

Porsche Engineering Magazin



DIE NEUE ZEIT

Engineering auf dem Weg in die Zukunft



**Wir haben ihn entwickelt.
Sie erwecken ihn zum Leben.**

Der neue Taycan GTS. Soul, electrified.

Stromverbrauch kombiniert in kWh/100 km: 25,9 (NEFZ); 23,3–20,3 (WLTP); CO₂-Emissionen kombiniert in g/km: 0 (NEFZ); 0 (WLTP);
elektrische Reichweite in km: 439–504 (WLTP) · 539–625 (WLTP innerorts)



PORSCHE



Dr. Peter Schäfer
Geschäftsführer von Porsche Engineering

Liebe Leserinnen und Leser,

als Doktorand habe ich Ende der 1980er-Jahre eine neue Welt aus Mechatronik und Software kennengelernt. Die neuen Technologien und die Konzeption eines HiL-Prüfstands für meine Dissertation haben mich als jungen Maschinenbau-Ingenieur sehr bereichert. Die rasanten Entwicklungen in der Elektronik waren nicht nur für mich persönlich eine wichtige Erfahrung – sie führten auch zu einem großen Sprung für die gesamte Automobilindustrie.

Heute stehen wir wieder vor einem Sprung, der von Technologien wie Cloud, Künstlicher Intelligenz und Big Data vorangetrieben wird. Wir müssen darum neue Kompetenzen aufbauen und Prozesse transformieren. Die Titelstrecke dieser Magazinausgabe zeigt, wie wir zum Beispiel die Fahrwerkentwicklung an die Anforderungen der neuen Zeit anpassen. Auch für die Messdatenauswertung nutzen wir neueste IT-Technologien, um Prozesse zu beschleunigen.

Neben sprunghaften technologischen Entwicklungen prägt auch China das Engineering der Zukunft. Insbesondere bei digitalen Innovationen hat das Land ein eigenes Ökosystem aufgebaut. Entwicklungen für China können vor Ort ideal durchgeführt werden, denn nur dann sind die Ingenieure nahe genug am Markt und an den Kunden, um „chinaspezifische Funktionen“ zu entwickeln. Mit unserem Standort in Shanghai sind wir dafür sehr gut aufgestellt.

Ein weiterer Trend prägt unsere Arbeit: Nachhaltigkeit. Darum berichten wir in dieser Ausgabe darüber, wie sich das Nardò Technical Center in den Bereichen Nachhaltigkeit, Umweltschutz und gesellschaftliche Verantwortung engagiert.

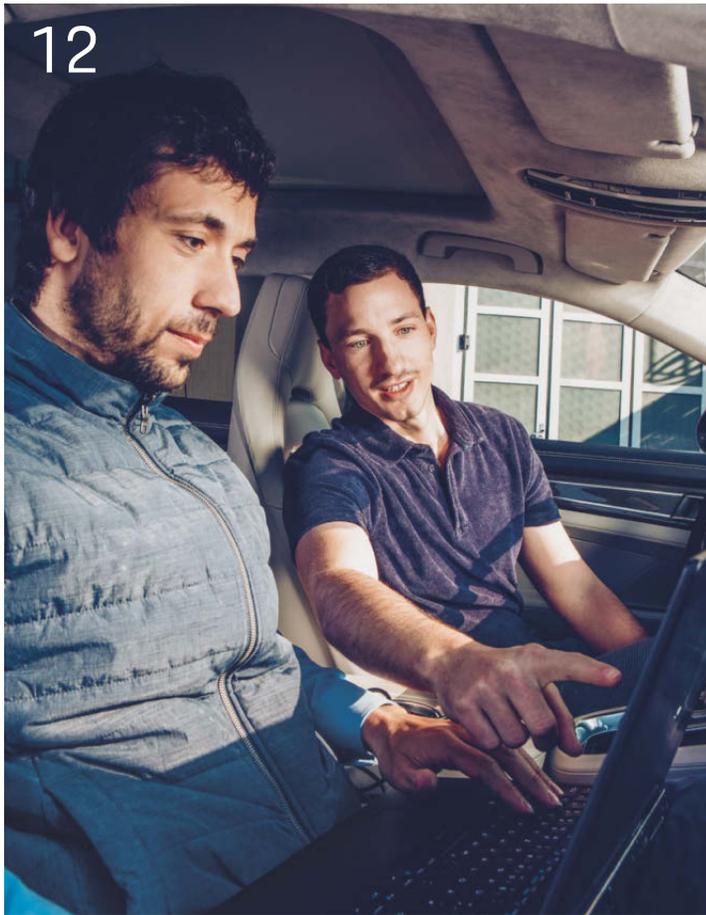
Neue Technologien, Klimawandel, branchenspezifische und geopolitische Veränderungen: Uns stehen in den nächsten Jahren große Veränderungen bevor. Als Technologiepartner für die Entwicklung der intelligenten und vernetzten Fahrzeuge der Zukunft sehen wir darin trotz aller Unwägbarkeiten vor allem große Chancen – wenn wir die Weichen richtig stellen, Kurs halten und bei Bedarf auch schnell umsteuern. Wir müssen eine kluge Vorgehensweise erarbeiten und operativ flexibel sein. Dann wird dieser Sprung wieder eine Bereicherung für uns alle sein.

Auch unser Magazin verändert sich: Wir haben nicht nur die Optik etwas überarbeitet, sondern bieten Ihnen noch mehr Informationen zu spannenden Technologiethematen und darüber hinaus – selbstverständlich nach wie vor mit dem gewohnten Tiefgang.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Ihr Peter Schäfer

—————> **ÜBER PORSCHE ENGINEERING:** Die Porsche Engineering Group GmbH ist internationaler Technologiepartner der Automobilindustrie. Die Tochtergesellschaft der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG entwickelt für ihre Kunden das intelligente und vernetzte Fahrzeug der Zukunft – inklusive Funktionen und Software. Etwa 1.500 Ingenieure und Software-Entwickler widmen sich neuesten Technologien, etwa in den Feldern hochautomatisierte Fahrfunktionen, E-Mobilität und Hochvoltssysteme, Konnektivität und Künstliche Intelligenz. Sie führen die Tradition des 1931 gegründeten Konstruktionsbüros von Ferdinand Porsche fort und entwickeln die digitalen Fahrzeugtechnologien von morgen. Dabei kombinieren sie tiefgreifende Fahrzeugexpertise mit Digital- und Software-Kompetenz.



Intelligente Technik: Fabian Pfitz (links) und Max Schäfer wollen einen automatischen Fahrdynamikregler für Dauerlaufuntersuchungen von Fahrwerken einsetzen.

Windschnittig: Fahrzeughersteller optimieren permanent die Aerodynamik ihrer Modelle. Die E-Mobilität hilft ihnen dabei.



INHALT 02/2022

PORSCHE
ENGINEERING
DIGITAL



TITEL: ENGINEERING AUF DEM WEG IN DIE ZUKUNFT

12

Digital zum perfekten Mix

Porsche Engineering etabliert neue automatisierte und digitale Methoden für die Fahrwerkentwicklung.

18

Out of the ComBox

Der Porsche Engineering Data Service vereinfacht die drahtlose Bereitstellung von Messdaten nach einer Erprobungsfahrt und ermöglicht ihre schnelle Auswertung.

24

Mit Wasserstoff über die Nordschleife

Porsche Engineering hat im Rahmen einer Studie einen Wasserstoffmotor mit Emissionen auf Umgebungsluftniveau simuliert.

28

Wind of Change

Fahrzeuge machen gerade einen Sprung beim c_w -Wert. Aktive Aerodynamik-Maßnahmen und neue Entwicklungsmethoden versprechen weitere Verbesserungen.

PERFORMANCE UND EXPERTISE

36

In China, für China

Der chinesische Automobilmarkt stellt besondere Anforderungen an die Technik der Fahrzeuge. Darum baut Porsche Engineering seine Präsenz vor Ort kontinuierlich aus: Rund 130 Mitarbeiter entwickeln, testen und validieren China-spezifische Funktionen für das intelligente und vernetzte Fahrzeug.

44

Im Einklang mit der Natur

Nachhaltigkeit hat für das Nardò Technical Center in Apulien viele Facetten. Entsprechend vielfältig ist die Palette der Maßnahmen – vom Klimaschutz über regionale Bildungsk Kooperationen bis hin zum ehrenamtlichen Engagement der Mitarbeiter.

Nachhaltigkeit im Fokus: Das Nord Technical Center übernimmt Verantwortung für Umwelt und Gesellschaft.



Besondere Herausforderung: Wegen landesspezifischer Rahmenbedingungen müssen viele Fahrzeugfunktionen vor Ort in China entwickelt werden.



TRENDS UND TECHNOLOGIEN

50

Überirdische Funkmasten

Satelliten könnten bei der Vernetzung von Fahrzeugen künftig eine wichtige Rolle spielen. Erste OEMs denken darum bereits über Kooperationen oder eigene Satellitenflotten nach.

54

Der große Sprung

Welche technischen Innovationen bringen menschlichen Fortschritt? Und wie gelingt es, radikal bessere Lösungen für die großen Herausforderungen unserer Zeit zu finden? Das ist Thema im Gastbeitrag von Rafael Laguna de la Vera und Thomas Ramge.

PORSCHE UND PRODUKT

56

Back to the Future

Mit dem neuen 911 Sport Classic lässt Porsche den Stil der 60er- und frühen 70er-Jahre wiederaufleben.

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 06 Meldungen
- 10 Auf den Punkt.
- 34 Noch Fragen?
- 62 Nach gedacht
- 64 Rückblick
- 65 Impressum

MITWIRKENDE



Dan Matutina ist Illustrator mit Sitz auf den Philippinen. Er hat schon für Apple, Google und Wired gearbeitet.



Constantin Gillies ist Wirtschafts- und Technikjournalist sowie erfolgreicher Romanautor aus Bonn.



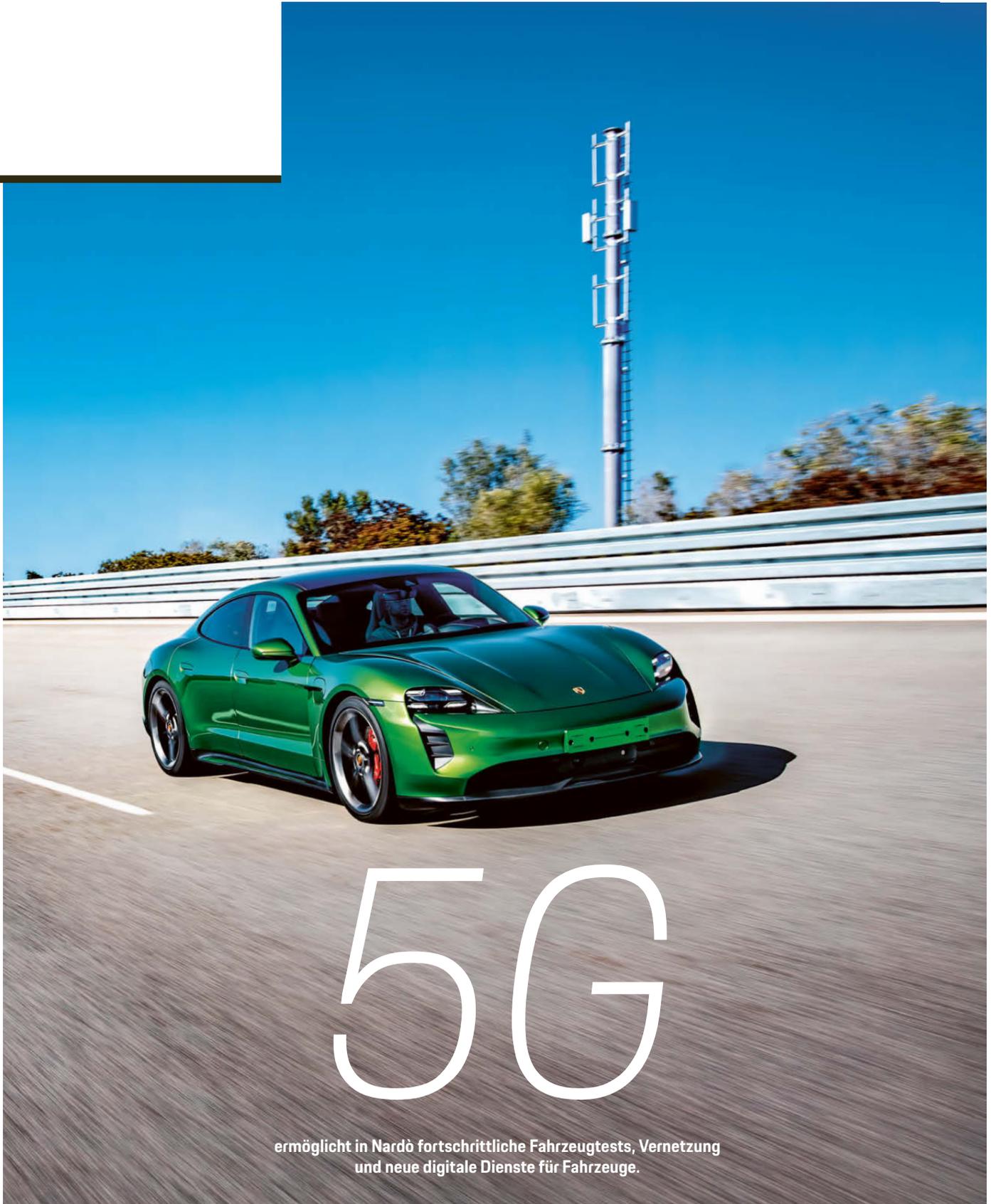
Mattia Balsamini ist Fotograf und stark an Technologie interessiert. Zu seinen Kunden gehören das MIT und die NASA.

MELDUNGEN 02/2022

Die Taycan Sport Limousinen

Verbrauchsangaben nach NEFZ:
Stromverbrauch kombiniert:
27,4–26,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

Verbrauchsangaben nach WLTP:
Stromverbrauch kombiniert:
24,7–20,2 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Stand 06/2022



5G

ermöglicht in Nardò fortschrittliche Fahrzeugtests, Vernetzung
und neue digitale Dienste für Fahrzeuge.

Jubiläum und Mobilfunk-Ausbau in Nardò

NTC: 10 JAHRE MIT PORSCHE UND START EINES EIGENEN 5G NETZ

Das Nardò Technical Center (NTC), im Besitz von Porsche und betrieben von Porsche Engineering, feiert den zehnten Jahrestag des Erwerbs durch den Sportwagenhersteller im Jahr 2012. Seitdem hat es sich von einem Erprobungsgelände mit spezifischen Strecken und Einrichtungen in ein integriertes Zentrum für Hochleistungstests, Validierung und die Entwicklung von intelligenten und vernetzten Fahrzeugen verwandelt. „Der Erwerb des Nardò Technical Center durch Porsche im Jahr 2012 war für den gesamten Porsche Konzern eine wichtige Bereicherung“, sagt Michael Steiner, Mitglied des Vorstandes Forschung und Entwicklung und Vorsitzender des Gesellschafterausschusses von Porsche Engineering. Seit 2012 wurde in Nardò in die Modernisierung und die technologische Weiterentwicklung der Infrastruktur investiert. Auf dem gesamten Testgelände wurden Hochleistungs-Ladestationen eingerichtet, um bessere Voraussetzungen für Elektrofahrzeuge zu schaffen. Zudem sind die Ingenieure in Nardò in das globale Innovations- und Entwicklungsnetzwerk der Porsche Engineering-Gruppe integriert, was einen nahtlosen Übergang zwischen Entwicklung, virtueller Simulation und realen Tests ermöglicht.

Die neueste Errungenschaft des NTC ist ein eigenes 5G-Mobilfunknetz. Die Installation von acht Antennen an der Außenseite des Hochgeschwindigkeitsrings garantieren 5G-Geschwindigkeit auf dem neuesten Stand der Technik sowie die sichere Übertragung von Daten zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und digitalen Geräten. Dadurch kann das NTC sein Dienstleistungsangebot in den Bereichen Vernetzung, Digitalisierung und Tests der nächsten Generation erweitern. „Die durch 5G ermöglichte Echtzeitfähigkeit ist eine wesentliche Voraussetzung für künftige Tests fortgeschrittener autonomer Fahrfunktionen“, sagt NTC-Geschäftsführer Antonio Gratis. In einigen Jahren soll die „Smart City Emulation“ Teil des Servicepakets sein. Dahinter verbirgt sich eine Stadt mit beweglichen Häusern und Verkehrsschildern, in der urbane Szenarien für den Test fortschrittlicher Fahrerassistenzsysteme aufgebaut werden können.



Das NTC in Zahlen

Die Zahl der Mitarbeiter stieg um mehr als

50

Prozent in den vergangenen zehn Jahren. Heute sind es über 160.

Das NTC hat eine Fläche von über

700

Hektar.

Mehr als

20

Teststrecken gibt es auf dem Gelände.



Komplett vernetzt:

Es wurden neue Strecken und eine zusätzliche Infrastruktur eingerichtet, um das intelligente und vernetzte Fahrzeug zu erproben.

Neuigkeiten aus China

FÜHRUNGSWECHSEL BEI PORSCHE ENGINEERING CHINA



Uwe Pichler-Necek wird zum 1. Juli die Position des Geschäftsführers von Porsche Engineering China übernehmen. Er folgt auf Kurt Schwaiger, der die chinesischen Aktivitäten des Unternehmens seit 2015 verantwortet hat. „Mit seiner breiten Führungserfahrung vor Ort in neuen und klassischen Fahrzeugtechnologien bringt Uwe Pichler-Necek die idealen Voraussetzungen für diese anspruchsvolle Aufgabe mit“, sagt Peter Schäfer, Geschäftsführer von Porsche Engineering und Vorsitzender des Beirats der chinesischen Tochtergesellschaft. Pichler-Necek verantwortete zuletzt die Entwicklungsaktivitäten von FEV China als Executive Vice President Engineering. Kurt Schwaiger kehrt nach mehr als sechs Jahren als Geschäftsführer von Porsche Engineering in China nach Deutschland zurück und geht in den Ruhestand. „Er hat den Standort in Shanghai erfolgreich aufgebaut, technologisch erweitert und entschieden ausgebaut“, so Schäfer. „Heute haben wir eine erstklassige Entwicklungsmannschaft vor Ort, die den komplexen chinesischen Markt im Detail kennt und China-spezifische Lösungen für Porsche und weitere OEMs entwickelt.“

Wechsel im Management:

Uwe Pichler-Necek (großes Bild) wird zum 1. Juli Geschäftsführer von Porsche Engineering China. Er löst Kurt Schwaiger ab, der in den Ruhestand geht.



„Porsche verkörpert wie kaum ein anderes Unternehmen, dass Träume dann erreichbar sind, wenn man konsequent und akribisch genug daran arbeitet.“

Sebastian Steudtner
Big Wave Surfer

Die Taycan Sport Limousinen

Verbrauchsangaben nach NEFZ:
Stromverbrauch kombiniert: 27,4–26,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

Verbrauchsangaben nach WLTP:
Stromverbrauch kombiniert: 24,7–20,2 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Stand 06/2022

Big-Wave-Surfen

DEN SURFSPORT AUF EIN NEUES LEVEL HEBEN

Der amtierende Big-Wave-Surf-Weltmeister Sebastian Steudtner und Porsche gehen eine langfristige Partnerschaft ein. Um den Surfsport auf ein neues Level zu heben, arbeitet Steudtner unter anderem mit Porsche Engineering zusammen. Gemeinsam mit wissenschaftlichen Instituten wollen die Partner das Wissen aus dem Automotive Engineering auf die Entwicklung leistungsfähigerer Surfboards übertragen. Auf Basis neuester Simulationsmethoden und Windkanal-Validierungen sollen beispielsweise das Verhalten des Surfboards im Wasser sowie die Aerodynamik von Board und Surfer weiter optimiert werden. „Unsere Erfahrungen in der Strömungs- und Strukturoptimierung bringen wir mit der praktischen Expertise des weltweit bekannten Surfers Sebastian Steudtner zusammen – um ein optimiertes Board für das Surfen besonders hoher Wellen zu entwickeln“, sagt Marcus Schmelz, Projektleiter bei Porsche Engineering. Steudtner ergänzt: „Ich bin stolz und freue mich sehr, Porsche als langfristigen Partner gewonnen zu haben. Neben der technologischen Kompetenz und dem im Unternehmen etablierten Innovationsgeist fasziniert mich vor allem eines: Porsche verkörpert wie kaum ein anderes Unternehmen, dass Träume dann erreichbar sind, wenn man konsequent und akribisch genug daran arbeitet.“

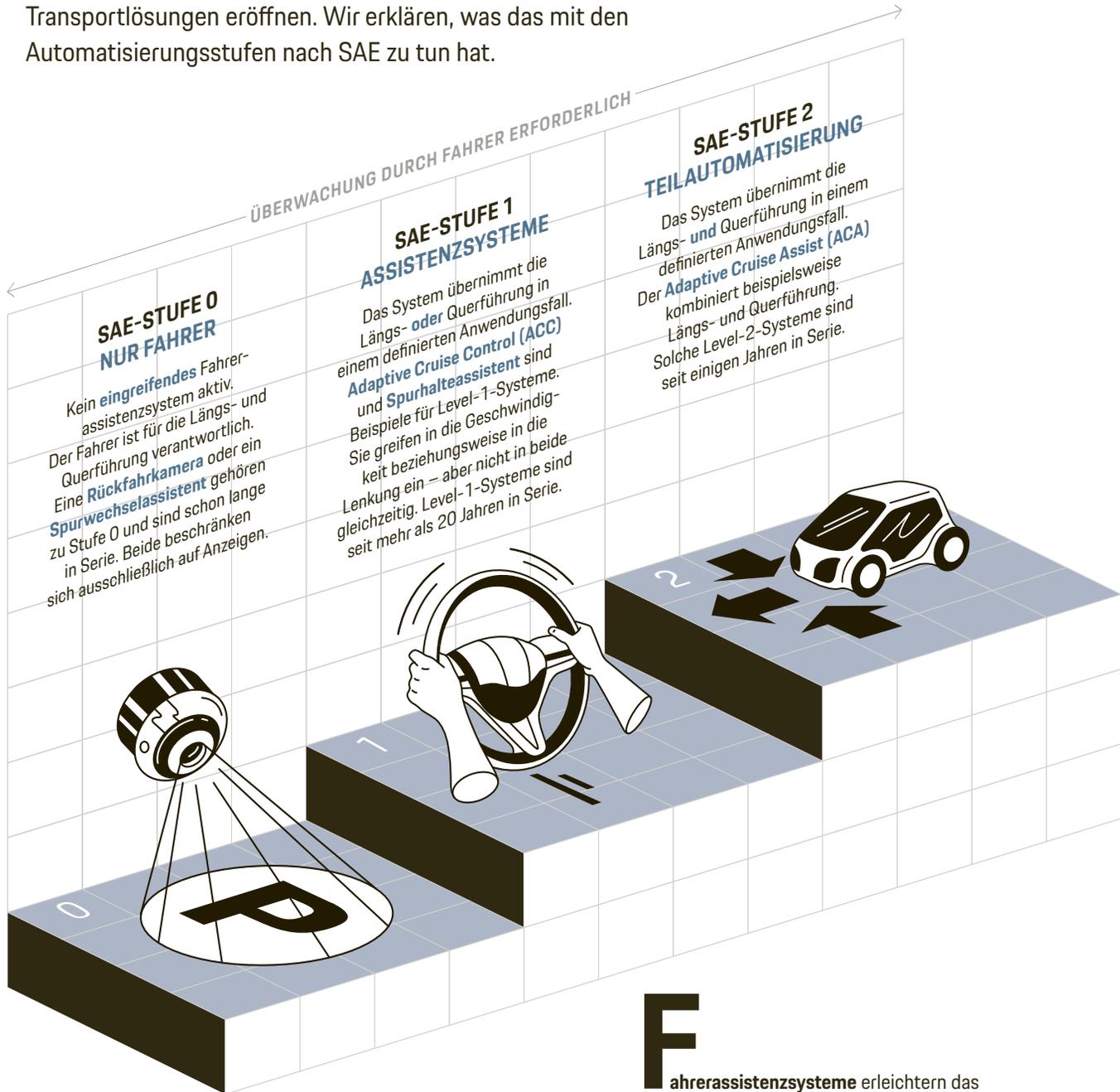
Porsche Engineering blickt auf eine langjährige Erfahrung in der Entwicklung hochleistungsfähiger Sportgeräte zurück. So entwickelte das Unternehmen bereits einen Wettbewerbsschlitten für den Rennrodler Georg Hackl, bei dem er während der Fahrt die Dämpfung verändern und so eine höhere Kurvengeschwindigkeit erzielen konnte. Das Ergebnis war eine Silbermedaille bei den Olympischen Winterspielen in Salt Lake City (USA) im Jahr 2002.



Neue Technologien treiben die Entwicklung der Automobilindustrie voran. In dieser Rubrik erklären wir „auf den Punkt“, was derzeit besonders aktuell ist.

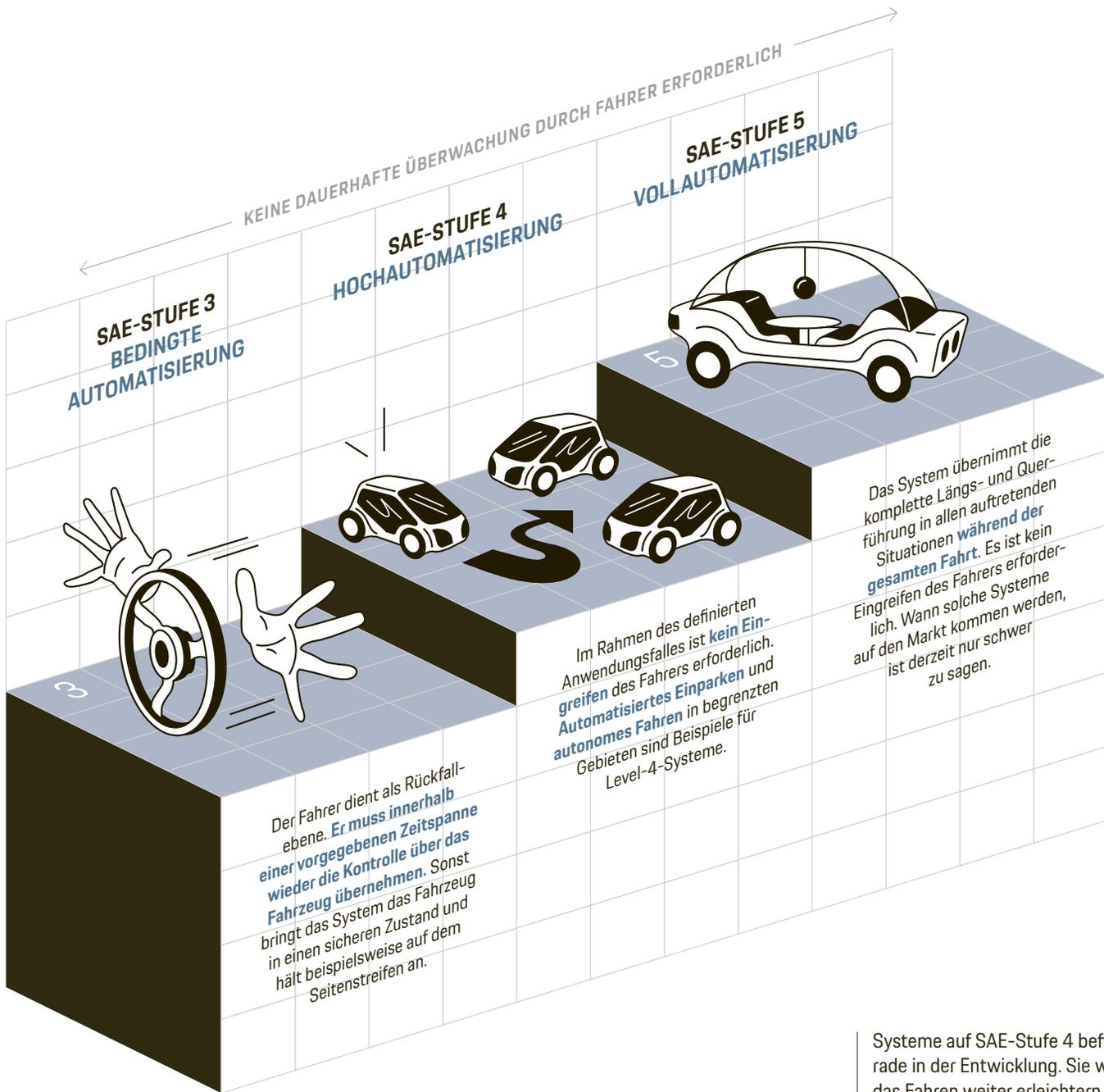
Fahrerlos ans Ziel

Die Weiterentwicklung von Fahrerassistenzsystemen macht große Fortschritte – und wird bald neue Märkte für autonome Transportlösungen eröffnen. Wir erklären, was das mit den Automatisierungsstufen nach SAE zu tun hat.



Fahrerassistenzsysteme erleichtern das Reisen und haben sich in den vergangenen Jahren schnell weiterentwickelt. Tempomat und Spurhalteassistent gehören zu den bekanntesten Beispielen. In wenigen Jahren dürften neue Systeme wie beispielsweise das automatische Einparken in Parkhäusern hinzukommen.

Text: Christian Buck
Illustration: Benedikt Rugar



Die Technikorganisation SAE hat verschiedene Stufen („SAE-Level“) definiert, um Fahrerassistenzsysteme nach ihrer Leistungsfähigkeit zu klassifizieren. SAE-Stufe 0 beschreibt ein Auto, in dem der Fahrer für alles verantwortlich ist und allenfalls von anzeigenden Funktionen unterstützt wird. Erste Eingriffe in die Längs- oder Querrführung durch die Technik erfolgen auf SAE-Stufe 1. Systeme auf SAE-Stufe 2 können sowohl in die Längs- als auch in die Querrführung eingreifen.

Der Sprung von SAE-Stufe 2 auf SAE-Stufe 3 markiert einen wichtigen Übergang: Während der Fahrer auf den Stufen 0, 1 und 2 die Systeme jederzeit überwachen muss,

ist das auf den Stufen 3, 4 und 5 nicht mehr erforderlich. Sie sind in der Lage, das Fahrzeug von Stufe zu Stufe in immer größerem Umfang ohne menschlichen Eingriff ans Ziel zu bringen.

Im Zusammenhang mit Fahrerassistenzsystemen unterscheidet man auch zwischen „automatisiert“ und „autonom“. Bei automatisierten Fahrfunktionen aktiviert der Fahrer auf Wunsch das System und muss es nicht dauerhaft überwachen. Er wird somit entlastet und in bestimmten Fällen rechtzeitig zur Übernahme der Fahraufgabe aufgefordert. Das entspricht der SAE-Stufe 3. Beim autonomen, fahrerlosen Fahren muss kein Fahrer das System mehr überwachen. Fahren auf verschiedenen Strecken ist ohne Fahrereingriff möglich. Das entspricht den SAE-Stufen 4 und 5.

Systeme auf SAE-Stufe 4 befinden sich gerade in der Entwicklung. Sie werden nicht nur das Fahren weiter erleichtern, sondern auch neue Märkte eröffnen: Ab SAE-Stufe 4 lassen sich innovative Dienste wie Mobility as a Service (MaaS) und Transport as a Service (TaaS) fahrerlos umsetzen. Dabei werden Menschen beziehungsweise Güter von autonomen Fahrzeugen ans Ziel gebracht. Pakete ließen sich dann beispielsweise auf den letzten Metern von Robotern oder Drohnen bis zur Haustür oder ans Fenster liefern.

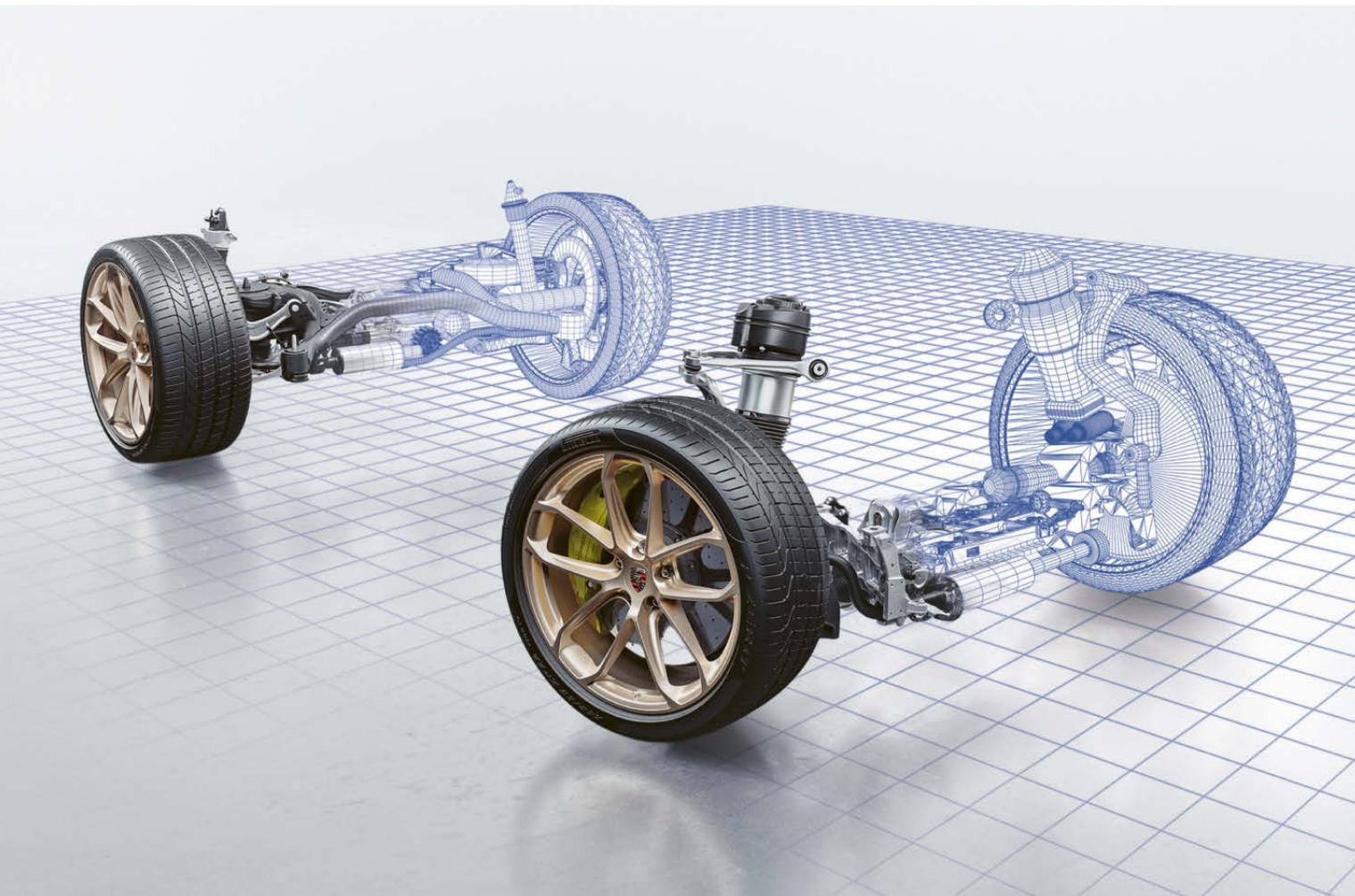
Das erfordert aber neue Apps und Backend-Lösungen in der Cloud. Denn Funktionen wie das Bestellen oder Bezahlen der Services müssen per Software abgewickelt werden, zudem muss man die Flotten aus intelligenten und vernetzten Level-4-Fahrzeugen koordinieren und zu ihren Kunden dirigieren. Porsche Engineering beschäftigt sich intensiv mit diesen Themen und will seinen Kunden in Zukunft die Entwicklung sowie die Absicherung solcher Systeme anbieten. ●



TITEL

FAHRWERK-
ABSICHERUNG
DER ZUKUNFT

Automatisierung: Fabian Pfitz (links) und Max Schäfer nutzen einen modellbasierten Fahrdynamikregler, der eine vorgegebene Trajektorie abfährt.



Virtualisierung: Die Fahrwerkentwicklung verschiebt sich immer mehr vom realen Versuch in den digitalen Datenraum.

DIGITAL ZUM PERFEKTEM MIX

Durch immer mehr elektronische Regelungsfunktionen, neue Fahrerassistenzsysteme und automatisierte Fahrfunktionen sowie die weiter fortschreitende Systemvernetzung nimmt der Applikations- und Absicherungsaufwand auch im Fahrwerk weiter zu. Um Entwicklungsprojekte mit hoher Effizienz umsetzen zu können, etabliert Porsche Engineering neue automatisierte und digitale Entwicklungsmethoden.

Text: Richard Backhaus
Fotos: Annette Cardinale



Teamarbeit: Tim Wright, Eva-Verena Ziegahn, Moritz Markofsky und Martin Reichenecker (von links) nutzen immer mehr fortschrittliche digitale Entwicklungsmethoden.

Komfortabel und ökonomisch oder agil und dynamisch? Bei der Auslegung heutiger Fahrwerkssysteme stellt sich diese Frage nicht, denn moderne Fahrzeuge sollen alle Anforderungen auf einmal erfüllen. Fahrwerkentwickler müssen daher denjenigen Abstimmungsmix finden, der dem Fahrzeug das gewünschte Fahrverhalten verleiht. Aufgrund der Fülle an Parametern und Stellgrößen absolvieren neue Fahrzeuge auf dem Weg zur Serienreife mitunter Millionen von Testkilometern.

Hinzu kommen die immer größere Anzahl an elektronischen Regelungsfunktionen, Fahrerassistenzsystemen und automatisierten Fahrfunktionen sowie die weiter fortschreitende elektronische Systemvernetzung im Fahrzeug. „Sie erhöhen den Entwicklungsaufwand zusätzlich, während gleichzeitig für die Applikation und Absicherung immer weniger Zeit zur Verfügung steht“, sagt Eva-Verena Ziegahn, Leiterin der Fachdisziplin Fahrwerk-Systeme bei Porsche Engineering. „Klassische Arbeitsmethoden umfassen zahlreiche Entwicklungs-



„Für die Applikation und Absicherung steht immer weniger Zeit zur Verfügung.“

Eva-Verena Ziegahn
Leiterin Fachdisziplin
Fahrwerk-Systeme
bei Porsche Engineering

schleifen – und stoßen zunehmend sowohl beim zeitlichen Aufwand als auch bei den Kosten an ihre Grenzen.“

AUTOMATISIERTE TESTFAHRTEN

Um die Integration neuer Fahrwerkfunktionen weiterhin mit hoher Effizienz umsetzen zu können, setzt Porsche Engineering auf fortschrittliche digitale Entwicklungsmethoden. Der erste Schritt ist die Automatisierung der Versuchsfahrten mit Prototypfahrzeugen auf der Teststrecke. „Bei Fahrversuchen mit großer physischer Belastung für die Testfahrer übernimmt dabei ein Fahrdynamikregler die Fahrzeugsteuerung“, erklärt Martin Reichenecker, Leiter der Fachdisziplin Fahrwerk-Versuch bei Porsche Engineering. „Dazu entwickeln wir im Rahmen eines Projekts eine modellbasierte Längs- und Querdynamikregelung für die automatisierten Testläufe.“

Zur Vorbereitung einer Versuchsreihe fährt ein Fahrer die Strecke zunächst ab, wobei Fahrzeugda-

ten wie die Geschwindigkeit und die Beschleunigung zusammen mit den GPS-Daten aufgezeichnet werden. Diese Referenztrajektorie gibt dem Fahrdynamikregler bei den folgenden Testfahrten dann den Pfad vor. „Dabei blickt das System etwa eine Sekunde in die Zukunft und prognostiziert anhand der aktuellen Position, Geschwindigkeit und Ausrichtung des Fahrzeugs, wie Lenkung sowie Brems- und Gaspedal eingestellt werden müssen, um weiterhin auf der vorgegebenen Trajektorie zu bleiben“, erklärt Fabian Pfitz, Entwicklungsingenieur Fahrwerk-Systeme bei Porsche Engineering. Das ist der entscheidende Unterschied zu herkömmlichen nicht-modellbasierten Fahrdynamikreglern, die nur Regelungsfehler kompensieren und die Fahrzeugführung nicht prädiktiv berechnen können.

Künftig sollen sich so auch anspruchsvolle Fahrversuche mit hoher Dynamik automatisiert ausführen lassen. Die Beherrschung solcher Fahrzustände ist anspruchsvoll, da für die Lenk- und Bremsbefehle nur sehr wenig Reaktionszeit bleibt. „Derzeit optimieren wir die Programmierung des Fahrdynamikreglers, damit er auch diese Aufgaben erfüllen kann. Dafür nutzen wir Methoden der künstlichen Intelligenz, um die Prognosefähigkeit und damit die Genauigkeit des Reglers zu verbessern“, sagt Pfitz.

Der Vorteil automatisierter Fahrttests zeigt sich beispielsweise bei Dauerlaufuntersuchungen, bei denen Testfahrer permanent hohen physischen Belastungen, etwa aufgrund des vorgegebenen Fahrprofils auf Schlechtwegstrecken, ausgesetzt sind. „Die Arbeiten an der modellbasierten Fahrdynamikregelung sind so weit fortgeschritten, dass sie voraussichtlich schon bald für Dauerlaufuntersuchungen bei Kundenentwicklungsprojekten eingesetzt werden kann“, erklärt Max Schäfer, Doktorand bei Porsche Engineering. Künftig wird der modellbasierte Fahrdynamikregler beispielsweise auf der Teststrecke des Nardò Technical Center (NTC) verwendet, um hochdynamische Fahrttests automatisiert auszuführen.

VIRTUELLES GESAMTFAHRZEUG IM SIMULATOR

Grundsätzliche Herausforderungen bei realen Fahrversuchen – ob mit Testfahrern oder automatisiert – sind hohe Kosten, großer Zeitaufwand und die generelle Verfügbarkeit von Versuchsfahrzeugen. Insbesondere in frühen Phasen der Fahrzeugentwicklung stehen oftmals keine oder nur sehr wenige Prototypen zur Verfügung. In einem weiteren Digitalisierungsschritt der Fahrwerkentwicklung verlagert Porsche Engineering darum Fahrzeugtests verstärkt von der Straße auf Prüfstände.

Schon in der Vergangenheit wurden bereits einzelne Assistenz- oder Fahrdynamikregelungsfunktionen am Prüfstand getestet und appliziert. Bei diesen Inselösungen bleiben die Wechselwirkungen zwischen den



„Bei Fahrversuchen mit großer physischer Belastung für die Testfahrer übernimmt ein Fahrdynamikregler die Fahrzeugsteuerung.“

Martin Reichenecker

Leiter Fachdisziplin Fahrwerk-Versuch bei Porsche Engineering

einzelnen Systemen im Gesamtfahrzeug allerdings unberücksichtigt. „Das kann zu gegenseitigen Störungen führen, die erst in den nachgelagerten Fahrttests zutage treten und dann nur noch mit großem Aufwand zu beheben sind“, erklärt Tim Wright, Entwicklungsingenieur Fahrdynamiksimulation bei Porsche Engineering. „Wir haben ein Prüfstandskonzept entwickelt, bei dem wir die Funktionen und Systeme in ein virtuelles Gesamtfahrzeug einbinden und in einer geschlossenen Regelschleife laufen lassen. Wie im realen Fahrzeug kommunizieren die elektronischen Steuergeräte dabei über den Datenbus miteinander. Probleme können so leicht identifiziert und abgestellt werden.“

Die Besonderheit der Lösung von Porsche Engineering ist die Echtzeitdarstellung des realen Fahrverhaltens. Wenn beispielsweise beim Test der Spurhalteassistent in die Lenkung eingreift, spürt der Fahrer diese Kräfte wie im Fahrzeug unmittelbar am Lenkrad. Ein anderes Beispiel ist die Wirkung des Stabilitätsprogramms. Hier nimmt der Fahrer die dynamischen Änderungen optisch über den Simulationsbildschirm wahr. „Erst das macht den Test realistisch und ist die Voraussetzung für virtuelle Applikationen, bei denen die Funktionen auf den Fahrer zugeschnitten werden“, so Wright.

Die Testszenarien werden entweder vorab von einem Testfahrzeug mit einer Kamera aufgezeichnet oder am Rechner erstellt. Die virtuelle Umgebung kann dabei bis in alle Details ausgearbeitet werden, sodass der Fahrer am Simulationsprüfstand kaum einen Unterschied zur Realität wahrnimmt. Da die virtuellen Verkehrssituationen beliebig konfigurierbar sind, lassen sich viele verschiedene Varianten erstellen, etwa Fahrten mit und ohne Gegenverkehr oder bei Tag und bei Nacht. „Der Hauptvorteil ist jedoch, dass wir rechnergestützt potenziell gefährliche Fahrbedingungen erzeugen und im Fahrsimulator ohne Sicherheitsrisiko für den Testfahrer abbilden können, etwa Ausweichmanöver auf nasser Fahrbahn bei sehr hohen Fahrgeschwindigkeiten“, so Wright.



„Das System blickt etwa eine Sekunde in die Zukunft.“

Fabian Pfitz

Entwicklungsingenieur Fahrwerk-Systeme bei Porsche Engineering

Porsche Engineering setzt Tests auf dem Simulationsprüfstand künftig für die Bewertung der Funktionalen Sicherheit elektronischer Systeme und Funktionen im Fahrzeug ein. Bei diesen Untersuchungen werden der Fahrzeugelektronik bewusst Fehler aufgeprägt. Der Fahrer am Prüfstand bewertet dann die Auswirkungen auf die Fahrzeugfunktionen. Die Kategorisierung erfolgt nach einer international standardisierten Klassifizierung in sogenannte Automotive Safety Integrity Level (ASIL). „Je schwerer die Situation zu beherrschen ist, je gravierender die Folgen des Fehlers sind und je



„Der Hauptvorteil ist, dass wir rechnergestützt potenziell gefährliche Fahrbedingungen erzeugen und im Fahrsimulator ohne Sicherheitsrisiko abbilden können.“

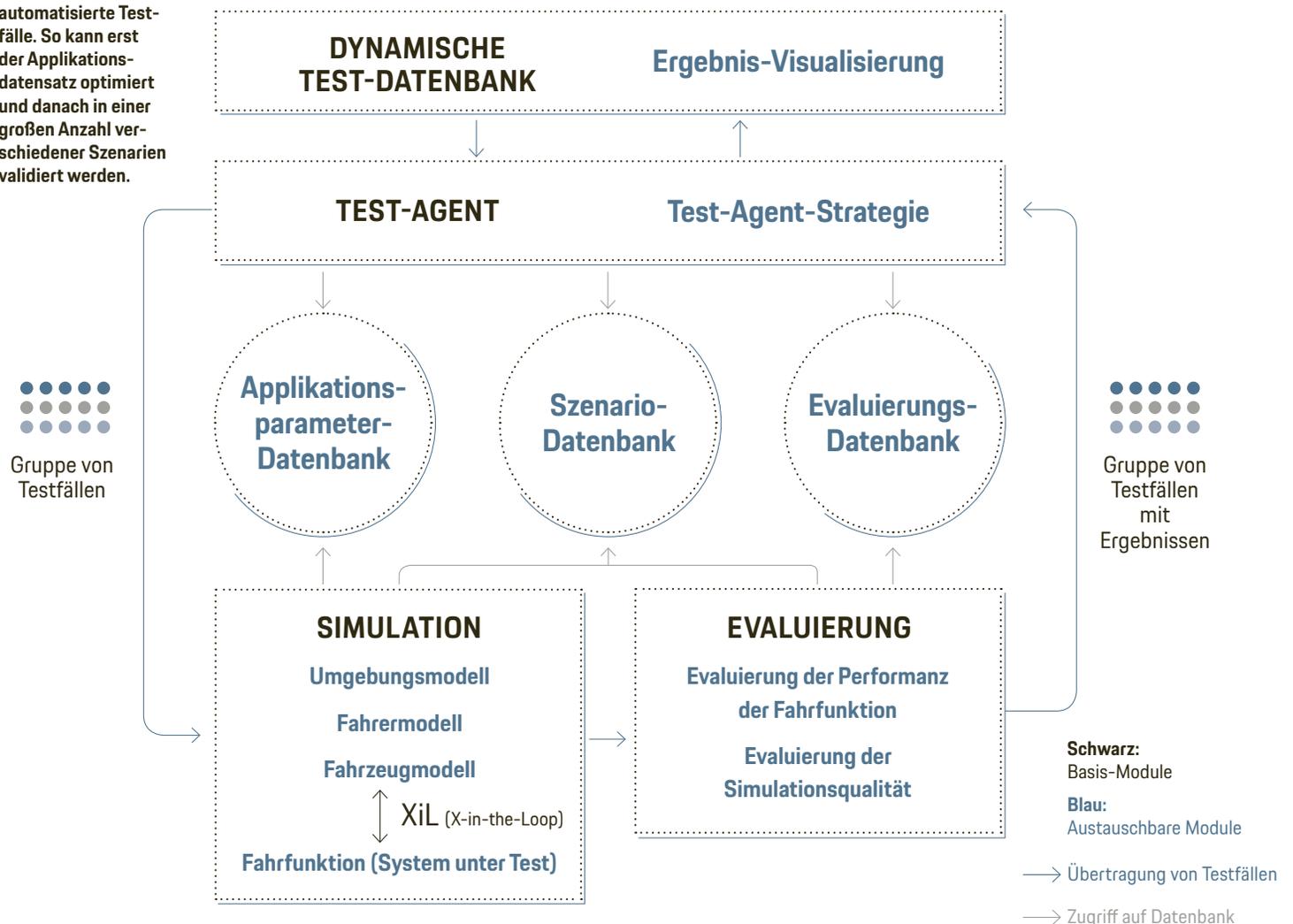
Tim Wright

Entwicklungsingenieur Fahrdynamiksimulation bei Porsche Engineering

INTEGRATIONSARCHITEKTUR

ZUR VIRTUELLEN APPLIKATION UND ABSICHERUNG VON FAHRERASSISTENZSYSTEMEN UND HOCHAUTOMATISIERTEN FAHRFUNKTIONEN

Die Integrationsarchitektur generiert automatisierte Testfälle. So kann erst der Applikationsdatensatz optimiert und danach in einer großen Anzahl verschiedener Szenarien validiert werden.



häufiger er auftritt, desto höher sind die Sicherheitsanforderungen“, so Wright. „Derzeit nutzen wir am Standort Shanghai schon erfolgreich einen Simulationsprüfstand für Gesamtfahrzeugapplikationen und -absicherungen“, erklärt Wright. Weitere Anlagen sind für die Entwicklungsabteilungen in Mönshheim, im rumänischen Cluj-Napoca und in Prag geplant.

VIRTUELLE APPLIKATION UND ABSICHERUNG

Den Schritt zur komplett digitalen Entwicklungskette vollzieht Porsche Engineering mit einer Methodik, bei der bereits Applikation und Absicherung vollständig virtuell erfolgen. „Um hochautomatisierte Fahrfunktionen ganzheitlich applizieren und absichern zu können, müssten theoretisch alle während der Fahrt auftretenden Verkehrsszenarien in unzähligen Varianten nachgestellt und mit verschiedenen Applikationsparametern abgeprüft werden. Mit realisierbarem Aufwand lässt sich das künftig nur durchführen, wenn die konventionellen Methoden durch Ansätze wie die virtuelle Integration erweitert werden“, erklärt Moritz Markofsky, Doktorand bei Porsche Engineering.

In einem Entwicklungsprojekt untersucht er darum den Aufbau einer modularen, virtuellen Integrationsarchitektur für Fahrerassistenzsysteme und hochautomatisierte Fahrfunktionen. Ihr Grundgerüst besteht aus Basisbausteinen – beispielsweise für die Testfallerstellung, -simulation und -auswertung –, die unabhängig von der zu prüfenden Fahrfunktion eingesetzt werden. Je nach Entwicklungsprojekt wird dieses Grundgerüst durch austauschbare Module erweitert, um die Architektur an das zu testende System anzupassen. Das verleiht der neuen Methodik hohe Flexibilität, um einerseits die Breite der Entwicklungen und andererseits die Anforderungen der Zukunft abdecken

zu können – obwohl diese im Detail heute noch gar nicht feststehen.

Eine weitere Besonderheit der neuen Methodik ist der hohe Automatisierungsgrad bei der Erstellung von Testfällen und deren Durchführung als virtuelle Fahrversuche. Die Integrationsarchitektur generiert Testfälle automatisiert aus Szenario-, Applikations- und Evaluierungsparametern. Bei einem Adaptive-Cruise-Control-System (ACC-System) werden zum Beispiel Komfort und Sicherheit in unterschiedlichen Ein-schenszenarien bewertet. So kann beispielsweise erst der Applikationsdatensatz optimiert und danach in einer großen Anzahl verschiedener Szenarien validiert werden – und das alles vollautomatisch.

Eine Herausforderung bei der Entwicklung des modularen Konzepts war die Definition und Gestaltung der Schnittstellen zwischen den Softwarebausteinen. „Unsere Lösung gibt uns große Freiheiten bei der Auswahl und Definition der Module. Bei Porsche Engineering arbeiten viele Kollegen an innovativen Methoden zur Entwicklung und Validierung hochautomatisierter Fahrfunktionen. Durch den modularen Ansatz können wir diese einfach und effizient integrieren“, so Markofsky. Ein Beispiel dafür ist das zentrale Porsche Engineering Virtual ADAS Testing Center (PEVATeC), das die Simulationsumgebung, virtuelle Testszenarien und Streckenmodelle zur Verfügung stellt.

Aktuell wird die Leistungsfähigkeit der neuen Entwicklungsmethodik im Rahmen einer Proof-of-Concept-Studie intensiv getestet. Aber auch weitere Optimierungen haben die Entwickler schon im Blick. So könnte das System künftig mithilfe Künstlicher Intelligenz gezielt hochautomatisierte Fahrfunktionen applizieren oder nach kritischen Testfällen suchen. „Der Einsatz Künstlicher Intelligenz bietet die Möglichkeit, effizient relevante Testfälle aus den Applikations- und Szenarioparametern abzuleiten“, sagt Markofsky. — ●



„Mit realisierbarem Aufwand lässt sich die Applikation und Absicherung hochautomatisierter Fahrfunktionen künftig nur durchführen, wenn die konventionellen Methoden durch Ansätze wie die virtuelle Integration erweitert werden.“

Moritz Markofsky
Doktorand bei Porsche Engineering



ZUSAMMENGEFASST

Porsche Engineering geht bei der Fahrwerkentwicklung neue Wege, um den Entwicklungsaufwand auch in Zukunft beherrschbar zu halten. Eine modellprädiktive Regelung ermöglicht automatisierte Testläufe, und Simulationen ersetzen zunehmend reale Fahrversuche. Die virtuelle Applikation und Absicherung von Fahrerassistenzsystemen ergänzt konventionelle Integrationsmethoden und verringert den Entwicklungsaufwand.

Daten- auswertung und -konvertierung

Ist die passende Messung gefunden, muss ihr Inhalt für die Modelloptimierung genau untersucht und aufbereitet werden. Das ist bei 100.000 Signalen oft eine Herausforderung.

Datenablage

Die für die Modell-optimierung aufbereitete Messdatei wird im Format des Simulations-Tools abgelegt und steht nun bereit für die Modell-optimierung.

Daten- verarbeitung

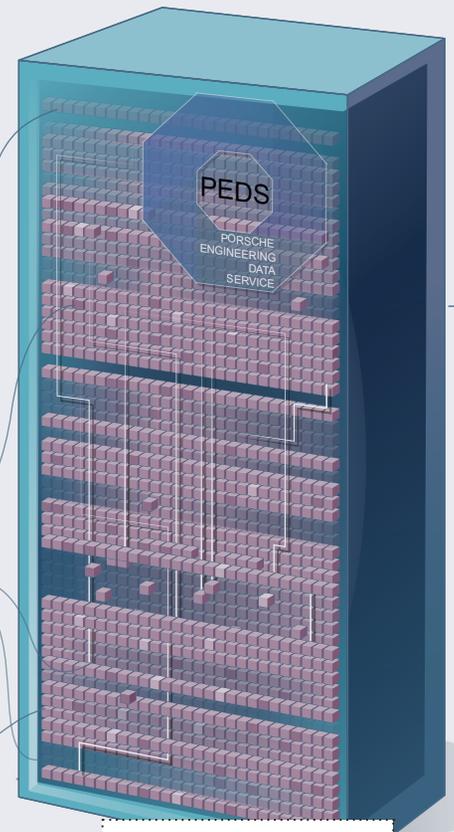
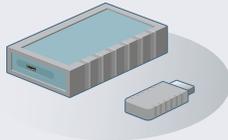
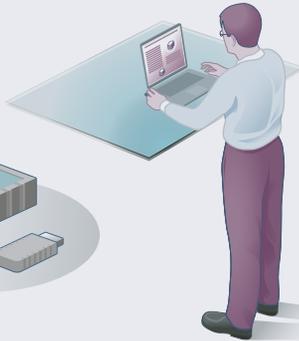
Teilautomatisiert und mithilfe zahlreicher Iterationsschleifen gilt es, eine Vielzahl physikalischer Parameter zu optimieren. Schon eine kleine Änderung eines Parameters kann sich auf alle anderen auswirken.

Messdaten- selektion

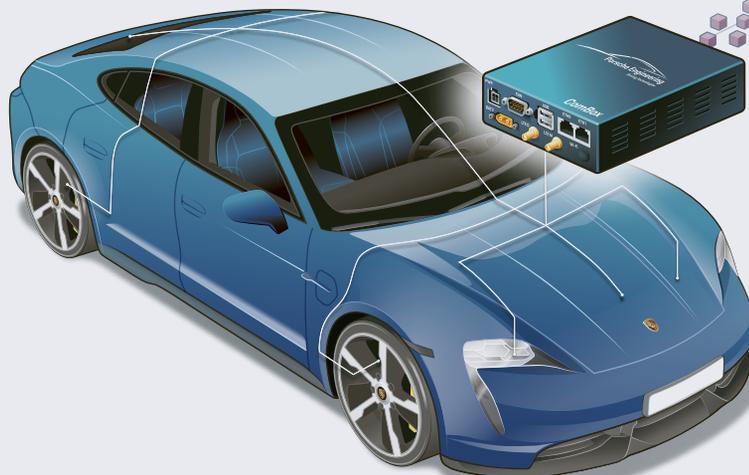
Aus einer Vielzahl von Messtagen und Messungen gilt es, die richtigen Daten auszuwählen – ein immenser Zeitaufwand.

Daten- übertragung

Die Daten werden manuell via USB-Stick oder Festplatte kopiert und archiviert.



ComBox



Fast in Echtzeit

Der Porsche Engineering Data Service (PEDS) vernetzt die weltweit verteilten Erprobungsfahrzeuge mit den Entwicklern und vereinfacht dadurch die Messdatenanalyse erheblich. Statt mehrerer Tage dauert die Auswertung nur noch Minuten.



Bisher:

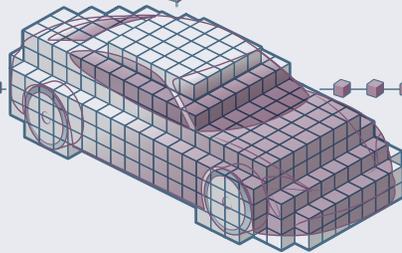
5 Tage

MATLAB/Simulink
Mit KI angepasstes Modell

**Nutzung des
optimierten Modells**

Jetzt:

**wenige
Minuten**



Die Taycan Sport Limousinen

Verbrauchsangaben nach NEFZ:
Stromverbrauch kombiniert:
27,4–26,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Verbrauchsangaben nach WLTP:
Stromverbrauch kombiniert:
24,7–20,2 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Stand 06/2022

Out of the ComBox

Der Porsche Engineering Data Service (PEDS) vereinfacht die drahtlose Bereitstellung von Messdaten nach einer Erprobungsfahrt und ermöglicht ihre schnelle Auswertung. Analysen können bereits Minuten nach der Fahrt zur Verfügung stehen – oder schon währenddessen. Zudem lässt sich der Anteil der live ausgewerteten Messdaten vor deren Archivierung erhöhen.

Text: Constantin Gillies
Illustrationen: Andrew Timmins

Bei Porsche ist es Tradition, dass ein neues Fahrzeugmodell nicht nur von den Entwicklungsingenieuren erprobt wird, sondern von vielen Versuchs- und Qualitäts-Mitarbeitern. Die Tester können ihr Feedback jetzt noch schneller abgeben: Wer eine Optimierungsmöglichkeit findet, stellt das Fahrzeug ab, tippt sein Smartphone an und spricht einen Kommentar ein. Zum Beispiel: „Sitzheizung in Stufe 1 zu warm.“ Wenige Augenblicke später erhält die zuständige Fachabteilung eine E-Mail mit dem Kommentar, der automatisch in Text umgewandelt wurde. Außerdem haben die Ingenieure dort Einblick in alle Messdaten aus dem Fahrzeug, da diese per Mobilfunk an einen zentralen Server fließen. So kann das Feedback schnell geprüft und gegebenenfalls eine Softwareanpassung für das Fahrzeug entwickelt werden.

Möglich wird diese Live-Optimierung durch den Porsche Engineering Data Service (PEDS): Dieses System vernetzt die internationalen Erprobungsfahrzeuge mit den Entwicklern und vereinfacht so die Messdatenanalyse erheblich. Um den Service nutzen zu können, muss im Testfahrzeug zusätzlich zum Messsystem oder Datenlogger lediglich eine sogenannte ComBox (siehe Kasten auf Seite 22) angeschlossen werden, wofür wenige Handgriffe ausreichen. Das Gerät leitet die Daten der eingebauten Messgeräte per Mobilfunk (LTE/5G) oder WLAN an einen Server des PEDS weiter.

Dort werden sie aufbereitet und automatisch ausgewertet. „Das ist ein Plug-and-Play-Digitalisierungsprozess“, erklärt Björn Pehnert, Fachreferent Digitalisierung und Initiator des Projekts PEDS bei Porsche Engineering.

MANUELLE ABLÄUFE EINSPAREN

Die ComBox macht in der Erprobungsphase viele manuelle Abläufe überflüssig, zum Beispiel beim Transfer der gesammelten Messwerte: Ein Datenlogger im Fahrzeug beispielsweise zeichnet pro Minute eine erhebliche Datenmenge auf, wobei neben der Kommunikation zwischen den Steuergeräten bei Bedarf auch Kamerabilder, Druck- und Temperaturdaten erfasst werden. Bisher wurden Wechselmedien genutzt, um die Messdaten zu stationären PCs (Auslesestationen) automatisiert zu transferieren. „Datenlogger liefern Rohdaten, die sich erst nach einer Konvertierung auswerten lassen“, erklärt Stephan Gehrman, Leiter Fachgebiet Messtechnik Automatisierung bei der Porsche AG. Im letzten Schritt wählten die Entwickler die relevanten Daten aus und analysierten sie interaktiv. Wenn an einem anderen Standort getestet wurde und eine Dienstreise nötig war, konnten so mehrere Tage vergehen, bis die ersten Erkenntnisse aus einer Erprobungsfahrt vorlagen.



Rund

150

Erprobungsfahrzeuge sind bereits über eine ComBox an die PEDS-Server angeschlossen. Ende 2022 sollen es noch einmal etwa so viele sein.

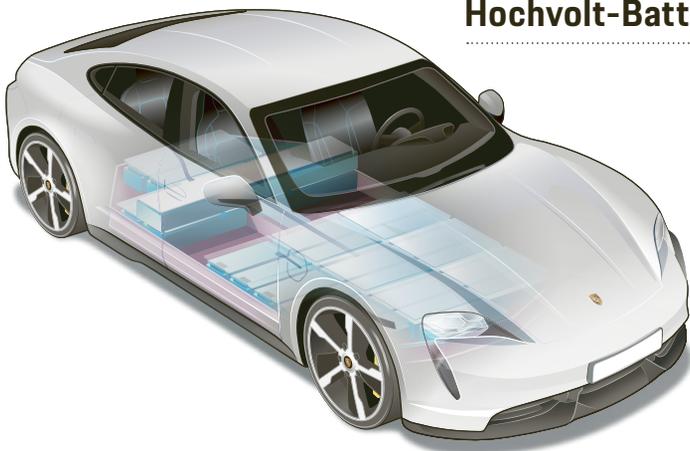
Die Taycan Sport Limousinen

Verbrauchsangaben nach NEFZ:
Stromverbrauch kombiniert: 27,4–26,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

Verbrauchsangaben nach WLTP:
Stromverbrauch kombiniert: 24,7–20,2 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

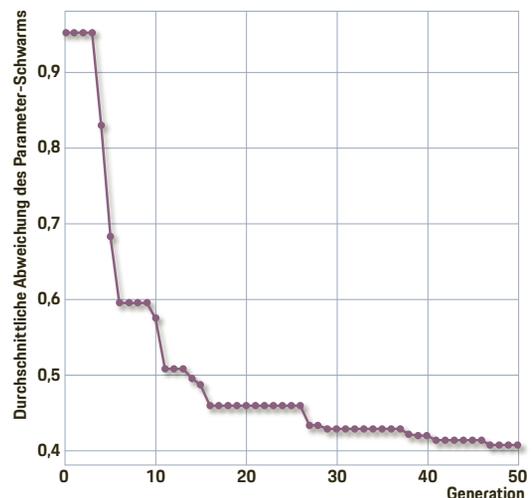
Stand 06/2022

Hochvolt-Batterie mit PEDS sekundenschnell optimiert



Mithilfe von PEDS lassen sich digitale Zwillinge schnell erstellen und abgleichen. In diesem Beispiel wurde das Modell einer Hochvolt-Batterie mit 37 Parametern optimiert. Während der Fahrt flossen Daten aus dem Testfahrzeug in die mathematische Simulation, die sich so permanent verbessert hat. Das Diagramm rechts zeigt, wie schnell der Fehler abfällt. Die Diagramme auf der gegenüberliegenden Seite zeigen einige der ursprünglichen und der optimierten Parameter. Dass solche Prozesse dank PEDS jetzt fast „live“ möglich sind, ist ein echter Durchbruch.

Zunehmende Schwarm-Fitness





„Wir haben nichts neu erfunden, sondern das bestehende Know-how in einen digitalen Prozess integriert.“

Björn Pehnert

Fachreferent Digitalisierung bei Porsche Engineering

↓
20

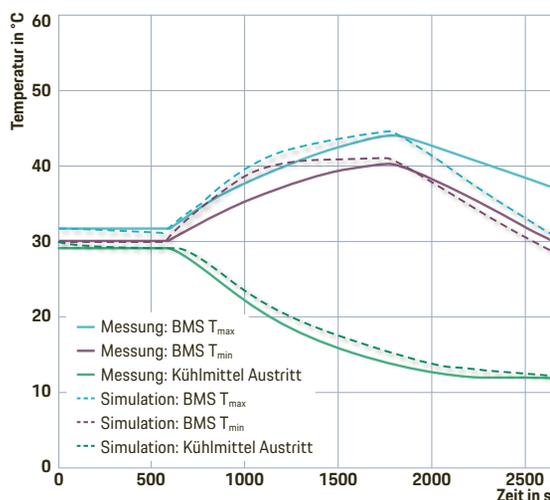
Sekunden dauert es ungefähr, geringe Datenmengen von der ComBox an den Server zu übertragen.

Dank PEDS dauert die Übertragung und Auswertung nur noch Minuten. Die Zeitersparnis ergibt sich zum einen daraus, dass die ComBox Messdaten zeitnah überträgt: Die Verzögerung liegt bei geringen Datenmengen zwischen 15 und 20 Sekunden. Zum anderen laufen jetzt alle nachfolgenden Arbeitsschritte automatisch ab: PEDS konvertiert die Rohdaten und filtert diejenigen aus, die für den Fachbereich relevant sind. So spielt beispielsweise für die Fahrwerks-optimierung das Innenraumklima keine Rolle. Zum Schluss folgt eine automatische Analyse. Dafür wurden die bereits vorhandenen Werkzeuge der Fachabteilungen in die Gesamtlösung integriert. „Wir haben nichts neu erfunden, sondern das bestehende Know-how in einen digitalen Prozess integriert“, erklärt Pehnert. „PEDS kann zum Beispiel Daten

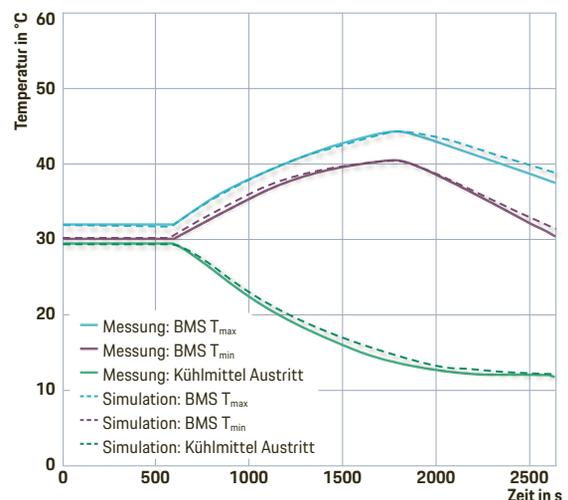
selbstständig in die vorhandene Simulation eines Bauteils einspeisen.“

Die Automatisierung sorgt nicht nur für kürzere Reaktionszeiten, sondern zugleich auch für eine deutliche Verbreiterung der zeitnah und automatisch ausgewerteten Datenbasis. Rund 150 Erprobungsfahrzeuge sind bereits über eine ComBox an den Server angeschlossen, bis zum Ende des Jahres sollen es noch einmal etwa so viele sein. Das bedeutet schnellere Verfügbarkeit der Daten für die Entwickler – und zwar an allen Standorten, da sämtliche Messdaten weltweit in einen gemeinsamen Pool fließen, beispielsweise in der Porsche-internen Messdaten- und Versuchsplattform „Cluu“. Stand jeder Fachabteilung bisher nur eine Handvoll Erprobungsfahrzeuge zur Verfügung, können die Ingenieure jetzt gezielt mit relevanten Daten

Start-Parameter ohne PEDS-KI-Optimierung



Parameter nach PEDS-KI-Optimierung



AUF EINEN BLICK: TECHNISCHE DATEN DER COMBOX

Die ComBox überträgt Messdaten eines Erprobungs-fahrzeugs per Mobilfunk an einen Server des PEDS. Das Gerät lässt sich schnell und einfach im Fahrzeug installieren, denn es müssen nur zwei Stecker für Strom und Daten angeschlossen werden.

„Die Box ist einfach, kostengünstig und kann an eine Vielzahl von Messsystemen andocken“, erklärt Björn Pehner. Der unauffällige schwarze Kasten ist etwa so groß wie ein Internet-Router und wird per Ethernet mit den Datenloggern an Bord verbunden. Den Upload der Daten übernimmt ein Mobilfunk-Modem oder ein WLAN-Modul. Porsche Engineering stellt neben der Technik auch die mobile Datenübertragung weltweit zur Verfügung, sodass die ComBox auch problemlos bei Testfahrten außerhalb Deutschlands eingesetzt werden kann.

Ergänzt wird die Box durch die sogenannte Trigger-App auf einem Smartphone im Fahrzeug. Mit ihr kann man durch einfaches Berühren des Displays eine Messdatenübertragung auslösen und

parallel dazu eine Sprachnachricht aufzeichnen. Der Kommentar wird automatisch in Text umgewandelt und an die jeweilige Fachabteilung weitergeleitet. Außerdem kann die Trigger-App Informationen anzeigen, wenn ein Sensor im Fahrzeug einen Grenzwert überschritten hat.

Die bidirektionale Verbindung der ComBox wird genutzt, um die Konfiguration der Messtechniksysteme Over-the-Air (OTA) zu aktualisieren. „Das ist im Entwicklungsbetrieb wichtig“, betont Stephan Gehrman. „Bislang konnten neue Konfigurationen ausschließlich mit Wechseldatenträgern auf die Datenlogger übertragen werden. Durch die OTA-Updates sind die Konfigurationen jetzt immer aktuell – das hat einen Sprung in der Datenqualität gebracht.“



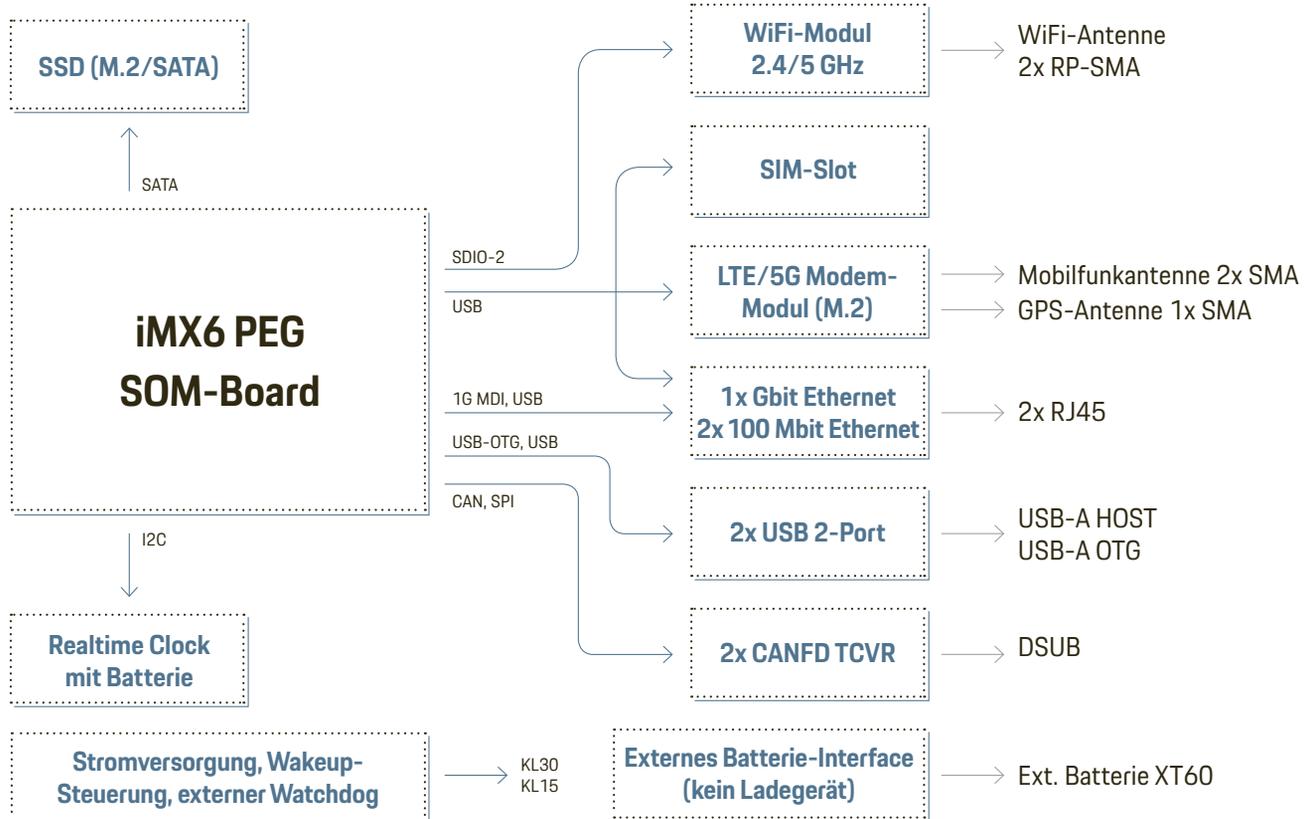
Abmessungen:

B
108 Millimeter

H
40 Millimeter

T
141 Millimeter

Blockschaltbild der ComBox





„Durch die OTA-Updates sind die Konfigurationen der Messtechniksysteme jetzt immer aktuell – das hat einen Sprung in der Datenqualität gebracht.“

Stephan Gehrmann

Leiter Fachgebiet Messtechnik Automatisierung bei der Porsche AG

anderer Teams versorgt werden. Dafür müssen die Entwickler nur über die notwendigen Berechtigungen zur Nutzung der Daten verfügen. Ein Ingenieur in Weissach zum Beispiel wird aktiv auf eine Auffälligkeit in Messdaten hingewiesen, die Kollegen im chinesischen Anting erhoben haben. So lassen sich neue Funktionen deutlich schneller testen und umsetzen.

Mithilfe von PEDS lassen sich zudem leichter sogenannte digitale Zwillinge erstellen und abgleichen, also Simulationen von Bauteilen. Ein solches Modell haben die Entwickler von Porsche Engineering beispielweise von der Hochvolt-Batterie eines E-Fahrzeugs erzeugt. Es verhält sich thermisch genau wie ein echter Stromspeicher. Dieses Modell mit 37 Parametern wurde mithilfe des PEDS optimiert: Schon während der Fahrt flossen Daten aus dem Testfahrzeug in die mathematische Simulation, die sich so permanent verbessert hat. Das Ergebnis: Der Fehlerwert – also die Abweichung zwischen realem und simuliertem Verhalten der Batterie – konnte halbiert werden. „Dass solche Prozesse jetzt ‚live‘ möglich sind, ist ein echter Durchbruch“, sagt Pehnert.

DIGITALE OPTIMIERUNGSSCHLEIFEN

Weil sich der digitale Zwilling eines Bauteils so realitätsnah verhält, kann er reale Experimente sinnvoll ergänzen und damit teilweise gezielt ablösen. Mit seiner Hilfe lässt sich zum Beispiel die Auslegung und Anordnung der Kühlplatten in der Hochvolt-Batterie optimieren. Hier alle Optionen tatsächlich zu bauen, wäre unmöglich. „Digital lassen sich die Optimierungsschleifen jedoch sekundenschnell fahren“, erklärt Pehnert. „Auch das Verhalten der Batterie in einem Prototyp, der noch gar nicht existiert, lässt sich simulieren und perfektionieren.“

Um den Fahrkomfort zu optimieren, sind Testfahrzeuge oft mit Beschleunigungsaufnehmern ausgestattet. Sie werden teilweise an Stellen aufgeklebt, die nur im demontierten Zustand erreichbar sind. Bei der

Erprobungsfahrt kann es vorkommen, dass sich ein Sensor leicht verschiebt. Das ist tückisch, weil er meist nicht komplett ausfällt, sondern weiter Daten liefert. Sie wirken zwar plausibel, haben aber keine Aussagekraft mehr. „Selbst ein erfahrener Ingenieur kann das oft nicht erkennen“, erklärt PEDS-Entwickler Jonas Brandstetter von Porsche Engineering. Früher fielen solche Fehler erst Wochen nach der Fahrt auf, was dazu führte, dass die Erprobung wiederholt werden musste – gerade bei Tests in entlegenen Gebieten ein enormer Aufwand.

Mit PEDS kann das nicht mehr passieren: Das System überprüft die Messdaten schon während der Fahrt auf Anomalien. Das übernimmt ein KI-Algorithmus auf dem Server, der anhand von wenigen Datensätzen gelernt hat, wie ein korrektes Sensorsignal aussieht, so dass er fehlerhafte Messungen erkennen kann. Schlägt der Algorithmus an, bekommt der Test-Ingenieur eine Push-Nachricht auf sein Smartphone und kann den Probelauf abbrechen.

In 15 Anwendungsfällen quer durch alle Fachgebiete wurde PEDS schon erfolgreich getestet – von der Fahrwerksoptimierung bis zur weltweiten Beanstandungsanalyse auf Qualitätsstationen. Doch das Potenzial des Systems ist noch lange nicht ausgereizt. „Jetzt beschäftigen wir uns mit der Skalierung“, berichtet Pehnert. Auf der Agenda steht darum gerade die Vernetzung mit dem Messdatenmanagement der Volkswagen-Gruppe. An die Messdaten- und Versuchsplattform „Cluu“ ist PEDS bereits angebunden. Hier können heute schon die Messdaten von den Datenloggern von Porsche abgerufen werden. Außerdem soll die drahtlose Übertragung der Messdaten nochmals vereinfacht werden. Geplant ist, die Daten der Messgeräte per WLAN an das Speech2Text-Smartphone im Fahrzeug zu übertragen und von dort an den PEDS weiterzuleiten. Das könnte in einigen Anwendungsfällen eine ComBox im Erprobungsfahrzeug in Zukunft überflüssig machen. ●



ZUSAMMENGEFASST

Der Porsche Engineering Data Service (PEDS) vernetzt die weltweit verteilten Erprobungsfahrzeuge mit den Entwicklern. Mit der speziell dafür entwickelten ComBox lassen sich Daten fast in Echtzeit an die PEDS-Server senden, wo sie aufbereitet und automatisch ausgewertet werden. Das verringert den Aufwand und verkürzt die Entwicklungszeiten erheblich.

Mit Wasserstoff über die Nordschleife

Im Rahmen einer Studie hat Porsche Engineering das Potenzial von Wasserstoff-Verbrennungsmotoren untersucht. Das Ergebnis ist ein Hochleistungsaggregat mit Emissionen auf Umgebungsluftniveau.

Text: Richard Backhaus

Für künftige Fahrzeuge sind derzeit verschiedene Antriebslösungen wie Hybridsysteme, Elektroantriebe und effiziente Verbrennungsmotoren parallel in Entwicklung. Alternativ zu konventionellen Kraftstoffen oder synthetischen Kraftstoffen (eFuels) kann auch Wasserstoff für den Einsatz in Verbrennungsmotoren in Betracht gezogen werden, was Gegenstand dieser Studie war und von Porsche Engineering untersucht wurde.

HOCHLEISTUNGS-WASSERSTOFFMOTOR FÜR PERSONENWAGEN

Derzeit wird weltweit an Wasserstoffmotoren gearbeitet, allerdings meist für Nutzfahrzeuge mit einer relativ geringen spezifischen Leistung von rund 50 kW pro Liter Hubraum. „Für den Personenwagen-Bereich ist das zu wenig. Darum haben wir als Studie einen Wasserstoff-Verbrennungsmotor entwickelt, der Leistung und Drehmoment auf dem Level aktueller Hochleistungs-Ottomotoren bieten soll. Gleichzeitig war unser Ziel, einen geringen Verbrauch zu erreichen und die Emissionen auf Umgebungsluftniveau zu halten“, sagt Vincenzo Bevilacqua, Fachreferent Motorsimulation bei Porsche Engineering. „Ausgangspunkt unserer Untersuchungen war ein existierender 4,4-Liter-Achtzylinder-Ottomotor – oder besser ausgedrückt: sein digitaler Datensatz, denn wir haben die gesamte Studie virtuell über Simulationen durchgeführt.“

Die Veränderungen am Motormodell umfassten unter anderem eine höhere Verdichtung und eine angepasste Verbrennung, vor allem aber ein neues Turbo-Aufladesystem. „Für eine saubere Verbrennung von Wasserstoff müssen die Turbolader einerseits

rund doppelt so viel Luftmasse wie bei Ottomotoren bereitstellen. Andererseits fehlt abgasseitig durch die geringeren Abgastemperaturen aber Energie für ihren Antrieb“, erklärt Bevilacqua. Dieser Widerspruch lässt sich mit konventionellen Turboladern nicht auflösen. Porsche Engineering hat darum vier alternative, besonders leistungsfähige Aufladekonzepte untersucht, die teilweise aus dem Motorsport stammen.

Alle Systeme bestehen aus mehreren elektrisch unterstützten Turboladern, teilweise kombiniert mit zusätzlichen Steuerungsclappen im Luftsystem oder mechanischen Kompressoren. „In den Benchmark-Untersuchungen zeigte jedes Aufladesystem spezifische Vor- und Nachteile. Die Wahl des richtigen Konzepts hängt daher sehr stark vom Anforderungsprofil des jeweiligen Wasserstoffmotors ab“, so Bevilacqua. Für die vorliegende Motorstudie wählte das Entwicklerteam ein Turbosystem mit sogenannten Back-to-Back-Verdichtern aus. Ihre konstruktive Besonderheit ist die koaxiale Anordnung von zwei Verdichterstufen, die über eine gemeinsame Welle durch die Turbine beziehungsweise den unterstützenden Elektromotor angetrieben werden. Die Prozessluft strömt dabei durch den ersten Verdichter, wird im Ladeluftkühler zwischengekühlt und dann in der zweiten Stufe nachverdichtet.

Mit einer Leistung von rund 440 kW liegt der Wasserstoffmotor auf dem Niveau des ursprünglichen Ottoaggregats. Um die Performance des Antriebs besser einordnen zu können, hat Porsche Engineering ein damit ausgerüstetes Referenzfahrzeug der Luxusklasse mit einem relativ hohen Gesamtgewicht von 2.650 kg auf der Nürburgring Nordschleife getestet – rein virtuell: Die Fahrt wurde mithilfe eines sogenannten digitalen Zwillings durchgeführt, also einer Abbildung des Realfahrzeugs im Computer. Mit einer Rundenzeit von 8 Minuten 20 Sekunden zeigte das Fahrzeug hohes fahrdynamisches Potenzial.



„Wir haben die gesamte Studie virtuell über Simulationen durchgeführt.“

Vincenzo Bevilacqua
Fachreferent Motorsimulation
bei Porsche Engineering

1

8:20:00

H



Wasserstoff

2,2

0,09

3

6,94

Li

Lithium

4

Be

Ber



„Wie sich zeigte, liegen die Stickoxidemissionen über den gesamten Drehzahlbereich nahe null.“

Matthias Böger
Entwicklungsingenieur
Motorsimulation
bei Porsche Engineering

Bei der Verbrennung von Wasserstoff werden aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung weder Kohlenwasserstoffe noch Kohlenmonoxid freigesetzt, auch Partikel spielen naturgemäß keine Rolle. Für die Emissionsoptimierung des Wasserstoffmotors konzentrierten sich die Experten von Porsche Engineering daher auf die Stickoxide. In umfangreichen Optimierungsschleifen trimmten sie die Betriebsstrategie des Motors auf eine möglichst saubere Verbrennung. Ihr Ansatz: Das Rohemissionsniveau mithilfe einer extrem mageren und damit kälteren Verbrennung gering halten, sodass man auf ein zusätzliches Abgasnachbehandlungssystem verzichten kann.

EMISSIONEN AUF UMGEBUNGSLUFTNIVEAU

„Wie sich zeigte, unterschreiten die Stickoxidemissionen die derzeit diskutierten Grenzwerte der Euro-7-Norm deutlich und liegen über den gesamten Drehzahlbereich nahe null“, berichtet Matthias Böger, Entwicklungsingenieur Motorsimulation bei Porsche

Engineering. Um die Ergebnisse der Emissionstests besser einordnen zu können, zieht er einen Vergleich zum sogenannten Luftqualitätsindex (Air Quality Index). Dieser dient Regierungsbehörden und anderen Institutionen als Maßstab zur Beurteilung des Luftverschmutzungsgrads. Allgemein wird dabei eine Konzentration bis rund 40 Mikrogramm Stickoxid pro Kubikmeter mit einer guten Luftqualität gleichgesetzt. „Die Emissionen des Wasserstoffmotors liegen unterhalb dieser Grenze. Sein Betrieb hat damit keine nennenswerten Auswirkungen auf die Umgebung“, so Böger.

Zusätzlich zu den kaum messbaren Emissionen bietet der Wasserstoffmotor dank der mageren Verbrennung hohe Effizienz im WLTP-Messzyklus sowie in kundenrelevanten Verbrauchszyklen. „Unser selbst gestecktes Projektziel, die Entwicklung eines sauberen, sparsamen und sportlichen Wasserstoffmotors, haben wir damit auf ganzer Linie erfüllt“, fasst Bevilacqua zusammen. Die Kosten für einen Wasserstoffantrieb in der Serienproduktion könnten mit denen eines Ottomotors vergleichbar sein. Zwar sind das

AUF EINEN BLICK: DIE SIMULIERTE RUNDE AUF DER NORDSCHLEIFE



Maximale Geschwindigkeit

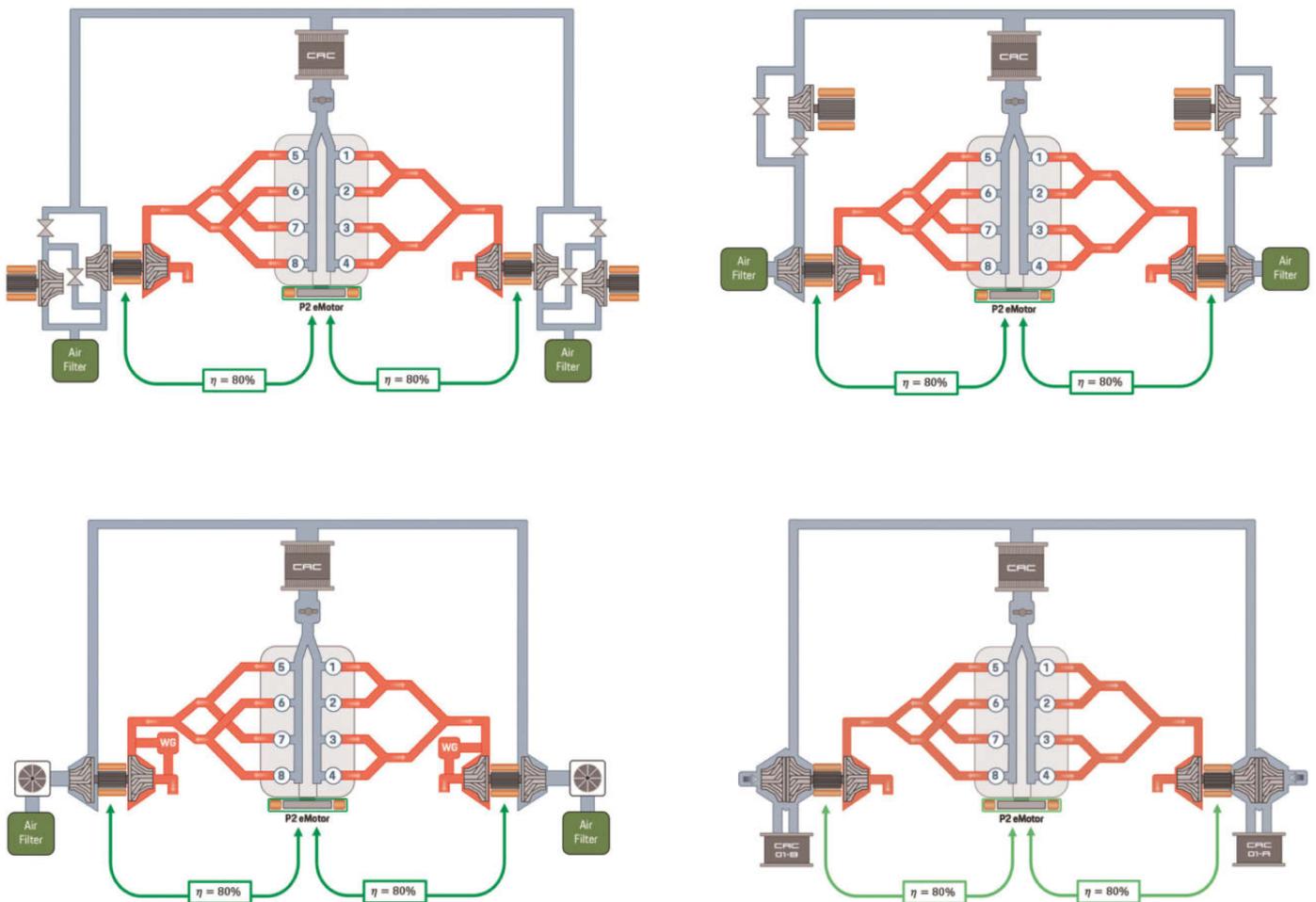
261
km/h

Zeit

8:20:00
Minuten

Simulierte Motorleistung

440
kW



Aufladesysteme im Vergleich: Parallelaufchargesystem aus E-Turbo und E-Kompressor mit Luftklappen für den Transientbetrieb (oben links), zweistufige Verdichtung aus E-Turbo und E-Kompressor mit Luftklappe zur Abkopplung der Kompressorstufe (oben rechts), Mono-E-Turbolader mit verstellbarem Gitter zwischen Luftfilter und Verdichtereinlass (unten links) und Mono-E-Turbolader mit Back-to-Back-Verdichter und Ladeluft-Zwischenkühlung (unten rechts, ausgewähltes Konzept).

Turboladersystem und einige mechanische Komponenten des Wasserstoffmotors aufwendiger und damit teurer, allerdings spart man sich die beim Ottomotor erforderliche Abgasnachbehandlung für Euro 7.

VERBRAUCHSVORTEILE VON BIS ZU FÜNF PROZENT

Das Team von Porsche Engineering konnte alle Tests rein virtuell und damit äußerst effizient umsetzen. Basis war die etablierte durchgängige Simulationsprozesskette, hinzu kamen die umfassenden Erfahrungen bei Modellbildung und Berechnung. „Von der ersten Idee bis zum Abschluss der Studie haben wir nur sechs Monate gebraucht“, so Bevilacqua. „Das beinhaltet auch Grundlagenarbeiten wie die Erstellung neuer

Rechenmodelle, die die unterschiedlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff im Vergleich zu Ottokraftstoff berücksichtigen.“

Der Wasserstoffmotor wird in der vorliegenden Form wahrscheinlich nicht in Serie gehen, aber das war auch gar nicht das Ziel des Projekts. Im Mittelpunkt stand vielmehr die Untersuchung der technischen Möglichkeiten des alternativen Antriebs und die Erweiterung bestehender Engineering-Tools. „Wir haben durch die Studie wertvolle Erkenntnisse im Hinblick auf die Entwicklung von Hochleistungs-Wasserstoffmotoren gewonnen und unsere virtuelle Entwicklungskette um Modelle und Methoden speziell für Wasserstoff ergänzt“, erklärt Bevilacqua. „Mit diesem Know-how sind wir bereit, künftige Kundenprojekte effizient zu bearbeiten.“ ●



Gegenwind: Im Porsche-Windkanal werden Fahrzeuge aerodynamisch optimiert.



Wind of Change

Seit Jahrzehnten optimieren Hersteller erfolgreich die Aerodynamik ihrer Fahrzeuge. Durch den Umstieg auf E-Mobilität machen die neuesten Modelle gerade einen Sprung beim c_w -Wert. Und noch ist das Potenzial nicht ausgereizt: Aktive Aerodynamik-Maßnahmen und neue Entwicklungsmethoden versprechen in Zukunft weitere Verbesserungen.

Text: Christian Buck



„Ab etwa 80 km/h wird der Luftwiderstand wichtiger als der Rollwiderstand der Reifen.“

Marcel Straub

Fachprojektleiter Aerodynamik und Thermomanagement
bei Porsche Engineering

Vor 40 Jahren lernten viele Autofahrer ein neues Wort kennen: c_w -Wert. Als 1982 der neue Audi 100 auf den Markt kam, stellte ihn der Hersteller als „die strömungsgünstigste Serienlimousine der Welt“ vor. Als Beleg diente der für damalige Verhältnisse beeindruckende c_w -Wert von 0,30. Dass der Luftwiderstand von Fahrzeugen plötzlich zum Verkaufsargument geworden war, lag an den nur wenige Jahre zurückliegenden Ölkrise von 1973 und 1979. Die Kraftstoffpreise waren seitdem stark gestiegen, und die Effizienz von Fahrzeugen rückte immer mehr in den Mittelpunkt des Interesses.

Damit wuchs auch die Bedeutung der Aerodynamik. Denn insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten spielt der Luftwiderstand eine wichtige Rolle für den Kraftstoffverbrauch (siehe Kasten auf Seite 32). „Ab etwa 80 km/h wird er wichtiger als der Rollwiderstand der Reifen“, erklärt Marcel Straub, Fachprojektleiter Aerodynamik und Thermomanagement bei Porsche Engineering. „Und weil er quadratisch mit der Geschwindigkeit zunimmt, ist die Aerodynamik vor allem bei Fahrten auf der Autobahn ganz entscheidend für den Kraftstoffverbrauch.“

Wie groß der Luftwiderstand eines Fahrzeugs ist, bestimmt das Produkt aus Stirnfläche und c_w -Wert. Letzterer gibt an, wie stromlinienförmig eine geometrische Form ist. Dabei gilt: je kleiner, desto besser. Wassertropfen kommen dem Ideal recht nahe, weil sie vorne rund und hinten lang auslaufend sind. Ihr c_w -Wert liegt bei nur 0,05 (siehe den Text auf Seite 34). Allerdings lassen sich in tropfenförmigen Fahrzeugen Antrieb, Passagiere und Nutzlast nur schlecht unterbringen.

Seit den 1980er-Jahren hat sich die typische Keilform mit einer abgerundeten Front und einem kantigen Heck durchgesetzt. Sie dient vor allem dazu, den Sog

an der Rückseite des Fahrzeugs zu minimieren. Scharfe Kanten lassen die Strömung gezielt abreißen und verringern den Unterdruck, was den Luftwiderstand reduziert. So wurden die c_w -Werte immer besser: Der Opel Calibra kam 1990 auf 0,26, und der Audi A2 erreichte zehn Jahre später 0,25. „Das waren echte Sprünge bei der Aerodynamik“, erinnert sich Prof. Andreas Wagner, Inhaber des Lehrstuhls Kraftfahrwesen an der Universität Stuttgart.

Der nächste Sprung vollzieht sich derzeit, angetrieben vom Übergang zur Elektromobilität. „Elektrische Antriebe haben einen viel besseren Wirkungsgrad als ein Verbrennungsmotor, sodass die anderen Einflüsse auf den Energieverbrauch deutlich stärker ins Gewicht fallen“, erklärt Dr. Thomas Wiegand, Leiter der Aerodynamik-Entwicklung bei der Porsche AG. „Im Fahrzyklus WLTP ist die Aerodynamik bei E-Autos für 30 bis 40 Prozent der Verluste verantwortlich, im Gegensatz zu weniger als zehn Prozent bei einem Fahrzeug mit Diesel- oder Benzinmotor. Und weil die Durchschnittsgeschwindigkeit in kundennahen Zyklen noch höher ist als im WLTP, dürfte dieser Wert im realen Fahrbetrieb von E-Fahrzeugen sogar über 50 Prozent liegen.“

Entsprechend großen Wert legen die Hersteller auf eine optimierte Aerodynamik ihrer E-Fahrzeuge. Dabei kommt ihnen die neue Antriebstechnik entgegen: Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor haben im Unterboden einen Mitteltunnel und eine Abgasanlage, die von der Umgebungsluft gekühlt werden muss. Die zerklüftete Oberfläche führt zu Luftwirbeln und erhöht den Fahrwiderstand. Bei E-Autos sitzt zwischen Vorder- und Hinterachse hingegen die Batterie. Ihre Unterseite ist völlig glatt, was zu einer günstigen Aerodynamik beiträgt.

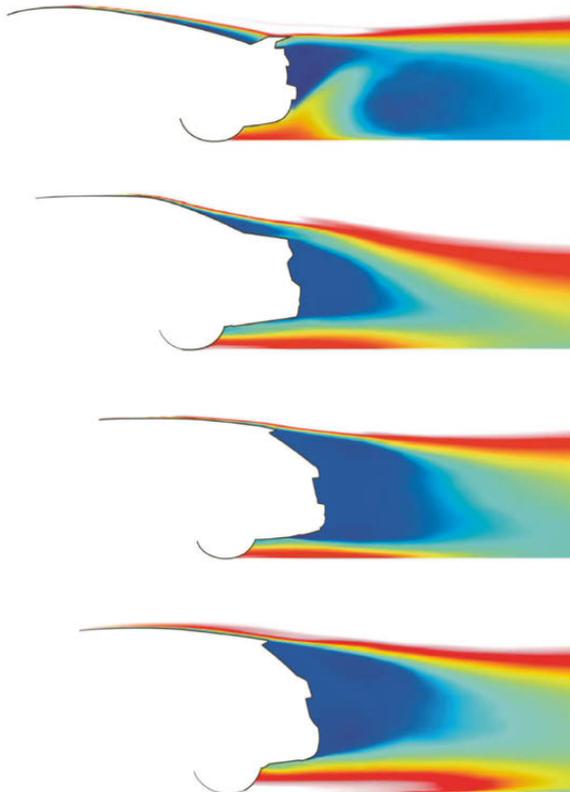
EINGRIFF DER AKTIVEN AERODYNAMIK

Ein weiteres Plus der E-Mobilität ist die geringere Wärmeentwicklung der Motoren, sodass weniger Energie über den Kühler abgeführt werden muss. Darum ist weniger bis keine Durchströmung des Motorraums nötig, was den Luftwiderstand von E-Fahrzeugen verringert. In vielen E-Fahrzeugen sorgen einzeln ansteuerbare Kühlluftklappen in den Lufteinlässen dafür, dass nur die wirklich benötigte Luftmenge über die Kühler und die Brems Scheiben geleitet wird. Weil die Technik hier je nach Fahrsituation aktiv eingreift, sprechen Experten bei solchen Maßnahmen von „aktiver Aerodynamik“.

Dazu gehören auch ein- und ausfahrbare Spoiler und luftgefederte Fahrwerke, die das Auto bei hohen Geschwindigkeiten absenken. „Um diese Maßnahmen umzusetzen, bauen wir bei Porsche Engineering auf unserer Kompetenz im Bereich Funktions- und Softwareentwicklung auf“, so Straub. „Dadurch können wir die aktiven Maßnahmen auf funktionaler Seite sicher zur Serienreife bringen.“ Moderne E-Fahrzeuge



Finale Bewährungsprobe: Trotz immer besserer Simulationen bleibt der Test im Windkanal für Aerodynamiker das Maß der Dinge. Aber die Computer holen stetig auf.



Einfluss der Fahrzeuggrundform: Die Größe des Nachlafs (in Blau) bestimmt maßgeblich den c_w -Wert eines Fahrzeugs. Von oben: Sportwagen, Limousine, Kombi und SUV.



„CFD-Simulationen haben in den letzten 20 Jahren enorm an Bedeutung gewonnen.“

Prof. Andreas Wagner
Inhaber des Lehrstuhls Kraftfahrwesen an der
Universität Stuttgart

WINDSCHNITTIG: MEILENSTEINE DER AERODYNAMIK-ENTWICKLUNG

Der Luftwiderstand besteht aus zwei Anteilen: Der **Reibungswiderstand** entsteht durch das Vorbeiströmen der Luftmoleküle an der Fahrzeugoberfläche. Er trägt nur wenig zum Fahrtwiderstand bei. Der **Druckwiderstand** ist der dominierende Anteil: Er entsteht durch den Luftaufstau vorne, der zu einem Überdruck führt, und einen Sog-Effekt am Heck des Fahrzeuges,



Audi 100 1982

Mit einem **c_w -Wert von 0,30** machte der Audi 100 vor 40 Jahren Furore. Die Ölkrise erforderte damals effizientere Fahrzeuge.

durch den ein Unterdruck entsteht. Beide erzeugen Kräfte, die das Fahrzeug abbremsen und vom Motor überwunden werden müssen. Je größer sie sind, desto höher ist der Kraftstoff- beziehungsweise Energieverbrauch – und umso geringer die erzielbare Reichweite.



VW XL1 2014

Das Einliter-Auto mit zwei Sitzen war mit einem **c_w -Wert von 0,16** sehr strömungsgünstig. Statt Außenspiegel hatte es Kameras.



Porsche Taycan 2019

Der erste rein elektrische Sportwagen von Porsche hat einen **c_w -Wert von 0,22**. Als E-Fahrzeug hat er einen sehr glatten Unterboden.



PAC-Car II 2005

Der zigarrenförmige Einsitzer hatte einen **c_w -Wert von 0,075**. Praxistauglich war das Fahrzeug mit 32 km/h Höchstgeschwindigkeit aber nicht.

Die Taycan Modelle

Verbrauchsangaben nach NEFZ:
Stromverbrauch kombiniert:
27,4–25,4 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Verbrauchsangaben nach WLTP:
Stromverbrauch kombiniert:
26,4–19,6 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Stand 06/2022

nutzen viele dieser technischen Möglichkeiten: Mit c_w -Werten von 0,22 und 0,20 liegen der Porsche Taycan beziehungsweise der Mercedes EQS bei der Aerodynamik weit vorne.

Aktive aerodynamische Maßnahmen könnten in Zukunft eine noch größere Rolle spielen und das Aussehen der Fahrzeuge während der Fahrt deutlich verändern. Mercedes-Benz hat beispielsweise das Konzeptfahrzeug Vision EQXX mit einem c_w -Wert von 0,17 vorgestellt. Zu den sichtbaren Veränderungen während der Fahrt gehört dort der Diffusor an der Heck-Unterkante: Er fährt ab 60 km/h automatisch um 20 Zentimeter nach hinten aus. Zusammen mit

der scharfen Abrisskante am außergewöhnlich langen Heck sorgt er für minimalen Luftwiderstand. „Beim EQXX lag der Fokus auf der Energieeffizienz“, berichtet Dr. Stefan Kröber, Aerodynamikingenieur bei Mercedes-Benz und Lehrbeauftragter am Karlsruher Institut für Technologie. „Ein wichtiger Teil davon ist die optimierte Aerodynamik. Der EQXX soll auf 100 km weniger als 10 kWh verbrauchen, während der aktuelle EQS noch bei mindestens 15 kWh liegt.“ Dass Autos künftig während der Fahrt ihre Form verändern, kann sich auch Experte Straub vorstellen: „Das Heck könnte beispielsweise bei hohen Geschwindigkeiten eckiger werden, um schärfere Abrisskanten auszubilden.



Grundlage dafür könnten neue Formgedächtnismaterialien sein. Sie verändern je nach Temperatur oder angelegter Spannung ihre Geometrie.“

An der Universität Stuttgart verfolgen die Forscher einen völlig neuen Ansatz: „Wir untersuchen, ob man mit gezielt eingebrachten Vibrationen an bestimmten Stellen der Karosserie den c_w -Wert verringern kann“, erklärt Wagner. „Wenn man in die Umströmung mithilfe von Lautsprechern einen definierten Puls einbringt, lässt sich deren Ablöseverhalten beeinflussen.“ Bei einem SUV sei es so gelungen, den c_w -Wert um sieben Prozent zu senken. „Das ist aber noch ein ganzes Stück von der Serie entfernt“, so Wagner. „Wir müssen zum Beispiel sicherstellen, dass die Passagiere kein Summen oder Wummern hören.“

IMMER BESSERE SIMULATIONEN

Wie stark sich ihre Ideen auf die Aerodynamik neuer Fahrzeuge auswirken, überprüfen Ingenieure und Designer im Windkanal und mit CFD-Simulationen (Computational Fluid Dynamics, deutsch: numerische Strömungsmechanik). „CFD-Simulationen haben in den letzten 20 Jahren enorm an Bedeutung gewonnen“, berichtet Wagner. „Man hat die mathematischen Methoden besser verstanden, genauere Tools entwickelt und auch die Leistung der Computer gesteigert.“

Allerdings stoßen die Computersimulationen heute noch an Grenzen. So ist es derzeit nur eingeschränkt möglich, die Auswirkungen der rotierenden Reifen zu berechnen. Auch ihre Verformung unter dem Gewicht des Fahrzeugs lässt sich heute nicht ausreichend genau simulieren. Das soll in Zukunft ebenso möglich sein wie die computergestützte Optimierung der Fahrzeuggeometrie. „Hier spielen zahlreiche Parameter wie beispielsweise der Verlauf der Seitenlinie, die A-Säule, die Heckdeckelhöhe oder der Diffusorwinkel eine Rolle“, erklärt Wagner. „Daraus ergeben sich so viele Kombinationsmöglichkeiten, dass ein Mensch sie nicht mehr überblicken kann.“ Intelligente Algorithmen könnten sich hingegen durch die Menge der Varianten bewegen und gezielt diejenigen Kombinationen finden, die einen niedrigen c_w -Wert versprechen. Möglich wäre es dann auch, einen Parameter – etwa die Höhe des Heckdeckels – aus Designgründen konstant zu halten und unter dieser Randbedingung die dann verbleibenden geometrischen Varianten durchzuspielen.

In Zukunft soll Künstliche Intelligenz (KI) zu effizienteren Prozessen beitragen. „Am Ende der Entwicklung sind wir verpflichtet, für jede Fahrzeugvariante individuelle Verbrauchs- oder Reichweitenwerte anzugeben, wozu neben dem Gewicht und dem Rollwiderstand auch die Aerodynamik beiträgt“, erklärt Wiegand. „Wir müssen darum für den aerodynamischen Anteil sehr viele Daten erzeugen.“ Allerdings steht aus den vorangegangenen Entwicklungsphasen bereits eine große Menge von Windkanal-Messwerten und Simulations-

„KI-Algorithmen könnten aus einem Bestand vorhandener Daten durch Interpolation und Extrapolation neue Daten erzeugen.“

Dr. Thomas Wiegand

Leiter der Aerodynamik-Entwicklung bei der Porsche AG

ergebnissen zur Verfügung. Diese sollen künftig besser strukturiert und mit modernen Methoden analysiert werden. „KI-Algorithmen könnten aus einem Bestand vorhandener Daten durch Interpolation und Extrapolation neue Daten erzeugen. Dadurch können wir Versuche gezielt planen und deren Anzahl reduzieren. Und wir müssten für die Typisierung nicht mehr alle Varianten messen.“

ECHTZEIT-OPTIMIERUNG MIT KI

Am Einsatz von KI-Methoden arbeitet auch Porsche Engineering. Ziel der Entwickler ist es, die Auswirkungen von Änderungen an der Fahrzeug-Geometrie in Echtzeit vorherzusagen. Während für jede Variante heute noch eine zeitraubende CFD-Simulation nötig ist, soll in Zukunft ein Neuronales Netz den Einfluss auf den c_w -Wert deutlich schneller berechnen. „Man ändert mit der Maus eine Form und sieht sofort, was das für die Aerodynamik bedeutet“, so Straub. „Für das Flügelprofil eines Porsche GT3 haben wir dieses KI-basierte Verfahren schon eingesetzt.“ Der neue Ansatz wird gemeinsam mit den KI-Experten von Porsche Engineering und der Methodenentwicklung der Porsche AG in Weissach weiterentwickelt.

Dass die aerodynamisch ausoptimierten Fahrzeuge künftig alle gleich aussehen, ist nicht zu erwarten. „Ein guter c_w -Wert ist auf unterschiedliche Art zu erreichen“, sagt Wagner. „Wenn man beispielsweise das Heck optimieren möchte, kann man die Heckdeckelhöhe und den Diffusor im Unterboden verändern. In Zusammenarbeit mit dem Design muss dann ein Optimum gefunden werden, das zur Marke passt. So lässt sich eine vergleichbare Aerodynamik mit unterschiedlichen Formen erreichen.“ Auch Experte Straub glaubt nicht an ein künftiges Einheitsdesign: „Es wird auch in Zukunft keine Verwechslungsgefahr bestehen – selbst bei den aerodynamisch besten Fahrzeugen.“ ●

ZUSAMMENGEFASST

Durch die Umstellung auf E-Mobilität machen Fahrzeuge gerade einen Sprung bei der Aerodynamik. Dazu sollen künftig verstärkt aktive Maßnahmen wie veränderbare Formen am Heck oder gezielt eingebrachte Vibrationen beitragen. Große Fortschritte gibt es auch bei den Simulationen und der Versuchsoptimierung mit Künstlicher Intelligenz.

NOCH FRAGEN?

Manche Fragen muss man sich einfach stellen. Hier gibt es die Antworten darauf – immer mit einem Augenzwinkern. Dieses Mal:

Wie sähe das aerodynamisch optimale Auto aus?

Text: Christian Buck
Illustration: Julien Pacaud

Mit einer möglichst windschnittigen Form Energie sparen und Reichweite gewinnen: Das ist das Ziel der Aerodynamik-Experten. „Würde man Fahrzeuge ausschließlich unter diesem Gesichtspunkt gestalten, hätten sie wahrscheinlich die Form eines Wassertropfens“, sagt Marcel Straub, Fachprojektleiter Aerodynamik und Thermomanagement bei Porsche Engineering. „Denn er hat eine Form, um die die Luft besonders widerstandsarm herumströmt – vorne rund und hinten spitz zulaufend, damit es keinen ‚Nachlauf‘ und keinen Sog entgegen der Fahrtrichtung gibt.“ Natürlich lässt sich das auch in Zahlen ausdrücken: Ein Wassertropfen hat einen c_w -Wert von 0,05. Das ist in der konkreten Umsetzung für ein Fahrzeug allerdings nicht zu erreichen.

Der Grund dafür: Zwar wäre die Tropfenform unter aerodynamischen Gesichtspunkten nahe dem Ideal, brächte aber offenkundig große Herausforderungen bei der Unterbringung von Motor, Passagieren oder Kofferraum mit sich. Als sehr herausfordernd erweisen sich aus Sicht der Aerodynamik-Entwicklung auch die Räder. Sie verwirbeln die Luft, und in ihren Radhäusern kommt es zu energiefressenden Strömungen. Hier könnte ein Luftkissen oder eine Magnetschwebetechnik Abhilfe schaffen.

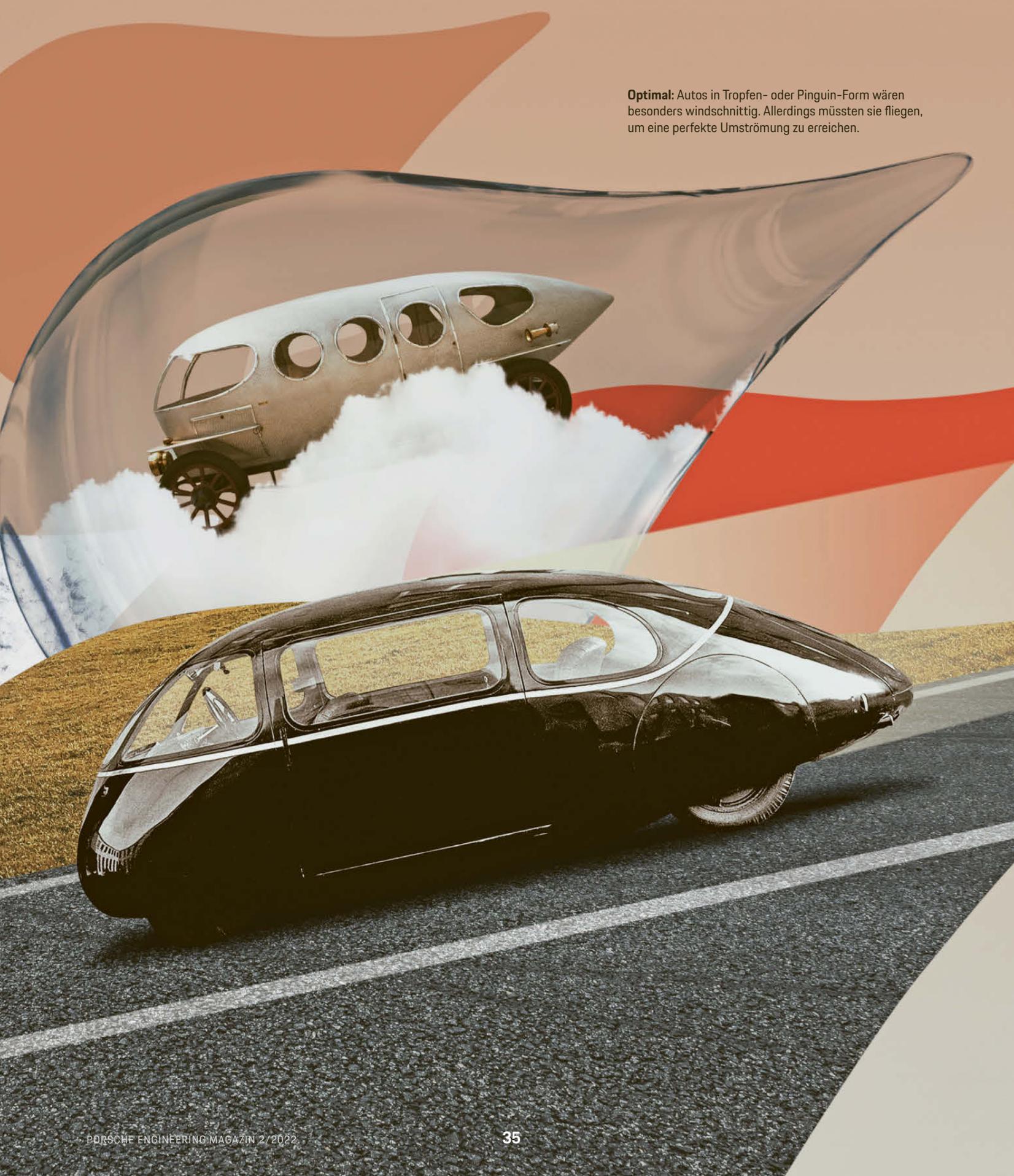
Ein weiteres Problem ist die Bodennähe von Fahrzeugen. Sie verhindert die perfekte

symmetrische Umströmung des Wassertropfens. Wenige Zentimeter über der Fahrbahn ist das schlicht unmöglich. Um hier Abhilfe zu schaffen, wäre ein „Fahren“ oder Fliegen in mehreren Metern Höhe nötig. Vielleicht gibt es darum bald Robotaxis, die wassertropfenförmig gebaut sind und windschnittig durch die Lüfte schweben – mit Flügeln und einem Propeller am spitzen Ende. Die Umsetzung war allerdings bisher nicht darstellbar.

Übrigens: Es gibt in der Natur eine Form, die noch ein wenig windschnittiger ist als der Wassertropfen: der Pinguin! In die Horizontale gekippt ergäbe er mit einem c_w -Wert von 0,03 ein aerodynamisch optimiertes Auto mit einer zugleich unverkennbaren Form. Aber auch hier verhindern die bodennahe Fahrlage, die Räder und die Anforderungen an den Bauraum die Realisierung. Es ist eben kein Zufall – und aus ästhetischer Sicht vielleicht auch kein Verlust –, dass Wassertropfen-Autos wie der „40-60 HP Aerodinamica“ von Alfa Romeo aus dem Jahr 1914 oder der „Schlörwagen“ von 1939 keine Schule gemacht haben. ●



Optimal: Autos in Tropfen- oder Pinguin-Form wären besonders windschnittig. Allerdings müssten sie fliegen, um eine perfekte Umströmung zu erreichen.



PERFORMANCE
UND EXPERTISE

ENTWICKLUNG
UND VALIDIERUNG
IN CHINA



Herausforderung für die Technik: Autofahren in China ist anders als in Europa oder den USA. Entwicklungsmethoden und Fahrzeugsysteme müssen dem Rechnung tragen.



立足中国市场 服务中国市场*

* In China, für China

Der chinesische Automobilmarkt unterscheidet sich stark vom europäischen – bei den gesetzlichen Rahmenbedingungen, der Verkehrsführung, den Kundenbedürfnissen und den digitalen Ökosystemen mit Anbietern wie zum Beispiel Baidu, Alibaba und Tencent. Darum baut Porsche Engineering seine Präsenz vor Ort kontinuierlich aus: Rund 130 Mitarbeiter entwickeln, testen und validieren China-spezifische Funktionen für das intelligente und vernetzte Fahrzeug. Vor allem bei Konnektivität, Infotainment und Assistenzsystemen ist eine Lokalisierung unerlässlich.

Text: Constantin Gillies

Autofahren in China ist anders, was schon ein Blick auf die Skylines zeigt. Durch die Metropolen schlängeln sich mehrstöckige Hochstraßen, die es so in Europa nicht gibt. Sie stellen besondere Ansprüche an die Navigationsgeräte. Denn die Technik muss erkennen, auf welcher der bis zu drei Ebenen das Fahrzeug unterwegs ist. Auf Stoppschildern fehlt in China mitunter das Wort „STOP“, was Bilderkennungs-algorithmen erst lernen müssen. Zudem nutzen viele Fahrer unterwegs die in Europa kaum bekannten digitalen Services von Technologiegiganten wie Baidu, Alibaba und Tencent.

Die Beispiele zeigen, dass Fahrzeuge an die Besonderheiten des chinesischen Marktes angepasst beziehungsweise speziell für diese entwickelt werden müssen. Deshalb ist Porsche Engineering bereits seit mehr als 30 Jahren für chinesische Kunden tätig – und baut seine Präsenz vor Ort weiter aus. Allein in diesem Jahr soll die Zahl der Mitarbeiter im Entwicklungszentrum Anting in Shanghai von rund 130 auf 160 steigen. Hauptaufgabe der Experten vor Ort ist es, China-spezifische Funktionen zu entwickeln, zu testen und zu validieren.

Da die Ansprüche der Sportwagenkunden in China hoch und spezifisch sind, hat sich die Porsche AG entschieden, dort eine eigene Entwicklungseinheit aufzubauen, den sogenannten R&D Satelliten. Er wird eng mit Porsche Engineering als Partner vor Ort zusammenarbeiten. Das Team des Entwicklungssatel-

„Wir achten darauf, dass die Technik optimal an den chinesischen Markt angepasst ist.“

Karina Steinmetz
Leiterin des Entwicklungssatelliten der Porsche AG



„Das intelligente und vernetzte Fahrzeug steht im Mittelpunkt der Entwicklungen von Porsche Engineering in China.“

Uwe Pichler-Necek
Geschäftsführer von Porsche Engineering China

传统与未来*

* TRADITION UND ZUKUNFT

Seit mehr als

30

Jahren ist Porsche Engineering für chinesische Kunden tätig – und baut seine Präsenz aus: Allein 2022 soll die Zahl der Mitarbeiter auf rund

160

steigen.

liten stammt überwiegend aus dem Bereich Elektrik/ Elektronik. „Wir achten darauf, dass die Technik optimal an den chinesischen Markt angepasst ist“, sagt Karina Steinmetz, Leiterin des Entwicklungssatelliten. Ladesäulen zum Beispiel verfügten dort über andere Stecker und Protokolle als europäische. Solche Eigenheiten gelte es zu berücksichtigen. „Außerdem erarbeiten wir eine lokale Teststrategie zu allen technischen Themen“, erklärt Steinmetz.

BEOBACHTER UND TECH-SCOUTS

Neben der technischen Absicherung übernehmen die Experten des Entwicklungssatelliten eine Rolle als Beobachter und Tech-Scouts. „Wir behalten die marktspezifischen technologischen Regularien und Standards im Blick“, gibt Leiterin Steinmetz als Beispiel. Außerdem verfolge man wichtige technische Entwicklungen in China, etwa in Bezug auf autonomes Fahren und Parken oder die Hochvolt-Technik. Bei seiner Arbeit soll das Team des Entwicklungssatelliten stark auf das Netzwerk vor Ort zurückgreifen. „Porsche Engineering ist für uns dabei ein wichtiger strategischer Partner“, betont Steinmetz.

„Das intelligente und vernetzte Fahrzeug steht im Mittelpunkt der Entwicklungen von Porsche Engineering in China, da diese Leistungen vor Ort besonders gefragt sind.“ sagt Uwe Pichler-Necek, der zum Juli die Geschäftsführung von Porsche Engineering China übernommen hat (siehe Seite 8). Das liegt unter anderem an der Kundschaft, die jünger und technikinteressierter als in Europa ist. Wer in China ins Porsche-Zentrum kommt, ist im Schnitt erst 35 Jahre



alt – und in jedem zweiten Fall eine Frau. „Viele Kunden gehören zur Generation Z, die mit der Digitalisierung und ständiger Vernetzung aufgewachsen ist“, sagt Kurt Schwaiger, der sechs Jahre lang als Geschäftsführer die Entwicklung von Porsche Engineering China erfolgreich vorangetrieben hat und nun in den Ruhestand geht. „Die Kunden erwarten eine nahtlose Integration des Smartphones in die Fahrzeugumgebung.“ Deshalb ist geplant, China-spezifische Services auch für unterwegs nutzbar zu machen, zum Beispiel die App WeChat, das chinesische Pendant zu WhatsApp. Um sie ins Fahrzeug zu bringen, haben Porsche und Audi ein auf dem Handy-Betriebssystem Android basierendes Hardware-Modul entwickelt, das im Fahrzeug eingebaut wird. Mit seiner Hilfe könnte sich der Fahrer in Zukunft zum Beispiel eingehende Nachrichten vorlesen lassen.

Zudem sind künftig mehr lokale Unterhaltungsangebote im Fahrzeug verfügbar. „In der kommenden Fahrzeuggeneration können chinesische Kunden sowohl einen lokalen Musik-Streamingdienst als auch eine populäre Podcast-Plattform nutzen, zusätzlich zu Apple Music“, sagt Qi Cao, zuständig für die Entwicklung des Infotainmentsystems. Anders als in Europa, wo die meisten Kunden ihr Fahrzeug am liebsten über Tasten oder Touchscreens bedienen, wird in China auch gerne per Sprachsteuerung kommuniziert. Außerdem

erwarten die Kunden ein sogenanntes Single Log-in. „Wer ins Fahrzeug steigt, will sofort alle Dienste nutzen, ohne nochmals Passwörter eingeben zu müssen“, erklärt Yasumasa Ibuki, für Test und Validierung des Infotainmentsystems verantwortlich.

INTENSIVE TESTS VOR ORT

Das Infotainmentpaket für den chinesischen Markt testet Porsche Engineering derzeit intensiv vor Ort.

„Durch HiL-Systeme kann die Erprobung schon starten, bevor das reale Fahrzeug zur Verfügung steht.“



Naikai Du
Senior Manager Electric & Electronics
bei Porsche Engineering China



Mehrstöckig: Die Hochstraßen in China haben bis zu drei Ebenen. Die Technik muss zuverlässig erkennen, wo sich das Fahrzeug gerade befindet.

Versuchsfahrzeuge haben dafür schon Tausende von Teststunden absolviert. Daneben nutzen die Experten Hardware-in-the Loop (HiL)-Systeme, in denen das Infotainmentpaket mit einer Nachbildung der realen Fahrzeugumgebung verbunden wird, etwa mit dem Kombiinstrument und den Bedienelementen. „So kann die Erprobung schon starten, bevor das reale Fahrzeug zur Verfügung steht“, erklärt Naikai Du, Senior Manager Electric & Electronics bei Porsche Engineering China. Daneben sparen Tests auf Prüfständen Kosten und ermöglichen es, real schwer durchführbare Situationen zu erproben. Ein Beispiel wäre das Senden des automatischen Notrufs, nachdem der Airbag ausgelöst wurde.

Auch der chinesische Verkehr verlangt Anpassungen. „Der Fahrstil in China unterscheidet sich stark von dem in Europa“, erklärt Uwe Pichler-Necek. Häufige Spurwechsel, das Nutzen jeder Lücke und nicht immer regelkonforme Überholmanöver sind keine Seltenheit in China. Das gilt es zum Beispiel bei der Kalibrierung des Abstandstempomaten (Adaptive Cruise Control, ACC) zu berücksichtigen. „Ein Einscheren muss früher erkannt werden“, sagt Pichler-Necek. „Außerdem darf die zeitliche Lücke zum vorausfahrenden Fahrzeug nicht zu groß werden. Sonst scheren so viele Verkehrsteilnehmer ein, dass kaum noch ein Fortkommen möglich ist.“

CHINASPEZIFISCHE ANPASSUNGEN

Um in Zukunft hochautomatisiertes Fahren zu ermöglichen, müssen die Systeme auch an die in China typischen Hochstraßen angepasst werden, schließlich gilt auf jeder Ebene eine andere Geschwindigkeitsbeschränkung. Um herauszufinden, auf welcher Ebene sich das Fahrzeug befindet, kann zum Beispiel die Neigung einer Auffahrrampe detektiert werden. Automatische Einparkfunktionen, die sich ebenfalls in

„Die Schlussfolgerung ist, kamerabasierte Funktionen künftig in China zu entwickeln und abzusichern.“

Johannes Wiebelitz
Entwicklungsingenieur für Fahrerassistenzsysteme bei Porsche Engineering



年轻化女性化 *

* JUNG UND WEIBLICH



Porsche-Kunden in China sind im Schnitt

35

Jahre alt.

Darunter sind

50

Prozent Frauen.

der Entwicklung befinden, benötigen auch eine China-Version, unter anderem, weil in vielen Parkhäusern farbige Schwellen die Stellplätze begrenzen. Algorithmen, die Kamerabilder auswerten, müssen anhand von Beispielbildern diese Besonderheit kennenlernen. Denn einen in Europa trainierten Algorithmus könnten die Schwellen zum vorzeitigen Abbremsen bringen.

Assistenzsysteme vor Ort zu entwickeln, stellt seit Kurzem allerdings eine Herausforderung dar. Denn im November 2021 ist in China ein neues Gesetz in Kraft getreten, das den Export von bestimmten im Fahrzeug erfassten Daten einschränkt (Personal Information Protection Law). Kommerziell genutzte Fotos oder Videos zum Beispiel, auf denen Kennzeichen, persönliche Informationen oder Personen zu erkennen sind, dürfen das Land nicht verlassen. Folge für westliche Hersteller: Bei jeder Erprobungsfahrt muss ein autorisierter chinesischer Dienstleister an Bord sein, der alle Datenträger in Empfang nimmt und die gesammelten Informationen „desensibilisiert“, also zum Beispiel alle Kennzeichen durch ein Einheitskennzeichen ersetzt. Diese Bilddaten weichen dann allerdings von den im Fahrzeug verfügbaren Rohdaten ab, was das Anlernen von KI-Algorithmen erschwert.

Geosensible Bus-Daten aus dem Fahrzeug und GPS-Informationen dürfen das Land ebenfalls nicht verlassen. „Die Schlussfolgerung ist, kamerabasierte Funktionen künftig verstärkt in China zu entwickeln und abzusichern“, sagt Johannes Wiebelitz, Entwicklungsingenieur für Fahrerassistenzsysteme bei Porsche Engineering. Das gelte insbesondere für autonome Fahrfunktionen, bei denen Kameradaten essenziell sind.

EIGENE ENTWICKLUNGSPHILOSOPHIE

Die Entwicklung des intelligenten und vernetzten Fahrzeugs wird in China mit einer eigenen Entwicklungsphilosophie vorangetrieben: „In Europa erwartet man, dass ein Fahrzeug seine Aufgaben auch ohne eine Datenverbindung erfüllen kann. In Asien bindet man sie bei der Funktionsentwicklung von Anfang an mit ein“, sagt Entwicklungsingenieur Wiebelitz. Ein Beispiel: Einige Ampeln in China senden ihren Status drahtlos aus, sodass der Fahrer auf dem Armaturenbrett oder in einer App ablesen kann, bei welcher Geschwindigkeit er grüne Welle hat. Automatische Fahrfunktionen sollen diese Daten von Anfang an nutzen (Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation, V2I). Zudem ist China bei der Vernetzung der Verkehrsteilnehmer untereinander (Vehicle-to-Vehicle, V2V) führend. Unfallfahrzeuge beispielsweise senden schon ein Signal aus, das herannahende Autos warnt.

Für die Vernetzung der Fahrzeuge möchte China nicht auf neue Technologien warten. Man setzt auf die vorhandenen Mobilfunknetze, während Europa den

„Die nächste Generation von Fahrzeugen in China wird über 4G beziehungsweise 5G mit dem Internet verbunden sein.“



Estha Li
Senior Manager Data and Connected Services
bei Porsche Engineering China

Standard WLAN nutzen will. „Die nächste Generation von Fahrzeugen in China wird über 4G beziehungsweise 5G mit dem Internet verbunden sein“, sagt Estha Li, Senior Manager Data and Connected Services von Porsche Engineering China. Dafür entwickeln die Experten vor Ort den zentralen Knoten für Telekommunikation im Fahrzeug weiter. Über ihn sollen künftig auch Ferndiagnosen und Software-Aktualisierungen möglich sein. Dabei muss europäische Technik stets lokalisiert

werden. „In China nutzt der Mobilfunk andere Frequenzen und Schnittstellen“, erklärt Thomas Pretsch, Leiter Fachdisziplin Connectivity bei Porsche Engineering. Ein interessantes Detail: Um die Reaktion von Testfahrzeugen auf ein Funkloch zu überprüfen, müssen es die Ingenieure vor Ort künstlich erzeugen – weil die Netzabdeckung in China so gut ist.

Eine weitere China-spezifische Funktion ist das Real Time Monitoring (RTM): Elektro- und Hybrid-Neuwagen müssen dynamische fahrzeugbezogene Daten, insbesondere den Akkustand, an die öffentliche Verwaltung übertragen; so erhofft man sich mehr Erkenntnisse über die E-Mobilität, etwa über Lücken in der Ladeinfrastruktur. Für ausländische Hersteller besteht keine Einbaupflicht, allerdings fragen viele Kunden aufgrund von regionalen und nationalen Anreizprogrammen nach der Funktion. Porsche Engineering entwickelt RTM im Auftrag der Porsche AG und pflegt einen engen Kontakt mit den Behörden, damit immer die neuesten gesetzlichen Vorgaben in der Entwicklung implementiert werden können.

Noch liegt der Schwerpunkt von Porsche Engineering in China auf der Lokalisierung. Doch das könnte nur ein Anfang sein. „Es ist denkbar, dass neue Technik in Zukunft zuerst in China entwickelt und danach global ausgerollt wird“, sagt Fachdisziplinenleiter Pretsch. Umso wichtiger ist es darum, mit einem starken Team direkt vor Ort zu sein. ●



ZUSAMMENGEFASST

Wegen der gesetzlichen und infrastrukturellen Besonderheiten sowie der spezifischen Kundenerwartungen müssen Entwicklungen für China weitgehend vor Ort durchgeführt werden. Porsche Engineering ist darum seit mehr als 30 Jahren in China präsent und baut seine Präsenz weiter aus. Sowohl Fahrzeugsysteme als auch Entwicklungsmethoden sind an die Besonderheiten des Landes angepasst.

Trendsetter: Künftig könnte neue Technik zuerst in China entwickelt und danach global ausgerollt werden.



„HOCHAUTOMATISIERTES FAHREN IST NUR EINE FRAGE DER ZEIT“

Prof. Hong Chen ist Dekanin am College of Electronic and Information Engineering und Inhaberin des Porsche-Lehrstuhls an der Tongji-Universität Shanghai. Im Interview spricht sie über die Besonderheiten des Verkehrs in China.

Wie wichtig sind hochautomatisiertes Fahren (HAF) und Fahrerassistenzsysteme (FAS) in China?

— **HONG CHEN:** Der Verkehr in China ist weitaus spezieller und komplexer als etwa in Europa und stellt eine größere Herausforderung dar – nicht nur aufgrund der Bevölkerungszahl und -dichte Chinas, sondern auch aufgrund der unterschiedlichen Kultur. Statistiken zufolge verbringen Menschen in Peking und Shanghai über zwei Stunden mit der täglichen Fahrt zur Arbeit. Zu den Hauptverkehrszeiten müssen Fahrer zur eigenen Sicherheit hochkonzentriert sein und die Last des Fahrens tragen. Autofahrer in China sind das Fahren in Staus leid und deshalb zur eigenen Entlastung offen für Alternativen wie HAF und FAS. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, investieren OEMs in China fortwährend in die Forschung und Entwicklung von hochautomatisiertem Fahren und Fahrerassistenzsystemen. Da die chinesische Regierung diese Technologien als effektive Lösung für Verkehrsstaus und Sicherheitsprobleme betrachtet, unterstützt sie deren Entwicklung kontinuierlich durch Verordnungen, Investitionen und Infrastrukturausbau.

Was ist in Bezug auf lokale Infrastruktur, lokale Topologie und gesetzliche Vorgaben zu beachten?

— **HONG CHEN:** Meiner Meinung nach ist für hochautomatisiertes Fahren in erster Linie die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben von Bedeutung. Wenn hochautomatisierte Fahrzeuge in einen Unfall verwickelt werden, bleibt die Frage der rechtlichen Verantwortung ein zentrales Thema. Um die geteilte Verantwortung für das Führen des Fahrzeugs zwischen Fahrer und hochautomatisierten Systemen zu regeln, könnten Zustimmungsvereinbarungen mit Versicherungsunternehmen Anwendung finden. Dies stellt womöglich das wichtigste Anliegen von Kunden sowie Automobilherstellern dar. Im Hinblick auf die lokale Infrastruktur und Topologie ließe sich die Realisierung von hochautomatisiertem Fahren durch die Verwirklichung der „Vehicle-Road-Collaboration“ und Vehicle-2-X-Kommunikation beschleunigen. China hat in diesem Bereich einen erheblichen Vorsprung und hat in den letzten Jahren rasante Fortschritte erzielt.

Was denken chinesische OEMs über hochautomatisiertes Fahren?

— **HONG CHEN:** Nach unserem Kenntnisstand empfindet ein Großteil der chinesischen OEMs hochautomatisiertes Fahren als Chance. Sie sind der Ansicht, dass Intelligenz und Automatisierung eine neue Ära in der Fahrzeugentwicklung eingeleitet haben. Hochautomatisiertes Fahren ist nur eine Frage der Zeit. Die Realisierung wird jedoch nicht plötzlich, sondern kontinuierlich vorstattengehen. Wie im SAE-Standard „Levels of Driving Automation“ beschrieben, wird dies voraussichtlich ein langer und sukzessiver Prozess sein.

Welche Technologieanbieter in China beteiligen sich an der Entwicklung?

— **HONG CHEN:** Derzeit sind viele Unternehmen an der Entwicklung von HAF und FAS in China beteiligt. OEMs wie FAW, Dongfeng, SAIC und Geely konzentrieren sich sowohl auf die Entwicklung von FAS in der Produktion als auch auf HAF für Häfen und Bergwerke. Letzteres zieht auch einige Hightech-Unternehmen wie Baidu, Didi und Huawei stark an, die ihre eigenen HAF-Projekte gestartet haben. Darüber hinaus wirkt eine Reihe von Start-ups wie Horizon Robotics, BlackSesame, RoboSense, Hesai und Xingshen aktiv an der Entwicklung des hochautomatisierten Fahrens mit. Schließlich unternehmen auch einige bekannte internationale Automobilzulieferer wie Bosch, Continental und ZF erheblichen Aufwand bei der Entwicklung von HAF in China.

Woran arbeiten Sie persönlich und die Tongji-Universität?

— **HONG CHEN:** Tongji ist eine der renommiertesten Universitäten im Bereich HAF. Zudem verfügt sie über die erste voll funktionsfähige Teststrecke für hochautomatisiertes Fahren in China. Die Forschung in diesem Bereich erstreckt sich über sämtliche Anforderungen für HAF – von der Vehicle-Road-Collaboration über die Vehicle-2-X-Kommunikation bis hin zum autonomen Fahrzeug selbst. Die Tongji-Universität kann insbesondere umfassendes Know-how in den Bereichen Markt- und Richtlinien-Analyse, Algorithmus-Design, Prüfverfahren und Evaluierung vorweisen. Als Porsche-Lehrstuhlinhaberin konzentriert sich meine Forschung auf die Entwicklung der Schlüsseltechnologien unter Einsatz fortschrittlicher Steuerungs- und lernbasierter Methoden für hochautomatisiertes Fahren. Wir arbeiten vor allem an der kooperativen Fahrgestellsteuerung für autonome Fahrzeuge, der prädiktiven Geschwindigkeitsregelung, der Entwicklung von „Robotaxis“ nach Level 4 und der intelligenten Analyse von hochautomatisiertem Fahren und vielem mehr. Zur Überprüfung und Validierung der entwickelten Algorithmen konzipieren wir zudem Testumgebungen auf unterschiedlichen Ebenen, wie Software-in-the-Loop, Hardware-in-the-Loop und Vehicle-in-the-Loop.

Wann wird Level 4/5 Realität werden?

— **HONG CHEN:** Das ist schwer zu sagen. Obwohl sowohl die Wissenschaft als auch die Industrie erhebliche Ressourcen in diesen Bereich investieren, bleibt die kurzfristige Realisierung von Level 4/5 eine Herausforderung. Dennoch lässt sich Level 3, wie im SAE-Standard „Levels of Driving Automation“ beschrieben, für bestimmte Szenarien bereits in naher Zukunft erreichen, zum Beispiel im öffentlichen Straßenverkehr. Analog ließe sich Level 4/5 zuerst in begrenzten Bereichen, wie etwa in Häfen und Bergwerken, und anschließend in offeneren Verkehrsszenarien realisieren. Die gute Nachricht ist, dass Level 4 („Robotaxi“) in China bereits in verschiedenen Testumgebungen auf offener Straße erprobt wurde, was zweifellos ein besseres Umfeld für die Forschung und Entwicklung von Level-5-Technologien schafft. Level 5 des hochautomatisierten Fahrens, das unter jeglichen Bedingungen funktionsfähig sein muss, wird allerdings noch einige Zeit benötigen.



Eingebettet in die Landschaft: Das NTC legt viel Wert auf den Schutz der Natur auf dem Testgelände.

Im Einklang mit der Natur

Nachhaltigkeit hat für das Nardò Technical Center (NTC) in Apulien viele Facetten. Entsprechend vielfältig ist die Palette der Maßnahmen – vom Klimaschutz über regionale Bildungs Kooperationen bis hin zum ehrenamtlichen Engagement der Mitarbeiter.

Text: Mirko Heinemann
Fotos: Mattia Balsamini





„Wir verstehen uns als Treiber sowohl für Automotive-Innovationen als auch im Bereich Nachhaltigkeit.“

Antonio Gratis,
Geschäftsführer des NTC

Ambitioniert: Geschäftsführer Antonio Gratis hat Nachhaltigkeit am NTC zur Chefsache gemacht.

2030 soll Porsche über die gesamte Wertschöpfungskette und den Lebenszyklus der neu verkauften Fahrzeuge hinweg bilanziell CO₂-neutral sein. Hinzu kommt für Gratis aber auch der soziale Aspekt: Das NTC ist nicht nur ein wichtiger Arbeitgeber in Apulien, sondern mit zahlreichen Initiativen auch ein aktiver Partner der Menschen in der Region.

Beim Klimaschutz ist das NTC ambitioniert. Es hat bereits damit begonnen, seinen CO₂-Fußabdruck zu verringern, und hat einen eigenen Nachhaltigkeitsfahrplan bis 2030 aufgestellt. Damit der ehrgeizige Plan erfüllt werden kann, wurde Nachhaltigkeit am Nardò Technical Center zur Chefsache gemacht: Im achtköpfigen „Energy Team“ ist neben Geschäftsführer Antonio Gratis fast das gesamte Top-Management vertreten. Hinzu kommen umfangreiche Investitionen in Technik und Infrastruktur, um Klimaneutralität zu erreichen.

MEHR ERNEUERBARE ENERGIEN

Um seinen CO₂-Fußabdruck zu verringern, setzt das Nardò Technical Center in erster Linie auf die Vermeidung von Kohlendioxid-Emissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen. Hinzu kommen umfangreiche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Geschäftsreisen will das NTC reduzieren und neue Gebäude auf dem Gelände künftig aus nachhaltigen Materialien bauen. Nicht vermeidbare CO₂-Emissionen sollen so auf allen Ebenen kompensiert werden.

„Unsere Aufgabe ist es, die Emissionen jedes Jahr zu reduzieren.“

Salvatore Baldi
Senior Manager Facilities Management
des NTC

Das Nardò Technical Center (NTC) in Apulien kann auf viele Höhepunkte zurückblicken. Seit seiner Gründung im Jahr 1975 wurden hier etliche Höchstgeschwindigkeits- und Langstreckenrekorde erzielt – zuletzt vom „Blizz Primatist“, einem windschnittigen Elektrofahrzeug nach dem Vorbild des legendären Z.E.R. von Bertone. Diese Höchstleistung steht zugleich auch als Symbol für eine neue Zeit am NTC: Während das Testzentrum seine Tradition technischer Exzellenz fortführt, spielt andererseits auch die Nachhaltigkeit eine immer größere Rolle für den süditalienischen Standort von Porsche Engineering.

„Klimaschutz und Verantwortung für die Region sind Teile unserer DNA“, sagt NTC-Geschäftsführer Antonio Gratis. „Wir verstehen uns als Treiber sowohl für Automotive-Innovationen als auch im Bereich Nachhaltigkeit.“ Wobei Nachhaltigkeit für Gratis mehrere Facetten hat. Zum einen hat sich das NTC die Klimaziele des Mutterkonzerns zu eigen gemacht: In

Die Taycan Sport Limousinen

Verbrauchsangaben nach NEFZ:

Stromverbrauch kombiniert:

27,4–26,0 kWh/100 km

CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

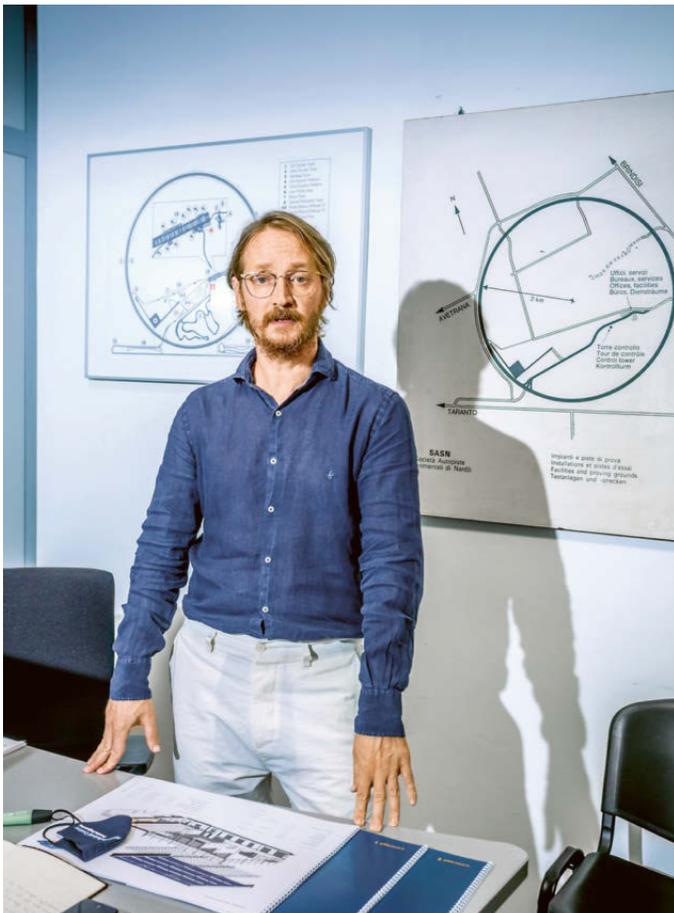
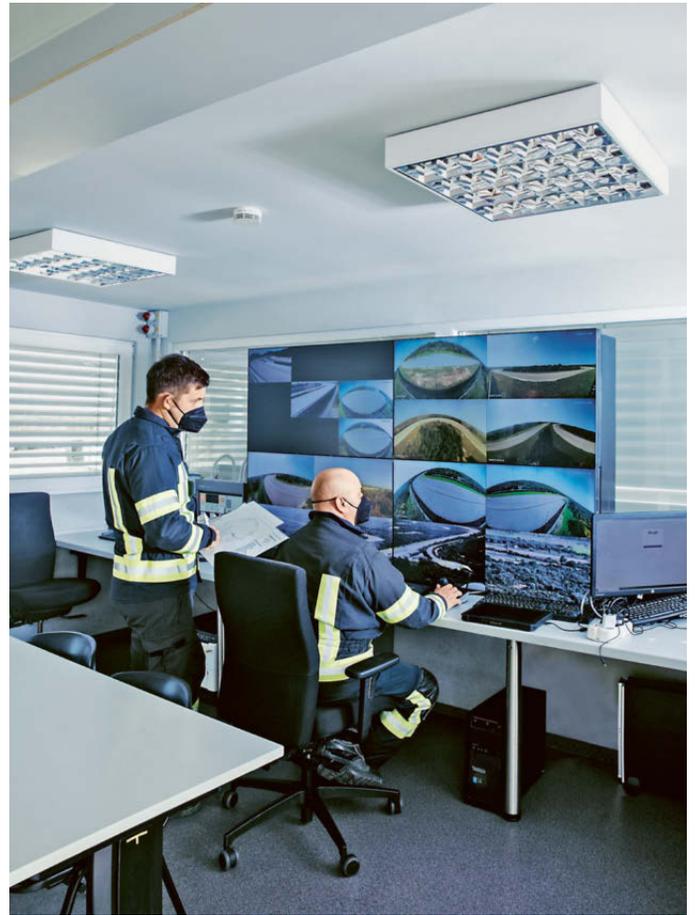
Verbrauchsangaben nach WLTP:

Stromverbrauch kombiniert:

24,7–20,2 kWh/100 km

CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

Stand 06/2022



Facetten der Nachhaltigkeit: Die NTC-Feuerwehr beobachtet mit Kameras das Gelände, um Brände schneller zu erkennen (oben). Salvatore Baldi verringert den CO₂-Fußabdruck des NTC. Und die umfangreiche Ladeinfrastruktur hilft bei der Entwicklung von E-Fahrzeugen.

Der Fortschritt auf dem Weg dahin lässt sich allerdings nur messen, wenn man die Ausgangssituation genau kennt. Am Beginn stand darum eine Bestandsaufnahme: „Wir haben unseren CO₂-Fußabdruck gemäß der internationalen Norm ISO 14064 ermittelt“, berichtet Salvatore Baldi, Senior Manager Facilities Management und Mitglied im Energy Team des NTC. Diese Norm zur freiwilligen Überprüfung von Treibhausgasemissionen erfasst Emissionen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.

„Unsere Aufgabe ist es, die Emissionen jedes Jahr zu reduzieren“, so Baldi. Bei seinen eigenen Emissionen hat das NTC alle Hebel selbst in der Hand. Für einen detaillierten Überblick und eine optimale Steuerung der Energieflüsse sorgen intelligente Messgeräte (Smart Meter). Sie überwachen den aktuellen Verbrauch, zum Beispiel in den Büros oder an den NTC-Ladestationen.

Bei den von außen bezogenen Dienstleistungen und Produkten hat das NTC hingegen keinen direkten Einfluss. Hier lautet die Devise: „Was wir nicht neutralisieren können, müssen wir kompensieren“, so Baldi. Als Mittel der Wahl gilt die Aufforstung von Wäldern. Doch dafür seien Land und Ressourcen begrenzt, gibt er zu bedenken. „Da die Zeit drängt, haben wir erste niedrigschwellige Maßnahmen sofort umgesetzt“, erklärt Baldi. 2021 wurde bereits der gesamte Strom auf erneuerbare Quellen umgestellt.

SCHUTZ VON TIEREN UND PFLANZEN

Neben dem Klima- spielt aber auch der Umweltschutz eine wichtige Rolle für das Nardò Technical Center – denn das Testgelände ist auch ein Rückzugsgebiet für einheimische Pflanzen und Tiere. Ihr Schutz bedeutet den NTC-Verantwortlichen darum viel: Wenn es

NTC-Nachwuchs am Werk: Angehende Mechatronikerinnen und Mechatroniker vermessen die Achsen eines Versuchsfahrzeugs.



„Sozialer Wandel lebt auch vom Engagement jedes Einzelnen.“

Roberto Buttazzi
Senior Manager Sales,
Customer Management & Marketing des NTC

irgendwo brennt, ist die Werksfeuerwehr schnell vor Ort und schützt die „Macchia“, die mediterrane Buschvegetation, vor ihrer Zerstörung. Und das tut sie nicht nur auf dem Gelände, betont Antonio Gratis: „Natürlich löschen wir auch Buschbrände in der Umgebung.“

Große Hitze im Sommer, ein geringer Niederschlag und Wassermangel prägen die Region Apulien. Für die Außenanlagen des NTC sind die klimatischen Verhältnisse schon heute eine Herausforderung; und welche Folgen der Klimawandel haben wird, ist noch nicht abzusehen. Aber man will vorbereitet sein. So werden 2022 verschiedene Ansätze des Xeriscaping auf dem Gelände erprobt. „Xeriscaping ist die Kunst, mit möglichst wenig Wasser eine möglichst üppige Vegetation zu erzielen“, erklärt Salvatore Baldi. „Das betrifft sowohl die Auswahl von Pflanzen, die mit Trockenheit gut zurechtkommen, als auch Maßnahmen gegen Verschwendung und Verdunstung.“ Die Xeriscaping-Versuche werden protokolliert und Erfolge im Nachhaltigkeitsbericht sowie den lokalen Medien präsentiert. „Jeder Erfolg, den wir hier erzielen, soll auch der Allgemeinheit dienen“, erklärt Gratis.

Dieses Ziel verfolgt das NTC auch im sozialen Bereich. Zum einen als Arbeitgeber: Es bietet den Menschen in der Region attraktive und sichere Arbeitsplätze. Und es fördert den Nachwuchs in Süditalien: Das NTC kooperiert mit mehreren Schulen und Universitäten, unter anderem mit dem Polytechnikum in Bari und der University of Salento im nahe gelegenen Lecce. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit stellt das Unternehmen Praktikumsplätze zur Verfügung und unterstützt Studierende mit Know-how sowie NTC-Ressourcen bei ihren Abschlussarbeiten. „Für uns ist das eine Verpflichtung“, sagt Gratis. Er will Klimaschutz und Nachhaltigkeit mit wirtschaftlichem Wachstum vereinen. Darum qualifiziert das Unternehmen auch Nachwuchskräfte aus der Region: In Zusammenarbeit mit einem örtlichen Berufsbildungsinstitut hat das NTC ein duales Berufsausbildungsprogramm aufgestellt. Im Rahmen einer zweijährigen Ausbildung werden zehn junge Absolventen zu hochqualifizierten Mechatronikern im Automobilbereich ausgebildet.

AKTIVER PARTNER DER GESELLSCHAFT

Daneben übernimmt das Nardò Technical Center aber auch soziale Verantwortung in der Region. „Wir möchten ein aktiver Partner sein, wie das im Porsche Konzern Tradition ist“, erklärt Roberto Buttazzi, Senior Manager Sales, Customer Management & Marketing, der für die entsprechenden Initiativen verantwortlich



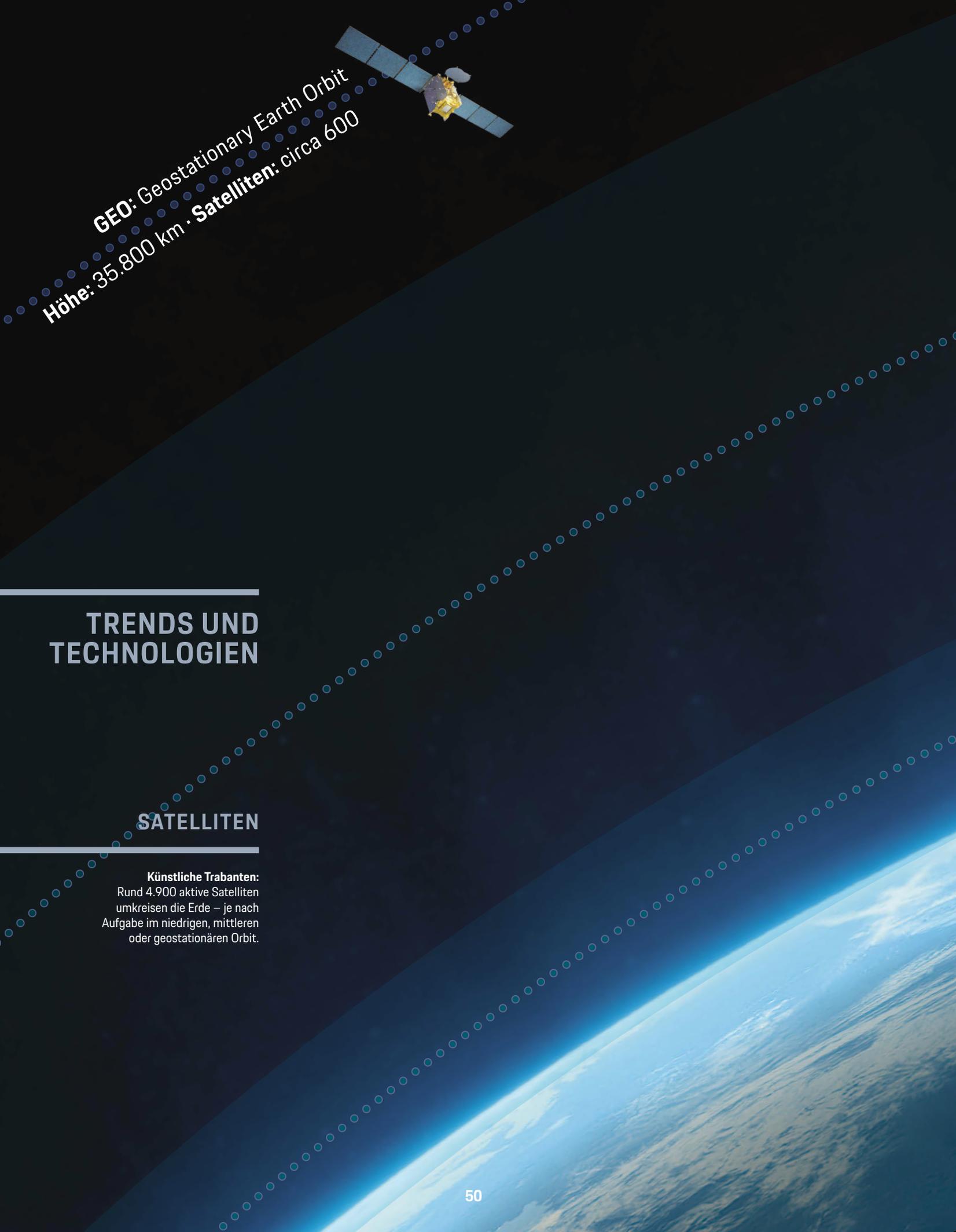
Naturschützer: Wenn es irgendwo brennt, ist die NTC-Werksfeuerwehr schnell vor Ort, um die mediterrane Buschvegetation zu schützen.

ist – zum Beispiel die Initiative „Turbo for Talents“, in deren Rahmen die Fußballjugend des AC Nardò unterstützt wird. Außerdem unterstützt das NTC seit acht Jahren einen Wohltätigkeitslauf. Dessen Einnahmen kommen der Kinderonkologie des regionalen Krankenhauses zugute. „Sozialer Wandel lebt aber auch vom Engagement jedes Einzelnen“, so Buttazzi. Darum gibt es neben den offiziellen Kooperationen des NTC auch Aktionen der Mitarbeiter. Sie engagieren sich für soziale Projekte und die Umwelt, wobei sie ihr Arbeitgeber nach Kräften unterstützt. So wurden im vergangenen Jahr Dutzende NTC-Mitarbeiter für einen bezahlten Tag von der Arbeit freigestellt, um einen Strandabschnitt von Plastikmüll zu reinigen.

„Das NTC ist in der Region als Unternehmen und als Arbeitgeber eine respektierte Größe“, sagt Gratis, der das Testzentrum als Treiber einer regionalen Entwicklung sieht, die Nachhaltigkeit mit Wachstum vereint. „Um das zu erreichen, ist nicht nur eine enge Anbindung an die lokalen Institutionen erforderlich – auch jeder Einzelne muss sich einbringen.“ Im NTC weiß man ganz genau: Spitzenleistungen werden am ehesten von motivierten Teams erzielt. ●

ZUSAMMENGEFASST

Das NTC versteht sich als Teil der lokalen Gemeinschaft in Süditalien und treibt neben Automotive-Innovationen auch das Thema Nachhaltigkeit voran. Zudem sieht sich das NTC als Partner für die Menschen in Apulien – in seiner Rolle als Arbeitgeber und Ausbildungsbetrieb, aber auch durch die Zusammenarbeit mit regionalen Universitäten.



GEO: Geostationary Earth Orbit
Höhe: 35.800 km · Satelliten: circa 600

TRENDS UND TECHNOLOGIEN

SATELLITEN

Künstliche Trabanten:
Rund 4.900 aktive Satelliten
umkreisen die Erde – je nach
Aufgabe im niedrigen, mittleren
oder geostationären Orbit.



MEO: Medium Earth Orbit

Höhe: 2.000 bis 35.800 km · Satelliten: circa 140



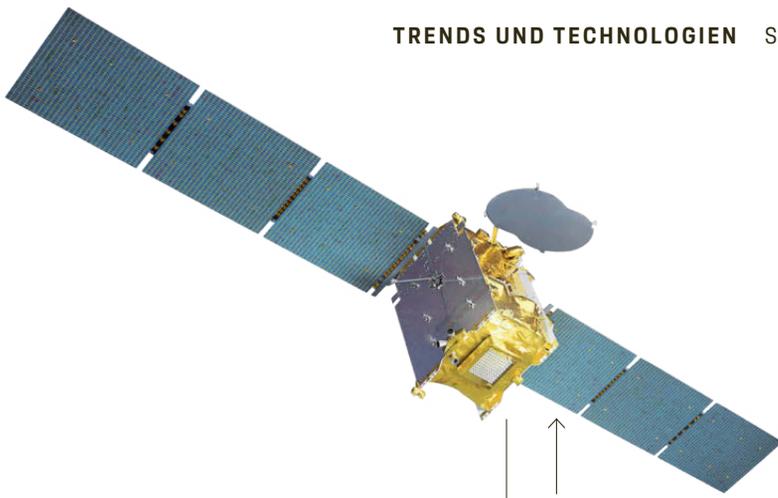
LEO: Low Earth Orbit

Höhe: 200 bis 2.000 km · Satelliten: circa 4.100 · ISS: Höhe circa 400 km

ÜBERIRDISCHE FUNKMASTEN

Die Fahrzeuge der Zukunft werden permanent vernetzt sein, wobei Satelliten eine wichtige Rolle spielen könnten. Neben US-Anbietern will auch ein europäisches Konsortium dafür ein Netzwerk im All aufbauen. Erste OEMs denken bereits über Kooperationen oder eigene Satelliten nach.

Text: Ralf Kund



GEO

Der große Vorteil des Geostationary Earth Orbit (GEO): Satelliten im GEO stehen immer an der gleichen Stelle am Himmel, weil sie sich pro Tag einmal um die Erde bewegen. Hier sind vor allem Fernseh-, Kommunikations- und Wettersatelliten zu Hause.

Die Automobilindustrie erlebt gerade einen tief greifenden Umbruch. Denn neben dem Umstieg auf Elektromobilität wandelt sich auch die Funktion des Fahrzeugs fundamental: „Wie die Industrie berichtet, geht der Trend vom reinen Fortbewegungsmittel zur Plattform für neue Geschäftsmodelle und Dienste“, sagt Dr. Björn Gütlich, Abteilungsleiter Satellitenkommunikation bei der Deutschen Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn. „Das ist vergleichbar mit dem Umbruch vom mobilen Telefon zum Smartphone.“

Und genauso wie beim Smartphone wird eine permanente Vernetzung auch für die Fahrzeuge der Zukunft eine entscheidende Rolle spielen. Denn neue softwarebasierte Funktionen wie das autonome Fahren können stark von einer ununterbrochenen Konnektivität profitieren, beispielsweise um Warnungen vor Gefahrenstellen aussenden oder empfangen zu können. Herannahende Fahrzeuge hätten dann noch genügend Zeit, sich auf die Situation einzustellen. „Eine schnelle, zuverlässige und globale Verbindung zum Internet wäre in Zukunft darum wünschenswert“, erklärt Dr. Sébastien Chartier, Geschäftsfeldleiter Hochfrequenzelektronik am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik. „5G- und 6G-Mobilkommunikation werden hier eine entscheidende Rolle spielen. Daneben dürften aber auch neue Generationen von Satelliten entscheidend dazu beitragen, die weltweite Abdeckung sicherzustellen und Funklücken ein Ende zu bereiten.“

SATELLITEN ALS IDEALE LÖSUNG

Das sieht auch DLR-Experte Gütlich so: „Die bestehende terrestrische Kommunikationsinfrastruktur allein wird voraussichtlich auf absehbare Zeit keine flächendeckende Abdeckung bereitstellen können.“ Der begrenzte Radius der künftigen 5G-Zellen mit einem Funkmast an jeder Straßenlaterne werde eine Ergänzung des Mobilfunks durch „überirdische Funkmasten“ nötig machen. „Satelliten sind dafür die ideale Lösung“, so Gütlich.



MEO

Je nach Flughöhe umrunden Satelliten im Medium Earth Orbit (MEO) die Erde verschieden oft pro Tag. Bekannte Beispiele sind die Satelliten der Navigationssysteme GPS, Galileo, GLONASS und BeiDou.

Satelliten sollen in Zukunft nicht nur das autonome Fahren unterstützen. „Sie könnten auch in Echtzeit aktuelle Informationen über das Verkehrsaufkommen an das Navigationssystem oder neue Software-Stände an die Fahrzeugelektronik senden. Und schließlich könnten die Daten aus dem All den störungsfreien Genuss des internetbasierten On-Board-Entertainments ermöglichen – selbst in abgelegenen Winkeln mit schlechtem Netz. Die Anwendungen von Satelliten im Automotive-Bereich sind demnach vielfältig“, bringt es Lutz Meschke, Stellvertretender Vorstandsvorsitzender und Mitglied des Vorstandes, Finanzen und IT bei der Porsche AG sowie Vorstand Beteiligungsmanagement bei der Porsche Automobil Holding SE, auf den Punkt.

Voraussetzung für die neuen Dienste ist aber zusätzliche Technik im Auto, vor allem für den Empfang der Daten aus dem All. Schüsselförmige Antennen wie bei stationären Anwendungen kommen wegen ihrer Größe und Form fürs Autodach nicht infrage. Stattdessen bieten sich dafür Phased-Array-Antennen an: Sie bestehen aus vielen kleinen Antennen und einer speziellen Elektronik, die die Sende- und Empfangsrichtung ständig an die Position der Satelliten anpassen kann (siehe Kasten auf Seite 53). So sorgen sie für einen unterbrechungsfreien Empfang der Daten. Phased-Array-Antennen sind zudem völlig flach und lassen sich in ein Schiebedach integrieren.

Die Satellitenflotten für die neuen Dienste werden sich im Low Earth Orbit (LEO) und im Geostationary Earth Orbit (GEO) um die Erde bewegen. Die erdnahen LEO-Satelliten sind bis zu 2.000 km von der Erdoberfläche entfernt, ihre GEO-Pendants befinden in einer Höhe von rund 35.800 km und stehen immer über der gleichen Stelle. Beide Orbits haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile, insbesondere mit Blick auf die Laufzeit der Signale zwischen Sender und Empfänger (Latenzzeit). „Der niedrige LEO-Orbit eignet sich wegen der geringen Latenzen von etwa 0,04 Sekunden für sehr schnelle Kommunikation, der GEO-Orbit mit circa 0,5 Sekunden Latenz ist ideal für die Verteilung



„Die Anwendungen von Satelliten im Automotive-Bereich sind vielfältig.“

Lutz Meschke
Stellvertretender Vorstandsvorsitzender
und Mitglied des Vorstandes,
Finanzen und IT bei der Porsche AG

von gleichem Content an viele Nutzer“, erklärt Walter Ballheimer, Geschäftsführer des Satellitenherstellers Reflex Aerospace.

Schon heute herrscht im LEO Hochbetrieb: Von den fast 4.900 aktiven Satelliten, die die Erde umkreisen, befinden sich rund 4.100 im erdnahen Orbit. Zum Vergleich: In einer GEO-Umlaufbahn sind derzeit nur etwa 600 Satelliten. Und die Zahl der erdnahen LEO-Satelliten wächst rasant: Allein 2021 wurden rund 1.660 ins All geschossen, während in den anderen Orbits nur rund 30 Satelliten hinzukamen. Das große Interesse am Weltraum hängt mit veränderten Rahmenbedingungen zusammen: War der Zugang zum All früher Staaten und deren Raumfahrtbehörden vorbehalten, entdecken heute immer mehr Unternehmen den Transport und Betrieb von Satellitenflotten als Geschäftsmodell der Zukunft.

EUROPÄISCHE ALTERNATIVE FÜRS ALL

Diesen Boom ermöglichen der Fortschritt der Technik und die zunehmende Privatisierung der Weltraumbranche: Satelliten werden immer kleiner und günstiger, und auch die Kosten für den Flug in den Orbit sinken dank preiswerter Raketen und des größeren Wettbewerbs unter den Anbietern. Der mit Abstand größte und bekannteste von ihnen ist das US-Raumfahrtunternehmen SpaceX von Elon Musk. Es hat bis Ende 2021 fast 1.800 LEO-Satelliten für sein Starlink-Netzwerk ins All gebracht. Sie sollen abgelegene Gebiete ins Internet bringen, außerdem will SpaceX auch Trucks, Boote und Flugzeuge mit Daten versorgen.

Bislang fehlt eine europäische Alternative zu Starlink. Um das zu ändern, haben der Münchner Raketenersteller Isar Aerospace gemeinsam mit Reflex Aerospace und dem Spezialisten für Laserkommunikation Mynaric Ende 2021 das Konsortium UN:IO gegründet. Es erhält von der EU 1,4 Millionen Euro, um bis 2025 eine Studie für eine eigene europäische Satellitenkonstellation zu konzipieren. Neben Anwendungen wie Breitband-Konnektivität, Grenzüberwachung und Zivilschutz betrachtet das UN:IO-Projekt auch vernetzte beziehungsweise autonome Fahrzeuge als mögliche Nutzer seines Angebotes.

„Dienste wie Videotelefonie, Streaming oder auch Anwendungen aus dem Bereich des autonomen Fahrens werden erst möglich sein, wenn genügend Satelliten im Orbit sind“, sagt Ballheimer. Verglichen mit Starlink will UN:IO aber deutlich weniger künstliche Trabanten ins All schießen. „Wir planen mit einigen Hundert Satelliten im LEO für schnelle Kommunikation und ein paar Dutzend im höheren Orbit für die Verteilung von gleichartigem Content wie Softwareupdates“, so Ballheimer. „Statt den niedrigen Erdorbit mit Zehntausenden Satelliten zu verstopfen, erreichen wir durch intelligente Kombination unterschiedlicher Orbits mit nur einigen Hundert Satelliten noch höhere Kommunikationsleistungen.“

Mehrere europäische Automobilhersteller zeigen großes Interesse, mit Satellitenbetreibern wie Starlink oder UN:IO zu kooperieren. Sie könnten dadurch von



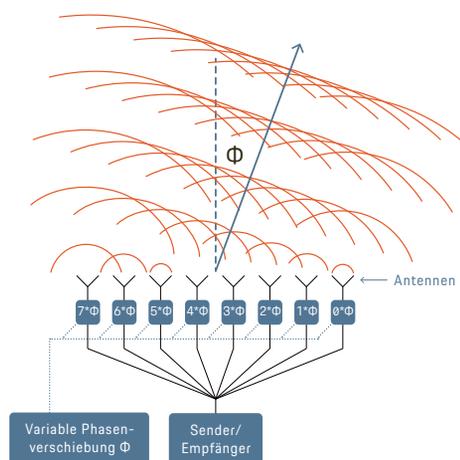
LEO

Im Low Earth Orbit (LEO) tummeln sich neben der Internationalen Raumstation ISS auch viele Wetter-, Erdbeobachtungs- und Kommunikationssatelliten. Er ist derzeit sehr gefragt: Die allermeisten neuen Satelliten werden in den LEO geschossen, zum Beispiel für das Starlink-Netzwerk.

der vorhandenen Infrastruktur und Expertise der Weltraum-Unternehmen profitieren. Der chinesische Automobilhersteller Geely setzt hingegen auf eine eigene Satellitenflotte. Sie soll nicht nur Daten an die Fahrzeuge liefern, sondern auch hochpräzise Navigationsdaten für die autonom fahrenden Autos des Unternehmens zur Verfügung stellen. Noch ist unklar, ob weitere OEMs diesem Modell folgen werden. Als Betreiber einer eigenen Satellitenflotte wären sie unabhängig von bestehenden Unternehmen, könnten die Technik für ihre Bedürfnisse optimieren und ihre Startslots frei bestimmen.

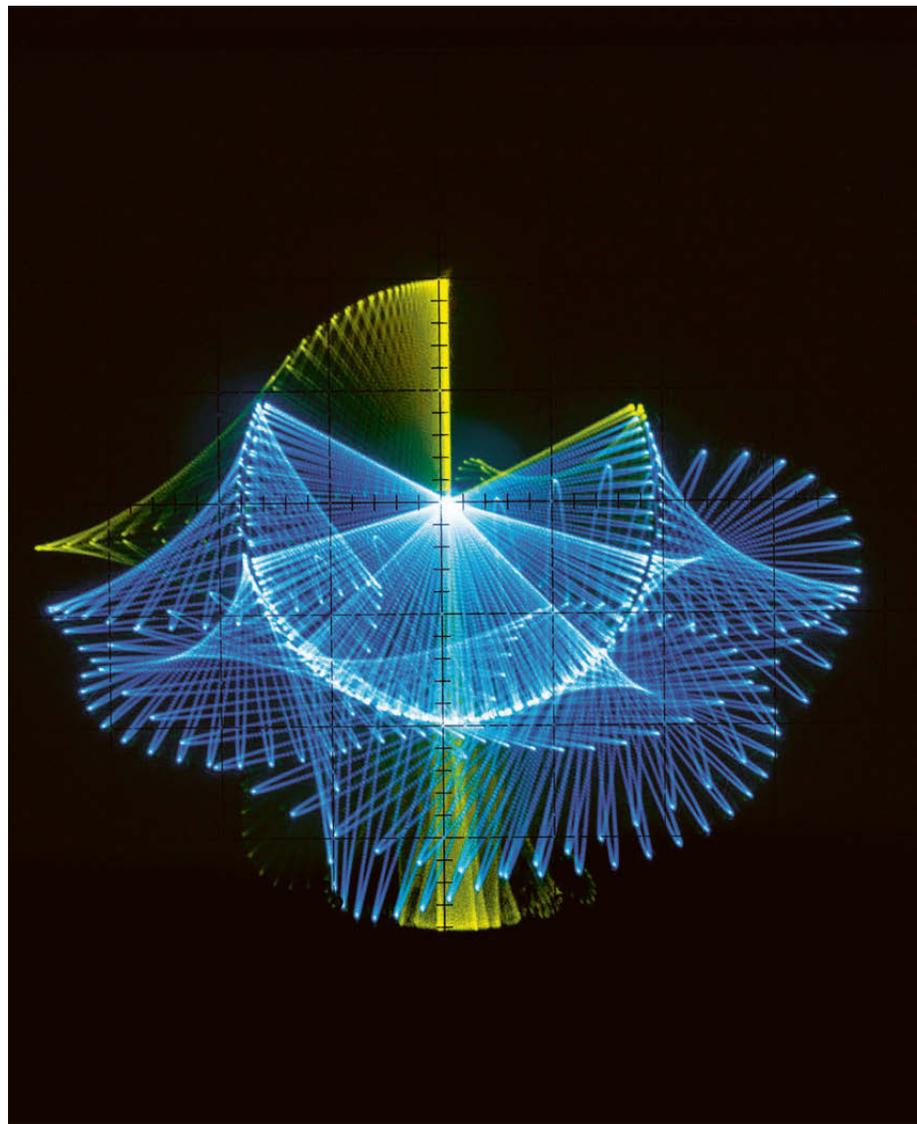
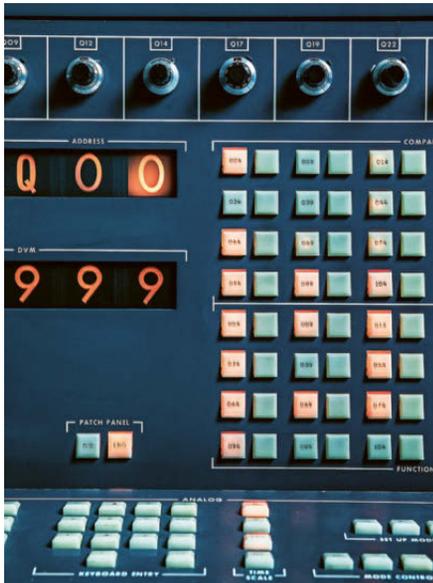
Auch die Porsche SE investiert in das Weltraumgeschäft: Sie hält seit Juli 2021 eine Beteiligung an Isar Aerospace. Das Unternehmen entwickelt seine Raketen in der Nähe von München und zeichnet sich gegenüber Wettbewerbern insbesondere durch eine hohe Wertschöpfungstiefe aus: Alle wesentlichen Komponenten werden von Isar Aerospace selbst entwickelt. Für Ende 2022 plant Isar Aerospace einen ersten Testflug seiner zweistufigen Trägerrakete „Spectrum“ von der norwegischen Insel Andøya aus. Später soll sie Kleinsatelliten unter anderem für Kunden wie das UN:IO-Konsortium ins All bringen – und so einen Beitrag dazu leisten, dass der Verkehr auf der Erde etwas sicherer und das Reisen angenehmer wird. — ●

Elektronisch ausgerichtet

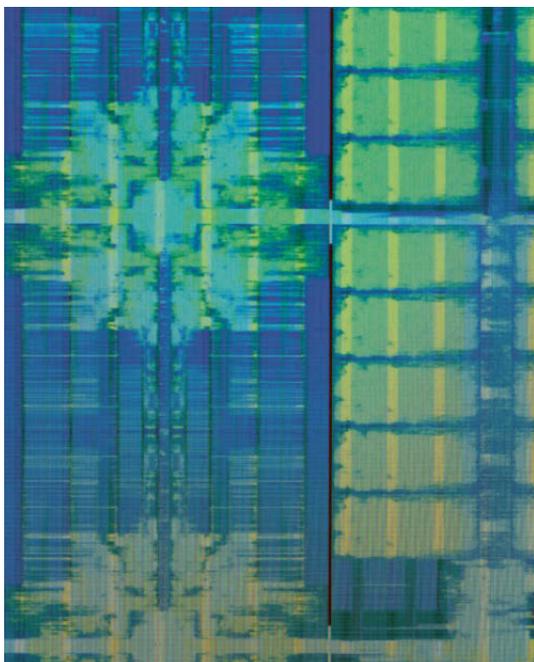


Für den **Austausch von Daten** muss die Antenne eines Fahrzeugs auf einen Satelliten ausgerichtet sein. Genau das leisten **Phased-Array-Antennen**: Sie bestehen aus einzelnen Antennen, die beim Senden mit jeweils unterschiedlicher Signalphase angesteuert werden. So kann man die Richtung der **maximalen Sendeleistung** rein elektronisch um einen Winkel Φ kippen. Beim Empfangen führt die Phasenverschiebung dazu, dass sich die Richtung der größten Empfindlichkeit vorgeben lässt.

Veränderung zum Besseren: Innovationen wie Computer, Mikroelektronik und Biotechnologie haben das Leben der Menschen sprunghaft verändert.



DER



Welche technischen Innovationen bringen menschlichen Fortschritt? Und wie gelingt es, bessere Lösungen für die großen Herausforderungen unserer Zeit zu finden? Ein Gastbeitrag von Rafael Laguna de la Vera und Thomas Ramge.

Fotos: Mattia Balsamini

GROSSE

Sprunginnovationen optimieren nicht. Sie schaffen neue, bessere Lösungen. Eine Sprunginnovation verändert unser Leben grundlegend zum Besseren und macht es nicht nur ein wenig bequemer – so wie die erste Kulturpflanze, das Einkorn, vor rund 10.000 Jahren. Mit dem ersten Getreide begann der Ackerbau – und die Menschen wurden sesshaft.

Die Erfindung des Segelboots vor 6.000 Jahren hat die Welt verändert, wie später der Nagel, der Zement, der Buchdruck und optische Linsen. Die Digitalcomputer der 1940er-Jahre lösten die digitale Revolution und eine Reihe von Sprunginnovationen aus, darunter Mikrochips, den PC und natürlich das Internet, das unser Leben in den letzten drei Jahrzehnten so stark verändert hat wie keine andere neue Technologie. Mit der aktuellen Sprunginnovation der mRNA-Impfstoffe können wir uns gegen neue Epidemien wappnen.

Was kommt als Nächstes? Niemand kann es sicher wissen, denn die Unberechenbarkeit liegt im Wesen der Sprunginnovation. Wohl aber können Individuen, Gesellschaften und Staaten ihr auf die Sprünge helfen – und zudem dabei auch sicherstellen, dass neue Technologie mehr nützt als schadet. Drei Hebel sind hier besonders wirksam:

→ **ERSTENS:** Die hochinnovativen Menschen brauchen mehr Förderung und Freiraum. Sprunginnovationen werden oft von „Nerds mit Mission“ in die Welt gebracht. Bei der Bundesagentur für Sprunginnovation nennen wir sie „High Potentials“ („HiPos“). Sie haben in der Regel drei herausragende Eigenschaften: ein extremes, oft obsessives Interesse auf ihrem Fachgebiet, eine hohe Resilienz bei Rückschlägen und einen tief verwurzelten Wunsch, eine Wirkung für die Welt zu erzielen. Ganz einfach im sozialen Umgang sind diese Charaktere oft nicht. Bildungssysteme müssen von frühem Alter an Freiräume und Fördermöglichkeiten für „HiPos“ schaffen, die quer zur Mehrheitsmeinung denken. Denn die Mehrheitsmeinung bringt keine Innovationen hervor. Bei vielen schulischen und universitären Förderprogrammen fallen jedoch sozial unangepasste Hochbegabte durchs Raster.

→ **ZWEITENS:** Risikokapital muss seinem Namen (wieder) gerecht werden. Für digitale Plattformen, oft Kopien von anderswo erprobten Geschäftsmodellen, steht weltweit nahezu unbegrenztes Risikokapital zur Verfügung. Das ist nachvollziehbar: Denn in der Regel ist das Risiko für die Investoren ziemlich gut berechenbar. Doch wo immer große Sprünge mit „Deeptech“ nach vorne unternommen werden, beispielsweise bei Klimatechnologien und Biotech, fehlt es an Kapital. Staat und Markt müssen hier Hand in Hand bessere Finanzierungsbedingungen für Sprunginnovatoren schaffen. Der Staat hat hierzu die Möglichkeit – durch intelligente Steueranreize, seine Einkaufsmacht (Aufträge für neue Technologien, die noch ausentwickelt werden müssen) und durch den Abbau von Bürokratie, unter anderem bei der Ausgründung von wissenschaftsnahen Start-ups aus Universitäten und öffentlich finanzierten For-

schungseinrichtungen. Die Risikokapitalgeber könnten sich öfter fragen, welche Wirkung sie außer kurzfristiger Rendite mit ihren Investitionen erzielen möchten. Die wachsende Anzahl an sogenannten „Impact-Investoren“ ist hier ein ermutigendes Signal.

→ **DRITTENS:** Wir müssen als Gesellschaft unser Verständnis dafür schärfen, welche Art von Innovationen wir auf Grundlage welcher Werte künftig entwickeln wollen. Hier brauchen wir das Rad nicht neu zu erfinden. Die Philosophie der Aufklärung gibt die Richtung vor. Ziel sind sprunghafte Innovationen, die das Leben einer größtmöglichen Anzahl von Menschen in größtmöglichem Umfang besser machen. Sinnvollen und sinnstiftenden Nutzen finden wir, wenn wir den Fokus auf menschliche Bedürfnisse richten, von basalen Lebensgrundlagen bis zur Möglichkeit zu individueller Selbstverwirklichung. Die „Bedürfnispyramide“ des Psychologen Abraham Maslow mit ihren unterschiedlichen Ebenen von den Grundbedürfnissen bis hin zur Selbstverwirklichung gibt hier wertvolle Hinweise, ebenso die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen.

SPRUNG

Wohin uns das führen wird? Wir als Technikoptimisten sind davon überzeugt, dass Wissenschaft und Technik in den kommenden Jahrzehnten viele Antworten auf die großen Herausforderungen unserer Zeit finden werden. Sie werden uns grüne Energie aus Wind und Sonne, Wasserkraft und Kernfusion im Überfluss bringen. Diese könnten so günstig sein, dass es sich kaum noch lohnt, sie abzurechnen. Durch CO₂-freie Energie für weniger als zwei Cent pro kWh lassen sich Armut und Hunger weltweit radikal senken. Mit ihr können wir der Atmosphäre in großen Mengen Kohlendioxid entziehen und den Klimawandel aufhalten. Die Welt wird dadurch deutlich friedlicher werden.

Forschende der Biomedizin verstehen derweil den Bauplan des Lebens immer besser. Mithilfe von Gentechnologie und Gesundheitsdatenrevolution stehen wir an der wissenschaftlichen Schwelle, die großen Krankheiten zu besiegen: Krebs und Demenz, Herzkreislauf-Erkrankungen und Autoimmunerkrankungen, psychische Erkrankungen und Lähmungen, Blindheit und schwere Hörschäden. Wir hoffen, dass es gelingt, den Alterungsprozess der Zellen deutlich zu verlangsamen, damit wir gesünder älter werden können. Und vielleicht sogar Zeit mit Ururenkeln zu verbringen.

Wir werden in den kommenden 20 Jahren ein System entwickeln, um große Asteroiden umzulenken, die auf die Erde zusteuern. Und obwohl zumindest einer von uns beiden Autoren nicht bereit wäre mitzufliegen: Wir hoffen, dass wir bis 2050 eine dauerhafte Kolonie auf dem Mars gründen. Warum? Weil das uns Menschen helfen wird, unseren alten Entdeckergeist neu zu entdecken und wieder den Mut zu entwickeln, wirklich große Sprünge zu wagen. ●

„Wir sind davon überzeugt, dass Wissenschaft und Technik Antworten auf die großen Herausforderungen unserer Zeit finden werden.“

Rafael Laguna de la Vera und Thomas Ramge



DIE AUTOREN

Rafael Laguna de la Vera ist Gründungsdirektor der Bundesagentur für Sprunginnovationen. **Thomas Ramge** ist Buchautor und Keynote-Speaker. Kürzlich erschien im Econ-Verlag ihr Buch „Sprunginnovation – Wie wir mit Wissenschaft und Technik die Welt wieder in Balance bekommen“.

PORSCHE UND PRODUKT

DER NEUE 911 SPORT CLASSIC



BACK

TO

Neu interpretiert: Vorbild für den neuen 911 Sport Classic war vor allem der 911 Carrera RS 2.7 aus dem Jahr 1973. Da werden Erinnerungen an die 60er- und frühen 70er-Jahre wach.



FUTURE THE

Mit dem neuen 911 Sport Classic stellt Porsche das zweite von insgesamt vier Sammlerstücken aus der Heritage Design Strategie vor. Die auf 1.250 Exemplare limitierte Kleinserie der Porsche Exclusive Manufaktur lässt den Stil der 60er- und frühen 70er-Jahre wiederaufleben.

Text und Fotos: Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

„Der neue 911 Sport Classic begründet das Zeitalter des Sportraummetallic.“

Michael Mauer

Leiter Style bei der Porsche AG



Flügelform: Der neue 911 Sport Classic zitiert die Fuchs-Felge aus dem Jahr 1967.

Wie schon sein unmittelbarer Vorgänger – der 2009 präsentierte 911 Sport Classic auf Basis der Modellreihe 997 –, ist dieses Fahrzeug vom Urmodell des 911 (F-Modell) aus den Jahren 1965 bis 1973 und insbesondere vom 911 Carrera RS 2.7 aus dem Jahr 1973 inspiriert. Das macht den neuen 911 Sport Classic zu einer Hommage an die Porsche-Tradition und weckt bei Kunden und Fans Erinnerungen an die 60er- und frühen 70er-Jahre.

Seine Ausnahmestellung unterstreicht der 911 Sport Classic auf den ersten Blick durch seine breite Karosserie, die sonst den 911 Turbo-Modellen vorbehalten ist. Während dort jedoch zwei seitliche Lufteinlässe in den hinteren Kotflügeln die Motorluft zuführen, erfolgt die Prozessluft-Ansaugung im 911 Sport Classic ausschließlich über die Öffnung unterhalb des Heckflügels. Somit können die seitlichen Lufteinlässe zugunsten der einzigartigen Optik entfallen.

Der große, feststehende Spoiler aus kohlefaser-verstärktem Kunststoff (CFK) ist das bestimmende Designmerkmal am Heck des 911 Sport Classic. Er greift die Form des legendären „Entenbüzels“ des 911 RS 2.7 von 1972 auf. Die dritte Bremsleuchte ist in den Spoiler integriert. Ein weiteres Highlight ist die Sicke auf Fronthaube und Doppelkuppeldach, die an die lackierten Doppelstreifen angepasst ist. Beide Bauteile sind aus CFK gefertigt, was Gewicht spart. Serien-

mäßige LED-Matrix-Hauptscheinwerfer in Schwarz inklusive Porsche Dynamic Light System Plus (PDLS Plus) sowie die eigenständig lackierte feste Spoilerlippe sorgen für ein sportliches Frontdesign.

Das Porsche-Wappen des 911 Sport Classic sitzt auf der Fronthaube sowie auf den Nabenabdeckungen der Felgen. Es ist nahezu identisch mit dem historischen Wappen von 1963 und rundet so das Heritage-Gesamtbild ab. Weitere außergewöhnliche Details sind der goldfarbene Porsche-Schriftzug und die Modellbezeichnung am Heck. Ihre außergewöhnliche Brillanz erhalten die Schriftzüge durch die mit echtem Gold veredelte Oberfläche.

INSPIRIERT VOM GRAU DES PORSCHE 356

Auf den vorderen Kotflügeln befinden sich goldfarbene „Porsche Exclusive Manufaktur“-Plaketten. Mit dem ersten 911 Sport Classic hat Porsche 2009 die Tradition der klassischen Manufaktur-Plaketten an dieser Stelle wiederbelebt. Wiesen sie früher auf Karosseriehersteller wie Reutter oder Karmann hin, sind sie heute die Herkunftsbezeichnung der Porsche Exclusive Manufaktur. Auf dem Gitter des Heckdeckels sitzt die „Porsche Heritage“-Plakette. Ihr Design erinnert an die Plakette des Porsche 356, die in den 50er-Jahren nach Erreichen der 100.000-Kilometer-Marke vergeben wurde. Die neue Plakette ist Erkennungsmerkmal aller vier Heritage Design-Fahrzeuge. Auch die 911 Targa 4S Heritage Design Edition trägt sie bereits.

Der neue 911 Sport Classic

Verbrauchsangaben nach NEFZ:
Kraftstoffverbrauch kombiniert: 12,8 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 292 g/km

Verbrauchsangaben nach WLTP:
Kraftstoffverbrauch gewichtet: 12,6 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 285 g/km
Energieeffizienzklasse: G

Stand 05/2022

Ebenso wie beim ersten 911 Sport Classic (Typ 997) ließen sich die Designer bei der exklusiven Lackierung der Kleinserie vom Modegrau des Porsche 356 inspirieren. „Der neue 911 Sport Classic begründet das Zeitalter des Sportgrau-metallic“, so Michael Mauer, Leiter Style bei der Porsche AG. „Egal, wie oft wir das Fahrzeug im Entstehungsprozess im Design Studio in Weissach gemeinsam angeschaut haben, wir waren uns immer einig: Langweilig ist Grau nie, ein Statement sehr häufig und cool tatsächlich immer.“

LACKAUFTRAG KOMPLETT VON HAND

Alternativ zum exklusiven Sportgrau-metallic ist der neue 911 Sport Classic auch in Schwarz uni, Achatgrau-metallic oder Enzianblau-metallic erhältlich. Doppelstreifen auf Fronthaube, Dach und Heckspoiler unterstreichen die sportliche Optik. Die Doppelstreifen sind jeweils in Sportgrau hell lackiert. Von der Maskierung bis zum Lackauftrag erfolgt alles per Hand. Mehrere Decklackschichten und Zwischenschliffe sorgen für einen perfekten Übergang über die verschiedenen Karosserieteile hinweg.

An die sportliche Tradition der Marke knüpft die Motorsport-Gratik an den Flanken an. Sie ist ebenfalls in Sportgrau hell gehalten und umfasst einen Porsche-

Schriftzug, ein rundes Startnummernfeld („Lollipop“) und optional eine individuelle schwarze Startnummer. Einzigartig ist auch das Antriebskonzept: Der 3,7 Liter große Sechszylinder-Biturbo-Boxermotor bringt 405 kW (550 PS) auf die Straße und überträgt seine Leistung ausschließlich über die Hinterräder auf den Asphalt. Damit liegt der 911 Sport Classic leistungsmäßig zwischen 911 GTS und 911 Turbo. Der Motor basiert auf den Aggregaten der aktuellen 911 Turbo-Modelle. Zur überlegenen Kraftentfaltung tragen die Lader mit variabler Turbinengeometrie (VTG) und Wastegates bei. Die serienmäßige Sportabgasanlage ist eigens auf das Modell abgestimmt. Zusammen mit dem teilweisen Entfall der Interieurdämmung sorgt sie für ein noch emotionaleres Sound-Erlebnis.

Gekoppelt ist der Boxermotor an ein Siebengang-Schaltgetriebe. Damit ist der 911 Sport Classic der stärkste handgeschaltete Elfer überhaupt. Das Getriebe besitzt eine Auto-Blip-Funktion: Ist sie aktiviert, gleicht sie beim Herunterschalten Drehzahlunterschiede zwischen den Gängen mit gezielten Zwischengasstößen aus. Der verkürzte Schalthebel ermöglicht kurze Schaltwege und sorgt für ein knackiges Schaltgefühl.

Das von 911 Turbo und 911 GTS abgeleitete Fahrwerk erfüllt hohe Performance-Ansprüche: Dank serienmäßigem Porsche Active Suspension Manage-

↓
405 kW
bringt der Sechszylinder-Biturbo-Boxermotor auf die Straße.

7 Gänge
hat das Schaltgetriebe. Der 911 Sport Classic ist der stärkste handgeschaltete Elfer überhaupt.

Klassiker: Highlight im Innenraum ist das ikonische Stoffmuster „Pepita“. Auch das Kombiinstrument mit zwei hochauflösenden Displays macht historische Anleihen.



„Der 911 Sport Classic ist nicht nur optisch unverwechselbar. Auch technisch glänzt er mit umfangreichen Anpassungen.“

Frank-Steffen Walliser

Leiter der Baureihen 911 und 718 bei der Porsche AG



Unverkennbar: Der Spoiler aus kohlefaserverstärktem Kunststoff CFK greift die Form des „Entenbürzels“ des 911 RS 2.7 von 1972 auf.



Erkennungsmerkmal: Die „Porsche Heritage“-Plakette schmückt alle vier Heritage Design-Fahrzeuge.

ment (PASM) reagieren die Dämpfer blitzschnell auf dynamische Veränderungen. PASM ist serienmäßig mit dem Sportfahrwerk und zehn Millimeter Tieferlegung kombiniert. Weil der 911 Sport Classic Hinterrad-antrieb hat, ist die Achslast an der Vorderachse geringer als bei den Allradmodellen. Darum haben die Fahrwerkexperten die Federrate an der Vorderachse leicht verringert. Auch die Lenkung samt serienmäßiger Hinterachslenkung wurde speziell auf den 911 Sport Classic abgestimmt.

Der 911 Sport Classic steht auf 20 beziehungsweise 21 Zoll großen Rädern mit Zentralverschluss. Die Oberflächen der breiten Speichen sowie das Felgenhorn sind poliert und heben sich so optisch vom schwarz lackierten Felgenbett und den ebenso schwarzen Flanken der Speichen ab. Mit ihrer Gestaltung in Form eines Flügels oder Kleeblatts erinnern sie an die legendäre Fuchs-Felge, die zu den bekanntesten Porsche-Rädern gehört. 1967 hatte Porsche zusammen mit der Otto Fuchs KG das erste Schmiederad aus Leichtmetall für den 911 S präsentiert. Die Porsche Ceramic Composite Brake (PCCB) gehört zur Serienausstattung des 911 Sport Classic. Die Bremssättel sind in Schwarz (hochglanz) lackiert und tragen einen weißen Porsche-Schriftzug.

AUSGEZEICHNETE FAHREIGENSCHAFTEN

„Der 911 Sport Classic ist nicht nur optisch unverwechselbar. Auch technisch glänzt er mit umfangreichen Anpassungen“, bringt es Frank-Steffen Walliser, Leiter der Baureihen 911 und 718 bei der Porsche AG, auf den Punkt. „Das Sportfahrwerk mit tiefergelegter Karosserie und die spezifische Fahrwerkabstimmung ermöglichen ausgezeichnete querdynamische Fahreigenschaften.“

Highlight im Innenraum ist das ikonische Stoffmuster „Pepita“ an den Türspiegeln und Mittelbahnen der Sitze. Es besteht aus kleinen Karos, die durch schräg verlaufende Streifen miteinander verbunden sind. Pepita war 1965 erstmals als offizielle Ausstattung in einem Porsche 911 erhältlich. Ein erstes Comeback erlebte das Muster 2013 im Zuge des Sondermodells „50 Jahre 911“. Einen besonderen Auftritt hatte das Original-Pepita zudem im Interieur des „911 Nr. 1.000.000“ – einem extra angefertigten Einzelstück.

Die Bi-Color-Semianilin-Lederausstattung in Schwarz/Classic Cognac sorgt für einen eleganten Kontrast zum Exterieur und ist gleichzeitig ein Ausdruck von Coolness. Porsche hat Semianilin-Leder bereits im 918 Spyder eingesetzt. Im 911 Sport Classic erscheint es erstmals im charakteristischen Farbton Classic Cognac. Zum Schutz erhält es nur einen dünnen Lackauftrag, wodurch die natürliche Struktur des Leders sichtbar und das weiche Griffgefühl erhalten bleiben. Das historische Porsche-Wappen findet sich im Interieur wieder. Auf den Kopfstützen der adaptiven Sportsitze Plus und dem GT Sportlenkrad unterstreicht es zusammen mit dem geprägten Schriftzug „Porsche Exclusive Manufaktur“ auf dem Deckel des Ablagefachs die außergewöhnliche Handwerkskunst.



Renn-Optik: Der neue 911 Sport Classic und der 911 Targa 4S Heritage Design Edition aus dem Jahr 2020 haben ein Startnummernfeld an den Flanken.

Auf der Zierblende über dem Handschuhfach sitzt die goldfarbene Limitierungsplakette mit der persönlichen Nummer. Sie zeugt von der Exklusivität des 911 Sport Classic.

Auch das moderne Kombiinstrument mit zwei hochauflösenden Sieben-Zoll-Displays macht in mehrfacher Hinsicht historische Anleihen: Der analoge Drehzahlmesser besitzt eine klassische Nadel. Für maximale Kontraste sorgen weiße Zeiger und Skalenstriche. Die grünen Ziffern sind eine Hommage an den legendären Porsche 356, der Sport Classic-Schriftzug stellt den Bezug zur Neuzeit her. Auch die digitalen Displays sind an das Heritage-Design angepasst worden.

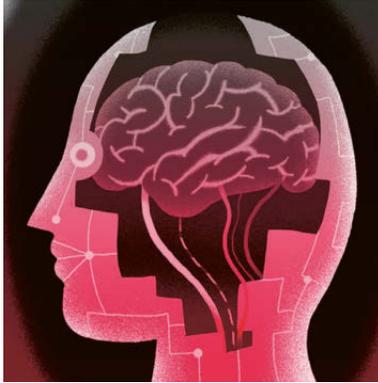
Porsche Design bietet den Käufern des Sondermodells mit dem Chronographen 911 Sport Classic auch eine ganz besondere Uhr an. Das Zifferblatt lässt sich passend zum Fahrzeug konfigurieren: Eine Möglichkeit ist ein mattschwarzes Zifferblatt im Heritage Design. Die grünen Ziffern und Skalenstriche sowie die weißen Zeiger sind an den Drehzahlmesser angelehnt. Alternativ können entweder die Sport Classic-Streifen in Sportgrau hell oder das Pepita-Muster aus dem Fahrzeuginterieur fürs Zifferblatt gewählt werden.

Wie der Porsche-Schriftzug am Heck des Autos oder die Plakette im Innenraum ist das auf dem Zifferblatt applizierte Porsche Design-Logo in Gold ausgeführt. Das Design des Aufzugsrotors ist von den Rädern des Fahrzeuges abgeleitet, während die Abdeckkappe des Rotors formal den Zentralverschluss der Leichtmetallräder aufgreift. Weitere Parallelen zum Fahrzeug sind die beiden im Set enthaltenen Armbänder in Schwarz und Classic Cognac. Sie sind aus demselben Leder wie das Fahrzeuginterieur gefertigt und tragen eine „911“-Prägung. Wie alle Uhren von Porsche Design wird auch dieses besondere Modell in der Porsche-eigenen Uhrenmanufaktur in Solothurn in der Schweiz hergestellt. ●

ZUSAMMENGEFASST

Mit dem neuen 911 Sport Classic stellt Porsche das zweite von insgesamt vier Sammlerstückchen aus der Heritage Design Strategie vor. Er lässt den Stil der 60er- und frühen 70er-Jahre wiederaufleben. So schmückt im Innenraum das ikonische Stoffmuster Pepita die Türspiegel und die Mittelbahnen der Sitze. Zeitlich gestaffelt und in limitierten Stückzahlen wird Porsche insgesamt vier Kleinserien auflagen.

Wissen vertiefen



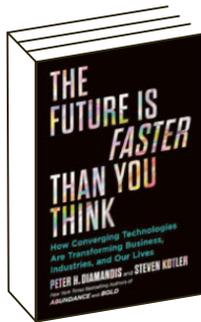
PODCAST

Eintauchen in die Zukunft

In diesen Podcasts behandelt die renommierte US-Zeitschrift „MIT Technology Review“ aktuelle Zukunftsthemen wie Künstliche Intelligenz oder den Kampf gegen Fake News. Wer hier zuhört, kann über die neuesten Entwicklungen mitdiskutieren.

Deep Tech – MIT Technology

www.technologyreview.com/podcast/deep-tech



BUCH

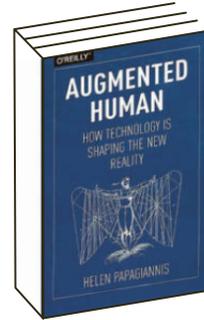
Umwälzungen wie nie zuvor

Die Autoren zeigen auf, wie sich unsere Welt durch technologische Entwicklungen in den nächsten zehn Jahren verändern wird. Ihre These: Wir werden mehr Umwälzungen erleben und mehr Wohlstand schaffen als in den letzten hundert Jahren.

The Future Is Faster Than You Think

Peter H. Diamandis, Steven Kotler
Simon & Schuster

Über den Tellerrand



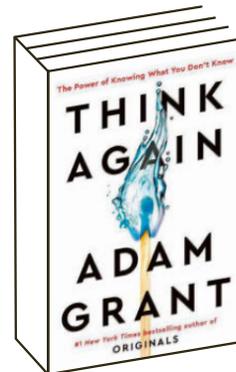
BUCH

Erweiterte Erfahrung

Eine weltweit führende Expertin erklärt, wohin sich Augmented Reality entwickeln wird. Zu den Themen des Buches gehören maschinelles Sehen, haptische Technologien, erweiterter Sound und digitale Gerüche. Außerdem erfährt man viel über elektronische Textilien und Avatare als Stellvertreter des Menschen.

Augmented Human

Helen Papagiannis
O'Reilly Media



BUCH

Flexibles Denken

Gerade in einer sich rasant verändernden Welt ist eines ganz besonders gefragt: flexibles Denken. Zugleich ist es aber schwierig, Überzeugungen aufzugeben und die Komfortzone zu verlassen. Der Autor zeigt, wie man geistige Offenheit entwickeln kann.

Think Again

Adam Grant
Piper

Für das Kind in uns



GADGET

Mini-Flitzer im original Porsche Design

Dieser Bausatz ist etwas für kleine und große Porsche-Fans. Er enthält ein Rennauto mit Rückziehmotor im authentischen Design des realen Formel-E-Porsche-Rennautos. Und mit der LEGO Technic Augmented Reality App erweckt die Rennstrecke zum Leben.

LEGO Technic Formula E Porsche 99X Electric



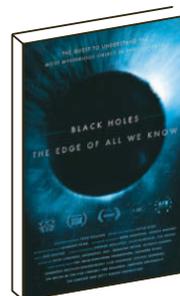
GADGET

Hydraulik-Hand zum Selberbauen

In diesem Bausatz steckt eine präzise steuerbare Roboter-Hand, die dreimal so groß ist wie das menschliche Original. Ihre Finger werden ganz intuitiv durch die Hand des Nutzers bewegt und allein durch Wasserdruck angetrieben. Ein völlig neues Greifgefühl – für Links- und Rechtshänder.

Kosmos Cyborg-Hand

Intelligent unterhalten



FILM

An den Grenzen der Erkenntnis

Sie sind die wohl geheimnisvollsten Objekte im Kosmos: Schwarze Löcher, deren gewaltiger Anziehungskraft nichts entkommt. Der Film zeigt Aufnahmen des Event Horizon Telescope (ein weltweiter Verbund von Radioteleskopen) und verbindet sie mit theoretischen Überlegungen des Physikers Stephen Hawking.

Schwarze Löcher – Die Grenzen unseres Wissens
Netflix



SERIE

Viel Action und schwarzer Humor

Die Fernsehserie „The Umbrella Academy“ basiert auf der gleichnamigen Comicreihe von Gerard Way und Gabriel Bá. In der dritten Staffel bekommen es die Helden mit der „Sparrow Academy“ zu tun – einer Gruppe von sieben am selben Tag geborenen Kindern.

The Umbrella Academy 3
Netflix

2001

REVOLUTION AUF ZWEI RÄDERN



Harley-Davidson
Modell „V-Rod“

Motor
Zweizylinder V2

Hubraum
1.131 cm³

Leistung
86 kW (117 PS)

hr Name war Programm: Die „Revolution Engine“ sollte tatsächlich eine kleine Revolution beim amerikanischen Motorradhersteller Harley-Davidson einläuten. Der Zweizylinder-V2-Motor mit 1.131 cm³ Hubraum war als Antrieb einer völlig neuen Kategorie von Bikes gedacht, den „Sport Cruisern“ – angelehnt an die klassischen US-Motorradtypen aus der Zeit zwischen den 1930er- und 1960er-Jahren, allerdings mit deutlich stärkerer Motorisierung.

Entstanden ist der 117 PS starke Antrieb im Rahmen des Joint Ventures „Revolution Powertrain“, das Porsche und Harley Davidson 1996 gegründet hatten und an dem der Stuttgarter Sportwagenhersteller 49 Prozent der Anteile hielt. Die transatlantische Zusammenarbeit war bereits eingeübt, denn die Entwicklungspartnerschaft zwischen Porsche und Harley-Davidson reichte bis ins Jahr 1969 zurück. Mit der Gründung des Gemeinschaftsunternehmens hatte sie allerdings eine neue Stufe erreicht.

Auch bei der Performance des neuen Motors wollten die Porsche-Ingenieure Maßstäbe setzen. „Wir haben mit einem weißen Blatt Papier begonnen und alles von Grund auf neu entwickelt“, erinnert sich Klaus Fuoss, der 1998 als Entwicklungsingenieur zu dem Projekt stieß und heute die Antriebsentwicklung bei Porsche Engineering leitet. „Mit seinen vier Ventilen und den Doppelnockenwellen war der Motor technisch auf dem neuesten Stand.“

Für Fuoss ist das Projekt bis heute ein Highlight seiner Karriere: „Ich konnte nur selten im Non-Automotive-Bereich arbeiten. Außerdem hatte ich noch nie die Gelegenheit, im Rahmen eines Joint Ventures einen Motor zu entwickeln.“ Zudem war auch die Technik anspruchsvoll: Durch die Geometrie des V2-Motors mussten die Ingenieure starke Triebwerkschwingungen austarieren und hohe Drehmomentspitzen abfangen. Selbst der Prüfstand in Weissach musste an den Motor angepasst werden. „Er war zwar klein, aber durch sein hohes Drehmoment ein kleines Biest“, erinnert sich Fuoss, der den neuen Antrieb auf zahlreichen Testfahrten in den USA und im Schwarzwald kennenlernte.

Am Ende waren alle technischen Herausforderungen überwunden, und der neue Antrieb überstand auch den 500-Stunden-Dauertest, der eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 160 km/h auf dem Prüfstand simulierte. „Der Motor war unverwundlich, sodass eine Fahrleistung von mehr als 100.000 Kilometern kein Problem darstellte – ein Quantensprung auch bei der Qualität“, berichtet Fuoss. Außerdem sah er gut aus: „Function follows Styling“ war die Devise bei der Entwicklung. Nur metallische Teile waren zu sehen, alle Schläuche und Kabel blieben den Blicken verborgen.

2001 ging das Harley-Davidson-Modell „V-Rod“ mit dem neuen Motor in Serie, von der Presse „Porsche-Harley“ getauft. Es begeisterte die anspruchsvolle Kundschaft sowohl durch seine Leistung als auch durch den Sound des wassergekühlten Motors. Erst 2018 schickte der US-Motorradhersteller das Modell in Rente.



„Mit seinen vier Ventilen und den Doppelnockenwellen war der Motor technisch auf dem neuesten Stand.“

Klaus Fuoss
Leiter Fachbereich Antrieb
bei Porsche Engineering

Porsche Engineering Magazin

Herausgeber

Porsche Engineering Group GmbH
Michael Merklinger

Redaktionsleitung

Frederic Damköhler

Projektleitung

Caroline Fauss

Redaktion

Axel Springer Corporate Solutions GmbH & Co. KG, Berlin
Chefredaktion: Christian Buck
Projektmanagement: Nicole Langenheim
Bildredaktion: Bettina Andersen

Autoren

Richard Backhaus, Constantin Gillies,
Mirko Heinemann, Ralf Kund,
Rafael Laguna de la Vera,
Thomas Ramge

Art Direction

Christian Hruschka, Thomas Elmenhorst

Übersetzung

RWS Group Deutschland GmbH, Berlin

Kontakt

Porsche Engineering Group GmbH
Porschestraße 911
71287 Weissach
Tel. +49 711 9110
Fax +49 711 91188999
Internet: www.porsche-engineering.de

Produktion

Herstellung News Media Print, Berlin

Druck

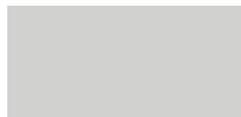
Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH
Hans-Böckler-Straße 52
30851 Langenhagen

Leserservice

Ihre Anschrift hat sich geändert oder eine Kollegin / ein Kollege
soll auch regelmäßig das Porsche Engineering Magazin erhalten?

Senden Sie gerne Firma, Name und Anschrift an:

magazin@porsche-engineering.de



Bildquellen, soweit nicht anders ausgewiesen: Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG; S. 1: Cover: Dan Matutina; S. 3: Martin Stolberg; S. 4-5: Fotos: Annette Cardinale, Mattia Balsamini, Getty Images – Illustrationen: Romina Birzer; S. 7: Theoder Barth; S. 8-9: Adobe Stock; S. 10-11: Illustrationen Benedikt Rugar; S. 12-17: Fotos: Annette Cardinale; S. 18-23: Illustration: Andrew Timmins; S. 26 PR Nürburgring; S. 28-29: Rafael Krötz; S. 32: Audi AG, Mercedes Benz AG; S. 34-35: Illustration: Julien Pacaud; S. 36-43: Getty Images (3), Istock; S. 44-49: Mattia Balsamini; S. 50-53: Getty Images, Nasa; S. 54-55 Fotos Mattia Balsamini, Michael Hudler, SPRIND GmbH; S. 62-63 PR

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.
Für die Rücksendung unverlangt eingesandten Materials kann keine Gewähr übernommen werden.
Porsche Engineering ist eine 100%ige Tochtergesellschaft der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG.

