

Porsche Engineering

Magazin
Ausgabe
2/2019

www.porsche-engineering.de



DIGITALE LÖSUNGEN

Engineering im Datenraum



**Einen Tank werden Sie nicht finden.
Sein Herz spüren Sie sofort.**

**Der erste vollelektrische Porsche.
Soul, electrified. Der neue Taycan.**

Stromverbrauch (in kWh/100 km) kombiniert: 26,9; CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km



PORSCHE



Dirk Lappe,
Geschäftsführer von Porsche Engineering

Liebe Leserinnen und Leser,

wir erleben gerade ganz konkret etwas, was uns die Informationstheorie von Claude Shannon abstrakt lehrt: Je unwahrscheinlicher ein Ereignis ist, desto höher ist der Informationsgehalt. Was sich wiederholt, ist langweilig – interessant ist hingegen, was selten vorkommt. So gesehen, befinden wir uns in sehr interessanten Zeiten: So viel Umbruch war noch nie, und noch nie gab es für uns so viel zu lernen. Mit Shannon gesprochen: Der Informationsgehalt in unserem Umfeld ist gerade außerordentlich hoch.

Mit einem der disruptiven Trends beschäftigt sich diese Ausgabe des Porsche Engineering Magazins: Digitalisierung. Wir berichten darüber, wie man Fahrerassistenzsysteme und autonome Fahrfunktionen mit computergenerierten Sensordaten absichern kann. Ein anderer Beitrag zeigt, wie sich mithilfe von Docker-Containern neue Apps zuverlässig in Fahrzeuge bringen lassen. Der Bericht aus Cluj stellt unser Team am Standort in Rumänien und dessen KI-Aktivitäten vor. Und meine Diskussion mit Lutz Meschke, Mitglied des Porsche-Vorstands, beleuchtet die Bedeutung, die die Digitalisierung für den Sportwagenbauer und die ganze Branche hat.

Wir sollten das Thema aber nicht nur aus einer technischen Perspektive betrachten, sondern uns auch gesellschaftlichen Fragen stellen: Was macht die Digitalisierung mit uns, und wo ziehen wir Grenzen? So ist autonomes Fahren in der Stadt oder auf der Autobahn sicher sinnvoll – aber bei der Fahrt in der Natur werden viele Menschen doch lieber selbst steuern wollen. Wie wollen wir die freie Zeit in einem autonomen Fahrzeug nutzen?

Christoph Keese stellt in seinem Gastbeitrag die Frage, wer wen im Griff hat: wir die Technik oder die Technik uns? Sein interessanter Rückblick mit Ausblick auf die Zukunft gibt eine Hilfestellung zur Selbstbestimmung der Menschen im Zeitalter der Digitalisierung.

Ihr Dirk Lappe



ÜBER PORSCHE ENGINEERING: Zukunftsweisende Lösungen sind der Anspruch, den Ferdinand Porsche bereits im Jahr 1931 mit der Gründung seines Konstruktionsbüros verfolgt hat. Er legte damit den Grundstein für die heutige Porsche-Kundenentwicklung. Dem fühlen wir uns mit jedem Projekt, welches wir für unsere Kunden durchführen, verpflichtet. Das Leistungsspektrum von Porsche Engineering reicht von der Konzeption einzelner Komponenten bis hin zur Planung und Durchführung von Gesamtfahrzeugentwicklungen und wird über den Automobilbereich hinaus auch in andere Branchen übertragen.

Porsche Engineering Magazin
Ausgezeichnet beim bcm 2019





40 **Elektrisch:** MOIA setzt auf Porsche Engineering-Ladetechnik



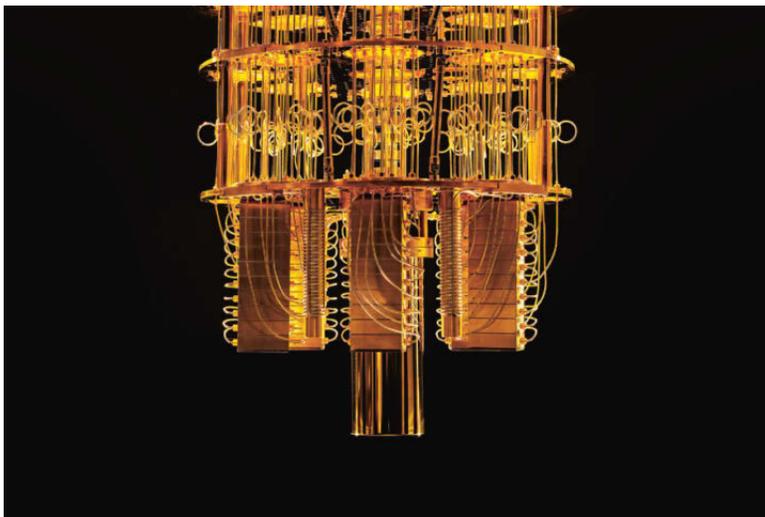
46 **Renoviert:** Ringbahn und Dynamikfläche des Nardò Technical Center



DOSSIER

10 – 31

12 **Digital:** Computer erzeugen virtuelle Welten und ersparen so viele Versuchsfahrten



32 **Schön und schnell:** Quantencomputer von IBM



52 **Ethik-Experte:** Prof. Christoph Lütge

	03	Editorial
	04	Inhalt
	06	Meldungen
DOSSIER: DIGITALE LÖSUNGEN	10	Die große Transformation Dossierüberblick
	12	Versuchsfahrten im Computer Synthetische Sensordaten für ADAS
	18	„Wir müssen jetzt alle Bausteine nutzen“ Ein Gespräch über Digitalisierung und KI im Porsche-Konzern
	22	Out of the Box Apps leichter ausrollen mit der Docker-Technologie
	26	IT-Stadt mit KI-Tradition In Cluj entstehen digitale Zukunftstechnologien
TRENDS UND TECHNOLOGIEN	32	Booster für KI-Berechnungen Spezial-Hardware macht KI-Anwendungen schneller
ZUKUNFT	38	Flammen des Fortschritts Selbstbestimmung im Zeitalter der Digitalisierung
PERFORMANCE UND EXPERTISE	40	Energie fürs Ridesharing Porsche Engineering-Ladetechnik im Einsatz bei MOIA in Hamburg
	46	Nardò 2.0 Neuer Fahrbahnbelag und neue Technik im Testcenter Nardò
AUSKUNFT	52	Das Gewissen der Künstlichen Intelligenz Porträt des Ethik-Experten Professor Christoph Lütge
PORSCHE UND PRODUKT	56	In den Stromschnellen Der Porsche Taycan glänzt mit hoher Fahrleistung und smarterer Technik
	60	Zeitgemäße Fortsetzung Die legendäre Boxermotorenfamilie von Porsche hat Zuwachs bekommen
QUER GEDACHT	64	Quer gedacht Empfehlungen für Denker, Tüftler und Nerds
HERKUNFT	66	Die Neuerfindung des Cockpits Porsche gestaltete den Arbeitsplatz von Airbus-Piloten neu
	67	Impressum



Autoren

40 **Axel Novak** ist freier Journalist und schreibt seit mehr als 20 Jahren mit viel Begeisterung über neue Formen der Mobilität.



46 **Mirko Heinemann** schreibt als freier Journalist über Mobilität, Energie und neue Technologien für Print und Hörfunk.



52 **Monika Weiner** lebt als freie Journalistin in München und schreibt über Technik- und Wissenschaftsthemen.



Wechsel im Vorsitz der Geschäftsführung

Dr. Peter Schäfer löst Malte Radmann ab

Dr. Peter Schäfer ist seit Juli 2019 Vorsitzender der Geschäftsführung von Porsche Engineering. Er ist damit Nachfolger von Malte Radmann, der Ende Juli 2019 in Ruhestand gegangen ist. Radmann war seit 2008 Mitglied der Porsche Engineering-Geschäftsführung und seit 2009 deren Vorsitzender. Unter seiner Führung sind Umsatz und Mitarbeiteranzahl von Porsche Engineering stark gewachsen. Zudem wurden neue Tochtergesellschaften in Shanghai und Cluj gegründet, die tschechische Tochtergesellschaft

ausgebaut und das Nardò Technical Center integriert. Dr. Schäfer wechselte 2003 in den Porsche-Konzern, wo er bereits von 2004 bis 2009 unter anderem die Geschäftsleitung bei Porsche Engineering ausübte. Danach verantwortete Schäfer im Entwicklungsressort der Porsche AG die Bereiche Fahrwerk und zuletzt Gesamtfahrzeug/Qualität. Im Juni 2018 kehrte Dr. Schäfer als Geschäftsführer zurück zu Porsche Engineering. Technischer Geschäftsführer bleibt Dirk Lappe, der diese Funktion seit 2009 innehat.

Test unter Extrembedingungen

Porsche Taycan fährt in 24 Stunden 3.425 Kilometer

Kurz vor der Weltpremiere am 4. September haben sechs Porsche-Testfahrer mit einem serienahen Taycan auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke in Nardò (Italien) innerhalb von 24 Stunden exakt 3.425 Kilometer zurückgelegt – das entspricht in etwa der Fahrstrecke von Nardò nach Trondheim in Norwegen. Die Geschwindigkeit bei der Hitzeschlacht auf dem süditalienischen Testgelände lag zwischen 195 und 215 Kilometern pro Stunde. Bei Außentemperaturen von bis zu 42 Grad Celsius sowie einer Asphalttemperatur von bis zu 54 Grad Celsius bewiesen der Taycan-Prototyp und die Porsche Engineering-Ladelösung noch vor dem Serienstart ihre Einsatzqualitäten. Gefahren wurde ohne Unterbrechung, anhalten musste der Vorserien-Taycan lediglich für schnelle Ladestopps und Fahrerwechsel. Der Test zur Qualitätsabsicherung fand im Rahmen einer Heißband-Dauererprobung statt.

Die Taycan Modelle

Stromverbrauch
(in kWh/100 km)
kombiniert:
26,9-24,6 kWh/100 km
CO₂-Emissionen
kombiniert: 0 g/km

Spitzengeschwindigkeit

215 km/h

Maximale Asphalttemperatur

54 °C





Elektrischer Rennsport

Porsche steigt in die Formel E ein

Porsche kehrt in den Formelsport zurück und steigt in die ABB FIA Formel-E-Meisterschaft ein: Seit dieser Saison starten die beiden Piloten Neel Jani und André Lotterer im Cockpit des Porsche 99X Electric für das TAG Heuer Porsche Formel-E-Team. Im Gegensatz zur Formel 1 gibt es bei der elektrischen Rennserie einige Besonderheiten: Die Wettbewerbe finden auf Stadtkursen statt (unter anderem in Hongkong, Berlin, New York und Mexico City), zudem starten alle Teams mit einem Einheits-Chassis, einer Standardbatterie und Standardreifen. Die Antriebskomponenten – darunter Elektromotor, Umrichter, Brake-by-Wire-System und Getriebe – sind hingegen Eigenentwicklungen der Hersteller. Im Porsche 99X Electric sorgt der „Porsche E-Performance Powertrain“ für Höchstleistungen. Der Antriebsstrang arbeitet mit 800 Volt Spannung – wie auch der Sportwagen Porsche Taycan. Und ebenso wie in Serienfahrzeugen spielen Energiemanagement und -effizienz auch in der Formel E eine zentrale Rolle. Darum arbeiten im Forschungs- und Entwicklungszentrum Weissach Motorsport- und Serienexperten Hand in Hand, sodass Erkenntnisse aus dem Motorsport zurück in die Serie fließen können.

„Ich freue mich sehr darauf, mit Porsche die Herausforderungen der Formel E anzugehen. Die Elektro-Rennserie ist in den vergangenen Jahren schnell gewachsen und hat sich als feste Größe im Motorsport etabliert.“

André Lotterer



„Von null in eine neue Serie zu starten, ist natürlich für alle Beteiligten eine große Herausforderung. Wir sind extrem fokussiert und hochmotiviert.“

Neel Jani



Jugendförderprogramm in Nardò

Turbo für Talente

Mit der Initiative „Turbo für Talente“ möchte Porsche gemeinsam mit seinen Partnern die Nachwuchstalente in unterschiedlichen Sportarten aktiv fördern.

Seit diesem Jahr ist das Nardò Technical Center (NTC) offizieller Sponsor der Jugendmannschaften des Fußballvereins A.C. Nardò und hat ein Jugendförderprogramm auf lokaler Ebene eingerichtet. Das Förderprogramm startete in den Schulferien mit einem Sommerlager für Kinder und Jugendliche, an dem mehr als 150 Jungen und Mädchen aus der Region im Alter von 3 bis 13 Jahren teilgenommen haben.

„Ein italienischer Sommer“ – so lautete das Thema des neunwöchigen Programms, bei dem die Jugendlichen durch ein breites Spektrum an abwechslungsreichen Aktivitäten mehr über die Gewohnheiten und Traditionen der verschiedenen Regionen Italiens erfahren konnten. Im Mittelpunkt des Ferienlagers standen vor allem sportliche Aktivitäten mit Fußball und Volleyball, lehrreiche und künstlerische Workshops, Handwerkskurse, Aktivitäten zur kognitiven Weiterbildung sowie eine Schatzsuche, Teamspiele und diverse Sportwettbewerbe.

Das Engagement des NTC zielt nicht nur auf die Unterstützung der Sporterziehung ab, sondern auch auf die soziale und persönliche Entwicklung von Kindern und Jugendlichen aus der Region. Die Zusammenarbeit mit dem Fußballverein A.C. Nardò wird darum weiter ausgebaut.



Studentische Wettbewerbe

Werdet Teil der automobilen Zukunft!

Einer ganz besonderen Herausforderung stellten sich Studenten am 13. November in Ostrava und am 21. November in Prag. In den beiden tschechischen Städten waren sie von Porsche Engineering und dessen Partner, der Czech Technical University, dazu aufgerufen, Teil der automobilen Zukunft zu werden. Die Aufgabe bestand im Rahmen zweier Wettbewerbe darin, eine Software für ein autonomes Auto zu entwickeln. Dabei mussten sie das Potenzial einer im Fahrzeug installierten Kamera optimal ausnutzen und unter verschiedenen Bedingungen eine Wettkampfstrecke durchfahren. Unterstützung erhielt der Ingenieur-Nachwuchs von erfahrenen Porsche Engineering Mentoren, zudem wurde die benötigte Hardware zur Verfügung gestellt. Eine einmalige Gelegenheit – um Erfahrung im Teamwork zu sammeln, Argumentation und Präsentation von Ergebnissen zu üben und sich selbst zu übertreffen.



ELIV Kongress

Branchentreff der Fahrzeugelektroniker

Auf dem internationalen Automobilelektronik-Kongress präsentierte Porsche Engineering seine Kompetenzen im Bereich zukunftsweisender Mobilität. Die Fachbesucher konnten sich über die Themen Konnektivität, Fahrerassistenzsysteme und Künstliche Intelligenz informieren und sich von der eigens entwickelten Ladelösung überzeugen.

16.–17. Oktober 2019

www.vdi-wissensforum.de/eliv

Die große Transformation



**Umbruch in der Automobilentwicklung:
Digitalisierung und Künstliche Intelligenz verändern eine
ganze Branche. Sie ermöglichen neue Fahrfunktionen
und Applikationen, verändern aber auch die Entwicklung.
Und sie bieten einen enormen Mehrwert.**



— **12** **Versuchsfahrten im Computer**
Synthetische Sensordaten für ADAS

— **18** **„Wir müssen jetzt alle Bausteine nutzen“**
Ein Gespräch über Digitalisierung und KI im Porsche-Konzern

— **22** **Out of the Box**
Apps leichter ausrollen mit der Docker-Technologie

— **26** **IT-Stadt mit KI-Tradition**
In Cluj entstehen digitale Zukunftstechnologien

Versuchsfahrten im Computer

Text: Andreas Burkert Mitwirkende: Dr. Clara Martina Martinez, Frank Sayer

Fotos: Mihail Onaca

Entwickler erschaffen eine virtuelle Welt, um Fahrerassistenzsysteme und autonome Fahrfunktionen zu testen, zu trainieren und abzusichern. Im Porsche Engineering Virtual ADAS Testing Center (PEVATeC) entstehen dafür computergenerierte Umgebungen mit physikalisch realistischen Effekten, die viele Erprobungen im realen Straßenverkehr überflüssig machen.

1

Dunkelheit, Gegenlicht und Reflexionen

2

Tageslicht und nasse Straße



3

Nebel, Regen und nasse Straße

Wetteränderung auf Knopfdruck: Der Computer erzeugt Schnee, Nebel, Nässe und Dunkelheit. So lassen sich die Sensoren unter verschiedenen Umgebungsbedingungen testen.



Täuschend echt: In die PEVATeC-Simulationen lassen sich dynamische Objekte wie virtuelle Fahrzeuge (1) und Fußgänger (2) einbinden. Dank „Physically Based Rendering“ ist der synthetische Input für die Sensoren nicht von der Wirklichkeit zu unterscheiden. Das zeigt sich unter anderem bei den Lichtreflexionen auf nasser Fahrbahn (3) und auf spiegelnden Oberflächen wie Fenstern (4). Entscheidend ist es, dass die Verteilungsmuster des Lichts physikalisch korrekt dargestellt werden.

Kein Mensch ist im Straßenverkehr aufmerksamer als ein Fahrerassistenzsystem. Die dafür nötigen optischen und radarbasierten Sensorsysteme erfassen das Umfeld wesentlich genauer, als ein geübter Fahrer es jemals könnte. Aus den Daten der zahlreich im Auto verbauten und vernetzten Kamera-, Radar-, Lidar- und Ultraschallsysteme ermitteln Algorithmen im Bruchteil einer Sekunde Regelstrategien, um das Fahrzeug in einer riskanten Situation bestmöglich zu steuern. Und das mit einer enormen Präzision. So verwundert es nicht, dass Fahrerassistenzsysteme – im Fachjargon auch ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) genannt – nachweislich das Unfallrisiko auf den Straßen reduzieren. Mit jedem weiteren ADAS-System kommen die Automobilentwickler der Vision vom unfallfreien Fahren wieder einen Schritt näher. Doch der Weg dorthin ist tatsächlich so schwierig, wie man denkt.

Das gilt erst recht für das autonome Fahren. Mithilfe agiler Entwicklungsmethoden haben die Ingenieure hier inzwischen große Fortschritte bei der Entwicklung gemacht – sind aber noch weit davon entfernt, alle technischen Anforderungen zu beherrschen. Immerhin: In Pilotprojekten auf öffentlichen Straßen unter bekannten und eingeschränkten Bedingungen zeigen selbstfahrende Fahrzeuge bei niedrigen Geschwindigkeiten eine wirtschaftliche und sichere Fahrweise. Im Gegensatz zu Fahrerassistenzsystemen mit ihren präzise definierten Aufgaben muss ein autonomes Fahrzeug aber in der Lage sein, alle Fahrsituationen zu beherrschen und den Fahrer vollständig zu ersetzen. Hinzu kommt, dass die kritischen Bedingungen für ADAS und autonomes Fahren nicht unbedingt die gleichen wie für menschliche Fahrer und noch nicht vollständig verstanden sind.

Das autonome Fahren erfordert darum noch umfangreiche Tests. Die Wissenschaftler der US-Denkfabrik RAND Corporation gehen beispielsweise davon aus, dass vollautonom fahrende Fahrzeuge 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



11 Mrd.

Meilen Testfahrten wären nötig, um die Gefahr eines tödlichen Unfalls durch ein autonomes Fahrzeug um 20 Prozent gegenüber einem menschlichen Fahrer zu verringern.



500

Jahre lang müssten dafür 100 Versuchsfahrzeuge rund um die Uhr mit 40 Kilometern pro Stunde auf Straßen unterwegs sein.



PEVATeC

ersetzt viele Versuchsfahrten durch Tests in virtuellen Welten.

Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 Kilometern pro Stunde rund 500 Jahre und bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 Kilometern pro Stunde etwa 250 Jahre dauern – Zeiträume und Kosten, die mit der Produktentwicklung unvereinbar sind.

Bereits für das Testen einer teilautonomen Fahrfunktion müssten über mehrere Jahre hinweg Heerscharen von Ingenieuren die Systeme auf der Straße erproben, um jedes mögliche Ereignis abzusichern. Dass dies weder wirtschaftlich vertretbar noch praktisch möglich und außerdem für die anderen Verkehrsteilnehmer extrem gefährlich wäre, weiß auch Frank Sayer. „Auf der Straße lässt sich das unmöglich durchführen“, erklärt der Leiter Virtuelle Fahrzeugentwicklung bei Porsche Engineering. Darum sollen viele Testkilometer durch Digitalisierung und umfangreiche Computersimulationen ins Labor verlagert werden – und zwar ins Porsche Engineering Virtual ADAS Testing Center (PEVATeC). Dort 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.

Kritische Situationen reproduzieren

Die Testfahrten in einer simulierten Umgebung sind nicht nur kostengünstiger, zeitsparender und mit geringerem Organisationsaufwand möglich – 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 noch nicht verstanden wurden, aber für die Kombination von Sensor-Algorithmus und autonomem Fahren entscheidend sind.

Neben der harten Echtzeitfähigkeit der Simulationen ist es mindestens ebenso wichtig, dass die im Computer erzeugten virtuellen Realitäten 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. Das Zauberwort heißt „Physically Based Rendering“: Beim herkömmlichen Rendern eines Objektes werden Eigenschaften wie die Oberflächenstruktur,



„Auf der Straße lassen sich die erforderlichen Tests für ADAS unmöglich durchführen. Darum haben wir PEVATeC entwickelt.“

Frank Sayer, Leiter Virtuelle Fahrzeugentwicklung



Experten für computergenerierte Welten: Die Mitarbeiter am Standort Cluj (Bild oben und unten) spielen eine entscheidende Rolle bei der Softwareentwicklung für PEVATeC.

der Farbverlauf oder die Lichtquellen möglichst ressourcenschonend und vereinfachend berechnet. Das physikalisch basierte Rendern ist hingegen eine bewährte Methode, um Lichtreflexion und -refraktion an dreidimensionalen Objekten realitätsnah abzubilden. Hier gilt es vor allem, physikalisch korrekte Verteilungsmuster des Lichts darzustellen.

Um die Unterschiede der Szenarien zwischen realem und virtuellem Fahrversuch zu minimieren, arbeiten die Ingenieure bei PEVATeC mit Hochdruck an einer möglichst genauen physikalischen Materialdefinition und an Algorithmen, die das Licht möglichst wie in der realen Welt wiedergeben. Das ist wichtig, um die Fahrerassistenzsysteme gegen situative Fehleinschätzungen wie etwa durch verschmutzte Kameraobjektive oder Mehrfachreflexionen der Radarwellen abzusichern. Aus diesem Grund lassen sich auf Knopfdruck zum Beispiel die Auswirkungen von Wetterbedingungen und Lichteffekten auf die kamerabasierten Sensoren in einem Fahrzeug darstellen. „Dazu gehören auch die Effekte einer tief stehenden Sonne, einer nassen und spiegelnden sowie einer verschneiten Fahrbahnoberfläche“, erklärt Sayer.

Dynamische Objekte einbinden

Darüber hinaus kann selbst der Straßenbelag mit all seinen Unebenheiten künftig genauso realistisch berechnet werden wie die Folgen einer verschmutzten Kameralinse. Auch solche Tests bei unterschiedlichen Umweltsituationen lassen sich auf realen Straßen nur schwer durchführen. Darüber hinaus stehen den Entwicklern zahlreiche virtuelle Objekte wie Bäume und Alltagsgegenstände zur Verfügung, um das Straßenumfeld so realistisch wie möglich zu gestalten. Denn schließlich müssen autonom fahrende Fahrzeuge mögliche Risiken auch innerhalb eines unübersichtlich gestalteten Straßenverlaufs erkennen. Dazu gehört auch, dass sich dynamische Objekte in die Simulation einbinden lassen. Gemeint sind damit Menschen, Radfahrer und andere Verkehrsteilnehmer, die sich in der digitalen 3D-Welt so natürlich wie möglich bewegen sollen.

Werden nun die einzelnen Szenarien im realen und virtuellen Fahrversuch miteinander abgeglichen, sind zum einen Aussagen zur Genauigkeit der Gesamtsimulation möglich. Zum anderen entsteht eine immer exaktere Basis, um die Sensorsysteme im Fahrzeug per Simulation zu optimieren – beispielsweise indem unterschiedliche Einbauorte eines Ultraschallsensors im Fahrzeug virtuell erprobt werden. So gelingt das schnelle Validieren und Kalibrieren der optischen und radarbasierten Sensoren. Um die Ergebnisse später in die Simulation des Gesamtfahrzeugs einbinden zu können, stehen allen am Entwicklungsprozess beteiligten Abteilungen Datenschnittstellen etwa zu Simulink, ROS oder OpenDRIVE offen.



Simulink, ROS und OpenDRIVE

lassen sich über
Datenschnittstellen mit
PEVATeC verbinden.

Ein weiterer wesentlicher Aufgabenbereich von PEVATeC ist das Klassifizieren von Objekten. Die Sensorintelligenz muss so programmiert werden, dass sie selbst unter schwierigsten Bedingungen Verkehrszeichen, Personen und Situationen erkennt. Dazu ist ein Training der Bilderkennungssoftware erforderlich. Dies geschieht unter anderem mit realen Bilddaten, die mit denen der Simulationen kombiniert werden. Darüber hinaus nutzen die Entwickler Verfahren der Künstlichen Intelligenz: Dazu werden dem System unzählige Variationen von Bildern oder Videosequenzen gezeigt, sodass es mithilfe des maschinellen Lernens darauf trainiert wird, Objekte und Situationen korrekt einzuordnen. Diesen Labeling-Prozess führen Hochleistungsrechner automatisiert durch: Im virtuellen Szenario sind alle Objekte bekannt und in der Game Engine positioniert. So lassen sich die Objekte im Bild automatisch identifizieren, dimensionieren und charakterisieren.

ADAS-Testcenter: Infrastruktur eines Hochleistungsrechenzentrums

Weil beim virtuellen Testen, Trainieren und Absichern neuer Fahrzeugfunktionen immense Datenmengen in Echtzeit verarbeitet werden müssen, wird die künftige Infrastruktur des ADAS-Testcenters der eines Hochleistungsrechenzentrums ähneln, in dem eine beachtliche Anzahl von Grafikchips (GPUs) benötigt wird, um die enorme Menge an Informationen zu verarbeiten. Die leistungsstarken GPUs eignen sich für Anwendungen rund um das automatisierte Fahren besonders gut, weil mathematische Operationen in ihnen parallel ablaufen. Sie sind deshalb auch ein wesentlicher Teil des PEVATeC-Konzepts. Hinzu kommen umfangreiche Speicher für einen Pool von Szenarien, die zum Testen und Validieren verschiedener ADAS-Systeme erforderlich sind. Das Ermitteln valider Daten ist eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von Algorithmen, die das autonome Fahren effizient und sicher auf die Straße bringen. Genau das soll PEVATeC leisten: Die Erkenntnisse aus den Simulationen dienen den Ingenieuren dazu, die Regelalgorithmen der Fahrerassistenzsysteme optimal zu trainieren – und zwar so, dass die verbauten ADAS-Systeme selbstständig die schwierigsten Manöver und Situationen beherrschen. ◀

➔ ZUSAMMENGEFASST

Für den Test fortschrittlicher Fahrerassistenzsysteme und autonomer Fahrfunktionen sind Milliarden von Testkilometern erforderlich. Allein durch Straßenerprobungen lässt sich das nicht bewältigen. Darum hat Porsche Engineering PEVATeC entwickelt. Dabei erzeugt ein auf 3D-Simulationen spezialisiertes Computersystem synthetische Daten, die als Input für die Fahrzeugsensoren dienen. Sie sind so realistisch, dass man sie nicht von der Wirklichkeit unterscheiden kann. So lassen sich viele Tests von der realen in die virtuelle Welt verlagern.

„Wir müssen jetzt alle Bausteine nutzen“

Interview: Michael Gneuss Fotos: Sebastian Berger

Lutz Meschke, stellvertretender Vorstandsvorsitzender der Porsche AG sowie Vorstand für Finanzen und IT, diskutiert mit Dirk Lappe, technischer Geschäftsführer von Porsche Engineering, über die Auswirkungen der Digitalisierung und neuer Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) auf Porsche und die Automobilindustrie.

Herr Meschke, Sie haben in einem früheren Interview aus einem Film des italienischen Regisseurs Luchino Visconti zitiert: „Wenn wir wollen, dass alles so bleibt, wie es ist, dann ist es notwendig, dass sich alles verändert.“ Bitte klären Sie diesen Widerspruch für uns auf: Lässt sich ausgerechnet mit disruptiven Technologien – also Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz – alles so erhalten, wie es ist?

— **LUTZ MESCHKE:** Ich habe Folgendes gemeint: Die Marke Porsche hat eine unglaubliche Strahlwirkung, und wir sind finanziell sehr erfolgreich. Aber wenn beides auch in fünf Jahren noch so sein soll, müssen wir jetzt alle Bausteine nutzen, mit denen wir Porsche zukunftssicher aufstellen können. Das gilt vor allem für die Digitalisierung und KI. Wir werden unsere Ziele nur erreichen, wenn wir diese Technologien einsetzen, um zusätzliche Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Außerdem müssen wir sämtliche Unternehmensprozesse ganz neu ausrichten und einen Mind Change bewerkstelligen. Das gilt übrigens nicht nur für Porsche, sondern für die gesamte Automobilbranche.

Wie weit ist dieser Mind Change bei Porsche vorangeschritten?

— **MESCHKE:** Teilweise sind wir schon sehr weit. Aber es geht darum, alle Mitarbeiter auf diese Reise mitzunehmen. Klar: Einige sind besorgt, weil die Digitalisierung Veränderungen mit sich bringt und sie zunächst ihre Arbeitsplätze bedroht sehen. Aber

wir alle müssen die neuen Technologien als Chance verstehen, nicht als Gefahr. Wir müssen bereit sein, uns weiterzubilden. Nur so können alle die Entwicklung dieses Unternehmens aktiv mitgestalten.

Herr Lappe, welche Rolle nimmt Porsche Engineering bei der Digitalisierung ein?

— **DIRK LAPPE:** Wir wollen die Digitalisierung unserer Kunden an vorderster Front mitentwickeln. Wichtig ist mir dabei, dass wir keine 08/15-Lösungen liefern, sondern mit unseren Entwicklungen einen echten Mehrwert generieren. Deshalb macht es uns großen Spaß, mit Künstlicher Intelligenz und Digitalisierung zu arbeiten, weil genau diese Technologien enormen Mehrwert für unsere Kunden bieten.

Dennoch sind Digitalisierung und KI neue Themen für einen Dienstleister aus der klassischen Fahrzeugentwicklung. Wie erleben Sie diese Veränderungen?

— **LAPPE:** Das Tempo der Veränderungen hat sich stark erhöht, und es häufen sich schlagartige Ereignisse, auf die wir für unsere Kunden die passende Antwort liefern. So spielt die Softwareentwicklung jetzt eine sehr große Rolle für uns, denn sie wird zunehmend zum Differenzierungsmerkmal. Wir haben gerade deshalb heute sehr viele Anfragen von Kunden.

— **MESCHKE:** Für uns ist es sehr wichtig, dass Porsche Engineering am Markt erfolgreich ist. Porsche Engineering ist der Ursprung unseres gesamten Konzerns. Porsche hat mit der Entwicklung für

Die Zukunft im Blick:
Dirk Lappe (links) und Lutz Meschke diskutieren am Porsche-Standort in Stuttgart-Weilimdorf über neue Technologien in der Automobilbranche.





„Investitionen in die IT verbessern nicht nur die Wettbewerbsposition – sie rechnen sich auch, etwa dank virtueller Prototypen.“

Dirk Lappe

„Wir müssen sämtliche Unternehmensprozesse ganz neu ausrichten und einen Mind Change bewerkstelligen.“

Lutz Meschke



Kunden angefangen, bevor eigene Sportwagen entwickelt und produziert wurden. Insofern hat Porsche Engineering natürlich eine ganz besondere Bedeutung für uns. Sie hat viele Kunden aus der gesamten Autoindustrie weltweit, und mein Eindruck ist, dass ihre Stellung im Zuge der Digitalisierung nicht nur für uns, sondern im gesamten Marktumfeld noch bedeutungsvoller wird.

Welche Rolle genau nimmt ein Entwicklungsdienstleister wie Porsche Engineering in dieser Phase der Digitalisierung ein?

- **MESCHKE:** Ein Entwicklungsdienstleister muss immer wissen, wo die Reise hingeht – auch global. Gerade in puncto Internationalisierung ist Porsche Engineering in den vergangenen Jahren sehr gut vorangekommen, so zum Beispiel durch den Aufbau von Standorten in Prag und im rumänischen Cluj. Wir haben dadurch viele sehr gute neue Mitarbeiter gewonnen, die auch langfristig für uns arbeiten wollen. Porsche Engineering am Innovationsstandort Cluj: Das ist für mich eine echte Erfolgsgeschichte.
- **LAPPE:** Auch unser Engagement in Shanghai spielt dabei eine entscheidende Rolle. Wir sind dadurch so etwas wie das Tor zu China geworden. Es gibt ja heute keine Weltautos mehr. Für China braucht ein Autohersteller heute eine andere Software als für das gleiche Modell, das in den USA oder in Europa ausgeliefert wird. Deshalb ist die Präsenz vor Ort in China für einen Fahrzeugentwickler sehr wichtig.

Herr Meschke, Sie sind im Vorstand der Porsche AG nicht nur für IT und Digitalisierung zuständig, sondern auch für die Finanzen. Schmerzt es Sie daher nicht, dass Digitalisierung auch teuer ist?

- **MESCHKE:** Früher war die IT ein Kostenthema. Jeder wusste, dass man IT braucht, aber sie sollte möglichst wenig kosten. Das hat sich geändert: Heute sind IT und Digitalisierung Wettbewerbsfaktoren. Wenn ich darin nicht zu den richtig guten Playern gehöre, dann habe ich einen gravierenden Wettbewerbsnachteil. Wir werden unsere Fahrzeuge nicht mehr in den gleichen Stückzahlen verkaufen können, wenn wir zum Beispiel nicht die vollständige Konnektivität bieten. In China haben wir sehr junge Kunden. Sie wollen im Auto alles können, was sie auch auf dem Smartphone machen. Obendrein erwarten sie weitere digitale Dienstleistungen im Auto. Von daher sind wir gezwungen, massiv zu investieren.



800 Mio.

Euro gibt Porsche jedes Jahr für Investitionen im Bereich Digitalisierung aus.



150 Mio.

Euro stehen jährlich für Beteiligungen an Start-ups und Venture-Capital-Gesellschaften zur Verfügung.

- **LAPPE:** Hinzu kommt, dass Investitionen in die IT nicht nur die Wettbewerbsposition verbessern, sondern sich auch rechnen. Ein Beispiel aus der Fahrzeugentwicklung ist der Prototypenbau. Früher haben wir sehr viele Fahrzeuge gebaut. Heute können wir durch digitale Werkzeuge das Fahrzeug virtuell aufbauen. Wir sparen eine große Anzahl von Prototypen und damit viel Geld ein. In der digitalen Welt finden wir viele solcher Möglichkeiten, die Effizienz zu steigern.

In welcher Höhe investieren Sie in die Digitalisierung?

- **MESCHKE:** Für Investitionen in die gesamten Unternehmensprozesse, in die Smart Factory, in die Kundenschnittstellen sowie in die Produkte und Services geben wir jedes Jahr mehr als 800 Millionen Euro aus. Außerdem haben wir jährlich mehr als 150 Millionen Euro für Beteiligungen an Start-ups und Venture-Capital-Gesellschaften freigegeben. Es kommt also eine knappe Milliarde Euro zusammen. Mehr als zwei Milliarden Euro beträgt das Budget für die herkömmliche Fahrzeugentwicklung. Da sieht man, wie wichtig Digitalisierung geworden ist. Und in Zukunft wird dieses Thema noch an Bedeutung gewinnen.

Welche Rolle spielt Porsche im Digitalisierungsprozess des gesamten Volkswagen Konzerns?

- **MESCHKE:** Wir stehen als Premium-Marke natürlich vor anderen Anforderungen als ein Volumen-Hersteller. Wir müssen mit den relevanten Tech-Playern kooperieren, um unseren Kunden entsprechende Lösungen anbieten zu können. Und das sind von Region zu Region unterschiedliche Partner. Aber bei der Elektronik-Plattform ist eine Standardisierung über den gesamten Konzern sinnvoll, um möglichst große Skalenerträge realisieren zu können. Bei der Digitalisierung müssen wir auch deshalb die Kräfte im Konzern bündeln, weil enorme Entwicklungskapazitäten für die neuen Themen benötigt werden.
- **LAPPE:** Porsche wird immer mehr auf Module und Plattformen aus dem Konzern zugreifen. Trotzdem müssen wir dafür sorgen, dass ein Porsche ein Porsche bleibt – auch mithilfe der Digitalisierung. Hier werden wir uns mit Porsche Engineering einbringen und markenspezifische Entwicklungen vorantreiben. Und von den Erfahrungen aus der Softwareentwicklung für Sportwagen werden auch unsere weiteren Kunden profitieren – wie bei all unseren Kundenentwicklungsaktivitäten.



Lutz Meschke ist Diplom-Kaufmann und kam 2001 von Hugo Boss zur Porsche AG. Seit 2009 ist er Mitglied im Vorstand und dort zuständig für Finanzen und IT. 2015 wurde Lutz Meschke zudem stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Sportwagenbauers.

Dirk Lappe ist Diplom-Ingenieur für Elektrotechnik und kam 2002 zu Porsche Engineering, wo er zunächst die Leitung des Fachbereichs Elektrik/Elektronik übernahm. Seit 2009 ist er technischer Geschäftsführer des Unternehmens. Dirk Lappe arbeitete zuvor für Bosch und Harman Becker.

Die Taycan Modelle

Stromverbrauch (in kWh/100 km) kombiniert:

26,9-24,6 kWh/100 km

CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km

Out of the box

Text: Christian Buck Mitwirkende: Fabian Breisig, Thomas Pretsch

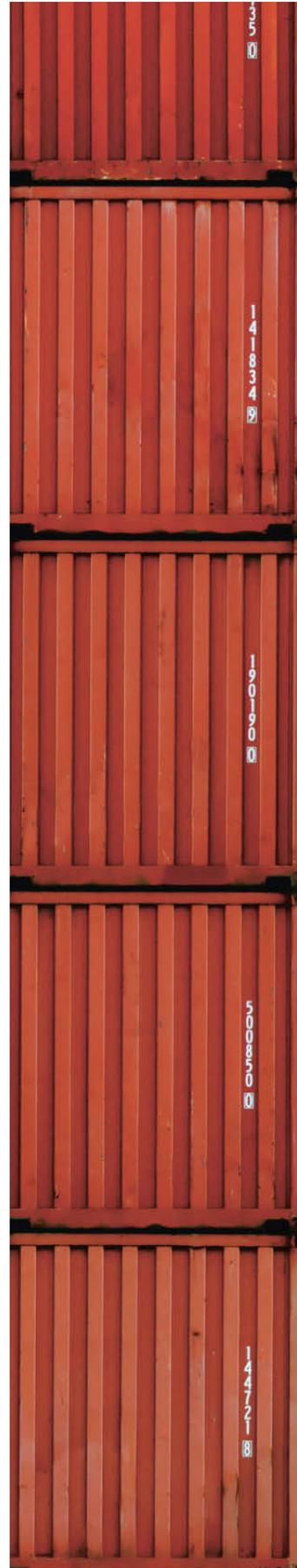
Noch nie war es so einfach, Apps für den Modulare Infotainmentbaukasten (MIB) zu entwickeln und zu den Kunden zu bringen. Porsche Engineering realisiert im Rahmen der Weiterentwicklung des MIB für den Porsche Taycan innovative Applikationen, wobei die Containerisierungslösung Docker zum Einsatz kommt. Auf dieser Basis ist auch ein Software Development Kit (SDK) entstanden, mit dessen Hilfe auch Drittanbieter neue Anwendungen für den MIB auf den Markt bringen können.

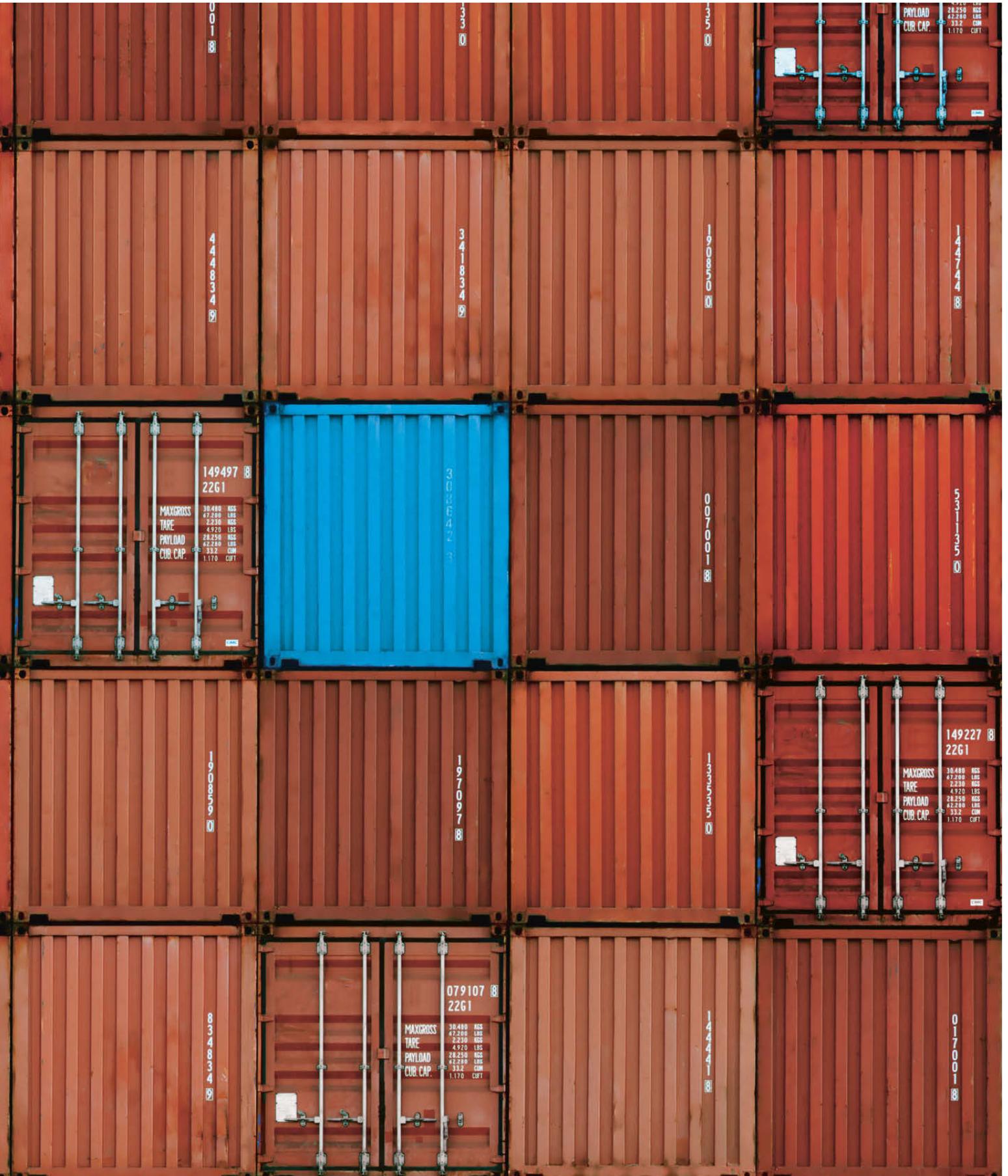
Mit dem Porsche Taycan ist im September 2019 nicht nur der erste rein elektrische Porsche auf den Markt gekommen. Er ist auch das erste Fahrzeug des Sportwagenherstellers, das die dritte Version des Modulare Infotainmentbaukastens (MIB3) enthält. Der MIB3 bietet nicht nur Hardware auf dem neuesten Stand der Technik und ein größeres Display – er lässt sich auch einfach um neue Apps erweitern. Möglich wird das durch die im System integrierte Containerisierungslösung Docker: Sie erlaubt es, Apps samt ihren Abhängigkeiten in Container zu bündeln und auch nachträglich auf das System aufzuspielen. Dadurch ist die Entwicklung und die Distribution neuer Apps wesentlich einfacher als in den vorherigen Versionen des MIB.

Der Name spielt ganz bewusst auf die Logistik an: Seit Jahrzehnten werden Güter in standardisierten Containern verpackt, wodurch sie sich viel effizienter längs komplexer Lieferketten transportieren lassen. Analog dazu sollen auch neue Apps möglichst problemlos von einem Anbieter zu seinen Kunden gelangen. Allerdings weiß man hier nie genau, wie das jeweilige Zielsystem – etwa das MIB3 in einem Fahrzeug – konfiguriert ist.

Das kann schnell zum Problem werden, denn oft benötigen Programme eine fest definierte Umgebung, um überhaupt laufen zu können. Dazu gehören zum Beispiel Systembibliotheken, die bestimmte Funktionen wie etwa den Zugang zu Netzwerken zur Verfügung stellen. Zudem erfordern interpretierte Sprachen wie JavaScript für ihre Ausführung eine Runtime-Engine – und zwar meist eine ganz bestimmte Version.

„Wegen dieser vielen Abhängigkeiten kamen früher alle Apps für das Infotainmentsystem vom Zulieferer des MIB“, berichtet Fabian Breisig von Porsche Engineering. „Für uns war es bisher fast unmöglich, eigene Apps zu schreiben. Wir hätten dafür unseren Code an den Zulieferer schicken müssen, um ihn dort mit großem Aufwand in das Gesamtsystem integrieren zu lassen.“ Dank der Docker-Container gehört dieses Problem nun der Vergangenheit an: Im Prinzip können mit ihrer Hilfe jetzt beliebige Drittanbieter eigene Apps schreiben, in einen Container mit den benötigten Bibliotheken, Hilfsprogrammen und statischen Daten verpacken und dann nach einer Prüfung durch Porsche den Kunden zum komfortablen Download anbieten.





Bewährte Lösung: In der Logistik sind Container schon lange unverzichtbar – jetzt erobern sie die Softwareentwicklung.



Unabhängig: Durch die Docker-Technologie werden die Update-Zyklen von Apps und MIB3 entkoppelt.

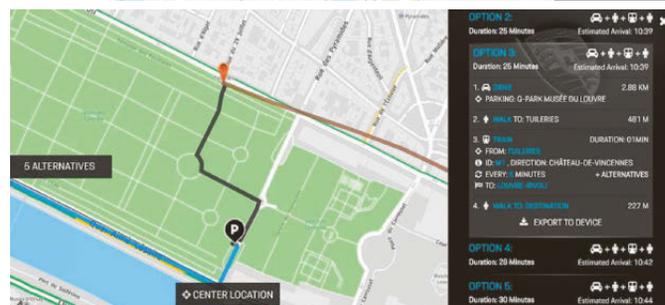
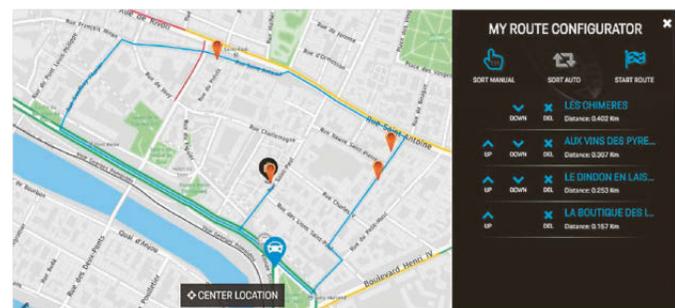
Zwischen dem Betriebssystem des Zielsystems und den Containern sitzt die „Docker Engine“. Sie ist für die Verwaltung und Ausführung der Container zuständig und abstrahiert die Ressourcen des Hostsystems für die in den Containern laufenden Programme. Dadurch können Container ohne Host-spezifische Anpassungen auf unterschiedlichen Zielsystemen betrieben werden. Im Gegensatz zu der in der IT weiter verbreiteten Virtualisierung mit Hypervisor und virtuellen Maschinen (VM) stellt ein Container einer Anwendung eine komplette Laufzeitumgebung mit allen notwendigen Abhängigkeiten virtuell zur Verfügung, ohne ein komplettes Gastbetriebssystem zu beinhalten. Dadurch verbrauchen Container weniger Ressourcen, sind leichter zu portieren und starten schneller. „Die Docker-Container sind eine leichtgewichtige Form der Virtualisierung auf Applikations-Ebene“, so Breisig.

Entwicklung innovativer Web-Applikationen

Unter Verwendung der Docker-Technologie entwickelt Porsche Engineering seit zweieinhalb Jahren Web-Applikationen nach dem Client-Server-Prinzip. In dieser Zeit sind bereits mehrere Anwendungen für den MIB3 entstanden: Die Kalender-App ermöglicht es beispielsweise, verschiedene Kalender – etwa von Office 365, Google oder vom Smartphone – zu kombinieren und auf dem Infotainment-Display anzuzeigen. Sie war beim Porsche Taycan von Beginn an bereits an Bord. Die Stocks-App zeigt aktuelle Aktienkurse an, und die App „Data Plan“ informiert über das Datenvolumen, das in einem bestimmten Zeitraum zulasten der SIM-Karte im MIB3 angefallen ist.

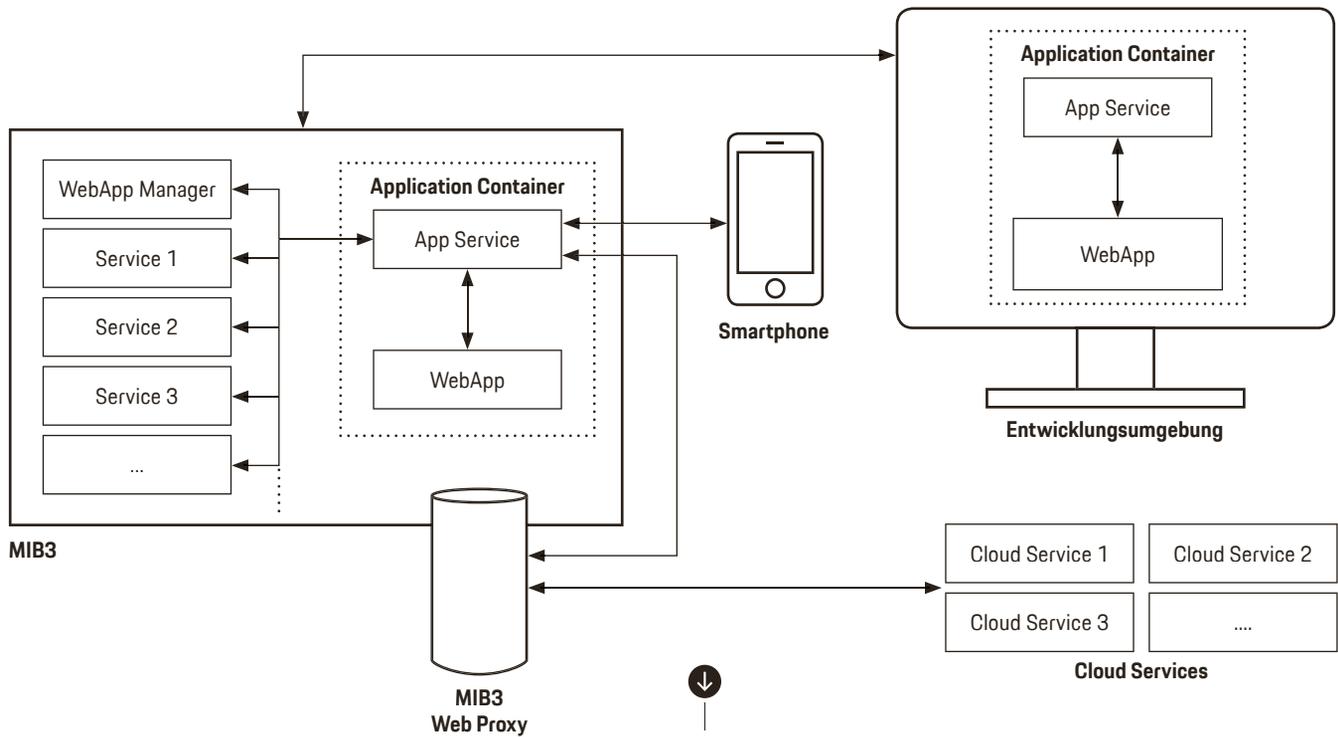
Neben solchen Serienprojekten beschäftigen sich die Softwareentwickler von Porsche Engineering auch mit innovativen Zukunftsideen. „Wir suchen ständig nach innovativen und sinnvollen neuen Use Cases, die wir im ersten Schritt als Proof of Concept realisieren“, sagt Breisig. „Dabei wollen wir herausfinden, welche Features einen spürbaren Mehrwert für den Kunden bringen, was unter den gegebenen Rahmenbedingungen umsetzbar ist und welche Limitierungen es seitens des Systems oder externer Schnittstellen gibt.“ Zu den aktuellen Innovationsprojekten gehört unter anderem der City Tour Guide: Angereichert mit Informationen und Bildern von verschiedenen Content-Providern werden Sehenswürdigkeiten, Restaurants und andere Points of Interest (POI) in der näheren Umgebung angezeigt. Zudem kann eine Turn-by-Turn-Navigation geplant und durchgeführt werden. Ergänzt wird das Proof of Concept um eine Augmented-Reality-Smartphone-App: Sobald das Smartphone auf einen POI ausgerichtet wird, werden Zusatzinformationen zu ihm auf dem Beifahrerdisplay des Taycan angezeigt. Nachdem ein Proof of Concept einen funktional erlebbaren Stand erreicht hat, wird es einem Gremium vorgestellt, das entscheidet, ob dieses zur Serienreife weiterentwickelt werden soll.

Kunden können solche Apps jederzeit „over the air“ herunterladen. Sie müssen nicht mehr bis zu einem Software-Update des MIB3 warten, wodurch die Update-Zyklen der Anwendungen von denen des Infotainmentsystems entkoppelt werden – genauso wie beim PC oder Smartphone, bei denen man neue Programme unabhängig von neuen Versionen des Be-



Applikationen für den MIB3: Mit der „City Tour Guide“-App lassen sich Routen zwischen POIs planen (oben). Zudem macht sie intermodale Routenvorschläge (unten).

Architekturübersicht



Apps werden auf dem MIB3 innerhalb von Docker-Containern ausgeführt. Sie bestehen aus App Service und WebApp: Der App Service ist eine Node.js®-Applikation, die die Anwendungslogik enthält. Er kann mit anderen Services des MIB3 (z. B. der Navigation) oder über den Web Proxy mit Cloud Services interagieren und Daten austauschen. Die WebApp stellt bei Aufruf der App das User Interface auf Angular- und HTML5-Basis dar.

Während der Entwicklung kann die Entwicklungsumgebung mit dem MIB3 verbunden werden. So lassen sich dessen Schnittstellen direkt verwenden, ohne eine App bei jedem Entwicklungsschritt auf das MIB3 spielen zu müssen.

triebssystems installieren kann. Die Softwareentwickler wiederum profitieren von der Trennung zwischen Zielsystem und Applikation: „Wir können Applikationen dank der Docker-Container viel schneller entwickeln, weil wir nicht mehr detailliert in das Zielsystem schauen müssen“, erklärt Breisig. „Dadurch konnten wir uns ein völlig neues Geschäftsfeld erschließen.“

Werkzeugkasten zur App-Entwicklung

Um auch anderen Unternehmen die App-Entwicklung für den MIB3 zu erleichtern, stellt Porsche Engineering ihnen seit Mitte 2018 ein Software Development Kit (SDK) zur Verfügung. Das SDK ist eine für das MIB3 entwickelte Sammlung von Werkzeugen und Bibliotheken, die den gesamten Entwicklungsprozess einer Applikation vom Aufsetzen des Projekts über die Programmierung bis hin zum Release vereinfacht und beschleunigt. So müssen sich beispielsweise alle neuen Apps beim MIB3 registrieren – eine recht aufwendige Prozedur, deren Umsetzung das SDK dem Programmierer weitgehend abnimmt. Es stellt zudem einfache Schnittstellen bereit, um Funktionen anderer Apps wie der Navigation zu nutzen. Statt eine Unzahl von Parametern zu übergeben, reichen einfache Kommandos zur Übergabe des Ziels und zum Starten der Zielführung.

Zu den ersten Anwendern des SDK gehörten Anfang des Jahres die 36 Teilnehmer des ersten einwöchigen MIB3-Hackathons in Weissach. Ziel war es, innovative Ideen als lauffähige Prototypen zu verwirklichen. Dabei profitierten die Teilnehmer von den Werkzeugen und Bibliotheken des SDK und konnten schnell erste Erfolge feiern. Tobias Schug war einer von ihnen: „Ich hatte einen sehr guten Eindruck vom SDK“, berichtet der Softwareentwickler, der bei der Porsche AG an der Cloud-Plattform „Gravity“ mitarbeitet. „Man kommt damit schneller zum Ziel, weil man nicht für alles den Code selbst schreiben muss – etwa für Frontend-Komponenten, die Bilder oder Texte anzeigen.“ Auch von der Container-Technologie ist er überzeugt: „Das ist wirklich eine sehr gute Möglichkeit, Apps zu verpacken und auszuliefern“, sagt Schug.

In Zukunft wird das SDK parallel zur Weiterentwicklung des MIB3 um neue Funktionen ergänzt, etwa um über den integrierten WLAN-Hotspot den Datenaustausch zwischen dem MIB und externen Geräten zu ermöglichen. „Durch das selbst entwickelte SDK sowie das Know-how in den Bereichen Docker, Web-Architekturen und Web-Frameworks wie Angular sind wir eine Anlaufstelle für progressive Web-Entwicklung“, fasst Breisig zusammen.



IT-Stadt mit KI- Tradition

Text: Christian Buck

Mitwirkende: Rares Barbantan,
Andrei Saupe, Joachim Schaper, Tudor Ziman

Fotos: Mihail Onaca, Lavinia Cernau

Im rumänischen Cluj-Napoca hat Porsche Engineering seit Juli 2016 ein Team aus Software- und Funktionsentwicklern aufgebaut, das unter anderem für neue Funktionen auf Basis Künstlicher Intelligenz (KI) verantwortlich ist. Der Standort profitiert von einem exzellenten akademischen Umfeld und arbeitet an Lösungen, die in naher Zukunft in Serie gehen werden.





Auf Wachstumskurs: Schon heute belegt Porsche Engineering vier Stockwerke in Cluj. Auch innen wird schnell klar, wer hier seine Büros hat: Über dem Besprechungsraum thront ein Porsche. Das Umfeld ist ideal: Die Stadt ist jung und hat ein sehenswertes historisches Zentrum. Senior Manager Andrei Saupé (rechts) ist unter anderem für alle KI-Aktivitäten in Cluj verantwortlich.



CLUJ

Cluj-Napoca ist mit rund 400.000 Einwohnern die zweitgrößte Stadt in Rumänien. Das ehemalige Klausenburg liegt in der historischen Region Siebenbürgen. Der Zusatz „Napoca“ stammt von einer Römersiedlung an gleicher Stelle. Heute ist die Stadt geprägt von zahlreichen Hochschulen sowie von vielen IT-Unternehmen, die sich dort niedergelassen haben. Porsche Engineering ist seit 2016 in Cluj-Napoca.

Es ist eine Situation, wie sie jeder Autofahrer wohl schon Dutzende Male erlebt hat. Man ist auf der linken Spur der Autobahn unterwegs und sieht instinktiv voraus, dass gleich ein vorausfahrendes Auto von rechts zum Überholen ansetzen und sich vor das eigene Fahrzeug setzen wird. Menschen haben für solche Situationen eine Art siebten Sinn: Aus dem Kontext und ihrer langjährigen Erfahrung im Straßenverkehr schließen sie, dass der andere Fahrer in Kürze einscheren könnte.

Maschinen tun sich mit solchen Schlüssen noch deutlich schwerer. Darum reagiert das Adaptive Cruise Control (ACC) aktuell erst, wenn sich ein Auto von rechts oder von links vor das eigene Fahrzeug setzt. „Basierend auf den Erfahrungen aus der Serienentwicklung haben wir eine innovative Idee entwickelt: Es wäre viel komfortabler, wenn die Technik das bevorstehende Einscheren voraussehen und frühzeitig auf Abstand gehen könnte – so wie jeder erfahrene Mensch es tut. Genau das steckt hinter der Idee der ‚Cut in-Detection‘ (Einscherer-Erkennung), die das Autofahren in Zukunft noch komfortabler machen soll“, erklärt Philipp Wustmann, Projektleiter Fahrerassistenzsysteme.

Ohne Künstliche Intelligenz ist diese Idee schwierig umzusetzen, weil man die Hinweise auf ein Einscheren nur eingeschränkt durch Regeln und klassische Programmierung beschreiben kann. Darum kommt beim Thema Cut in-Detection der Standort von Porsche Engineering im rumänischen Cluj-Napoca ins Spiel: Dort arbeiten Software- und Funktionsentwickler, die sich mit neuen Fahrzeugfunktionen, aber auch mit innovativen Entwicklungstools beschäftigen. „Ein wichtiger Erfolgsfaktor für uns wird in Zukunft die Entwicklung und der Einsatz von KI-Methoden und entsprechender Werkzeuge sein“, sagt Dirk Lappe, Geschäftsführer von

Porsche Engineering. „Das innovative Umfeld und die Data-Science-Expertise am Standort Cluj werden uns in die Lage versetzen, hier neue Wege bei der Fahrzeugentwicklung zu gehen.“ Rund 180 Mitarbeiter verteilen sich auf vier Stockwerke in einem neuen, lichtdurchfluteten Gebäude – darunter viele KI-Experten. Jeden Monat kommen neue Kollegen hinzu, sodass der Standort bis Mitte 2020 auf 210 Mitarbeiter angewachsen wird.

Neue Lösungen bald in Serie

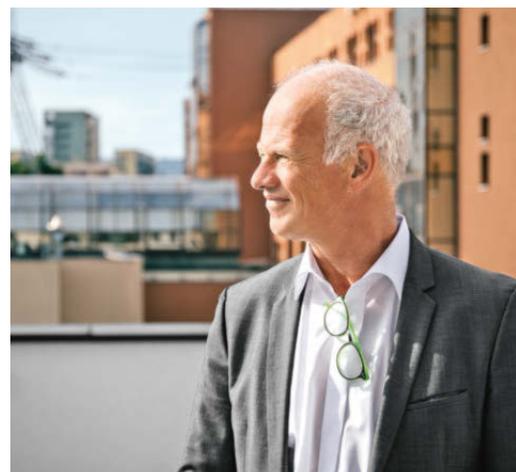
In Cluj-Napoca nutzen die Experten aktuelle KI-Methoden wie Neuronale Netze oder Reinforcement Learning für neue Fahrerassistenzsysteme, die autonomen Fahrzeuge der Zukunft oder virtuelle Tests neuer Fahrzeugfunktionen. „Wir entwickeln hier neue Lösungen und Features, die in naher Zukunft in Serie gehen können“, sagt Marius Mihailovici, Managing Director von Porsche Engineering in Rumänien (siehe auch das Interview auf Seite 30). „Durch die Bearbeitung von spannenden Entwicklungsaufträgen und die enge Kooperation mit Universitäten erweitern wir ständig unser Portfolio und unsere Kompetenzen.“

Bei der Cut in-Detection kommt ein Neuronales Netz zum Einsatz: Menschen betrachten Bilder von Autobahnfahrten und drücken einen Knopf, sobald sie mit dem baldigen Einscheren eines vorausfahrenden Autos rechnen. „In der Trainingsphase verknüpft das Neuronale Netz diesen menschlichen Input mit den Signalen, die die Fahrzeugsensoren liefern“, erklärt Rares Barbantan, Software-Architekt bei Porsche Engineering in Cluj-Napoca. „So lernt es, aus den Sensordaten das Einscheren vorherzusehen.“ Mit diesem Wissen kann das ACC frühzeitig reagieren, um den nötigen Abstand für das einscherende Fahrzeug einzuregeln. Seit Ende 2018 arbeiten die Entwickler in Cluj-Napoca an dem neuen System. Die Cut in-Detection kommt in vielen Fällen ohne zusätzliche Sensoren aus – als Hauptinformation dient die für andere Assistenzsysteme bereits vorhandene Liste der Objekte auf den zwei nächstliegenden Fahrspuren.

Aber auch die Abstandsregelung selbst wollen die KI-Experten in Rumänien weiter verbessern. Genauer: Sie soll komfortabler werden und sich in der Zukunft an den Stil des Fahrzeugbesitzers anpassen. „Im ersten Schritt haben die Entwicklerkollegen in Prag die Kernfunktion des adaptiven Abstandstempomaten mit klassischen Methoden realisiert. Im nächsten Schritt

„Das innovative Umfeld und die Data-Science-Expertise am Standort Cluj werden uns in die Lage versetzen, neue Wege bei der Fahrzeugentwicklung zu gehen.“

Dirk Lappe, Technischer Geschäftsführer



Inspirierende Atmosphäre: Der Standort Cluj befindet sich in einem neuen Gebäude, das den Mitarbeitern viel Raum und Licht bietet – ideale Voraussetzungen für Entwickler wie Rares Barbantan (links im Bild unten links) und Tudor Zimann (rechts von ihm). Als KI-Verantwortlicher von Porsche Engineering ist Dr. Joachim Schaper (rechts unten) regelmäßig vor Ort.

„Unsere Entwickler lieben anspruchsvolle Projekte“

Marius Mihailovici ist seit 2016 CEO von Porsche Engineering in Cluj-Napoca. Im Interview spricht er über Chancen und Herausforderungen der Künstlichen Intelligenz sowie die Stärken des Standorts in Rumänien.



Vordenker: Marius Mihailovici hält KI im Fahrzeug für unverzichtbar.

1

Welche Rolle spielt Künstliche Intelligenz für die Zukunft der Automobilbranche?

Ohne KI im Fahrzeug wird es künftig nicht mehr gehen. Sie unterstützt den Menschen und macht den Verkehr sicherer und effizienter. Darum wird sie im kommenden Jahrzehnt der „Game Changer“ in unserer Branche sein. Fahrzeuge auf SAE-Level 3 gibt es bereits, Level 4 und 5 werden wir in den nächsten zehn Jahren sehen. Auf dem Weg dorthin müssen wir uns aber nicht nur mit der Software beschäftigen, sondern mit dem gesamten Ökosystem: den rechtlichen Rahmenbedingungen, den ethischen Fragen und den Grenzen von KI. Denn manches können Maschinen – zumindest heute – nicht lernen. Schließlich hat jeder Mensch seit seiner Kindheit eine jahrzehntelange Lernkurve hinter sich. So erkennt unser Gehirn ganz automatisch, dass ein Kind auf dem Gehweg jeden Moment auf die Straße laufen könnte – und bereitet sich darauf vor. Eine Herausforderung wird sein, dieses Wissen in die Software zu transferieren.

2

Warum ist Cluj-Napoca ein attraktiver Standort für die KI-Aktivitäten von Porsche Engineering?

Hier kommen einige Faktoren zusammen. Durch die Technische Universität gibt es hier viele gut ausgebildete Software-Experten. Sie sind nicht nur kompetent, sondern auch stark auf Ergebnisse fokussiert und aufgeschlossen für neue Technologien wie Künstliche Intelligenz. Unsere Entwickler lieben anspruchsvolle Projekte, wollen ständig dazulernen und arbeiten gerne in internationalen Teams. Hinzu kommt, dass viele von ihnen deutsch sprechen und es hier in Transsilvanien auch eine kulturelle Nähe zu Deutschland gibt. So entstand 2014 die Idee, all diese Vorteile für uns zu nutzen. Und das ist auch das Spannende an meiner Aufgabe: Hier in Cluj können wir das Potenzial der Softwareentwickler nutzen, um neue Features zu entwickeln – und damit Teil der Automotive-Zukunft zu sein.

3

Wie schwer ist es, hier Top-Talente zu gewinnen?

Sehr schwer, weil es hier außer uns noch viele weitere Software-Unternehmen auf der Suche nach guten Mitarbeitern gibt. Außerdem erleben wir in der Automobilindustrie gerade besonders spannende Zeiten, weil sich die Branche nicht zuletzt durch KI grundlegend verändert. Wer bei uns arbeitet, kann diese Entwicklung direkt mitgestalten. Wir bieten unseren Entwicklern ein fast familiäres Umfeld, das von Vertrauen und Transparenz geprägt ist. Das ist für viele Mitarbeiter eine attraktive Perspektive.

„Hier in Cluj können wir das Potenzial der Softwareentwickler nutzen, um neue Features zu entwickeln – und damit Teil der Automotive-Zukunft zu sein.“

lernt es jetzt, das Verhalten mit KI zu optimieren, um es in Zukunft an die Präferenzen des Fahrers anzupassen“, erklärt Tudor Ziman, der in Cluj-Napoca die Softwareentwicklung für neue Funktionen leitet. Dafür kommt verstärkendes Lernen (Reinforcement Learning) zum Einsatz: Im Simulator und auf der Straße bewerten Menschen, wie komfortabel sie die Abstandsregelung finden. Aus diesem Feedback lernt das System, mehr „menschlich“ zu reagieren.

Dass Porsche Engineering solche KI-Aktivitäten in Cluj-Napoca bündelt, hat einen guten Grund: In der Stadt mit 400.000 Einwohnern gibt es rund 100.000 Studenten an sechs Hochschulen. Mehr als 20.000 studieren allein an der Technischen Universität, die jedes Jahr rund 800 Absolventen in den Fächern Computer Science und Automatisierung hervorbringt. Hinzu kommt: Das Thema KI hat hier eine lange Tradition. „Wir beschäftigen uns schon seit 1978 damit“, berichtet Professor Sergiu Nedevschi, Vizerektor für Forschung an der TU Cluj-Napoca und Experte für computergestützte Bilderkennung. „Und bereits seit 2001 kooperieren wir auf diesem Gebiet mit Volkswagen, wobei es derzeit vor allem um autonomes Fahren und Umfelderkennung geht.“ Mit Porsche Engineering spricht er ebenfalls über eine Zusammenarbeit, zu der neben der Entwicklung neuer Lösungen auch die Ausbildung von Studenten gehören soll. Nedevschi hat keine Probleme, Nachwuchs für seine Arbeitsgruppe aus 25 Mitarbeitern und rund 30 Studenten zu finden: „Das Thema ist so spannend, dass das Interesse sehr groß ist.“

Viele neue Lösungen ohne KI undenkbar

Andrei Saupe trägt nach eigenen Worten das „KI-Virus“ schon seit 2007 in sich. „Damals habe ich an einem Dialogsystem auf Basis Künstlicher Intelligenz gearbeitet“, erinnert sich der Senior Manager bei Porsche Engineering, der seit 2017 in Cluj-Napoca unter anderem für alle KI-Aktivitäten verantwortlich ist. „Seitdem bin ich von Künstlicher Intelligenz fasziniert, weil wir damit Lösungen finden können, die ohne KI undenkbar wären – für neue Fahrerassistenzsysteme, das autonome Fahren und die Personalisierung etwa des ACC.“

Auch Saupe betont die Vorteile des Standorts in Transsilvanien. „Cluj ist eine IT-Stadt“, sagt er. „Das haben viele große Unternehmen und Start-ups erkannt, die sich hier niederlassen.“ Für Porsche Engineering als Arbeitgeber spricht aus seiner Sicht neben der guten Atmosphäre im Team vor allem die Art der hier bearbeiteten Projekte: „In Cluj gibt es viele Unternehmen für IT-Outsourcing, aber die Entwickler wollen lieber an

„Cluj ist eine IT-Stadt. Das haben viele große Unternehmen und Start-ups erkannt, die sich hier niederlassen.“

Andrei Saupe, Senior Manager

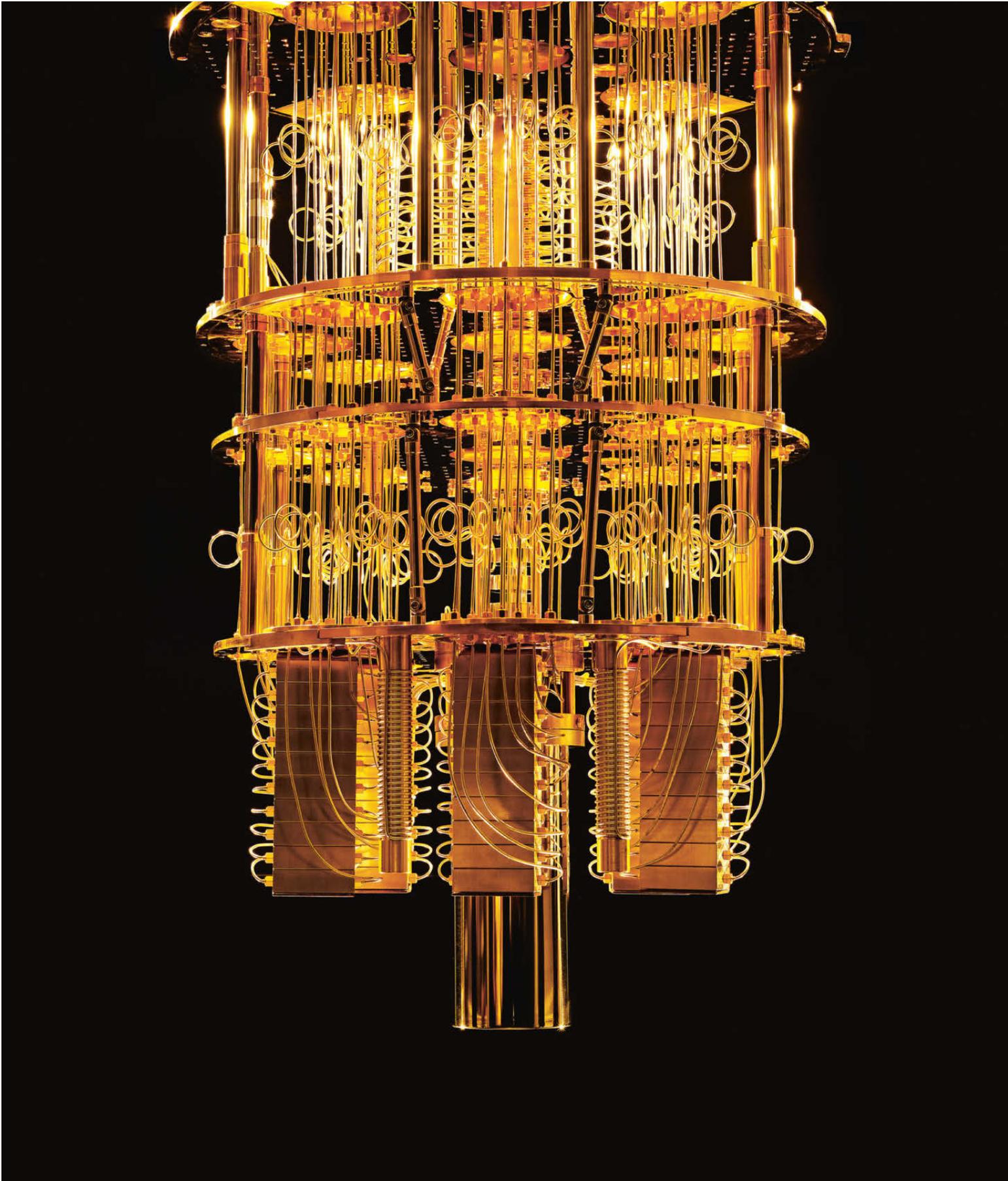


einem automobilen Produkt mitarbeiten – das macht Porsche Engineering zu einer interessanten Adresse für Absolventen und Experten mit Berufserfahrung.“ Sie können hier eine ganze Palette aktueller KI-Methoden einsetzen, darunter Neuronale Netze, Recurrent Neural Networks, Convolutional Neural Networks, Reinforcement Learning, Decision Trees oder Support Vector Machines. „Wir setzen aber nicht diejenigen Werkzeuge ein, die gerade in Mode sind“, betont Saupe. „Stattdessen verwenden wir, was zur jeweiligen Aufgabe passt und sich ins Fahrzeug integrieren lässt. Genau das ist ja unsere Herausforderung: Wir müssen KI fürs Auto nutzbar machen – und dabei immer auch die Sicherheit aller Funktionen im Blick behalten.“

Weil das Thema KI in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen wird, koordiniert Dr. Joachim Schaper seit Juli 2019 die Aktivitäten von Porsche Engineering in diesem Bereich – und die Zusammenarbeit mit den anderen Standorten des Unternehmens. „In Prag gibt es auch einige KI-Aktivitäten, allerdings beschäftigen sich unsere Kollegen dort vor allem mit Elektronik-Hardware“, so der erfahrene Forschungsmanager. „In Mönshheim entstehen wiederum viele Daten, die wir in KI-basierten Funktionen nutzen können – etwa für das Batteriemangement.“ Hier wartet aus seiner Sicht ein weiteres attraktives Anwendungsfeld auf den Einsatz von Künstlicher Intelligenz: Algorithmen könnten nicht nur Probleme in den Batteriezellen vorhersagen, sondern aus der Belastung des Energiespeichers auch seinen Restwert ermitteln. Eine interessante Idee, die vielleicht bald von den KI-Experten in Cluj-Napoca aufgegriffen wird. ◀

→ ZUSAMMENGEFASST

In Cluj-Napoca nutzen die Experten von Porsche Engineering modernste KI-Methoden für neue Fahrerassistenzsysteme, das autonome Fahren und innovative Entwicklungstools. Der Standort profitiert von der hohen lokalen IT-Expertise und einer langen Tradition der KI-Entwicklung.



Smarte Skulptur: So sieht das Innenleben des IBM-Quantencomputers „Q System One“ aus.

Booster für KI-Berechnungen

Text: Christian Buck Mitwirkende: Ralf Bauer, Dr. Christian Koelen

Automatisierte und autonome Fahrfunktionen lassen sich ohne KI nicht realisieren. Die dafür benötigte Rechenleistung liefern Spezial-Chips, die auf paralleles Rechnen spezialisiert sind. Forscher arbeiten aber auch an neuen biologisch inspirierten Lösungen sowie an Quantencomputern, die noch mehr Rechenleistung versprechen.

Seit Jahrzehnten hält immer mehr Elektronik Einzug ins Fahrzeug. Heute kontrollieren Dutzende vernetzte Steuergeräte Motor, Getriebe, Infotainment-system und viele weitere Funktionen. Autos sind also längst rollende Rechenzentren – aber jetzt steht ihnen ein neuer Sprung in puncto Computerpower bevor, denn automatisierte Fahrfunktionen und das autonome Fahren erfordern noch leistungsstärkere Rechner. Und weil die nötige Performance mit herkömmlichen Chips nicht mehr zu erreichen ist, schlägt jetzt die Stunde von Grafikprozessoren, Tensor Processing Units (TPUs) und anderer Hardware, die speziell für Berechnungen von neuronalen Netzen ausgelegt ist.

Klassische CPUs (Central Processing Units) sind zwar universell einsetzbar, verfügen für KI aber nicht über die optimale Architektur. Das liegt an den typischen Berechnungen, die beim Training von und beim Schlussfolgern (Inferenz) mit neuronalen Netzen auftreten. „Die Matrizenmultiplikationen in neuronalen Netzen sind sehr aufwendig“, erklärt Dr. Markus Götz vom Steinbuch Centre for Computing am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). „Aber die Berechnungen lassen sich wunderbar parallelisieren – besonders mit Grafikkarten. Schafft eine Highend-CPU mit



5.000

Berechnungen schafft eine moderne Grafikkarte pro Zyklus. Bei einer Highend-CPU mit 24 Kernen sind es 96.

24 Kernen und Vektorbefehlen 24 mal 4 Berechnungen pro Zyklus, so sind es bei einer modernen Grafikkarte über 5.000.“

Grafikprozessoren (GPUs, Graphic Processing Units) sind von vornherein auf paralleles Arbeiten spezialisiert und verfügen dafür über eine maßgeschneiderte interne Architektur: GPUs enthalten Hunderte oder Tausende einfache Rechenkerne für Ganzzahl- und Gleitkommaoperationen, die simultan die gleiche Operation auf verschiedene Daten anwenden können (Single Instruction Multiple Data). So sind sie in der Lage, Tausende Rechenoperationen pro Taktzyklus durchzuführen – etwa um die Pixel einer virtuellen Landschaft zu berechnen oder die Matrizenmultiplikationen für neuronale Netze durchzuführen. Kein Wunder also, dass Chips des GPU-Herstellers NVIDIA derzeit als Arbeitspferde für Künstliche Intelligenz im Allgemeinen und fürs autonome Fahren im Besonderen hoch im Kurs stehen. Unter anderem setzt Volkswagen auf die Hardware des US-Unternehmens. „Man braucht spezielle Hardware für das autonome Fahren“, sagt Ralf Bauer, Leiter Software-Entwicklung bei Porsche Engineering. „GPUs sind der Anfang, später werden wahrscheinlich anwendungsspezifische Chips folgen.“

Aktuell bietet NVIDIA den Prozessor Xavier speziell für das autonome Fahren an. Auf einem Silizium-Chip sind unter anderem acht herkömmliche CPUs und eine speziell für das maschinelle Lernen optimierte GPU untergebracht. Für automatisiertes Fahren auf Stufe 2+ (eingeschränkte Längs- und Querführung mit im Vergleich zu Stufe 2 erweiterter Funktionalität auf Basis der Standard-Sensoren) steht die Drive AGX Xavier-Plattform zur Verfügung, die maximal 30 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde durchführen kann (30 TOPS, Tera Operations Per Second). Für hochautomatisiertes und autonomes Fahren hat NVIDIA den KI-Computer Drive AGX Pegasus (320 TOPS) im Programm, unter dessen Kontrolle ein Versuchsfahrzeug bereits 80 Kilometer ohne menschlichen Eingriff durchs Silicon Valley gefahren ist. Als Nachfolger des Xavier entwickelt NVIDIA derzeit die GPU Orin, über deren Leistungsdaten bisher nur wenig bekannt ist.

Aber nicht alle Fahrzeughersteller setzen auf GPUs. 2016 hat Tesla damit begonnen, eigene Prozessoren für neuronale Netze zu entwickeln. Statt der Grafikprozessoren von NVIDIA baut das US-Unternehmen seit Frühjahr 2019 seinen FSD-Chip (Full Self Driving) in seine Fahrzeuge ein. Er enthält neben zwei „Neural Processing Units“ (NPU) mit jeweils 72 TOPS

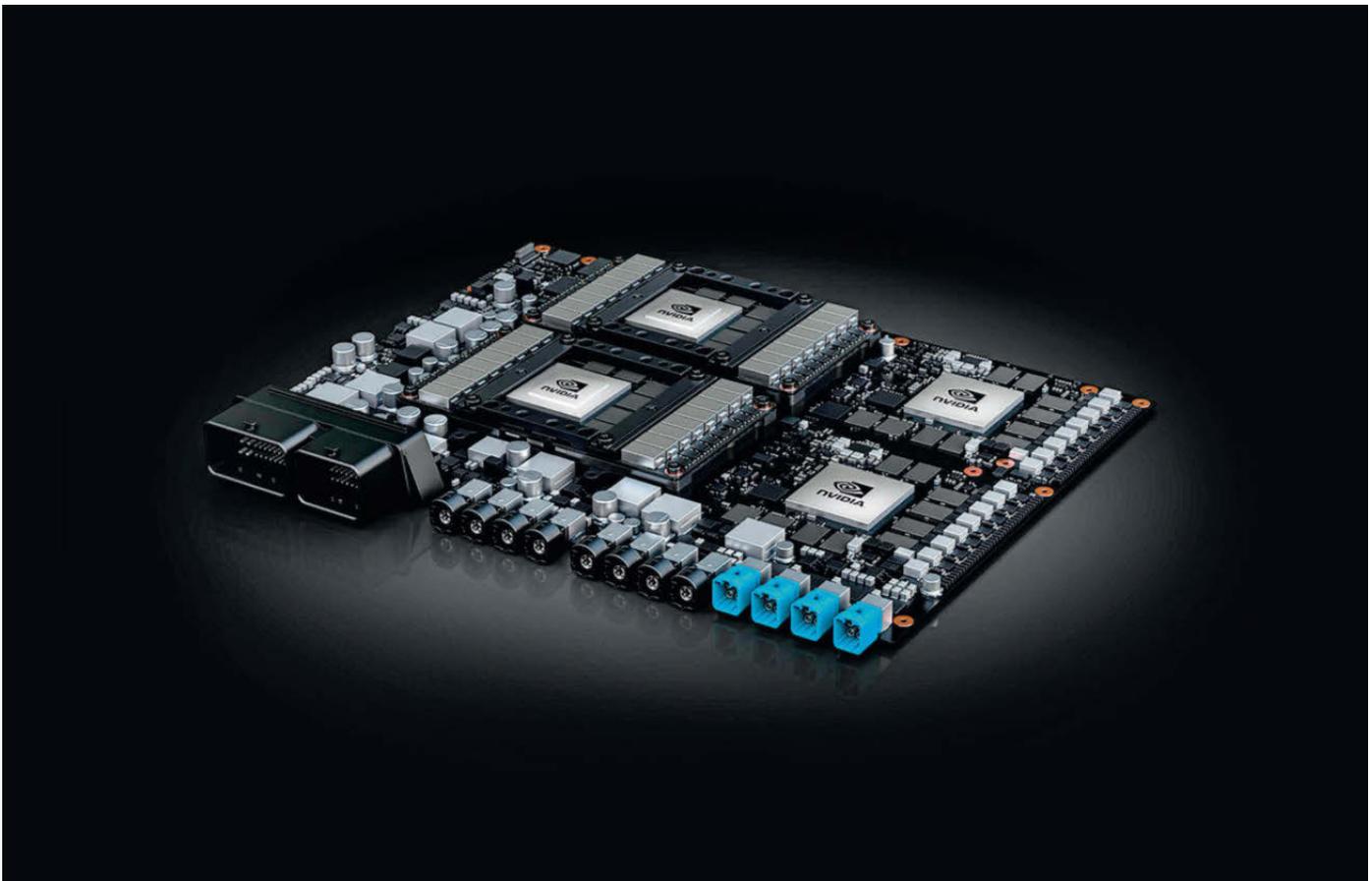
auch zwölf herkömmliche CPU-Kerne für allgemeine Berechnungen und eine GPU für das Postprocessing von Bild- und Videodaten. Die NPU sind – ähnlich wie GPUs – auf die parallele und damit schnelle Ausführung von Additionen und Multiplikationen spezialisiert.

Google-Chip für KI-Anwendungen

Google ist ein weiterer Newcomer im Chip-Geschäft: Das Technologieunternehmen nutzt seit 2015 die selbst entwickelten TPUs in seinen Rechenzentren. Der Name leitet sich vom mathematischen Begriff „Tensor“ ab, unter den unter anderem Vektoren und Matrizen fallen. Darum heißt Googles weitverbreitete Software-Bibliothek für Künstliche Intelligenz

„Man braucht spezielle Hardware für das autonome Fahren. GPUs sind der Anfang, später werden wahrscheinlich anwendungsspezifische Chips folgen.“

Ralf Bauer, Leiter Software-Entwicklung



Plattform fürs autonome Fahren: Der KI-Hochleistungscomputer NVIDIA Drive AGX Pegasus ist spezialisiert auf tiefe neuronale Netze.

auch „TensorFlow“ – und für sie sind die Chips auch optimiert. 2018 hat Google die dritte Generation seiner TPUs vorgestellt, die vier „Matrizenmultiplikationseinheiten“ enthalten und insgesamt 90 TFLOPS (Tera Floating Point Operations Per Second) erreichen sollen. Die Google-Tochter Waymo nutzt TPUs, um neuronale Netzwerke für das autonome Fahren zu trainieren.

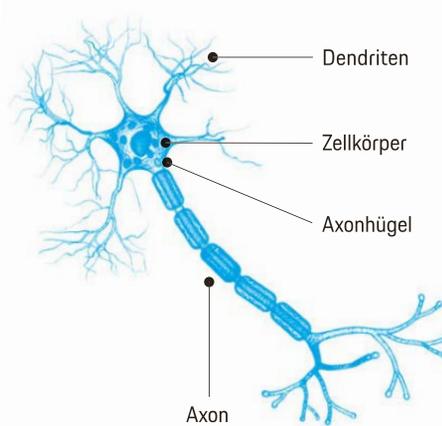
Anwendungsspezifische Chips wie Teslas FSD oder die TPUs von Google rechnen sich erst ab großen Stückzahlen. Eine Alternative sind FPGAs (Field Programmable Gate Arrays): Diese universell einsetzbaren digitalen Chips enthalten zahlreiche Rechen- und Speicherblöcke, die sich per Programmierung miteinander kombinieren lassen und mit denen man Algorithmen quasi in Hardware gießen kann – wie bei einem anwendungsspezifischen Chip, aber zu wesentlich geringeren Kosten. So lassen sich FPGAs einfach an die spezifischen Anforderungen einer KI-Anwendung anpassen (etwa an vorgegebene Datentypen), was zu Vorteilen bei Performance und Energieverbrauch führt. Das Münchener Start-up Kortiq hat für FPGAs die „AIScale“-Architektur entwickelt, die neuronale Netzwerke für die Bilderkennung so vereinfacht und die Berechnungen so optimiert, dass die Anforderungen an die Hardware deutlich sinken und die Ergebnisse bis zu zehnmal schneller zur Verfügung stehen.

Manche Forscher setzen für KI-spezifische Chips auf eine noch engere Anlehnung an die Arbeitsweise von Nervenzellen. An der Universität Heidelberg ist das neuromorphe System „BrainScaleS“ entstanden, dessen künstliche Neuronen als analoge Schaltungen in Silizium-Chips realisiert sind: Der Zellkörper besteht aus rund 1.000 Transistoren und zwei Kondensatoren, die Synapsen benötigen etwa 150 Transistoren. Einzelne Zellkörper lassen sich wie in einem Baukasten zu verschiedenen Typen künstlicher Neuronen kombinieren. Die Synapsen können wie in der Natur unterschiedlich starke Verbindungen aufbauen, außerdem gibt es erregende und hemmende Typen. Der Output der Neuronen besteht aus „Spikes“ – kurzen Spannungsimpulsen von wenigen Mikrosekunden Dauer, die den anderen künstlichen Neuronen als Inputs dienen.

Energieeffiziente Neuro-Chips

BrainScaleS dient aber nicht nur der Erforschung des menschlichen Gehirns. Mit den künstlichen Neuronen ließen sich auch technische Probleme lösen – etwa die Objekterkennung fürs autonome Fahren. Denn sie bieten einerseits eine hohe Rechenleistung von etwa einer Billion Rechenoperationen (1.000 TOPS) pro Modul mit 200.000 Neuronen. Andererseits verbraucht die analoge Lösung auch sehr wenig Energie. „Bei digitalen Schaltungen sind zum Beispiel für jede Operation etwa 10.000 Transistoren im Einsatz“, erklärt Johannes Schemmel von der Universität Heidelberg. „Wir kommen mit wesentlich weniger aus, wodurch wir ungefähr

Nervenzellen und künstliche Neuronen

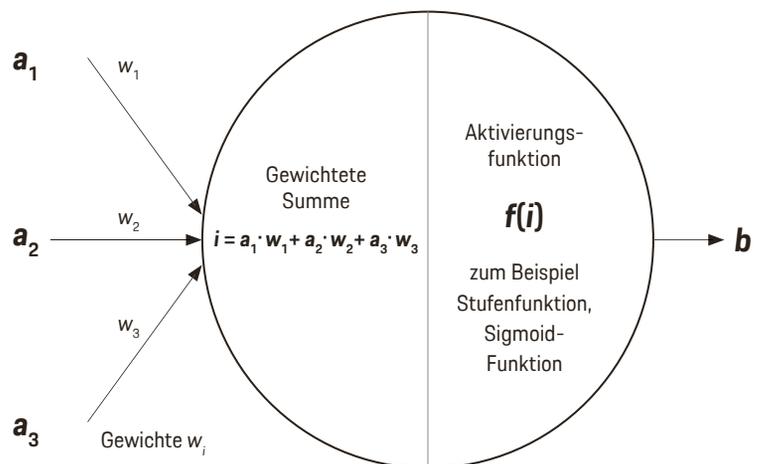


↓

Nervenzellen erhalten ihre Signale von anderen Neuronen über Synapsen, die sich entweder an den Dendriten oder direkt am Zellkörper befinden. Synapsen können entweder erregend oder hemmend wirken. Alle Inputs werden am Axonhügel summiert, und wenn dabei eine Schwelle überschritten wird, feuert die Nervenzelle ein etwa eine Millisekunde langes Signal ab, das sich längs des Axons fortpflanzt und andere Neuronen erreicht.

Eingänge

Ausgang



↓

Künstliche Neuronen ahmen dieses Verhalten mehr oder weniger genau nach.

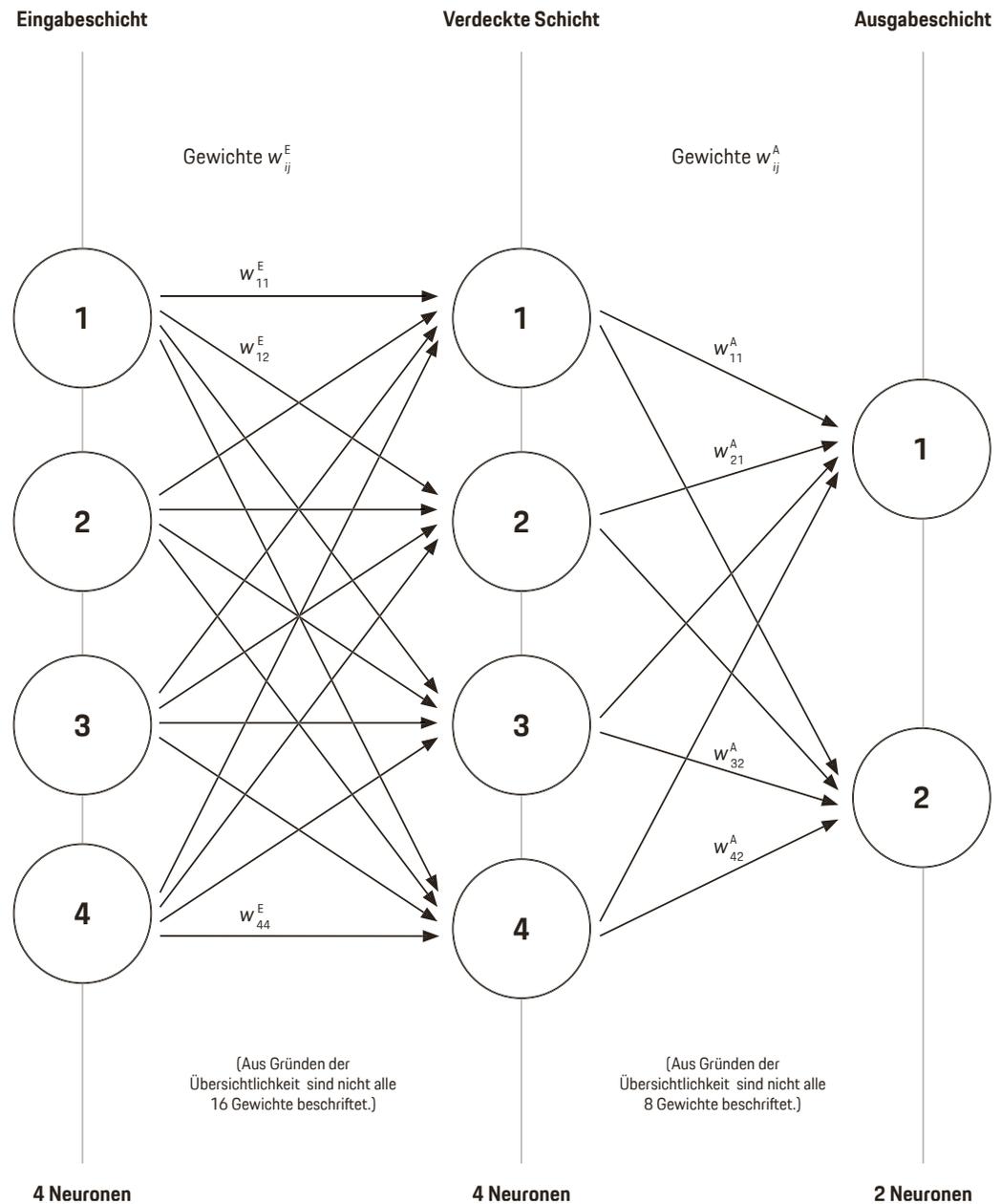
In herkömmlichen neuronalen Netzen mit mehreren Schichten erhält jede „Nervenzelle“ eine gewichtete Summe als Input. Sie besteht aus den Outputs a_i der Neuronen in der vorgelagerten Schicht und den Gewichtungsfaktoren w_i , in denen die Lernerfahrung des neuronalen Netzes gespeichert ist. Diese Gewichtungsfaktoren entsprechen den Synapsen und können ebenfalls erregend oder hemmend wirken. Ein einstellbarer Schwellwert bestimmt ähnlich wie bei der Nervenzelle, wann das künstliche Neuron feuert.

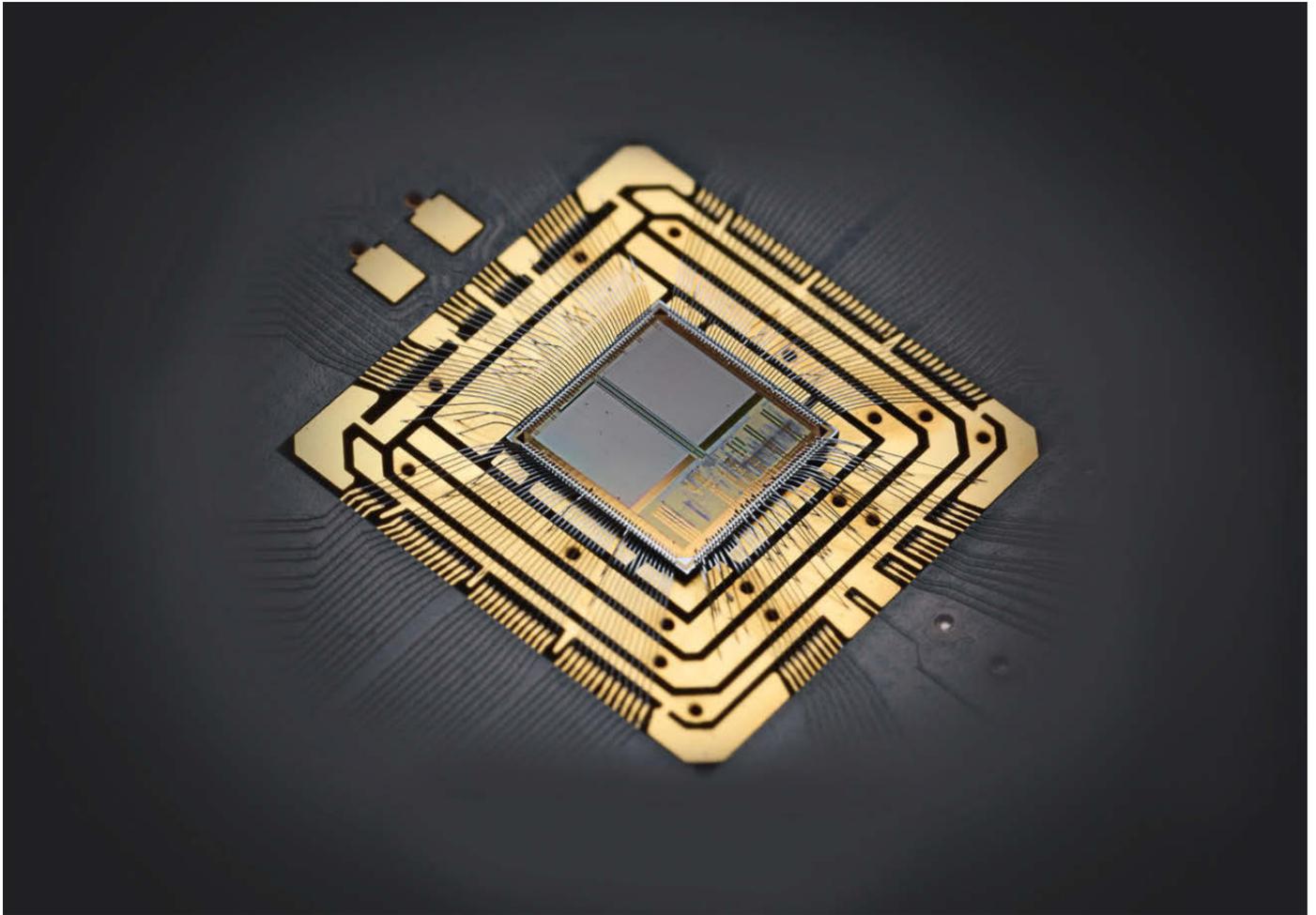
Lernen von und Schließen mit neuronalen Netzen



Natürliche und künstliche neuronale Netzwerke lernen durch Veränderungen der Stärke der synaptischen Verbindungen bzw. der Gewichts-faktoren. In tiefen neuronalen Netzwerken legt man beim Training Daten an ihre Eingänge und vergleicht den Output mit einem gewünschten Ergebnis. Mithilfe mathematischer Verfahren werden die Gewichts-faktoren w_{ij} so lange angepasst, bis das neuronale Netz beispielsweise Bilder zuverlässig in vorgegebene Kategorien einordnet. Beim Schließen legt man Daten an den Eingang und nutzt den Output zum Beispiel für Entscheidungen.

Sowohl beim Training als auch beim Schließen in tiefen neuronalen Netzwerken (Netzwerke mit mehreren Schichten von künstlichen Neuronen) treten immer wieder die gleichen mathematischen Operationen auf. Fasst man die Ausgänge der Neuronen in Schicht 1 und die Eingänge der Neuronen in Schicht 2 jeweils als Spaltenvektoren zusammen, lassen sich alle Berechnungen als Matrizenmultiplikationen darstellen. Dabei treten zahlreiche, voneinander unabhängige Multiplikationen und Additionen auf, die sich parallel ausführen lassen. Dafür sind herkömmliche CPUs nicht ausgelegt – und darum sind ihnen Grafikprozessoren, TPUs und andere KI-Beschleuniger weit überlegen.





Neuromorphe Hardware aus Heidelberg: Auf diesem Chip befinden sich 384 künstliche Neuronen und 100.000 Synapsen.

100 TOPS pro Watt erreichen können.“ Die Forscher haben gerade die zweite Generation ihrer Schaltungen entwickelt und sprechen mit Industriepartnern über mögliche Kooperationen.

Quanten-Power aus der Cloud

In Zukunft könnten auch Quantencomputer im Bereich KI zum Einsatz kommen. Ihre fundamentale Einheit ist nicht das zweiwertige Bit, sondern das Qubit mit unendlich vielen möglichen Werten. Dank der Gesetze der Quantenmechanik lassen sich Berechnungen stark parallelisieren und damit beschleunigen. Allerdings sind Quantencomputer nur schwer zu realisieren, weil die Qubits durch empfindliche physikalische Systeme wie Elektronen, Photonen oder Ionen repräsentiert werden. Das zeigt sich zum Beispiel beim „IBM Q System One“, den das Unternehmen auf der Elektronikmesse CES 2019 in Las Vegas vorgestellt hat: Das Innere des Quantencomputers muss penibel von Erschütterungen, elektrischen Feldern und Temperaturschwankungen abgeschirmt werden.

Kaufen kann man den IBM-Rechner nicht, er lässt sich aber über eine Cloud nutzen. Andere Hersteller wie D-Wave aus Kanada bieten ebenfalls Quantenpower an. Volkswagen hat zum Beispiel mit einem Quantencomputer des Unternehmens ein Verkehrsmanagementsystem realisiert, das die Effizienz von Taxiunternehmen und anderen Transportanbietern in urbanen Räumen verbessern soll. „Neuronale Netze sind auch eine Art Optimierungsaufgabe – in der Regel will man eine optimale Vorhersagegenauigkeit erreichen“, sagt KIT-Experte Götz. „Darum wird derzeit unter anderem daran geforscht, wie man KI-Algorithmen für Quantencomputer ändern müsste.“

➔ ZUSAMMENGEFASST

Bei Berechnungen für neuronale Netze stoßen klassische Computerchips an ihre Grenzen. Weit leistungsfähiger sind Grafikprozessoren sowie Spezial-Hardware für KI, die von Unternehmen wie NVIDIA und Google entwickelt werden. Neuromorphe Chips orientieren sich stark an echten Neuronen und arbeiten sehr energieeffizient. Quantencomputer könnten die Rechenleistungen nochmals enorm steigern.

Flammen des Fortschritts

**Wer hat wen im Griff: wir die Technik oder die Technik uns?
Zur Selbstbestimmung des Menschen im Zeitalter der Digitalisierung. Ein
Gastbeitrag von Journalist, Manager und Buchautor Christoph Keese.**

Meine Urgroßmutter hieß Leni, und ich hatte als Kind das Glück, sie noch kennenzulernen. Sie war in den 80er-Jahren des 19. Jahrhunderts geboren worden. Vor meinen Augen sehe ich Leni in ihrer kleinen Wohnküche im Bergischen Land hantieren. Wenn sie kochte, stand sie im Rauch ihres Holzherds, schickte uns Kinder mit der glimmenden Asche in den Hinterhof zur blechernen Mülltonne und stemmte zufrieden die Fäuste in ihre Hüften, wenn sie die vielen Töpfe auf der heißen Platte mit ihren sieben Holzlöffeln durchgerührt hatte. Am Ende dieser körperlich anstrengenden Arbeit erhob sich ein Fest an ihrem knarrenden Holztisch, dessen Balken sich bogen unter dem Gewicht der Schüsseln, Saucieren, Platten und Körbe.

Heute, im digitalen Zeitalter, ist Kochen eine lässig ausgeübte Nebentätigkeit, die weniger Zeit in Anspruch nimmt, als Leni brauchte, um auch nur Holz in den Ofen zu stopfen. Mikrowellen erhitzen Fertigmahlzeiten in wenigen Minuten. Convenience-Food schafft Rheinischen Sauerbraten aus dem Wasserbad. Es gibt einen Kühlschrank, der die Restbestände des Inhalts analysiert und Rezeptvorschläge vorliest, was man aus den verbliebenen Reserven noch anfertigen könnte. „Alexa, bring Milch und Kartoffeln“, ist heute gerade noch der neueste Schrei, aber schon in ein oder zwei Jahren wahrscheinlich ein Relikt. Denn Alexa muss dann gar nicht erst gebeten werden, ihrer Pflicht nachzukommen, sondern hat Nachschub bereits selbsttätig geordert – unsere Wünsche aufgrund des Datenbestands und mithilfe ausgefuchster Algorithmen der Künstlichen Intelligenz vorausahnend, noch bevor diese Wünsche überhaupt erst in uns entstehen konnten. Das Schlaraffenland der

fliegenden Gänsebraten und der fließenden Ströme aus Honig und Milch hat lange auf sich warten lassen. Mit der Digitalisierung wird es endlich wahr. Der Preis für den Fortschritt an Bequemlichkeit ist der Verlust an Sinnlichkeit. Wir sind Kinder unserer Zeit, sagt man. Aber sind wir auch noch Herren unseres Lebens?

Wir steigen nicht auf, sondern wir steigen nur um

Wir wähnen uns mehr oder weniger im Vollbesitz moderner digitaler Kompetenz, bemerken aber nicht den Verlust anderer Fähigkeiten. Wir glauben, Kompetenzen würden sich Schicht für Schicht übereinanderlegen, und sind ohne weiteres Nachdenken fest davon überzeugt, dass wir weitaus mehr Kompeten-

zen besitzen als jede andere Generation vor uns. Doch das ist ein Irrtum.

Uns kommt gar nicht in den Sinn, dass es anders sein könnte: dass Kompetenzen nämlich einander verdrängen, statt sich zu ergänzen. Kinder drehen und schneiden Smartphone-Videos im Handumdrehen und befüllen damit ihren YouTube-Kanal. Doch sie können nicht mit einem einzigen Streichholz und ohne Pusten ein Feuer in dem engen Schacht eines Herds entfachen.

Wenn wir auf der Höhe unserer Zeit bleiben möchten und an der Digitalisierung mitzuwirken gedenken, dann bezahlen wir das mit dem schleichenden, kaum spürbaren, dennoch unabweislich eintretenden Verlust anderer, früherer Kompetenzen. Wir steigen nicht auf,



sondern wir steigen nur um. Wir sind jedem Römer in der Technik der Kommunikation haushoch überlegen, und Cäsar wäre vor Neid erblasst beim Anblick unserer Informationsübermittlung von Gallien und Germanien nach Rom. Im Vollbesitz unserer heutigen Kompetenzen wäre ihm viel Ärger nördlich und südlich der Alpen erspart geblieben. Dafür aber würde Cäsar uns im Nahkampf mit dem Kurzsword schneller zur Strecke bringen, als wir unser Handy zücken könnten, um nach Hilfe zu rufen.

Zwischen den Generationen herrscht ausgleichende Gerechtigkeit. Kompetenz und Selbstbestimmung stehen in einem engen Zusammenhang. Mich selbst zu etwas bestimmen kann ich nur, wenn ich die Fähigkeit besitze, dieser Bestimmung auch zu entsprechen. Hier nun wirft die Digitalisierung ein ernstes Problem auf. Anders als frühere Revolutionen wie die mechanische oder industrielle zielt die Digitalisierung nicht darauf ab, unsere Muskelkraft durch Dampf und Getriebe ins Unermessliche zu steigern. Sondern sie potenziert die Kraft unseres Geistes, und das in einem beständigen Marsch von einfachen kognitiven Fähigkeiten hin zu komplexen, teilweise unbewussten und tief verborgen liegenden Vorgängen. Je weiter die digitalen Helferhelfer in die verschwommenen Regionen unseres Bewusstseins und Unterbewusstseins vordringen, desto mehr lästige Routinen werden sie uns abnehmen, desto geschmeidiger werden sie uns an das Umsorgtwerden gewöhnen und desto mehr alte Kompetenzen werden sie durch neue ersetzen.

Uns kann das nicht gleichgültig sein. Denn was heißt das konkret? Wenn Algorithmen in unsere Wunschbildung eingreifen und Wünsche erfüllen, noch bevor sie entstanden sind, dann wird die Kompetenz zur Wunschbildung so erlahmen wie ein schlecht trainierter und selten benutzter Beugemuskel am Oberarm. Mit dem Verlust der Fähigkeit, autonome Wünsche zu fassen, nimmt auch unsere Selbstbestimmung ab.

Nehmen wir als Beispiel das Auto der Zukunft. Während die meisten Menschen an die Elektrifizierung denken, findet die viel wichtigere Revolution in der Steuerung statt. Erst die Einführung des automatisch fahrenden Autos löst die wahre Revolution im Verhältnis der Maschine zu den Menschen aus. Wir werden die Hände vom Lenkrad nehmen können – so weit, so gut. Doch sobald ein Algorithmus die weitgehend unfallfreie Fahrt ermöglicht,

wird er uns Vorschläge für Fahrtziele unterbreiten wollen, ganz ähnlich den Abertausenden von Vorschlägen, die uns heute bereits im Internet ereilen: „Wer dieses Buch gekauft hat, hat auch jenes gekauft“, lesen wir bei Amazon. Das autonome Auto wird verständnisvoll zu uns sprechen: „Ganz richtig, die Rheinauen sind ein schönes Ausflugsziel mit den Kindern an diesem Frühlingssonntag. Aber wollen wir nicht einmal das Phantasieland ausprobieren? Dort zahlen Kurzent-schlossene heute keine Mehrwertsteuer.“

Künstliche Intelligenz, klug verknüpft mit dem Auto der Zukunft, wird in der Lage sein, unser Leben um lästige Aufgaben zu bereinigen und wie ein privater Zauberlehrling in uns hineinzuhören, um unsere immanenten Wünsche zu erkunden und stehenden Fußes zu erfüllen. Alle Informationen, die für eine derart vorausschauende Planung benötigt werden, liegen in den Informationssystemen vor, die uns heute schon umgeben. Sie müssen nur noch verknüpft, ausgewertet und in unseren Dienst gestellt werden. Jenen Assistenten, die das können, werden wir leichten Herzens die Regie über unseren Alltag überlassen. Das Auto als Wirkungsort der wohlmeinenden digitalen Vormundschaft bietet sich deswegen so geschmeidig an, weil es unser Fahrtziel und unsere Route ändern kann. Es wirkt als Erfüllungsgehilfe unterbewusster Wünsche, weil es uns zum Ort der Sehnsucht kutschiert, noch bevor wir uns der Sehnsucht selbst bewusst geworden sind.

Das Kochen am Feuer als ein Fest der Sinne

Verloren gegangene Kompetenzen werden nicht als Verlust empfunden. Wir sind uns der meisten Dinge nicht bewusst, die wir nicht können. Wir leiden nicht darunter, dass wir einen gusseisernen Herd nicht mit einem einzigen Streichholz entzünden können – schon deswegen nicht, weil es solche Herde in unseren Küchen nicht mehr gibt. Wir vermissen das, was wir nicht können, heute nicht mehr sonderlich, solange wir von Mitmenschen umgeben sind, die es ebenfalls nicht können. Ganz in diesem Sinne werden wir nach dem Einzug hyperpräziser Vorhersage-Algorithmen den Verlust des schönen Gefühls, einen Plan zu fassen oder einen Wunsch zu hegen, nicht als Amputation wahrnehmen.

Eine schreckliche Vorstellung, werden viele sagen. Es wird uns später weitaus weniger schrecklich vorkommen als jetzt. „Das Leben

wird nach vorne gelebt und nach hinten verstanden“, schreibt der Philosoph Rüdiger Safranski. Der Verlust an Selbstbestimmung kommt uns nach vorne gerichtet furchtbar und in der Rückschau bedeutungslos vor.

Langsam beginne ich zu verstehen, warum meine Urgroßmutter nichts von Gas- und Elektroherden wissen wollte. Leni wischte den Gedanken beiseite, das glaube ich inzwischen fest, weil sie den Geruch des Feuers mochte. Weil sie das Prasseln des Holzes gerne hörte und das Kitzeln des Qualms in den Nasenlöchern liebte. Sie mochte das Gefühl der Macht über die Natur, wenn sie mit dem Ratschen eines Hölzchens über die Reibfläche einen ganzen Stoß Holz in Flammen setzte. Es durfte ihr nicht zu leicht fallen – das hätte sie ihres verdienten Lohnes für das harte, karge Leben beraubt. Kurzum: Das Kochen am archaischen Feuer sah nur für unsere Augen wie ein Anachronismus aus. Für meine Urgroßmutter war es ein Fest der Sinne und eine Feier des Lebens. Ihre Selbstbestimmung sah vor, sich dieses Vergnügen von nichts und niemandem stehlen zu lassen.

Wir können heute nur raten, wie Leni dachte. Ebenso wenig werden unsere Urenkel verstehen können, warum wir uns den Mühen der freien Entscheidungsfindung in so vielen trivialen Situationen ausgeliefert haben, wo doch in der damit vergeudeten Lebenszeit so viel Besseres anzufangen gewesen wäre. Sind die Urenkel, die uns später auf diese ungeheure Art nicht mehr verstehen wollen, dümmer als wir? Nein, das sind sie nicht. Sie verfügen nur über andere Kompetenzen, und das müssen wir akzeptieren. ◀



GASTAUTOR CHRISTOPH KEESE, Jahrgang 1964, ist erfolgreicher Buchautor („Silicon Valley – Was aus dem mächtigsten Tal der Welt auf uns zukommt“) und seit Kurzem CEO der Axel Springer hy GmbH. Zuvor war er Manager beim Medienunternehmen Axel Springer und trieb als Executive Vice President den Umbau der Firma zu einem Internet-Unternehmen voran.





Energie fürs Ridesharing

Text: Axel Novak Mitwirkende: Tim Munstermann, Andreas Rau

Fotos: Martin Kess; MOIA

In Hamburg bietet die Volkswagen-Tochter MOIA seit April 2019 Ridesharing mit Elektrofahrzeugen an. Entscheidender Bestandteil des Konzeptes sind die Schnellladesäulen von Porsche Engineering.

High-Power-Charging: 20 bis 30 Minuten dauert es, bis die Transporter Energie für 300 Kilometer getankt haben.

Leichter Regen in Hamburg. Laut App soll das MOIA-Fahrzeug in drei Minuten am Heidi-Kabel-Platz vor dem Hauptbahnhof eintreffen. „Gleich da!“, meldet die App plötzlich – und schon biegt MOIA 181 um die Ecke. Der Fahrer lässt die Wagentür aufgleiten und grüßt den Fahrgast mit seinem Vornamen. Im Inneren erwartet ihn ein Interieur zum Wohlfühlen: Alles ist geräumig und geschickt ausgeleuchtet. Freundliche Farben, gebrochenes Weiß, goldfarbene Seitenelemente, helle Sitze. Ein Auto, das nicht nur funktional ist, sondern auch die Bequemlichkeit des Passagiers im Blick hat.

Ein weiterer Fahrgast sitzt bereits im Fond und schaut auf sein Handy, wenige Minuten später steigt er aus. Weiter geht die Fahrt. Draußen gleitet die Hansestadt vorbei, für einen Moment taucht die Alster auf. Vom Verkehrslärm der Metropole dringt nichts in den Fahrgastraum, man hört aber auch kein Motorgeräusch – denn MOIA ist in Hamburg rein elektrisch unterwegs.

Das ist nicht die einzige Besonderheit der Volkswagen-Tochter. Vom öffentlichen Nahverkehr auf der einen und Taxis auf der anderen Seite unterscheidet sich MOIA auch beim Geschäftskonzept: Das Unternehmen bündelt die Bedürfnisse verschiedener Passagiere und positioniert sich damit zwischen der Fahrt nach Fahrplan mit Bus oder Bahn und dem individuellen Transport im Taxi. MOIA-Kunden geben dafür ihren Transportwunsch per App ein und werden zur gewünschten Zeit an einer der zahlreichen und dicht beieinanderliegenden virtuellen Haltepunkte abgeholt.

Effiziente Transporte in der Großstadt

Auf dem Weg vom Startpunkt zum Ziel können andere Passagiere ein- oder aussteigen, sodass weniger Fahrzeuge benötigt werden. Allerdings kann durch diese Zwischenstopps auch die Fahrzeit steigen. „Ridesharing“ nennt sich das Konzept, und eine intelligente Software sorgt dafür, dass die MOIA-Flotte immer optimal belegt ist. Damit zielt MOIA vor allem auf die täglichen Pendlerströme ab, die das Unternehmen zu effizienten Transporten bündeln will. In Hannover ist MOIA schon seit Juli 2018 unterwegs, in Hamburg seit Frühjahr 2019.

Der Preis einer MOIA-Fahrt liegt zwischen dem öffentlichen Nahverkehr und einer Taxifahrt. Bezahlt wird bargeldlos via App, Trinkgeld und Online-Bewertungen sind ebenfalls möglich. Die Fahrzeuge hat Volkswagen eigens für MOIA unter dem Projektnamen „Pluto“ entwickelt. Es sind Kleinbusse auf der Basis des Crafter, sechs Meter lang und zwei Meter fünfzig breit. Bis zu sechs Personen können mitfahren. 500 Transporter werden bis Ende 2019 in Hamburg unterwegs sein.



„Jedes unserer Fahrzeuge im Einsatz wird drei- bis viermal am Tag geladen.“

Dr. Christian Matt,
Management Consultant
bei MOIA Operations



500

Transporter sollen bis Ende 2019 für MOIA in Hamburg unterwegs sein.



18

Schnellladesäulen von Porsche Engineering sorgen dafür, dass die MOIA-Fahrzeuge ständig einsatzbereit sind.



2.000

Schnellladevorgänge führt MOIA pro Woche durch.

Mittlerweile ist MOIA 181 in die Grindelallee eingebogen und fließt im Verkehr mit. Ab und an begegnet der Transporter einem anderen MOIA-Gefährt. Das neue Konzept erfreut sich wachsender Beliebtheit, denn auf den vollen Straßen der City sind Autos, Busse und Taxen dicht an dicht unterwegs. Und diese Entwicklung ist noch nicht an ihrem Höhepunkt angekommen, denn der motorisierte Personenverkehr soll in den kommenden Jahren um rund zehn Prozent zunehmen – obwohl Deutschlands Einwohnerzahl sinkt. Vor allem, weil die älteren Bevölkerungsgruppen „automobiler“ werden.

Das bringt die urbane Infrastruktur schon heute an ihre Grenzen. Zwar geschieht bereits einiges, um den Verkehr umzulenken oder zu vermeiden – der Nahverkehr wird ausgebaut, Car-Sharing und andere Mobilitätskonzepte werden getestet, neue Verkehrsmittel wie E-Motorroller, E-Bikes und E-Scooter erobern die Städte. Doch all das reicht bei Weitem nicht aus, um der wachsenden Mobilität Herr zu werden. Städte und Regionen müssen darum weiterdenken, um den prognostizierten Andrang zu bewältigen.

Auch Hamburg sucht nach neuen Wegen für die Mobilität. Die Stadt liegt nicht nur bei der Anzahl der Ladepunkte für Elektroautos deutschlandweit vorne, sondern ist auch mit Hannover vorgeprescht, um das Ridesharing-Konzept von MOIA zu testen und zu bestätigen. Zwar gibt es mittlerweile in vielen Städten vergleichbare Services – aber MOIA will der führende Anbieter werden und weitere Städte sind in Planung.

Mit seinen Fahrzeugen hat das Unternehmen ein dichtes Netz mit vielen Tausend virtuellen Haltestellen über das ganze Stadtgebiet gelegt und will in Zukunft noch



Kraftpaket: Die Schnellladesäulen von Porsche Engineering liefern 150 Kilowatt Leistung.



Spezialentwicklung: Die MOIA-Fahrzeuge hat Volkswagen auf Basis des Crafter entwickelt.

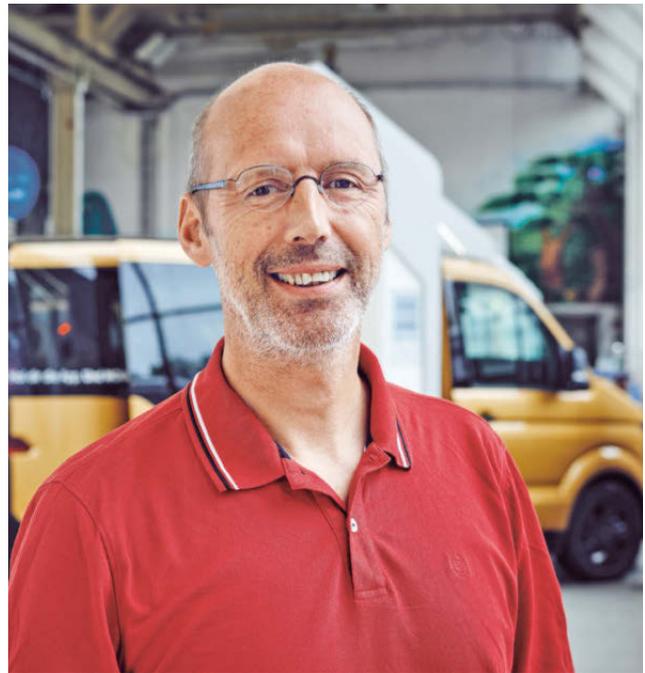
weiter ins Umland vorstoßen. So will MOIA garantieren, dass im 200 Quadratkilometer großen Geschäftsgebiet der Weg zur Abholung höchstens 250 Meter weit ist. „Wir sind noch in der Aufbauphase“, sagt Jens-Michael May, CEO von MOIA Operations. „Wenn wir allerdings in ganz Hamburg unterwegs sind, beginnen die Skaleneffekte eines großen Netzes zu wirken.“

Hoheluft, Eppendorf, Niendorf: MOIA 181 erreicht den Betriebshof im Niendorfer Weg Nummer 11. In der nüchternen Halle herrscht reger Verkehr. Fahrzeuge fahren hinein, die Fahrer steigen aus und schließen die Transporter an die Ladestationen an. Derzeit sind 200 Fahrzeuge rund um die Uhr im Einsatz, wöchentlich treffen neue ein, um das Netz zu vergrößern. Nur dienstags und mittwochs zwischen ein Uhr nachts und sieben Uhr morgens herrscht Betriebsruhe. Das Fahrgastaufkommen ist dann sehr gering – Zeit also, um die Fahrzeuge durchzuchecken.

„Wir denken großräumig“

Jens-Michael May ist CEO von MOIA Operations und erläutert, was das Unternehmen im Vergleich zu anderen Mobility-Service-Anbietern anders macht.

Begeistert vom Ridesharing:
Jens-Michael May will etwas Gutes für Hamburg tun.



1

Herr May, neue Mobilitätskonzepte sind in aller Munde. Was ist das Besondere am Ridesharing und MOIA?

Die Mobilität der Zukunft wird aus vielen verschiedenen Elementen bestehen. MOIA bietet durch Ridesharing eine gute Ergänzung zu bestehenden Verkehrsmitteln. Wir bündeln den Verkehr und animieren Pendler dazu, sich zusammenschließen. So minimieren wir den urbanen Verkehr und dessen Auswirkungen auf die Umwelt. Das Besondere an uns: Wir denken großräumig und planen ein großes Netzwerk: In drei Jahren wollen wir in Hamburg mit rund 1.000 Fahrzeugen unterwegs sein und etwa ein Prozent des Transportaufkommens bewältigen. Nur zum Vergleich: Allein die Hamburger Hochbahn befördert jeden Tag 2,5 Millionen Menschen – ein Prozent davon ist also recht ordentlich.

2

Eignet sich Ihr Konzept auch für Megacities in Asien, Afrika oder Lateinamerika? Und wann wird MOIA autonom fahren?

Gerade in den großen Städten entfalten Ridesharing-Konzepte ihre Wirkung. Denn je größer die Metropole, desto besser ist auch die Auslastung der Fahrzeuge – in Megacities kommen die großen Skaleneffekte zum Tragen. Das Ridesharing ist zwar nur ein Element im Mobilitätsmix von Städten und Regionen. Es ist allerdings sehr effizient, weil es die anderen Verkehrsmittel ergänzt. Bis zur Einführung autonomer Fahrzeuge werden sicher noch Jahre vergehen. Zuerst müssen wir beweisen, dass MOIA und das Ridesharing funktionieren. Zudem sind fahrerlose Autos nicht nur eine technische, sondern auch eine gesellschaftliche Frage.

3

Welche Rolle spielt die Ladetechnik von Porsche Engineering für MOIA?

Für uns ist es natürlich außerordentlich wichtig, dass unsere Fahrzeuge rund um die Uhr zuverlässig aufgeladen werden können. Aus diesem Grund haben wir uns für die Technik von Porsche Engineering entschieden. Denn sie bietet zum einen den großen Vorteil, dass sie State of the Art ist und eine sehr hohe Effizienz aufweist. Zum anderen eignet sie sich auch besonders gut für unsere Depots, weil sie bei weiterem Wachstum von MOIA leicht erweitert werden kann und ausgesprochen wenig Platz benötigt. Das sind in den innerstädtischen Lagen unserer Betriebshöfe sehr wichtige Argumente.

Für den alltäglichen Betrieb ist es essenziell, dass die Fahrzeuge jederzeit aufgeladen werden können. Dafür nutzt MOIA nicht nur 120 konventionelle Wechselstrom-Ladepunkte auf dem Freigelände des Betriebshofs, die die Akkus innerhalb von sieben Stunden laden – für den Einsatz im 24-Stunden-Betrieb stehen in den Hallen auch 18 Schnellladesäulen, sogenannte „High Power Charger“: 20 bis 30 Minuten brauchen die ultramodernen Anlagen, um die 87-Kilowattstunden-Batterie der Transporter bei 400 Volt aufzutanken. 300 Kilometer weit können sie danach fahren.

Die Schnellladeinfrastruktur ist ein Produkt von Porsche Engineering. „Unsere Ladelösungen bieten MOIA drei entscheidende Vorteile“, erläutert Tim Munstermann, der bei Porsche Engineering für Projektmanagement und Processes High Voltage Systems zuständig ist. „Sie brauchen wenig Platz und eignen sich deshalb gut für räumlich begrenzte Betriebshöfe. Außerdem lassen sie sich problemlos erweitern. Und schließlich sind sie mit einem im Vergleich zum Wettbewerb hohen Wirkungsgrad sehr effizient.“

Wichtige Erkenntnisse aus der Praxis

Auch für Porsche Engineering bietet der Einsatz der Ladesäulen bei MOIA einen Mehrwert: Der Einsatz der Ladelösung ist eine wertvolle Bestätigung des Gesamtsystems im Dauerbetrieb mit hoher Auslastung. Die Ladesäulen sind rund um die Uhr im Betrieb – und zwar nicht nur, wenn es schön ist und die Sonne scheint. Das liefert wichtige Erkenntnisse, denn die Wetterbedingungen beeinflussen Energieverbrauch und Ladezyklen: Schon bei Regen verbrauchen die Fahrzeuge bis zu 15 Prozent mehr Strom, und extreme Temperaturen von minus 10 Grad Kälte oder 30 Grad Hitze wirken sich noch stärker auf den Betrieb aus. Für Porsche Engineering sind solche Erfahrungen wichtig, um die Ladetechnik weiterzuentwickeln.

Aber auch die gesamte Energieversorgung muss sich an die Anforderungen der E-Mobilität anpassen. Große Strommengen müssen erneuerbar erzeugt und den Fahrzeugen zugeführt werden. Darum wählt MOIA die Lage seiner Betriebshöfe nicht nur danach aus, wo in der Stadt noch Platz ist – sondern wichtig ist auch die Nähe zu einem der Mittelspannungsringe, die ganz Hamburg versorgen. Bei der Auswahl des Standortes konnte Porsche Engineering MOIA unterstützen, denn vor allem die Zulassung der technischen Anlagen durch den Betreiber des Mittelspannungsnetzes ist aufwendig.

Acht Megawattstunden Ökostrom bezieht MOIA derzeit täglich vom Hamburger Anbieter Stadtenergie. „Jedes unserer Fahrzeuge im Einsatz wird drei- bis viermal am Tag geladen, das sind 2.000 Schnellladevorgänge pro Woche“, berichtet Dr. Christian Matt, der als Management Consultant bei MOIA Operations die



Nachhaltig: Acht Megawattstunden Ökostrom bezieht MOIA täglich von einem Hamburger Anbieter.

Ladetechnik betreut. „Weil wir ein sehr ausgefeiltes Lastmanagement betreiben und die Stromaufnahme steuern, kommt es nicht zu riskanten Spannungen im Netz, wenn wir die Fahrzeuge laden.“

Um die Ladesäulen kontinuierlich auszunutzen, stellt MOIA außerdem die Schichtpläne mit einem Monat Vorlauf auf und versetzt die Belegung im Dreischichtsystem um ein paar Minuten. So kann immer wieder ein Fahrzeug den Betriebshof verlassen, sich in den Verkehrsfluss auf der Straße einreihen und die nächsten Passagiere zu ihrer gemeinsamen Fahrt abholen. ◀

→ ZUSAMMENGEFASST

Mit seinem Ridesharing-Konzept will MOIA den urbanen Verkehr revolutionieren. Dazu setzt das Unternehmen auf elektrisch betriebene Kleinbusse. Häufiges Nachladen der Batterien ist unverzichtbar, um die Fahrzeuge optimal nutzen zu können. Für möglichst kurze „Tankstopps“ sorgt die Ladetechnik von Porsche Engineering.



Präzisionsarbeit: Der Fahrbelag ist extrem glatt, denn schon Unebenheiten im Millimeterbereich wären bei hohen Geschwindigkeiten im Fahrzeug deutlich zu spüren.



Nardò 2.0

Text: Mirko Heinemann

Mitwirkende: Antonio Leuzzi, Matthias Köstner,
Jaroslav Jirásek

Fotos: Danilo Dom Calogiuri

Neuer Asphalt, ein innovatives Schutzplankensystem und eine moderne digitale Infrastruktur: Porsche Engineering hat die Ringbahn und die Dynamikfläche der legendären Automobil-Teststrecke bei Nardò in Süditalien erneuert.

Dadurch sind jetzt unter anderem Hochbelastungsdauerläufe unter extremen Bedingungen und die Erprobung von neuen Fahrzeugfunktionen möglich.

Porsche 911 R

CO₂-Emission kombiniert: 308 g/km
 Verbrauch:
 Innerorts: 20,1 l/100 km
 Außerorts: 9,3 l/100 km
 Kombiniert: 13,3 l/100 km
 Effizienzklasse:
 Deutschland: G
 Schweiz: G

Der große Ring fällt auf Satellitenbildern sofort ins Auge – er umschließt die „Pista di Nardò“ mit einem Durchmesser von vier Kilometern. Ursprünglich war hier der Bau eines Teilchenbeschleunigers geplant, doch dann errichtete Fiat 1975 eine Automobil-Teststrecke. 2012 erwarb Porsche das Gelände, und seitdem wird das Nardò Technical Center (NTC) nördlich der apulischen Küstenstadt Nardò von Porsche Engineering betrieben.

Die Bauarbeiten dauerten von Januar bis Juli, vorausgegangen war ein Jahr Vorbereitungszeit. Insgesamt 420.000 Quadratmeter wurden in den sieben Monaten mit 100.000 Tonnen Asphalt renoviert, wozu 3.125 LKW-Ladungen notwendig waren. Außerdem wurde auf der Ringbahn ein eigens entwickeltes, patentiertes Schutzplankensystem installiert. Darüber hinaus entstand während des Umbaus die Basis für eine digitale Infrastruktur.

Die Asphaltierung der Ringbahn war eine echte Herausforderung. „Bei einer Prüfstrecke gelten völlig andere Maßstäbe als im öffentlichen Straßenbau“, erläutert Matthias Köstner von der Porsche Engineering Group, der als Projektleiter die Modernisierung des NTC leitet. „Denn auf den Prüfflächen von Nardò werden Fahrzeuge bis an ihre Grenzbereiche bewegt, weswegen Unebenheiten und Reibwertänderungen weitestgehend vermieden werden müssen.“ Hinzu kommt die spezielle Form: Die Ringbahn in Nardò hat vier Bahnen und ist parabolisch gekrümmt. Ihre Neigung wird nach oben immer steiler – die höchste Bahn ist am oberen Rand gegenüber dem Erdboden um circa 25 Prozent geneigt. So können die Fahrer dort mit einer Geschwindigkeit von 240 Kilometern pro Stunde querkräftfrei fahren. Auf den unteren Bahnen sind diese querkräftfreien Geschwindigkeiten entsprechend geringer.

Bevor der neue Fahrbelag aufgetragen werden konnte, mussten die Straßenbauer die bestehenden Oberflächen der Strecke anfräsen sowie verschiedene Mischungen und Walzprogramme testen – allein das

↓
 Etwa
25%
 ist die höchste Bahn
 an ihrem oberen Rand
 gegenüber dem
 Erdboden geneigt.

Testfeld hatte eine Größe von 1.000 Quadratmetern. Um die hohen Qualitätsanforderungen von Porsche Engineering zu veranschaulichen, lud Köstner jeden Arbeiter zu einer Fahrt im Grenzbereich in einem Porsche 911 R ein. „Viele wurden blass und änderten ihre Meinung über die Anforderungen an eine perfekte Fahrhahnoberfläche“, erinnert er sich.

Danach folgte eine besonders schwierige Aufgabe: Es galt, eine parabolische Steilkurve von fast 13 Kilometern Länge mit einem homogenen Fahrbelag zu versehen – ohne kritische Längs- und Querrillen sowie mit einer nach oben hin gleichmäßig verlaufenden Rundung. Für diese Herausforderung wurde ein Brückenfertiger eingesetzt, von dem weltweit nur zwei Exemplare existieren. Das circa 100 Tonnen schwere Riesengerät überspannt mehrere Fahrhahnen und bewegt sich auf Raupenketten. Die Fahrhahngeometrie wird durch eine hydraulisch verstellbare Einbauvorrichtung eingestellt und fixiert. Pro Tag benötigt die Maschine etwa 1.000 Tonnen Material, das im Wesentlichen aus gebrochenem Split, Sand und Bitumen besteht – dem Asphalt.

Asphaltdecke ohne Fugen

Das Material wurde in einem Asphaltmischwerk nach definierter Rezeptur hergestellt und mit schweren LKWs zur Baustelle transportiert. Der Brückenfertiger verteilte den Asphalt über eine Förderkette auf die Fahrhahn und verdichtete sie mit vibrierenden Schlagleisten. Um die Qualität und Lebensdauer des neuen Belages zu erhöhen, wurde der heiße Asphalt danach mit Straßenwalzen weiter verdichtet. Die Walzen waren dabei entsprechend dem geplanten Fahrhahnprofil abgedreht, und in den oberen Fahrhahnen hielten Haltewalzen auf der Dammkronen sie in der Spur. So wurden die neuen Asphaltdecken nacheinander auf einer Breite von zwölf Metern in nur einem Arbeitsschritt aufgetragen – bei guter Witterung bis zu 48 Stunden ohne Unterbrechung. Der Vorteil: Bei diesem Vorgehen entstehen keine Fugen.



Der Ausbau geht weiter

Von 2012 bis heute hat Porsche Engineering mehr als 60 Millionen Euro in Nardò investiert. Die Weiterentwicklung des Standortes ist aber noch nicht abgeschlossen: In Zukunft soll das Nardò Technical Center zu einem Testzentrum ausgebaut werden, in dem alle Innovationen rund um die Welt der Mobilität erprobt werden können, etwa in den Bereichen Elektromobilität, autonomes Fahren und digitale Infrastrukturen.



Koloss auf Raupenketten: Der 100 Tonnen schwere Brückenfertiger war dafür zuständig, einen parabolischen Fahrbahnbelag ohne kritische Längs- und Querrillen aufzubringen.

Freie Bahn in Süditalien: Malte Radmann (links), bis Mitte 2019 Vorsitzender der Geschäftsführung von Porsche Engineering und Vorsitzender des Gesellschafterausschusses des Nardò Technical Center, und NTC-Geschäftsführer Antonio Gratis geben die legendäre Teststrecke nach den Bauarbeiten wieder für den Betrieb frei.

Das Nardò Technical Center in Kürze

Im NTC gibt es rund zwanzig Teststrecken mit einer Gesamtlänge von 75 Kilometern. Hinzu kommen Werkstätten, Verwaltungsgebäude und eine Kantine. Um den Kundenanforderungen gerecht zu werden, bietet das Nardò Technical Center auch Engineering-Dienstleistungen an, damit Haltbarkeit und Zuverlässigkeit, Fahrzeugdynamik, Ziel- und Benchmark-Einstellung, Fahrzeugtypgenehmigung, Fahrzeugdiagnose und Verschleiß getestet werden können.

Das NTC beschäftigt mehr als

150

Mitarbeiter.



Bereit für neue Tests: Neben der Ringbahn erhielt auch die 106.000 Quadratmeter große Dynamikfläche einen neuen Asphaltbelag.

Der neue Fahrbelag besteht aus mehreren Schichten. Ganz unten trugen die Straßenbauer eine feine Asphaltenschicht auf, um alte Unebenheiten auszugleichen und um die alten Risse zu verfüllen. Darüber verlegten sie ein „Armierungsgitter“ – Matten aus weichem Bitumen, die mit einem Glasfasernetz verstärkt sind. Sobald darüber die fünf Zentimeter dicke finale Asphaltenschicht mit einer Temperatur von 160 Grad aufgetragen wurde, schmolz das Bitumen und verklebte das Netz zwischen den Asphaltenschichten. Der Effekt: Thermische Spannungen zwischen den unteren und den oberen Schichten werden vom Netz aufgefangen und damit neue Risse langfristig vermieden.

Danach wälzten die Bauarbeiter in regelmäßigen Abständen nach, um die Oberflächen zu optimieren. „Wir sprechen hier von Unebenheiten im Millimeterbereich, die bei hohen Geschwindigkeiten im Fahrzeug deutlich spürbar wären“, erklärt Antonio Leuzzi, Projektleiter im Nardò Technical Center. „Immerhin können die Fahrzeuge auf der Rundstrecke Spitzengeschwindigkeiten von mehr als 300 Kilometern pro Stunde erreichen.“

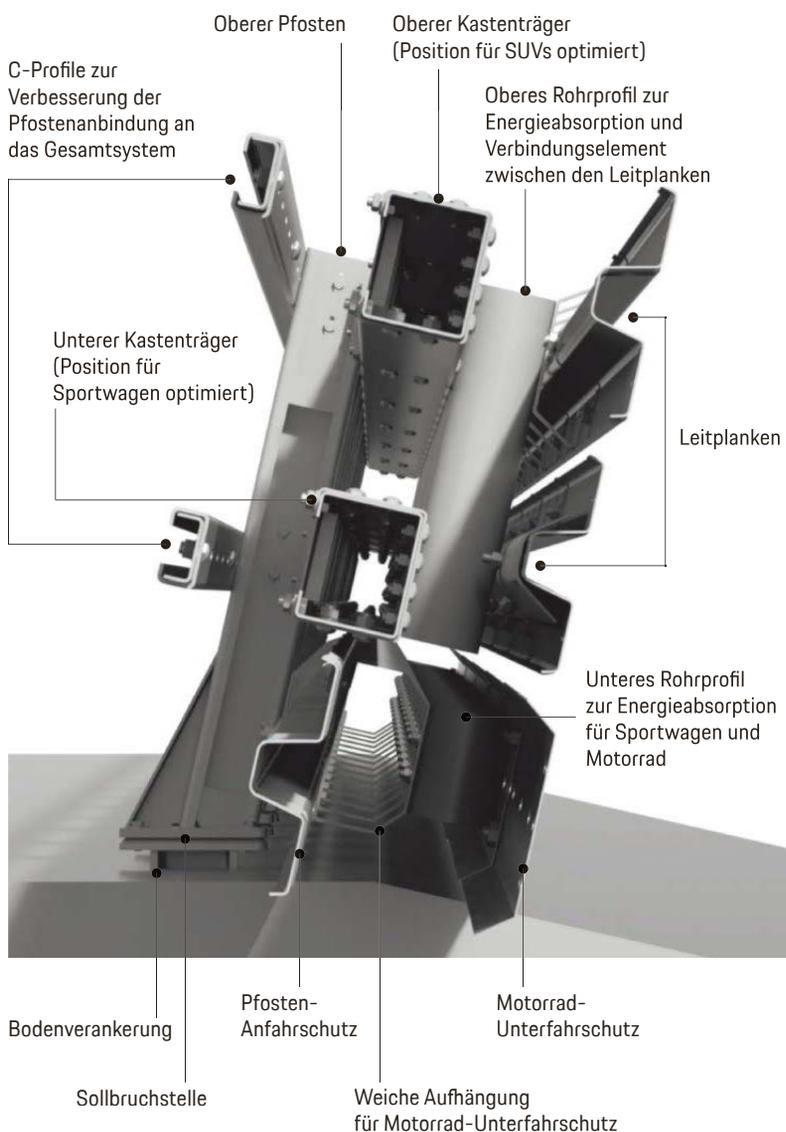
Aber Nardò ist für die Automobilindustrie nicht als Rekordstrecke so wichtig – eher im Gegenteil: „Wir stellen hier eine Teststrecke zur Verfügung, auf der Fahrzeuge unter konstanten Bedingungen und bei extremer Dauerbelastung erprobt und optimiert werden können“, so Leuzzi. „Durch die spezielle Form und Qualität der Strecke kann man Messwerte über lange Zeit vergleichen, was eine wichtige Grundlage für die kontinuierliche Verbesserung von Fahrzeugsystemen ist.“

Patentiertes Schutzplankensystem

Zur Modernisierung der Ringbahn gehörte auch die Überarbeitung des Schutzplankensystems. Die neu installierte Lösung hat Porsche speziell für die Hochgeschwindigkeits-Strecke von Nardò entwickelt und patentiert. Sie besteht aus zwei Kastenprofilen mit drei Schutzplanken, darunter eine für Motorradfahrer. Deformationselemente im Inneren des Systems sorgen dafür, dass das Fahrzeug auch bei hohen Geschwindigkeiten abgefangen und gleitend zurück auf die

Schutz bei hohen Geschwindigkeiten

Maximale Sicherheit: Das neue Schutzplankensystem besteht aus zwei Kastenprofilen mit drei Schutzplanken, darunter eine für Motorradfahrer. Deformationselemente im Inneren des Systems sorgen dafür, dass das Fahrzeug selbst bei hohen Geschwindigkeiten abgefangen und gleitend zurück auf die Fahrbahn geführt wird. Das System trägt auch den gestiegenen Fahrzeuggewichten Rechnung.



Fahrbahn geführt wird – mit dem Ziel, ein Ausbrechen und zu hohe Beschleunigungskräfte auf die Insassen zu verhindern. „Sicherheit war unser oberstes Ziel. Deshalb wurden über hundert Simulationen sowie physikalische Tests durchgeführt, um die beste Lösung zu finden“, erklärt Jaroslav Jirásek, Projektleiter und Senior Manager der Abteilung Body and Safety bei Porsche Engineering Services in Prag, dessen Team die umfangreichen Crashberechnungen durchführte. Das innovative System trägt auch den veränderten Fahrzeuggewichten Rechnung: Heutzutage bringen zum Beispiel SUVs mehr Gewicht auf die Waage, gleichzeitig erreichen sie hohe Geschwindigkeiten.

Auf der oberhalb der Ringbahn verlaufenden Dammkronen hat Porsche Engineering eine dritte Modernisierungsmaßnahme durchgeführt: den Bau einer IT-Infrastruktur für den künftigen Stand der Technik. In einem Rohrsystem verlaufen Strom- und Datenkabel, alle 100 Meter gibt es einen Kabelschacht. Dort können Funkantennen installiert werden, die Tests auf Basis von modernsten Mobilfunktechnologien wie 5G ermöglichen. So können Autohersteller vernetzte Mobilität unter Realbedingungen testen und weiterentwickeln. Das beginnt bei Fahrerassistenzsystemen und reicht über Systeme für hochautomatisiertes Fahren bis hin zu Konzepten für autonome Fahrzeuge.

Der Vorteil des eigenen Netzwerks: Hier können einzelne Funkzellen zu Testzwecken abgeschaltet oder Übertragungsgeschwindigkeiten reproduzierbar verändert werden, um die Auswirkungen von Netzwerkauslastung und Störungen zu prüfen. Die Strecke erlaubt außerdem den Einsatz zukünftiger Mobilfunkstandards. Es ist geplant, dass die neuen IT-Testmöglichkeiten 2020 in Nardò zur Verfügung stehen.

35 Millionen Euro hat Porsche Engineering in die Sanierung der Ringbahn und der großen Dynamikfläche in Nardò investiert. Nun stehen sie Kunden aus der Automobilindustrie wieder ganzjährig zur Verfügung – die günstigen Wetterbedingungen in Süditalien machen es möglich. Allein 2018 kamen mehr als 90 verschiedene Firmen nach Apulien, darunter alle wichtigen Hersteller in der Automobilindustrie. Und dank der Modernisierung des Testcenters dürften es in Zukunft mindestens genauso viele sein.

➔ ZUSAMMENGEFASST

Porsche Engineering hat große Teile des Fahrbahnbelags der Ringbahn und Dynamikfläche im Nardò Technical Center erneuert, ein patentiertes Schutzplankensystem installiert und das NTC mit einer neuen IT-Infrastruktur ausgestattet, die für künftige Technologien ausgelegt ist. Der Ausbau ist damit aber noch nicht abgeschlossen: Weitere Investitionen in Bereichen wie E-Mobilität und autonomes Fahren sind geplant.



Ethik-Experte: Professor Christoph Lütge will in interdisziplinären Teams untersuchen, welche gesellschaftlichen Fragen der Einsatz von Künstlicher Intelligenz aufwirft.

Das Gewissen der Künstlichen Intelligenz

Text: Monika Weiner Fotos: Simon Koy

Professor Christoph Lütge leitet eines der ersten Forschungsinstitute der Welt für Ethik in der Künstlichen Intelligenz. An der TU München sollen sich interdisziplinäre Teams mit den Folgen der Entscheidungen von Software beschäftigen. Ein zentrales Thema wird das autonome Fahren sein.

W

Was wäre, wenn ich jetzt einfach nichts mehr täte? Diese Frage schoss Professor Christoph Lütge durch den Kopf, als er 2016 zum ersten Mal in einem hochautomatisierten Auto auf der A9 von München nach Ingolstadt fuhr. Die Teststrecke war ein Jahr zuvor eröffnet worden, und auf ihr dürfen Fahrzeuge verkehren, die selbstständig beschleunigen, bremsen und lenken können. Wenn ein Warnsignal ertönt, hat der Fahrer zehn Sekunden Zeit, wieder die Kontrolle zu übernehmen. Und wenn er das nicht tut? Welche Kriterien nutzt der Bordcomputer für die Entscheidung, wie es dann weitergehen soll? Welche Prioritäten setzt er? Diese Fragen ließen Lütge nicht mehr los. Er war auf ein neues, brandaktuelles Forschungsfeld gestoßen.

Seit neun Jahren ist der 49-Jährige Professor für Wirtschaftsethik an der Technischen Universität München und erforscht, wie Wettbewerb die soziale und ethische Verantwortung von Unternehmen fördert. Mit Künstlicher Intelligenz (KI) hatte er sich vor seiner Testfahrt auf der A9 nur beiläufig beschäftigt. Danach las er Studien, recherchierte, sprach mit Herstellern. Dabei wurde ihm schnell klar, dass KI eine ganze Reihe ethischer Fragen aufwirft: Wer haftet, wenn etwas schiefliegt? Wie nachvollziehbar sind die Entscheidungen der intelligenten Systeme? Auch die Transparenz der KI-Algorithmen ist derzeit nicht ausreichend: Noch kann man oft nicht nachvollziehen, aufgrund welcher Kriterien sie ihre Entscheidungen treffen – die KI wird zu einer Blackbox. „Diesen Herausforderungen

müssen wir uns stellen. Egal ob KI zur Diagnose von medizinischen Befunden, zur Verbrechensbekämpfung oder zur Steuerung von Autos eingesetzt wird“, so Lütge. „Mit anderen Worten: Wir müssen uns mit den ethischen Fragen rund um die Künstliche Intelligenz beschäftigen.“

Denn die Vorstellung, dass unser Leben in Zukunft von Maschinen bestimmt wird, die nur Logik, aber keine Ethik kennen, erzeugt bei vielen Menschen ein ungutes Gefühl. In einer Umfrage des World Economic Forum (WEF) in 27 Ländern gaben 41 Prozent von insgesamt 20.000 Befragten an, sie seien beunruhigt über den Einsatz von KI. 48 Prozent wünschen sich eine stärkere Regulierung von Unternehmen, 40 Prozent mehr Restriktionen beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz durch Regierungen und Behörden.

Ethik des autonomen Fahrens

Ein besonders aktuelles und schwieriges Feld ist das autonome Fahren, weil es hier sehr schnell um Menschenleben geht. Was soll der KI-Algorithmus beispielsweise tun, wenn die Bremsen versagen und das voll besetzte Fahrzeug entweder mit einer Betonbarriere kollidieren oder in eine Gruppe Fußgänger fahren kann? Welche Prioritäten soll die KI in diesem Fall setzen? Soll sie das Leben der Insassen höher bewerten als das der Passanten? Sollen Opfer unter Kindern eher vermieden werden als unter alten Menschen? „Das sind typische Dilemmata, die von Sozialwissenschaftlern erforscht werden“, so Lütge. Sie spielten auch in der vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur eingesetzten Ethik-Kommission zum automatisierten Fahren, der Lütge angehört hat, eine wichtige Rolle. „Wir waren uns dort einig, dass es eine Diskriminierung aufgrund von Alter, Geschlecht oder anderen Kriterien nicht geben darf. Denn sie ist nicht vereinbar mit dem Grundgesetz.“ Erlaubt sei jedoch eine Programmierung, die die Zahl der Personenschäden minimiert.

Auch die Haftungsfrage stellt sich völlig neu. Wenn autonom gefahren wurde, ist der Hersteller in der Pflicht – denn dann greift die Produkthaftung. Ansonsten ist der Fahrer haftbar. „Allerdings brauchen wir in Zukunft eine Art Flugschreiber im Auto“, so Lütge. „Er zeigt an, ob zum Zeitpunkt des Crashes die autonomen Fahrfunktionen eingeschaltet waren. Daraus ergeben sich natürlich wieder Fragen nach dem Datenschutz.“ Trotz aller



„Selbst bei normalen Abläufen im Straßenverkehr werden autonome Fahrzeuge den Menschen übertreffen.“

Prof. Christoph Lütge

Herausforderungen ist der Wissenschaftler aber überzeugt, dass autonome Fahrzeuge den Verkehr sicherer machen. „Sie werden besser als Menschen sein – denn abgesehen davon, dass sie nicht müde oder unkonzentriert werden, nehmen ihre Sensoren auch mehr von der Umgebung wahr. Außerdem können sie angemessener reagieren: Autonome Fahrzeuge bremsen härter und weichen gekonnter aus. Selbst bei normalen Abläufen im Straßenverkehr werden sie darum den Menschen übertreffen.“

Viel KI-Kompetenz am Standort München

Es gibt also viele spannende Fragen, mit denen sich Lütge an seinem neuen Institut

für Ethik in der Künstlichen Intelligenz an der TU München beschäftigen kann. Finanziert ist es mit 6,5 Millionen Euro von Facebook. Man sei an keine Vorgaben gebunden. Aber natürlich habe Facebook Interesse an den wissenschaftlichen Ergebnissen – immerhin ist es eines der ersten Forschungsinstitute in diesem Bereich. München bot sich als Standort an, weil die TUM für ihre Kompetenz in der KI bekannt ist. Außerdem wird der Datenschutz in Deutschland besonders ernst genommen, und die Bevölkerung steht technischen Entwicklungen generell eher kritisch gegenüber. Im neuen Forschungsinstitut sollen auch diese Skeptiker Gehör finden: „Wir wollen alle wichtigen Player zusammenbringen, um gemeinsam ethische Leitlinien für konkrete KI-Anwendungen zu erarbeiten. Die

Voraussetzung dafür ist, dass Vertreter von Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft miteinander ins Gespräch kommen“, so Lütge.

Für die Forschung zur Ethik in der KI will der Wissenschaftler interdisziplinäre Teams bilden, die untersuchen sollen, welche ethische Relevanz die neuen Algorithmen haben: „Techniker können alles programmieren“, sagt Lütge. „Aber wenn es darum geht, die Folgen der Entscheidungen von Software abzuschätzen, braucht man den Input von Sozialwissenschaftlern.“ Darum will er künftig Tandems aus je einem Mitarbeiter aus den Technikwissenschaften und einem Vertreter der Geistes-, Rechts- oder Sozialwissenschaften bilden. Außerdem plant Lütge Projektteams, deren Mitglieder von verschiedenen Lehrstühlen oder Abteilungen kommen sollen. Sie werden konkrete Anwendungsfälle untersuchen, etwa den Einsatz von Pflegerobotern und die ethischen Fragen, die sich in diesem Zusammenhang stellen.

Dass KI in viele Lebensbereiche Einzug halten wird, hält Lütge schon jetzt für ausgemacht – denn sie biete einen enormen Mehrwert, etwa im Verkehr: „In einigen Jahren werden autonom fahrende Autos mit verschiedenem Automatisierungsgrad zum Straßenbild gehören“, prognostiziert der Forscher. Nach den Regeln der Ethik-Kommission sei die Voraussetzung dafür gegeben, wenn die autonomen Fahrzeuge mindestens genauso gut sind wie ein menschlicher Fahrer – beispielsweise im Einschätzen der Verkehrslage und in ihren Reaktionen. Er persönlich freut sich darauf: „Wenn ich in ein autonomes Fahrzeug steige, spüre ich in den ersten Minuten immer eine gewisse Unsicherheit – bis klar ist, dass das Auto zuverlässig beschleunigt, bremst und lenkt. Dann kann ich die Verantwortung sehr schnell abgeben. Diesen Zustand genieße ich, denn dann habe ich Zeit zum Nachdenken.“ Beispielsweise darüber, was wäre, wenn autonome Fahrzeuge über Grenzen fahren: Würden dort dieselben ethischen Entscheidungsalgorithmen gelten? Oder bräuchte man an jeder Grenze ein Update? Solche Fragen werden Lütge noch lange beschäftigen. ●



Prof. Christoph Lütge ist Experte für Wirtschafts- und Unternehmensethik. Seit 2010 hat er den Peter Löscher-Stiftungslehrstuhl für Wirtschafts-ethik an der TU München inne. Lütge ist auch Visiting Researcher an der Harvard University.

Leitlinien zu Ethik und KI



EU-Expertengruppe: Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI (Bericht vom April 2019)

Eine Expertengruppe für Künstliche Intelligenz hat mit den Leitlinien das Ziel verfolgt, einen Rahmen für die Verwirklichung einer vertrauenswürdigen KI zu setzen. Es soll sich dabei um eine Hilfestellung für die mögliche Umsetzung von Prinzipien in soziotechnischen Systemen handeln. Der Rahmenplan geht dabei auf Sorgen und Ängste von Bürgerinnen und Bürgern ein und soll eine Basis für die Förderung der EU-weiten Wettbewerbsfähigkeit bieten.

Ethische Grundsätze/Prinzipien im KI-Kontext

- 1. Achtung der menschlichen Autonomie**
KI-Systeme sollen Menschen nicht auf ungerechtfertigte Weise unterordnen, nötigen oder täuschen. Sie sollen zur Schaffung sinnvoller Arbeit dienen.
- 2. Schadensverhütung**
KI-Systeme sollen keinen Schaden verursachen. Dazu gehört der Schutz der geistigen und körperlichen Unversehrtheit. Technische Robustheit soll die Anfälligkeit für Missbrauch dezimieren.
- 3. Fairness**
KI-Systeme sollen Chancengleichheit beim Zugang zu Bildung und Gütern fördern. Ihr Einsatz sollte nicht dazu führen, dass Nutzer in ihrer Wahlfreiheit beeinträchtigt werden.
- 4. Erklärbarkeit**
Prozesse und Entscheidungen müssen transparent und verständlich bleiben. Dauerhaftes Vertrauen in die KI kann nur durch eine offene Kommunikation ihrer Fähigkeiten und ihrer Einsatzzwecke entstehen.

Vollständige Leitlinien unter:



Ethik-Kommission: Automatisiertes und vernetztes Fahren (Bericht vom Juni 2017)

Die vom deutschen Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur eingesetzte interdisziplinäre Ethik-Kommission hat Leitlinien für das automatisierte und vernetzte Fahren entwickelt.

Automatisierter und vernetzter Fahrzeugverkehr: Ein Auszug aus den Regeln

Regel 2

Die Zulassung von automatisierten Systemen ist nur vertretbar, wenn sie im Vergleich zu menschlichen Fahrleistungen zumindest eine Verminderung von Schäden im Sinne einer positiven Risikobilanz versprechen.

Regel 7

Für Gefahrensituationen wird die KI technisch so programmiert, dass im Konfliktfall Tier- oder Sachschäden in Kauf genommen werden, wenn Personenschäden dadurch vermieden werden können.

Regel 9

Jede Qualifizierung von Opfern nach persönlichen Merkmalen (Alter, Geschlecht, körperliche oder geistige Konstitution) ist bei unausweichlichen Unfallsituationen untersagt.

Regel 10

Die dem Menschen vorbehaltene Verantwortung verschiebt sich bei automatisierten und vernetzten Fahrsystemen vom Autofahrer auf die Hersteller und Betreiber der technischen Systeme sowie auf die infrastrukturellen, politischen und rechtlichen Entscheidungsinstanzen.

Vollständige Leitlinien unter:



In den Stromschnellen

Text: Hans Oberländer

Mitwirkende: Holger Meister,
Dr.-Ing. Bernd Propfe, Volker Watteroth

Der Taycan setzt neue Maßstäbe für elektrisch angetriebene Sportwagen: Innovative Spitzentechnologie, ausgerichtet an den alltäglichen Bedürfnissen der Autofahrer. Ein besonderes Highlight sind die von Porsche Engineering entwickelten Reichweitenmanagement-Funktionen.

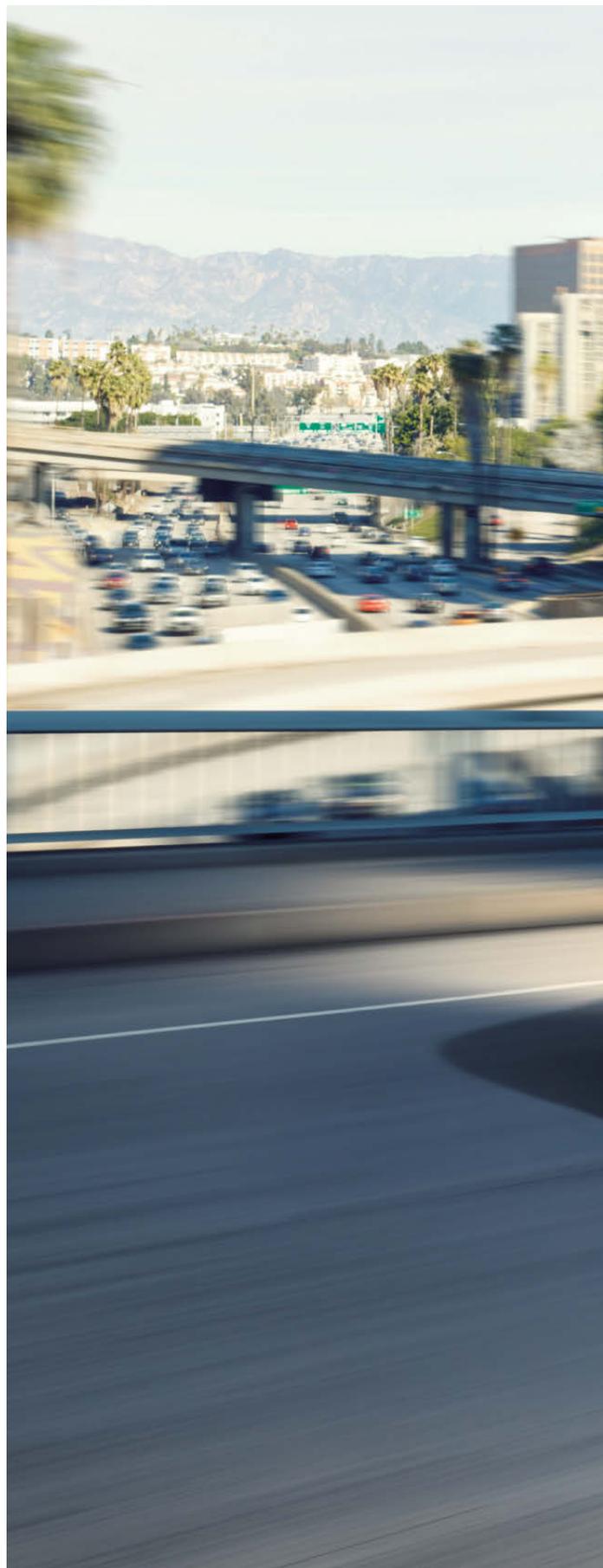
Mit dem Taycan startet Porsche in eine neue, rein elektrisch angetriebene Ära. Und wie: Ein Tritt aufs Fahrpedal, und zwei E-Maschinen an den Achsen entfalten ihre imposanten Kräfte. Eine Overboost-Leistung von bis zu 560 kW (761 PS) beschleunigt den Taycan Turbo S – so als würde ein Pfeil abgeschossen. Mit nur minimalem Geräusch sprintet er in 2,8 Sekunden von 0 auf 100 Kilometer pro Stunde, in 9,8 Sekunden zeigt der Tacho 200 Kilometer pro Stunde, und erst bei 260 Kilometern pro Stunde ist die Höchstgeschwindigkeit erreicht. Keine Frage: Sowohl der Taycan Turbo S wie auch der bis zu 500 kW (680 PS) starke Taycan Turbo sind reinrassige Porsche Sportwagen, mit Tugenden, die ihre von Verbrennungsmotoren getriebenen Verwandten seit Jahrzehnten auszeichnen. Doch zugleich ist das viertürige und viersitzige Coupé anders als alle übrigen Porsche-Modelle. Von Grund auf als rein elektrisch angetriebener Sportwagen konzipiert, haben die Ingenieure alle Freiheiten genutzt, um das technisch Machbare aus dem Fahrzeugkonzept herauszuholen.

Porsche Taycan Turbo

Stromverbrauch (in kWh/100 km)
kombiniert: 26,0 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Effizienzklasse:
Deutschland: A+
Schweiz: B

Porsche Taycan Turbo S

Stromverbrauch (in kWh/100 km)
kombiniert: 26,9 kWh/100 km
CO₂-Emissionen kombiniert: 0 g/km
Effizienzklasse:
Deutschland: A+
Schweiz: B





Start in eine neue Ära: Der Taycan ist der erste rein elektrische Sportwagen von Porsche.



Auswahl der Fahrmodi: „Sport Plus“ und „Sport“ sind besonders agil, während „Normal“ und „Range“ die Reichweite optimieren.

„Wichtig war dabei, die Batterie-Performance auf souveräne Dauerleistung zu trimmen“, sagt Dr. Bernd Propfe von der Porsche AG. Der Projektleiter für die Taycan-Plattform hat den Sportwagen in Straßentests viele Tausend Kilometer gefahren. „Gerade in Alltagssituationen spielt der Taycan seine Stärken aus: So lange Energie im Akku ist, steht die volle Performance jederzeit bereit.“ Der Taycan sei sehr einfach zu fahren, sagt Propfe: „Ich habe mich auf jeden Kreisverkehr gefreut.“ Denn die integrierte Fahrwerkregelung analysiert und synchronisiert alle Fahrwerksysteme in Echtzeit, etwa die adaptive Luftfederung und die elektromechanische Wankstabilisierung. Wird gebremst, dann zumeist über die zwei E-Maschinen und ohne Aktivierung der Radbremsen – die hohe Rekuperationsleistung von bis zu 265 Kilowatt macht es möglich.

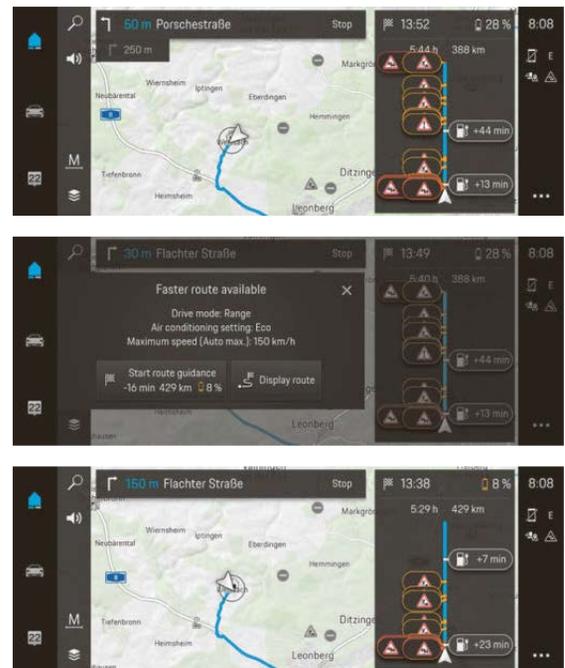
Beste Aerodynamik aller Porsche-Modelle

Seine ausgezeichnete Straßenlage verdankt der knapp fünf Meter lange und zwei Meter breite Taycan nicht zuletzt der Batterie mit 93,4 Kilowattstunden Energieinhalt, die inklusive Rahmen und Kühlung rund 630 Kilogramm wiegt. Das sogenannte Skateboard

Präzise Prognose: Beim Start ermittelt der „Porsche Charging Planner“ im „Normal“-Modus bei zwei Ladestops eine Restladung am Ziel von 28 Prozent. Der optionale „Porsche Intelligent Range Manager“ kann die Route automatisch optimieren, wenn sich das Ziel durch kürzere Ladestops bei gleichzeitiger Einschränkung beispielsweise der Höchstgeschwindigkeit schneller erreichen lässt. Im „Range“-Modus stehen am Ziel dann noch 8 Prozent der Batterieladung zur Verfügung.

ist mit Ausparungen versehen – „Fußgaragen“ für die Füße der Passagiere auf den Rücksitzen. So reisen sie komfortabel, obwohl der Taycan die porschetypische Silhouette mit einer nach hinten abfallenden Dachlinie hat. Das aerodynamische Design trägt dazu bei, dass der Taycan mit einem c_w -Wert ab 0,22 den besten Wert aller aktuellen Porsche Modelle aufweist – und damit weniger Energie verbraucht und seine Reichweite erhöht.

Für viele Autofahrer sind gerade dies entscheidende Kriterien beim Kauf eines Elektroautos. Gemessen mit dem WLTP-Testverfahren hat der Taycan Turbo eine Reichweite von bis zu 450 Kilometern, der Turbo S von bis zu 412 Kilometern. Als erste Serienautos überhaupt nutzen beide statt der üblichen 400 Volt eine Systemspannung von 800 Volt. Das reduziert die Ladedauer deutlich: Bei maximaler Ladeleistung an einem Gleichstrom-Schnelllader sind die Akkus innerhalb von 22,5 Minuten von fünf auf bis zu 80 Prozent gefüllt; nach gut fünf Lademinuten kommt man rund 100 Kilometer weit. Zu Hause an einer Wechselstrom-Wallbox mit elf Kilowatt benötigt man für die 80 Prozent circa sechs Stunden.



Stark beeinflusst wird die Reichweite vom individuellen Fahrstil und von der Wahl eines der vier Fahrmodi des Taycan. Sie liefern spezielle Einstellungen, um die Möglichkeiten des Antriebs optimal zu nutzen. Wer es besonders agil und dynamisch mag, wählt „Sport“ oder sogar „Sport Plus“. Wem die Reichweite besonders wichtig ist, der wählt die „Normal“-Grundstellung oder „Range“: „In diesem Modus wird mit einer maximal effizienten Allrad-Verteilung gefahren. Die Höchstgeschwindigkeit ist auf 90 bis 140 Kilometer pro Stunde begrenzt, über das Fahrpedal jedoch immer übertretbar“, sagt Volker Watteroth, Entwicklungsingenieur bei Porsche Engineering. „Kühlluftklappen, Fahrwerkneueau und Heckspoiler sind bei Range auf minimalen Luftwiderstand eingestellt. Klimaanlage, Hydraulikpumpen, Luftfederung und die Hauptscheinwerfer werden im effizientesten Modus betrieben.“

Damit kommt man weiter, doch irgendwann ist auch hier die Batterie leer. Und es ist wie im Motorsport: Ein gut getimter Boxenstopp ist das A und O, und niemand möchte auf offener Strecke liegenbleiben. Damit das nicht passiert, hat Porsche mit dem Taycan drei clevere Funktionen eingeführt, die Langstreckenfahrten mit einem Elektrofahrzeug deutlich komfortabler machen. Das ist zum einen die Restreichweitenberechnung, die bei Porsche Engineering seit 2012 entwickelt wird. „Sobald der Fahrer ein Ziel eingibt, bestimmt ein intelligenter Algorithmus aufgrund der Kenntnis der vorausliegenden Strecke, des aktuellen Verkehrs und weiteren Umweltbedingungen präzise die Restreichweite“, sagt Holger Meister, Entwicklungsingenieur bei Porsche Engineering.

Das System lernt mit jedem Kilometer

Dabei analysiert die Restreichweitenberechnung auch Daten aus dem Fahrzeug: Mit welchem Tempo wird bevorzugt gefahren? Welche Einstellung hat die Klimaanlage? Das System lernt Kilometer für Kilometer dazu und schätzt die Reichweite ein – und zwar in Echtzeit: Ein Stau verändert die Ankunftsprognose ebenso wie eine zügige Fahrt auf der Überholspur. Diesen Ansatz nutzt auch der Charging Planner, die zweite neue Funktion im Taycan. Als Teil der Navigationsfunktion plant die Software Ladestopps, damit der Taycan am Zielort noch über eine Mindestreichweite verfügt.

„Wir möchten die Ladestopps so kurz wie möglich halten“, sagt Watteroth. Deshalb bevorzugt der Charging Planner sogenannte High Performance Charger (HPC), die eine Ladeleistung von 350 Kilowatt bieten. Um dort mit maximaler Performance zu laden, wird die Batterie auf die optimale Temperatur vorkonditioniert.

„Sobald der Fahrer ein Ziel eingibt, bestimmt ein intelligenter Algorithmus aufgrund der Kenntnis der vorausliegenden Strecke, des aktuellen Verkehrs und weiteren Umweltbedingungen präzise die Restreichweite.“

Holger Meister,
Entwicklungsingenieur

Der Funktionsumfang des Charging Planners lässt sich mit dem optionalen Porsche Intelligent Range Manager (PIRM) erweitern, der dritten neuen Taycan-Funktion. Durch optimale Auswahl der Systemparameter kann die Reisezeit im Fahrmodus „Range“ gegenüber der Route in anderen Fahrmodi zum Teil deutlich verringert werden. Hierzu werden die Ladestopps, das Geschwindigkeitsprofil und Klimatisierungseinstellungen optimiert. „Bei einer Erprobung in Frankreich haben wir zwischen den Ladestopps mehr als 400 Kilometer geschafft, ohne dass wir auf Komfort der Klimatisierung verzichten mussten, und waren deutlich früher am Ziel als die Gruppe, die ohne PIRM gefahren ist“, sagt Watteroth.

Seit 2015 entwickelt Porsche Engineering die Reichweitenmanagement-Funktionen mithilfe eines virtuellen Taycan. „Er verfügt über ein hinsichtlich Fahrleistung und Verbrauch validiertes Antriebsstrangmodell, ein Kabinenmodell für die Innenraumklimatisierung und ein Thermomodell für die Hochvoltbatterie“, sagt Watteroth. „Um die Funktionen zu überprüfen, haben wir ein Modell geschaffen, das Streckendaten inklusive Ladesäulen enthält und Verkehrssituationen und Fahrverhalten simuliert. Noch bevor der Taycan eine Straßenzulassung hatte, konnten wir mit dem virtuellen Taycan Langstreckenfahrten durchführen und die Reisezeit optimieren. Auch die Serienapplikation wurde am virtuellen Fahrzeug durchgeführt.“

Inzwischen arbeiten die Ingenieure von Porsche Engineering bereits an einer neuen Generation des Reichweitenmanagements. „Wir werden genau hinhören, wenn wir von den Taycan-Kunden erste Rückmeldungen bekommen, und unsere Funktionen dann entsprechend optimieren“, sagt Meister. Und weil die von Porsche Engineering entwickelte Reichweitenberechnung im gesamten VW-Konzern über alle Antriebsarten hinweg eingesetzt wird, wird das Team seine Expertise auch in künftige Porsche- und Konzernmodelle einbringen. Nach dem Motto: Das Bessere ist der Feind des Guten. ◀



800 Volt

Systemspannung sorgen für deutlich reduzierte Ladezeiten.



2,8

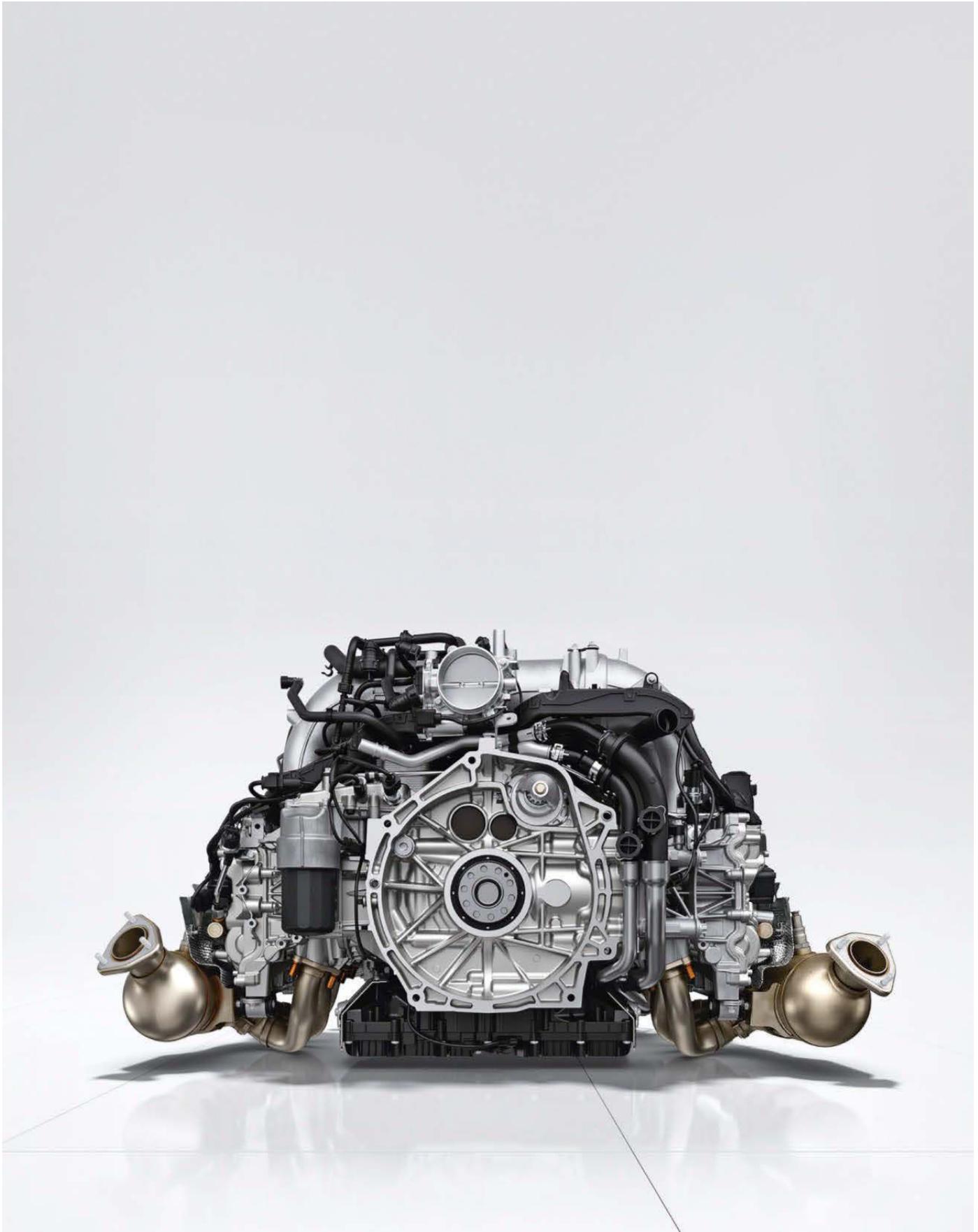
Sekunden

braucht der Taycan Turbo S für den Sprint von 0 auf 100 Kilometer pro Stunde.



450 km

maximale Reichweite erzielt der Taycan Turbo im WLTP-Testzyklus. Beim stärkeren Taycan Turbo S sind es 412 Kilometer.



Kraftpaket: Der neue Sechszylinder-Saugmotor ist das jüngste Mitglied der legendären Boxermotorenfamilie von Porsche.

Zeitgemäße Fortsetzung

Text: Christian Buck Mitwirkende: Markus Baumann, Thomas Wasserbäch

Die aktuellen Porsche-Modelle 718 Spyder und 718 Cayman GT4 treibt ein neu entwickelter Sechszylinder-Boxersaugmotor mit vier Litern Hubraum und 309 kW (420 PS) an. Er ist das neueste Mitglied einer Boxermotorenfamilie, die modular aufgebaut ist und seit 2015 konsequent erweitert wird.

Als Urahn der gesamten Boxster-Familie von Porsche gilt der legendäre 550 Spyder aus dem Jahr 1953. Seit damals sind Mittelmotor- und Roadster-Konzept, geringes Gewicht und hohe Agilität bei gleichzeitig maximalem Fahrspaß typisch für die Sportwagen aus Stuttgart-Zuffenhausen. Der Spyder war zwar das erste speziell für den Renneinsatz entwickelte Modell – dennoch gab es ihn auch mit Zulassung für den Straßenverkehr.

Dem 550 folgten weitere Porsche Spyder für den Renn-einsatz, etwa der 718 RS 60 von 1960, die Bergspyder der Baureihen 904, 906, 908 und 909 oder der 936 Spyder. 2005 debütierte der RS Spyder, der zum Seriensieger in der American Le Mans Series avancierte. Bei den Straßensportwagen lebte die Bezeichnung 2007 im Sondermodell Boxster RS 60 Spyder und 2010 im Boxster Spyder wieder auf. Der Nachfolger aus dem Jahr 2015 mit der internen Bezeichnung 981 erhielt einen

3,8-Liter-Sechszylindermotor mit 276 kW (375 PS), der aus dem 911 Carrera S (Typ 991) abgeleitet worden war und auf dem 9A1-Motorbaukasten basierte.

Hohe Emotionalität, bessere Fahrleistungen

Nun galt es, diese Erfolgsgeschichte fortzuschreiben. Dazu hat Porsche für die Modellreihe 718 (Typ 982) einen neuen Sechszylinder-Saugmotor mit vier Litern Hubraum entwickelt, der sowohl im 718 Spyder als auch im 718 Cayman GT4 zum Einsatz kommt (9A2evo B6S). Er basiert auf den 9A2-Boxermotoren und liefert 309 kW (420 PS) Leistung. „Die Anforderungen an den neuen Boxermotor waren eindeutig“, berichtet Thomas Wasserbäch, Leiter Entwicklung Boxermotoren und E-Achsen Sportwagen bei Porsche. „Er musste eine hohe Emotionalität und eine Steigerung der Fahrleistungen sowie den Porsche-typischen, einzigartigen Klang eines Boxermotors aufweisen.“

718 Cayman GT4 /

718 Boxster Spyder

CO₂-Emission kombiniert: 249 g/km
Verbrauch:
Innerorts: 15,6 l/100 km
Außerorts: 8,1 l/100 km
Kombiniert: 10,9 l/100 km
Effizienzklasse:
Deutschland: G
Schweiz: G

718 Boxster/Cayman

CO₂-Emission kombiniert:
186 g/km - 180 g/km
Verbrauch:
Innerorts:
11,3 l/100 km - 10,8 l/100 km
Außerorts:
6,3 l/100 km - 6,2 l/100 km
Kombiniert:
8,1 l/100 km - 7,9 l/100 km
Effizienzklasse:
Deutschland: F
Schweiz: G

911 Carrera S

CO₂-Emission kombiniert: 205 g/km
Verbrauch:
Innerorts: 10,7 l/100 km
Außerorts: 7,9 l/100 km
Kombiniert: 8,9 l/100 km
Effizienzklasse:
Deutschland: F
Schweiz: G

911 GT2 RS

CO₂-Emission kombiniert: 269 g/km
Verbrauch:
Innerorts: 18,1 l/100 km
Außerorts: 8,2 l/100 km
Kombiniert: 11,8 l/100 km
Effizienzklasse:
Deutschland: G
Schweiz: G

Außerdem war klar, dass wir die Mittelmotor-Bauweise und das fahrzeugtypische Design beibehalten wollten.“ Gefordert waren zudem eine niedrige Motorbauhöhe, ein niedriger Schwerpunkt und ein geringes Gewicht. Die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und die Erfüllung der neuesten Gesetzesanforderungen waren ebenfalls zentrale Punkte auf der Anforderungsliste.

Da die Leistungscharakteristik des Motors einen wesentlichen Einfluss auf das Fahrerlebnis hat, setzt Porsche bei den Modellen 718 Spyder und 718 Cayman GT4 auf Sechszylinder-Saugmotoren und legt so den Schwerpunkt auf Eigenschaften wie unmittelbares Ansprechverhalten und lineare Kraftentfaltung. Für viele Emotionen beim Fahren dürften auch die weiter verbesserte Drehfreudigkeit sowie die erhöhte Nenn- und Maximaldrehzahl sorgen, die jetzt bei 7.600 1/min bzw. 8.000 1/min liegen. Zur Fahrfreude trägt auch die betont drehfreudige Auslegung bei, die für einen stetigen Drehmomentzuwachs bis zum Maximum von 420 Nm sorgt – erreicht bei Drehzahlen zwischen 5.000 1/min und 6.800 1/min.

Abgeleitet aus 9A2-Baukasten

Den Grundmotor leiteten die Ingenieure aus dem bestehenden 9A2-Baukasten ab und optimierten ihn für die Anforderungen eines hochdrehenden Saugmotors. „Für die Anwendung als Saugmotor haben wir im Wesentlichen den Ventiltrieb, den Zylinderkopf mit Querstromkühlung sowie die Sauganlage und die Abgasführung komplett neu entwickelt“, so Wasserbäch. „Bewährte Systeme wie der integrierte Trockensumpf mit Kunststoffölwanne, der Steuer- und Rientrieb sowie das Thermomanagement mit schaltbarer Wasserpumpe konnten wir vom 9A2evo-Turbomotor mit geringen Anpassungen übernehmen.“ Hier zeigte sich der Vorteil des Baukasten-Designs: Es ermöglicht einerseits die Verwendung von Gleichteilen, andererseits lassen sich geänderte Teile auf den jeweils gleichen Produktionslinien mechanisch bearbeiten.

Die dreiteilige Sauganlage mit aufwendiger Innengeometrie wird im Sandgussverfahren hergestellt. Es sind zwei Resonanzklappen aus Kunststoff mit 75 Millimetern und 110 Millimetern Durchmesser integriert, die last- und drehzahlabhängig über Unterdruck angesteuert werden. Im Grundzustand sind beide Klappen geschlossen. Die einströmende Luft wird hinter der Drosselklappe über ein Sammelvolumen auf die beiden Zylinderbänke verteilt. Durch Öffnen der Klappen können schrittweise weitere Volumina zum Übersprechen zwischen den Zylinderbänken angekoppelt werden.

Das Kraftstoffsystem wurde für das Brennverfahren mit Piezo/A-Düse vom Dreiliter-Turbomotor abgeleitet und für den Einsatz im Saugmotor mit Mittelmotoranordnung angepasst. Die Piezo/A-Düsen des Motors werden von zwei Hochdruck-Kraftstoffpumpen über

Verteilerleisten mit Kraftstoff versorgt. Die Hochdruck-Systeme der beiden Zylinderbänke sind getrennt und werden mit separaten Sensoren überwacht. Die Kraftstoffzufuhr zu den Pumpen erfolgt über ein bankübergreifendes Niederdrucksystem. Die Pumpen sind analog dem 9A2-Baukasten an den Zylinderköpfen angeordnet und werden von den Einlassnockenwellen über Rollenstößel angetrieben. Für den hochdrehenden Saugmotor haben die Entwickler die Antriebsnocken der Hochdruckpumpen gegenüber den Turbomotoren des 9A2-Baukastens angepasst.

Das Zylinderkopf-Package erwies sich beim neuen Saugmotor als besondere Herausforderung. „Wir mussten hohe Zylinderfüllungen erreichen, was zu deutlich größeren Ventildurchmessern führt als bei Turbomotoren“, berichtet Wasserbäch. „Basierend auf den Erfahrungen mit der zentralen Injektorlage bei den Dreiliter-Turbomotoren haben wir uns beim Saugmotor dafür entschieden, die Anordnung von Zündkerze und Injektor im Brennraum neu zu bewerten.“ Versuche mit einem Einzylinder-Motor bestätigten die neue Positionierung des Injektors im auslassseitigen Brennraumdachbereich – denn dadurch eröffnet sich ein erheblich vergrößertes Zeitfenster für

Technische Daten

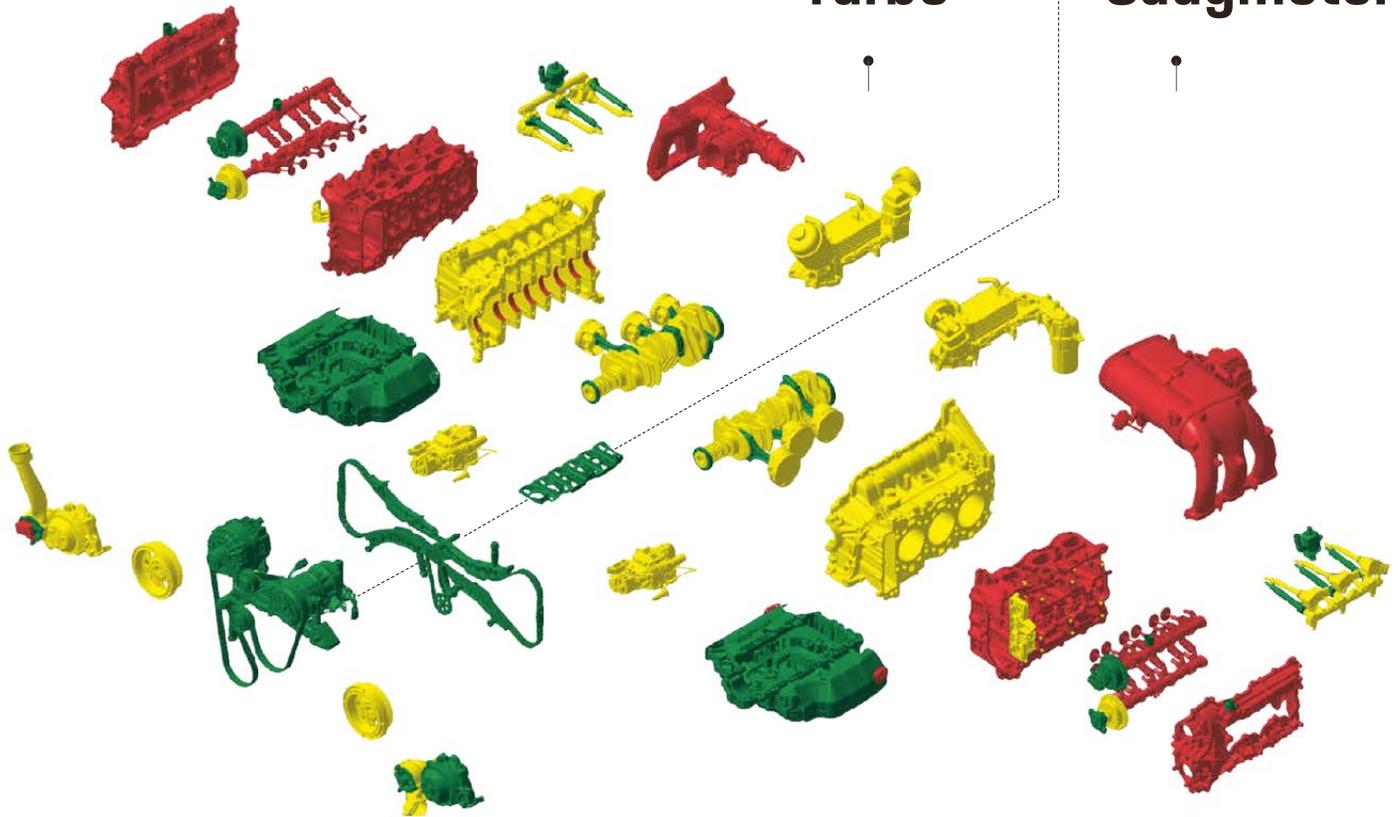
Vierliter-Sechszylinder-Boxersaugmotor

Hubraum:	Zündfolge:
3.995 cm³	1-6-2-4-3-5
Leistung:	Bohrung:
309 kW (420 PS)	102 mm
Max. Drehmoment:	Hub:
420 Nm	81,5 mm
Zylinderabstand:	Verdichtungsverhältnis:
118 mm	13
Anzahl Ventile:	Abgasstufe:
4	EU6 DG

Der 9A2evo-Motorbaukasten

B6
3,0 Liter
Turbo

B6
4,0 Liter
Saugmotor



● Identische Teile ● Identische Technologie ● Teile speziell für Turbo- bzw. Saugmotor

Mehrfacheinspritzstrategien. „Somit nimmt die Zündkerze wieder die zentrale Brennraumposition ein, was einen gleichmäßigeren und symmetrischen Flammenfortschritt unterstützt“, erklärt Wasserbäch.

Für die Abgasanlage haben die Entwickler das bewährte zweiflutige Grundprinzip des Vorgängers übernommen, das aus Abgaskrümmern mit motornahen Katalysatoren, Abgasführung über die Hinterachse und einem zentralen Schalldämpfer besteht. Um die Abgasgesetzgebung EU6 DG erfüllen zu können, kommt pro Zylinderbank jeweils ein Otto-Partikelfilter zum Einsatz. Zudem sorgt das neue Brennverfahren mit Piezo/A-Düse für besonders niedrige Partikel-Rohemissionen. Der Schalldämpfer wurde komplett neu ausgelegt. „Sein Aufbau betont die höheren Motorordnungen“, sagt Wasserbäch. „Dadurch erzeugt er einen einzigartigen Klang mit hohem Wiedererkennungswert, wie er von einem Sechszylinder-Boxersaugmotor von Porsche erwartet wird.“



118

Millimeter Zylinderabstand:

Das gilt auch für den neuesten Spross der Boxermotorenfamilie. Damit bleibt er dem seit Jahrzehnten bewährten Grundkonzept treu.

Das neue Aggregat reiht sich in die Porsche-Boxermotorenfamilie ein. Sie besteht aus einer ganzen Palette von Saug- und Turbomotoren mit vier oder sechs Zylindern sowie Hubräumen zwischen zwei und vier Litern, die von 220 kW (300 PS) im 718 Boxster/Cayman über 331 kW (450 PS) im 911 Carrera S bis hin zu 515 kW (700 PS) im GT2 RS liefern. In den vergangenen Jahrzehnten haben die Ingenieure die Technik konsequent weiterentwickelt und konnten so Performance, Effizienz und Emotionen immer weiter steigern. Dennoch ist das Grundkonzept nach wie vor erkennbar – etwa im gleichbleibenden Zylinderabstand von 118 Millimetern. „Der Boxermotor mit seiner mehr als 70 Jahre dauernden Erfolgsgeschichte wird auch künftig bei Porsche eine zentrale Rolle spielen“, sagt Wasserbäch. „Aber natürlich hat er noch weiteres Verbesserungspotenzial, zum Beispiel durch Elektrifizierung oder den Betrieb mit klimaneutralen synthetischen Kraftstoffen.“ Man darf also gespannt sein, welchen Zuwachs die ehrwürdige Motorenfamilie in Zukunft noch bekommen wird. ◀

Wissen vertiefen

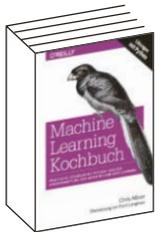


Neuronale Netze selbst gemacht

Mit der Programmiersprache Python ist es gar nicht schwer, selbst mit neuronalen Netzen zu experimentieren. Dieses Buch liefert dazu die Grundlagen, inklusive einer Einführung in die KI-Bibliothek TensorFlow von Google.

Neuronale Netze programmieren mit Python

Roland Schwaiger, Joachim Steinwendner
Rheinwerk 2019

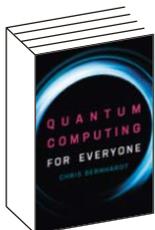


KI-Kochbuch

Wer noch etwas tiefer ins maschinelle Lernen einsteigen und sich beispielsweise mit der Datenaufbereitung und anderen KI-Verfahren wie Support Vector Machines beschäftigen möchte, findet hier viele Informationen.

Machine Learning Kochbuch

Chris Albon
O'Reilly 2019



Reise in die Quantenwelt

Qubits, verschränkte Zustände und Quantengatter: Der Autor führt gut verständlich in die fremde Welt der Quantencomputer ein. Ohne ein wenig lineare Algebra geht es nicht – aber die Mühe lohnt sich.

Quantum Computing for Everyone

Chris Bernhardt
MIT Press 2019

Über den Tellerrand



⤴ Blick in die Zukunft

Im t3n Podcast sprechen die Chefredakteure Luca Caracciolo und Stephan Dörner mit prominenten Gästen über die spannendsten digitalen Themen unserer Zeit – etwa über die Zukunft des Autos.

t3n Podcast

www.t3n.de/podcast



Leben ohne News

Der Autor rät:

Klinken Sie sich aus und konsumieren Sie weniger „News“. Als Belohnung winkt ein stressfreies digitales Leben mit klarerem Denken und weniger Hektik.

Die Kunst des digitalen Lebens

Rolf Dobelli
Piper 2019



Vermächtnis eines Genies

Das letzte Buch des weltbekannten Wissenschaftlers beschäftigt sich mit den ganz großen Fragen – zum Beispiel: Woher kommen wir Menschen? Gibt es im Weltall andere intelligente Lebewesen? Existiert Gott?

Kurze Antworten auf große Fragen

Stephen Hawking
Klett-Cotta 2018

Für das Kind in uns



↻ Unterwegs in Mission E

Geheimagent Rex Dasher ist in seinem schnittigen weißen Porsche „Mission E“ immer flott unterwegs – natürlich elektrisch. Im Playmobilfilm meistert er damit viele Abenteuer, und im echten Leben kann man mit dem E-Sportwagen spielen. Dank Fernsteuerung ein Spaß für große und kleine Porsche-Fans.

Playmobil: Der Film (Film)

Playmobil: Rex Dasher's Porsche Mission E (Spielzeug)

Mini-Rechner mit Maxi-Power

Er ist genau das Richtige für die langen Tage rund um Weihnachten: Mit dem Raspberry Pi 4 kann man Roboter steuern, eine smarte Wohnung aufbauen oder Desktop-Anwendungen laufen lassen. Einplatinen-Computer mit Suchtpotenzial.

Raspberry Pi 4

www.raspberrypi.org



Experimente mit KI

Der Einplatinen-Computer Jetson Nano verfügt über eine Quad-Core-CPU und einen integrierten

128-Core-Grafikprozessor (GPU). Damit hat er genügend Rechenleistung für Experimente mit KI-Anwendungen.

NVIDIA Jetson Nano Developer Kit

www.nvidia.com

Intelligent unterhalten



⌚ Verliebt in eine Androidin

Ein spannender Film zum Thema Künstliche Intelligenz: Der Programmierer Caleb (gespielt von Domhnall Gleeson) verliebt sich in die Androidin Ava (gespielt von Alicia Vikander), die ihn aber nur für ihre Flucht benutzt.

Ex Machina

Alex Garland (Regisseur); DVD (Universal Pictures)



Preisgekrönter Science-Fiction

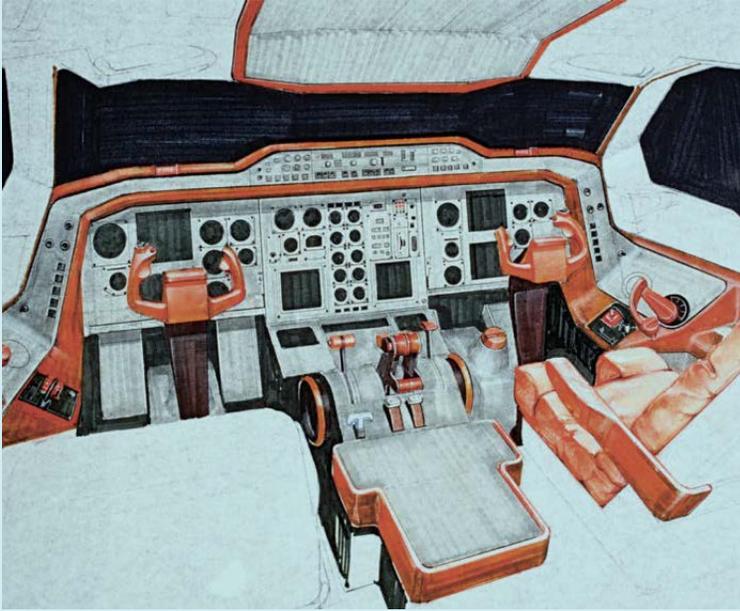
Der erfolgreiche chinesische Science-Fiction-Autor beschreibt in diesem Buch den ersten Kontakt der Menschheit

mit einer außerirdischen Zivilisation, deren Heimatplanet unter dem Einfluss dreier Sonnen steht. Es wurde 2015 mit dem renommierten Hugo Award für den besten Science-Fiction-Roman ausgezeichnet.

Die drei Sonnen

Cixin Liu

Heyne 2016



Zukunftsvision: So stellten sich die Designer das Cockpit des Airbus A310 vor.



Modell: In Weissach baute Porsche das neue Cockpit auf.

1980

Start einer ambitionierten Zusammenarbeit: Porsche und Airbus entwickeln ein völlig neues Cockpit-Layout. Ein übersichtliches Design soll den Arbeitsplatz der Piloten ergonomischer machen. Kunststoff statt Blech und Metall ermöglicht sanfte Formen. Das neue Cockpit spart Gewicht und Platz, außerdem verbessert es die Wartungsmöglichkeiten.

Zuerst klingt der Absatz im Airbus-Magazin „FAST“ vom Dezember 1996 ein wenig mysteriös: Airbus Industries habe „weltberühmte Industriedesigner“ mit der Aufgabe betraut, für die Crew im Cockpit einen angenehmen, komfortablen und modernen Arbeitsplatz zu entwickeln. Das Farbschema sei nach ergonomischen Kriterien ausgewählt und durchgängig eingesetzt: „helles Blau für die Panel, dunkles Blau für die Verkleidungen und die Arbeitsflächen, Schwarz für Griffe sowie Grau für Knöpfe und Drehwähler“. Spezielle Aufmerksamkeit habe man der Beleuchtung gewidmet: Große Lichtflächen sorgen für schattenlose Helligkeit im Airbus-Cockpit. Auch die Sitze der Piloten seien neu gestaltet, „mit optionalen Kopfstützen und vielen Einstellmöglichkeiten“. Und hier, quasi nebenbei, verrät der Text endlich, wer die Designer sind, die hinter der Überarbeitung stecken: „Die Sitzbezüge bestehen aus dem gleichen Material, das auch in Porsche-Fahrzeugen genutzt wird.“

Alles begann im Juli 1980. Nach ersten Kontakten zwischen Airbus Industries und Porsche starteten in Weissach die Arbeiten für das neue Airbus-Cockpit. Aufgabe war es, die Arbeitsbedingungen der Flugzeugbesatzungen zu verbessern und das Styling zu optimieren. Schon im August präsentierte Porsche die ersten Entwürfe, und wegen des positiven Eindrucks wurde ein präzises Aufgabengebiet definiert – unter anderem mit den Anforderungen, die Sitze zu verbessern und die Bedien-

elemente zu bearbeiten. Im Mai 1981 erteilte Airbus Industries schließlich den Auftrag, ein neues Cockpit für den A310 zu entwickeln. Statt Blech und Metallprofilen verwendeten die Porsche-Designer dafür sanft geformte Kunststoffe mit weicher Oberfläche und achteten auf abgestimmte Farben. Und mit der Verwendung von Monitoren statt der bisher üblichen Analoginstrumente setzte man in der bis 1984 dauernden Zusammenarbeit einen wichtigen Trend – heute sind die digitalen Displays Standard im Cockpit.

Für kurze Zeit war Roland Heiler Teil des Teams. „Ich war 1981 Student am Royal College of Arts in London“, erinnert sich der heutige Leiter des Porsche Design Studios in Zell am See. „In den Sommerferien habe ich in Weissach ein sechswöchiges Praktikum gemacht.“ Dort stand ein originalgetreues Modell eines Airbus-Cockpits, in dem die Designer ihre neuen Ideen ausprobieren konnten. „Es ging darum, das Cockpit für die neue elektronische Flugsteuerung fit zu machen“, so Heiler. „Ich selbst habe beim Entwurf der neuen Sitze mitgearbeitet. Wir haben aus Schaum und später auch aus Clay aufwendige Modelle gebaut.“

Der 1996 erschienene Bericht aus dem „FAST“-Magazin zeigt, dass viele Ideen aus Weissach tatsächlich Einzug in neue Flugzeugmodelle von Airbus gehalten haben. Ob die Piloten wohl wissen, wem sie ihre Cockpits verdanken? ◀

Porsche Engineering Magazin

Ausgabe
2/2019



Impressum

Herausgeber

Porsche Engineering Group GmbH
Michael Merklinger

Redaktionsleitung

Frederic Damköhler

Projektleitung

Nicole Rauschenberger

Redaktion

Axel Springer Corporate Solutions GmbH & Co. KG, Berlin

Chefredaktion: Christian Buck

Projektmanagement: Marie Fischer

Bildredaktion: Lydia Hesse

Autoren

Andreas Burkert, Michael Gneuss, Mirko Heinemann,
Axel Novak, Hans Oberländer, Monika Weiner

Gastautor

Christoph Keese

Art Direction

Christian Hruschka, Maria Christina Klein, Juliane Keß

Übersetzung

RWS Group Deutschland GmbH, Berlin

Kontakt

Porsche Engineering Group GmbH
Porschestraße 911
71287 Weissach
Tel. +49 711 911 0
Fax +49 711 911 8 89 99
Internet: www.porsche-engineering.de

Produktion

Herstellung News Media Print, Berlin

Druck

Eberl Print GmbH, Immenstadt

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: Getty Images; S. 3: Sebastian Berger; S. 4: MOIA, IBM, Simon Koy; S. 5: Sara Karayusuf, Monika Weiner, Andrea Katheder;
S. 6: Frederik Laux; S. 10: Getty Images; S. 16: Mihail Onaca; S. 22: Getty Images; S. 24: Mihail Onaca; S. 32: IBM; S. 34: Nvidia PR;
S. 37: Matthias Hock / Universität Heidelberg; S. 38: Shutterstock; S. 39: Frank May; S. 64-65: tn3 PR, Alamy, Nvidia 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

TIMEPIECES



1919 Globetimer UTC

All Titanium & Blue
Zeitzone-Management im 1-Stunden-Takt.
Ohne Verlust der exakten Zeiteinstellung
[Min./Sek.] und mit automatischer Datums-
anpassung.

VON ZELL AM SEE NACH LOS ANGELES. AUF KNOPFDRUCK.

www.porsche-design.com/GlobetimerUTC