anreiz für Staaten, Unternehmen und Finanzinvestoren, Kapital in Innovationen zu stecken und gemeinsame Regeln und technologische Standards zu entwickeln.

Japans Industrie prescht derzeit mithilfe der Regierung voran. 2018 haben die Autobauer zusammen mit Gas- und Ölkonzernen, Investoren und anderen Unternehmen die Gesellschaft „Japan H2 Mobility“ gegründet, um den Bau von Wasserstofftankstellen zu finanzieren. Außerdem investieren Toyota und Honda in neue Brennstoffzellenfahrzeuge. Toyota präsentierte 2019 eine zweite Generation seines Brennstoffzellenautos Mirai und begann mit dem Verkauf von Brennstoffzellenbussen. Daneben will der Konzern seine Produktionskapazität von Brennstoffzellen in den kommenden ein bis zwei Jahren von wenigen Tausend auf 30.000 Stück pro Jahr erweitern.

Die Japan AG exportiert bereits ihre Brennstoffzellentechnik. Toyota bietet viele Patente kostenlos und seine Technik gegen Geld auf dem Weltmarkt an. Bei Bussen hat sich der portugiesische Hersteller CaetanoBus in das Brennstoffzellensystem aus Japan eingekauft. Der Technikkonzern Panasonic versucht seine Brennstoffzellen durch eine Allianz mit dem deutschen Heiztechnikspezialisten Vaillant für den Hausgebrauch in Europa zu vertreiben.

Olympische Spiele als Starthilfe der Wasserstoffgesellschaft

Die Olympischen Spiele sollen der Wasserstoffstrategie zusätzlichen Schwung verleihen, auch daheim. Das zeigen zwei Großprojekte der Regierung von Tokio. Bis zum Beginn der Spiele wollen die städtischen Verkehrsbetriebe die Zahl ihrer von Toyota geleasteten Wasserstoffbusse von 15 auf 70 hochfahren. Die Busse fallen mit ihrer blauen Lackierung und der Aufschrift „Fuel Cell Bus“ schon jetzt als ganzheitliche Werbung für Wasserstoff im Stadtbild auf.

Das eigentliche Novum wird die Stadt aber im Athletendorf realisieren. Nach den Spielen wird das Areal in einen Stadtteil mit rund 5.600 Wohnungen umgebaut. Takeshi Ikawa, Tokios zuständiger Direktor für Stadtneuentwicklung, zeigt dabei stolz auf eine Linie im Bauplan: „Hier wird die erste urbane Wasserstoffleitung in Japan verlaufen.“

Die Rohre werden im Norden der Siedlung an einer Wasserstofftankstelle beginnen, wo Wasserstoff aus Erdgas abgespalten wird. Von dort strömt er unterirdisch einige Hundert Meter zu zwei Brennstoffzellenparks mit fast 40 Kilowatt Leistung. Sie sollen das lokale Einkaufszentrum und die öffentlichen Einrichtungen mit Strom und Warmwasser versorgen. Zusätzlich rüstet Panasonic 4.000 Eigentumswohnungen mit kleinen Brennstoffzellen aus. Das Ziel ist laut Ikawa klar: Tokio will der Welt mit dem neuen Stadtteil zeigen, wie eine klimapolitisch nachhaltige Megacity aussehen kann. ©

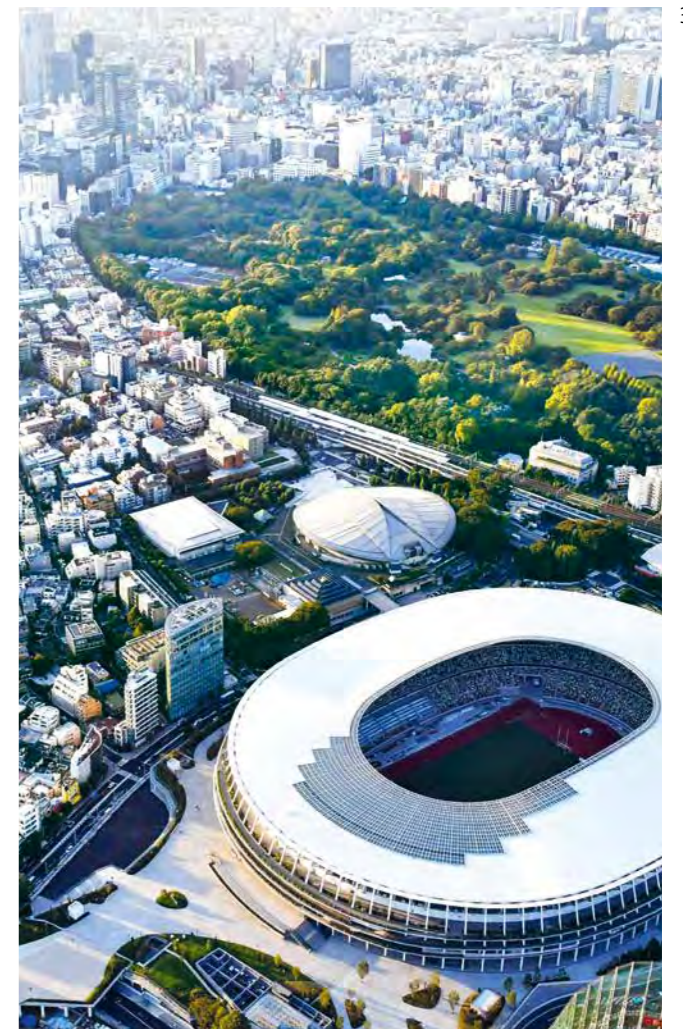
1



2



3



1_Nicht mit Brennstoffzelle, aber batterieelektrisch und autonom sollen die Sportler im olympischen Dorf verkehren.

2_Wasserstoffbusse wie dieser sind während der Olympischen Spiele in Tokio im Einsatz.

3_Das Herz der Spiele schlägt hier: im Neuen Nationalstadion.



Was andere Länder antreibt

Alternative Antriebe sind weltweit auf dem Vormarsch – aber jedes Land ist anders. Derek Wong aus China und Jonas Hansson aus Schweden erzählen, welche Technologien dort im Alltag präsent sind.

Elektromobilität hat in China seit drei Jahren enorm an Bedeutung gewonnen. Man sieht heute überall Elektroautos und auch Ladestationen. Das hat vor allem zwei Gründe: Die Gebühren für das Nummernschild sind in China sehr hoch. Genau diese Kosten wurden beim Elektroauto aber lange Zeit erlassen. Seit ein paar Monaten gibt es den Zuschuss nicht mehr, daher hat sich seit Juli 2019 auch die Kauflust auf Elektroautos abgekühlt.

Trotzdem ist der Markt heiß umkämpft. Praktisch alle namhaften internationalen Autohersteller sind in China mit E-Modellen vertreten. Dazu gibt es lokale Hersteller wie NIO, die sich rein auf Elektroautos spezialisiert haben und sehr ansprechendes Design mit innovativen Ideen verbinden.

Der zweite Grund für die Popularität sind Fahrdienstvermittler, in China vor allem „Didi“, vergleichbar mit „Uber“ in anderen Ländern. Viele Städter kaufen sich ein Elektroauto und bieten es dann über die Didi-Plattform als „Shared Service“ an. Es verbinden sich also gleich zwei Megatrends: Elektromobilität und Shared Mobility. Das ist gerade in Großstädten sehr beliebt, ich benutze solche Fahrdienst-Apps eigentlich jeden Tag. So muss ich keinen Parkplatz in der Innenstadt suchen.

Es ist auch gar kein Problem, wenn Elektroautos nur 400 Kilometer Reichweite haben, in China werden sie ohnehin nur innerhalb der Großstädte benutzt. Elektrofahrräder funktionieren in den Innenstädten ebenfalls sehr gut „shared“. Das lässt sich auch mit bargeldlosem Bezahlen vereinbaren. Offen gestanden habe ich seit Monaten kein Bargeld mehr in der Hand gehabt. Insgesamt sind die Menschen hier sehr aufgeschlossen gegenüber Technologien und Neuerungen. Die Ausnahme ist die Brennstoffzelle. Der große Tank scheint viele abzuschrecken, da haben sie offenbar Sicherheitsbedenken.

**DEREK WONG,
SCHANGHAI**

Sales Director of NOK
Freudenberg China
Automotive Industry





Die Regierung setzt sich sehr für das Thema ein. Für Elektroautos gab es Preisnachlässe, die Zahl der Ladestationen soll verdoppelt werden.“



**JONAS HANSSON,
STOCKHOLM**
Key Account Manager
Automotive Sales, Freudenberg Sealing Technologies

In Stockholm sehe ich mittlerweile überall Elektroautos. Innerhalb eines Jahres hat sich die Zahl fast verdoppelt, auf knapp 90.000 batteriebetriebene Fahrzeuge. Acht Prozent aller Autos in Schweden werden elektrisch angetrieben. Auch die vielen Ladestationen fallen ins Auge, in Malmö, Göteborg oder Stockholm.

Außerhalb von Großstädten ist das aber ganz anders. Ich komme selbst aus einer ländlichen Region, da regiert noch immer der Diesel. Wir sind ein dünn besiedeltes Land, viele Pendler fahren auch mal 150 Kilometer bis zum Arbeitsplatz. Und viele sind skeptisch, ob die Elektrobatterien solche Entfernungen in einem kalten Winter wirklich schaffen, da helfen auch Fakten wenig. Tatsächlich kommen Elektroautos bei den langen Distanzen in Nordschweden aber aktuell auch an ihre Grenzen.

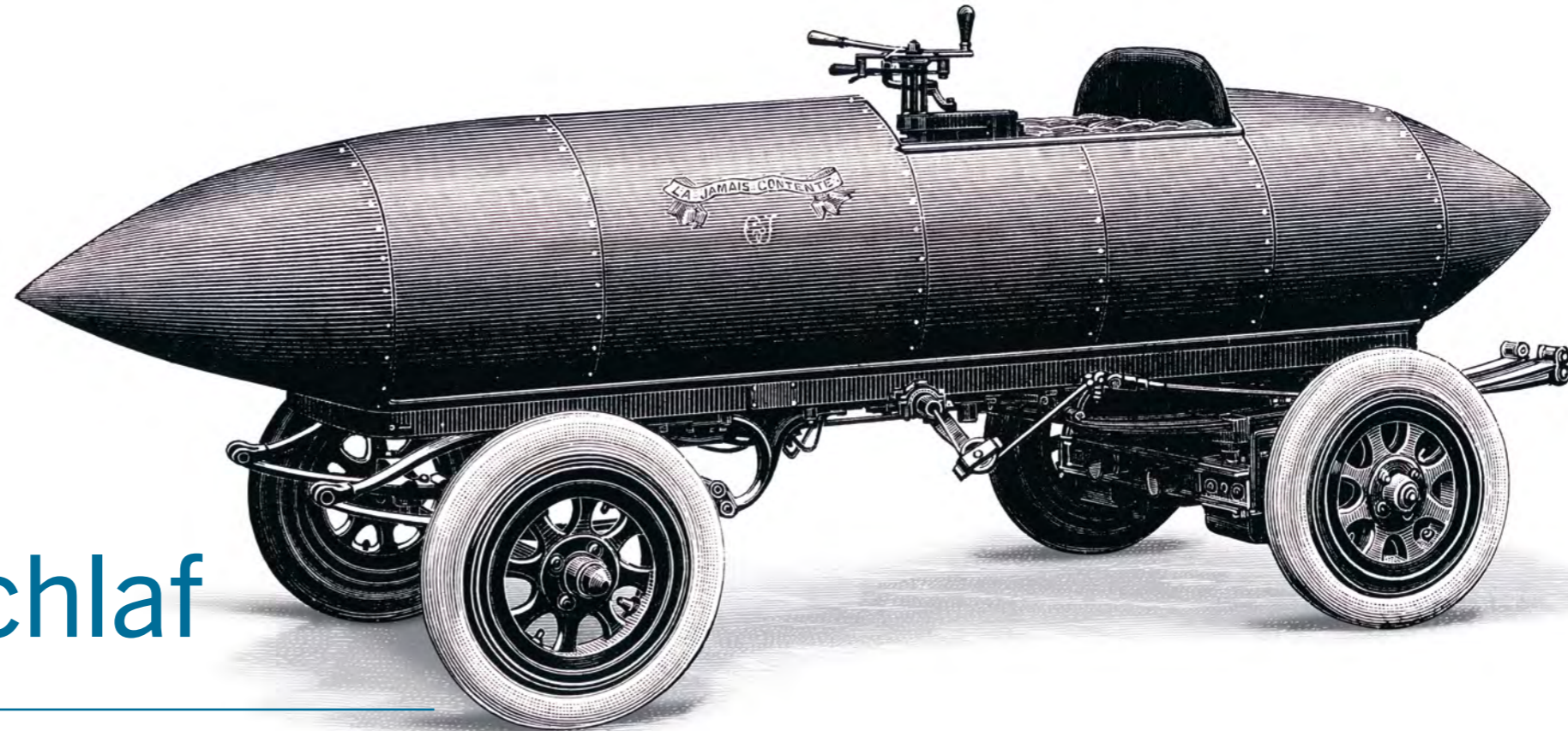
Die Regierung setzt sich jedenfalls sehr für das Thema ein. Für Elektroautos gab es Preisnachlässe, die Zahl der Ladestationen soll verdoppelt werden. Nachhaltigkeit, Energie und Klima sind ja auch in Schweden heiße Themen – eine Schwedin namens Greta dürfte Ihnen nicht ganz unbekannt sein. Vor allem der Dieselskandal hat hierzulande die Diskussionen um Fahrzeugantriebe so richtig entfacht.

Klar ist aber auch: Alleine wird Schweden so ein Zukunftsthema kaum bewältigen, da brauchen wir Unterstützung der anderen Europäer. Auch bei der Brennstoffzelle sind wir noch nicht sehr weit. In ganz Schweden haben wir derzeit nur fünf Wasserstoffzapfsäulen. Den alternativen Antrieben gehört die Zukunft, aber die entscheidende Frage wird die Infrastruktur sein. Davon hängt ganz viel ab. ©





Vor dem Dornröschenschlaf



Torpedo auf vier Rädern: 1899 fuhr „La Jamais Contente“ mit Batterieantrieb mehr als 100 km/h.

Die Frage, welcher Antrieb sich beim Automobil durchsetzen würde, blieb in den ersten 25 Jahren unbeantwortet. Dann forcierten eine Innovation, ein Boom und ein Autopionier die Entscheidung.

Im Sommer 1894 lobte ein französisches Magazin eine Zuverlässigkeitsfahrt für „Wagen ohne Pferde“ aus. Für die 130 Kilometer lange Tour von Paris nach Rouen bewarben sich 102 Teilnehmer mit ihren Fahrzeugen. Die Vielfalt der Kreationen zeigte sich bereits in deren Antrieben. Die Bandbreite reichte von Benzinwagen und Fahrzeugen, die hydraulisch angetrieben wurden, bis hin zu Autos, die auf Druckluft, Dampf oder Elektrizität vertrauten. Ein Indiz dafür, dass das Rennen um den vielversprechendsten Antrieb noch lange nicht entschieden war. Selbst wenn letztlich nur Dampf- und Benzinwagen die Strecke in Angriff nahmen.

Rasanter E-Flitzer

Für die Entwicklung des Automobils gilt der „Motorwagen Nummer 1“ von Carl Benz aus dem Jahr 1886 als bahnbrechend. Der wie eine dreirädrige Kutsche wirkende Wagen bezog seine Leistung aus einem Verbrennungsmotor. Doch schon fünf Jahre zuvor hatte ein Elektrofahrzeug seine Premiere in Paris gefeiert. Das Gefährt des Physikers M. Gustave Trouvé setzte auf aufladbare Blei-Säure-Batterien und schaffte zwölf Stundenkilometer. Bedeutend schneller jagte das Elektroauto des Belgiers Camille Jenatton 18 Jahre später vor den Toren von Paris über eine Straße. Das „La Jamais Contente“ genannte Fahrzeug beschleunigte am 29. April 1899 auf die Rekordgeschwindigkeit von über 105 Stundenkilometern.

Drei Varianten stechen heraus

Auch Ferdinand Porsche hatte seinerzeit schon ein Elektromobil realisiert, bevor er den ersten Hybridwagen der Geschichte konstruierte. Bei der Weltausstellung 1900 in Paris präsentierte er den Lohner-Porsche „Semper Vivus“, der mehr als eine Tonne wog und über elektrische Radnabenmotoren sowie einen Verbrennungsmotor verfügte. Just zu dieser Zeit schien sich die Spreu vom Weizen zu trennen. Die Autos der Zukunft sollten entweder mit Dampf, mit Benzin oder mit Elektrizität angetrieben werden. Davon war Adolf Klose 1897 überzeugt, seines Zeichens Präsident des Mitteleuropäischen Motorwagen-Vereins: „Die erste Gattung [Dampf] dürfte hauptsächlich für Wagen auf Schienen und schwere Straßenfahrzeuge in Betracht kommen, während das große Gebiet des weiten Landes von Ölmotorfahrzeugen durchheilt werde und die glatte Asphaltfläche der großen Städte von mit Sammlerelektrizität getriebenen Wagen belebt sein wird.“ Seine Prognose schien nicht allzu gewagt, entsprach sie doch zumindest in den USA den Tatsachen. Im Jahr 1900 wurden dort 1.688 Dampfautos, 1.575 Elektrofahrzeuge und 929 Benziner produziert. Sie teilten den Markt damit nahezu unter sich auf.

Das Stadtauto fährt elektrisch

Der Elektroantrieb konzentrierte sich auf die Städte. Die große Mehrzahl der New Yorker Taxis fuhr mit ihm. Gleiches galt für zahlreiche Omnibusse. Die Elektrifizierung der Städte schritt

voran, die Möglichkeit, Batterien aufzuladen, wuchs. Auch bei vielen Damen stießen die E-Autos auf Gegenliebe. Sie waren leichtgängig, fuhren leise und verursachten keinen Schmutz. Ganz anders die dampf- und benzingetriebenen Autos. Sie waren dreckig, schwerer zu lenken und hatten bei der Inbetriebnahme ihre Tücken. Der Dampftrieb benötigte lange Aufwärmzeiten, bis er auf die richtige Temperatur für die Fahrt kam, während der Benziner per Hand anzukurbeln war.

Der Verbrenner setzt sich durch

Dass die E-Mobilität dennoch das Nachsehen hatte, lag auch an der Erfindung des elektrischen Anlassers, der das Starten des Verbrennungsmotors immens vereinfachte. Daneben blieb der Verbrenner in der Reichweite unerreicht. Auch politische Entscheidungen taten ihr Übriges. Im Deutschen Reich entschied das Militär 1906 über Subventionen für Lkw. Die Wahl fiel auf reichweitenstarke Verbrennungsmotoren, die mit einheitlichen Gangschaltungen und Pedalverteilungen auszustatten waren. So musste sich im Kriegsfall niemand umgewöhnen. Zahlreiche Brauereien erwarben entsprechende Lastwagen. In den USA sank derweil mit der Massenproduktion des Ford Modell T der Preis für den Benziner. Der einsetzende Erdölboom in Texas verbilligte den Spritpreis. Benzin wurde massenhaft verfügbar, Tankstellen schossen wie Pilze aus dem Boden. Der Elektroantrieb verlor den Anschluss. Er fiel in einen Dornröschenschlaf. ©



Auf der Überholspur

Was dem Automobil vorhergesagt wird, ist bei den Fahrrädern schon weit gediehen: die sprunghafte Elektrifizierung. E-Bikes liegen voll im Trend.



Nur auf den ersten Blick ein normales Fahrrad. In E-Bikes steckt immer mehr Technologie.



Motoren wie diese unterstützen das Treten in die Pedale enorm.

Victoria Pendleton ist nicht unbedingt die Person, die man als Fürsprecherin von E-Bikes auf dem Zettel hat. Schließlich errang die 39-jährige Britin 2008 und 2012 Olympiagold auf der Radrennbahn. Bei einem Urlaub in Kalifornien saß die ehemalige Profiradsportlerin erstmals auf einem der modernen Räder. Zunächst habe sie zurückhaltend reagiert, als ihr Onkel sie einlud, eines seiner E-Bikes zu testen: „Für mich fühlte es sich an, als würde ich schummeln.“ Bei einer gemeinsamen Ausfahrt fand sie jedoch Gefallen daran. Der Gegenwind konnte dem batterieunterstützten Treten nichts anhaben, sie kamen nicht ins Schwitzen und überholten gar in Sportdress gekleidete Radfahrer: „Ich war schlagartig bekehrt.“ So sehr, dass Pendleton jüngst ein E-Bike entwarf.

E-Bikes beflügeln gesättigten Markt

Keine Frage, E-Bikes erfreuen sich weltweit zunehmender Beliebtheit. Sie scheinen für die Fahrradbranche das zu sein, was vor einigen Jahren die Smartphones für den Handysektor waren:

eine Art Vitaminspritze für einen gesättigten Markt. Wurden Elektroräder anfänglich als Seniorenmodelle belächelt, so sind die E-Velos längst ein Fall für jedermann. Egal ob Kind oder Berufspendler, ob Sportler oder Rentner, E-Bikes sprechen jeden an. Die nachgefragtesten Elektromodelle sind City-, Trekking- und Mountainbikes, aber auch Lastenfahrräder finden Abnehmer.

Ein Milliardengeschäft

Die Absatzzahlen sprechen eine deutliche Sprache. Wurden in Deutschland 2008 noch 4,2 Millionen Fahrräder und 110.000 E-Bikes verkauft, so waren es zehn Jahre später 3,2 Millionen konventionelle, aber schon eine knappe Million elektrifizierte Fahrräder. Da E-Bikes deutlich mehr kosten, stieg der durchschnittliche Verkaufspreis eines Rades in Deutschland im gleichen Zeitraum von 446 auf 756 Euro. Das trieb den Umsatz der Radbranche in die Höhe. In den USA stieg die Anzahl der verkauften Elektroräder von 2014 bis 2018 um das Achtfache. Der Verkauf von E-Bikes ist inzwischen ein Milliardengeschäft. Deloitte erwartet zwischen 2020 und 2023 den Verkauf von 130 Millionen Elektrorädern auf der ganzen Welt.

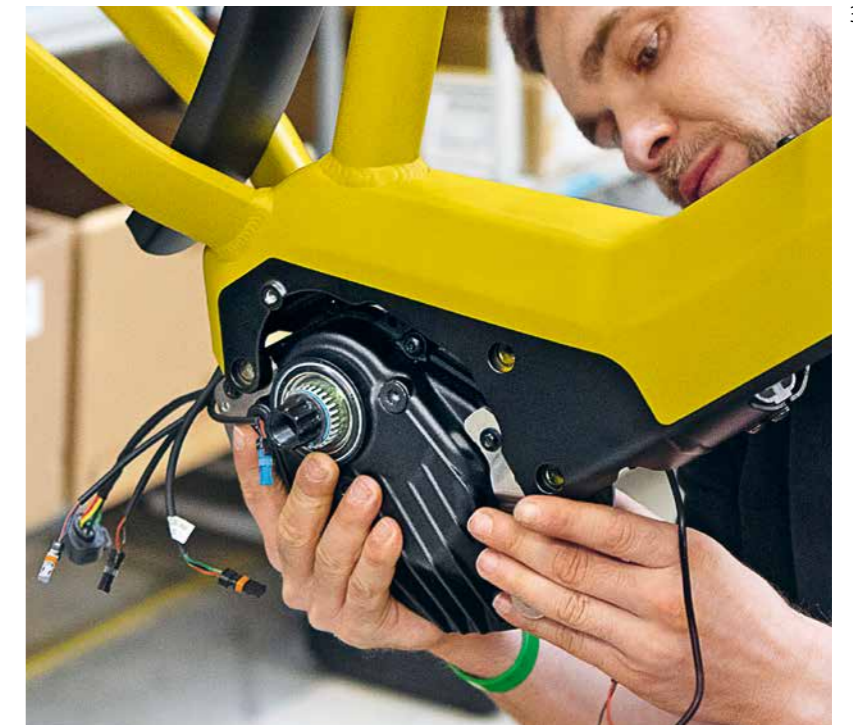
Features aus dem Autobau

Was macht die E-Bikes zum Erfolgsmodell? Eine Rolle mag sicher das gestiegene Umweltbewusstsein spielen, aber nicht nur. Eine Umfrage des Automobilzulieferers Bosch legt den gestiegenen Freizeitspaß durch die Motorunterstützung nahe. Gesundheitsaspekte werden ebenfalls häufig genannt. Ein Drittel der Befragten kann sich zudem vorstellen, zukünftig mit dem Hightech-Gerät zur Arbeit zu pendeln. Die verbaute Technik wird immer ausgefeilter. Neben verbesserten Motoren im Tretlager oder in den Radnaben zählen die Leistung steuernde Sensorik und leichte sowie leistungsfähige Lithium-Ionen-Akkus zu den Standards eines E-Bikes. Anspruchsvolle Felgen- und Scheibenbremsen sorgen bei erhöhtem Tempo für einen zuverlässigen Bremsvorgang. Hinzu kommen technische Weiterentwicklungen, die man bislang nur vom Auto kannte wie ABS und Automatikgetriebe. Ein Display oder das Smartphone am Lenker liefert daneben in Echtzeit alle relevanten Daten: das Tempo, die aktuelle Route, den Akku-Ladezustand, die Trittfrequenz, die eigenen Fitnesswerte. So wird das E-Bike zum voll vernetzten Begleiter. Im bergigen Terrain genauso wie beim Pendeln zur Arbeit oder der zügigen Fahrt durch staugeplagte Städte. ©



E-Bike? Pedelec?

Wenn von E-Bikes die Rede ist, dann meinen viele – auch wir – ein Pedelec (Pedal Electric Cycle). Beim Pedelec unterstützt ein Elektromotor das Treten der Pedale. Bei 25 km/h schaltet er sich ab, dann zählt nur noch die Muskelkraft. Speed Pedelecs unterstützen den Tretvorgang bis 45 km/h, sie gelten deshalb als Kleinkrafträder. Genuine E-Bikes sind genau genommen Elektromopeds, bei denen gar kein Treten vonnöten ist.



1_Lithium-Ionen-Batterien sind auch in E-Bikes gefragt.

2_Noch wartet dieses E-Bike auf seinen Antrieb ...

3_... und hier wird er auch schon verbaut.

4_Die Produktionszahlen von E-Bikes kennen nur eine Richtung: nach oben!



AUS DER PRAXIS ...

Riese & Müller produziert seit 2012 konsequent E-Bikes. Damals hielten Fachhändler die Entscheidung für verrückt. Die Mitarbeiterzahl stieg seither jedoch von 35 auf 550.

Vor 27 Jahren gründeten die Diplomingenieure Markus Riese und Heiko Müller in Darmstadt bei Frankfurt das nach ihnen benannte Fahrradunternehmen. Ihr erstes Produkt war das eigenentwickelte Faltrad Birdy. Namensgebend war das Fahrgefühl, das sich aufgrund der Vollfederung einstellte. Der Clou: Die Federungspunkte konnten zugleich zum Falten genutzt werden. Das Birdy wurde zum Alltagsbegleiter, der sich platzsparend in Bus und Bahn mitführen ließ.

Alles auf eine Karte

Das Birdy ist der Dauerbrenner bei Riese & Müller. Bis heute wird das mehrfach modifizierte Faltrad verkauft. Weiterhin maßgeblich ist für Markus Riese, Heiko Müller und die zwischenzeitlich in die Geschäftsführung hinzugekommene Dr. Sandra Wolf zudem, dass sie das Fahrrad als Alltagsbegleiter verstehen und als Wegbereiter von Alltagsmobilität. Abgesehen davon beschreitet der Fahrradbauer neue Wege und hat sein Sortiment radikal umgebaut. Seit 2012 elektrifizieren sie bei Riese & Müller ihre Räder und verkaufen nunmehr Premium-E-Bikes. Anfänglich hätten sie dafür noch Kopfschütteln geerntet. Die Nischenprodukte schienen primär für Senioren gemacht. Doch längst machte sich die Neuausrichtung bezahlt. Die Mitarbeiterzahl stieg bei Riese & Müller seit der Umstellung von 35 auf 550, der Umsatz im letzten Geschäftsjahr um 38 Prozent auf 145 Millionen Euro. Jüngst zog das Unternehmen in einen neuen und von Grund auf nachhaltig konzipierten Firmensitz um, in dem die hochkarätigen Fahrräder zusammengebaut werden.

Kunden fällt der Umstieg leicht

Einen Treiber für die große Nachfrage von Elektrorädern sieht



Dr. Sandra Wolf,
Geschäftsführerin
Riese & Müller

Sandra Wolf im Klimawandel. „Unsere Kunden wollen gegensteuern, indem sie aufs Rad umsteigen.“ Kein Wunder, dass Riese & Müller in den Absatzmärkten stark punktet, die – zumindest im städtischen Umfeld – dabei sind, das Auto zu überwinden: in den deutschsprachigen Ländern, den Beneluxstaaten und Skandinavien. „Wir haben frühzeitig antizipiert, dass E-Bikes bei der städtischen Mobilität bedeutend werden“, sagt Sandra Wolf. „Und dieser Wandel entwickelt sich, wenn die Vorteile leichtfallen.“ E-Bikes erleichtern den Umstieg vom Auto aufs Rad, da der zuschaltbare Motor das Fahrerlebnis positiv verstärkt. So müssen Pendler nicht ins Schwitzen kommen und lassen ganz nebenbei den Stau auf dem Weg zu und von der Arbeit hinter sich, ebenso wie die Parkplatzsuche.

E-Bikes unterstützen die Mobilitätswende

Für Sandra Wolf kann das E-Bike die Mobilitätswende voranbringen. „Es besitzt ein Wahnsinnsmomentum. Diese Freude und Leichtigkeit, mit der E-Bike-Fahrer auf der Mikroebene unterwegs sind, die sind unbezahlbar.“ Elektroräder sind für sie deshalb ein wichtiger Faktor im Mobilitätsmix aus öffentlichem Nahverkehr, Autos und Fahrrädern. Und wenn dabei der Autoverkehr Straßen und Wege abgibt, dann führt dies unter anderem zu lebenswerteren Städten. Das Auto spielt für die Kunden von Riese & Müller aber gewissermaßen immer noch eine Rolle. Denn viele von ihnen haben laut Sandra Wolf die gleiche Erwartungshaltung an ihr E-Bike wie an ein Auto. „Deshalb denken wir extrem Premium. Aber nicht um ein Luxusprodukt herzustellen, sondern etwas überaus Zuverlässiges.“ Ein Ansatz, mit dem Riese & Müller bislang richtig fährt. ©



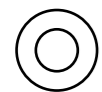
ESSENZIELL – DIE STECKDOSE



Strom kommt aus der Steckdose, na klar. Allerdings war das nicht immer der Fall. Als der Strom in private Haushalte kam, wurde er ausschließlich zur Beleuchtung benutzt, und die Lampen waren direkt mit dem Stromnetz verdrahtet. Die ersten elektrischen Großgeräte erhielten dann folgerichtig über die Lampenfassungen ihren Strom. Der Staubsauger bezog seinen Strom aus der Lampe, und in der Mietwohnung

wurden die Stromkosten einfach nach Menge der Lampenanschlüsse abgerechnet. Eine eigene Steckdose, später sogar mit Schutzkontakt, war ab etwa den 1930er Jahren ein Quantensprung in Bedienkomfort und Sicherheit. Allerdings mit einem Haken: Verschiedene Länder entwickelten unterschiedliche Konzepte. Weltweit gibt es heute mehr als ein Dutzend unterschiedlicher Stecker. Vor hundert

Jahren war das noch egal, da dachte niemand an Reisende, die Smartphones oder elektrische Zahnbürsten anschließen müssen. Immerhin: Induktives Laden oder USB-Anschlüsse könnten diesen Spuk für Elektrokleingeräte bald beenden. Aber das nächste Problem steht schon vor der Tür: Aktuell entwickeln die Hersteller von Elektroautos bereits unterschiedliche Stecker. Geschichte wiederholt sich doch. ©



Auf der Strecke geblieben

Sie hatten das Potenzial, zu Hoffnungsträgern für eine umweltschonendere Mobilität zu werden. Doch wie ist es ihnen ergangen?

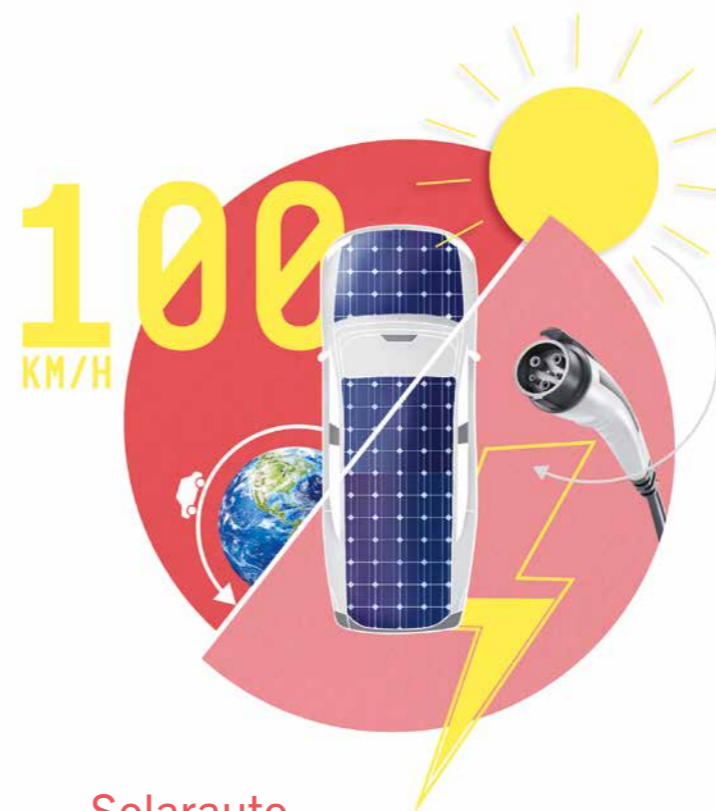
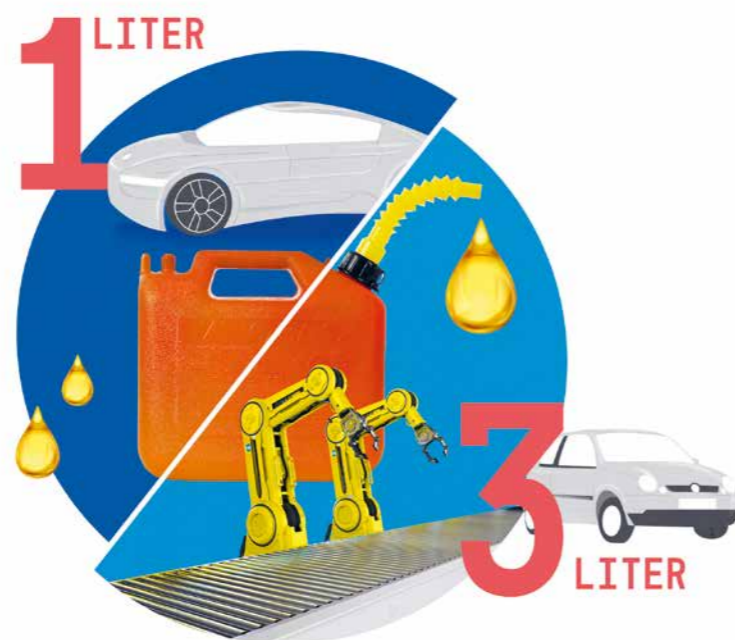
Drei-Liter-Auto

Am Durchstarten

Das Auto der Zukunft sollte schon vor Jahrzehnten weniger Sprit schlucken. Die Ölkrise der 1970er Jahre hatte den Wirtschaftsnationen verdeutlicht, wie abhängig sie vom Schmierstoff der Weltwirtschaft waren. Daneben verlangte die später aufkommende Umweltschutzbewegung nach weniger Abgasen. Die Welt schien bereit für ein sogenanntes Niedrigenergiefahrzeug. VW trieb 2002 die Überlegungen auf die Spitze. Der damalige Vorstandschef Ferdinand Piëch bewies die Straßentauglichkeit eines Ein-Liter-Autos, als er mit einem Prototyp 230 Kilometer zur Hauptversammlung seines Konzerns fuhr. Der Weg in eine neue Epoche der Automobilität?

Wirklich?

Nein! Auch wenn VW zwischen 2014 und 2016 gar 200 Exemplare eines Nachfolgers des Ein-Liter-Prototyps baute. Das Vorhaben stellte der Konzern aber ebenso ein wie zuvor das Drei-Liter-Auto. Der Kleinwagen Lupo setzte auf eine windschnittige Aluminiumkarosserie, rollte allerdings nur von 1999 bis 2005 vom Band. Der Wagen wurde von den Verbrauchern als zu klein, zu teuer, optisch zu wenig ansprechend empfunden. Nur 27.000 abgesetzte Fahrzeuge zeugen davon. Auch der größere Audi A2, der im selben Zeitraum in einer Drei-Liter-Variante auf den Markt kam, konnte nicht punkten. Lediglich 6.500 Exemplare wurden gebaut. So blieb das Drei-Liter-Auto mit Verbrennungsmotor ein Intermezzo, vom Ein-Liter-Auto ganz zu schweigen. ©



Solarauto

Am Durchstarten

Wenn Solarzellen schon im Weltraum das Navigieren ermöglichen, warum nicht auf der Erde damit mobil sein? Solarfahrzeuge haben viele Vorzüge: Ihr Antrieb erfolgt völlig emissionslos, sie benötigen keine Ladeinfrastruktur, und der Sprit kommt gratis vom Himmel. Schon 1958 fuhr das erste Auto mithilfe der Sonnenenergie seine ersten Kilometer. Seither tüfteln Wissenschaftler an ambitionierten Lösungen. Etwa anlässlich der World Solar Challenge, bei der futuristische Solarmobile mit 100 Stundenkilometer durch Australien brausen. Ersten Solarautos gelang inzwischen gar die Weltumrundung. Sind sie etwa dabei, sich als ernst zu nehmende Alternative aufzudrängen?

Wirklich?

Von wegen! Zumindest nicht als pure Solarmobile. Derzeit scheinen eher Ideen realisierbar, Elektroautos zu mehr Reichweite zu verhelfen, indem ihre Karosserien vollflächig mit Solarzellen versehen werden. Kurzstrecken sollen gar ausschließlich mit Solarkraft möglich sein. Vorausgesetzt, das Auto tankte zuvor genug Sonnenlicht. Noch sind dies Planspiele, die im hochpreisigen Segment verortet werden. Reine Solarautos gleichen eher großen Seifenkisten ohne Serienreife. Das liegt an der extremen Leichtbauweise, die aber Sicherheitsrisiken birgt. Viel Zuladung ist nicht drin, die Reichweite bleibt ein Thema. Und bei der Umwandlung des Sonnenlichts in Elektrizität geht immer noch viel Energie verloren. ©

Autogas

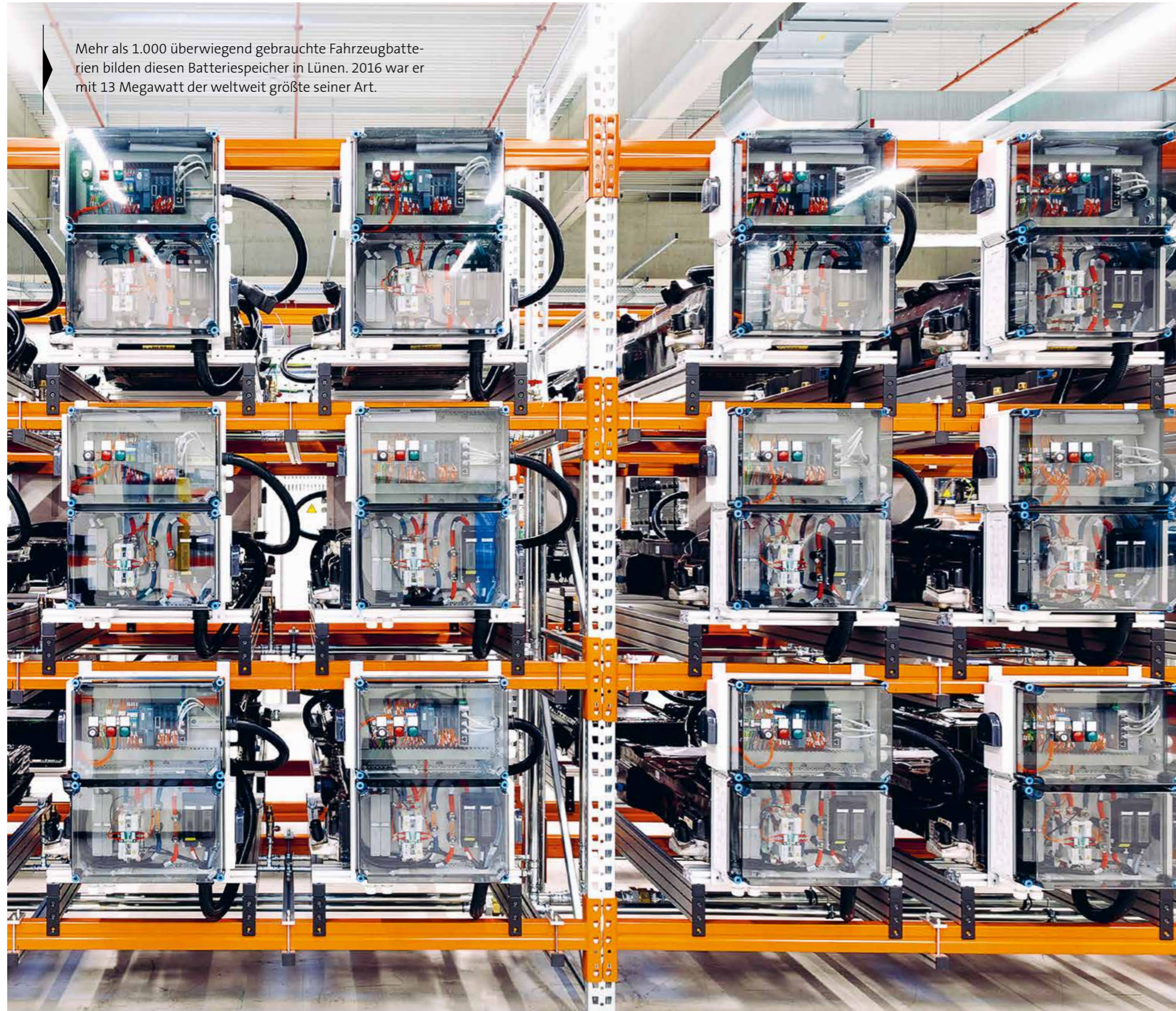
Am Durchstarten

Gas ist ein wahrer Treibstoff-Oldie. Beim Gasantrieb wird zwischen Erdgas und dem unter hohem Druck verflüssigten Autogas unterschieden. Letzteres wird vielerorts unter dem Kürzel LPG (Liquefied Propane Gas) vertrieben. Vor allem die reichweitenstarken Taxis und Busse zählen zu den Nutznießern des Gasantriebs. Nicht zuletzt, weil der Preis für den Treibstoff in der Regel deutlich unter dem von Diesel und Benzin liegt. Zugleich gibt es in vielen Ländern ein flächendeckendes Netz von Tankstellen, die die Gassorten anbieten. Daneben stoßen beide weniger Stickoxide und CO₂ aus als Benzin und Diesel. Ein Verkaufsschlager?

Wirklich?

Gewiss nicht! Sicher, es gibt Länder, in denen der Gasantrieb vergleichsweise populär ist. Auf Südkorea, die Türkei, Russland, Polen und Italien entfiel 2017 fast die Hälfte des weltweiten Autogasverbrauchs. Auf globaler Ebene liegt der Gasantrieb aber im niedrigen einstelligen Prozentbereich. In den USA ist er marginal. In Deutschland überholten zuletzt Elektrofahrzeuge solche mit Erdgasantrieb, während die Zahl der Autogasfahrzeuge in den letzten fünf Jahren um 20 Prozent zurückging. Warum? Die Anschlüsse fürs Betanken sind international uneinheitlich. Zudem benötigen gasbetriebene Fahrzeuge mehr Wartungen, und es gibt deutlich weniger Serienmodelle. Umrüstungen amortisieren sich erst im Laufe der Zeit. ©





Mehr als 1.000 überwiegend gebrauchte Fahrzeugbatterien bilden diesen Batteriespeicher in Lünen. 2016 war er mit 13 Megawatt der weltweit größte seiner Art.



Speicher statt Straße

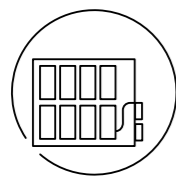
Ausrangierte Akkus von Elektrofahrzeugen müssen nicht gleich recycelt oder gar entsorgt werden. Ihre noch vorhandene Speicherkapazität macht sie für ein zweites Leben als stationäre Energiespeicher interessant.

Anfang 2019 gab es weltweit 5,6 Millionen Elektrofahrzeuge. Schenkt man der Internationalen Energieagentur IEA Glauben, dann werden in zehn Jahren bereits 125 Millionen Fahrzeuge elektrisch angetrieben. Damit einhergehend wird die Anzahl gebrauchter Elektrobatterien in die Höhe schnellen. Angesichts dieser Aussicht könnte man nun ein Elektroschrottproblem am Horizont heraufziehen sehen. Schließlich funktioniert das ebenso energie- wie arbeitsintensive Recyclingsystem noch alles andere als überzeugend. Man könnte die Abermillionen von gebrauchten Antriebsbatterien jedoch auch als Chance begreifen.

Nach zehn Jahren noch lange kein altes Eisen

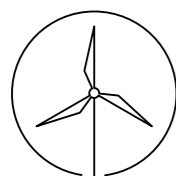
Und genau dies tun erste Unternehmen. Ein Lithium-Ionen-Akku gewährleistet rund ein Jahrzehnt lang den Antrieb eines Elektrofahrzeugs. In der Zeit sinkt seine Speicherkapazität allmählich auf rund 80 Prozent ab. Für den anspruchsvollen Einsatz auf der Straße lässt ihn das zunehmend unbefriedigend erscheinen. Als stationärer Energiespeicher käme er allerdings noch infrage, und zwar – wie Prognosen nahelegen – über einen Zeitraum von zehn bis zwölf Jahren.

Der japanische Solarpark Hikari-no-Mori griff bereits 2013 diesen Ansatz auf und



2.000

Batterien soll ein Speichersystem in Deutschland und Frankreich umfassen.



700

Batterien speichern im BMW-Werk Leipzig Windenergie für die Produktion.

setzt auf 16 gebrauchte Lithium-Ionen-Akkus als Energiespeicher, die zuvor Leaf-Modellen von Nissan entnommen worden waren. Als Zwischenspeicher unterstützen sie die Netzstabilität. Droht ein Energieengpass, geben sie den gespeicherten Solarstrom ins Netz ab. Kommt es hingegen zu Lastspitzen, wird die Energie dort geparkt. Eine derartige Weiterverwendung von E-Akkus verbessert deren Umweltbilanz. BMW nutzt in seinem Leipziger Werk inzwischen bis zu 700 Batterien aus seinem i3-Modell als Energiespeicher. In ihm wird die für die Produktion gewonnene Windenergie zwischengespeichert und im Bedarfsfall gar ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Audi wiederum hat gebrauchte Elektrobatterien derart neu zusammengesgebaut, dass sie Flurförderzeuge in den Werkhallen antreiben, kostensparender Effekt inklusive.

Energiespeichersystem in einer Fußballarena

Derweil lässt ein Projekt in den Niederlanden aufhorchen. In der modernen Arena des Fußballklubs Ajax Amsterdam sind seit zwei Jahren gebrauchte und neue Batteriezellen von Nissan zu einem riesigen Akku zusammengeschlossen, dessen Leistung drei Megawatt entspricht. Der Speicher dient als Notfallversorgung und reduziert den Einsatz der üblichen Dieseleratoren. Über mindestens eine Stunde ist das System imstande, die 55.000 Zuschauer fassende Arena mit Energie zu versorgen. Fernab von Veranstaltungen speichert der Akku die auf dem Stadionsdach gewonnene Solarenergie und gibt diese bei Bedarf ins kommerzielle Stromnetz ab, was Erlöse generiert.

„The Mobility House“, ein Technologieunternehmen mit Sitz in München sowie Standorten in der Schweiz und Kalifornien, ermöglicht mit seinen intelligenten Lade- und Energielösungen den Betrieb des neuartigen Energiespeichersystems in der Amsterdamer Arena. Die Münchener kooperieren mit weiteren Autoherstellern, die den Brückenschlag zum Energiemarkt suchen. Mit der Daimler AG

etablierten sie einen Batteriespeicher für die Stabilisierung des Stromnetzes auf dem Gelände eines ehemaligen Kohlekraftwerks, allerdings aus rund 2.000 fabrikneuen Batteriemodulen. Der Hintergedanke bei diesem neun Megawatt Leistung erzeugenden Speichersystem ist ein anderer: Die neuen Module dienen nicht nur als Speicher, sondern auch als lebendes Ersatzteillager. Sind in einem Smart fehlerhafte Batterien zu ersetzen, kann der Autobauer sich bei den Modulen des Batteriespeichers bedienen.

Gemeinsam mit Renault und anderen Firmen hat „The Mobility House“ den Bau von stationären Speichersystemen in Frankreich und Deutschland angekündigt. Sie sollen zusammen eine Kapazität von 60 Megawattstunden erreichen. Das standardisierte und in Containern untergebrachte rund 2.000 Batterien umfassende System soll eine Energiemenge zwischenspeichern, die dem täglichen Energieverbrauch von 5.000 Haushalten entspricht.

Second Life als flexible Powerbank

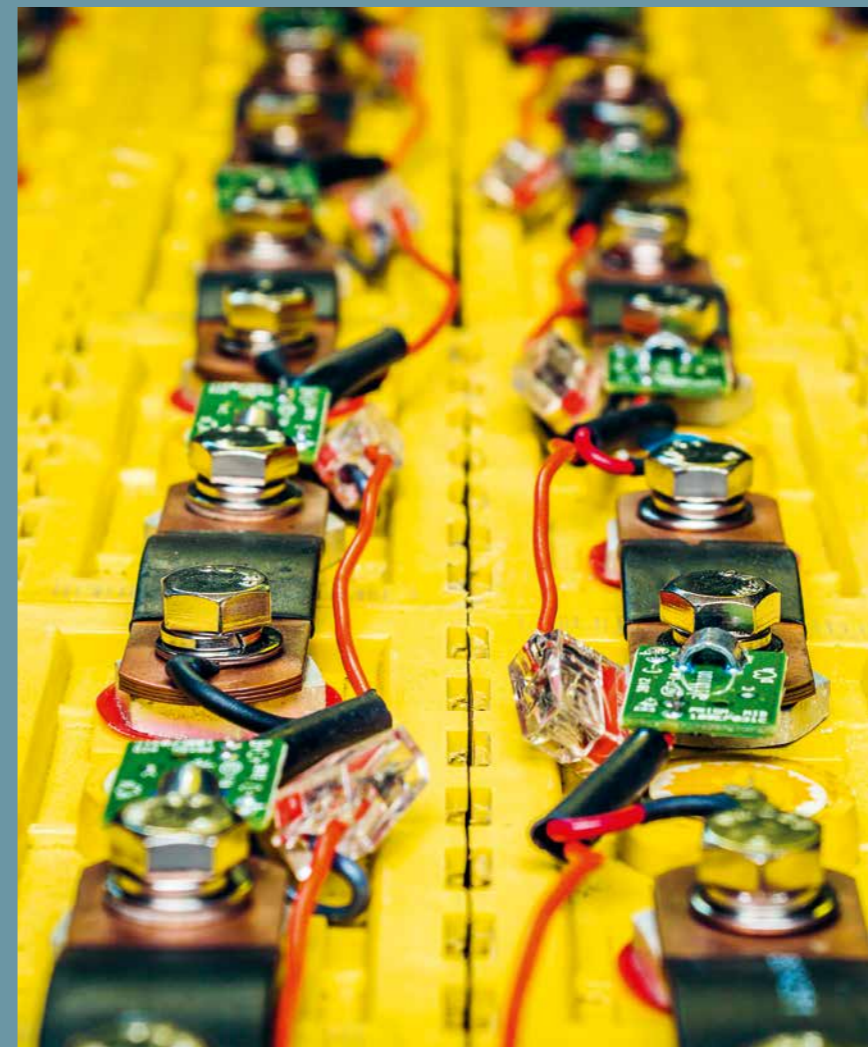
Im Gegensatz dazu befasst sich Volkswagen intensiv mit der Weiterverwendung gebrauchter Lithium-Ionen-Batterien als Stromtankstelle. Auf diese Weise helfen ehemalige Elektrobatterien ihren noch im Einsatz befindlichen Nachfolgern als Powerbank auf die Sprünge. In diesem Jahr soll die Serienproduktion der Ladesäulen in Gang kommen, die entweder ans Stromnetz angeschlossen oder mobil eingesetzt werden können. Etwa bei Musikfestivals. Die Ladesäulen sind für den jeweiligen Einsatzzweck skalierbar. Sobald die Energie in den mobilen Säulen zur Neige geht, sollen die Batterien ausgetauscht und in einem Servicepark aufgeladen werden. Erst wenn sie für diesen Einsatz nicht mehr taugen, werden sie recycelt.

Das Second Life von Elektrobatterien hat das Potenzial, nicht nur die Elektromobilität nachhaltiger werden zu lassen, sondern auch die Energiewende zu unterstützen. ©



ZAHLENCHECK

17 Tonnen CO₂



Elektroautos gelten als Option, steigenden Treibhausgasemissionen zu begegnen. Schließlich stoßen sie kein Kohlenstoffdioxid aus. Doch das ist nur die halbe Wahrheit. Denn Autos mit Batterieantrieb müssen ihre E-Akkus schließlich mit Strom aufladen. Stammt dieser nicht aus erneuerbaren Energien, dann verpufft der ökologische Effekt. Zudem ist einzukalkulieren, wie viel CO₂ bei der Produktion eines E-Akkus anfällt. Eine Zahl hält sich dabei hartnäckig: 17 Tonnen! Doch was ist von ihr zu halten? Nichts! Der schwedische Journalist, der sie veröffentlichte, legte dafür keinen durchschnittlichen E-Akku zugrunde, sondern den leistungsstärksten Tesla-Akku mit einer Kapazität von 100 kWh. Entscheidend ist daneben, woraus sich die Energie zur Produktion der E-Akkus speist. Kohle? Gas? Sonne? Wind? Der Energiemix variiert von Land zu Land. Tesla reklamiert für sich, in seiner Gigafactory auf Ökostrom zurückzugreifen. Der koreanische Zellhersteller LG Chem gab 2016 an, beim Bau eines E-Akkus mit einer Kapazität von 24 kWh 3,2 Tonnen CO₂ freizusetzen. Abgesehen davon verselbstständigten sich die irreführenden 17 Tonnen in einer emotional geführten Debatte um die Umweltverträglichkeit von E-Autos und lassen sie als ökologische Mogelpackung erscheinen. ©



Schnell weiter

Immer mehr Großstädte wollen auf Linienbusse mit batterieelektrischen Antrieben umstellen. Zu den Pionieren in Deutschland gehören die Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein. Ein Besuch vor Ort zeigt: Die Ladeinfrastruktur muss von Anfang an berücksichtigt werden.

Bergziege: In Blankenese erprobt die VHH seit 2014 batterieelektrische Busse.



Umbau: Eine neue Werkstatthalle ermöglicht Arbeiten auf dem Dach.

Erwin arbeitet regelmäßig bis spät in die Nacht. Am nächsten Morgen beginnt seine Schicht trotzdem oft vor Sonnenaufgang, nur gelegentlich darf er mittags etwas ruhen. Arbeitsschutzgesetze verletzen die anstrengenden Schichten nicht, denn Erwin ist ein zwölf Meter langer Linienbus, der im Februar seine neue Stelle bei den Verkehrsbetrieben Hamburg-Holstein (VHH) angetreten hat. Schon vor vier Jahren hatte VHH-Geschäftsführer Toralf Müller angekündigt, ab dem Jahr 2020 nur noch emissionsfreie Busse anzuschaffen. Nun ist es so weit, die ersten 16 Elektrobusse stehen auf dem Betriebshof in Bergedorf, weit im Osten der Hansestadt. Sie alle tragen Namen, die mit „E“ beginnen, ausgesucht in einem Wettbewerb unter den Mitarbeitern.

Die Elektrobusse müssen sich von Anfang an im normalen Linienbetrieb bewähren. Der besteht aus sogenannten „Umläufen“, einer festgelegten täglichen Fahrstrecke vom Ausrücken bis zur Rückkehr ins Depot. Dabei kann der Bus auch auf verschiedenen Linien eingesetzt werden. Ein typischer Umlauf für einen Stadtlinienbus umfasst eine Fahrstrecke von rund 200 Kilometern. So lange muss der Akku eines E-Busses halten, falls er nicht zwischendurch Strom tanken kann. Für die Elektrobusse Sonderregeln einzuführen, etwa andere Umläufe, kommt für Müller nicht infrage: „Wir verlangen von den Elektrobussen die gleiche Flexibilität wie von Fahrzeugen mit Dieselmotor.“ Dem Laden auf freier Strecke, etwa an den Endhaltestellen, hat der Geschäftsführer von Anfang an eine Absage erteilt – das hätte den Einsatz der Elektrobusse von vornherein auf spezielle Linien beschränkt oder sehr viel Geld gekostet.

Spitzenlast reduzieren

Geladen wird also nur im Depot. Auch dort muss es relativ fix gehen, denn die

Batterieminuten eines einzelnen Busses, eingebaut im Heck und auf dem Dach, haben in Summe einen Energieinhalt von 243 Kilowattstunden. Die durch die maximale Stromstärke begrenzte Ladeleistung beträgt 150 Kilowatt. Zum Vergleich: Die Anschlussleistung eines normalen Reihenhauses beträgt nur 50 Kilowatt. Addiert man die rund 120 Busse, die künftig im Bergedorfer Betriebshof jede Nacht ans Stromnetz müssen, kommt eine Spitzenleistung von 18 Megawatt heraus – das entspricht einem kleinen Stadtteil. Auch wenn der Betriebshof der VHH direkt neben einem Umspannwerk liegt, wäre es ein enormer Aufwand, die Spitzenleistung jederzeit bereitzustellen. Deshalb arbeitet Hendrik Wüst, verantwortlich für die Ladeinfrastruktur, mit seinem Team an einem intelligenten Lademanagement.

In der ersten Ausbaustufe lassen sich damit zunächst nur Ladeleistung sowie Beginn und Ende des Ladevorgangs vorab programmieren. Später können Wüst und seine Mitarbeiter dann auch Lastprofile festlegen und externe Daten – etwa zum aktuellen Angebot an Grünstrom – berücksichtigen. „Nicht jeder Bus fährt zum gleichen Zeitpunkt vom Hof, und je nach geplanteinsatz muss der Akku auch nicht immer vollständig geladen werden“, erläutert Wüst. „Unsere Berechnungen zeigen, dass wir mit einer intelligenten Ladestrategie die Spitzenlasten um rund 50 Prozent reduzieren können.“ Noch im Versuchsstadium befindet sich ein Batteriespeicher mit einer Kapazität von rund 500 Kilowattstunden, in dem sich Strom aus dem Netz puffern lässt. Damit kann Strom dann bezogen werden, wenn er besonders reichlich vorhanden und damit billig ist. Der Clou: Die Lithium-Ionen-Akkus im Speicher hatten ein Vorleben in Linienbussen von MAN.

Der Ladevorgang selbst ist so unspektakulär wie bei einem Elektro-Pkw. Der Fahrer nimmt nach Dienstende den genormten CCS-Stecker aus der Säule, steckt ihn in die Ladebuchse und verriegelt die Steckverbindung. Geladen wird mit Gleichstrom auf einer Spannungsebene von rund 750 Volt. Transformiert und gleichgerichtet wird er in zwei containergroßen Anlagen, die in der Endausbaustufe über eine in den Boden eingelassene Leitung jeweils 64 Ladepunkte versorgen. Ein wenig Platz braucht die gesamte Elektroinfrastruktur. Im Bergedorfer Industriegebiet ist das kein großes Thema, doch die VHH verfügt über ein rundes Dutzend weiterer Betriebshöfe im Großraum Hamburg, auf denen es teilweise deutlich enger zugeht. „Gesteuertes Laden“, so Wüst, „kann auch dazu dienen, den Flächenbedarf zu verringern.“ Eine weitere Maßnahme: Die VHH hat sich für Doppelladesäulen eines polnischen Herstellers entschieden, die die Leistung splitten können: Hängt nur ein Bus am Netz, stehen die vollen 150 Kilowatt zur Verfügung, sind es zwei, teilen sie sich die angebotene Leistung.

Aufs Dach steigen

Elektrobusse sind grundsätzlich weniger wartungsanfällig als Dieselmotoren. Weder Motoröl noch Kraftstofffilter müssen getauscht werden, und da die E-Maschine den größten Teil der Bremsvorgänge absolviert, verschleißt auch die Bremsen seltener. Trotzdem hat die VHH in eine moderne Wartungshalle investiert. Mike Ehmke, für die Technik der E-Busse zuständig, erläutert, warum dies notwendig war: „Bei den Elektrobussen befindet sich ein Großteil des Energieversorgungssystems auf dem Dach. Wir wollten deshalb Arbeitsplätze schaffen, bei denen das Wartungspersonal gefahrlos Zugang aufs Dach hat.“ Deshalb ist auf Dachhöhe in der Halle eine zweite Arbeitsebene einge-

zogen worden. Die einzelnen Segmente lassen sich so nah an die Dachkante des Busses heranfahren, dass auf keiner der vier Seiten eine Spalte bleibt.

Auch wenn die VHH seit Jahren versuchsweise Elektro- und Hybridbusse auf einzelnen Linien eingesetzt hat, muss sich vieles jetzt erst bewähren. Wie hoch ist die Verfügbarkeit wirklich? Wie hoch der Energiebedarf in der Praxis, der im Vorfeld gemeinsam mit der Helmut-Schmidt-Universität für jede Linie genau berechnet wurde? Wie schnell entwickelt sich die Batterietechnik weiter? VHH möchte die gesamte Flotte bis Ende des Jahrzehnts umgestellt haben. „Mit heutiger Batterietechnik können wir rund 50 Prozent der Umläufe abdecken“, sagt Toralf Müller. Und der Rest? Da gilt, was der Geschäftsführer als bisher wichtigstes Lernergebnis der Umstellung propagiert: „Wir müssen Veränderungen aktiv angehen und dürfen keinen Stein auf dem anderen lassen.“ ©



Wir müssen Veränderungen aktiv angehen und dürfen keinen Stein auf dem anderen lassen.“

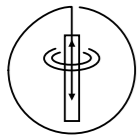
Toralf Müller,
Geschäftsführer VHH

Februar 2020

Integrierter Vorteil



80 %
weniger Gewicht



35 %
weniger Reibung

Weniger Gewicht und weniger Reibung: Das sind die Vorteile des in eine Dichtung integrierten Kunststoff-Gleitlagers von Freudenberg Sealing Technologies. Die Einheit wurde im Sensorgehäuse einer elektromechanischen Pkw-Lenkung erfolgreich getestet. Um sie so leicht, so langlebig, aber auch so kostensparend wie möglich zu konzipieren, waren Dichtung und Lager exakt abzustimmen. Die erhöhte Steifigkeit des integrierten Kunststofflagers verbesserte zugleich den Lenkkomfort. Die reduzierte Reibung der Dichtung vereinfachte das Lenken. Die Einheit ist jederzeit als kundenspezifische Serienentwicklung realisierbar. ©

Oktober 2019

Profitierende Stoßdämpfer

Eine von Freudenberg Sealing Technologies entwickelte Dichtung für Einrohrstoßdämpfer ist bei einem namhaften Automobilhersteller in Serie gegangen. Die Innovation basiert auf einem neuen Konstruktionskonzept. Ihr keilförmiger Aufbau im Inneren des Stoßdämpfers fällt deutlich einfacher aus als bei konventionellen Dichtungen. Das hilft Bauteile einzusparen und erleichtert die Montage. Darüber hinaus nimmt die entstehende Reibung im Stoßdämpfer genauso ab wie der Verschleiß. In Kundentests reagierte der Stoßdämpfer auf Stöße zudem sehr feinfühlig, wovon das Fahrzeughandling profitiert. ©



Januar 2020

Belastbare Langzeitprognosen

Um langlebige statische Dichtungen für Großanlagen wie Windkraftanlagen herzustellen, werden umfangreiche Berechnungen angestellt. Etwa die Arrhenius-Gleichung, um die temperaturabhängige Alterung vorherzusagen. Dabei fielen bisher aber die Bauteile oft größer aus als notwendig. Freudenberg Sealing Technologies hat nun eine ausgefeilte und in der Praxis erfolgreich getestete Methode entwickelt, die berücksichtigt, wie sich Werkstoffe auf molekularer Ebene verändern. Das Resultat: eine höhere Prognosezuverlässigkeit bei weniger Materialeinsatz. ©



Mehr News online unter:
<https://bit.ly/2mn0B3C>

März 2020

Atmende Batterie



Entlüftung im Normalbetrieb, Entgasung im Notfall, das sind zwei wesentliche Anforderungen, die ein Batteriesystem in Elektroautos erfüllen muss. Freudenberg Sealing Technologies hat beide Funktionen in seinem Bauteil DIAvent zusammengefasst. Dabei kommen zwei Vliesstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften zum Einsatz. Ein wasserabweisender Vliesstoff auf der Außenseite ermöglicht einen Luftaustausch und ist bis zu einem gewissen Maße wasserdicht. Steigt der Wasserdruck darüber hinaus, sorgt der Quelleffekt der zweiten Vlieslage dafür, dass kein Wasser ins Gehäuse gelangt. Im Notfall ermöglicht ein Schirmventil, das den Vliesstoff ringförmig umschließt, die Entgasung. Danach schließt es wieder, was den sicheren Ausbau einer beschädigten Batterie erlaubt. Ausführliche Testreihen wiesen nach, dass DIAvent alle für den Druckausgleich, die Abdichtung gegen Spritzwasser und die Notfallentgasung erforderlichen Parameter durchweg erfüllt. Seit Kurzem wird DIAvent in zwei Fahrzeugen (ABT e-Caddy und ABT e-Transporter) von ABT e-line, dem Premiumpartner von Volkswagen Nutzfahrzeuge, verbaut. Bei der Entwicklung arbeitete ABT eng mit Freudenberg Sealing Technologies zusammen. Die Entwicklungszeit umfasste lediglich ein Jahr, dann ging DIAvent bereits in die Serienproduktion. ©

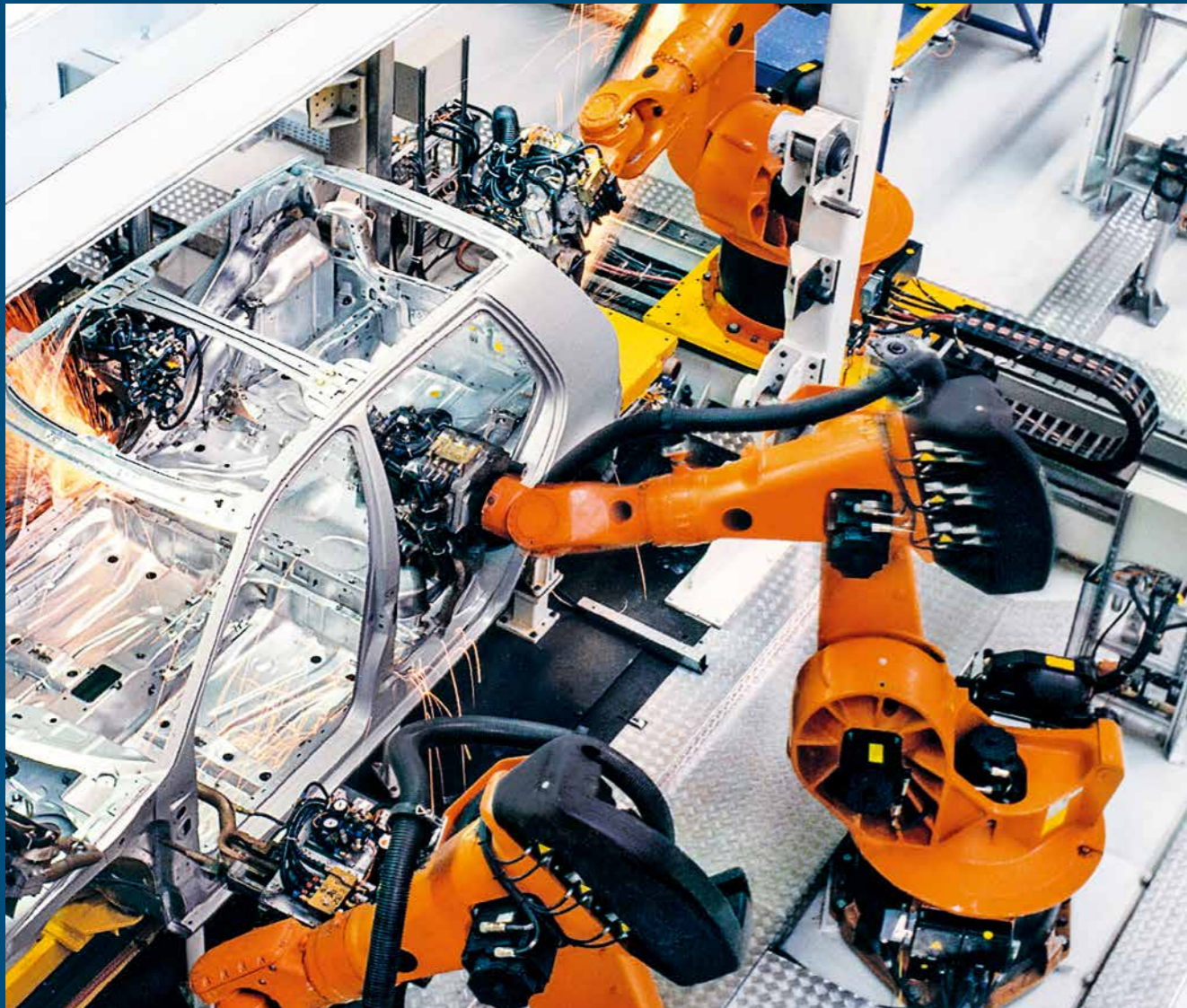
November 2019

Emissionsfreie Mobilität

XALT Energy, ein US-Unternehmen von Freudenberg Sealing Technologies, ist auf die Produktion hochwertiger und robuster Lithium-Ionen-Batterien für Stadtbusse und Nutzfahrzeuge spezialisiert. Nun liefert XALT Energy auch die Antriebe für die ersten vollelektrischen Fernbusse, die private und öffentliche Transportgesellschaften in den USA testen. Hierbei kooperiert das Unternehmen mit dem Bushersteller Motor Coach Industries (MCI). MCI-Präsident Ian Smart zeigte sich überzeugt, schon

heute gemeinsam mit XALT Energy einen batteriebetriebenen Elektrobus zu liefern, der die gleiche oder eine bessere Leistung erbringt als deren aktuelle Dieselmotoren. Im Oktober 2019 erwies sich die Lösung von XALT Energy bei einer Jungfernfahrt von San Francisco nach Sacramento als ideal für den Einsatz im Fernverkehr. Daneben hat FlixBus, Europas größter Anbieter von Fernbusreisen, angekündigt, den Antrieb in seinem Fernbusnetz zu testen, mit dem das Unternehmen in den USA gestartet ist. ©





Vor und zurück: Mit Gleichstrom-technik können Industrieroboter Energie zurückgewinnen.



Gleich richtig

Die Fabrik der Zukunft könnte komplett mit Gleichstrom betrieben werden. Die Grundlagen dafür legt ein großes Verbundforschungsvorhaben, das das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung in Stuttgart koordiniert.

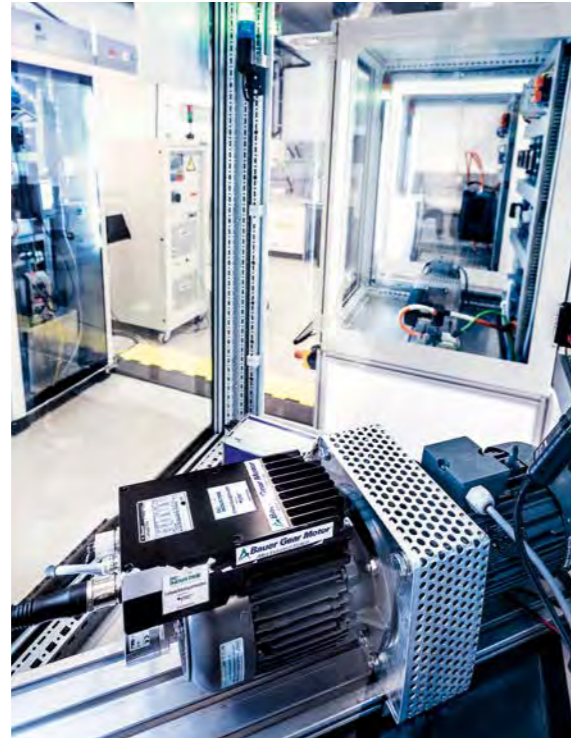
Das Labor ist nicht besonders groß. Ein halbes Dutzend Schaltschränke, durch deren verglaste Fronten dicke orangefarbene Kabel zu erkennen sind, signalisieren immerhin: Hier fließen hohe Ströme. Was für den Laien völlig unspektakulär aussieht, könnte allerdings dazu beitragen, die Geschichte der industriellen Stromversorgung neu zu schreiben. „Hier zum Beispiel simulieren wir einen Schweißroboter, der mit Gleichstrom betrieben wird“, erläutert Timm Kuhlmann, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Bislang basiert die Energieversorgung für Roboter – wie für alle anderen Industrieanlagen – auf Wechselstrom.

Dieser Standard ist gesetzt, seit sich Thomas Edison und George Westinghouse Ende des 19. Jahrhunderts einen erbitterten Kampf um den Aufbau des US-amerikanischen Stromnetzes lieferten. Westinghouse, der die Wechselspannung bevorzugte, setzte sich schließlich gegen den Gleichstrom-Befürworter Edison durch. Doch zumindest für die Stromversorgung innerhalb moderner Fabriken könnte sich Gleichstrom zukünftig als die bessere Alternative etablieren. Kuhlmann koordiniert das Projekt „DC-Industrie 2“, an dem sich mehr als 30 Industrieunternehmen und fünf Forschungsinstitute beteiligen. Die grundsätzliche Machbarkeit einer industriellen Gleichstromnutzung wurde bereits in einem Vorläuferprojekt nachgewiesen, nun

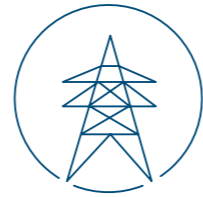
geht es darum, anhand der Planung für eine reale Produktionshalle die Umsetzung wissenschaftlich zu begleiten.

Frei von Schwankungen

Für den Wechsel zum Gleichstrom gibt es gute Gründe. Der erste und vielleicht wichtigste liegt in der Umstellung des gesamten Stromsystems auf klimaneutrale Technologien. Solar- und Windkraftanlagen erzeugen Strom – anders als konventionelle Kraftwerke – nicht kontinuierlich. Entsprechen sich Angebot und Nachfrage nicht hundertprozentig, schwankt die Frequenz und damit die Spannung in den Stromnetzen – meist unmerklich, aber doch so, dass dies empfindliche Produktionsprozesse beeinträchtigen kann. „Mit einem lokalen Gleichstromnetz lässt sich eine Fabrik sehr effizient und einfach von diesen Schwankungen komplett entkoppeln“, sagt Alexander Sauer, der seit Jahresanfang einer von zwei Institutsleitern des Fraunhofer IPA ist. Hinzu kommt, dass immer mehr Unternehmen einen Teil ihres Strombedarfs selbst decken, beispielsweise durch Solaranlagen auf dem Dach. Die Halbleiter in den Solarmodulen erzeugen jedoch stets Gleichstrom. Bislang galt es, diesen Strom durch Wechselrichter wieder in Wechselstrom zu wandeln, um ihn innerhalb der Fabrik nutzbar zu machen. „Man kann so eine Menge Wechselrichter und damit auch Kosten sparen“, so Sauer.



Unscheinbar:
Ob es sich um AC-
oder DC-Motoren
handelt, erkennen
nur Experten.



1882

Das erste Stromnetz der Welt in Manhattan arbeitete mit Gleichstrom.

Die einst deutlich höheren Kosten für Komponenten, um Gleichströme zu schalten oder abzusichern, seien durch moderne Leistungselektronik deutlich gesunken. Weiteres Potenzial läge darin, industriespezifische Komponenten zu entwickeln. Bislang nämlich behelfen sich die Wissenschaftler hauptsächlich mit Bauteilen aus der Bahntechnik. Die Schlüsselkomponente für das lokale Gleichstromnetz in der Fabrik ist das „Active Frontend“, mit dem am Anschlusspunkt der Wechselstrom aus dem Netz für die gesamte Fabrik – oder zumindest eine Werkhalle – gleichgerichtet und transformiert wird. Das dahinter liegende Gleichstromnetz arbeitet mit einer Spannung von rund 650 Volt. Industrielle Standards gibt es für die neue Stromwelt noch nicht, aber die innerhalb des Projekts „DC-Industrie 2“ erarbeiteten Grundlagen sollen auch dazu beitragen, wesentliche Anforderungen in der dafür zuständigen Deutschen Kommission Elektrotechnik (DKE) zu definieren.

Aus der geringeren Anzahl an Umrichtvorgängen resultiert auch eine höhere Energieeffizienz im laufenden Betrieb. Zwar arbeiten moderne Wechselrichter mit sehr hohen Wirkungsgraden, aber bei mehrfachem Hin und Her gehen doch einige Prozentpunkte verloren. Der Effizienzgewinn bei einem typischen Industrieroboter beträgt rund zehn Prozent, weil sich die

für das Abbremsen benötigte Energie ohne Verluste in benachbarten Anlagen verwenden lässt. An einer Werkzeugmaschine, die in der Holzbearbeitung zum Einsatz kam, ließ sich eine um sechs Prozent höhere Energieeffizienz nachweisen. Wird eine Industrieanlage in ein lokales Smart Grid integriert, hat der Einsatz von Gleichstrom einen weiteren Vorteil. Während bei Wechselstrom zusätzliche Spannungssensoren erforderlich sind, deren Signale innerhalb von Millisekunden über ein Glasfaser- oder 5G-Netz transportiert werden, kann der Gleichstrom direkt als Steuersignal für die Maschinen dienen. „Man spart sowohl die Sensorik als auch die komplette Echtzeit-Kommunikationsinfrastruktur“, erläutert Sauer.

Edison schlägt zurück

Das erste Stromnetz der Welt, errichtet von Thomas Edison im Jahr 1882 in Manhattan, arbeitete mit Gleichstrom. Rund 150 Jahre später könnte die Technik zurückkehren. „Vielleicht stellen wir in 20 oder 30 Jahren unsere gesamte Stromversorgung um“, sagt Sauer. „Denn prinzipiell lassen sich die Vorteile, die wir anhand der Fabrik nachweisen, auch auf Gebäude übertragen.“ Zumal immer mehr Endgeräte, von der LED-Leuchte bis zum Laptop, ohnehin mit Gleichstrom gefüttert werden wollen. ©

Ausgezeichnete Kommunikation

Mit der gleichen Leidenschaft, mit der wir unsere Hochleistungsprodukte entwickeln, bereiten wir aktuelle, kurzweilige und überraschende Themen für Sie auf. Mit einigem Erfolg, wie diese Auszeichnungen für unser Unternehmensmagazin ESSENTIAL belegen:



**PR Daily's 2019
Content Marketing Award – Winner**
Kategorie Print Publication



Fox Awards Visuals 2018 – Silber
Kategorie Industrie, Technik,
Produktion / Externe Kommunikation



Mercury Awards 2018 / 2019 – Gold
Kategorie Customer Publications
B2B Customer Magazine



Videographer Awards 2019 – Gold
Trailer „Digitalisierung“ in der Kategorie
Video Production / Video (Other)



Galaxy Awards 2019 – Gold
Kategorie Corporate Magazines



**Internationaler Deutscher
PR-Preis 2019 – Shortlist**
Kategorie Maßnahmen & Instrumente –
Corporate Media (Print und online)

Videographer Awards 2019 – Gold
Trailer „Durst“ in der Kategorie
Video Production / Video (Other)



BCM Awards 2019 – Silber
Kategorie Magazine B2B Handel/
Transport / Logistik



ICMA 2018 – Gold
Kategorie Customer Magazine
B2B Print



Fox Awards 2019 – Gold
Kategorie Industrie, Technik,
Produktion / Externe Kommunikation



Communicator Awards 2019 – Silber
Kategorie Marketing / Promotion –
Magazine-Corporate



Astrid Awards 2018 – Silber
Kategorie Magazin Cover

Fox Awards Visuals 2019 – Gold
Kategorie Industrie, Technik,
Produktion / Externe Kommunikation

Communicator Awards 2018 – Silber
Kategorie Design for Corporate
Communications

Fox Awards 2018 – Gold
Kategorie Industrie, Technik,
Produktion / Externe Kommunikation

Communicator Awards 2018 – Silber
Kategorie Publicity – Publicity for
Corporate Communications



MarCom Awards 2018 – Gold
Kategorie Print Media /
Publications / Other: Customer

Feedback und Kontakt

Aktuell und umfassend informiert

Sie wollen mehr über Freudenberg Sealing Technologies, unsere Produkte, Lösungen und Services erfahren? Dann schauen Sie auf www.fst.com vorbei und entdecken Sie unser umfangreiches Portfolio. Auf unserer Internetseite können Sie sich sämtliche Ausgaben unseres Unternehmensmagazins als PDF herunterladen oder das Magazin kostenlos abonnieren.

Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen!

Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG

Isolde Grabenauer

+49 6201 80-7467
isolde.grabenauer@fst.com

Wenn Sie der Zusendung von ESSENTIAL gemäß dem Widerspruchsrecht des Bundesdatenschutzgesetzes § 28 IV Satz 1 BDSG widersprechen möchten, senden Sie einfach eine E-Mail unter Angabe Ihrer Adresse an: essential@fst.com

Ulrike Reich

+49 6201 80-5713
ulrike.reich@fst.com

IMPRESSUM

Herausgeber

Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG
Corporate Communications
Höhnerweg 2–4, 69469 Weinheim

Redaktion

Profilwerkstatt GmbH;
Johannes Winterhagen

Copyright

Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, 2020 – Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung dieser Unterlage sowie Verwertung ihres Inhalts unzulässig, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Technische Änderungen vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten allgemeine Beschreibungen der technischen Möglichkeiten, welche im Einzelfall nicht immer vorliegen müssen.

Verantwortlich für den Inhalt

Ulrike Reich (V. i. S. d. P.)

Gestaltung & Konzeption

Profilwerkstatt GmbH

Druck

ABT Print und Medien GmbH
Bruchsaler Straße 5
69469 Weinheim

Chefredaktion

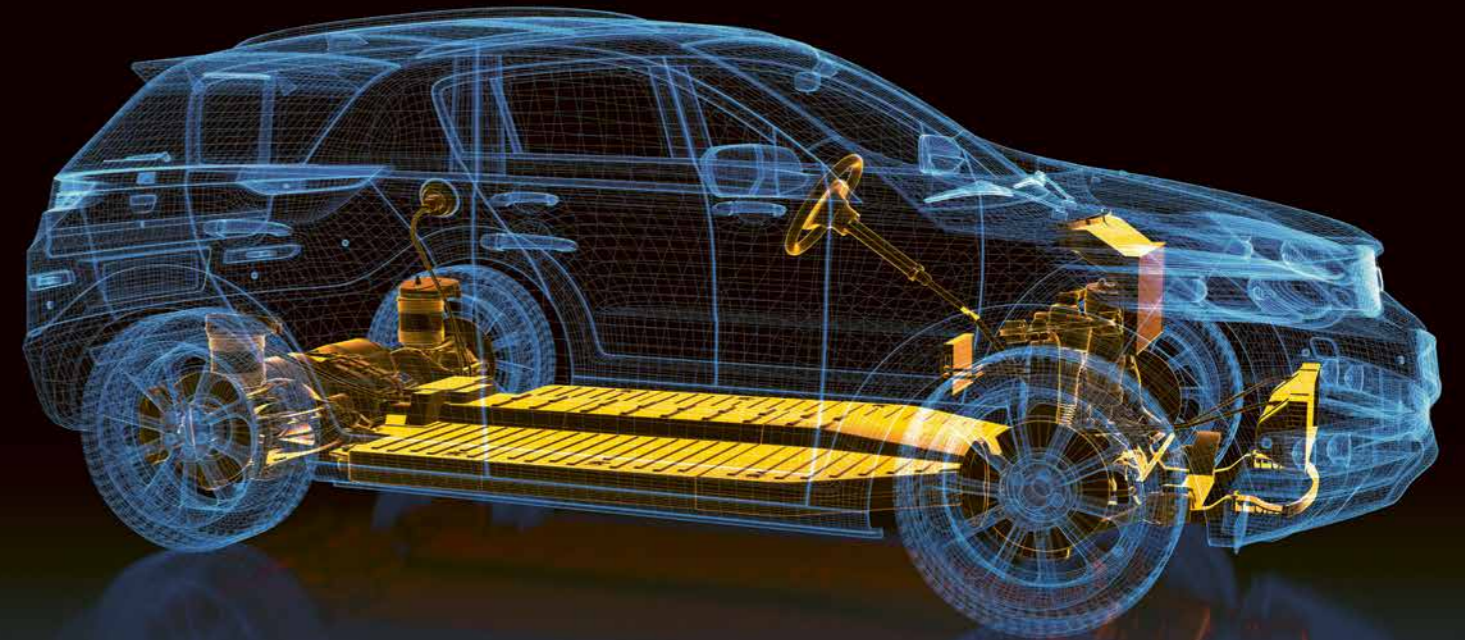
Isolde Grabenauer

BILDNACHWEIS / COPYRIGHT

Cover	mondlicht-studios.de/TurboSquid: be fast/Cgtrader: dreamer 4 - Salim/ TurboSquid: 3dshtorm	S. 29	Istockphoto: Jakub Rupa	S. 61	Istockphoto: Nerthuz
S. 8–9	ESA	S. 30–31	Illustration: Nadine Hippe	S. 62–63	Shutterstock: Carolyn Franks/ Ovchinnikov Vladimir/Phonlamai Photo/ vipman/Cico/leonello/CalyptoArt/ Arthito/Adobe Stock: Nico Jende
S. 10–11	Istockphoto: JunotPhotography	S. 32–35	NASA		Illustration: Nadine Hippe
S. 12–13	Alamy	S. 36–41	FST/Fritz Kopetzky	S. 64–66	The Mobility House
S. 14–19	Salesforce, Shutterstock: Dmitry Kalinovsky/Anusorn Nakdee/phive sirtravelalot/Vladimir Kramin/Chesky/ Richard Peterson/khunkorn/Kindlena Illustration: Nadine Hippe	S. 42–43	Istockphoto: ansonmiao/lukbar/ Moha El-Jaw/MonaMakela BlackJack3D/BanksPhotos	S. 67	Istockphoto: SVproduction
S. 20–23	Istockphoto: magann/pseudodaemon	S. 44–45	Picture Alliance/Reuters	S. 68–71	VHH
S. 24–28	Nikola Corporation	S. 49	Toyota, Picture Alliance/Kyodo	S. 72–73	Istockphoto: monap/FST
		S. 50–53	FST: Wong, Hansson	S. 74	Istockphoto: RicAguiar
		S. 54–55	Illustration: Nadine Hippe	S. 76	Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez
		S. 56–60	Alamy		
			Profilwerkstatt/Christian Heyse		

IN CHARGE

DIE MOBILITÄT DER ZUKUNFT GESTALTEN



Wie gelangen wir in Zukunft von A nach B? Als weltweit führendes Technologie- und Innovationsunternehmen in der Dichtungstechnik schaffen wir Lösungen für eine umweltfreundliche, nachhaltige Mobilität. Die Zukunft steht unter Strom. In enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden entwickeln wir für nahezu alle Komponenten eines Elektrofahrzeugs maßgeschneiderte Produkte und Systeme – ganz gleich, ob die Energie aus Batterien oder aus einer Brennstoffzelle bezogen wird. www.fst.com/de/fuel-cell



Produziert auf FSC®-zertifiziertem
Papier aus vorbildlicher Forstwirtschaft



Klimaneutral produziert

FREUDENBERG
SEALING TECHNOLOGIES

 **FREUDENBERG**
INNOVATING TOGETHER



FREUDENBERG
SEALING TECHNOLOGIES

 **FREUDENBERG**
INNOVATING TOGETHER