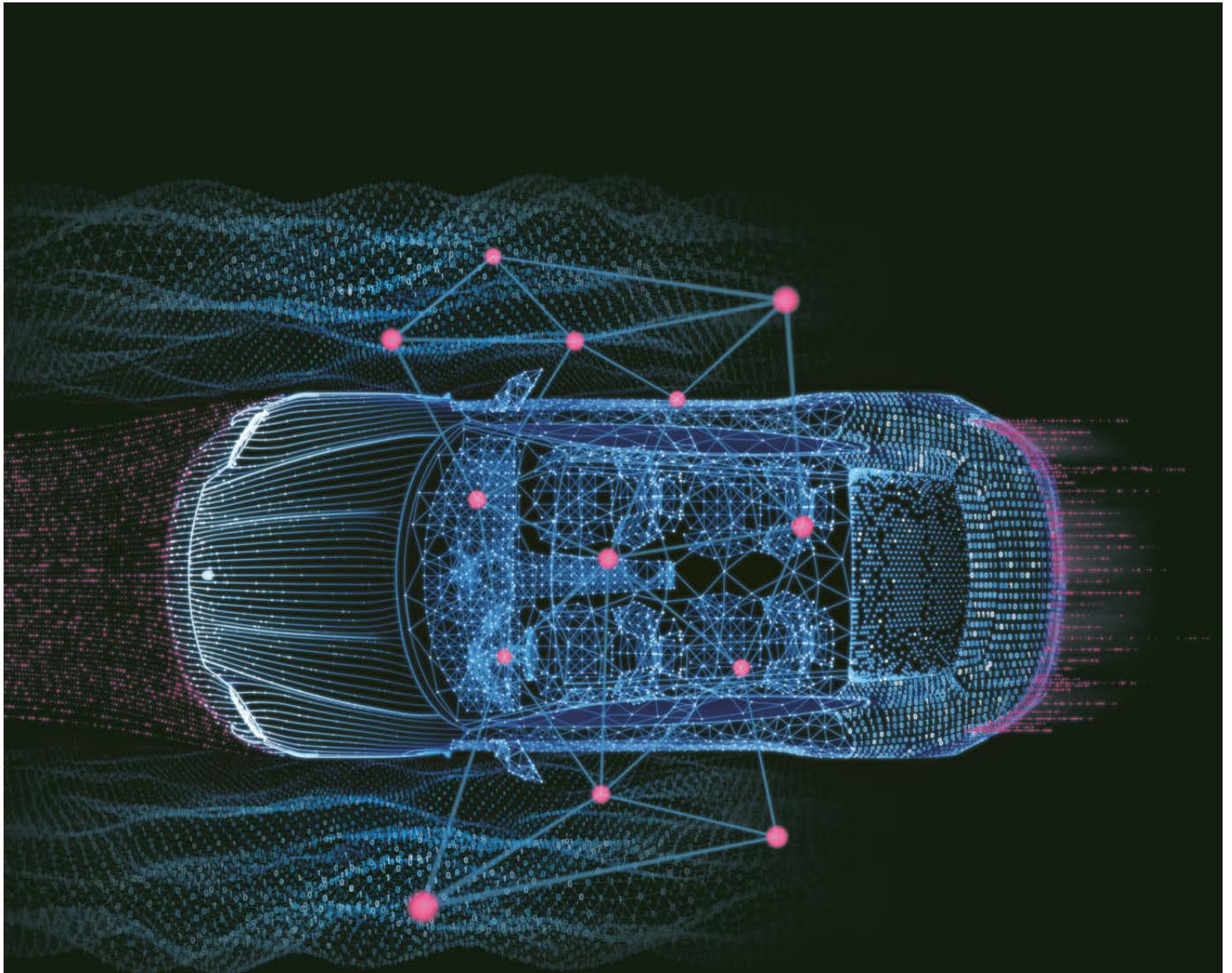


Porsche Engineering

Magazin
Ausgabe
2/2021

www.porsche-engineering.de



DER WEG IN DIE AUTOMOBILE ZUKUNFT

Intelligent. Vernetzt. Digital

Nutzt Elektrizität. Speichert Abenteuer.

Der neue Taycan Cross Turismo. Soul, electrified.

Stromverbrauch (in kWh/100 km) kombiniert 29,4; CO₂-Emissionen (in g/km) kombiniert 0



PORSCHE



Dr. Peter Schäfer
Geschäftsführer von Porsche Engineering

Liebe Leserinnen und Leser,

Pioniergeist prägt seit jeher die Geschichte von Porsche. Dies gilt für den Sportwagenhersteller Porsche genauso wie für die Porsche-Kundenentwicklung. Seit der Gründung des Porsche Konstruktionsbüros vor 90 Jahren widmen wir uns technischen Herausforderungen mit Herzblut und Ideenreichtum. Dabei haben wir stets das Ziel, die Innovation von morgen zu entwickeln.

Was Ferdinand Porsche mit Pionierarbeiten wie dem „Volkswagen“ begann, schreiben wir heute mit der Entwicklung von Technologien für das intelligente und vernetzte Fahrzeug der Zukunft fort. Dabei haben wir stets auch spezifische Marktanforderungen für digitale Funktionen im Blick. Darum steht die aktuelle Ausgabe unseres Magazins unter dem Motto „Intelligent. Vernetzt. Digital“.

Welche Potenziale Künstliche Intelligenz bei neuen Fahrfunktionen eröffnet, zeigt unser Bericht über den „Big Data Loop“. Durch Lernen in der Cloud wird es möglich sein, Fahrfunktionen auch nach der Auslieferung eines Fahrzeugs weitgehend automatisch zu optimieren und den Kunden so einen Mehrwert zu bieten. Was wir im Rahmen des Proof of Concepts am Beispiel eines Abstandsregeltempomaten demonstrieren konnten, ist für viele weitere Fahrfunktionen interessant. Auch für die zunehmende Bedeutung der Vernetzung ist der „Big Data Loop“ ein gutes Beispiel. Denn hier nutzen wir Daten von allen Fahrzeugen einer Flotte, um jedes einzelne von ihnen zu optimieren.

Vernetzt und lokal gehen wir bei der Automobilentwicklung in China vor. Hier müssen wir einerseits – wie in anderen Märkten auch – Fahrzeuge möglichst nahtlos mit dem digitalen Ökosystem ihrer Nutzer verbinden. Andererseits gilt es aber auch, die Besonderheiten der lokalen Infrastruktur zu beachten und die Angebote von einheimischen Technologieunternehmen wie Tencent oder Alibaba zu berücksichtigen. Da Porsche Engineering seit mehr als 20 Jahren in China aktiv ist, sind wir für diesen Brückenschlag bestens vorbereitet.

Die Kombination aus intelligentem und lokalem Vorgehen steht auch beim Projekt „KI Delta Learning“ im Mittelpunkt. Hier ist das Ziel, intelligenten Fahrfunktionen selektiv etwas Neues beizubringen. Das ist besonders wichtig, wenn wir Fahrzeuge mit möglichst wenig Aufwand an lokale Gegebenheiten anpassen wollen.

„Intelligent. Vernetzt. Digital“: So werden wir uns auch in Zukunft den Technologien von morgen widmen – und die Tradition zur Innovation weiter fortsetzen.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen unseres Magazins!

Ihr Peter Schäfer



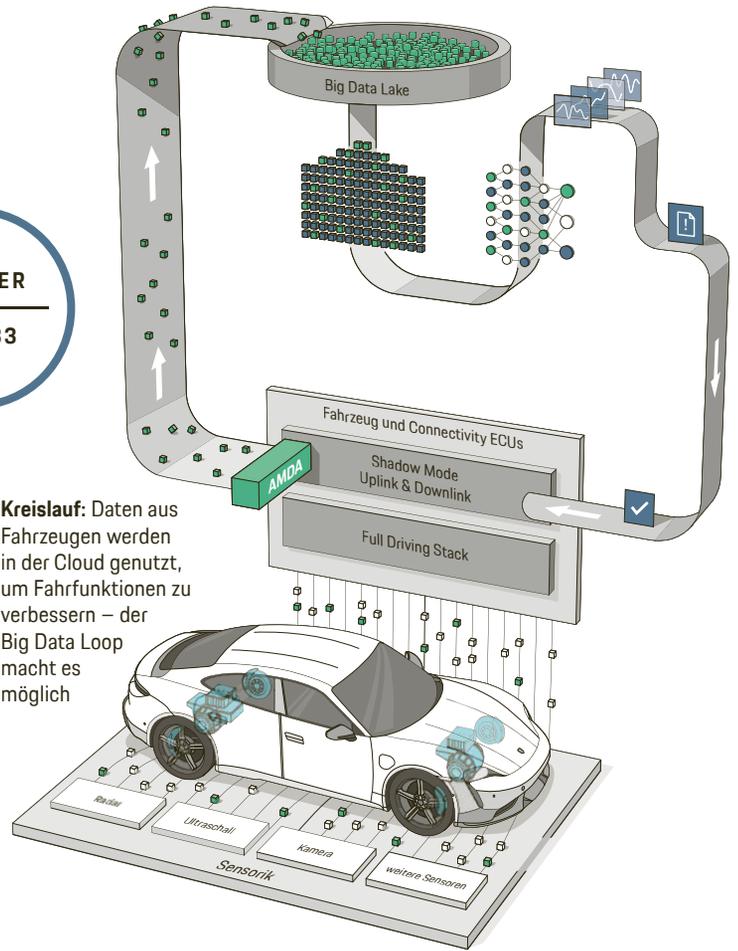
ÜBER PORSCHE ENGINEERING: Die Porsche Engineering Group GmbH ist internationaler Technologiepartner der Automobilindustrie. Die Tochtergesellschaft der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG entwickelt für ihre Kunden das intelligente und vernetzte Fahrzeug der Zukunft – inklusive Funktionen und Software. Mehr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

16 China-Experte:
Dr. Jens Puttfarcken
(im Bild) spricht mit
Dr. Peter Schäfer
und Kurt Schwaiger
über die Rolle
Chinas in der Auto-
mobilentwicklung

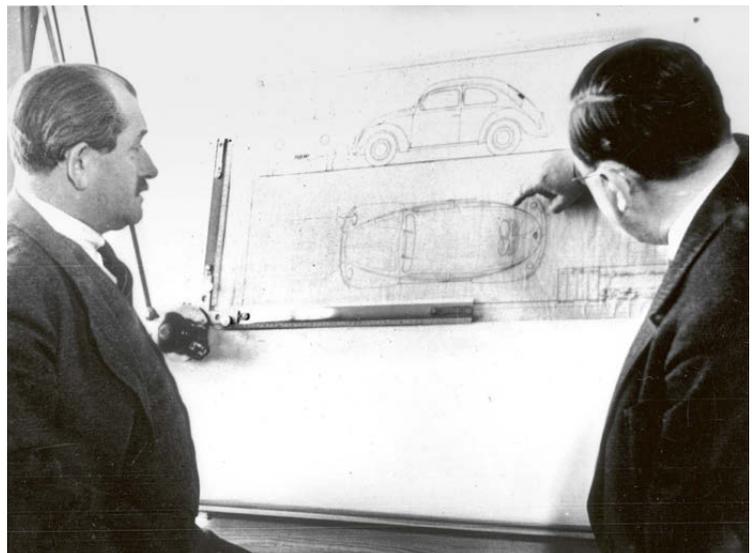


DOSSIER
08 - 33

08 Kreislauf: Daten aus Fahrzeugen werden in der Cloud genutzt, um Fahrfunktionen zu verbessern – der Big Data Loop macht es möglich



48 Am Puls der Zeit: Die Mitarbeiter in Ostrava beherrschen die klassische Automobiltechnik ebenso wie die neuesten IT-Technologien



40 Pionier: Ferdinand Porsche (links) hat die Entwicklung der Automobiltechnik über Jahrzehnte entscheidend geprägt

DOSSIER: INTELLIGENT. VERNETZT. DIGITAL

03 Editorial
04 Inhalt
06 Meldungen

08 **Der große Kreis**
Mit dem „Big Data Loop“ lassen sich KI-basierte Fahrzeugfunktionen permanent verbessern – auch nach der Auslieferung

14 **„Während der Entwicklung agiler werden“**
Ein Gespräch über den „Big Data Loop“ und welche Rolle er für die Automobilindustrie spielt

16 **„Aktuelle Entwicklungen genau beobachten und schnell umsetzen“**
Ein Expertengespräch zur Rolle Chinas in der Automobilentwicklung und zur Zusammenarbeit zwischen Porsche China und Porsche Engineering

24 **Perfekte Nachbildung**
Hardware-in-the-Loop hilft dabei, Funktionen früher und effizienter zu testen

28 **Der kleine Unterschied**
Durch „KI Delta Learning“ lernen neuronale Netze dazu, ohne komplett neu trainiert werden zu müssen

TRENDS UND TECHNOLOGIEN

34 **Ein Land unter Strom**
Norwegen ist Vorreiter bei der E-Mobilität

JUBILÄUM

40 **90 Jahre Zukunft**
Vom Konstruktionsbüro in Stuttgart zum international tätigen Engineering-Unternehmen

PERFORMANCE UND EXPERTISE

48 **Von der Kohlemine zur Datenmine**
Im tschechischen Ostrava arbeiten die Mitarbeiter von Porsche Engineering an der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Elektronik

54 **Alles im Blick**
Die Komplexität im Bereich der On-Board-Diagnose nimmt zu. Speziell entwickelte Tools von Porsche Engineering steigern die Effizienz

PORSCHE UND PRODUKT

58 **Allrounder unter den E-Sportwagen**
Der neue Porsche Taycan Cross Turismo macht auch offroad eine gute Figur

NACH GEDACHT

62 **Nach gedacht**
Empfehlungen für Denker, Tüftler und Nerds

RÜCKBLICK

64 **Beginn einer Erfolgsgeschichte**
Die Wanderer-Werke erteilten Ferdinand Porsche den ersten Auftrag. Das war der Beginn einer langjährigen Zusammenarbeit



Autoren

08 **Florian Müller:** Der Illustrator aus Wien hat die Infografiken zum Artikel über den Big Data Loop gestaltet.



48 **Aleš Král:** Der Fotograf und Videofilmer studiert Bioingenieurwesen an der Universität für Chemie und Technologie in Prag.



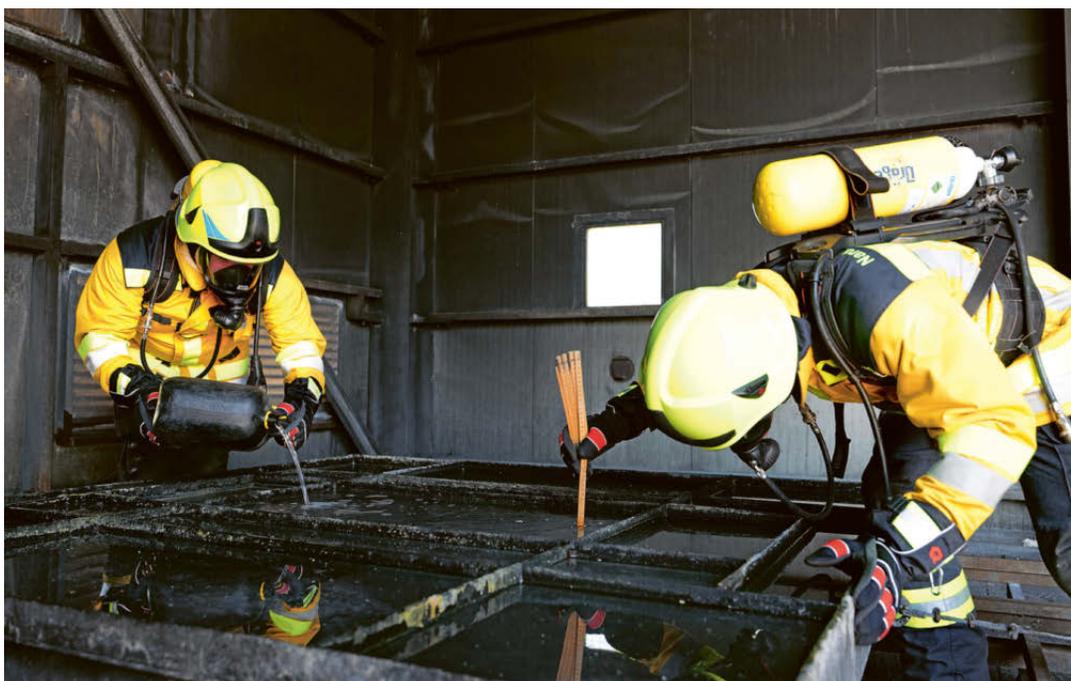
34 **Eric Røkeberg** war früher Automobiljournalist. Heute schreibt der Norweger für Porsche und andere Fahrzeughersteller.

NTC-Academy und
Misuse-Tests von Batterien

Das Nardò Technical Center erweitert sein Angebot

Die Anfang des Jahres gegründete Nardò Technical Center (NTC) Academy bietet Fahrern und Technikern aus der Automobilindustrie Fahrtrainings in Premium-Qualität an. Am Steuer von Hochleistungssportwagen können sie auf dem Testgelände ihre Fähigkeiten und Fahrkompetenzen verbessern. In verschiedenen Trainingsstufen wird ihnen umfassendes Fahrwissen vermittelt – von den Grundlagen der Fahrzeugbeherrschung über High-Performance- bis hin zu Super-sport-Trainings. Die Teilnehmer profitieren von der umfangreichen Testerfahrung und dem fahrdynamischen Know-how des NTC sowie von einzigartigen und maßgeschneiderten Trainingseinheiten durch ein qualifiziertes Team von Instrukto-ren und Ingenieuren. Wer seine professionellen Fahrfähigkeiten weiter verbessern möchte, kann in der NTC Driving Academy das komplette Paket an Trainings buchen. Sie werden auf der Lkw-Dynamikplattform durchgeführt, während die fortgeschrittenen Trainings auf einer der anspruchsvollsten Strecken des Testgeländes stattfinden, dem Handling Track.

Zudem hat das NTC sein Kompetenz- und Dienstleistungsportfolio um den Bereich Misuse-Tests von Batterien erweitert. Die Feuerwiderstandsprüfungen nach UNECE100 werden auf der Fire Test Site bei Temperaturen von bis zu 700 Grad Celsius durchgeführt und in Echtzeit von Kameras überwacht. Für Batterien oder E-Fahrzeuge in kritischem Zustand steht ein Quarantäne-Container bereit. Auf Wunsch werden die zu testenden Geräte mit Temperatur- und Drucksensoren ausgestattet. Die Engineering-Abteilung des NTC bietet Vorab-Simulationen der Tests an. Die Nachbearbeitung der Daten erfolgt dank selbst entwickelter Analyse-routinen automatisch und schnell. Am Ende erhalten die Kunden einen Bericht mit Testergebnissen, einschließlich einer fotografischen und einer hochauflösenden Videodokumentation.



Bis zu

700

Grad Celsius herrschen bei den Batterietests in Nardò.

Driving Academy (oben):
Ausführen von Fahrmanövern während der Trainingseinheit.

Batterie-Tests: NTC-Feuerwehrlaute befüllen eine Wanne mit der von den UNECE100-Normen geforderten Kraftstoffmenge.

Belastungstest unter Extrembedingungen**MAY-Sonnenschirme im Windkanal**

Bei Sonnenschirmen treten aufgrund ihrer großen Angriffsfläche bereits bei geringen Windlasten starke Kräfte auf. Zusätzlich führen dynamische Anregungen durch Turbulenzen zu Schwingungen der Struktur, was bis zum Versagen führen kann. Vor allem das dynamische Verhalten ist rechnerisch oft nur unzulänglich zu ermitteln. Um die Stabilität der einzelnen Bauteile und der Gesamtkonstruktion abzusichern, hat Porsche Engineering Sonnenschirme der Firma MAY zur Qualitätssicherung im Windkanal einem Belastungstest unter Extrembedingungen unterzogen. MAY liefert seit 1983 Premium-Sonnenschutzsysteme „Made in Germany“ für den gewerblichen und privaten Bereich. Im Rahmen der Aerodynamikuntersuchungen wurde beispielsweise analysiert, ob sich Ausleger und Aufhängungen verbiegen oder sogar brechen können und ob die Stoffbespannung zu reißen droht.

Solides Wachstum trotz Corona-Krise**Porsche Engineering Rumänien setzt Expansionskurs fort**

Die rumänische Tochtergesellschaft von Porsche Engineering ist im Jahr 2020 gewachsen und stellt neue Fachkräfte ein. Gesucht sind vor allem Spezialisten und Ingenieure im Bereich Softwareentwicklung. Ziel ist es, bis Ende 2021 280 Mitarbeiter zu erreichen. Insbesondere in den Bereichen virtuelles Testen, Software- und Funktionsentwicklung sowie automatisiertes Fahren erwartet Porsche Engineering Rumänien eine weiter wachsende Nachfrage nach seinen Dienstleistungen und Technologien. Zum Schutz seiner Mitarbeiter setzt das Unternehmen auf Homeoffice und Maßnahmen zur Gesundheitsvorsorge. „Wir haben im März 2020 sofort auf die neue Situation reagiert und alle notwendigen Vorkehrungen getroffen, um unseren Mitarbeitern das Arbeiten von zu Hause aus zu ermöglichen“, sagt Marius Mihailovici, Geschäftsführer von Porsche

Engineering Rumänien. „Damit verbunden waren Investitionen in die Technik sowie Schulungen.“ Bei der Umstellung auf Homeoffice profitierte der Standort von den Erfahrungen seiner Mitarbeiter. „Einer der Hauptvorteile unseres jungen und technikaffinen Teams ist, dass es bereits daran gewöhnt war, offline und online zu arbeiten“, so Mihailovici. „Unsere früheren Online-Erfahrungen mit anderen Porsche Engineering Büros auf der ganzen Welt haben uns bei der Umstellung sehr geholfen.“ Zudem wurde in der Niederlassung in Cluj ein Maßnahmenpaket für Mitarbeiter umgesetzt, die aufgrund der Art ihrer Tätigkeit ins Büro müssen. Dazu gehören Plexiglasabtrennungen, Beschränkung der Mitarbeiteranzahl im Büro, markierte Flächen, um einen sicheren Abstand zu gewährleisten, Desinfektionsmittel, Masken und medizinische Thermometer.



„Wir haben im März 2020 sofort auf die neue Situation reagiert und alle notwendigen Vorkehrungen getroffen.“

Marius Mihailovici,
Geschäftsführer von Porsche Engineering Rumänien

Spendenaktion von Porsche Engineering**Unterstützung für die lokale Gemeinschaft**

Porsche Engineering hat der Behindertenwerkstatt „Habla“ in Markgröningen sowie den „Theo-Lorch-Werkstätten“ in Bietigheim-Bissingen eine Spende übergeben. Außerdem spendet der Betriebsrat von Porsche Engineering an das Kinder- und Jugendhospiz „Sterneninsel“ und an die Einrichtung „Schlupfwinkel“, eine Anlauf- und Beratungsstelle für Kinder und junge Erwachsene im Alter von 12 bis 25 Jahren. „Wir freuen uns sehr, dass wir der lokalen Gemeinschaft etwas zurückgeben und sie unterstützen können“, sagte Michael Merklinger, Leiter Human Resources, Unternehmenskommunikation & Strategie, bei der Übergabe eines Schecks an die Habla-Werkstätten. Die Einrichtung bietet behinderten Menschen in Baden-Württemberg individuelle Hilfen zur gesellschaftlichen Teilhabe und zur Selbstbestimmung.

Der große Kreis

Text: Constantin Gillies
 Mitwirkende: Philipp Wustmann, Dr. Joachim Schaper
 Illustrationen: Florian Müller

In den Fahrzeugen der Zukunft werden viele Systeme im Einsatz sein, die sich permanent selbst verbessern. Im Proof of Concept „Big Data Loop“ hat Porsche Engineering das Prinzip am Beispiel eines Abstandsregeltempomaten erfolgreich demonstriert. Automatische Feedback-Schleifen sind aber auch für andere Funktionen interessant. CARIAD treibt die Entwicklung des Big Data Loop intensiv für unterschiedlichste komplexe Anwendungszwecke voran.

Ein Autofahrer lernt ständig dazu und entwickelt im Lauf der Zeit eine Art Intuition. Wer zum Beispiel auf der Überholspur unterwegs ist und sieht, wie ein vorausfahrender PKW auf der rechten Spur langsam nach links zieht, wird automatisch vom Gas gehen – selbst wenn der andere Wagen noch nicht den Blinker gesetzt hat. Denn jeder Fahrer mit Praxis ahnt, dass das andere Auto gleich ausscheren wird.

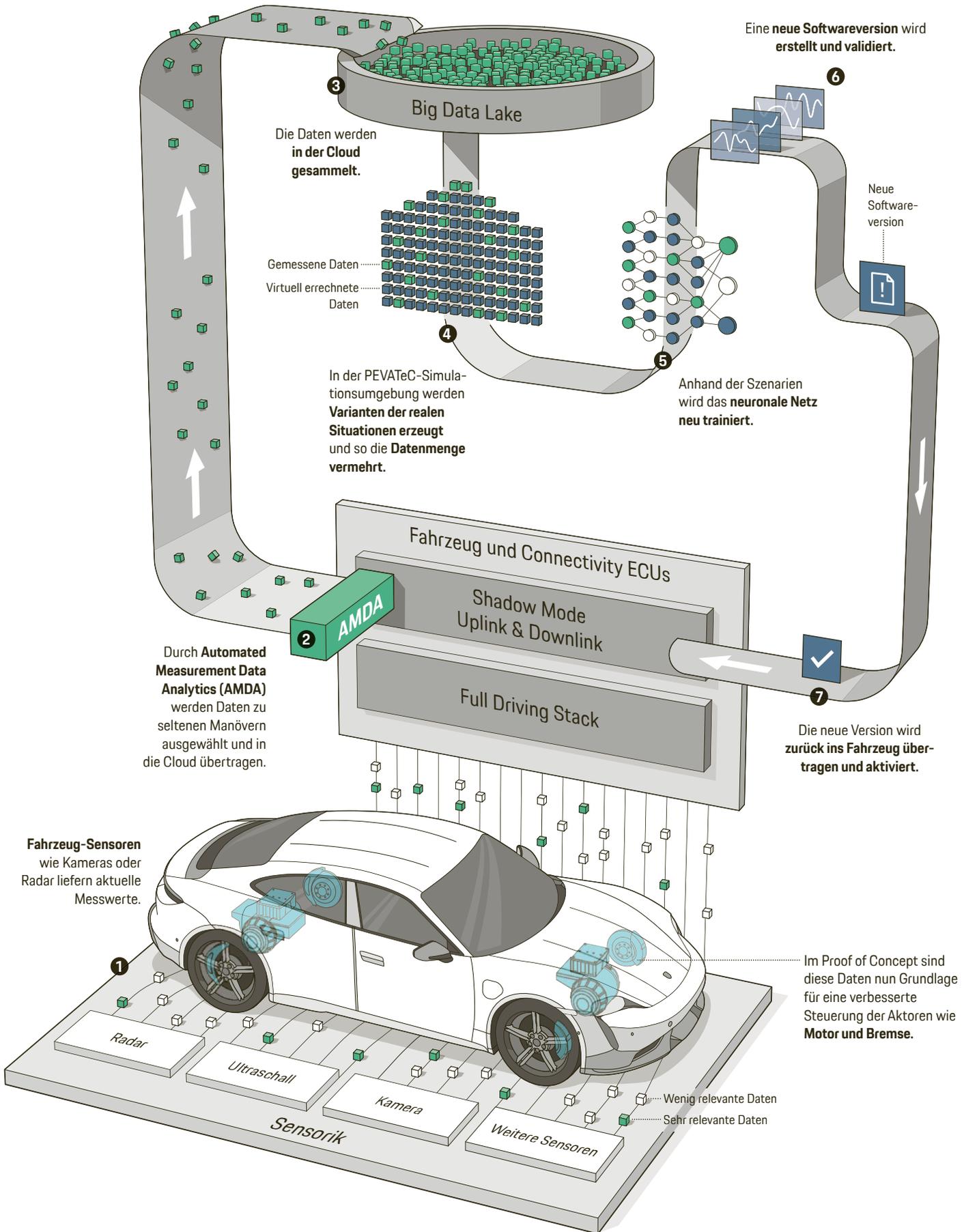
Wie kann ein autonomes Fahrzeug in gleicher Weise aus Erfahrungen lernen und ebenfalls intuitiv reagieren? Dieser Frage widmete sich Porsche Engineering gemeinsam mit der Porsche AG sowie CARIAD, Software- und Technologieunternehmen des VW-Konzerns, im Rahmen eines Proof of Concepts „Big Data Loop“. Die Serienentwicklung im Konzern wird nun bei den Software-Spezialisten von CARIAD vorangetrieben. Der Proof of Concept sollte zeigen, wie sich in Zukunft alle Funktionen, die auf Künstlicher Intelligenz (KI) beruhen, kontinuierlich weiterentwickeln lassen. Die Lösung gleicht dabei einem Kreislauf: Daten aus

dem Fahrzeug werden drahtlos in die Cloud übermittelt und dort genutzt, um die KI weiter zu trainieren. Danach wird der verbesserte Algorithmus geprüft und wieder zurückgespielt.

Einscheren früher erkennen

Testobjekt im Projekt ist ein Fahrzeug, das mit einem weiterentwickelten Abstandsregeltempomaten „Adaptive Cruise Control“ (ACC) ausgerüstet ist. Das reguläre Serien-Fahrerassistenzsystem beschleunigt beziehungsweise bremst selbstständig und sorgt so dafür, dass immer eine sichere Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug gewahrt bleibt. Dafür muss das ACC frühzeitig erkennen, wenn andere Verkehrsteilnehmer einscheren. Genau dieses Einscherverhalten soll nun mittels KI früher erkannt werden: Im Testfahrzeug übernimmt daher ein selbst entwickeltes neuronales Netz diese Aufgabe, das mit realen Szenen aus den Testfahrten ständig weitertrainiert wird. So entsteht ein endloser Kreislauf aus Beobachten und Lernen, der die Leistung des ACC

Proof of Concept Big Data Loop



Fallbeispiel: True Positive

stetig verbessert. „Ein wahrscheinlicher Spurwechsel wird eine halbe bis zu einer Sekunde früher erkannt – das entspricht auf der Autobahn 30 Metern Fahrstrecke“, berichtet Dr. Joachim Schaper, Leiter KI und Big Data bei Porsche Engineering.

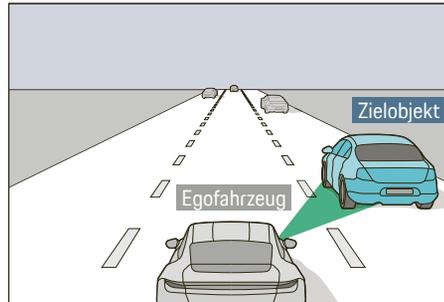
Jedes moderne Fahrzeug mit Assistenzsystemen produziert enorme Datenmengen (Big Data), unter anderem ausgewertete Kamerasignale oder Informationen von Radarsensoren – es gibt also genügend Material, um ein neuronales Netz zu trainieren. Was auf den ersten Blick als einfache Idee erscheint, erweist sich in der Umsetzung allerdings als echte Herausforderung. „Wir wollen beispielsweise nur diejenigen Daten aufzeichnen, die das System wirklich weiterbringen“, erklärt Projektleiter Philipp Wustmann, Experte für Längs- und Querregelung bei Porsche Engineering. „Das ist keine einfache Aufgabe, denn Radarsensoren und Kameras erzeugen immens viele Daten, von denen die meisten für die betrachtete Funktion nicht relevant sind.“ Die Fahrt auf einer leeren Autobahn bietet zum Beispiel für einen Abstandsregler keine Lernimpulse. Zudem wäre die Auswertung aller Daten viel zu aufwendig.

Darum wählt man gezielt Szenen aus, aus denen die KI etwas lernen kann. Diese Aufgabe übernimmt im Testfahrzeug vom Typ Taycan ein „SceneDetector“: Dieser Algorithmus nutzt die interpretierten Kamerasignale am Fahrzeugbus. Es handelt sich nicht um rohe Videobilder, sondern um Informationen darüber, welche Objekte sich in welcher Entfernung zum Fahrzeug befinden. Der SceneDetector filtert aus dem aktuellen Verkehrsgeschehen jene Szenen heraus, in denen das ACC noch nicht optimal reagiert – etwa wenn der Einscherer zu spät oder falsch erkannt wurde. Zusätzlich ist es technisch möglich, vom Programm so genannte Corner Cases aufzeichnen zu lassen, also Grenzfälle, die im Alltag selten vorkommen. Pendelt zum Beispiel ein vorausfahrendes Fahrzeug in der Spur, ohne sie tatsächlich zu wechseln, könnte der Algorithmus diese Szene markieren. Das Gleiche gilt für eine Situation, in der die Kamera die Spurmarkierungen nicht erfasst. Diese Erkennung bestimmter Szenen übernimmt eine spezielle Software namens „Automated Measurement Data Analytics“ (AMDA).

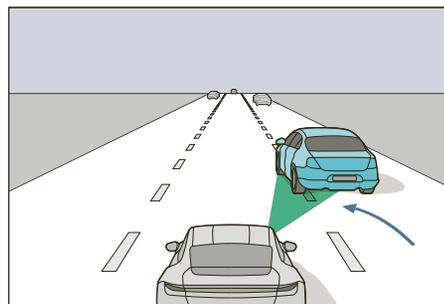
Vermehrung der Daten per Simulation

Hat der SceneDetector fünf potenziell lehrreiche Einschervorgänge gefunden, überträgt er die dazugehörigen Daten per Mobilfunk an einen Server. In der Cloud wird die Menge an Anschauungsmaterial vergrößert: Dafür speist man die Daten zunächst in eine Simulation ein, die eine Game Engine nutzt, also die gleiche Technologie, mit der auch Computerspiele ihre Bilder erzeugen. Mithilfe des „Porsche Engineering Virtual

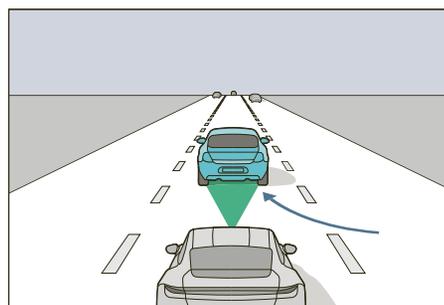
Die Einscher-Erkennung soll korrekt vorhersagen, ob ein anderes Fahrzeug die Spur wechseln wird. Dann kann der Abstandsregeltempomat (ACC) frühzeitig und sanft bremsen.



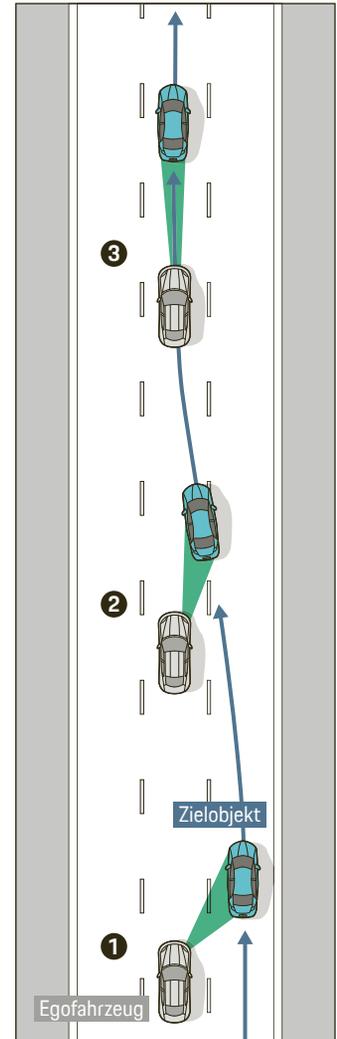
1 Das Scene-Detection-Modul erkennt einen Objektwechsel.



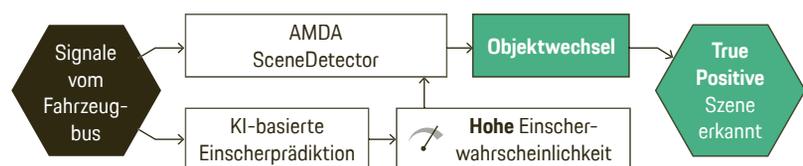
2 Das Cut-in-Modul berechnet eine hohe Einscherwahrscheinlichkeit.



3 Das ACC-System regelt den Wunschabstand auf das neue Objekt frühzeitig ein.

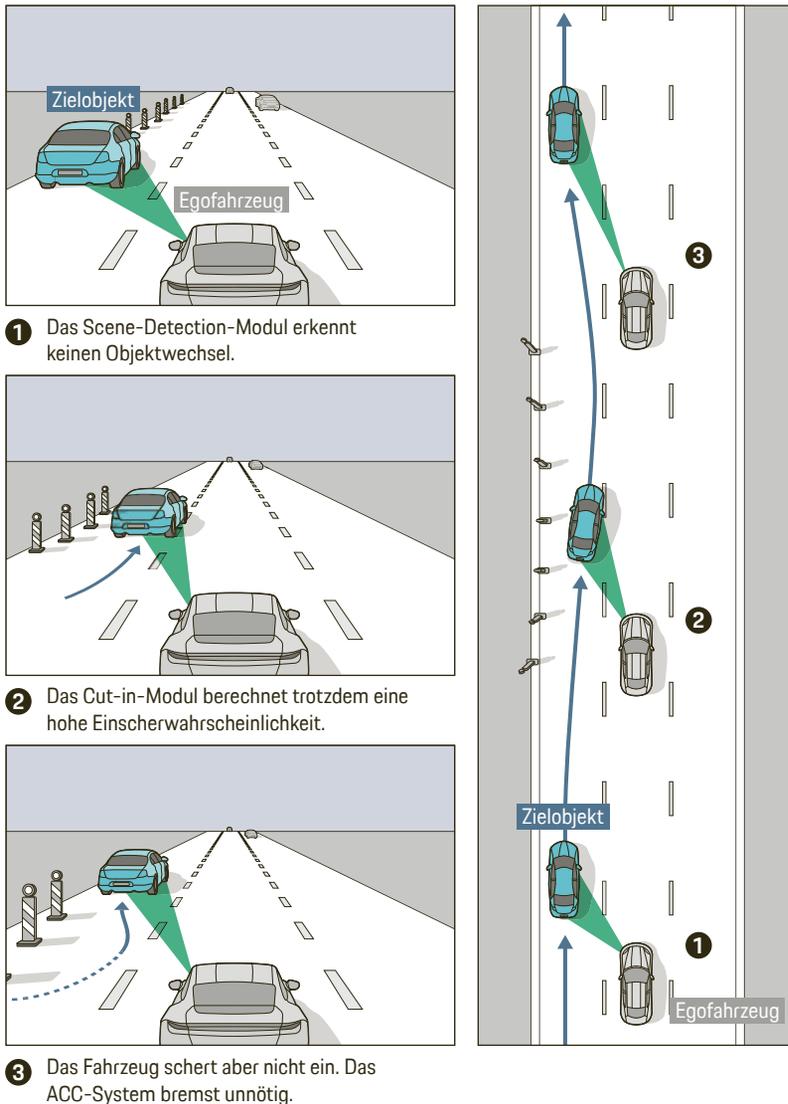


In diesem Beispiel hat die Einscher-Erkennung korrekt funktioniert. Dieser Fall kommt sehr oft vor und ist für den Big Data Loop darum weniger relevant.

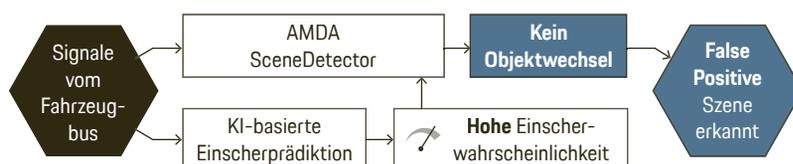


Fallbeispiel: False Positive

Die Einscher-Erkennung sollte auch erkennen, dass ein Fahrzeug zwar nach rechts pendelt, aber trotzdem nicht einscheren wird. So lassen sich unnötige Bremsmanöver vermeiden.



In diesem Beispiel hat die Einscher-Erkennung nicht korrekt funktioniert. Dieser Fall ist selten und darum für die Optimierung im Big Data Loop sehr relevant.



ADAS Testing Center“ (PEVATeC) lassen sich virtuelle Testfahrten produzieren, bei denen sich die Fahrzeuge im Rechner physikalisch so verhalten wie ihre realen Pendanten auf dem Asphalt. Das Ergebnis der Simulation sind Messungen, die denen vom realen Fahrzeug-bus entsprechen.

In der PEVATeC-Simulationsumgebung entstehen, wiederum automatisch, auf Basis der realen Messungen verschiedene Varianten des aufgezeichneten Einschervorgangs – es findet also eine Re-Simulation der realen Situation statt. Die simulierten Einschervorgänge unterscheiden sich jeweils nur minimal: In einer Version zieht der andere Verkehrsteilnehmer schneller nach links, in einer anderen ist er mit größerem Abstand unterwegs. Durch diese Variationen entstehen ohne zusätzliche Testfahrten innerhalb kürzester Zeit mehr Trainingsdaten. Außerdem verbessert sich dadurch die Generalisierbarkeit des KI-Modells. Es erkennt nicht nur Standardsituationen, sondern auch solche, die seltener vorkommen. Das liegt in der Natur der Technik: Neuronale Netze eignen sich neue Fähigkeiten ausschließlich durch Beobachten an. Je mehr Beispiele sie zu sehen bekommen, desto besser werden sie. Die Simulationsumgebung ermöglicht es auch, kritische oder untypische Situationen nachzubilden, um das Spektrum der Trainingsdaten zu erweitern.

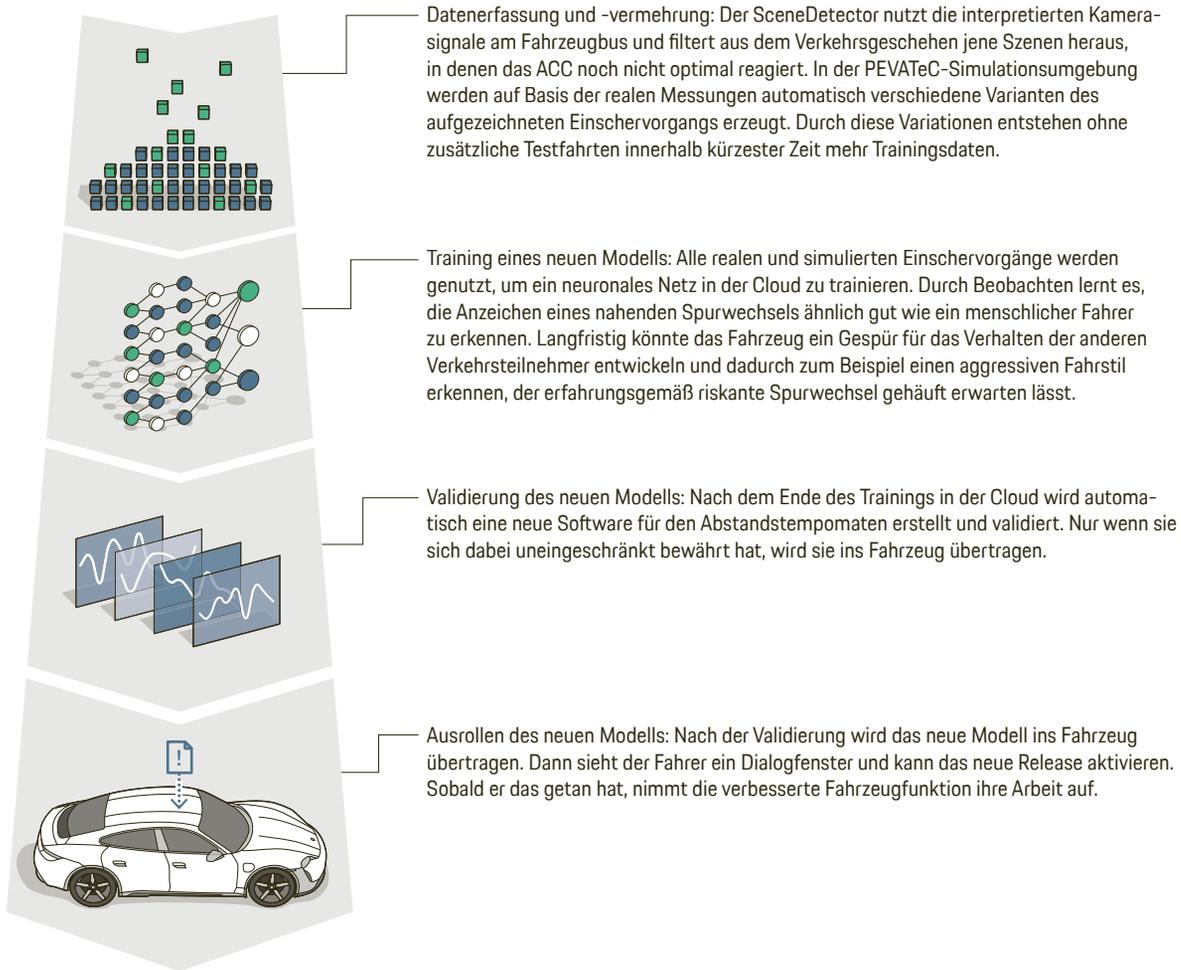
Nachdem alle Anschauungsszenarien erstellt wurden, beginnt das eigentliche Lernen: Sämtliche realen und simulierten Einschervorgänge werden genutzt, um ein neuronales Netz in der Cloud zu trainieren. Durch Beobachten lernt es, die Anzeichen eines nahenden Spurwechsels ähnlich gut wie ein menschlicher Fahrer zu erkennen. So kann das ACC sanft abbremsen, fast genauso wie ein menschlicher Fahrer. Oder wie es Experte

„Ein wahrscheinlicher Spurwechsel wird eine halbe bis zu einer Sekunde früher erkannt – das entspricht auf der Autobahn 30 Metern Fahrstrecke.“

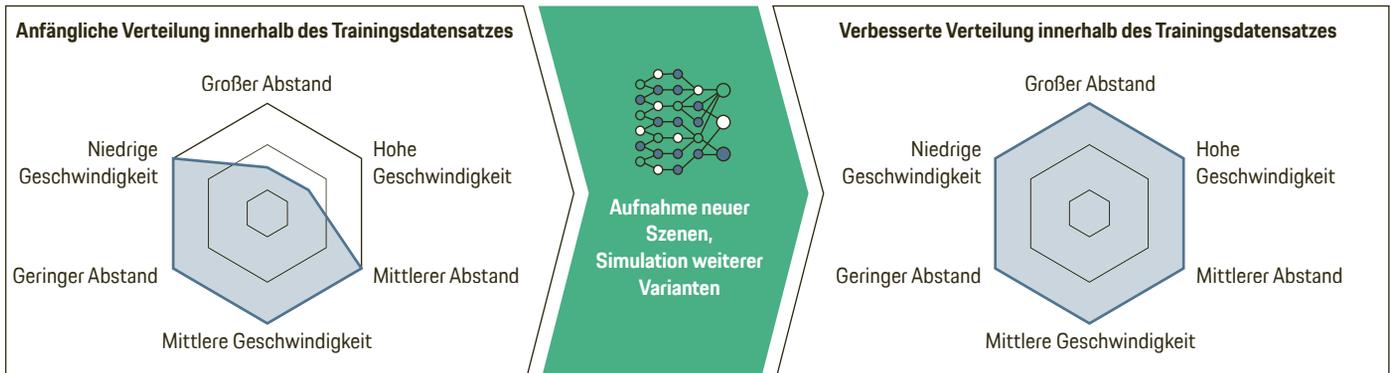
Dr. Joachim Schaper, Leiter KI und Big Data bei Porsche Engineering

Training und Validierung neuer KI-Modelle

Das neue KI-Modell wird automatisch mit einem verbesserten Datensatz trainiert und mit einem bereits vorhandenen Validierungsdatsatz validiert. Ist es besser als das bisherige Modell, wird es für weitere Tests im Fahrzeug eingesetzt.



Für den Big Data Loop werden permanent neue Szenarien aufgenommen und simuliert, um den Umfang des Trainingsdatensatzes zu erweitern.



Schaper ausdrückt: „Wir bilden die Intuition in KI nach.“ Auf lange Sicht könnte das Fahrzeug regelrecht ein Gespür für das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer entwickeln und zum Beispiel einen aggressiven Fahrstil erkennen, der riskante Spurwechsel erwarten lässt. Für das Speichern und Verarbeiten der Daten nutzt Porsche Engineering die Cloud-Plattform GroupMDM der Volkswagen-Gruppe (MDM steht für „Measured Data Management“, Messdatenmanagement).

Fahrer kann neues Release aktivieren

Ist das Training abgeschlossen, wird automatisch eine neue Software für den Abstandstempomat erstellt und validiert. Das bedeutet: Sie muss in einer Vielzahl von unbekannt Testszenen zuverlässig ein Einschernen erkennen. Nur wenn sich die Software dabei uneingeschränkt bewährt, wird sie ins Fahrzeug übertragen. Dann sieht der Fahrer ein Dialogfenster mit dem Text: „Ein neues Release ist verfügbar. Wollen Sie es aktivieren?“ Drückt er nun auf „OK“, nimmt der verbesserte Abstandsregeltempomat seine Arbeit auf.

Ebenfalls möglich wäre es, das neue ACC-Modul zunächst im Hintergrund („ShadowMode“) im Fahrzeug zu testen: Das verbesserte Modell erhält während der Fahrt die gleichen Sensordaten wie das vorhandene Bordsystem und muss entsprechend reagieren. Gas und Bremse steuert jedoch weiter das alte ACC. Währenddessen überwacht eine Software die Qualität der Vorhersagen. Prognostiziert die „fortgebildete“ KI zum Beispiel einen Einschervorgang, der dann doch nicht stattfindet („False Positive“), hätte sie sich disqualifiziert. Erst wenn sich zeigt, dass das in der Cloud trainierte neuronale Netz bei seinen Vorhersagen wirklich überlegen ist, geht es in den Livebetrieb.

Der Knopfdruck, mit dem der Fahrer die neue ACC-Version aktiviert, stellt in diesem Proof of Concept den einzigen manuellen Schritt im Lernkreislauf dar. „Neu ist, dass alles automatisiert abläuft“, betont Schaper. Das Erkennen der relevanten Szenen im Fahrzeug geschieht ohne menschlichen Eingriff, genauso wie das Vermehren der Lernszenen in der Simulationsumgebung. Das Training des neuronalen Netzes in der Cloud und das Zurückspielen ins Fahrzeug steuert ebenfalls ein Computer. Die Entwickler überprüfen nur noch. „Das Fahrzeug optimiert sich selbst“, fasst Wustmann zusammen.

In nur vier Monaten zum Proof of Concept

Porsche Engineering konnte den dazulernenden Abstandsregeltempomaten in nur vier Monaten realisieren. Ein Teil der Technik konnte zum Patent angemeldet werden. Mit dem Proof of Concept wurde gezeigt, dass der technische Ansatz funktioniert. Die dabei verwendete Architektur kommt bereits in anderen Entwicklungsprojekten zum Einsatz, zum Beispiel um eine



„Die Technik könnte auch für die Querführung interessant sein, zum Beispiel für den Spurhalteassistenten.“

Philipp Wustmann, Projektleiter für Längs- und Querregelung bei Porsche Engineering

neue Sensorgeneration zu prüfen und zu validieren, als Ersatz für Bestandssensoren. Der nächste Schritt wird sein, den Big Data Loop in die Serie zu bringen. Hierbei stehen noch einige Herausforderungen an, zum Beispiel die Corner-Case-Erkennung oder eine völlig automatisierte Funktionsoptimierung. CARIAD arbeitet derzeit an einer Serienanwendung des Big Data Loop im Gesamtkontext des automatisierten Fahrens für die Marken des VW-Konzerns. Dieser Proof of Concept liefert wertvolle Erkenntnisse.

Ist die nötige Technik Standard in allen ausgelieferten Fahrzeugen, wird auch das Lernen schneller vorstangehen – weil es mehr digitales Anschauungsmaterial gibt: Denn während heute ein einziges Testfahrzeug auf der Autobahn unterwegs ist und Einschermanöver sammelt, kann künftig jedes Fahrzeug Daten an den Hersteller zurücksenden, wenn der Kunde dem zustimmt. Projektleiter Wustmann begeistert diese Aussicht: „Direktes Feedback aus den Kundenflotten in den verschiedenen Ländern zu bekommen, würde immens viel Zeit, Kosten und Erprobungsaufwand sparen.“

Die Einschere-Erkennung stellt dabei nur einen Teil auf dem Weg zum lebenslang lernenden Fahrzeug dar. In Zukunft kommen neuronale Netze an vielen Stellen im Fahrzeug zum Einsatz, und sie alle ließen sich durch automatische Feedback-Schleifen verbessern. „Die Technik könnte auch für die Querführung interessant sein, zum Beispiel für den Spurhalteassistenten“, berichtet Wustmann. ◀

→ ZUSAMMENGEFASST

Mit dem Big Data Loop lassen sich KI-basierte Fahrzeugfunktionen kontinuierlich weiterentwickeln. Der Ansatz hat sich in einem Proof of Concept bewährt und wird bereits in anderen Entwicklungsprojekten eingesetzt. Er könnte ein wichtiger Schritt zum lebenslang lernenden Fahrzeug sein.

„Während der Entwicklung agiler werden“

Text: Christian Buck Foto: Martin Wagenhan

Joachim Bischoff, Leiter des Fachbereichs Intelligent Connected Vehicle bei Porsche Engineering, erklärt im Interview, welche Rolle der Big Data Loop für die Automobilindustrie und das Kundenerlebnis im Fahrzeug spielt.

Warum ist der Big Data Loop für die gesamte Automobilindustrie so wichtig?

- **JOACHIM BISCHOFF:** Alle Hersteller stehen vor der gleichen Herausforderung: Immer kürzere Entwicklungszyklen und der Wunsch der Kunden nach stets aktuellen und individualisierten Funktionen in ihren Fahrzeugen. Wer technologischer Vorreiter und auf dem Markt erfolgreich sein möchte, muss die Kundenzufriedenheit und insbesondere die Individualisierung in den Mittelpunkt stellen. Dabei hilft uns der Big Data Loop: Mit ihm lässt sich das Erlebnis der Kunden noch stärker personalisieren. Von diesen Entwicklungen profitieren auch die anderen Marken im Volkswagen-Konzern.

Wofür nutzen Sie den Big Data Loop noch?

- **BISCHOFF:** Unter anderem, um während der Entwicklung agiler zu werden. Unsere Kunden erwarten, dass ihnen im Fahrzeug immer die neuesten Funktionen zur Verfügung stehen – wie sie das auch von ihren Smartphones gewöhnt sind. Bisher waren die Entwicklungszyklen von Automobilindustrie und Consumer-Elektronik aber sehr unterschiedlich. Der Big Data Loop hilft uns, schneller zu werden. Mit ihm können wir Daten aus den Fahrzeugen in die Cloud übertragen, per Künstlicher Intelligenz (KI) eine Funktion optimieren und den neuen Stand in nur wenigen Minuten

zur Validierung zurück ins Fahrzeug übertragen. Das verringert die Time to Market spürbar.

Welche Rolle spielt dieser Ansatz nach der Auslieferung der Fahrzeuge?

- **BISCHOFF:** Hier ermöglicht uns der Big Data Loop, die Fahrzeugfunktionen auch während der Nutzung durch unsere Kunden permanent zu optimieren. Sie profitieren zum Beispiel von regelmäßigen Software-Updates. Eines ist mir aber sehr wichtig: Wir werden unsere Kunden nicht zu Beta-Testern machen. Bevor eine neue Software ins Fahrzeug kommt, wird sie nach wie vor ausgiebig validiert. So stellen wir eine hohe Qualität sicher und vermeiden unerwünschte Nebenwirkungen in anderen Fahrzeugsystemen. Allerdings können wir Dauer und Anzahl der Tests durch die hohe Automatisierung im Big Data Loop verringern.

Worin liegen die größten Herausforderungen beim Big Data Loop?

- **BISCHOFF:** Die Konsistenz und der Kontext der Datenerfassung spielt eine entscheidende Rolle: Bei ihnen kommt es neben den eigentlichen Messwerten aus der Fahrzeugsensorik auch auf die Randbedingungen wie zum Beispiel Wetter, Geografie, Straßenverhältnisse sowie Tag- und Nachtsituationen an. Die Auswertung der Daten erlaubt dabei



„Mit dem Big Data Loop lässt sich das Erlebnis der Kunden noch stärker personalisieren.“



Joachim Bischoff arbeitete nach seinem Studium der Nachrichtentechnik bei Nokia und Harman Becker. 2010 kam er als Leiter der Fachdisziplin Systementwicklung zu Porsche Engineering und leitet aktuell den Fachbereich Intelligent Connected Vehicle.

nicht nur, Fahrerassistenzfunktionen zu verbessern, sondern zum Beispiel auch Antrieb oder Hochvolt-batteriesystem kontinuierlich zu optimieren.

Welche Rolle spielt die Künstliche Intelligenz beim Big Data Loop?

- **BISCHOFF:** Eine zentrale Rolle: Sie hilft uns bei der Auswahl der Daten und bei der Optimierung der Fahrzeugfunktionen – vor allem bei nicht-deterministischen Funktionen wie etwa der Einscher-Erkennung. Und natürlich ist sie die Grundlage zahlreicher Fahrerassistenzsysteme sowie des hochautomatisierten Fahrens im Allgemeinen.

Welche Alleinstellungsmerkmale hat Porsche Engineering?

- **BISCHOFF:** Als hundertprozentige Tochter eines Automobilherstellers verstehen wir das Gesamtfahrzeug. Das unterscheidet uns von vielen Tier-1-Zulieferern, die in ihren dezidierten Bereichen kompetent sind. Genauso wichtig sind daneben eine ausgeprägte Software-Expertise sowie Kompetenzen in neuesten KI-Methoden. Mehr als die Hälfte aller Tätigkeiten entfallen bei Porsche Engineering heute auf digitale Themen und E-Mobilität. Somit können wir beides: Fahrzeug und Software. Zudem verfügen wir über selbst entwickelte Werkzeuge, mit denen wir die Entwicklung beschleunigen. Mit unserer „Car Data Box“ auf Basis einer NVIDIA-Architektur können wir neue Features – zum Beispiel auf Basis von KI-Methoden – im Fahrzeug testen. Und bei allen Aktivitäten achten wir darauf, dass Datenschutz „Made in Germany“ sichergestellt ist.

Neue Funktionen müssen an lokale Gegebenheiten angepasst werden. Werden sie regional unterschiedlich trainiert?

- **BISCHOFF:** Grundsätzlich sollten die eingesetzten Technologien global gleich sein. Aber es ist richtig: Wir müssen dabei auch lokale Besonderheiten beachten, etwa den Rechts- oder Linksverkehr. Darum verwenden wir für den Big Data Loop eine Cloud und trainieren die Funktionen für verschiedene Märkte mit unterschiedlichen Daten.

Zum Schluss eine persönliche Frage: Würden Sie sich in einem Fahrzeug wohlfühlen, das auch nach der Auslieferung permanent optimiert wird?

- **BISCHOFF:** Da auf absehbare Zeit vor jedem Update ein finaler Test stattfinden wird, mache ich mir in puncto Qualität und Sicherheit keine Sorgen. Im Gegenteil: Durch den Big Data Loop kann mein Auto in Zukunft von den Erfahrungen der gesamten Flotte profitieren. Das macht mein eigenes Produkt schrittweise immer sicherer. Darum lautet meine klare Antwort: Ich würde mich in einem solchen Fahrzeug absolut wohlfühlen.





Futuristisch: Die Zentrale von Porsche China in Shanghai. China gibt heute bei vielen Entwicklungsthemen den Takt vor.

„Aktuelle Entwicklungen genau beobachten und schnell umsetzen“

Text: Jost Burger Fotos: Yolanda vom Hagen, Martin Stollberg

China ist auf dem Weg, bei vielen Entwicklungen eine Führungsrolle zu übernehmen. Im Interview berichten Dr. Jens Puttfarcken (Geschäftsführer Porsche China), Dr. Peter Schäfer (Geschäftsführer Porsche Engineering) und Kurt Schwaiger (Geschäftsführer der Porsche Engineering Niederlassung in Shanghai) über die neuesten Trends und ihre Zusammenarbeit vor Ort.



Expertenrunde: Dr. Jens Puttfarcken, Dr. Peter Schäfer und Kurt Schwaiger (von links).

In China spielt das Smartphone im täglichen Leben eine Schlüsselrolle. Welche chinesische App ist für Sie besonders wichtig?

- **DR. JENS PUTTFARCKEN:** Meine zwei wichtigsten Apps sind WeChat und Alipay. Alipay benutze ich einerseits zum Bezahlen, andererseits bekomme ich damit Zugang zu Gebäuden. Ich kann mit der App aber auch ein Fahrrad buchen oder ein Taxi rufen.
- **KURT SCHWAIGER:** Ich lasse meine Geldbörse seit langer Zeit zu Hause. Neben WeChat und Alipay ist mir die Navigations-App auf meinem Handy sehr wichtig. Sie sagt mir ganz genau, bis wohin ich mit meinem Autokennzeichen fahren darf, und hat mich noch nie im Stich gelassen.
- **DR. PETER SCHÄFER:** Im Dialog mit Menschen vor Ort in China hilft mir eine Übersetzungs-App. Es ist faszinierend und bereichernd, damit in den unmittelbaren sprachlichen Austausch zu kommen.

Apps stellen nur einen kleinen Ausschnitt technologischer Entwicklungen in China dar. Was findet darüber hinaus aktuell statt?



5G

ist in allen großen Städten Chinas bereits verfügbar. Die neue Mobilfunktechnik spielt für das autonome Fahren eine wichtige Rolle.

- **PUTTFARCKEN:** Zum Beispiel die fortschreitende Vernetzung. Die großen Städte sind seit letztem Herbst alle komplett mit 5G ausgestattet. Zum Beispiel für das Entsperren von Fahrzeugen wird die Gesichtserkennung immer wichtiger. Und schließlich dürfte die Weiterentwicklung der Künstlichen Intelligenz bereits vorhandene Technologien und Anwendungen noch anwenderfreundlicher machen.
- **SCHWAIGER:** Bezogen auf die Fahrzeugentwicklung spielt vor allem 5G eine sehr wichtige Rolle, etwa für das autonome Fahren. Viele Start-ups arbeiten hier an Lösungen wie etwa Robotertaxis oder selbstfahrenden Fahrzeugen. Porsche Engineering befindet sich in Jiading, wo es ein 30 Quadrat-kilometer großes Testgebiet gibt. Es ist vollständig mit 5G-Infrastruktur ausgestattet. Autonomes Fahren ist in der Öffentlichkeit erlaubt, und es finden täglich Tests mit dieser Technologie statt.
- **SCHÄFER:** Wichtig zu wissen ist: In China wird die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur eine entscheidende Rolle spielen. Die genannten Technologien führen daher zu neuen

Digital unterwegs: Dr. Jens Puttfarcken und Kurt Schwaiger bezahlen in China nur noch per App wie zum Beispiel mit Alipay.



Möglichkeiten, etwa bei Fahrerassistenzsystemen oder beim automatisierten Fahren. China ermöglicht eine enorm schnelle Entwicklung in diesem Bereich, gleichzeitig fordern auch die Kunden hier solche neuen Lösungen.

- **PUTTFARCKEN:** Ein weiteres großes Thema sind elektronische Bauelemente. Es gibt derzeit einen akuten Chipmangel, weshalb sich China stärker von außen unabhängig machen möchte – etwa durch eine eigene Produktion. Es kann darum sein, dass das Land in wenigen Jahren seine eigene Technologie aufgebaut hat und dann technologische Anforderungen an Chips stellt, die sich am heimischen Markt orientieren und von der westlichen Welt nicht ohne Weiteres erfüllt werden können.

Welche Rolle spielt die Politik dabei?

- **PUTTFARCKEN:** Sie setzt mit ihren Fünfjahresplänen die Rahmenbedingungen. Man muss dabei verstehen: Ein Fünfjahresplan gleicht heute einer Unternehmensstrategie. Er definiert strategische Ziele, mit deren Umsetzung einzelne staatliche Stellen, aber auch Provinzen oder Unternehmen beauftragt werden. Die Umsetzung dieser Zielvorgaben fließt in die Bewertung von CEOs oder Parteisekretären ein, ist also ein wichtiger Karrierefaktor. Vor diesem Hintergrund versteht man auch die Geschwindigkeit, mit der hier Dinge umgesetzt werden. Im neuesten Fünfjahresplan sind für uns drei Themen wichtig. Erstens: China will die inländische Kaufkraft stärken und insbesondere die Nachfrage im Premiumsektor steigern. Gleichzeitig möchte man sich für ausländische Investitionen öffnen und stärker in den Export gehen. Alles geht einher mit der Tendenz, sich von westlichen Technologien zu entkoppeln und noch stärker auf Eigenentwicklungen zu setzen. Zweitens: China will ab 2030 den Anstieg der Kohlendioxid-Emissionen stoppen und 2060 CO₂-neutral sein. Drittens: Die Regierung will Technologien wie Künstliche Intelligenz stärker fördern, um in diesen Bereichen Marktführer zu werden.
- **SCHWAIGER:** Die Loslösung von westlichen Standards können wir bei der E-Mobilität sehen, zum Beispiel bei den chinaspezifischen Standards für die Ladetechnik. Aber auch die starke Förderung von eigenen E-Autos ist deutlich, zum Beispiel durch die staatliche Unterstützung von Start-ups aus diesem Bereich. Zugleich schafft China große Anreize für Konsumenten, sich ein Elektrofahrzeug zu kaufen – finanzieller Art, aber auch dadurch, dass man in



35

Jahre alt sind chinesische Porsche-Kunden im Durchschnitt – und fast zur Hälfte Frauen.

Zukunft die Innenstädte vielleicht nur noch mit einem Elektrofahrzeug befahren darf.

Die chinesische Gesellschaft verändert sich ebenfalls. Wie bekommen Sie das zu spüren?

- **PUTTFARCKEN:** Unsere Kunden sind im Schnitt 35 Jahre alt und fast zur Hälfte Frauen. Wenn das so bleibt, werden die meisten Porsche-Käufer in fünf bis zehn Jahren Angehörige der Generation Z sein, also zwischen 1995 und 2010 geboren. Diese Generation ist wie überall auf der Welt mit der Digitalisierung aufgewachsen. Ständige Vernetzung ist für diese jungen Chinesen völlig normal. Chinaspezifisch ist allerdings: Diese Generation kennt keine schlechten Zeiten mehr. Wachsender Wohlstand ist für sie selbstverständlich, gerade der Konsum im Premium- und Luxussegment wird positiv gesehen. Das starke Wirtschaftswachstum und sicher auch das erfolgreiche Agieren während der Corona-Pandemie stärken diese Generation in ihrer Sicht, im weltweit besten System zu leben, das auch in Zukunft Wachstum und Konsum garantiert.

Welche Auswirkungen ergeben sich daraus für die Automobilindustrie?

- **SCHÄFER:** Die jungen Kunden erwarten von ihren Fahrzeugen digitale Funktionen, die sie auch vom Smartphone gewöhnt sind. Außerdem erleben wir generell einen schnellen Wechsel der Trends und Technologien: Die Generation Z wird ihre

„Wir bekommen hier vor Ort Informationen aus erster Hand, und diese fließen in die Entwicklung und Erprobung ein, die wir gemeinsam mit Porsche Engineering lokal durchführen.“

Dr. Jens Puttfarcken



Dr. Jens Puttfarcken leitet seit Juli 2018 Porsche China und Porsche Hongkong. Zuvor war er Vorsitzender der Geschäftsführung der Porsche Deutschland GmbH sowie Leiter After Sales und Customer Relations bei der Porsche AG.

Dr. Peter Schäfer ist seit 2019 Vorsitzender der Geschäftsführung von Porsche Engineering. Der Maschinenbauingenieur arbeitet seit 2003 im Porsche-Konzern und war dort unter anderem Leiter Entwicklung Gesamtfahrzeug.

Kurt Schwaiger lebt seit elf Jahren in China und ist seit 2015 Geschäftsführer der Niederlassung von Porsche Engineering in Shanghai. Zuvor arbeitete er als Director E/E bei Qoros Auto (Shanghai). Zudem war er für BMW und Siemens tätig.

Anforderungen in immer kürzeren Intervallen ändern. Unsere Herausforderung dabei ist, flexibel und schnell zu sein – und mit diesen Trends zu gehen. Aus diesem Grund brauchen wir kurze Innovationszyklen. Eine wesentliche Voraussetzung ist auch, vor Ort zu sein. Nur so kann die Industrie die chinesischen Kunden verstehen sowie neue Technologien entwickeln und erproben. Mit unserem Standort in Shanghai sind wir dafür gut aufgestellt. Dort entwickeln wir die digitalen Fahrzeugtechnologien des intelligenten und vernetzten Fahrzeugs der Zukunft.

— **PUTTFARCKEN:** Wir müssen für unsere Kunden aus der Generation Z relevant bleiben. Das bedeutet, aktuelle Entwicklungen genau zu beobachten und sie schnell umzusetzen. Deshalb ist die Zusammenarbeit mit Porsche Engineering und Porsche Digital so wichtig. Denn gerade im digitalen Bereich sehen wir die größten Anforderungen aus dem Markt.

Drei Megatrends sind E-Mobilität, Konnektivität und autonomes Fahren. Was tut sich hier?

— **PUTTFARCKEN:** China ist der größte Markt für batterieelektrische Fahrzeuge: Mehr als 1,5 Millionen E-Autos sind hier auf den Straßen unterwegs. Rund 50 Prozent davon sind im Prinzip Scooter mit vier Rädern und einer etwas größeren Fahrgastzelle. Doch auch hier geht der Trend inzwischen zu größeren Modellen aus dem C- und E-Segment (Kompaktbeziehungsweise obere Mittelklasse). Gemeinsam ist gerade den neueren Fahrzeugen ein hoher Grad an standardmäßiger Digitalisierung: Sie bieten zum Beispiel Gesichtserkennung und autonomes Einparken – bis hin zu Features, die aus westlicher Sicht nicht nötig sind, zum Beispiel weithin sichtbare Lichtkonzerte an Kühler und Heck oder individuelle Farb- und Beleuchtungskonzepte im Inneren.

— **SCHWAIGER:** In den vergangenen zehn Jahren hat

„Wir kennen den chinesischen Markt sehr gut und können dieses Wissen mit unserer spezifischen Expertise in der Automobil- und Softwareentwicklung kombinieren.“

Dr. Peter Schäfer



Brückenbauer: Porsche Engineering sieht sich als Bindeglied zwischen dem Entwicklungszentrum in Weissach und den Aktivitäten in China.

man in China gelernt, Autos mit hoher Qualität zu bauen. OEMs entwickeln ihre Standardkomponenten mittlerweile selbst. In der nächsten Stufe geht es um intelligente elektronische Systeme, die sehr stark mit der Infrastruktur vernetzt sind. Der Trend geht in China klar in Richtung internetgestütztes Auto.

Wie geht Porsche mit diesen Trends und Herausforderungen um?

— **PUTTFARCKEN:** Wir werden in Zukunft die Anforderungen aus dem chinesischen Markt noch stärker und noch früher in unsere Prozesse integrieren. Wir bekommen hier vor Ort Informationen aus erster Hand, und diese fließen in die Entwicklung und Erprobung ein, die wir gemeinsam mit Porsche Engineering lokal durchführen. Denn in Deutschland können wir keine Produkte für die chinesische Verkehrsinfrastruktur entwickeln.

Welchen Ansatz verfolgt Porsche Engineering in China?



Langjährige Partnerschaft: Porsche China will die Zusammenarbeit mit Porsche Engineering künftig noch intensivieren.

- **SCHÄFER:** Wir haben eine lange Tradition der Zusammenarbeit mit chinesischen Kunden. Da wir seit mehr als 20 Jahren vor Ort sind, kennen wir den chinesischen Markt sehr gut und können dieses Wissen mit unserer spezifischen Expertise in der Automobil- und Softwareentwicklung kombinieren. Um die Anforderungen bei Innovationstreibern wie dem vernetzten Fahren und intelligenten Softwarelösungen erfüllen zu können, bauen wir unsere Zusammenarbeit mit unseren chinesischen Partnern und auch mit der Porsche AG vor Ort kontinuierlich aus. Wir sehen uns als Bindeglied zwischen dem Entwicklungszentrum in Weissach und den Aktivitäten in China. So wirken wir maßgeblich an den chinaspezifischen Eigenschaften und Funktionen eines Porsche-Fahrzeugs mit.
- **SCHWAIGER:** Porsche Engineering Shanghai entwickelt Lösungen für chinesische OEMs und den VW-Konzern inklusive Porsche. Derzeit arbeiten bei Anting rund 100 Ingenieure in allen Bereichen der automobilen Mobilität. In Zukunft werden wir noch

„Porsche Engineering in Shanghai spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Validierung von Funktionen für den chinesischen Markt.“

Kurt Schwaiger



Interkontinental: Das Gespräch fand digital an den Standorten Bietigheim-Bissingen und Shanghai statt.



Lokale Besonderheiten des chinesischen Marktes erfordern eine Präsenz vor Ort. Porsche Engineering ist bereits seit mehr als 20 Jahren in China und blickt auf eine lange Tradition der Zusammenarbeit mit chinesischen Kunden zurück.

mehr chinaspezifische digitale Funktionen entwickeln. Es geht darum, die Funktionen der mobilen Geräte in das Fahrzeug zu integrieren, wie zum Beispiel WeChat oder Alipay. Daneben beschäftigen wir uns intensiv mit dem hochautomatisierten Fahren. Das kann man nur in der hier vorhandenen Verkehrsinfrastruktur entwickeln und testen.

- **PUTTFARCKEN:** Für uns ist das ein ideales Set-up. Porsche China hat die Aufgabe, unsere Fahrzeuge in den Markt zu bringen. Dafür brauchen wir aber auch die technische Expertise von Porsche Engineering in China. Die Kooperation bietet uns die hervorragende Möglichkeit, Wünsche aus dem Markt vor Ort umsetzen zu können. Diese fruchtbare Zusammenarbeit wollen wir in Zukunft noch intensivieren.

Lokale Entwicklung und Tests in China sind also unverzichtbar?

- **PUTTFARCKEN:** Ja, denn hier gelten andere Verkehrsregeln, und auch beim Autofahren gibt es große Unterschiede. Denken Sie an die Hochstraßen oder daran, dass man zuweilen ganz nach rechts fahren

muss, um links abzubiegen. Das kann man nur hier vor Ort testen.

- **SCHWAIGER:** Zudem ist es nicht erlaubt, geobasierte Daten oder Videodaten außerhalb des Landes zu bringen. Porsche Engineering in Shanghai spielt deshalb eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Validierung von Funktionen für den chinesischen Markt.

Wie wird der chinesische Automobilmarkt im Jahr 2030 aussehen?

- **PUTTFARCKEN:** Der gesamte Automobilmarkt wird auch in Zukunft mit beachtlichen Raten wachsen und die Zahl der Neuzulassungen in den kommenden Jahren auf 30 Millionen steigen. Das Premium- und Luxussegment dürfte sich dabei noch besser entwickeln als der Gesamtmarkt. Zugleich werden wir einen deutlichen Schub bei den batterieelektrischen Fahrzeugen erleben, weil sie den Einstieg in die digitale Vernetzung und digitalen Dienste leichter machen. So werden die Automobilhersteller ihre Produkte am besten mit der Lebenswirklichkeit ihrer

Kunden verbinden, die eben stark von Vernetzung geprägt ist.

Wie wichtig sind Kooperationen mit der Wissenschaft für Ihre Arbeit?

- **SCHWAIGER:** Sehr wichtig. Porsche Engineering pflegt eine langjährige Kooperation mit der Tongji-Universität. 2018 haben wir das Tongji Porsche Engineering Symposium ins Leben gerufen, das Top-Manager aus der chinesischen Automobilindustrie zusammengebracht hat und 2020 wegen Corona leider verschoben werden musste. Wir unterstützen mit unserem Wissen außerdem das studentische DIAN-Rennteam der Tongji-Universität bei der Entwicklung ihres E-Fahrzeugs für die Formula Student Electric. Zudem halten unsere Experten dort Lehrveranstaltungen ab, um den Studenten die neuesten Entwicklungen zu vermitteln. Und schließlich unterstützen wir den Lehrstuhl für intelligente und vernetzte Fahrzeuge. Gemeinsam mit Porsche China ist eine erstklassige



30 Millionen

Neuzulassungen werden in China in den nächsten Jahren erwartet. Das Premium- und Luxussegment dürften noch stärker wachsen als der Gesamtmarkt.

Kooperation entstanden, bei der beide Seiten ihre jeweiligen Erfahrungen austauschen, die Wissenschaft und Ausbildung fördern und Technologien vorantreiben.

Zum Schluss noch eine persönliche Frage: Was essen Sie in China am liebsten?

- **PUTTFARCKEN:** Essen ist in China fast wie eine Religion. Alles ist von hoher Qualität und schmeckt hervorragend. Hier in Shanghai mag ich vor allem die Teigtaschen. Chinaweit ist mein Favorit die Sichuan-Küche mit ihrer Schärfe und Raffinesse.
- **SCHÄFER:** Ich bin fasziniert von der unglaublichen Vielfalt der chinesischen Küche. Mein Favorit ist Gemüse aller Art. Das ist jedes Mal ein Hochgenuss für mich.
- **SCHWAIGER:** Mich spricht vor allem die chinesische Kultur des Teilens an. Essen wird stets gemeinschaftlich verstanden. Diese offene Art schätze ich sehr – sie fördert den Austausch und Dialog. ◀

Integriert: Vernetzte Fahrzeuge müssen sich nahtlos mit der Lebenswirklichkeit der Kunden verbinden.



Perfekte Nachbildung

Text: Andreas Burkert

Mit Hardware-in-the-Loop (HiL) können Entwickler Steuergeräte fast wie im Fahrzeug verwenden. Dadurch kann in frühen Entwicklungsphasen die Anzahl an Prototypen reduziert und Funktionen können effizienter entwickelt und früher getestet werden. Porsche Engineering nutzt HiL-Systeme an verschiedenen Standorten weltweit – auch um Fahrzeugfunktionen an die Anforderungen vor Ort anzupassen. In Zukunft werden dabei die Cloud und Künstliche Intelligenz eine wichtige Rolle spielen.

Zur Entwicklung eines neuen Automobils gehören ausgiebige Testfahrten von insgesamt mehreren Millionen Kilometern mit Prototypen in den verschiedenen Entwicklungsstufen. Nur so können alle Systeme auf Herz und Nieren geprüft werden. Solche Erprobungen sind in der Praxis noch fester Bestandteil im Gesamtentwicklungsprozess, doch die Fortschritte bei den modernen Fahrassistenzsystemen erfordern andere Strategien. Denn allein für den Test einer teilautonomen Fahrfunktion müssten Ingenieure diese über mehrere Jahre hinweg auf der Straße erproben. Darum rücken Computersimulationen immer stärker in den Fokus.



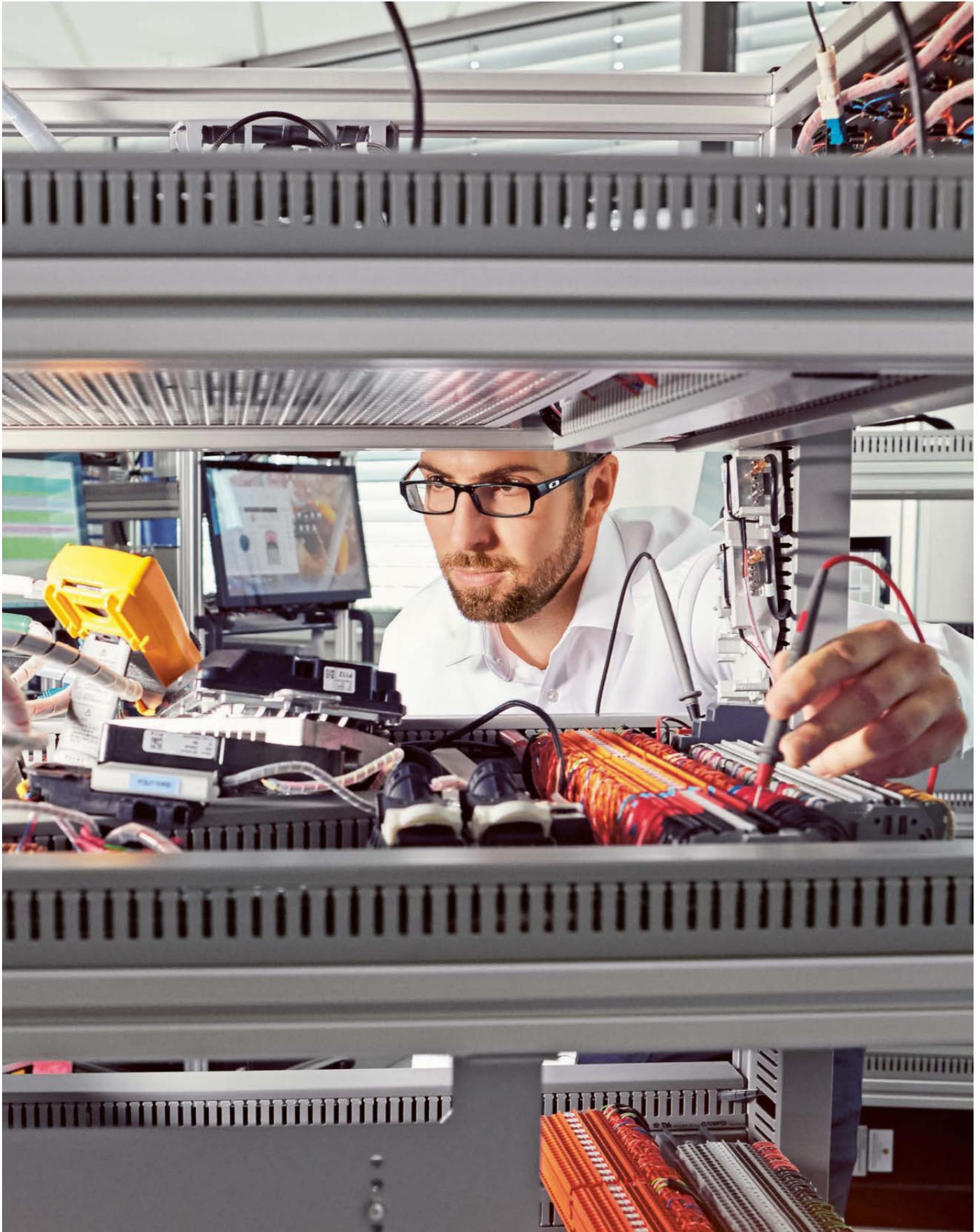
Rund

100

HiL-Prüfstände unterhält Porsche Engineering weltweit, 60 davon an den internationalen Standorten Shanghai, Prag, Ostrava und Cluj.

Auch bei Porsche Engineering: Dort nutzen die Experten in zahlreichen Projekten Hardware-in-the-Loop (HiL), eine Methode, die sich in Komponententests bewährt hat und zunehmend auch für hochkomplexe Systeme Anwendung findet.

Hardware-in-the-Loop ist das Bindeglied zwischen Software und der Ziel-Hardware im Fahrzeug. Der HiL-Prüfstand fungiert dabei als Nachbildung der realen Umgebung eines Steuergerätes oder eines Steuergeräteverbundes. Die Elektronik des angeschlossenen Steuergerätes wird mit elektrischen Steuersignalen



Bewährt: Hardware-in-the-Loop wird neben Komponententests auch zunehmend für hochkomplexe Systeme eingesetzt.

versorgt, die Signale der Bus-Systeme von einer Restbussimulation. Dieser Zustand lässt sich für das Steuergerät nicht vom Betrieb im Fahrzeug unterscheiden. Zu Testzwecken lassen sich so auch gezielt Fehlinformationen auf die Sensor-Schnittstellen und Datenbusse des Fahrzeugs geben, um beispielsweise die Auswirkungen einer defekten Kurbelwelle oder den kompletten Ausfall eines anderen Fahrzeugsystems zu simulieren und so die Diagnose des Steuergerätes abzusichern.

Bibliothek mit Simulationsmodellen

Grundlage für die HiL-Simulationen sind detaillierte mathematische Software-Modelle, die mit Matlab/Simulink erstellt werden und die physikalischen Prozesse im Fahrzeug nachbilden. Sie sind in Bibliotheken abgelegt, aus der die Modellierer passende Module entnehmen und diese – beispielsweise je nach Motorvariante oder Fahrwerkstyp – zu einem Gesamtsimulationsmodell zusammenstellen können. In der Bibliothek finden sich unter anderem Modelle für das Verhalten eines Ansaugsystems oder des Verbrennungsraums, aber auch komplexe Modelle verschiedener Fahrwerke mit oder ohne adaptiver Luftfederung, Wankstabilisierung und unterschiedlichsten Rädern. Durch den Zugriff auf die Bibliotheken muss nicht jedes HiL-Simulationsmodell neu programmiert werden. Es reicht vielmehr, die vorhandenen Module zu konfigurieren und zu parametrieren. Allerdings ist die Nachbildung der physikalischen



„Einige unserer HiL-Tests wären im Fahrzeug mit einem hohen Risiko für Personen- und Sachschäden verbunden.“

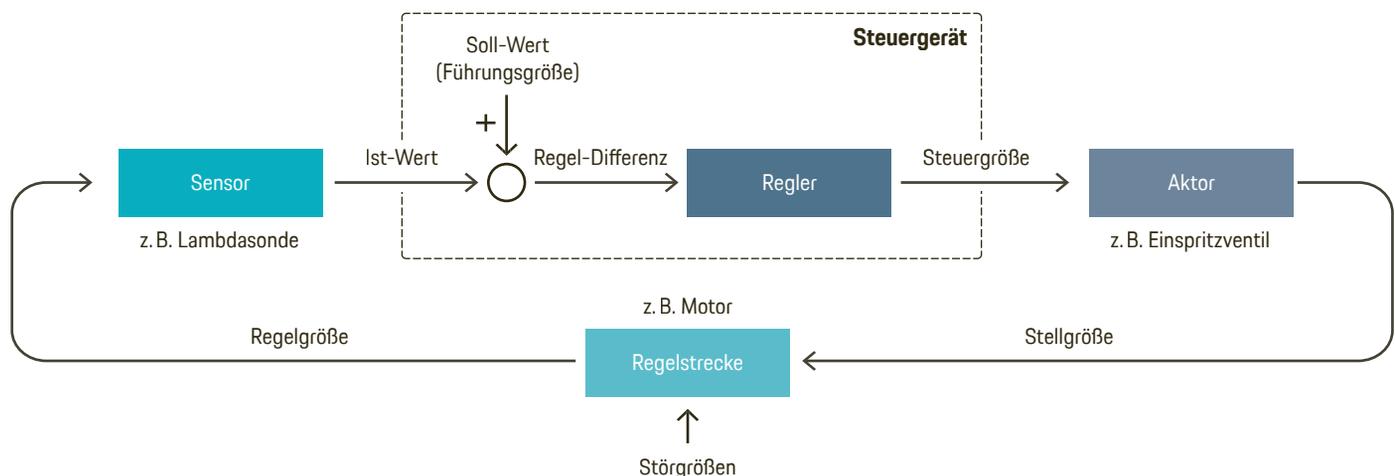
Jörg Turowski,
Fachprojektleiter
Antriebs-HiL-Systeme

Prozesse im Fahrzeug sehr rechenintensiv und erfordert eine entsprechende Infrastruktur. „Wir haben mehrere sehr leistungsstarke Rechner in den HiL-Prüfständen verbaut und können so heute problemlos einzelne Teilmodelle physikalisch korrekt in Echtzeit abbilden. Es gibt auch Modelle der gesamten Fahrzeugvernetzung, des Fahrers und der Umwelt. Aber in einigen komplexen Abläufen, wie dem gesamten Verbrennungskreislauf im Motor, muss man sich derzeit noch Abhilfe verschaffen“, berichtet Jörg Turowski, der als Fachprojektleiter bei Porsche Engineering für die Antriebs-HiL-Systeme verantwortlich ist.

Deshalb nutzen die HiL-Experten neuronale Netze, die im Gegensatz zu den physikalischen Modellen deutlich weniger Rechenleistung erfordern. Sie werden unter anderem dafür genutzt, physikalische Modelle zu vereinfachen. In einem Simulationsmodell eines Motors wird beispielsweise aus den Ansteuersignalen des Motorsteuergerätes der Ablauf des Verbrennungsprozesses berechnet. Als Ausgangsgrößen liefert die Simulation Werte wie die erzeugten Momente und Sensorsignale, die wieder zurück ins Motorsteuergerät eingespeist werden. Durch den Einsatz eines neuronalen Netzes müssen diese Ausgangswerte nicht mithilfe einer physikalisch korrekten Formel berechnet werden, stattdessen liefert sie das neuronale Netz in Echtzeit. Dafür muss es aber zuvor mit den Daten eines realen prototypischen Motors oder eines nicht echtzeitfähigen physikalischen Modells angeleitet werden. Porsche

Messung und Regelung

Sensoren liefern den Input für das elektronische Steuergerät, das diese gemessenen Ist-Werte mit Soll-Werten vergleicht. Weichen die Ist-Werte von den Soll-Werten ab, veranlasst das Steuergerät über Aktoren entsprechende Korrekturen.



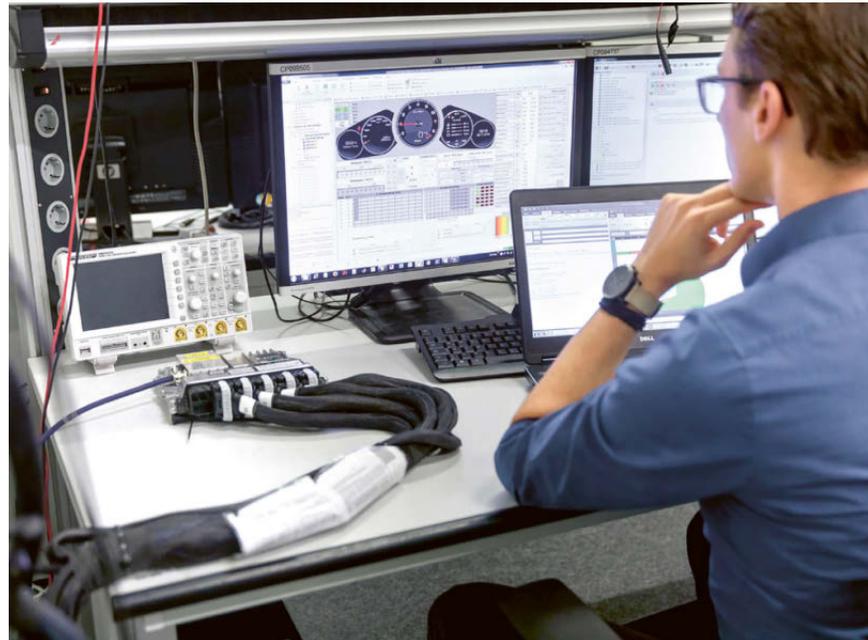
Engineering setzt neuronale Netze seit Jahren sehr erfolgreich in den Simulationsmodellen ein.

Die Möglichkeiten zur Validierung von Software sind durch HiL-Prüfstände nahezu unbegrenzt. „Mit Hardware-in-the-Loop lassen sich selbst Testfälle analysieren, die nur sehr schwer auf der Straße oder im Feldtest untersucht werden können“, erklärt Heiko Junker, Leiter Fachdisziplin Elektronik Antriebsstrang bei Porsche Engineering. Das gilt insbesondere für die Untersuchung von Extremsituationen. „Mit einigen dieser Tests wäre im Fahrzeug ein hohes Risiko für Personen- und Sachschäden verbunden“, ergänzt Turowski. „Mit Hardware-in-the-Loop lassen sie sich hingegen beliebig oft und exakt wiederholen.“ Als Beispiele nennt er Tests bei hohen Geschwindigkeiten, das bewusste Überschreiten von Grenzwerten und die Prüfung von Softwarereaktionen auf Signale, die nur bei einem Unfall ausgelöst werden. „Das ist wichtig, um beispielsweise Schutzfunktionen abzusichern“, so Turowski.

Beim Einsatz von Hardware-in-the-Loop profitiert Porsche Engineering von seinen langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Simulation. Hinzu kommt, dass im kompletten Absicherungs- und Integrationsprozess die identischen Simulationsmodelle verwendet werden. „So können wir viele Synergien nutzen“, sagt Junker. „Dabei helfen uns auch vollautomatisierte Prozesse, vom Lastenheft bis zum Testergebnis. Wir setzen dafür Testspezifikationsgeneratoren und Testfallgeneratoren ein.“ Kunden profitieren von einer Dienstleistung aus einer Hand: Porsche Engineering bietet ihnen ein komplettes Paket an – vom Konzept über den Aufbau und die Inbetriebnahme bis zur Restbussimulation und physikalischen Modellbildung. Hinzu kommt die detaillierte Analyse der Testergebnisse, inklusive Empfehlungen zu möglichen Abhilfemaßnahmen.

Interkontinentale Kooperation auf Basis der gleichen Prozesse, Techniken und Methoden

In den HiL-Projekten arbeiten mehrere Standorte von Porsche Engineering eng zusammen. Diese interkontinentale Kooperation auf Basis der gleichen Prozesse, Techniken und Methoden bietet Junker und Turowski die Möglichkeit, Aufgaben nach Verfügbarkeit von Ressourcen, Know-how und mit Rücksicht auf die Besonderheiten der Märkte weltweit zu verteilen. Während zum Beispiel der Standort in Mönshheim die Hardware-in-the-Loop-Prüfstände vor Ort für Bauteil- und Funktionsentwickler bereitstellt und die Konzepte für zukünftige HiL-Systeme entwickelt, werden in Prag die Tools für die automatisierte Testfallimplementierung und -auswertung kontinuierlich optimiert sowie eigene HiL-Systeme für die Testfalldurchführung betreut. In Shanghai wiederum ist man auf die Erstellung von



Expertise: Beim Einsatz von HiL profitiert Porsche Engineering von seinen langjährigen Erfahrungen mit Simulationen.



„Wir bauen unsere HiL-Kapazitäten kontinuierlich aus.“

Heiko Junker,
Leiter Fachdisziplin
Elektronik
Antriebsstrang

physikalischen Simulationsmodellen und das Einbinden und Anlernen der neuronalen Netze spezialisiert.

„Außerdem können wir den Zeitunterschied zwischen Deutschland und China nutzen“, berichtet Junker. „Wenn wir hier bei HiL-Tests einen Fehler im Simulationsmodell finden, kann er in Shanghai über Nacht analysiert werden.“ Dort sowie an den anderen internationalen Standorten Cluj, Prag und Ostrava unterhält Porsche Engineering Laborflächen mit insgesamt mehr als 60 HiL-Prüfständen. Hinzu kommen weitere rund 40 Prüfstände in Deutschland, sodass sich der stetig steigende Testbedarf abdecken lässt. In Zukunft wird der Einsatz von Hardware-in-the-Loop-Technologie weiter zunehmen, denn der Trend zu immer weniger realen Prototypen wird sich weiter fortsetzen. „Darum bauen wir unsere HiL-Kapazitäten kontinuierlich aus“, so Junker.

Die für hochkomplexe Simulationsmodelle nötige Rechenleistung steht bereit, denn sie lässt sich durch die Verlagerung von Modellteilen in die Cloud fast beliebig steigern. „Zudem sind die Steuergeräte an den Prüfständen bereits heute mit dem Backend verbunden“, sagt Turowski. „So lassen sich auch Cloud-Funktionen frühzeitig absichern.“ Selbst der völlige Ersatz von Prototypen erscheint möglich: „Wir arbeiten daran, mehrere Komponenten-HiL-Systeme in der Cloud zu einem virtuellen Gesamtfahrzeug zusammenzuschalten“, so Junker.



Zweimal Stopp: Unterschiedliche Straßenmarkierungen wie in Großbritannien (links) und Südkorea erschweren derzeit das Training von KI-Systemen.



Der kleine Unterschied

Text: Constantin Gillies

Neue Situationen sind für autonome Fahrzeuge eine Herausforderung. Ändern sich Verkehrszeichen oder -regeln, müssen sie heute noch komplett neu trainiert werden. Das vom Bundeswirtschaftsministerium geförderte Forschungsprojekt „KI Delta Learning“ will dieses Problem lösen und so den Aufwand spürbar reduzieren.

Stoppschilder sehen in vielen Ländern ähnlich aus – rot, achteckig, mit dem Wort „STOP“ in der Mitte. Allerdings gibt es Ausnahmen: In Japan sind die Schilder dreieckig, in China wird das Wort „STOP“ durch ein Schriftzeichen ersetzt, in Algerien durch eine gehobene Hand. Ortsfremde Fahrer haben mit diesen kleinen Unterschieden kein Problem. Spätestens nach der ersten Kreuzung wissen sie, wie das lokale Stoppschild aussieht. Die Künstliche Intelligenz (KI) in einem autonomen Fahrzeug benötigt hingegen ein komplett neues Training, um den kleinen Unterschied verarbeiten zu können.

Diese immer neuen Lektionen benötigen viel Zeit, verursachen hohe Kosten und bremsen so das autonome Fahren insgesamt aus. Deshalb setzt die Automobilindustrie jetzt zum gemeinsamen Schritt nach vorne an: Im Projekt „KI Delta Learning“ sollen Wege gefunden werden, autonomen Fahrzeugen selektiv etwas Neues beizubringen. Um beim Beispiel zu bleiben: Man will dem Autopiloten in Zukunft nur noch sagen müssen: „Alles bleibt gleich, bis auf das Stoppschild.“



„Es geht darum, den Aufwand zu reduzieren, um von einer Fahrsituation auf eine andere schließen zu können – ohne sie extra zu trainieren.“

Dr. Joachim Schaper, Leiter KI und Big Data bei Porsche Engineering



70.000

Grafikprozessor-Stunden benötigt das Training eines Autopiloten.



100

Experten von 18 Partnern arbeiten im Projekt „KI Delta Learning“ daran, Methoden für einen Wissenstransfer zu finden.



50%

weniger Aufwand: KI Delta Learning könnte den menschlichen Arbeitseinsatz halbieren.

Wie bedeutend diese Aufgabe ist, zeigt schon die Teilnehmerliste des Großprojektes, das vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird: Partner des Projektes sind neben Porsche Engineering auch BMW, CARIAD und Mercedes-Benz sowie Großzulieferer wie Bosch und neun Hochschulen, darunter die TU München und die Universität Stuttgart. „Es geht darum, den Aufwand zu reduzieren, um von einer Fahrsituation auf eine andere schließen zu können – ohne sie extra zu trainieren“, erklärt Dr. Joachim Schaper, Leiter KI und Big Data bei Porsche Engineering. „Die Kooperation ist nötig, weil derzeit kein Anbieter allein diese Herausforderung bewältigen kann.“ Das Projekt ist Teil der „KI Familie“, einer Leitinitiative des Verbandes der Automobilindustrie, mit der das vernetzte und autonome Fahren vorangebracht werden soll.

Rund 100 Personen bei insgesamt 18 Partnern forschen seit Januar 2020 an „KI Delta Learning“. Es finden Workshops statt, bei denen sich die Experten darüber austauschen, welche Ansätze erfolgversprechend sind – und welche sich als Sackgasse erwiesen haben. „Wir hoffen, am Ende einen Katalog von Methoden liefern zu können, mit denen sich der Wissenstransfer in der Künstlichen Intelligenz ermöglichen lässt“, sagt Mohsen Sefati, Experte für autonomes Fahren bei Mercedes-Benz und Leiter des Projektes.

Tatsächlich verbirgt sich hinter dem Stoppschild-Beispiel eine grundsätzliche Schwäche aller neuronalen Netze, die in autonomen Fahrzeugen das Verkehrsgeschehen interpretieren. Sie ähneln vom Aufbau her dem menschlichen Hirn, unterscheiden sich jedoch in einigen entscheidenden Punkten: So können sich neuronale Netze ihre Fähigkeiten nur auf einmal aneignen, typischerweise in einer einzigen großen Trainings-Session.

Großer Aufwand durch Domänenwechsel

Selbst triviale Veränderungen können in der Entwicklung von Autopiloten großen Aufwand verursachen. Ein Beispiel: In vielen autonomen Testfahrzeugen wurden bisher Kameras mit einer Auflösung von zwei Megapixeln eingebaut. Werden sie jetzt durch bessere Modelle mit acht Megapixeln ersetzt, ändert sich im Prinzip kaum etwas. Ein Baum sieht noch immer wie ein Baum aus, nur dass er durch mehr Pixel repräsentiert wird. Die KI benötigt trotzdem wieder Millionen von Schnappschüssen aus dem Verkehr, um die Objekte in der höheren Auflösung zu erkennen. Das Gleiche gilt, wenn ein Kamera- oder Radarsensor am Fahrzeug nur leicht anders positioniert wird. Danach ist ebenfalls ein komplettes Neutraining angesagt.

Fachleute nennen so etwas einen Domänenwechsel: Statt rechts wird links gefahren, statt strahlendem Sonnenschein tobt ein Schneesturm. Menschlichen Fahrern fällt es in der Regel leicht, sich anzupassen.

Sie erkennen intuitiv, was sich ändert, und übertragen ihr Wissen auf die veränderte Situation. Neuronale Netze können das noch nicht. Ein System, das zum Beispiel mit Schönwetterfahrten trainiert wurde, ist bei Regen verwirrt, weil es seine Umwelt aufgrund der Reflexionen nicht mehr erkennt. Das gilt ebenso für unbekannte Wetterbedingungen, für den Wechsel von Links- zu Rechtsverkehr oder für unterschiedliche Ampelformen. Und tauchen im Verkehr gänzlich neue Objekte wie E-Scooter auf, muss der Autopilot damit zunächst vertraut gemacht werden.

Ziel des Projektes: nur das „Delta“ lernen

In all diesen Fällen ist es bislang nicht möglich, dem Algorithmus nur die Veränderung beizubringen, also das, was in der Wissenschaft das „Delta“ genannt wird. Um sich in der neuen Domäne zurechtzufinden, braucht er wieder einen kompletten Datensatz, in dem die Modifikation vorkommt. Es ist, als müsste ein Schüler bei jeder neuen Vokabel das komplette Wörterbuch durcharbeiten.

Diese Art des Lernens verschlingt enorme Ressourcen. „Um einen Autopiloten zu trainieren, sind heute 70.000 Grafikprozessor-Stunden nötig“, erklärt Tobias Kalb, Doktorand und für Porsche Engineering am Projekt „KI Delta Learning“ beteiligt. In der Praxis werden zwar zahlreiche Graphics Processing Units (GPUs) parallel genutzt, um neuronale Netze zu trainieren, dennoch bleibt der Aufwand erheblich. Hinzu kommt, dass ein neuronales Netz kommentierte Bilder braucht, also Aufnahmen aus dem realen Verkehrsgeschehen, in denen wichtige Elemente markiert sind, wie zum Beispiel andere Fahrzeuge, Fahrspurmarkierungen oder Leitplanken. Führt ein Mensch diese Arbeit von Hand durch, dauert es eine Stunde oder mehr, bis eine Momentaufnahme aus dem Stadtverkehr annotiert ist. Jeder Fußgänger, jeder einzelne Zebrastreifen, jedes Baustellenhütchen muss im Bild markiert werden. Dieses sogenannte Labeling lässt sich zwar teilweise automatisieren, dafür werden aber große Rechenkapazitäten gebraucht.

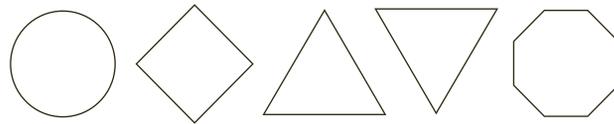
Hinzu kommt, dass ein neuronales Netz mitunter Gelerntes wieder vergisst, wenn es sich an eine neue Domäne anpassen soll. „Es fehlt ein echtes Gedächtnis“, erklärt Kalb. Er selbst hat diesen Effekt erlebt, als er ein KI-Modul verwendete, das mit US-amerikanischen Verkehrsszenen trainiert wurde. Es hatte viele Bilder von leeren Highways und weiten Horizonten gesehen und konnte den Himmel zuverlässig identifizieren. Als Kalb das Modell zusätzlich mit einem deutschen Datensatz trainierte, trat ein Problem auf. Nach dem zweiten Durchlauf bekam das neuronale Netz Schwierigkeiten, den Himmel in den amerikanischen Aufnahmen zu identifizieren. Auf dem deutschen Bildmaterial war es nämlich oft bewölkt oder Gebäude versperrten die Aussicht.

Kontinuierliches Lernen

Beim kontinuierlichen Lernen werden neuronale Netze schrittweise um neues Wissen erweitert. Dabei behalten sie das bereits Gelernte im Gedächtnis. So müssen sie nicht jedes Mal aufwendig mit dem Gesamtdatensatz neu trainiert werden.

Erster Trainingsdurchlauf

- ① Das neuronale Netz lernt, Formen zu unterscheiden.



- ② Das neuronale Netz kann Farben korrekt klassifizieren.



- ③ Das neuronale Netz unterscheidet verschiedene Beschriftungen und Zeichen.



- ④ Mit diesen Fähigkeiten kann es nun ein deutsches Stoppschild erkennen.



Zusätzliches Wissen wird gelernt

Mithilfe des zuvor gelernten Wissens über Formen, Farben und Schriften der deutschen Schilder muss das neuronale Netz nach dem Delta Learning lediglich die neuen Schriftzeichen erlernen, um ein japanisches Stoppschild verlässlich zu erkennen.



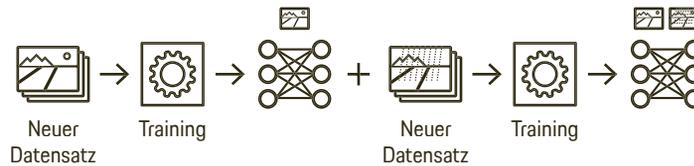
Fünf Ansätze für KI Delta Learning

1 Beim **kontinuierlichen Lernen** werden Algorithmen entwickelt, die sich ohne Wissensverlust um neues Wissen erweitern lassen – ohne dass der Gesamtdatensatz neu trainieren werden muss. Im Unterschied zu herkömmlichen Verfahren müssen zur Trainingszeit nicht alle Daten vorliegen. Stattdessen können später weitere Daten schrittweise ins Training aufgenommen werden. So kann ein neuronales Netz beispielsweise lernen, ein japanisches Stoppschild zu erkennen, ohne dass es das deutsche Stoppschild vergisst.

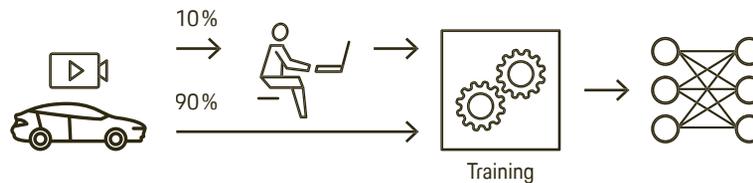
2 Beim **semi-überwachten Lernen** sind nur für einen kleinen Teil der Daten Labels vorhanden, mit denen man sie in eine Kategorie einteilen kann. Der Algorithmus trainiert darum mit ungelabelten und gelabelten Daten. So kann man zum Beispiel mit einem Modell, das mit gelabelten Daten trainiert wurde, Vorhersagen für einen Teil der ungelabelten Daten machen. Diese Vorhersagen lassen sich dann in die Trainingsdaten aufnehmen, um mit diesem erweiterten Datensatz ein weiteres Modell zu trainieren.

3 Beim **unüberwachten Lernen** (Unsupervised Learning) lernt eine Künstliche Intelligenz mithilfe von Daten, die zuvor nicht manuell in Kategorien eingeteilt worden sind. So lassen sich Daten ohne Unterstützung durch den Menschen clustern, Merkmale aus ihnen extrahieren oder eine neue komprimierte Repräsentation der Eingabedaten lernen. Im Projekt „KI Delta Learning“ wird unüberwachtes Lernen einerseits eingesetzt, um neuronale Netze zu initialisieren und die Anzahl der

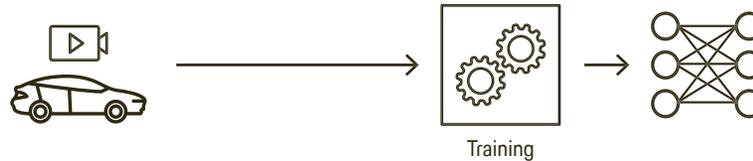
1 Kontinuierliches Lernen



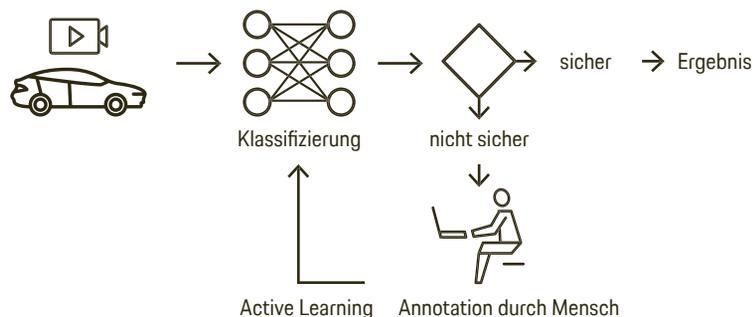
2 Semi-überwachtes Lernen



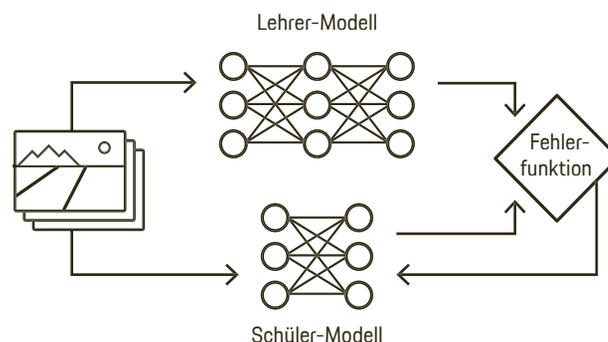
3 Unüberwachtes Lernen



4 Aktives Lernen



5 Wissens-Transfer



annotierten Trainingsdaten zu reduzieren. Andererseits kann man damit ein bereits trainiertes Netz auf eine neue Domäne anpassen, indem man versucht, eine einheitliche Repräsentation der Daten zu lernen. Wenn man beispielsweise einen Domänenwechsel von Tag- zu Nacht-Aufnahmen macht, sollten die Merkmale, die das Modell für ein Auto bei Tag gelernt hat, genauso bei Nacht anzuwenden sein. Sie sollten also im Idealfall Domänen-invariant sein.

4 Beim **aktiven Lernen** wählen Algorithmen während der Trainingszeit die Trainingsdaten für ein neuronales Netz selbst aus – zum Beispiel diejenigen Situationen, die bisher nicht vorgekommen sind. Bei der Auswahl stützt man sich unter anderem auf Unsicherheitsmaße, die abschätzen, wie sicher eine Vorhersage des neuronalen Netzes ist. Durch aktives Lernen kann man beispielsweise den Aufwand für das manuelle Annotieren von Videobildern verringern, weil nur noch diejenigen Trainingsdaten bearbeitet werden müssen, die später für das Lernen essenziell sind.

5 Beim **Wissens-Transfer** (Knowledge Distillation) geht es darum, Wissen zwischen neuronalen Netzen zu transferieren – meist von einem komplexeren Modell (Lehrer) zu einem kleineren Modell (Schüler). Komplexere Modelle haben meist eine größere Wissenskapazität und erreichen dadurch höhere Vorhersage-Genauigkeiten. Durch Knowledge Distillation wird das im komplexen Netz enthaltene Wissen in einem kleineren Netz komprimiert, wobei nur geringe Genauigkeitseinbußen zu erwarten sind. Knowledge Distillation wird auch im kontinuierlichen Lernen eingesetzt, um den Verlust von Wissen zu verringern.



„Bisher wird in solchen Fällen das Modell mit beiden Datensätzen neu trainiert“, erklärt Kalb. Doch das ist aufwendig und stößt irgendwann an Grenzen, etwa wenn die Datensätze zu umfangreich werden, um sie noch abzuspeichern. Kalb fand durch Versuche eine bessere Lösung: „Manchmal reichen sehr repräsentative Bilder aus, um das Wissen aufzufrischen.“ Anstatt dem Modell noch einmal komplett alle amerikanischen und deutschen Straßenszenen zu zeigen, wählte er zum Beispiel ein paar Dutzend Bilder mit besonders typischem Highway-Fernblick aus. Das genügte schon, um den Algorithmus daran zu erinnern, wie der Himmel aussieht.

Zwei KIs bilden sich gegenseitig aus

Genau solche Optimierungsmöglichkeiten sollen im Rahmen von „KI Delta Learning“ gefunden werden. Für insgesamt sechs Anwendungsbereiche suchen die Projektpartner nach Methoden, um die jeweilige KI schnell und einfach weiterzubilden. Dazu gehört unter anderem ein Wechsel in der Sensortechnik oder die Anpassung an unbekannte Wetterverhältnisse. Bewährte Lösungen teilen die am Projekt beteiligten Organisationen untereinander.

Ein weiterer vielversprechender Ansatz besteht darin, dass sich zwei Wahrnehmungs-KIs gegenseitig ausbilden. Zunächst wird dafür ein Lehrer-Modell aufgebaut: Es erhält Trainingsdaten, in denen eine Klasse von Objekten markiert ist, zum Beispiel Schilder. Eine zweite KI, das Schüler-Modell, erhält ebenfalls einen Datensatz, in ihm sind jedoch andere Dinge markiert – Bäume, Fahrzeuge, Straßen. Dann beginnt der Unterricht: Das Lehrer-System vermittelt dem Schüler sein Wissen, während er neue Konzepte lernt. Es hilft ihm also dabei, Schilder zu erkennen. Danach wird der Schüler wieder-

Die KI Projektfamilie

KI Wissen

Entwicklung von Methoden für die Einbindung von Wissen in maschinelles Lernen.

KI Delta Learning

Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur effizienten Erweiterung und Transformation vorhandener KI-Module autonomer Fahrzeuge auf die Herausforderungen neuer Domänen oder komplexerer Szenarien.

KI Absicherung

Methoden und Maßnahmen zur Absicherung von KI-basierten Wahrnehmungsfunktionen für das automatisierte Fahren.

KI Data Tooling

Prozesse, Methoden, Tools zur effizienten und systematischen Generierung und Veredelung von Trainings-, Test-, Validierungs- und Absicherungs-Daten für KI.

um zum Lehrer für das nächste System. Diese Methode, „Knowledge Distillation“, könnte den OEMs viel Zeit bei der Lokalisierung ihrer Fahrzeuge ersparen. Soll ein Modell in einem neuen Markt eingeführt werden, muss beim Training des Autopiloten lediglich ein anderes Lehrer-Modell für die regionalen Schilder verwendet werden – alles andere kann gleich bleiben.

Vieles, was die Forscher derzeit testen, ist noch experimentell. Mit welcher Methode sich ein neuronales Netz schlussendlich am besten an neue Domänen anpassen lässt, kann man noch nicht absehen. „Die Lösung wird in einer geschickten Kombination mehrerer Verfahren liegen“, erwartet Experte Kalb. Nach einem Jahr Projektarbeit sind die Beteiligten optimistisch. „Wir haben gute Fortschritte gemacht“, sagt Projektleiter Sefati von Mercedes-Benz. Er erwartet, erste Methoden zum KI Delta Learning vorweisen zu können, wenn das Projekt Ende 2022 ausläuft. Das könnte enorme Vorteile für die gesamte Automobilindustrie bringen. „Es gibt hohe Einsparpotenziale bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität, wenn die Trainingskette stark automatisiert wird“, erklärt KI-Fachmann Schaper. Er schätzt, dass sich der menschliche Arbeitseinsatz bei der Entwicklung autonomer Fahrzeuge durch KI Delta Learning halbieren lässt.

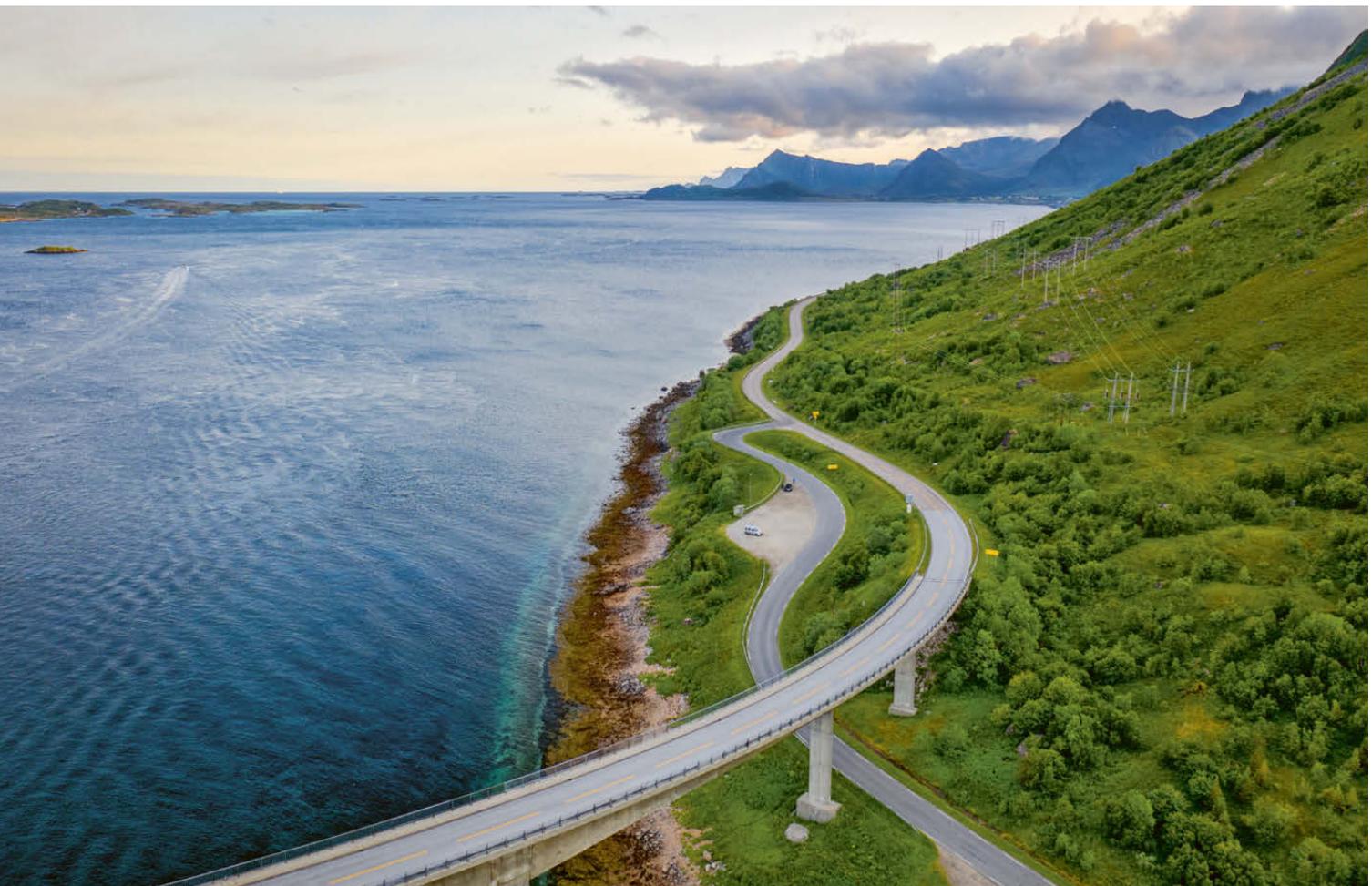
→ ZUSAMMENGEFASST

Bei einem Wechsel der Umgebung oder der Sensorik müssen neuronale Netze in Fahrzeugen heute immer wieder von Grund auf neu trainiert werden. Das Projekt „KI Delta Learning“ hat das Ziel, ihnen nach einem solchen Domänenwechsel in Zukunft nur noch den Unterschied beizubringen und so den Aufwand erheblich zu reduzieren.

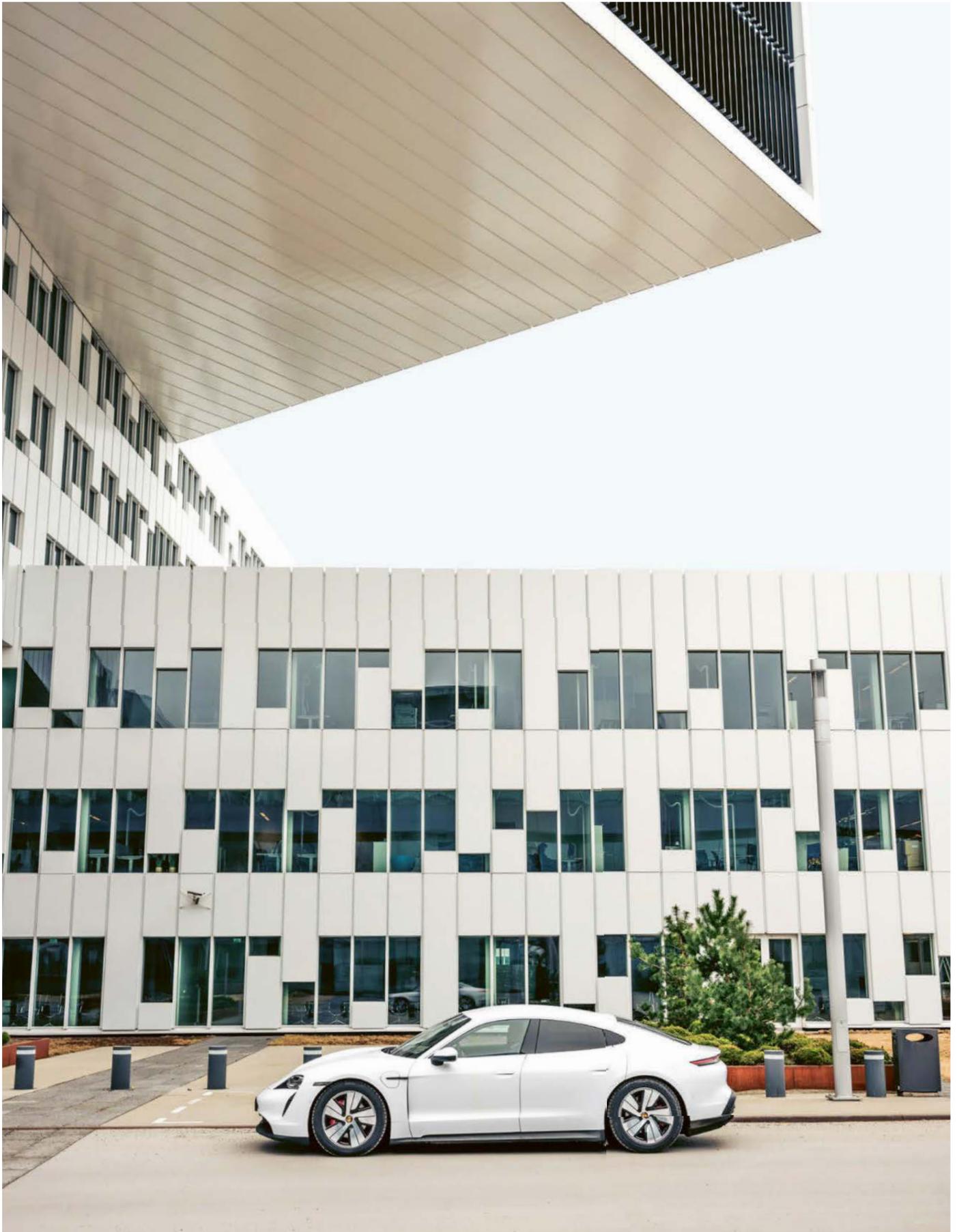
Ein Land unter Strom

Text: Eric Røkeberg Fotos: Ilja C. Hendel

Norwegen ist einer der weltweiten Vorreiter im Bereich der E-Mobilität. Mehr als die Hälfte der in 2020 dort neu zugelassenen Fahrzeuge hatten einen rein elektrischen Antrieb. Neben modernem Design und innovativer Technik wünschen sich norwegische Kunden auch Fahrzeuge, die eine hohe Reichweite und ausreichend Platz für die Familie bieten. Beste Voraussetzungen für den Porsche Taycan und den neuen Porsche Taycan Cross Turismo.



Dünn besiedelt: Norwegen ist etwa so groß wie Deutschland, hat aber nur rund 5,4 Millionen Einwohner.



Verkaufsschlager: Durch den Taycan konnte Porsche seinen Absatz in Norwegen verdoppeln.

Der Norweger Erling Henningstad liebt schnelle und dynamische Autos mit einem guten Fahrverhalten. Und er weiß schon seit vielen Jahren, dass man dafür nicht unbedingt einen Verbrennungsmotor braucht. Bereits 2012 kaufte der IT-Unternehmer aus der Nähe von Oslo sein erstes Elektroauto, und rund 250.000 km später kennt er den neuen Antrieb in- und auswendig. Beim Gespräch mit Henningstad wird klar: Der norwegische Porsche-Kunde begeistert sich für Technik und erforscht akribisch jeden Aspekt seines Autos.

Als Porsche 2018 die Reservierungsliste für ein damals noch „Mission E“ genanntes Fahrzeug eröffnete, musste er darum auch nicht lange nachdenken – und unterschrieb als einer der ersten Kunden in Norwegen die Bestellung für ein Auto, von dem er nur eine Skizze und die wesentlichen technischen Daten kannte. „Ich habe immer davon geträumt, einen Porsche zu besitzen“, berichtet Henningstad. „Und als ein Elektromodell verfügbar wurde, konnte dieser Traum endlich wahr werden. Ich wusste: Das wird mein Wagen.“

Seit Juli 2020 ist Erling Henningstad Besitzer eines Porsche Taycan 4S Performance Plus. „Der Taycan 4S bietet eine Menge für sein Geld“, findet der 59-jährige Softwareexperte. Bei der Ausstattung hat er sich für eine große Batterie mit 93 kWh Kapazität, ein 150-kW-Gleichstrom-Ladegerät, eine Wärmepumpe, einen Abstandsregeltempomaten „Adaptive Cruise Control“ (ACC) und Rundumsicht entschieden. Sein Lieblingsfeature ist die Batterietemperaturanzeige, die sowohl für das Laden als auch für die Leistung wichtig ist. „Nur wenige Autos bieten das“, sagt er. „Aber gerade bei unterschiedlicher Nutzung und wechselnden Jahreszeiten ist diese Anzeige sehr nützlich.“

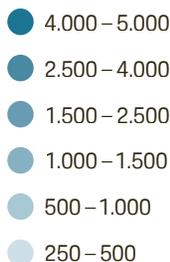
Beeindruckende Ladegeschwindigkeit

Positiv überrascht war Henningstad von der Reichweite seines elektrisch angetriebenen Porsche: „Sowohl im Sommer als auch im Winter war sie absolut ausreichend – und ich bin meinen Taycan immerhin bei Temperaturen von bis zu minus 30 Grad gefahren“, so Henningstad. Reichweitenangst – auf Norwegisch „Rekkeviddeangst“ – ist für ihn jedenfalls kein Thema. „Auch der gefürchtete Battery Drain ist beim Taycan kein Problem – anders als bei anderen Elektroautos, die bei einem längeren Stillstand merklich Ladung verlieren“, sagt er.

Die Ladegeschwindigkeit hat den Porsche-Fan ebenfalls beeindruckt: An einer Schnellladesäule mit 350 kW Leistung war die Batterie nach zehn Minuten halb voll geladen. „Das kommt zeitlich schon in die Nähe von Autos mit fossilen Brennstoffen“, kommentiert Henningstad zufrieden.



Anzahl der Ladesäulen in den elf Verwaltungsbezirken Norwegens. QUELLE: STATISTA



Fast

19.000

öffentliche Ladestationen gibt es in Norwegen. Umgerechnet auf die Einwohnerzahl liegt das Land in Europa damit auf Platz zwei.

Taycan 4S

Stromverbrauch kombiniert (Performancebatterie):
26,2 kWh/100 km
Stromverbrauch kombiniert (Performancebatterie Plus):
27,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert:
0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Dass Henningstad kaum noch einen Unterschied zwischen seinem Taycan und einem konventionell angetriebenen Fahrzeug feststellen kann, liegt auch an der intensiven Förderung der E-Mobilität in Norwegen. Landesweit gibt es dort fast 19.000 öffentliche Ladesäulen, sodass E-Auto-Fahrer auf fast sämtlichen Hauptverkehrsstraßen alle 50 km mindestens zwei Schnellladesäulen vorfinden. Pro 100.000 Einwohner gibt es in Norwegen mehr als 350 Ladestationen, womit das Land hinter den Niederlanden (386) auf dem zweiten Platz in Europa liegt. Deutschland kommt auf rund 54 Ladesäulen pro 100.000 Einwohner. Nicht nur die exzellente Ladeinfrastruktur spricht für den Umstieg auf E-Mobilität, auch die Kosten pro km sind ein Argument: Der größte Teil des norwegischen Stroms stammt aus Wasserkraft, weswegen der Ökostrom dort billiger als fossile Brennstoffe wie Benzin und Diesel ist.

Neben einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur und günstigen Strompreisen profitieren die Fahrer von E-Autos in Norwegen auch von verschiedenen staatlichen Anreizen. So entfällt beispielsweise die Mehrwertsteuer in Höhe von 25 Prozent, wenn ein Kunde sich für ein Elektrofahrzeug entscheidet. Außerdem werden keine emissions- und gewichtsabhängigen Extrasteuern wie bei Autos mit fossilen Antrieben erhoben. Zu den finanziellen Vorteilen kommen weitere Vergünstigungen im Straßenverkehr: E-Fahrzeuge dürfen zum Beispiel die städtischen Busspuren nutzen – ein unschätzbare Vorteil in der Rushhour. Und sie dürfen an vielen Orten kostenlos parken.

Ab 2025 nur noch emissionsfreie Neuwagen

Die Begeisterung für elektrisch betriebene Autos reicht in Norwegen weit zurück. Bereits in den 1970er-Jahren begann das Unternehmen Strømmen Verksted mit Elektrofahrzeugen zu experimentieren. Später entwickelte ABB Battery Drives einen Antriebsstrang, der 1989 versuchsweise im VW Golf Citystromer eingesetzt wurde. Von 1990 bis 1999 folgte eine Reihe von Straßentests, darunter war beispielsweise der Ford Think. Die intensive staatliche Förderung der E-Mobilität in Norwegen begann vor etwas mehr als 30 Jahren. Damals starteten die Umweltschutzgruppe „The Bellona Foundation“ und die Popstars von „a-ha“ eine Initiative zur Abschaffung der Gebühren für Elektroautos, die 1990 eine Mehrheit fand. Seitdem gehörten immer mehr E-Fahrzeuge zum Straßenbild. Mittlerweile setzt das Land voll auf den nachhaltigen Antrieb: Ab 2025 sollen in Norwegen nur noch emissionsfreie Autos zugelassen werden.

Kein Wunder also, dass sich die norwegischen Kunden bereits heute mehrheitlich für E-Autos entscheiden:

Abenteuerlustig: Erling Henningstad ist viel unterwegs und verbringt die Wochenenden gern auf dem Land. Eine hohe Reichweite ist für ihn besonders wichtig.



Im Jahr 2020 wurden rund

77.000

Elektrofahrzeuge verkauft.

Das waren rund

54%

aller neu zugelassenen Fahrzeuge.

Bis Ende 2021 soll es etwa

400.000

Elektrofahrzeuge in Norwegen geben.



Rund

1.600

Wasserkraftwerke gibt es in Norwegen.

Sie erzeugen etwa

95%

des Stroms.

Preiswerte Energie:
Dank Wasserkraft ist Ökostrom in Norwegen billiger als Benzin und Diesel.

Dichtes Netz:
Fahrer von E-Autos finden in Norwegen selbst auf dem Land genügend Ladestationen.



Taycan 4 Cross Turismo:

Stromverbrauch kombiniert: 28,1 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Taycan 4S Cross Turismo:

Stromverbrauch kombiniert: 28,1 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Taycan Turbo Cross Turismo:

Stromverbrauch kombiniert: 28,7 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Taycan Turbo S Cross Turismo:

Stromverbrauch kombiniert: 29,4 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Fast 77.000 Elektrofahrzeuge wurden 2020 dort verkauft, was rund 54 Prozent aller neu zugelassenen Fahrzeuge entspricht – ohne die Plug-in-Hybride, mit denen der Anteil der elektrifizierten Autos sogar bei knapp 75 Prozent liegt. Auch in diesem Jahr setzt sich der Boom fort: Im März waren 56 Prozent aller verkauften Neuwagen Elektromodelle. Trotz seiner rund 5,4 Millionen Einwohner liegt Norwegen damit bei den Elektroautoverkäufen weltweit an vierter Stelle, und nirgendwo in Europa gibt es mehr Elektroautos pro Kopf.

Dank der hohen Nachfrage wird die Gesamtzahl der verkauften Elektroautos in Norwegen Ende 2021 bei etwa 400.000 liegen. Von der Elektro-Euphorie profitiert auch der Taycan: Er kam im Januar 2020 auf den norwegischen Markt, und bereits Anfang November 2020 konnte der tausendste Taycan-Kunde sein Fahrzeug in Empfang nehmen. Der Verkaufsstart des rein elektrischen Sportwagens sorgte dafür, dass sich die Porsche-Verkäufe in Norwegen gegenüber dem vergleichbaren Vorjahreszeitraum verdoppelten.

Perfekt für unterschiedlichste Bedingungen

Erling Henningstad hat seine Wahl keine Sekunde bereut und ist nach den ersten Monaten als Taycan-Besitzer rundum zufrieden. „Das Interieur des Autos hat Stil und fühlt sich solide an“, lobt er. „Und die Fahreigenschaften sind großartig: Mit seinem niedrigen Schwerpunkt ist der Taycan gut ausbalanciert und bietet volle Kontrolle, egal unter welchen Bedingungen.“ Besonders freut ihn, dass er viele Eigenschaften des elektrischen Sportwagens ganz nach seinem Geschmack, seiner Stimmung oder den aktuellen Umgebungsbedingungen verändern kann, zum Beispiel das Ansprechverhalten der Motoren, die Fahrwerkeinstellungen und die elektronische Stabilisierung. So kommt er mit den unterschiedlichsten Bedingungen bestens zurecht. „Der Taycan kann mit allem umgehen, von der Rennstrecke bis zur Schotterpiste“, fasst Henningstad seine bisherigen Erfahrungen zusammen.

Der souveräne Umgang mit Straßen aller Art ist in Norwegen besonders wichtig, denn fast alle Familien besitzen hier ein Wochenendhaus am Meer oder in den Bergen. Gefragt ist darum ein Auto, das auch mit Feldwegen gut zurechtkommt. Außerdem wünschen sich die Kunden ausreichend Platz für mehrere Passagiere samt Sportgerät. Das macht den neuen Porsche Taycan Cross Turismo besonders interessant für den norwegischen Markt. „Alles deutet darauf hin, dass er perfekt zu abenteuerlustigen Menschen wie mir passen wird, die Nebenstraßen und zusätzlichen Platz schätzen“, sagt Henningstad. „Ich gehe auch davon aus, dass er sich so hervorragend fährt, wie man es von einem Porsche erwartet. Und wenn er sich mit der erhöhten Fahrhöhe wirklich besser auf unebenen Straßen fährt, könnte mit dem Taycan Cross Turismo das perfekte Auto für mich in greifbare Nähe rücken.“

Fragen an Thomas May, Leiter Area Nordeuropa bei der Porsche AG

„Norwegen ist bei E-Mobilität vielen Ländern fünf Jahre voraus“

Was sind die spezifischen Anforderungen der Kunden in Norwegen?

Sie achten auf Top-Qualität und sind sehr Design-affin. Außerdem haben viele Norweger eine „Hytt“, ein kleines Haus, in den Bergen oder an einem Fjord. Dort verbringen sie fast jedes Wochenende. Sie wünschen sich Autos mit Allradantrieb, die genug Platz für die Familie und das Gepäck bieten. Und sie brauchen Fahrzeuge, die auch bei Minusgraden zuverlässig funktionieren.

Welche neue Zielgruppe könnte der Taycan Cross Turismo erschließen?

Er ist vor allem für Kunden mit hohem Platzbedarf interessant, zum Beispiel Familien mit Kindern. Die Presse ist sich jedenfalls sicher, dass er „Ein Traumauto“ und „Ein Porsche made for Norway“ ist – so lauten zumindest zwei von vielen aktuellen Schlagzeilen. Wir gehen davon aus, dass der Taycan Cross Turismo einen großen Marktanteil haben wird. Bis jetzt haben wir bereits mehr als 1.700 Interessenten und davon über 700 Bestellungen vorliegen. Ein guter Start!

Was können andere Länder vom E-Auto-Boom in Norwegen lernen?

Norwegen ist vielen Ländern etwa fünf Jahre voraus, und E-Mobilität ist dort völlig alltäglich. Fahrer von E-Autos profitieren neben der Unterstützung durch den Staat auch von anderen Vorteilen, etwa von einem reinen E-Auto-Parkhaus in Oslo. Reichweite ist ebenfalls kein Problem mehr, da alleine 2020 fast 1.000 neue Schnellladesäulen installiert wurden. So macht man E-Mobilität attraktiv und einfach für die Kunden. Das macht den entscheidenden Unterschied.

Das heißt, mit den richtigen Anreizen könnte es in einigen Jahren überall wie in Norwegen sein?

Grundsatzfragen zur E-Mobilität, Reichweitenängste, die Installation von Ladestationen zu Hause – all das ist in Norwegen kein Thema mehr. Man vertraut E-Autos voll und hat sie liebgewonnen. Während sie anfangs nur als Zweit- oder Drittfahrzeug genutzt wurden, sind sie heute zum „Daily Driver“ geworden. So könnte das in einigen Jah-

ren tatsächlich auch bei uns aussehen, wenn die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Was kann man hinsichtlich des Vertriebs von Norwegen lernen?

Heute gehören dort „Depositor-Programme“ zum Standard: Bereits vor dem offiziellen Verkaufsstart kann man sich online als Interessent registrieren und eine Anzahlung leisten. So beginnt die Kommunikation mit Interessenten sehr früh und zielgerichtet. Auch die Kunden selbst sprechen miteinander. In der von ihnen initiierten geschlossenen Facebook-Gruppe „Porsche Taycan Norway“ mit mehr als 5.000 Mitgliedern berichten sie über ihre Erlebnisse, geben sich gegenseitig Tipps zur Bedienung oder holen sich vor der finalen Bestellung Informationen zur Ausstattung.



Thomas May,
Leiter Area Nordeuropa
bei der Porsche AG



Jahre Zukunft

Text: Richard Backhaus

1931 gründete Ferdinand Porsche sein Konstruktionsbüro in Stuttgart. Seitdem ist der Name Porsche eng mit Kundenentwicklungsprojekten verbunden. Eine Reise durch neun Jahrzehnte Automobilgeschichte.

Als Ferdinand Porsche am 25. April 1931 in Stuttgart ein Konstruktionsbüro mit dem Namen „Dr. Ing. h.c. F. Porsche Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Konstruktion und Beratung für Motoren- und Fahrzeugbau“ ins Handelsregister eintragen ließ, konnte er bereits auf eine erfolgreiche Karriere als Chefkonstrukteur bei namhaften Automobilherstellern zurückblicken. Zwar war seine Entscheidung auf dem Höhepunkt der Weltwirtschaftskrise riskant – es wurde

aber schnell klar, dass sich das Konstruktionsbüro im internationalen Wettbewerb durchsetzen konnte. In den 1930er-Jahren avancierte es zu einer der bedeutendsten Stätten der Automobilentwicklung.

Den ersten großen Auftrag bekam das Konstruktionsbüro im Frühjahr 1931 vom Automobilhersteller Wanderer. Unter der internen Bezeichnung „Typ 7“ entwarf Porsche einen 1,5-Liter-Sechszylindermotor



1931

Ferdinand Porsche wagt den Sprung in die Selbstständigkeit. Als Konstrukteur hat er sich bereits einen Namen gemacht.



Visionär:

Ferdinand Porsche (links) und Motorenfachmann Josef Kales im Konstruktionsbüro Porsche in der Kronenstraße 24 (1937).

Legendär:

Der Auto-Union-Rennwagen Typ C an den Boxen (1936).



sowie das Fahrgestell (siehe den Artikel auf Seite 64). Als erstes vollständiges Fahrzeug folgte im selben Jahr der Porsche Typ 8 mit Achtzylindermotor, der allerdings nicht in Serie ging. Im Frühjahr 1933 erhielt Ferdinand Porsche von der Auto Union den Auftrag, einen 16-Zylinder-Rennwagen zu entwickeln. Bereits im November 1933 fanden die ersten Versuchsfahrten mit dem Auto-Union-Rennwagen statt, und schon während der ersten Rennsaison 1934 stellte er drei Weltrekorde auf und gewann mehrere Berg- sowie drei internationale Grand-Prix-Rennen.

Daneben arbeitete das Büro seit 1933 auch an der Konstruktion eines preisgünstigen Kleinwagens. Schon bald darauf erhielt es den Auftrag zur Konstruktion von Volkswagen-Prototypen. Die Reichsregierung entschied sich 1936 für den Bau eines eigenen Werkes für den Volkswagen, mit dessen Planung ebenfalls Ferdinand Porsche beauftragt wurde. Parallel bearbeitete das Konstruktionsbüro zahlreiche weitere Aufträge. So wurde der landwirtschaftliche Klein-Schlepper Typ 110 mit luftgekühltem Zweizylindermotor zur Grundlage des späteren „Volkstraktors“ und der nach dem Zweiten Weltkrieg produzierten Schlepper-Baureihe.

Neuanfang mit Ferry Porsche

Mit Zunahme der Luftangriffe auf Stuttgart wurde das Konstruktionsbüro 1944 ins österreichische Gmünd in Kärnten ausgelagert. Nach Kriegsende befand es sich in einer wirtschaftlich schwierigen Situation. Im April 1947 wagte Ferdinand Porsches Sohn Ferry den Neuanfang und gründete gemeinsam mit seiner Schwester Louise Piëch die Porsche Konstruktionsbüro GmbH mit Sitz in Gmünd/Kärnten. Der erste große Auftrag der Nachkriegszeit kam von dem italienischen Unternehmen Cisitalia. Das Resultat, der 1947 fertiggestellte Rennwagen Typ 360 „Cisitalia“, verfügte über ein hochmodernes Fahrwerk mit Doppellängslenkern vorne und einer Doppelgelenk-Schwingachse hinten sowie einen Allradantrieb.

Im Frühjahr 1947 formulierte Ferry Porsche seine ersten Überlegungen zum Bau eines Sportwagens, der die Konstruktionsnummer 356 erhielt. Schon im Februar 1948 entstand ein fahrbereites Fahrgestell, für das man wenig später einen schnittigen Roadster-Aufbau aus Aluminium anfertigte. Den offiziellen Segen der Behörden erhielt der Mittelmotor-Sportwagen Porsche 356 „Nr. 1“ Roadster am 8. Juni 1948 durch die allgemeine Betriebserlaubnis der Kärntner Landesregierung. Das war die Geburtsstunde der Sportwagenmarke Porsche. Die Produktion des Porsche 356/2 mit Heckmotor lief noch in der zweiten Jahreshälfte 1948 an.



1933

Startet die Entwicklung eines **16-Zylinder-Rennwagens** für die Auto Union. Schon 1934 stellt er drei Weltrekorde auf und gewinnt mehrere Rennen.



1936

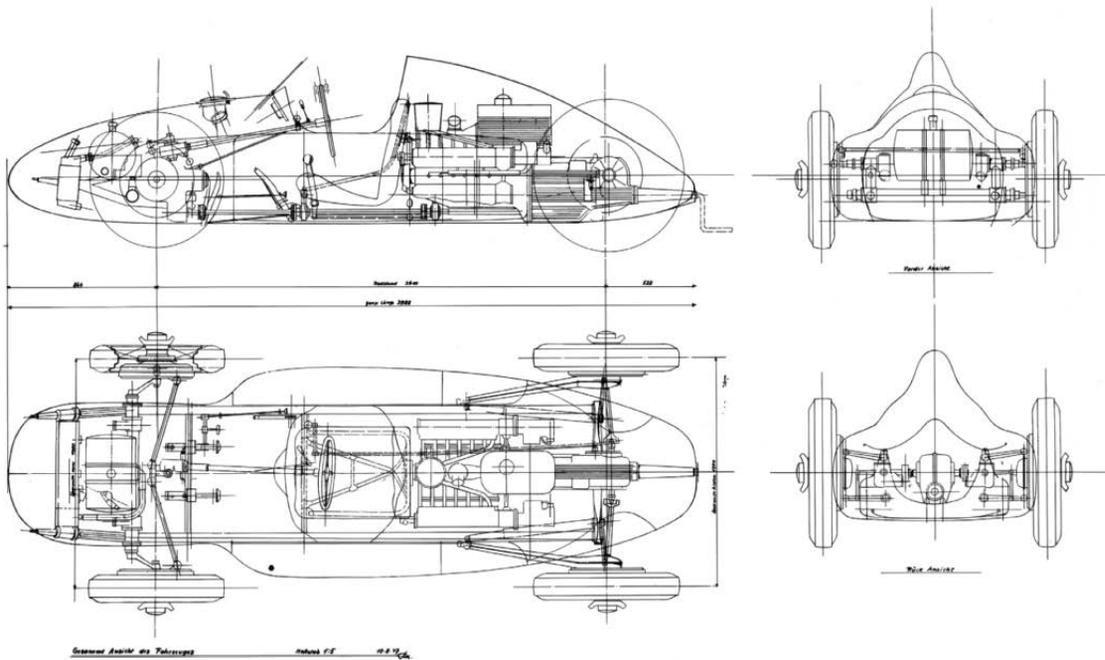
Wird Ferdinand Porsche beauftragt, ein eigenes **Werk für den Volkswagen** zu planen.



Käfer-Urahn: Porsche Typ 60 V3 bei den Testfahrten 1936 an der Porsche-Villa in Stuttgart-Nord.

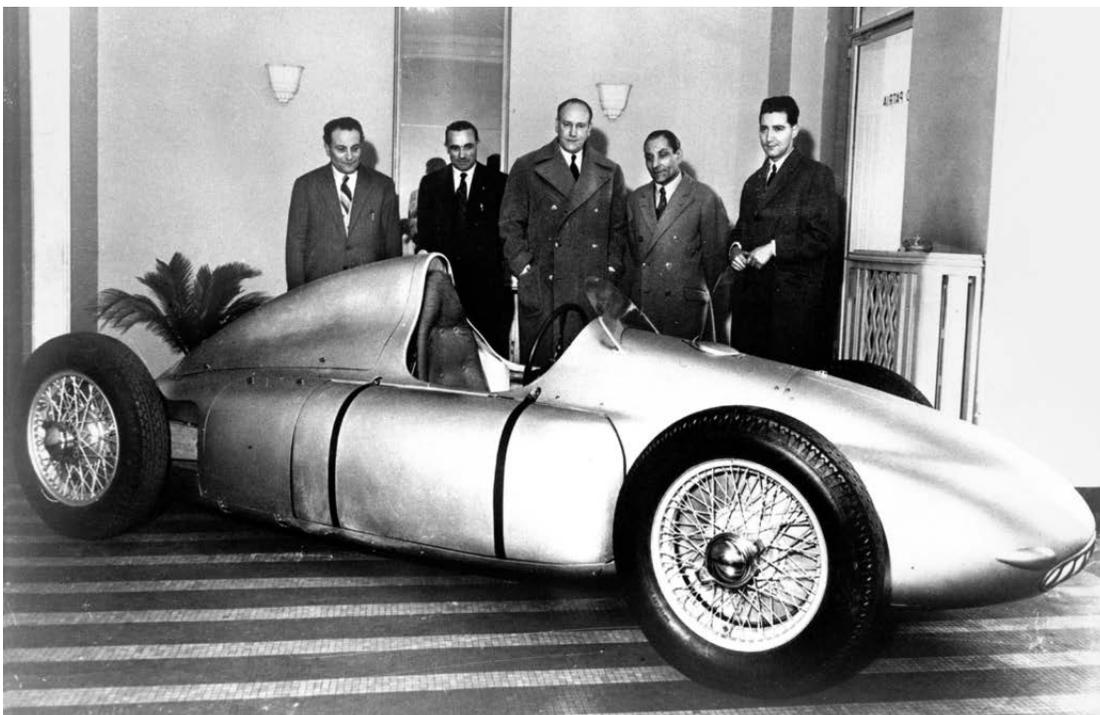


Geburt der Sportwagenmarke: Ferry Porsche (Mitte), sein Vater Ferdinand Porsche (rechts) und Erwin Komenda mit dem 356 „Nr. 1“ Roadster – das erste Fahrzeug, das den Namen Porsche trug (1948).



Technisch seiner Zeit weit voraus:
Zeichnung des Typ 360 „Cisitalia“ von 1947.

Erster Auftrag nach dem Krieg: Porsche Typ 360 „Cisitalia“.



1944

Wegen der zunehmenden Luftangriffe wird das Konstruktionsbüro ins **österreichische Gmünd in Kärnten** verlagert.



1947

Ferry Porsche formuliert erste Überlegungen für den **Bau eines Sportwagens** mit der Konstruktionsnummer 356.



1948

Geburtsstunde der **Sportwagenmarke Porsche**.

Auftrag aus Übersee: Porsche Typ 542 „Studebaker“ vor dem Schloss Solitude (1953).



Frühes Testgelände: Fahrversuche auf dem Flugplatz Malsheim (1953/54).



1952

Porsche startet die Entwicklung einer **viertürigen Limousine** für den US-Automobilhersteller Studebaker Corporation.



Kreisbahn für Tests: Bau des „Skid Pad“ im Jahr 1962.

„Wie komm' ich dazu (...) Grundlagen zu schaffen und dann kann ich wieder gehen. Es ist doch besser, ich mache ein eigenes Büro und arbeite für alle.“

Ferdinand Porsche

Perfekte Arbeitsumgebung: Luftaufnahme des Entwicklungszentrums in Weissach (1975).



1961

In den Gemarkungen Weissach und Flacht erfolgt der erste Spatenstich für den Bau einer **eigenen Teststrecke**.



1971

Die gesamte **Entwicklungsabteilung inklusive Design** wurde von Zuffenhausen nach Weissach verlagert.



Das Konstruktionsbüro
startete mit

12

Mitarbeitern.

Heute arbeiten mehr als

1.500

Menschen bei
Porsche Engineering.

Trotz des erfolgreichen Starts als Fahrzeughersteller blieben Kundenentwicklungen fester Bestandteil des Leistungsumfangs von Porsche. Auch Kunden aus Übersee wie die Studebaker Corporation vertrauten auf das Büro: In den Jahren 1952 bis 1954 entwickelte Porsche für den US-Automobilhersteller eine viertürige Limousine mit selbsttragender Karosserie in moderner Ponton-Bauweise.

Die Denkfabrik

Ein Erfolgsgeheimnis von Porsche war die ausführliche Erprobung der Konstruktionen. Ab 1953 stand für bestimmte Tests zwar ein kleiner Flugplatz bei Malsmheim, rund 30 km von Stuttgart entfernt, zur Verfügung. Doch die immer komplexere Fahrzeugentwicklung führte zum Entschluss, eine eigene Teststrecke zu bauen, die nach den Wünschen der Versuchsteilungen gestaltet werden sollte. Am 16. Oktober 1961 erfolgte der erste Spatenstich für den Bau in den Gemarkungen Weissach und Flacht, 25 km westlich von Stuttgart. Es entstanden eine Kreisbahn – Skid-Pad genannt – zur Untersuchung des Fahrverhaltens und der Querschleunigung sowie zwei Rundstrecken. Parallel dazu wurden weitere Spezialstrecken gebaut, beispielsweise Schlagloch- und Grobpflasterstrecken.

Porsche befand sich in den 1960er-Jahren auf Wachstumskurs, und neben der Markteinführung des Porsche 901 im Jahr 1963 – der ein Jahr später

in 911 umbenannt wurde – und einem wachsenden Motorsportengagement waren es zahlreiche Kundenaufträge, die die Entwicklungsmannschaft auslasteten. Im Laufe der Zeit kristallisierte sich immer mehr heraus, dass zusätzliche Prüfstände und Werkstätten für die Fahrzeugerprobung benötigt wurden. Ende der 1960er-Jahre nahmen die Pläne für das Porsche Entwicklungszentrum Weissach (EZW) konkrete Züge an. Im Herbst 1971 wurde die gesamte Entwicklungsabteilung inklusive Design von Zuffenhausen nach Weissach verlagert. Ab 1974 entstand ein Gebäude in der Gestalt eines Norm-Sechsecks, das perfekte Arbeits- und Kooperationsmöglichkeiten gewährleistete. Die innovative Idee hinter der Konzeption: Das EZW sollte sich aus vielen kleinen Denkfabriken zusammensetzen, um dem zentralen „Gehirn“ durch kurze Nervenbahnen eine hohe Reaktions- und Entwicklungsgeschwindigkeit zu sichern.

In den folgenden Jahren erfolgte der sukzessive Ausbau des EZW. Das Messzentrum für Umwelttechnik (MZU) wurde 1982 mit sechs Abgasprüfständen ausgestattet. Die Errichtung des Prüfgebäudes für Motoren und Aggregate (PMA) begann im Jahr 1983. Im Mai 1986 eröffnete Porsche den damals modernsten Windkanal weltweit. Mit einer umfangreichen Crash-Anlage war am 29. September 1986 der dritte Bauabschnitt abgeschlossen. Die neue Anlage bot mit wetterunabhängigen Testbedingungen zeitgemäße Untersuchungsmöglichkeiten und ließ sich flexibel an neue Versuchstechniken anpassen.

Kundenentwicklung auf Wachstumskurs

Seit den 1990er-Jahren führten Entwicklungstrends wie Verbrauchs- und Emissionsreduzierung, verbesserte aktive und passive Sicherheit oder der Ersatz von Mechanik durch Elektronik dazu, dass bei Kundenaufträgen immer mehr Bereiche zu berücksichtigen waren. Dadurch stieg der Abstimmungsaufwand innerhalb des EZW und mit den Entwicklerteams der Auftraggeber. Daneben erforderte der Ausbau der Modellpalette der Porsche-Sportwagen sowie der Einstieg in das Segment der Luxus-SUV mit dem Cayenne eine starke Fokussierung auf die Steuerung der eigenen Projekte. Um den neuen Anforderungen an das Projektmanagement gerecht zu werden, stellte Porsche den Kundenentwicklungsbereich des EZW im Jahr 2001 mit der Gründung der Porsche Engineering Group GmbH auf ein neues Fundament. Dort werden seitdem alle Porsche-Kundenprojekte gebündelt bearbeitet – und auch an internen Sportwagen-Entwicklungen für Porsche wird weiter gearbeitet. Eines der ersten

Sukzessive ausgebaut: Luftaufnahme des Porsche
Entwicklungszentrums in Weissach (2011).



Projekte war 2002 ein wassergekühlter V2-Motorradmotor, die „Revolution Engine“ für Harley-Davidson.

Internationales Engagement

Den ersten Schritt auf seinem internationalen Wachstumskurs machte Porsche Engineering 2001 mit der Eröffnung des Standorts in Prag, der auf komplexe technische Berechnungen und Simulationen spezialisiert ist. Seit 2012 betreibt das Unternehmen zudem eines der bekanntesten Automobiltestgelände der Welt: das Nardò Technical Center im süditalienischen Apulien. Auf 700 Hektar erstrecken sich über 20 Teststrecken und Prüfeinrichtungen, zusätzlich bietet Porsche Engineering Ingenieursdienstleistungen an, zum Beispiel Akustikuntersuchungen oder die Erprobung von Fahrerassistenzsystemen.

Das Jahr 2014 war gleich aus zwei Gründen entscheidend für die weitere Entwicklung von Porsche Engineering. Einerseits kehrte Porsche nach 16 Jahren Abwesenheit zum Langstreckenrennen nach Le Mans zurück und errang mit dem 919 Hybrid ab 2015 dreimal in Folge den Gesamtsieg. Porsche Engineering entwickelte den kompletten Energiespeicher für das innovative Antriebskonzept – von der mechanischen Struktur über die komplette Systemsteuerung bis hin zum Testing. Ebenfalls 2014 gründete das Unternehmen eine Tochtergesellschaft in China. Der Standort Shanghai ist seither die Schnittstelle zu Unternehmen vor Ort, aber auch strategischer Partner bei Porsche-Entwicklungen für den chinesischen Markt. Er ist spezialisiert auf Fahrwerke, elektronische Komponenten und Systeme, Testautomatisierung, Schnellladen und Technologie-Scouting. 2016 rundete Porsche Engineering seine Kompetenz in den Bereichen Funktions- und Softwareentwicklung durch seine Tochtergesellschaft im rumänischen Cluj-Napoca ab. Zusätzlich verstärkt seit 2018 ein Büro in Ostrava in der Tschechischen Republik das Know-how im Bereich der Softwareentwicklung. Die Ingenieure von Porsche Engineering sind damit in der Lage, Elektroniklösungen für unterschiedlichste Anforderungen zu entwickeln – auch für die Fahrzeuge der Zukunft.

Durch den internationalen Verbund können die Ingenieure auch komplette Fahrzeugentwicklungen umsetzen und ihren Kunden schlüsselfertige Ergebnisse präsentieren. Das bewies Porsche Engineering mit dem Porsche Cayenne Coupé: Als Generalunternehmer

Weltbekannt: Das Nardò Technical Center in Apulien.



Dreifacher Gewinner: Der siegreiche 919 Hybrid bei den 24 Stunden von Le Mans, pilotiert von Nico Hülkenberg, Earl Bamber und Nick Tandy (2015).

verantwortete der Dienstleister die komplette Prozesskette, von der Konzeption über das Testing bis zur Überwachung des Fertigungsanlaufs im Jahr 2019.

Für die Zukunft des Automobils hat Porsche Engineering eine klare Vision: Es verfügt über Wahrnehmung, verarbeitet Eindrücke, lernt dazu und passt sich immer besser den Bedürfnissen der Kunden an. Es leitet Informationen an das Backend weiter, wo alle Flottendaten in der Cloud validiert und optimiert werden. „Over the Air“ (OTA) erhält es dann neue Softwarepakete mit verbesserten und erweiterten Funktionen. Das schafft die Basis für eine nahtlose Einbindung des Fahrzeugs in das digitale Ökosystem des Kunden sowie für effiziente Elektroantriebe. Auch Autopilot-Funktionen werden nur mit neuen Elektronikarchitekturen und Vernetzungskonzepten umsetzbar sein. Als Gesamtfahrzeugentwickler setzt Porsche Engineering diese neuen Funktionen ganzheitlich um, inklusive Software, Hardware und der erforderlichen Vernetzung. ↻



2001

Gründung der **Porsche Engineering Group GmbH**. Dort werden seitdem alle Porsche-Kundenprojekte gebündelt bearbeitet.



2014

Die **Tochtergesellschaft in Shanghai** wird von Porsche Engineering gegründet.



2016

In Cluj-Napoca wird das Büro der **rumänischen Tochtergesellschaft** von Porsche Engineering eröffnet.



2018

Ausbau der Engineering-Aktivitäten in Tschechien: Das **Büro in Ostrava** nimmt seine Arbeit auf.



2019

Porsche Engineering ist als Generalunternehmer für die **Entwicklung des Porsche Cayenne Coupé** verantwortlich.

Klare Vision: Porsche Engineering entwickelt als internationaler Technologiepartner das intelligente und vernetzte Fahrzeug der Zukunft – inklusive Funktionen und Software.



Taycan Turbo S

Stromverbrauch kombiniert: 28,5 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Volle Verantwortung: Für das Cayenne Coupé übernahm Porsche Engineering als Generalunternehmer die Gesamtfahrzeugentwicklung. Ausstattungsmerkmale wie das Panorama-Glasdach schaffen ein einzigartiges Raumgefühl.



Sportgerät: Der Cayago Seabob zeichnete sich durch seinen zukunftsweisenden Impellerantrieb mit Batterietechnologie von Porsche Engineering aus.



Cayenne Coupé

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 9,5–9,4 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 217–214 g/km
Energieeffizienzklasse: D

Cayenne E-Hybrid Coupé

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 2,6–2,5 l/100 km
Stromverbrauch kombiniert: 22,4–22,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 60–58 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Cayenne S Coupé

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 9,9–9,7 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 225–222 g/km
Energieeffizienzklasse: D

Cayenne GTS Coupé

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 11,4–11,2 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 260–256 g/km
Energieeffizienzklasse: F–E

Cayenne Turbo Coupé

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 11,6 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 264 g/km
Energieeffizienzklasse: F

Cayenne Turbo S E-Hybrid Coupé

Kraftstoffverbrauch kombiniert: 3,3–3,2 l/100 km
Stromverbrauch kombiniert: 23,5–23,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 76–73 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Mehr als reine Automobilentwicklung

Die Entwicklungsdienstleistungen von Porsche Engineering sind traditionell nicht auf den Fahrzeugsektor beschränkt. Für den Rennrodler Georg Hackl entwickelte das Unternehmen einen Schlitten, bei dem er während der Fahrt die Dämpfung verändern und so eine höhere Kurvengeschwindigkeit erzielen konnte. Das Ergebnis: Silbermedaille bei den Olympischen Winterspielen 2002 in Salt Lake City (USA). Und für das Wassersportgerät Seabob des Herstellers Cayago entwickelten die Ingenieure 2007 drei Elektronikkomponenten: den Akku-Manager, die Motorsteuerung und das Bedienteil mit grafischem Display.

Von der Kohlemine zur Datenmine

Text: Christian Buck Fotos: Aleš Král

Im tschechischen Ostrava arbeiten drei Teams von Porsche Engineering an der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Elektronik. Softwareentwicklung, Fahrzeugintegration und HiL-Tests gehören zu den Schwerpunkten des Standorts, der gerade seine Kapazitäten deutlich erweitert.

Innovationszentrum:
Seit Juni 2020 befindet sich der Standort nahe der Universität Ostrava.

Standortleiter:
Michal Petřek profitiert vom traditionellen Automotive-Ökosystem in Ostrava.





Breit gefächerte Kompetenzen: David Muzika (oben) und sein „Model based Development Team“ sind auf modellbasierte Softwareentwicklung spezialisiert.

Vielfältig: Ostrava bietet neben restaurierten Industrieanlagen (Mitte unten) auch eine Altstadt mit Cafés und Geschäften (oben) sowie moderne Geschäfts- und Bürogebäude (rechts unten).



Vor 20 Jahren setzte Porsche Engineering den ersten Schritt in einen internationalen Wachstumskurs und eröffnete den Standort in Prag, Tschechien. 2018 folgte dann die tschechische Standorterweiterung mit der Eröffnung eines Büros in Ostrava.

Fragt man Michal Petřek, was Ostrava als Standort für die Entwicklung neuer Fahrzeugtechnologien so besonders macht, muss er nicht lange überlegen. „Hier hat die Automobilindustrie eine lange Tradition“, erklärt der Leiter des Porsche Engineering-Standorts in Tschechiens drittgrößter Stadt. „Ganz in der Nähe, in der Stadt Kopřivnice, befindet sich zum Beispiel der Sitz von Tatra. Das ist die drittälteste Firma der Welt, die ohne Unterbrechung Autos produziert.“ Neben dem Automobilbau kann hier auch eine zweite Industrie auf eine jahrzehntelange Geschichte zurückblicken: Seit mehr als 70 Jahren werden in der Region Mährisch-Schlesien Halbleiter entwickelt und hergestellt, die Grundbausteine der modernen Elektronik und Informationstechnologie.

„Auch wegen unserer Geschichte sind wir heute das wichtigste Zentrum der Automobilindustrie in Tschechien und zugleich ein Hotspot der IT-Branche“, berichtet Petřek. „Hier gibt es zahlreiche Forschungs- und Fertigungsstätten von OEMs und Zulieferern, außer-

„Wir sind heute das wichtigste Zentrum der Automobilindustrie in Tschechien und zugleich ein Hotspot der IT-Branche.“

Michal Petřek, Leiter des Porsche Engineering Standorts Ostrava



Taycan

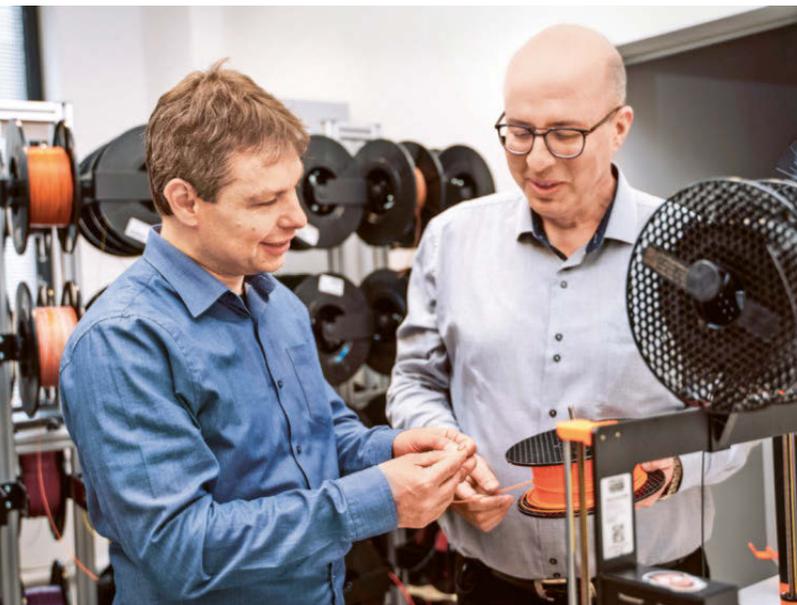
Stromverbrauch kombiniert:
28,7–28,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert:
0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

dem haben viele Softwareunternehmen in der Gegend ihren Sitz.“ Das sind ideale Voraussetzungen für die Aktivitäten von Porsche Engineering: Am Standort Ostrava arbeiten rund 80 Mitarbeiter in drei Teams an der Schnittstelle zwischen Fahrzeugen auf der einen und Elektronik sowie Software auf der anderen Seite. Für ihre Arbeit müssen sie die klassische Automobiltechnik ebenso beherrschen wie die neuesten IT-Technologien.

Die Mitarbeiter im „Car Transition Team“ beschäftigen sich vor allem mit Softwareentwicklung. Sie arbeiten beispielsweise an Diagnosesystemen für die neue Elektronikarchitektur von und an einer Echtzeit-Emulation der Fahrzeugbatterie, mit der sich das Batteriemanagementsystem in der Entwicklungsphase testen lässt. „Für unsere Arbeit brauchen wir umfassendes System-Know-how“, sagt Dr. Jiří Kotzian, der das Car Transition Team leitet. „Denn wir bringen unterschiedliche Dinge zusammen, zum Beispiel Elektrofahrzeuge und die Infrastruktur, die sie umgibt.“ Unter seinen Mitarbeitern sind darum sowohl Software- als auch Hardwareexperten, die sich vor allem mit Hochvolt-themen beschäftigen.

Schwerpunkt E-Mobilität

Auch das „Model based Development Team“ beschäftigt sich intensiv mit E-Mobilität. Im Porsche Taycan errechnet die Batteriemanager-Software aus Ostrava und Prag beispielsweise die verbleibende Ladung der Batterie und ihren „Gesundheitszustand“. Lösungen des Teams finden sich aber auch in Fahrwerk-Steuergeräten, die unter anderem die Fahrwerkshöhe regeln und dem Fahrer erlauben, die Fahrwerkeinstellungen nach seinen Vorlieben anzupassen. „Unsere Software



System- und Fahrzeug-Know-how: Jiří Kotzian (links) leitet das „Car Transition Team“, das sich vor allem mit Softwareentwicklung beschäftigt. Das „Vehicle Integration Team“ von Zdeněk Kolba integriert Subsysteme wie elektronische Steuergeräte in Fahrzeuge.



Talentschmiede: Werkstudenten und Doktoranden der benachbarten Technischen Universität Ostrava arbeiten in einzelnen Projekten am Standort mit.



Touristenmagnet: Die Stahlproduktion in Ostrava endete 1998. Heute strömen Besucher in die ehemalige Zeche.

trägt zum hochwertigen und sportlichen Fahrgefühl eines Porsche bei“, so Teamleiter David Muzika. Daneben steuerten die Experten für das Projekt „Big Data Loop“ (siehe den Artikel auf Seite 8) das Tool Automated Measurement Data Analytics (AMDA) bei, das die automatische Datenauswertung in der Cloud ermöglicht.

Die Kompetenzen im Team sind so breit gefächert wie seine Projekte: „Bei uns arbeiten Experten für Regelungstechnik, Datenverarbeitung und Künstliche Intelligenz, wobei wir stets eng mit unseren Kollegen vom rumänischen Standort in Cluj-Napoca kooperieren“, sagt Muzika. Während das Team von Kotzian Software manuell in Programmiersprachen wie C, C++ oder Python entwickelt, sind Muzika und seine Mitarbeiter auf die modellbasierte Softwareentwicklung spezialisiert. Neue Lösungen entstehen hier mithilfe des Tools Matlab/Simulink zunächst als Kombinationen von abstrakten Funktionsblöcken. „So können wir die Anforderungen unserer Kunden schnell umsetzen und testen“, erklärt Muzika. „Erst wenn die neue Funktion einwandfrei läuft, erzeugen wir automatisch den entsprechenden Softwarecode.“

Eine enge Kooperation mit ihren Kollegen in Ostrava und an anderen Standorten ist für das „Vehicle Integration Team“ entscheidend. Denn die Mitarbeiter sind dafür verantwortlich, Subsysteme wie elektronische Steuergeräte von anderen Entwicklergruppen in Fahrzeuge zu integrieren und für ihr optimales Zusammenspiel zu sorgen. Der technische Fortschritt



289.000

Menschen leben in Ostrava. Sie ist die drittgrößte Stadt Tschechiens.



Rund

80

Mitarbeiter sind am Standort Ostrava beschäftigt. Sie arbeiten an der Schnittstelle von Fahrzeug und Elektronik beziehungsweise Software.



200

Mitarbeiter könnten am Standort arbeiten. Diese Zahl soll in zwei bis drei Jahren erreicht sein.

stellt Zdeněk Kolba und sein Team permanent vor neue Herausforderungen: „Die Zahl der elektronischen Komponenten in modernen Fahrzeugen und die Komplexität der Systeme nehmen immer mehr zu“, so Kolba. „Darum müssen Integration und Validierung möglichst schnell und effektiv sein.“

Eine zentrale Rolle bei der Funktionsentwicklung und -absicherung spielen heute Simulationen an HiL-Prüfständen (Hardware in the Loop, siehe den Artikel auf Seite 24). Um beispielsweise den Datenaustausch zwischen einem Steuergerät und den anderen Systemen zu überprüfen, spielen ihm die Experten mithilfe von HiL vor, dass es bereits ins Fahrzeug eingebaut ist. Alle Signale liefert der Prüfstand, wobei ihre Werte sowie ihr Timing exakt dem späteren Serienmodell entsprechen – lange bevor es den ersten Prototyp gibt. Dieser Ansatz eignet sich für die Integration von Komponenten aller Art, vom kleinen Subsystem bis hin zu komplizierteren Funktionen. Die Entwicklung solcher HiL-Prüfstände ist eine weitere Spezialität des Vehicle Integration Teams in Ostrava. „Unsere Kollegen in Prag haben vor vielen Jahren mit den HiL-Aktivitäten begonnen“, berichtet Kolba. „Wir setzen diese Tradition jetzt in Ostrava fort.“

Ständiges Dazulernen gefordert

„Die Zahl der Steuergeräte wird sinken, dafür werden die verbleibenden Komponenten komplexer sein“, sagt Kolba. „Wir bereiten uns bereits jetzt darauf vor, mit



Rund

260

Mitarbeiter hat der Standort Prag. Sie beschäftigen sich mit Software, Regelungstechnik sowie mit der Konstruktion und der Simulation von Fahrwerk, Karosserie und Gesamtfahrzeug.



Zwei Jahrzehnte: Seit 2001 ist Porsche Engineering in Prag aktiv.

neuen Kompetenzen und neuen Tools, zum Beispiel für die künftigen Datenbusse in Fahrzeugen.“ Aber auch andere Trends wie vernetzte Fahrzeuge, autonomes Fahren und E-Mobilität erfordern ein ständiges Dazulernen. Mit seinem Team aus Experten für Software, Elektronik und Mechatronik sieht er sich dafür bestens vorbereitet: „Erfahrung und frisches Denken“ – mit diesen Worten beschreibt Kolba die Besonderheit seiner Kollegen. Erfahrung, weil viele von ihnen zuvor jahrelang bei einem der anderen Zulieferer oder OEMs in der Region gearbeitet haben. Frisches Denken, weil andere Mitarbeiter direkt nach ihrem Abschluss an einer der Hochschulen in der Region zu Porsche Engineering gestoßen sind.

Nähe zur akademischen Welt

Um von den neuesten Forschungsergebnissen profitieren zu können, will der Standort seine Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Ostrava ausbauen. „Sie ist schon lange in der Automobilforschung aktiv“, sagt Standortleiter Petřek. Schon jetzt arbeiten Werkstudenten und Doktoranden der technischen Universität an einzelnen Projekten mit, in Zukunft soll der Austausch deutlich intensiver werden. Ein wichtiger Anfang ist gemacht: Seit Juni 2020 ist der Standort in einem Innovationszentrum nahe dem Universitäts-campus untergebracht. Neben der Nähe zur akademischen Welt bietet er auch Platz für weiteres Wachstum.



Moderne Arbeitswelt: Der Standort Prag bietet neben aktueller technischer Infrastruktur eine zeitgemäße Arbeitsatmosphäre in einer der attraktivsten Städte Europas.

„Wir können hier bis zu 200 Mitarbeiter beschäftigen – eine Zahl, die wir in zwei bis drei Jahren erreichen wollen“, berichtet Petřek. „Außerdem haben wir im neuen Gebäude zwei Labore für HiL-Tests sowie zwei weitere für den Bau von HiL-Prüfständen und Elektronik. Hinzu kommen mehrere Werkstätten, in denen wir Prototypen unter Geheimhaltung umbauen können.“

Die Nähe zu technischen Talenten und eine moderne Infrastruktur sind wichtige Voraussetzungen, um in der schnelllebigen Automotive-Welt an der Spitze der Entwicklung bleiben zu können. Flexibilität ist eine weitere unverzichtbare Eigenschaft – die die Menschen in Ostrava in der Vergangenheit bereits unter Beweis gestellt haben: Nach dem Ende der lokalen Schwerindustrie wandelte sich die Stadt zum Wissenszentrum. „From Coal Mining to Data Mining“, lautete der Slogan. Oder wie Zdeněk Kolba sagt: „Wir sind bereit für die nächste Herausforderung.“

→ ZUSAMMENGEFASST

Die rund 80 Mitarbeiter am Standort Ostrava beherrschen die klassische Automobiltechnik ebenso wie die neuesten IT-Technologien. Eine moderne Infrastruktur und der enge Austausch mit der akademischen Welt stellen sicher, dass die drei Teams allen Kundenanforderungen in den Bereichen Elektronik und Software gerecht werden können.



Erweiterung von Kompetenzen:
Miloš Polášek setzt auf digitale Fähigkeiten.



Miloš Polášek, Geschäftsführer von Porsche Engineering Tschechien, über die Entwicklungsarbeit in Prag und Ostrava

„Beide Standorte werden wachsen“

Porsche Engineering ist neben Ostrava auch in Prag aktiv. Wie unterscheiden sich die beiden Standorte, und auf welchen Gebieten arbeiten sie zusammen?

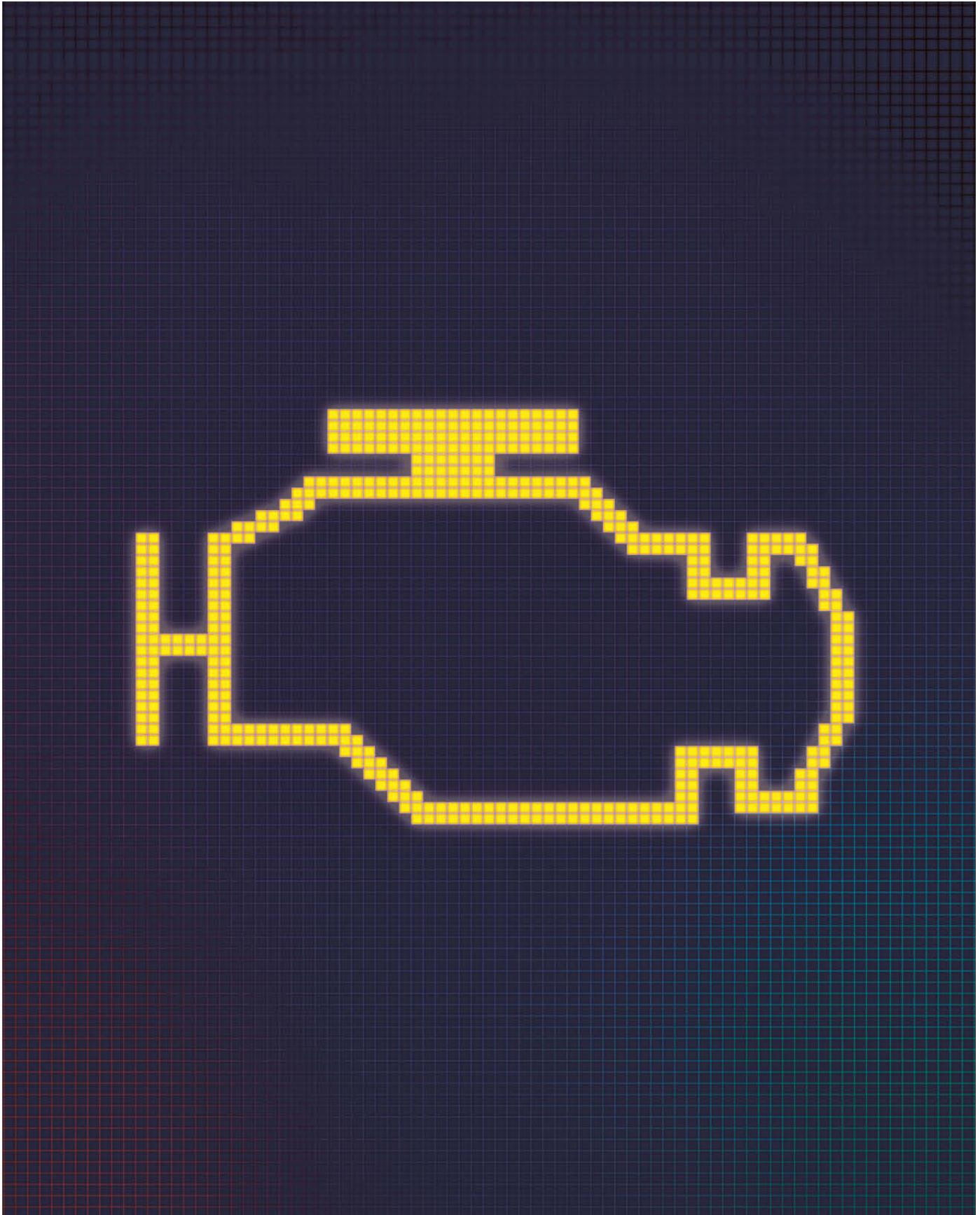
In Ostrava arbeiten wir an rein digitalen Projekten. In Prag haben wir neben Softwareentwicklern und unserer Regelungstechnik-Gruppe auch Ingenieure, die sich mit der Konstruktion und der Simulation von Fahrwerk, Karosserie und Gesamtfahrzeug beschäftigen. Es gibt aber eine enge Zusammenarbeit beider Standorte, zum Beispiel bei der Entwicklung von Batteriemanagementsystemen.

Welche Automotive-Trends prägen Ihre Arbeit im Moment?

Der große Megatrend ist die Transformation unserer Branche – von der klassischen Fahrzeugentwicklung hin zu digitalen Fähigkeiten. Wir müssen unser bestehendes Know-how beispielsweise um neue Kompetenzen bei der Softwareentwicklung ergänzen. Weitere wichtige Trends sind Künstliche Intelligenz und E-Mobilität.

Die Standorte in Prag und Ostrava sollen in Zukunft weiter wachsen. Was genau haben Sie vor?

Beide Standorte werden wachsen. Dabei fokussieren wir uns in Prag auf Softwareentwicklung und Regelungstechnik – eine Disziplin, in der wir zu den Besten gehören. In Ostrava wird der Schwerpunkt mehr auf Elektronikintegration und dem Test kompletter Elektroniksysteme liegen. Und ebenso wie in Prag wollen wir dort eng mit den lokalen Hochschulen zusammenarbeiten.



Motorkontrollleuchte: Wenn das Malfunction Indicator Light (MIL) anspringt, hat die OBD einen emissionsrelevanten Fehler entdeckt.

Alles im Blick

Text: Richard Backhaus

Die On-Board-Diagnose erkennt, ob die emissionsrelevanten Systeme im Fahrzeug richtig arbeiten. Die Konformität mit den gesetzlichen Vorgaben wird vor Produktionsstart geprüft und später in der laufenden Serie verifiziert. Dabei erhöht Porsche Engineering mit selbst entwickelten Prüf- und Simulationswerkzeugen die Effizienz.

Die On-Board-Diagnose (OBD) überwacht die Funktionstüchtigkeit abgasrelevanter Komponenten über die Lebensdauer des Fahrzeugs. Dazu führt sie Prüfroutinen aus, die in allen relevanten Steuergeräten des Fahrzeugs implementiert sind und während der Fahrt ablaufen. Gibt ein Steuergerät dabei eine unplausible Rückmeldung, wird ein entsprechender Code im OBD-Fehlerspeicher des Steuergeräts abgelegt – beispielsweise wenn eine Lambdasonde den Sauerstoffgehalt im Abgas nicht mehr richtig erkennt und die Motorsteuerung daraufhin die Verbrennungsparameter verändert. Parallel leuchtet die gelbe Motorkontrollleuchte im Cockpit auf.

Ihren Ursprung hat die OBD in den Vereinigten Staaten: 1988 wurde sie in Kalifornien und 1994 in den gesamten USA eingeführt. Zwei Jahre später mündeten verschärfte Abgaslimits in das leistungsfähigere, noch heute eingesetzte OBD-II-System, das die Emissionen präziser überwacht, weitere Komponenten in die Überprüfung einbezieht und detailliertere Diagnosemöglichkeiten für die Werkstätten bietet. In Europa wurde die OBD im Jahr 2001 zur Pflicht, allerdings mit teils anderen Anforderungen als in den USA. Vor allem die Emissionsgrenzwerte und Messzyklen unterscheiden sich deutlich voneinander. Andere Regionen wie China folgten in den darauffolgenden Jahren.



OBD

wurde 1988 erstmals in Kalifornien und 1994 in den gesamten USA eingeführt. Sie ist seit 2001 auch in Europa Pflicht. China und andere Regionen folgten in den darauffolgenden Jahren.

Grundsätzlich gliedert sich die OBD-Prüfung eines neuen Fahrzeugmodells bei Porsche in drei Schritte: erstens Tests zur Qualitätssicherung noch während der laufenden Fahrzeugabstimmung, zweitens Typisierungstests in der sogenannten OBD-Demo-Phase als obligatorische Zulassungsvoraussetzung und drittens nach Serienanlauf eine umfassende Untersuchung aller potenziellen OBD-Fehlerspeichereinträge an Fahrzeugen aus der laufenden Produktion. Über alle Phasen hinweg pflegen Porsche Engineering und die Porsche AG eine über viele Jahre gewachsene Partnerschaft. „In der Regel beginnen wir schon etwa ein halbes Jahr vor Serienstart mit der Überprüfung der OBD-Applikation. Wenn sich bei den Untersuchungen Auffälligkeiten zeigen, analysieren wir die Ursachen und schlagen mögliche Abhilfemaßnahmen vor“, sagt Dr. Matthias Bach, Leiter Fachdisziplin Motor Applikation und Mechanik bei Porsche Engineering, in deren Gebiet die On-Board-Diagnose fällt.

Abstimmung mit Zertifizierungsbehörden

In der sich anschließenden OBD-Demo-Phase wird nachgewiesen, dass das OBD-System des Fahrzeugs den gesetzlichen Vorgaben entspricht. Dazu stimmt die Porsche AG mit den Zertifizierungsbehörden in den einzelnen Regionen weltweit Testreihen ab, die

die Experten der Versuchsabteilung von Porsche Engineering abarbeiten. „Wir decken 145 Märkte ab, zehn davon mit individuellen Zulassungsmodalitäten“, so Thomas Rauner, Leiter der Typisierungsabteilung Antrieb bei der Porsche AG. Die unterschiedlichen Emissionsgesetzgebungen, Prüfzyklen und OBD-Auflagen machen Entwicklung und Test dabei äußerst komplex. Ein Beispiel aus jüngster Zeit ist China, wo die ab 2023 gültige Richtlinie China 6b anspruchsvolle OBD-Testbedingungen vorgibt. „Im Gegensatz zum Rest der Welt reicht in China ein positiver Prüfbericht dann nicht mehr aus, um ein neues Fahrzeugmodell zu zertifizieren. Vielmehr muss die OBD-Prüfung vor Ort und unter Aufsicht der Behörden erfolgen“, erklärt Dr. Sebastian Rüger, der bei der Porsche AG unter anderem für die OBD-Zertifizierung verantwortlich ist.

Als strategischer Exklusivpartner von Porsche China unterstützt Porsche Engineering die Vor-Ort-Zertifizierung durch technische Dienstleistungen wie die Durchführung der Testreihen. Die Abstimmung der Testergebnisse mit den jeweiligen Zertifizierungsbehörden übernimmt die Porsche AG. „Dank der vertrauensvollen Zusammenarbeit und dem kontinuierlichen



3.500

mögliche Fehlercodes aus den Bereichen Fahrwerk und Antrieb gibt es in Hybridfahrzeugen.

911 Targa 4S

Kraftstoffverbrauch innerorts:
15,0 l/100 km
Kraftstoffverbrauch außerorts:
7,6 l/100 km
Kraftstoffverbrauch kombiniert:
10,3 l/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert:
235 g/km
Energieeffizienzklasse: G

Informationsaustausch zwischen den Kollegen von Porsche Engineering in China und Deutschland sowie der Porsche AG können wir die Zulassung des Fahrzeugmodells dabei in einem engen Zeitrahmen umsetzen“, so Rauner.

Für die Typisierungstests eines neuen Fahrzeugmodells führt Porsche Engineering auf dem Rollenprüfstand bis zu 80 Prüfläufe durch und stellt dabei unterschiedliche emissionsrelevante Ereignisse wie etwa eine beschädigte Lambdasonden-Leitung nach. Die Ingenieure bauen dazu beispielsweise speziell präparierte Bauteile in das Fahrzeug ein oder simulieren vordefinierte Fehlerfälle. Um den Verschleiß vieler Jahre zu simulieren, verwenden sie zudem Komponenten wie Katalysatoren, die einem künstlichen Alterungsprozess unterzogen worden sind.

Neben den gesetzlichen Vorgaben führt auch die ständig steigende Zahl an elektronischen Systemen im Fahrzeug zu einer höheren OBD-Komplexität. Die OBD überwacht nicht nur einzelne Komponenten, sondern prüft ganze Funktionsabläufe ab, einschließlich potenzieller Quereinflüsse durch andere Fahrzeugsys-



Untersuchung emissionsrelevanter Ereignisse: Für die Typisierungstests eines neuen Fahrzeugmodells führt Porsche Engineering auf dem Rollenprüfstand bis zu 80 Prüfläufe durch.

teme. Das umfasst auch Steuergeräte, die bei einem Defekt indirekt Einfluss auf die Emissionen nehmen könnten, zum Beispiel für den Abstandsregeltempomat „Adaptive Cruise Control“ (ACC), die Fahrdynamikregelung „Porsche Stability Management“ (PSM) und den „Remote Park Assistent“ der das Fahrzeug automatisch einparkt. „Im Rahmen der behördlich geforderten OBD-Nachweistests, der sogenannten Product Vehicle Evaluation, müssen wir nachweisen, dass die emissionsneutrale Ersatzmaßnahme korrekt ausgeführt wird – also keinen Einfluss mehr auf das Emissionsverhalten des Fahrzeugs nimmt“, sagt Rüger. „Experten sprechen von einer Emission Neutral Default Action, kurz ENDA.“ Entsprechend hoch ist der resultierende Testaufwand: „In modernen Hybridfahrzeugen kommen wir auf bis zu 14 Steuergeräte aus den Bereichen Antrieb und Fahrwerk mit rund 3.500 möglichen Fehler-Codes“, so Bach.

Simulation von Fehlern

Diese müssen in einem Zeitraum bis zu sechs Monaten nach Produktionsbeginn eines Fahrzeugs verifiziert werden. Um Zeit und Kosten zu sparen, setzt Porsche Engineering dabei nahezu ausschließlich auf die Simulation von Fehlern. „Statt defekte Bauteile für die Prüfstandsuntersuchungen oder Straßentests mit hohem Aufwand ein- und wieder auszubauen, verändern wir die jeweiligen Sensorsignale oder Botschaften im elektronischen Datensystem des Fahrzeugs“, erklärt Bach. Dazu ist ein tiefgreifendes Verständnis der Komponente und ihrer Funktion im Gesamtsystem erforderlich, das Porsche Engineering als OBD-Dienstleister der ersten Stunde in unzähligen Entwicklungsprojekten gewonnen hat. „Unsere Stärke

„Unsere Stärke ist unser Know-how in den Bereichen Gesamtfahrzeug und Testing.“

Dr. Matthias Bach, Leiter Fachdisziplin Motor Applikation und Mechanik bei Porsche Engineering



„Wir decken 145 Märkte ab, zehn davon mit individuellen Zulassungsmodalitäten.“

Thomas Rauner, Leiter der Typisierungsabteilung Antrieb bei der Porsche AG



95%

der Defekte im OBD-System kann Porsche Engineering mit eigenen Prüf- und Simulationswerkzeugen nachbilden.

ist unser Know-how in den Bereichen Gesamtfahrzeug und Testing. Auf dieser Basis haben wir eigene Prüf- und Simulationswerkzeuge entwickelt, mit denen sich rund 95 Prozent der Defekte im OBD-System nachbilden lassen“, erklärt Bach. So wird beispielsweise die Funktion des Drosselklappenstellers während des Motorbetriebs extern simuliert, sodass die im Fahrzeug verbaute Drosselklappe separat getestet werden kann. Um die gewünschten Fehlerspeichereinträge bei den Injektoren darzustellen, wird eine speziell entwickelte Software eingesetzt, mit der sich die Einspritzmenge der Injektoren in einem sehr feinen Bereich verändern lässt. „Bei der Simulation von Vernetzungsfehlern in der Elektronikarchitektur sind wir aufgrund unserer guten Zusammenarbeit mit den Kollegen in der Entwicklung stets auf dem neuesten Stand und können so bereits zur Einführung neuer Diagnosefunktionen die geeignete Testprozedur vorstellen“, so Bach.

Das Ergebnis ist ein extrem schneller und effizienter OBD-Prozess. Es ist absehbar, dass die daraus resultierenden Vorteile künftig noch mehr an Bedeutung gewinnen, da verschärfte Emissionsnormen, wie die sich derzeit in Diskussion befindende Euro-7-Norm, die zulässigen Abgasgrenzwerte weltweit weiter reduzieren. Damit dreht sich auch die Spirale für die OBD-Entwicklung weiter: Neue Systeme und Funktionen ermöglichen geringere Emissionswerte, die dann wieder über die verbesserte OBD geprüft werden. Hinzu kommen Diagnoseaufgaben, die sich aus der Nutzung synthetischer Kraftstoffe, sogenannter eFuels, ergeben. „Es ist anzunehmen, dass künftig auch Elektroautos einen OBD-Test bestehen müssen“, wagt Bach einen Blick in die Zukunft. „Dabei ginge es dann nicht um Stickoxid- oder Partikelemissionen, sondern um den Zustand von Antrieb und Batterie.“



Allrounder unter den E-Sportwagen

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

Der neue Porsche Taycan Cross Turismo besitzt alle Stärken des Taycan wie überlegene Leistung und große Reichweite. Hinzu kommen mehr Kopffreiheit für die Passagiere im Fond und ein maximales Ladevolumen von über 1.200 Litern hinter der großen Heckklappe. Zudem ist das Fahrwerk mit serienmäßigem Allradantrieb und Luftfederung höhenverstellbar.



Seit Sommer 2021 ist der neue Porsche Taycan Cross Turismo auf dem Markt. Die voraussichtlich fünf größten Märkte für diese Taycan-Version sind die USA, Großbritannien, Norwegen, Schweden und Deutschland. Optisch lehnt er sich eng an die 2018 auf dem Genfer Automobilsalon präsentierte Konzeptstudie „Mission E Cross Turismo“ an: Die Silhouette wird bestimmt von der sportlichen, nach hinten abfallenden Dachlinie – von den Porsche-Designern „Flyline“ genannt. Zu den Offroad-Design-Elementen zählen Radlaufblenden, eigenständige Unterteile an Bug und Heck sowie die Seitenschweller. In Kombination mit dem Offroad Design-Paket besitzt der Cross Turismo spezielle Flaps an den Ecken der Stoßfänger vorne und hinten sowie an den Enden der Schweller. Diese sorgen für ein markantes Äußeres und schützen zugleich vor Steinschlag. Wie die Taycan Sportlimousine besitzt der neue Cross Turismo innovative Elemente wie den Porsche-Schriftzug in Glasoptik im Leuchtenband.

Die integrierte Fahrwerkregelung Porsche 4D-Chassis Control analysiert und synchronisiert alle Fahrwerkssysteme in Echtzeit. Porsche verwendet für das Fahrwerk des Taycan Cross Turismo ein zentral vernetztes Steuerungssystem. Bei allen Taycan Cross Turismo ist eine adaptive Luftfederung mit Dreikammer-Technologie inklusive elektronischer Dämpferregelung PASM (Porsche Active Suspension Management) serienmäßig an Bord. Die Luftfederung umfasst serienmäßig eine Smart-Lift-Funktion. Damit kann der Kunde einfach festlegen, dass das Fahrzeugniveau an bestimmten wiederkehrenden Stellen wie Fahrbahnschwellen oder Garagenauffahrten automatisch angehoben werden soll. Ein Druck auf die Fahrwerkstaste genügt, um solche Positionen zu speichern.

Fahrprogramm „Gravel Mode“

Für Fahrten in leichtem Gelände, also beispielsweise auf Schotterwegen oder einer schlammigen Fahrbahn, besitzt der Taycan Cross Turismo serienmäßig das zusätzliche Fahrprogramm „Gravel Mode“. Das Fahrzeugniveau wird dabei gegenüber der Limousine um 30 Millimeter angehoben. Außerdem beeinflusst „Gravel Mode“ die Fahrwerkssysteme Porsche Active Suspension Management (PASM), Porsche Traction

Taycan 4 Cross Turismo

Stromverbrauch kombiniert:
28,1 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Taycan 4S Cross Turismo

Stromverbrauch kombiniert:
28,1 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Taycan Turbo Cross Turismo

Stromverbrauch kombiniert:
28,7 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Taycan Turbo S Cross Turismo

Stromverbrauch kombiniert:
29,4 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Energieeffizienzklasse: A+

Blick in den Himmel:

Der Taycan Cross Turismo ist mit einem optionalen Panorama-Glasdach erhältlich (oben). Ein weiteres stilistisches Highlight sind die serienmäßigen Matrix-LED-Scheinwerfer (unten).



Management (PTM), Porsche Torque Vectoring Plus (PTV+), Porsche Stability Management (PSM) sowie das Hinterachsgetriebe. Letzteres schaltet traktionsoptimiert. Auch die Fahrpedalkennlinie wurde hinsichtlich Leistungsentfaltung und Dosierbarkeit speziell für das Gelände ausgelegt.

Alle Taycan Cross Turismo-Modelle besitzen zwei E-Maschinen an Vorder- und Hinterachse, verfügen also serienmäßig über Allradantrieb. Vom hohen Wirkungsgrad der permanent erregten Synchronmaschinen profitieren sowohl die Reichweite als auch die Dauerleistung des Antriebs. E-Maschine, Getriebe und Pulswechselrichter sind jeweils zu einem kompakten Antriebsmodul zusammengefasst. Die mögliche Rekuperationsleistung wurde nochmals gesteigert und ist mit bis zu 290 kW deutlich höher als beim Wettbewerb. Die strömungsgünstige Aerodynamik mit einem cW-Wert ab 0,26 liefert einen entscheidenden Beitrag zu einem geringen Energieverbrauch und damit zu einer hohen Reichweite. Zu den Maßnahmen im Bereich Porsche Active Aerodynamics (PAA) gehören die regelbaren Lufteinlässe der Front. Der Dachspoiler am Heck ist feststehend.

Der Taycan Cross Turismo arbeitet mit einer Systemspannung von 800 Volt (Spannungsbereich 610 bis 835 Volt) anstatt der bei Elektroautos üblichen 400 Volt. In der serienmäßigen zweistöckigen Performance-Batterie Plus sitzen 33 Zellmodule, die aus je zwölf einzelnen Zellen (insgesamt 396) bestehen. Die Gesamtkapazität beträgt 93,4 kWh. Zu Hause können Taycan Cross Turismo-Fahrer ihr Fahrzeug serienmäßig



290 kW

maximale Rekuperationsleistung bietet der Taycan Cross Turismo – deutlich mehr als der Wettbewerb.

mit bis zu 11 kW mit Wechselstrom aufladen. Als Sonderausstattung gibt es ein On-Board-Ladegerät mit 22 kW. Unterwegs profitieren Taycan Cross Turismo-Fahrer von der ausgeklügelten Temperierungsstrategie für die Batterie. Durch die punktgenaue Erwärmung der Zellen bei Anfahrt an eine Schnellladesäule lassen sich die Batterien mit höheren Strömen (Gleichstrom) und damit besonders schnell laden: In rund fünf Minuten ist Energie für bis zu 100 km Reichweite (nach WLTP) nachgeladen.

Umfangreiche Serienausstattung

Zum Modelljahr 2021 hat Porsche die Serienausstattung aufgewertet. Davon profitieren natürlich auch die Cross Turismo-Modelle. Digital Radio ist Serie. Digital ausgestrahlte Radioprogramme in den Formaten DAB,



Langstreckenläufer: Der Taycan Cross Turismo kommt mit einer Batterieladung bis zu 456 km weit (nach WLTP).



Zeitloses Design: Das eBike Sport und das eBike Cross passen perfekt zum Taycan Cross Turismo (oben). Das Design im Innenraum entspricht der viel gelobten Formgebung der Taycan Sportlimousine (unten).

DAB+ und DMB Audio bieten eine deutlich bessere Klangqualität. Auch im Bereich Konnektivität hat Porsche den Serienumfang erweitert. So lassen sich Apple® Podcasts jetzt als eigene Medienquelle wählen. Mit LED-Hauptscheinwerfern, Advanced Climate Control (2 Zonen), Multifunktions-Sportlenkrad, Teillederausstattung sowie achtfach elektrisch verstellbaren Komfortsitzen fällt die Serienausstattung des Taycan 4 Cross Turismo und Taycan 4S Cross Turismo bereits umfangreich aus. Beim Taycan Turbo Cross Turismo sind die Komfortsitze ab Werk 14-fach elektrisch verstellbar. Der Taycan Turbo S Cross Turismo besitzt unter anderem 18-fach elektrisch verstellbare, adaptive Sportsitze, eine lederfreie Ausstattung in Bi-Color sowie Hinterachslenkung, Sport Chrono-Paket und Porsche Electric Sport Sound.

Mit Functions on Demand (FoD) können Taycan-Fahrer verschiedene Komfort- und Assistenzfunktionen je nach Bedarf zusätzlich erwerben. Das Besondere daran: Dies funktioniert auch nach dem Kauf und der ursprünglichen Konfiguration des Sportwagens. Ein



Fünf Minuten

dauert es, an einer Gleichstrom-Schnellladesäule Energie für bis zu 100 km nachzuladen.



Digital Radio

ist Serienausstattung, was eine deutlich bessere Klangqualität garantiert.

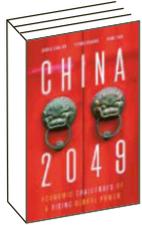
Werkstattbesuch ist dank Online-Aktivierung nicht erforderlich. Dies ist derzeit möglich beim Porsche Intelligent Range Manager (PIRM), bei der Servolenkung Plus, bei der Aktiven Spurführung und bei Porsche InnoDrive.

Sportliches Zubehör

Mit dem eBike Sport und dem eBike Cross präsentiert Porsche parallel zwei E-Bikes, die ideal zum Taycan Cross Turismo passen. Außerdem hat Porsche für den neuen Elektrosporthwagen einen Heckträger für bis zu drei Fahrräder entwickelt, der in puncto Packmaß und Handling Maßstäbe setzt. Zugleich ist er für verschiedene Radtypen universell nutzbar. Die Heckklappe lässt sich auch in beladenem Zustand öffnen. Für die Modellreihen Taycan und Taycan Cross Turismo sind über Porsche Tequipment außerdem Dachboxen erhältlich – darunter ein neues, auch für höhere Geschwindigkeiten erprobtes und geprüftes Performance-Modell. Letzteres umfasst Quertraversen für die Dachreling des Taycan Cross Turismo.



Wissen vertiefen



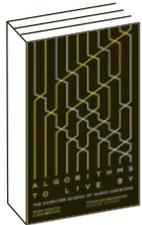
Hochkarätige Analyse

China ist auf dem Weg, die nächste Supermacht zu werden. Zugleich steht das Land vor großen Herausforderungen. In diesem Buch analysieren Ökonomen von Chinas führender Universität und Amerikas bekanntestem Think-Tank die zentralen

Fragen zur Zukunft des Landes.

China 2049

David Dollar, Yiping Huang, Yang Yao
Brookings Institution



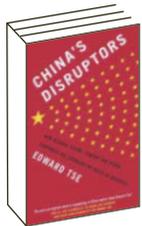
Algorithmisch leben

Was sollen wir an einem Tag oder in einem Leben erledigen? Und was besser unerledigt lassen? Wie viel Unordnung können wir akzeptieren? Die Autoren zeigen, wie man mithilfe von Computer-

Algorithmen Antworten auf solche alltäglichen Fragen finden kann.

Algorithms to Live By

Brian Christian, Tom Griffiths
Harper Collins

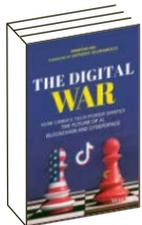


Exklusive Einsichten

Konzerne wie Alibaba, Tencent und Baidu stehen für die wirtschaftliche Erfolgsgeschichte Chinas. Anhand von exklusiven Interviews und Fallstudien zeigt der Autor, wie es dazu kam und was der Aufstieg des Landes für den Rest der Welt bedeutet.

China's Disruptors

Edward Tse
Penguin



Wettlauf der Tech-Supermächte

China ist der größte homogene digitale Markt und ein riesiges Ökosystem für Innovationen. Junge Unternehmen werden Technologien wie das Internet der Dinge, KI, Blockchain, Cloud Computing und Datenanalyse prägen – eine neue Konkurrenz

für die USA und ihre Tech-Konzerne.

The Digital War

Winston Ma
Wiley

Über den Tellerrand



⤴ Goldene Ära des Autos

Ob Rennfahrer, Entwickler, Designer, Sammler oder Tuner: Es gibt unzählige bunte Typen, die mit ihren Autos verrückte Geschichten erlebt und Beeindruckendes erreicht haben. Im Podcast „Alte Schule“ erinnern sie sich gemeinsam mit Moderator Karsten Arndt an ihre Erlebnisse. Mit dabei sind unter anderem die legendären Rennfahrer Herbert Linge und Walter Röhl.

Alte Schule

<https://alte-schule.podigee.io/>

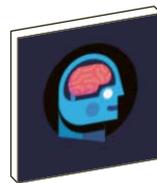


Pointierte Utopien

Dieser Podcast des Zukunftsinstituts wirft einen kritischen, aber auch optimistischen Blick auf das, was vor uns liegt. Namhafte Experten aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft diskutieren mit Gastgeber Tristan Horx im Zwei-Wochen-Rhythmus über aktuelle sowie langfristige Entwicklungen.

Treffpunkt: Zukunft

<https://www.zukunftsinstitut.de/podcast/treffpunkt-zukunft/>



Wunderschöne Wissenschaft

Der YouTube-Kanal aus München will Wissenschaft schön machen. Denn seine Macher sind überzeugt: Sie ist schön! Die Clips sollen Bewusstsein schaffen für Themen aus den Bereichen Wissenschaft, Raumfahrt, Technologie, Biologie, Geschichte und Philosophie. Ziel ist es, Menschen zum Lernen zu inspirieren.

Kurzgesagt – In a Nutshell

www.youtube.com/channel/UCsXVvk37bltHxD1rDPwtNM8Q

Für das Kind in uns

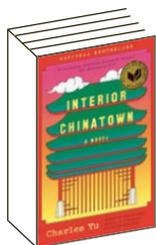


⬆ Eine Reise durch die digitale Welt

Vom C64 zur Künstlichen Intelligenz: Bestseller-Autor Alessandro Baricco nimmt Digital Natives mit auf eine spannende Zeitreise durch die Geschichte von Computern, Internet, Games & Co. Anhand anschaulicher Beispiele und mithilfe von Landkarten der digitalen Welt erklärt das Buch leicht verständlich, was Digitalisierung bedeutet – ebenso witzig wie einfach.

The Game

Alessandro Baricco
Midas



Plötzlich im Rampenlicht

Willis Wu ist Kleindarsteller in verschiedenen Shows und führt ein unauffälliges Leben. Nachdem er unerwartet ins Rampenlicht gestolpert ist, entdeckt Willis nicht nur die geheime Geschichte von Chinatown, sondern auch das vergrabene Erbe seiner eigenen Familie. Der mit dem National Book Award ausgezeichnete

Roman behandelt Themen unter anderem wie Popkultur, Assimilation und Immigration.

Interior Chinatown

Charles Yu
Vintage

Intelligent unterhalten

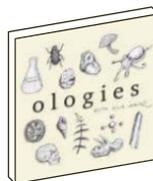


⬆ Wie alles mit allem zusammenhängt

Der US-Wissenschaftsjournalist Latif Nasser erforscht in dieser Netflix-Dokuserie, auf welche überraschende und komplizierte Weise wir miteinander, mit der Welt und mit dem Universum verbunden sind. Unter anderem erfährt man, was Wolken am Himmel mit der Computer-Cloud zu tun haben.

Connected

Netflix, 2020



Science to go

Wie viel Weltraumschrott kreist um die Erde, und wie bekommt man ihn von dort wieder weg? Wie überleben Zikaden jahrzehntelang unter der Erde?

Und wie gefährlich sind Skorpione wirklich? Solche Fragen bespricht die Journalistin Alie Ward in ihrem Podcast „Ologies“ mit Experten aus ganz unterschiedlichen Wissensgebieten.

Ologies

www.alieward.com/ologies



Rückwärts in der Zeit

Hauptdarsteller John David Washington spielt in diesem Science-Fiction-Film einen namenlosen CIA-Agenten („Der Protagonist“), der den Dritten Weltkrieg verhindern will. Dabei stößt er immer wieder auf Gegenstände aus der Zukunft, die sich rückwärts in der Zeit bewegen – zum Beispiel Kugeln, die zurück in die Pistole fliegen. Der Agent muss die Quelle des Phänomens ausfindig machen, da sonst das Ende der Welt droht.

Tenet

Christopher Nolan (Regisseur), 2020



Frühe Kundenentwicklung: Links oben: Ferdinand Porsche (links) und Motorenfachmann Josef Kales im Konstruktionsbüro Porsche in der Kronenstraße 24. Links unten: Der Porsche Typ 7, die erste Konstruktion der Firma Porsche. Er wurde von Wanderer unter der Bezeichnung „W21“ (1,7 Liter) und „W22“ (2 Liter) gebaut. Der Wagen verfügte über einen Sechszylinder-Reihenmotor mit 35 beziehungsweise 40 PS und hatte ein Leergewicht von 1.260 kg. Rechts: Porsche Typ 7 (circa 1933)

1931

Es war der Beginn einer langjährigen Zusammenarbeit: Am 29. November 1930 erteilten die Wanderer-Werke aus Chemnitz Ferdinand Porsche den ersten Auftrag – rund ein halbes Jahr vor der Eintragung des Konstruktionsbüros ins Stuttgarter Handelsregister am 25. April 1931. Er und seine Ingenieure sollten einen Sechszylindermotor mit 1,5 Litern Hubraum und 30 PS Leistung sowie ein neues Fahrgestell konstruieren. Die Entwicklung begann im Januar 1931, und damit war die Geschäftstätigkeit des frisch gebackenen Unternehmers fürs Erste gesichert.

Ausgangspunkt des Projektes (intern „Typ 7“ genannt) waren Entwicklungsarbeiten von Ferdinand Porsche bei Steyr, wo er zuvor eine neue Motoren- und Fahrgestellgeneration entwickelt hatte. Dadurch war es ihm möglich, in kurzer Zeit für Wanderer die gewünschte neue Motorenreihe zu konstruieren – immerhin konnten die ersten fahrfähigen Prototypen bereits Anfang August 1931 im Hof der Porsche-Villa in Stuttgart begutachtet werden und im Oktober 1931 zu Tests auf dem Nürburgring fahren.

Die Motoren zeichneten sich durch zahlreiche technische Innovationen aus, darunter die Konstruktion als Reihen-Sechszylinder, die Leichtbauweise mit Aluminiumblock, eingesetzte Nasslaufbüchsen, tiefliegende Nockenwellen, hängende Ventile und eine halbnasse Kupplung. Sie waren dadurch einfach zu warten, überzeugten durch ihren Sechszylinder-Klang und brachten 40 kg weniger auf die Waage als die vorherige Generation von Wanderer-Motoren. Ausgehend von den Prototypen entstanden zunächst zwei Varianten für den Serieneinsatz: ein Motor mit 1,7 Liter Hubraum und 35 PS Leistung sowie eine Variante mit 2 Litern und 40 PS. Sie unterschieden sich rein durch die

verschieden große Bohrung der Laufbüchsen. Der kleinere Motor kam im Wanderer-Modell „W15“ zum Einsatz zum Beispiel als 4-Fenster-Limousine, sein größeres Pendant im „W17“ zum Beispiel als 6-Fenster-Limousine. Beide Basis-Typen waren von vorneherein als Interimslösungen gedacht und wurden nur ein halbes Jahr produziert. Darum wurden der „W15“ und der „W17“ bereits im März 1933 durch den „W21“ beziehungsweise den „W22“ abgelöst – auf den Markt gebracht von der neu gegründeten Auto Union und weiterhin angetrieben von Reihen-Sechszylindermotoren aus dem Konstruktionsbüro Porsche.

Neben ihren innovativen Motoren beeindruckten die Fahrzeuge auch mit ihrem neuartigen Schwingachssystem: Die erstmals im Automobilbau verwendete Porsche-Drehstabfederung sollte sich als eine richtungsweisende Entwicklung in der Fahrwerkstechnik erweisen. Auch für Ferdinand Porsche war das Projekt ein Meilenstein. Der erste Auftrag für das Konstruktionsbüro war der Auftakt für eine enge Zusammenarbeit mit der Auto Union, aus der später der Porsche Typ 22, bekannt und erfolgreich als Auto-Union-Rennwagen, hervorging. ◉

Porsche Engineering Magazin

Ausgabe
2/2021



Impressum

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, Jost Burger, Andreas Burkert,
Constantin Gillies, Eric Røkeberg

Art Direction

Christian Hruschka, Juliane Keß, Maria Christina Klein

Übersetzung

RWS Group Deutschland GmbH, Berlin

Kontakt

Porsche Engineering Group GmbH
Porschestraße 911
71287 Weissach
Tel. +49 711 911 0
Fax +49 711 911 88999
Internet: www.porsche-engineering.de

Produktion

Axel Springer SE, Herstellung News Media National, Berlin

Druck

X-PRESS Grafik & Druck GmbH
Nunsdorfer Ring 13
12277 Berlin

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: Armin Schieb/sepia-illustration.de; S.8-12: Illustration Florian Müller; S.15: Martin Wagenhan; S.16: Getty Images; S.17: Yolanda vom Hagen (2), Martin Stollberg; S.18: Yolanda vom Hagen; S.20: Martin Stollberg; S.21: Yolanda vom Hagen; S.22: Martin Stollberg; S.23: Florian W. Müller; S.28-29: Getty Images/Christian Hruschka; S.32: Illustration: Maria Christina Klein; S.34: Getty Images; S.35: Ilja C. Hendel; S.37: Getty Images, Ilja C. Hendel; S.38: Shutterstock, Ilja C. Hendel; S.48-49: Aleš Král (5), Boris Renner; S.50: Aleš Král; S.51: Petr Havlicek, Jiří Zerzoň; S.52: Josef Dvořák; S.53: Lena Giovanazzi/Laif; S.54: Illustration: Christian Hruschka; S.62-63: Theo Klein/Bild, 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.



PORSCHE DESIGN

IHR SPORTWAGEN AM HANDGELENK.

Der 911 steht für ikonisches Design und große Emotionen in Serie. Jetzt auch am Handgelenk. Und wie genau das aussieht, entscheiden Sie selbst. Mit den Porsche Design custom-built Timepieces wird dieses Prinzip mithilfe des eigens entwickelten Uhrenkonfigurators* in das Segment der Luxusuhren übertragen – und das mit über 1,5 Millionen Kombinationsmöglichkeiten. Weitere Informationen erhalten Sie in Ihrem Porsche Zentrum, in Ihrem Porsche Design Store, bei ausgewählten Uhrenfachhändlern oder über den QR-Code.

CUSTOM-BUILT TIMEPIECES

porsche-design.com/custom-built-timepieces

* Uhrenkonfigurator verfügbar in Deutschland, in der Schweiz ab 06/2021, in Österreich ab Anfang 2022
911 Targa 4 · Kraftstoffverbrauch (in l/100 km) innerorts 12,8 · außerorts 8,0 · kombiniert 9,8;
CO₂-Emissionen (in g/km) kombiniert 223

