



PORSCHE

**Media Workshop:**  
**Innovation. Sustainability.**  
**Performance.**

Pressemappe

---

## Inhalt

Kraftstoffverbrauch und Emissionen .....	3
<b>Einführung .....</b>	<b>4</b>
Turbo für Ideen – das Innovations-Management bei Porsche .....	4
<b>Synthetische Kraftstoffe .....</b>	<b>6</b>
eFuels als Ergänzung zur E-Mobilität auf dem Weg zur CO <sub>2</sub> -Neutralität.....	6
<b>Neue Entwicklungs- und Erprobungsmethoden .....</b>	<b>9</b>
Digitale Absicherung von automatisierten Fahrfunktionen .....	9
<b>Mehrstufiges Service-Konzept .....</b>	<b>11</b>
Hochvolt-Batterie-Reparatur im Handel .....	11
<b>Optimale Balance .....</b>	<b>14</b>
Die Batterie im Spannungsfeld zwischen Reichweite, Performance und Nachhaltigkeit.....	14
<b>Vernetzung der Daten.....</b>	<b>17</b>
Digitaler Fahrwerkszwilling für prädiktive Fahrfunktionen und Bauteilzustände .....	17

---

## Kraftstoffverbrauch und Emissionen

### Taycan Modelle

NEFZ:	Stromverbrauch kombiniert: 29,4 – 26,2 kWh/100 km
	CO <sub>2</sub> -Emissionen kombiniert: 0 g/km
WLTP:	Stromverbrauch kombiniert: 26,6 – 20,4 kWh/100 km
	CO <sub>2</sub> -Emissionen kombiniert: 0 g/km

Die angegebenen Verbrauchs- und Emissionswerte wurden nach den gesetzlich vorgeschriebenen Messverfahren ermittelt. Alle von Porsche angebotenen Neufahrzeuge sind nach WLTP typgenehmigt, weshalb die angegebenen NEFZ-Werte von den WLTP-Werten abgeleitet wurden.

Weitere Informationen zum offiziellen Kraftstoffverbrauch und den offiziellen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer Personenkraftwagen können dem „Leitfaden über den Kraftstoffverbrauch, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Stromverbrauch neuer Personenkraftwagen“ entnommen werden, der an allen Verkaufsstellen und bei DAT, Hellmuth-Hirth-Straße 1, 73760 Ostfildern, unentgeltlich erhältlich ist.

## **Turbo für Ideen – das Innovations-Management bei Porsche**

„Ein Innovationsprogramm investiert nicht in Patente oder Erfindungen. Es investiert in Menschen.“ Diese beiden Leitsätze von Oliver Blume aus dem Jahr 2016 haben sich zu einem Erfolgsrezept entwickelt. Heute ist das vom Vorstandsvorsitzenden der Porsche AG gegründete Innovations-Management ein Kern-Element der Zukunftssicherung des Unternehmens. Es ist seine Aufgabe, die Transformation von Porsche in eine digitale, elektrifizierte Zukunft zu unterstützen und den Widerspruch zwischen Premium, Performance und Luxus auf der einen und Nachhaltigkeit auf der anderen Seite aufzulösen.

Gesucht sind deshalb Ideen. Ideen mit Zukunft. Unabhängig davon, woher sie aus dem Unternehmen stammen – jede einzelne ist nicht nur willkommen, sondern auch ausdrücklich erwünscht. Dafür wurden Organisationsstrukturen geändert und die Voraussetzungen für cross-funktionales, ressortübergreifendes Arbeiten geschaffen. Dies eröffnet den Mitarbeitern den notwendigen Freiraum für kreatives Arbeiten und schafft damit die Grundlage für das Entstehen von Innovationen. Das Konzept fällt auf fruchtbaren Boden: 80 bis 100 Teams oder Einzelmitarbeiter bringen sich jedes Jahr mit großem Engagement ein. Ihre kreativen Vorschläge reichen von Verbesserungen im Produkt über die Neuerungen in der Fertigung bis hin zu innovativen digitalen Services, die noch vor wenigen Jahren undenkbar gewesen wären.

Die Mitarbeiter können Vorschläge entweder beim Innovations-Manager des eigenen Ressorts oder über ein spezielles IT-Tool einreichen. Daraufhin organisiert das Innovations-Management einen Termin, bei dem der Mitarbeiter seine Idee persönlich vorstellt und auch unmittelbar Feedback erhält. Eine Idee, die bei Porsche als Innovation zählt, sei es im Fahrzeug, in der Produktion oder in anderen Gebieten, muss grundsätzlich drei Bedingungen erfüllen: Neu und einzigartig muss sie sein, sie muss für das Unternehmen wirtschaftlich sein, und sie muss einen relevanten Kundennutzen haben.

Fällt das Feedback positiv aus, beginnt ohne großen Vorlauf direkt die Projektarbeit. Tatkräftige Eigeninitiative ist bei der Weiterentwicklung der Idee gefordert. Der Ideengeber übernimmt auch die Projektleitung. Dabei erhält er selbstverständlich Unterstützung. Das

Innovations-Management leistet methodische Hilfestellung, investiert gegebenenfalls Geld und stellt bei Bedarf Kontakte zu möglichen Entwicklungspartnern her, auch außerhalb des Unternehmens. Auf diese Weise stellt das Innovations-Management sicher, dass innovative Projektideen strukturiert validiert werden und im Erfolgsfall mit hoher Wahrscheinlichkeit bis zur Serieneinführung weiterentwickelt werden können.

Für möglichst kurze Wege haben die sieben Unternehmens-Ressorts der Porsche AG sowie die Porsche Digital GmbH je ein bis zwei Mitarbeiter für das Innovations-Management benannt. Dabei folgt das Team einer definierten Innovations-Agenda, um die Aktivitäten auf die relevantesten Zukunftsthemen von Porsche auszurichten. Die Zielsetzung ist dabei klar umrissen: Bis 2025 investiert das Unternehmen 15 Milliarden Euro in Elektromobilität und digitale Transformation; mehr als 800 Millionen Euro davon gehen pro Jahr in die Digitalisierung.

Das Nachdenken über Innovationen bleibt nicht auf Porsche als Unternehmen beschränkt. Die Zusammenarbeit mit Start-ups und Universitäten steht besonders im Fokus. In manchen Fällen beteiligt sich Porsche auch direkt an aufstrebenden Unternehmen oder startet Initiativen, um die Digitalisierung voranzutreiben. Jährlich stehen mehr als 150 Millionen Euro für Beteiligungen an Start-ups und Venture-Capital-Gesellschaften zur Verfügung. Mit Porsche Ventures wurde ein Ökosystem aufgebaut, das jedes Start-up unterstützen kann – egal, ob es bislang nur eine Idee gibt oder bereits Finanzierungsrunden. Zu diesem Ökosystem gehören auch der Company-Builder Forward 31 und der Frühstphasen-Investor APX, ein 50:50-Joint Venture mit Axel Springer, beide mit Sitz in Berlin. Mit der Risikokapital-Einheit „Porsche Ventures“ und der Porsche Digital GmbH ist das Unternehmen ständig auf der Suche nach neuen Start-ups, die die Marke strategisch weiterbringen.

Porsche scheut auch nicht davor zurück, sich auf ganz neue Gefilde zu begeben: Mit der Initiative für das Großprojekt eFuels hat der Sportwagenhersteller den Anstoß für die Produktion nahezu CO<sub>2</sub>-neutral hergestellter Kraftstoffe gegeben. Unter der Überschrift „Beyond Mobility“ sucht das Unternehmen darüber hinaus neue Geschäftsfelder außerhalb des Kernbereichs Automobilbau. Hier geht es beispielsweise um Themen wie Smart Living in vernetzten Smart Cities oder vertikale Mobilität.

## **eFuels als Ergänzung zur E-Mobilität auf dem Weg zur CO<sub>2</sub>-Neutralität**

Strom tanken – eFuels machen es möglich: Vor wenigen Wochen fiel der Startschuss für den Bau der ersten von Porsche initiierten Fabrik für die Produktion des nahezu CO<sub>2</sub>-neutralen Kraftstoffs. Das Gemeinschaftsprojekt „Haru Oni“ von Porsche, Siemens Energy und weiteren internationalen Partnern ist die weltweit erste integrierte und kommerzielle Großanlage zur Herstellung synthetischer, klimaneutraler Kraftstoffe. Es nutzt die optimalen klimatischen Bedingungen für Windenergie in der südchilenischen Provinz Magallanes, um mit Hilfe von nachhaltig erzeugtem Strom synthetisches Benzin zu erzeugen.

Der Produktionsstart der Pilotanlage in Chile ist für Mitte 2022 vorgesehen. Neben Siemens Energy und Porsche beteiligen sich am „Haru Oni“-Projekt unter anderem der italienische Energiekonzern Enel und ExxonMobil sowie die chilenischen Energieunternehmen Gasco, ENAP sowie AME, das Hauptentwickler sowie Eigentümer der Projektgesellschaft HIF (Highly Innovative Fuels) ist.

Als Sportwagenhersteller wird Porsche die eFuels perspektivisch in den eigenen Modellen mit Verbrennungsmotor einsetzen. Angesichts des hohen Bestandes an Fahrzeugen – weltweit rund 1,3 Milliarden – erfolgt der Hochlauf der Elektromobilität nicht schnell genug, um die Pariser Klimaziele zu erreichen. Zudem entwickeln sich die verschiedenen Regionen auf der Welt nicht im gleichen Tempo in Richtung Elektromobilität, so dass auch in Jahrzehnten noch Autos mit Verbrennungsmotoren unterwegs sein werden.

Mit nahezu CO<sub>2</sub>-neutral hergestellten eFuels können auch diese Fahrzeuge einen Beitrag zur schnellen CO<sub>2</sub>-Reduktion leisten. „Wir brauchen dringend eine Lösung für den nachhaltigen Betrieb der Bestandsflotten“, betont Michael Steiner, Vorstand für Forschung und Entwicklung der Porsche AG. „Mit grünen Kraftstoffen ist dieses Ziel zu erreichen. Sie sind eine sinnvolle Ergänzung zur Elektromobilität.“ Darüber hinaus gibt es andere Verkehrssektoren wie Luft- und Schifffahrt, die sich nicht oder nur schwer elektrifizieren lassen und in denen diese Kraftstoffe zum Einsatz kommen können.

Niedrige Kosten für regenerativ erzeugte Energie sind der Schlüssel für eine schnelle Wettbewerbsfähigkeit von eFuels. Am Standort der Pilotanlage in Chile läuft ein Windrad durchschnittlich 270 Tage im Jahr mit Volllast. In Deutschland sind es mit denselben Investitionen aufgrund der geografischen und meteorologischen Gegebenheiten hingegen nur rund 80 Tage im Jahr. Der Nutzungsgrad der Windanlage in Chile liegt mit 74 Prozent Volllaststunden also rund dreieinhalb Mal höher als in Deutschland mit 22 Prozent Volllaststunden aller Onshore-Windräder.

Neben den daraus resultierenden niedrigen Energiekosten zur Erzeugung von eFuels in Chile entscheiden aber auch Steuern und Abgaben über den Preis und somit den wirtschaftlichen Erfolg. eFuels werden umso schneller wettbewerbsfähig, je mehr sich fossile Energieträger in Zukunft durch regulatorische Maßnahmen wie Energiesteuern oder CO<sub>2</sub>-Bepreisung verteuern und eFuels von solchen Abgaben – dem tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß entsprechend – befreit werden.

Mit dem im „Haru Oni“-Projekt vorgesehenen Methanol-to-gasoline-Prozess (MtG) konzentriert sich das Konsortium zunächst auf Kraftstoffe für Benzinmotoren. eFuels benötigen für ihre Produktion grundsätzlich nur die beiden Rohstoffe Wasser und Kohlendioxid. Um Wasserstoff per Elektrolyse zu gewinnen, wird Gleichstrom durch Wasser geleitet, wodurch am Minuspol (Kathode) Wasserstoff abgespalten und aufgefangen wird. Das Kohlendioxid als weiterer wichtiger Baustein für eFuels wird über das so genannte Direct Air Capture-Verfahren direkt der Luft entzogen. Dabei blasen große Ventilatoren Umgebungsluft durch Filter, an denen sich das in der Atmosphäre enthaltene Kohlendioxid anlagert. Aus H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> wird per Methanol-Synthese eMethanol (CH<sub>3</sub>OH) erzeugt und daraus wiederum per MtG-Synthese synthetisches Roh-Benzin.

Der nahezu CO<sub>2</sub>-neutral gewonnene Kraftstoff wird in einem weiteren Schritt durch Blending so veredelt, dass er der aktuellen Kraftstoffnorm DIN EN 228 entspricht. Dadurch kann er sowohl direkt in jedem Fahrzeug mit Ottomotor eingesetzt als auch fossilem Kraftstoff beigemischt werden. Grundsätzlich ließe sich durch vergleichsweise geringe Modifikationen der Anlage aber zum Beispiel auch eKerosin für Flugzeuge aus dem eMethanol herstellen.

Bereits 2022 soll die Pilotanlage rund 130.000 Liter eFuels erzeugen. Diese Menge wird Porsche komplett abnehmen und den grünen Kraftstoff zunächst vor allem bei

Motorsportaktivitäten einsetzen. Darüber hinaus hat sich Chile im Rahmen seiner Nationalen Grünen Wasserstoffstrategie ehrgeizige Ziele gesetzt. Dazu zählt u. a., weltweit den preisgünstigsten Wasserstoff zu erzeugen und das Land zu einem führenden Exporteur von grünem Wasserstoff und dessen Derivaten zu entwickeln.

## **Digitale Absicherung von automatisierten Fahrfunktionen**

Sportliche Performance und automatisiertes Fahren in ein und demselben Wagen: Rund jeder vierte Porsche Kunde in China, den USA und Deutschland – den drei wichtigsten Porsche Märkten der Welt – denkt an den Kauf eines Fahrzeugs, das die Fahraufgabe in bestimmten Situationen auch selbst übernehmen kann. Der Sportwagenhersteller arbeitet deshalb intensiv an Konzepten und Technologien, die automatisierte Fahrfunktionen ermöglichen.

Allerdings sind die Anforderungen an Sensorik und Datenverarbeitung so komplex, dass sie die Möglichkeiten konventioneller Entwicklungs- und Erprobungsmethoden mit physischen Testzyklen bei weitem übersteigen. Die Wissenschaftler der US-Denkfabrik RAND Corporation gehen davon aus, dass bei einem vollautonom fahrenden Fahrzeug beispielsweise Hunderte von Millionen und manchmal Hunderte von Milliarden Meilen gefahren werden müssten, um die einzelnen Systeme und deren Zusammenspiel belastbar zu prüfen. So seien rund elf Milliarden Meilen nötig, um die Gefahr eines tödlichen Unfalls durch ein autonomes Fahrzeug um 20 Prozent gegenüber einem menschlichen Fahrer zu verringern. Wären dazu 100 Versuchsfahrzeuge 24 Stunden am Tag und sieben Tage die Woche im Einsatz, würden die Versuchsfahrten bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h rund 500 Jahre dauern – ein nicht darstellbares Szenario.

Darum werden viele Testkilometer durch Digitalisierung und umfangreiche Computersimulationen ins Labor verlagert. Porsche Engineering – Ingenieurdienstleister und hundertprozentige Tochtergesellschaft der Porsche AG – hat dafür mit dem Aufbau des Porsche Engineering Virtual ADAS Testing Center (PEVATeC) begonnen. ADAS steht dabei für Advanced Driver Assistance Systems, also hochentwickelte Fahrerassistenzsysteme. In diesem Labor werden künftig virtuelle Welten erzeugt, die alle relevanten Situationen auf der Straße abdecken und damit als Testfälle für die Algorithmen und Sensoren der Fahrerassistenzsysteme dienen.

Die Testfahrten in einer simulierten Umgebung sind nicht nur kostengünstiger, zeitsparender und mit geringerem Organisationsaufwand verbunden. Es lassen sich auch kritische

Situationen aus dem realen Straßenverkehr während der virtuellen Probefahrten nach Bedarf reproduzieren und abwandeln. Und es ist möglich, neue kritische Szenarien zu entdecken, die vom menschlichen Fahrer nicht als solche empfunden werden, aber für die Kombination von Sensor-Algorithmus und automatisiertem Fahren entscheidend sind.

Neben der Echtzeitfähigkeit der Simulationen ist es mindestens ebenso wichtig, dass die im Computer erzeugten virtuellen Welten physikalisch realistische Effekte produzieren. Die digital nachgebildeten Objekte wie Straßen, Gehwege, Häuserwände und Fahrzeuge müssen exakt jene Eigenschaften aufweisen, wie sie auch im realen Straßenverkehr vorkommen – nur dann können sie den Kamera-, Lidar-, Radar- und Ultraschallsystemen einen realistischen Input liefern.

Porsche Engineering nutzt dazu Game Engines aus der Computerspiel-Branche. Diese Frameworks erzeugen fotorealistische Bilder und sorgen für physikalisch korrektes Verhalten von Objekten in Computer- und Videospiele. Porsche Engineering setzt die Software-Pakete zur virtuellen Entwicklung und Erprobung von automatisierten Fahrfunktionen ein. Game Engines kommen dabei neben künstlicher Intelligenz eine entscheidende Rolle zu: Sie trainieren Fahrerassistenzsysteme mit synthetischen Sensordaten. So kann jedes Szenario und jede Eventualität im Detail durchgespielt werden.

Die mithilfe von Game Engines simulierten Fahrten haben den Vorteil, dass sie sich beliebig oft wiederholen lassen, kontrollierbar sind und weniger Zeit beanspruchen. In der Fahrzeugkonstruktion werden sie zudem eingesetzt, um die Anzahl der realen Prototypen zu reduzieren und damit Zeit und Kosten zu sparen. Porsche Engineering nutzt hierfür das hausintern entwickelte Visual Engineering Tool. Damit können auf Basis von CAD-Daten mit Hilfe von Augmented Reality (AR) oder einer Virtual Reality (VR)-Brille beispielsweise Fragen zur optimalen Anordnung von Bauteilen schnell und kostengünstig geklärt werden.

Auch das Kauf-Erlebnis der Kunden wird durch Game Engines in Zukunft weiter gesteigert. Aktuell testet Porsche einen sogenannten Virtual Reality Car Configurator. Damit sehen Kunden in Porsche Zentren zukünftig über einen Gaming-PC mit angeschlossener VR-Brille eine nahezu fotorealistische, dreidimensionale Simulation ihres konfigurierten Fahrzeugs.

## **Hochvolt-Batterie-Reparatur im Handel**

Porsche denkt weiter: Seit der Einführung der ersten Generation von Hybridmodellen im Jahr 2013 verfolgt der Sportwagenhersteller bei elektrifizierten Fahrzeugen mit Hochvolt-Batterien einen ganzheitlichen Ansatz. Er reicht von Beschaffung und Herstellung über Beratung und Verkauf sowie Service bis hin zu Logistik und Recycling.

Auch das Reparaturkonzept für Hochvolt-Batterien ist ein signifikanter Beitrag zu Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung. Porsche achtet bei der Batterie-Entwicklung von Beginn an nicht nur auf eine rationelle Fertigungsmöglichkeit, sondern auch auf einen so einfachen Aufbau, dass der Stromspeicher später in qualifizierten Porsche Zentren repariert werden kann. Abhängig von der Batteriekapazität des Taycan-Derivats sind 28 oder 33 Module verbaut. Das Batteriegehäuse kann geöffnet und die Zellmodule sowie andere Komponenten ausgetauscht werden. Die individuelle Reparaturtiefe sorgt damit auch für einen Kostenvorteil des Kunden.

Zellmodule, die funktionsfähig sind, sich aber nicht mehr für einen Einsatz im Fahrzeug eignen, können für stationäre Aufgaben genutzt werden. Im Rahmen der Second-Life-Strategie arbeitet Porsche an einem Pilotprojekt, um Hochvolt-Batterien weiterzuverwenden. Dafür werden sie auf Modulebene zerlegt und in stationären Energiespeichern verbaut. Eine Serienlösung ist entscheidend für die langfristige und nachhaltige Weiterverwendung der Altbatterien.

Gemeinsam mit dem Volkswagen Konzern und weiteren kompetenten Partnern optimiert Porsche fortlaufend bestehende Recycling-Prozesse mit dem Ziel, den Anteil an Rohstoffen im Kreislauf zu erhöhen und diese wieder in neuen Batterien einzusetzen.

Auch für den Service des vollelektrischen Porsche wurde ein umfassendes Konzept aufgesetzt. Denn der Taycan stellt als erster vollelektrischer Sportwagen von Porsche deutlich andere Anforderungen an Service und Reparatur als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Zwar gelten auch bei dem Elektroportler die Service-Intervalle von zwei Jahren oder 30.000 Kilometer Laufleistung. Da jedoch Arbeiten wie Zündkerzen- und

Ölwechsel entfallen, verringern sich die Wartungsumfänge um rund 30 Prozent. Zudem ist der E-Antrieb einschließlich der Hochvolt-Batterie wartungsfrei. Gleichzeitig erfordern Reparaturarbeiten an Elektrofahrzeugen besonderes Fachwissen und Spezialwerkzeuge, mit denen die Porsche Zentren neu ausgestattet werden müssen.

Das Service-Konzept für Elektrofahrzeuge umfasst deshalb mehrere Stufen. Grundlage ist der Hochvolt-Stützpunkt, eingerichtet in einem qualifizierten Porsche Zentrum. Wo heute noch kein Hochvolt-Stützpunkt in Reichweite ist, richtet der Sportwagenhersteller überregionale Hubs zur Reparatur von Hochvolt-Fahrzeugen ein. Auch sie befinden sich in entsprechend zertifizierten Porsche Zentren. Die Fahrzeuge werden von dem Porsche Zentrum, das sie angenommen hat, zum Hochvolt-Hub verbracht, dort instandgesetzt und nach einer finalen Qualitätskontrolle zum ursprünglichen Porsche Zentrum zurückgebracht.

Ist der Transport an einen geeigneten Reparaturort nicht möglich, springt ein sogenannter „Flying Doctor“ ein. Dieser mobile Hochvolt-Experte repariert defekte Hochvolt-Batterien vor Ort. Das betreffende Porsche Zentrum erhält vorab alle für die Reparatur erforderlichen Hochvolt-Werkzeuge und die benötigten Ersatzteile. Damit ist ein lückenloses Servicenetz für die Hochvolt-Batteriereparatur geknüpft.

Zu guter Letzt ist für die Arbeit am Taycan als erstem Serienfahrzeug mit einer Systemspannung von 800 Volt auch eine klare Unterteilung der Aufgaben- und Verantwortungsbereiche erforderlich. Porsche hat dazu drei Qualifizierungsstufen definiert: Elektrisch unterwiesene Personen, Hochvolt-Techniker und Hochvolt-Experten. Elektrisch unterwiesene Personen verfügen über eine Basisqualifikation für Standard-Reparaturen an Hochvolt-Fahrzeugen wie das Wechseln von Reifen oder Wischerblättern. Sie müssen bei Arbeiten an einem Hochvolt-Fahrzeug von einem Hochvolt-Techniker eingewiesen und beaufsichtigt werden.

Hochvolt-Techniker sind für die Spannungsfreischaltung am Fahrzeug ausgebildet sowie für die Klassifizierung und Einlagerung von Lithium-Batterien. Ihre Qualifizierung umfasst weiterhin den Ausbau und das Verpacken von Hochvolt-Batterien mit Status „Normal“ und „Warnung“. Hochvolt-Experten verfügen über die höchste Qualifikationsstufe im Porsche Zentrum. Nur sie dürfen Arbeiten innerhalb der Hochvolt-Batterien durchführen und zudem

Hochvolt-Batterien mit Isolationsfehler handhaben und diese für den Transport vorbereiten und verpacken.

Da das erforderliche Know-how für den Umgang mit Hochvolt-Fahrzeugen besonders für die beiden letztgenannten Job-Rollen sehr umfangreich ist, hat Porsche ein speziell abgestimmtes Trainingskonzept für alle Aufgabenbereiche entwickelt. Es setzt sich aus Web-basiertem Training, Unterweisungen und Präsenztrainings zusammen.

## **Die Batterie im Spannungsfeld zwischen Reichweite, Performance und Nachhaltigkeit**

Das Ziel ist klar definiert: Porsche strebt für das Jahr 2030 die bilanzielle CO<sub>2</sub>-Neutralität in der gesamten Wertschöpfungskette an. Der Zeitplan für Produktion und Logistik des Unternehmens ist darauf konsequent abgestimmt. Die entscheidende Rolle spielt jedoch der Fortschritt in der Elektromobilität.

Fast die Hälfte aller CO<sub>2</sub>-Emissionen im Lebenszyklus eines Elektrofahrzeuges entstehen heute bei seiner Herstellung. Dies schließt die Rohstoffgewinnung und -verarbeitung mit ein. Zweitgrößter Faktor ist der Betrieb, der vom Energiemix, der Lade- und Fahrzeug-Effizienz sowie von der Fahrweise bestimmt wird. Verwertung und Recycling am Ende des Zyklus haben das geringste CO<sub>2</sub>-Aufkommen.

Von den Einzelfaktoren hat vor allem die Antriebsbatterie im Lebenszyklus einen großen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen: Rund 40 Prozent des Kohlendioxids, das bei der Herstellung eines einzelnen Taycan entsteht, sind auf die Batterie zurückzuführen. Anders ausgedrückt: Die Größe des Energiespeichers ist wesentlich mitverantwortlich für die Emissionsbilanz eines Elektrofahrzeugs. Aber auch für den Markterfolg: Denn schließlich muss die Dimensionierung den Ansprüchen und Erwartungen der Kunden entsprechen.

Der Studie eines Autoherstellers in den USA zufolge ist die Angst, mit leerer Batterie liegenzubleiben, das größte Hindernis für den Kauf eines Elektrofahrzeugs. Durch die Steigerung von Batteriekapazität und Effizienz kommt die Entwicklung den Bedürfnissen der Kunden immer näher. So haben manche Hersteller Modelle mit weit mehr als 600 Kilometern Reichweite angekündigt. Aber auch kleinere Fahrzeuge für Kurzstrecken und kleinerem Aktionsradius werden heute vom Kunden akzeptiert.

Porsche geht an dieser Stelle konsequent seinen eigenen Weg. Um die optimale Balance bei der Batteriegröße zwischen den teils gegenläufigen Anforderungen zu finden, hat der Sportwagenhersteller Prioritäten und Anwendungsfälle analysiert. So legen Porsche Kunden großen Wert auf die Fahrdynamik. Gleichzeitig erwarten sie bei Langstreckenreisen kurze Fahrzeiten und schnelles Nachladen. Statistisch liegt die tägliche Fahrleistung

---

mehrheitlich unter 80 Kilometern. Die Erhebungen zeigen, dass etwa 80 Prozent der in einer Woche gefahrenen Strecken unter 450 Kilometern betragen.

Fahrdynamik wird oft gleichgesetzt mit einer großen Antriebsbatterie. Die Simulation von Rundenzeiten auf der Nordschleife am Nürburgring kommt hingegen zu ganz anderen Ergebnissen: Referenz der Berechnungen war ein virtueller Taycan Turbo S, der mit einer 85,1 kWh-Batterie auf 2.419 Kilogramm Gesamtgewicht kommt. In dieser Konfiguration legt der Elektrosporthwagen eine Runde in 7:39,5 Minuten zurück.

Verringert man die Batterie-Kapazität auf 70 kWh, reduziert sich das Gesamtgewicht zwar auf 2.310 Kilogramm, aber aufgrund der geringeren Batterieleistung absolviert der Taycan die Runde um sieben Zehntelsekunden langsamer. Durch das geringere Gewicht reduziert sich die Beschleunigungszeit von null auf 100 km/h zwar um 0,02 Sekunden auf 2,90 Sekunden. Um Tempo 200 zu erreichen, benötigt der Taycan jedoch mit 9,51 Sekunden rund acht Zehntelsekunden länger. Die Gewichtseinsparung kompensiert also nicht die verringerte Leistungsfähigkeit der Batterie.

Mit einem 100 kWh-Stromspeicher macht sich dagegen das Mehrgewicht von rund 107 Kilogramm bemerkbar. Trotz höherer Leistungsfähigkeit der Batterie verlängert sich die Rundenzeit auf 7:42,4 Minuten, der Spurt 0-100 km/h auf 3,04 Sekunden und auf 9,71 Sekunden in der Disziplin 0-200 km/h. Noch deutlicher zeigt sich der Gewichtseinfluss bei einer 130 kWh-Batterie, die das Gesamtgewicht auf rund 2.743 Kilogramm erhöht. Die Rundenzeit liegt dann bei 7:48,2 Minuten, die Beschleunigungszeiten liegen bei 3,28 Sekunden für 0-100 km/h und 20,48 Sekunden für 0–200 km/h.

Das geringere CO<sub>2</sub>-Aufkommen bei der Produktion spricht also für eine kleine, die Fahrdynamik für eine mittelgroße Batterie. Große Batterien werden häufig mit großer Reichweite und damit kürzeren Reisezeiten gleichgesetzt. Doch dank 800-Volt-Technik und hocheffizientem Gleichstromladen kann der Taycan bereits in fünf Minuten Energie für weitere 100 Kilometer Fahrstrecke speichern. Die meisten Untersuchungen empfehlen eine Relation von zwei Stunden Fahr- und 15 Minuten Ladezeit. In diesem Rhythmus können im Taycan schon heute Langstrecken zurückgelegt werden.

---

Im Spannungsfeld zwischen Reichweite, Performance und Nachhaltigkeit fokussiert sich Porsche deshalb auf die Reisedauer. Hierbei bietet eine Batteriegröße im Bereich von 100 kWh die optimale Balance. Die künftige Entwicklung wird sowohl die Fahrdynamik weiter verbessern als auch die Ladezeiten verkürzen. Noch größere Fortschritte sind in der Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten. Die zweite Generation von Elektrofahrzeugen, die vor ihrer Markteinführung steht, wird in ihrem Lebenszyklus rund ein Viertel weniger Kohlendioxid freisetzen als die erste. Vor allem aber wird die Batterietechnologie die ökologische Bilanz signifikant entlasten: Neue Zelltechnologien werden den Energieverbrauch verringern, höhere Ladeleistungen die Effizienz verbessern. Und nicht zuletzt verspricht der absehbar wachsende Anteil an recycelten Batterie-Rohstoffen neben mehr Nachhaltigkeit auch eine reelle Chance, das Porsche sein gestecktes Ziel bis 2030 erreichen wird: die bilanzielle CO<sub>2</sub>-Neutralität in der gesamten Wertschöpfungskette.

## **Digitaler Fahrwerkszwilling für prädiktive Fahrfunktionen und Bauteilzustände**

Mit jeder neuen Porsche Generation steigt die Leistungsfähigkeit von integrierter Sensorik, Vernetzung und Datenverarbeitung. Dadurch eröffnen sich immer neue Möglichkeiten für die effektive Nutzung dieser Informationen. Eine davon ist der sogenannte Digital Twin: Er bildet die virtuelle Kopie eines existierenden Gegenstücks und ermöglicht datengetriebene Analyse, Überwachung und Diagnose – ganz ohne die Aufwände und Zwänge der realen Welt.

Der digitale Zwilling eines Fahrzeugs besteht nicht nur aus den gesammelten Betriebsdaten, sondern auch aus deren Konsequenzen: Informationen, die bei planmäßigen Wartungsaufenthalten und unplanmäßigen Reparaturen gesammelt werden. Bestandteile dieses Digital Twins existieren damit bereits heute im Speicher von Steuergeräten und in den Datenbanken der Porsche Zentren.

Das große Potenzial der digitalen Zwillinge liegt in ihrer Vernetzung und der Zusammenführung der Daten in einer zentralen Intelligenz. Aus den Werten eines gesamten Feldes lassen sich Rückschlüsse ziehen, die für jedes einzelne Fahrzeug und damit für jeden einzelnen Kunden von Vorteil sind. Auf Grundlage dieser Big Data kann ein Algorithmus beispielsweise anhand der Sensordaten von Antrieb und Fahrwerk die Fahrweise berechnen und nicht nur den individuell optimalen Service-Zeitpunkt, sondern auch den Service-Umfang empfehlen. Service-Intervalle können flexibilisiert werden und der Service kann bedarfsorientiert, je nach Kundenanwendung, für spezifische Bauteile durchgeführt werden. Die besonders beanspruchten Fahrwerkslager eines Sportwagens, der häufig auf der Rundstrecke unterwegs ist, würden auf diese Weise gezielt gewechselt können. Bei einem Langstreckenfahrzeug, das sich vorwiegend auf Autobahnen bewegt, stünde hingegen der Motor im Fokus. Noch wichtiger: Auf die gleiche Weise können auch Bauteilverschleiß oder sogar mögliche Ausfälle berechnet werden, noch bevor sie tatsächlich eintreten – ein erheblicher Sicherheitsgewinn.

Seit rund drei Jahren arbeiten Software-Spezialisten von Porsche am Konzept eines digitalen Zwillinges mit dem Schwerpunkt Fahrwerk, einem sogenannten Chassis Twin. Mittlerweile wird dieses Projekt im Rahmen von CARIAD weitergeführt, dem eigenständigen Automotive Software Unternehmen im Volkswagen Konzern. Das hat den Vorteil, dass nicht nur Daten von Porsche Fahrzeugen herangezogen werden können, sondern von allen Konzernmarken – was den Pool auf die bis zu 20-fache Menge an Autos vergrößert.

Die Fokussierung auf Fahrwerkkomponenten liegt auf der Hand: Bei einem Porsche ist das Chassis den höchsten Belastungen ausgesetzt, insbesondere im Rundstreckenbetrieb. Durch Sensorik im Fahrzeug und die Nutzung intelligenter, selbstlernender Algorithmen bei der zentralen Auswertung werden Beanspruchungen unmittelbar im Fahrzeug erkannt und an den Fahrer übermittelt. Damit erhöht sich die Insassensicherheit, da gewisse Störungen direkt auffallen, noch bevor der Fahrzeugnutzer oder die Werkstatt einen Fehler beispielsweise durch Geräusche oder Vibrationen erkennt.

Eine erste Anwendung des Digital Chassis befindet sich bereits in der praktischen Erprobung. Bei der überwachten Komponente handelt es sich konkret um die Luftfederung des Porsche Taycan. In dem Pilotprojekt, an dem rund jeder zweite Taycan-Kunde teilnimmt, werden zunächst hauptsächlich die Daten der Aufbaubeschleunigung erfasst, ausgewertet und via Porsche Connect an das zentrale Backend übertragen. Dieses vergleicht die Werte des individuellen Wagens permanent mit den Flottendaten. Daraus errechnet der Algorithmus Schwellwerte. Werden diese überschritten, erhält der Kunde über das PCM eine Information, er möge sein Fahrwerk im Porsche Zentrum überprüfen lassen. Damit wird nicht nur das Überschreiten der Verschleißgrenze vermieden, durch die frühzeitige Reparatur können auch Folgeschäden verhindert werden.

Durch die künstlichen Intelligenzen im Fahrzeug und in der Datenzentrale werden die Schadensmöglichkeiten sowie die Genauigkeit der Algorithmen stetig verbessert. Da sowohl in der Test- als auch in der Serienphase der Datenschutz über allem steht, werden die Kunden per PCM um ihr Einverständnis für die Übermittlung der anonymisierten Daten gebeten. Rund jeder zweite Taycan-Kunde nimmt an diesem Pilotprojekt teil – eine sehr positive Resonanz für diese Anwendung des Digital Chassis.

---

Während in der ersten Ausbaustufe des digitalen Zwillings, die im kommenden Jahr in Serie gehen wird, nur die unmittelbaren Sensordaten mechatronischer Komponenten ausgewertet werden, sind in Zukunft auch weitergehende Funktionen denkbar – etwa, dass auch ohne Messfühler an bestimmten Bauteilen deren Verschleiß berechnet werden kann. Ein Beispiel: Muss an mehreren Fahrzeugen die Spureinstellung korrigiert oder die Spurstange gewechselt werden und es wurden zuvor über mehrere Sensoren übereinstimmende Abweichungen festgestellt, kann dies als Hinweis auf ein Muster gewertet werden. Treten die entsprechenden Werte dann bei einem weiteren Fahrzeug auf, würde dem Fahrer folglich empfohlen, die Werkstatt aufzusuchen. Durch diese frühzeitige Diagnose können Folgeschäden vermieden werden – in diesem konkreten Beispiel etwa abgefahrene Reifen durch eine verstellte Spur. Die Fehlersuche in der Werkstatt wird verkürzt, da gezielt fehlerhafte Komponenten ausgetauscht werden können. Dadurch verringern sich die Durchlaufzeiten in der Werkstatt und damit die Kosten für den Kunden.

Der digitale Zwilling ermöglicht auch abseits des Fahrbetriebes Kundenvorteile: Die digitale Fahrzeugakte kann den Restwert des Fahrzeugs belegen und erhöht die Transparenz für Gebrauchtwagenkäufer und -verkäufer. Durch die lückenlose Dokumentation der Bauteile wäre zudem eine erweiterte Approved-Garantie durch den Hersteller denkbar, ja sogar eine Zertifizierung mit einer Preisempfehlung für den Wiederverkauf.