

Integration mit System im Porsche Cayenne

19/07/2024 Die optimale Integration von Software ins Fahrzeug bestimmt entscheidend über die Performance und das Kundenerlebnis. So auch beim neuen Porsche Cayenne, für den Porsche Engineering gemeinsam mit Porsche und Zulieferern große Teile von Antrieb und Fahrwerk entwickelt hat. Dank innovativer Hardware und maßgeschneiderter Software bietet der Luxus-SUV das Porsche-typische Fahrerlebnis.

Software wird zunehmend zum bestimmenden Faktor im Fahrzeug, denn sie ermöglicht neue Funktionen und trägt immer mehr zur Wertschöpfung bei. Allerdings hängt das Kundenerlebnis nicht ausschließlich vom Können der Programmierer ab – es kommt darüber hinaus auch entscheidend darauf an, Software und Fahrzeug-Hardware so zu kombinieren und aufeinander abzustimmen, dass sich eine optimale Performance ergibt. Das gilt insbesondere für die Bereiche Antrieb und Fahrwerk, die das Fahrerlebnis maßgeblich beeinflussen. Porsche Engineering hat darum den neuen Fachbereich „Fahrsystem“ gegründet, in dem Experten für Hard- und Software in den Themenfeldern Fahrwerk und Antrieb eng zusammenarbeiten. Das Team ist in der Lage, Gesamtsysteme zu entwickeln und zu integrieren – von den Anforderungen über die Entwicklung von Funktionen, Software und Aktuatoren

bis hin zu Applikation, Test und Absicherung.

Fokus auf Systemintegration

„Eine unserer zentralen Aufgaben ist die Systemintegration", sagt Eva-Verena Ziegahn, Leiterin des Fachbereichs Fahrsystem. „Dazu gehören die Implementierung von Code auf Steuergeräten sowie die Applikation und Absicherung neuer Funktionen." Bei der Entwicklung des Porsche Cayenne hat Porsche Engineering zahlreiche Entwicklungsumfänge übernommen, die nahtlose Integration von Hard- und Software stand beim Antrieb und Fahrwerk von Anfang an im Mittelpunkt. „Der Cayenne zeichnet sich durch die hohe Spreizung von Fahrkomfort und Sportlichkeit aus", erklärt Ziegahn. „Dies wird beispielsweise bei der aktiven Wankstabilisierung durch eine innovative Software und Parametrierungsowie die Integration in das Gesamtfahrwerk erreicht. Dabei müssen wir die komplexen Wechselwirkungen im Fahrwerk berücksichtigen, wo Allradantrieb, Vorder- und Hinterachslenkung, Bremssystem und der elektrische Antrieb das Fahrerlebnis beeinflussen."

Als Beispiel für ein gelungenes Zusammenspiel von Hard- und Software nennt Ziegahn die Entwicklung und Applikation einer Innovation im Fahrwerk: Im Luxus-SUV kommen erstmals Dämpfer mit 2-Ventil-Technologie und separater Zug- und Druckstufe zum Einsatz. Sie wurden von Porsche Engineering gemeinsam mit einem Lieferanten entwickelt und ermöglichen eine weitere Spreizung zwischen sportlichem und komfortablem Fahren, woraus sich eine optimierte Performance in allen Fahrsituationen ergibt. Die innovative Hardware machte sich auch bei den Anforderungen an die Software-Entwicklung bemerkbar: „Durch die neuen 2-Ventil-Dämpfer mussten die Reglerkomponenten geändert und neue Schnittstellen zur Basissoftware geschaffen werden", berichtet Fabian Heitkamp, verantwortlicher Entwicklungsingenieur bei Porsche für die Elektronische Fahrwerksplattform (EFP). „Darüber hinaus konnten wir auch beim Steuergerät und der Basissoftware nur wenig vom Vorgängermodell übernehmen. Kurz gesagt: Kein Stein ist auf dem anderen geblieben."

Kooperation mit Cariad

Porsche Engineering übernahm die Bauteilverantwortung für das neue Steuergerät und koordinierte gemeinsam mit Porsche auch die Entwicklung der neuen Basissoftware beim Lieferanten. „Außerdem haben wir die Verantwortung für die komplette Funktionssoftware übernommen", erklärt Marcus Schmid, Entwicklungsingenieur bei Porsche Engineering und zuständig für das Integrationsmanagement. „Wegen der höheren Komplexität des neuen 2-Kammer-Luftfeder-/ 2-Ventil- Dämpfer-Systems sowie der gemeinsamen Entwicklung für weitere Baureihen benötigten wir 17 statt wie bisher 10 Funktionen, von denen ein Teil von uns und ein anderer Teil von Cariad kam."

Um den engen Zeitplan einzuhalten und die hohe Komplexität beherrschen zu können, prüften die Entwickler die neue Software, lange bevor das neue Steuergerät und die neue Basissoftware zur Verfügung standen. „Wir versuchen, die Kommunikation und das Zusammenspiel der verschiedenen Funktionen so früh wie möglich per Hardware-in-the-Loop (HiL) oder am Prüfstand zu testen", erklärt

Ziegahn. „Bei Porsche Engineering haben wir an unseren verschiedenen Standorten dafür ein internationales Team aufgebaut, das uns schon früh unterstützt – sowohl bei der Funktionsentwicklung als auch beim HiL-Testing."

Wie wichtig solche Methoden sind, betont auch Michael Becker, Projektleiter Fahrwerk Cayenne bei der Porsche AG: „Wir hätten ohne diese Methoden gar keine Chance mehr, denn es ist unmöglich, eine Software-Version aufs Auto zu spielen und gleich damit loszufahren. Mit HiL-Tests können wir zum Beispiel prüfen, ob die einzelnen Software-Komponenten überhaupt zusammen funktionieren. Und wir dürfen nicht vergessen, dass es im Fahrwerk viele Punkte gibt, die gesetzesrelevant sind."

Schon in frühen Entwicklungsphasen konnten die Entwickler dank virtueller Methoden viele Optimierungen vornehmen, sodass im späteren Entwicklungsprozess der Feinschliff an erster Stelle stand. Das ist auch in Zukunft entscheidend, da die Komplexität der Systeme und Komponenten immer weiter zunimmt. Zu Beginn wurden dabei Model-in-the-Loop-Tests (MiL) durchgeführt, bei denen das Verhalten der Matlab/ Simulink-Modelle untersucht wurde, aus denen später der Code generiert werden sollte. Dieser musste dann bei Software-in- the-Loop-Tests (SiL) beweisen, dass er den Anforderungen entsprach. Anschließend folgten Processor-in- the-Loop-Tests (PiL), bei denen der Code auf einem Mikroprozessor lief, der dem später im Steuergerät eingesetzten Modell sehr ähnlich war. Sobald das neue Steuergerät und die neue Basissoftware zur Verfügung standen, folgten Tests auf Hardware-in-the-Loop-Prüfständen.

„Porsche Engineering konnte hier die komplette Kette abdecken – von der Funktionsentwicklung über die Implementierung der Funktionen in die Basissoftware bis hin zu den Tests und zur Integration ins Fahrzeug", betont Heitkamp. Ermöglicht wurde das durch ein internationales Team, in dem alle erforderlichen Kompetenzen vorhanden waren. Experten aus Deutschland, Tschechien und Rumänien übernahmen in vernetzten Teams die Code-Generierung und Entwicklung von Funktionen sowie deren Test und Absicherung, unter anderem mittels SiL- und HiL-Tests sowie Testautomatisierung. „Porsche Engineering hat die benötigten Ressourcen immer punktgenau bereitgestellt", berichtet Heitkamp. „So konnten wir das Projekt trotz aller Herausforderungen pünktlich ins Ziel bringen."

Unmerkliches Blending von Reib- und rekuperativer Bremse

Auch beim Bremssystem für den neuen Cayenne stand das Zusammenspiel von Hard- und Software im Fokus der Entwickler. Ihre Aufgabe: Der Fahrer soll das bestmögliche Pedalgefühl haben und insbesondere nicht spüren, welchen Anteil jeweils die hydraulische Reibbremse und welchen Anteil der E-Motor an der Verzögerung des Fahrzeugs hat. Für dieses „Blending" zwischen hydraulischer Reibbremse und rekuperativem Bremsen ist die Rekuperationsfunktion zuständig. Wie genau der Mix aussieht, hängt von vielen Einflussfaktoren ab. „Grundsätzlich besteht unser Ziel darin, möglichst viel rekuperativ zu bremsen und so den durchschnittlichen Energiebedarf des Fahrzeugs bestmöglich zu senken und damit unter anderem auch die elektrische Reichweite des Fahrzeugs zu vergrößern", erklärt Lisa Helbig, Entwicklungsingenieurin für Brems- und Lenksysteme bei Porsche Engineering. „Die hydraulische Reibbremse kommt beispielsweise ins Spiel, wenn die Verzögerung des E-Motors nicht

ausreicht oder wenn das Fahrzeug durch die Rekuperation an der Hinterachse instabil werden könnte."

Der Software-Verbund des Bremssystems trägt auch dazu bei, sich verändernde Eigenschaften der Reibbremse bestmöglich auszugleichen. Dabei wird sowohl die Temperatur berücksichtigt als auch der Verschleiß der Bremse über die Laufzeit. Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass die Algorithmen auf verschiedenen Steuergeräten laufen, weshalb die Software für das Bremssystem nur im Steuergeräte-Verbund appliziert werden konnte. Während die Software für den eBKV von einem Zulieferer stammte, übernahm Porsche Engineering die Bedatung der Funktionen und deren Tests. Als letzter Schritt folgte die Abnahme der Fahrzeuge gemeinsam mit Porsche.

Deutlich besseres Pedalgefühl

„Wir haben unser Ziel erreicht: Der Fahrer spürt keine Wechselwirkung beim Übergang zwischen rekuperativer und hydraulischer Bremsung", resümiert Alexandros Athanasiadis, der bei Porsche für die Freigabe verantwortlich war. „Im Vergleich zum Vorgänger konnten wir das Blending noch weiter optimieren. Am Ende werden wir am Pedalgefühl gemessen, das wir mithilfe der Software optimal gestalten konnten." Als ein Beispiel dafür nennt er die neue „Kältekennlinie" für die Reibbremse. Sie sorgt für eine größere Bremskraftverstärkung beim Losfahren, wenn die Bremsen noch kalt sind – und damit für das gewünschte gleichbleibende Pedalgefühl. Neben dem Komfort verbessert sich auch die Effizienz des Cayenne durch die neue Auslegung der Rekuperationsfunktion: Die Verzögerungsleistung der Rekuperation des neuen Cayenne wurde auf bis zu 88 kW erhöht, was einer Steigerung um rund 30 Prozent entspricht. Zudem lässt sich die Rekuperation erstmals bis fast zum Stillstand des Fahrzeuges nutzen, bisher lag die Grenze bei 14 km/h.

Rauschen unterdrückt Geräusche

Neben dem neuen Dämpfersystem und der hybriden Bremse beschäftigte sich Porsche Engineering im Rahmen der Entwicklung auch mit dem Pulswechselrichter (PWR) des neuen Cayenne, an dessen Entwicklung, Test und Absicherung das Unternehmen von Anfang an beteiligt war. Hier kam es vor allem darauf an, den Übergang vom Verbrennungs- zum E-Motor für den Fahrer unmerklich zu gestalten und gleichzeitig die Leistung des Fahrzeugs zu steigern. Der neu entwickelte PWR zeichnet sich unter anderem durch eine variable Schaltfrequenz und unterschiedliche Modulationsverfahren aus, die je nach aktuellem Betriebspunkt optimiert werden. „Durch die Verringerung der Taktfrequenz steigt der Wirkungsgrad des PWR, und wir können aus dem Motor zehn Prozent mehr Leistung herausholen – nur durch eine intelligente Ansteuerung per Software", erklärt Pascal Heusler, Leiter Pulswechselrichter Software und Applikation bei Porsche. „Aus akustischer Sicht entsteht dabei ein Nachteil, denn diese Vorgehensweise ruft Geräusche hervor. Die Lösung dafür ist die Erzeugung eines künstlichen Rauschens um die Trägerfrequenz, welches dieses Motorengeräusch verwässert."

Dieser Lösungsansatz lässt sich allerdings nicht für jeden Arbeitspunkt anwenden. Die Idee: Der Regler muss innerhalb von wenigen Millisekunden reagieren und die Schaltfrequenz gegebenenfalls anpassen.

„Das ist eine sehr innovative Lösung“, so Heusler. „Wir verbessern den Systemwirkungsgrad und sorgen mit der ausgeklügelten Schallkomposition gleichzeitig dafür, dass der Fahrer nichts hört.“

Der PWR des neuen Cayenne wird als Baukasten im gesamten VW-Konzern eingesetzt – das gleiche Steuergerät kommt in fast 100 verschiedenen Fahrzeugderivaten zum Einsatz, in denen fünf unterschiedliche E-Motoren und drei unterschiedliche Getriebe verbaut werden. Zudem beruhen sie auf unterschiedlichen Plattformen, entweder der neuen Volkswagen Elektronik-Architektur E3 oder MLBevo. Systemintegration bedeutete hier also auch: Integration über verschiedene Marken und Fahrzeugklassen hinweg, was den Entwicklern gelungen ist. „Von außen sind die Varianten nur an ihren unterschiedlichen Anschlüssen zu unterscheiden, das Innenleben ist immer gleich“, berichtet Frank Deckert, Projektleiter PWR Integration bei Porsche Engineering. „Wir haben die gesamte Varianz über eine einzige Hardware abgedeckt.“

Spagat bei der Applikation

Um den Aufwand bei der Applikation zu verringern, bildeten die Entwickler aus den rund 100 Fahrzeugen 11 Gruppen mit vergleichbaren Eigenschaften, etwa hinsichtlich ihrer Leistung und Motorisierung. Alle Fahrzeuge einer Gruppe erhalten die identische Bedatung, was eine große Herausforderung darstellt. So hat beispielsweise das Thermomodell für Rotor und Stator großen Einfluss auf die Drehmomentgenauigkeit und den Komponentenschutz, hängt seinerseits aber stark von der Einbaulage in den Fahrzeugen ab. Die Bedatung muss darum den Spagat zwischen verschiedenen Modellen schaffen. Die Vereinheitlichung der Applikation bringt große Vorteile bei künftigen Updates: Durch die Beschränkung der Varianz wird der Software-Pflegeaufwand reduziert (cost efficiency by concept).

„Insgesamt haben wir ein Top-System mit einer Regelung auf dem neuesten Stand der Technik entwickelt“, so Heusler. „Das konnten wir nur erreichen, weil wir eng mit Porsche Engineering zusammengearbeitet und die Kollegen einen grandiosen Job gemacht haben.“

Seit Juli 2023 ist der neue Cayenne auf dem Markt. Gemeinsam arbeiten Porsche und Porsche Engineering derzeit an der Systemintegration für die Derivate des Luxus-SUVs. Ein wichtiger Erfolgsfaktor war auch das große Vertrauen zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber. „Zu Beginn eines solchen Projektes ist nicht alles bis ins Letzte definiert – stattdessen gibt es Situationen, in denen man von heute auf morgen einspringen und das Team temporär um weitere Experten erweitern muss“, sagt Porsche-Projektleiter Becker. Der Ansatz, Experten für Hard- und Software frühzeitig an einen Tisch zu bringen, hat sich bestens bewährt. „Das Cayenne-Projekt zeigt, wie wichtig eine systematische Systemintegration ist“, sagt Ziegahn. „Und es verdeutlicht, welche wichtige Rolle Simulationen heute in der Entwicklung spielen. Mit ihnen können wir vieles außerhalb des Fahrzeugs für die Integration vorbereiten und uns später auf den finalen Feinschliff konzentrieren. Nur so lässt sich die in den letzten Jahren rasant gestiegene Komplexität beherrschen.“

Porsche Engineering hat sowohl die SE-Teamleitung im Fahrwerk inklusive FAS/ HAF als auch große

Teile der Entwicklung von Antrieb und Fahrwerk für den neuen Porsche Cayenne übernommen. Dabei stand das Porsche-typische Fahrerlebnis im Mittelpunkt, für das Hard- und Software optimal zusammenspielen müssen. Ein zentraler Erfolgsfaktor war die erfolgreiche Systemintegration aller Komponenten.

2-Ventil-Dämpfersystem

Innovative Performance: Das neuartige 2-Ventil-Dämpfersystem hat Porsche Engineering gemeinsam mit einem Lieferanten entwickelt. Die innovative Hardware machte auch umfangreiche Änderungen an der Software für das Steuergerät erforderlich: Wegen der höheren Komplexität der Komponente sowie der gemeinsamen Entwicklung für weitere Baureihen werden nun 17 statt wie bisher 10 Funktionen benötigt. Um den engen Zeitplan einhalten und die hohe Komplexität beherrschen zu können, prüften die Entwickler die neue Software, lange bevor das neue Steuergerät und die neue Basissoftware zur Verfügung standen.

Bremssystem

Unmerklicher Übergang: Das Bremssystem besteht aus zwei Komponenten: der hydraulischen Reibbremse und dem E-Motor. Für den Übergang („Blending“) zwischen den beiden ist die Rekuperationsfunktion zuständig. Außerdem gleicht sie Eigenschaften der Reibbremse aus, die sich verändern – etwa aufgrund von Temperaturschwankungen oder Verschleiß. Eine besondere Herausforderung bestand darin, dass die Berechnungen auf verschiedenen Steuergeräten laufen. Darum konnte die Software für das Bremssystem nur im Steuergeräte-Verbund appliziert werden.

Pulswechselrichter

Erzeugung von Trainingsdaten: Der Pulswechselrichter versorgt den E-Motor je nach Leistungsanforderung des Fahrers mit Energie. Die Gleichspannung der Hochvoltbatterie wird dafür mit hoher Frequenz ein- und ausgeschaltet. Das Verhältnis von Ein- zu Ausschaltzeit bestimmt die Leistung des Motors. Durch eine Verringerung dieser Frequenz steigt der Wirkungsgrad der Elektronik – zugleich können aber auch störende Geräusche auftreten. Um das zu vermeiden, wird sie durch Rauschen zufällig variiert. So kann sich keine einzelne Frequenz bemerkbar machen.

Info

Text erstmals erschienen im Porsche Engineering Magazin, Ausgabe 1/2024.

Text: Christian Buck

Copyright: Alle in diesem Artikel veröffentlichten Bilder, Videos und Audio-Dateien unterliegen dem Copyright. Eine Reproduktion oder Wiedergabe des Ganzen oder von Teilen ist ohne die schriftliche Genehmigung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG nicht gestattet. Bitte kontaktieren Sie newsroom@porsche.com für weitere Informationen.

MEDIA ENQUIRIES



Sandro Kälin

Head of Communications Porsche Schweiz AG
+41 41 487 91 16
sandro.kaelin@porsche.ch

Consumption data

Cayenne E-Hybrid (WLTP)*: Kraftstoffverbrauch gewichtet kombiniert: 4,4 – 3,9 l/100 km; Kraftstoffverbrauch bei entladener Batterie kombiniert: 10,5 – 9,8 l/100 km; Stromverbrauch gewichtet kombiniert: 19,7 – 19,1 kWh/100 km; CO_2-Emissionen gewichtet kombiniert: 101 – 90 g/km; CO_2-Klasse gewichtet kombiniert: C – B; CO_2-Klasse bei entladener Batterie: G

Cayenne S E-Hybrid (WLTP)*: Kraftstoffverbrauch gewichtet kombiniert: 4,5 – 4,0 l/100 km; Kraftstoffverbrauch bei entladener Batterie kombiniert: 10,6 – 9,8 l/100 km; Stromverbrauch gewichtet kombiniert: 19,9 – 19,1 kWh/100 km; CO_2-Emissionen gewichtet kombiniert: 103 – 90 g/km; CO_2-Klasse gewichtet kombiniert: C – B; CO_2-Klasse bei entladener Batterie: G

*Further information on the official fuel consumption and the official specific CO_2 emissions of new passenger cars can be found in the "Leitfaden über den Kraftstoffverbrauch, die CO_2-Emissionen und den Stromverbrauch neuer Personenkraftwagen" (Fuel Consumption, CO_2Emissions and Electricity Consumption Guide for New Passenger Cars), which is available free of charge at all sales outlets and from DAT (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, Helmuth-Hirth-Str. 1, 73760 Ostfildern-Scharnhausen, www.dat.de).

Link Collection

Link to this article
https://newsroom.porsche.com/de_CH/2024/innovation/porsche-engineering-cayenne-integration-software-36856.html

Media Package
https://pmdb.porsche.de/newsroomzips/2ee96f7c-42fb-499d-922d-40a78bb9a42e.zip

External Links
https://newsroom.porsche.com/de/innovation/porsche-engineering.html