

RealTimes

2021



Gemeinsam Herausforderungen meistern

Evolution, Revolution oder Out-of-the-Box? [S. 6](#)

Cybersecurity inklusive [S. 18](#)

Neue Geschäftsführung bei ETAS [S. 55](#)

ETAS

DRIVING EMBEDDED EXCELLENCE



Von links nach rechts:
Günter Gromeier
Executive Vice President Sales
Christoph Hartung
President
Götz Nigge
Executive Vice President Operations

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wenn Sie ETAS schon länger kennen, fallen Ihnen an dieser Stelle sicherlich drei neue Gesichter auf. Anfang 2021 hat sich die Geschäftsführung der ETAS GmbH neu aufgestellt. Natürlich möchten wir die Gelegenheit nutzen und uns Ihnen vorstellen. Auf Seite 55 erfahren Sie mehr über uns, unsere Werdegänge und wie wir uns unserer neuen, spannenden Herausforderung stellen werden.

Herausforderung ist wiederum ein Stichwort, das zum vergangenen sowie auch zum bisherigen Jahr sehr gut passt. Die Pandemie hat die Welt einmal auf den Kopf gestellt und neben den Schwierigkeiten, denen sich das Gesundheitssystem stellen muss, steht auch die Automobilindustrie vor zahlreichen Herausforderungen, wie zum Beispiel der aktuellen Bauteile-Knappheit – ETAS eingeschlossen.

Es galt, neue Wege der Zusammenarbeit zu finden. Wir mussten und müssen noch immer im Homeoffice auf Abstand bleiben, aber mehr denn je zusammenhalten. Und natürlich gibt es noch viele weitere Anforderungen, denen die Automobilindustrie gegenübersteht, sei es automatisiertes Fahren, E-Mobilität, Vernetzung oder neue Geschäftsmodelle. Neue Methoden werden benötigt, um Automotive-Software kontinuierlich weiterzuentwickeln und so viel schneller zur Marktreife zu bringen, ohne die Sicherheit zu vernachlässigen. Teamarbeit ist dabei das A und O – ähnlich wie beim Rafting. Auch hier kommt man nur gemeinsam als Team zum Ziel und wenn das Boot doch einmal kentern sollte, sorgen die Sicherheitswesten dafür, dass keiner untergeht, alle schnell wieder an Bord sind und es weitergeht.

Viele erfolgversprechende Lösungen für die Entwicklung von Automotive-Software haben wir dabei schon für Sie im Portfolio. Weitere zukunftsfähige Ansätze sind im Entstehen. Agile Methoden, cloudbasierte Lösungen sowie ideal aufeinander abgestimmte Entwicklungslösungen sind dabei der Schlüssel zum Erfolg. Lesen Sie mehr dazu in unseren Beiträgen aus der Kategorie „Arbeitsweisen der Zukunft“ ab Seite 6.

Freuen Sie sich zudem auf Einblicke in spannende Kundenprojekte weltweit, wie zum Beispiel die modellbasierte Entwicklung bei Nissan, den Einsatz von EHANDBOOK bei Audi oder die Nutzung von ETAS ASCMO-MOCA bei Hyundai Motors. Darüber hinaus verraten wir Ihnen, wie Messdaten Sinne ersetzen können und wie man Test und Validierung von Brennstoffzellen-Steuergeräten erfolgreich meistert.

Sind Sie interessiert an einem Blick hinter die Kulissen von ETAS? Wir berichten darüber, wie ETAS Hardware in der Fertigung getestet wird und wie dies zur hohen Qualität der ETAS Produkte beiträgt. Nicht zuletzt laden wir Sie dazu ein, sich mit uns auf eine kleine Zeitreise durch die Geschichte von INCA zu begeben.

Liebe Leserinnen und Leser, wir wünschen Ihnen viel Spaß mit unserer diesjährigen Ausgabe der RealTimes und freuen uns darauf, gemeinsam mit Ihnen – unseren Kunden und Partnern – die neuen Herausforderungen zu meistern und Sie auch zukünftig bestmöglich bei Ihren Projekten zu unterstützen. Herzlichen Dank für Ihr Vertrauen und bleiben Sie gesund!

Christoph Hartung Günter Gromeier Götz Nigge



Inhalt

Arbeitsweisen der Zukunft

- 06 **Evolution, Revolution oder Out-of-the-Box?**
Ist die Automobilindustrie bereit für die Begegnung mit der IT?
- 10 **Embedded meets IT**
Automotive Embedded Software mit agilen Methoden und SAFe entwickeln
- 14 **Einführung von SAFe bei ETAS**
Interview mit Günter Gromeier und Adrian Hanussek
- 16 **Gemeinsam erfolgreich!**
Abgestimmte Entwicklungslösungen sind der Schlüssel zum Erfolg
- 18 **Cybersecurity inklusive**
Sicherheit für AUTOSAR-Adaptive-Architekturen
- 22 **Per Cloud und AI zum abgasarmen Antrieb**
Enormer Effizienzgewinn durch cloudbasierte Simulation
- 37 **Embedded Artificial Intelligence**
Neue Möglichkeiten in der Funktionsentwicklung für Motorsteuergeräte
- 40 **Automatisierte Optimierung der Applikation von Steuererätefunktionen**
Hyundai Motors erfolgreicher Ansatz zur Automatisierung und Optimierung der Applikation
- 42 **Damit Messdaten Sinne ersetzen können**
Skalierbare Messdatenerfassung für die ADAS-Entwicklung
- 46 **Entdeckungsreise durch die Steuereräte-Software**
Wie EHANDBOOK die Applikation in der Praxis effizienter macht
- 50 **Neue Methoden der Zusammenarbeit**
Auf INCA basierende Lösung für das Flottenmanagement

Erfolgreich mit ETAS

- 26 **Nächste Generation des Prototyping**
ETAS unterstützt Nissan umfassend bei der modellbasierten Entwicklung
- 30 **Herausforderung „Antrieb der Zukunft“**
Test und Validierung von Brennstoffzellen-Steuergeräten erfolgreich meistern
- 34 **Komplexe Motorsimulation mit LABCAR-MODEL**
Tata Motors validiert mit ETAS LABCAR-MODEL-VVTB und LABCAR-MODEL-ICE verschiedenste Motormanagementfunktionen

ETAS Insights

- 52 **Von der Vision zum Erfolg**
Eine Zeitreise durch die Geschichte von INCA
- 55 **Neue Geschäftsführung bei ETAS**
Interview mit Christoph Hartung, Günter Gromeier und Götz Nigge
- 58 **Nichts wird dem Zufall überlassen**
Test der hochkomplexen ETAS Hardware in der Fertigung

61 Standorte und Impressum

Evolution, Revolution oder Out-of-the-Box?

Ist die Automobilindustrie bereit für die Begegnung mit der IT?

Automatisiertes Fahren, Vernetzung und neue Geschäftsmodelle fordern Software-Entwickler heraus. Sie brauchen neue Methoden, um Funktionen kontinuierlich weiterzuentwickeln und viel schneller zur Marktreife zu bringen, ohne die Sicherheit zu vernachlässigen. Sind wir diesen Anforderungen gewachsen?



1968, Olympische Spiele in Mexiko: Der anfangs belächelte US-Hochspringer Dick Fosbury holt mit einer neuen Sprungtechnik Gold und stellt einen neuen olympischen Rekord auf. Statt bäuchlings, steigt er mit dem Rücken voran über die Latte. Sein „Fosburyflop“ ist heute der Standard. Top-Athletinnen schaffen damit fast 2,10 Meter; die besten Männer sogar über 2,40 Meter.

Sie fragen sich, was das mit der Zukunft der Automobilelektronik zu tun hat? Wir bei ETAS sind davon überzeugt, dass die Optimierung heutiger Entwicklungsmethoden nicht länger genügen wird, um die erforderlichen Performance-Steigerungen zu realisieren. Bisher ist die Art, wie die Automobilindustrie Software entwickelt, vor allem auf Sicherheit und langfristig definierte Releases ausgelegt. Angesichts der rasant steigenden Komplexität lassen sich die Anforderungen, die vernetzte automatisierte Fahrzeuge an die Software stellen, jedoch nur realisieren, wenn sich die Methodik grundlegend ändert. Wie die Hochspringer vor 50 Jahren braucht auch die automotiv Software-Entwicklung einen neuen Ansatz.

Wir müssen uns neu erfinden

Vernetzte Fahrzeugsysteme erfordern schon allein aus Security-Gründen das kontinuierliche Erarbeiten und Abliefern von Software: Continuous Delivery über den Gesamtlebenszyklus des Fahrzeugs hinweg – auch nachdem das Auto samt Steuergeräten vom Band rollt. Das gilt erst recht, wo neue E/E-Architekturen Einzug halten. Funktionen lassen sich in leistungsstarken, mikroprozessorbasierten Fahrzeugrechnern, selbst bei unterschiedlicher ASIL-Sicherheitseinstufung, beliebig platzieren. Die zunehmende Interaktion einzelner Funktionen lässt Domänen verschmelzen. Das heißt, dass wir auch die funktionale Sicherheit, Robustheit und Security vom Gesamtsystem her betrachten müssen. Dafür ist eine neue Management- und Unternehmenskultur gefragt.

Virtualisierung und Frontloading sind wichtige Ansätze. Doch das Verlagern bestehender Prozessschritte in die virtuelle Welt wird allein nicht den Durchbruch bringen. Erst in Verbindung mit Parallelisierung, Automatisierung und agilen Methoden werden wir die PS auf die Straße bringen, die für die erfolgreiche Entwicklung automatisierter und vernetzter Fahrzeuge nötig sind.

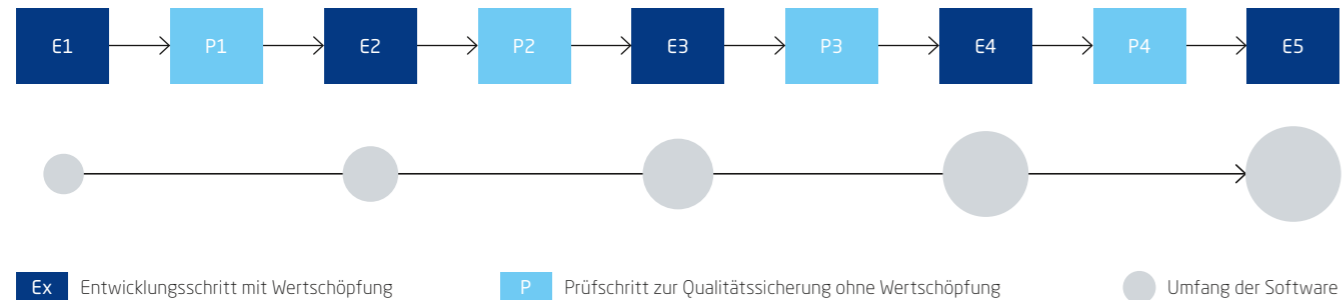


Bild 1: Klassische Entwicklungsmethoden binden Ressourcen bei der Übergabe an den nächsten Schritt.

Neue Wege einschlagen

Innerhalb von Kooperationen verschiedener Entwicklungspartner investiert die klassische Software-Entwicklung viel Zeit und Energie in die Absicherung vorangegangener Entwicklungsschritte. Oft erfolgt ein neuer Schritt erst, nachdem der vorhergehende abgeschlossen ist (Bild 1). Das Misstrauen in die Ergebnisse Anderer kostet Geld, ohne für den Endkunden einen Mehrwert zu schaffen.

Dagegen arbeiten bei einer kontinuierlichen, durchgängigen Virtualisierung und Integration sämtliche Entwicklungspartner in DevOps über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg am jeweils aktuellsten Modell- und Softwarestand. Schnell und einfach erstellte Minimum Viable Products (MVPs) ermöglichen zeitnahes Feedback. Kunden- und Entwicklerteams

erkennen Irrwege und Möglichkeiten früh und können die Erkenntnisse unmittelbar in die Serienentwicklung einfließen lassen. Die Absicherung erfolgt automatisiert auf das Objekt bezogen (Bild 2). Diese Continuous-X-Parallelisierung von Entwicklung und Test erhöht die Geschwindigkeit – insbesondere dort, wo sie die komplette Kette von Tier X bis zum OEM umfasst und weit über den Serienanlauf hinauswirkt.

Die Zusammenarbeit darf nicht an den Unternehmensgrenzen aufhören. Vielmehr arbeiten alle Partner gleichberechtigt. Sie sind befugt, ihren Stand zu integrieren und zu testen. Denn Geschwindigkeit und Interaktionen stehen im Vordergrund. Auch Open Source spielt eine wichtige Rolle.

Der Zugriff auf die Entwicklungsplattform und viele Entwicklungswerkzeuge erfolgt auf einer gehosteten Cloud-Plattform. Dort entwickeln Teams Lösungen entsprechend der Kundenbedürfnisse und des jeweils gewählten Geschäftsmodells.

Durchgängigkeit zwischen realer und virtueller Welt ist dabei essenziell für eine effiziente Arbeitsweise. Die Frage ist nur, ob diese schöne neue agile Welt einer Realität standhält, in der Menschen ihr Leben unserer Software anvertrauen.

Eigene Erfahrungen

Seit einigen Jahren setzen wir bei ETAS viele der erwähnten Ansätze um. Schritt für Schritt ersetzen wir klassische Organisationsstrukturen durch Scrum-Teams, die agile Methoden nutzen (siehe Seite 10). Die Entwicklung verlagert sich in die Cloud, wo unsere Experten mit Zulieferern zusammenarbeiten und dabei einfach auf Mess- und Entwicklungsdaten sowie aktuelle Entwicklungswerkzeuge zugreifen können. Ihr Fokus liegt voll und ganz auf der Funktionalität der Software.

Das direkte Verifizieren beim Abliefern schafft Vertrauen und senkt die Kosten. Insgesamt wirken sich die Veränderungen sehr positiv aus. Unsere Kunden bestätigen, dass wir in den betreffenden Bereichen schneller und besser geworden sind. Sie schätzen es, dass wir deutlich mehr crossfunktionale Lösungen anbieten können, die ihnen einen echten Mehrwert bringen.

Nach und nach richten wir auch unser Portfolio auf die durchgängige Entwicklungsmethodik aus. So können Ingenieure mit unserer Co-Simulations- und Integrationsplattform COSYM schon heute durchgängig auf MiL-, SiL- und HiL-Plattformen arbeiten – auch in der Cloud. Mit der Cloud-Integration unserer Systeme für Daten-Logging und der ETAS Analytics Toolbox (EATB) setzen wir neue Maßstäbe beim Kalibrieren großer Datenmengen. Und mit RTA-VRTE bieten wir ein AUTOSAR-Adaptive-Plattformsoftware-Framework für zukünftige mikroprozessorbasierte Fahrzeugcomputer an, auf denen Software aus verschiedensten Quellen läuft.

Die Messlatte höher legen

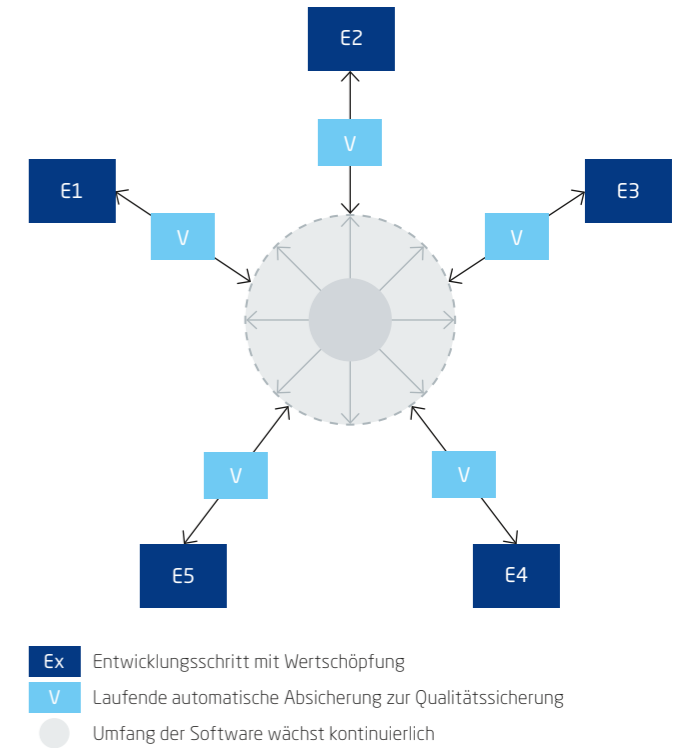
Wichtig für den Erfolg ist – analog zur IT-Welt – ein fortlaufendes Monitoring mit durchgängigen Key Performance Indicators (KPI). Diese Messgrößen müssen für alle Beteiligten einheitlich und transparent sein. Die Performance der Gesamtlösung steht über der der Einzelkomponenten. So ist gewährleistet, dass alle Beteiligten am gleichen Strang ziehen und der Kundennutzen im Vordergrund steht. Es wird nur gemeinsam mit allen wichtigen Stakeholdern gehen.

Fahrzeuge sind hochwertige Anschaffungen mit langer Lebensdauer. Auch künftig wird es in Bezug auf Speicher, Performance, Kosten, Umwelteinflüsse und lange Laufzeiten Restriktionen geben. Cybersecurity und IP-Schutz müssen im Fahrzeug über lange Zeiträume gewährleistet sein. Daher sind Entwicklungsansätze der IT-Welt nicht 1:1 auf unsere Anforderungen übertragbar; zumal auch juristischer Klärungsbedarf besteht. Das Ziel durchgängig vernetzter, virtualisierter und agiler Entwicklungsprozesse für Automotive-Software ist also noch ein Stück entfernt. Doch bestätigen uns die bisher positiven Erfahrungen darin, dass der von uns eingeschlagene Weg richtig ist.

Fazit

Es besteht dringender Handlungsbedarf. Wir alle stehen vor der Herausforderung, die Innovationskraft und Performance klassischer IT-Methoden auf die Entwicklung von Fahrzeugsoftware zu übertragen. Die Sicherheitsanforderungen und die Lebensdauer von Automobilen sowie der Kostendruck erfordern dabei neue Ansätze. Die Weichen werden jetzt gestellt.

Bild 2: Automatisierte Absicherung und parallele Entwicklung bei einem simultanen Entwicklungsablauf in der Cloud senken die Durchlaufzeit und erhöhen die Wertschöpfung.



Braucht es eine Evolution, eine Revolution oder neues Out-of-the-Box-Denken? Wir sind überzeugt, dass wir alle Varianten brauchen: Evolution unserer hohen Sicherheitsanforderungen, Revolution bei den Fahrzeugarchitekturen und konsequentes Out-of-the-Box-Denken bei der Entwicklungsmethodik für Automotive-Software, die künftig innovative, vernetzte und selbstfahrende Autos steuern wird.

Viele erfolgversprechende Lösungen haben wir schon im Portfolio. Weitere zukunftsfähige Ansätze sind im Entstehen. Wir freuen uns darauf, zusammen mit unseren Kunden und Partnern ein neues Leistungsniveau zu erreichen – und unsere Kunden so zu begeistern, wie es Dick Fosbury 1968 mit seiner neuen Sprungtechnik geschafft hat.

Autoren

Christoph Hartung ist Vorsitzender der Geschäftsführung der ETAS GmbH. **Günter Gromeier** ist Executive Vice President Sales bei der ETAS GmbH. **Jürgen Crepin** ist Senior Marketing and Communications Manager bei der ETAS GmbH.



Embedded meets IT

Automotive Embedded Software mit agilen Methoden und SAFe entwickeln

Der klassische Entwicklungsablauf im V-Modell hat lange gut funktioniert. Doch bei komplexen Softwaresystemen für das autonome, vernetzte Fahren stoßen Projekte mit diesem Ansatz an Grenzen. Ist plötzlich alles falsch? Die Antwort ist ein klares Jein.

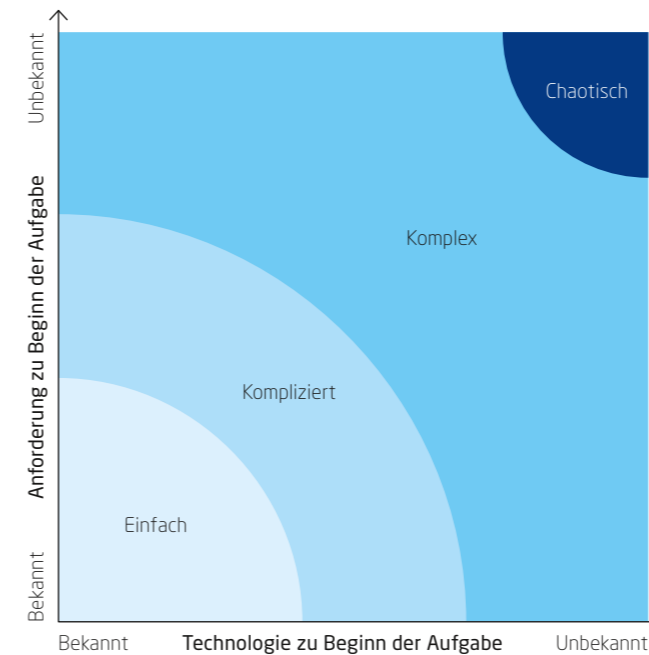
Software für vernetzte, autonome Fahrzeuge ist nie fertig. Sie wird laufend „Over-the-Air“ aktualisiert. Das hat Konsequenzen in der Entwicklung: Es ist kaum möglich, im Vorfeld die Komplexität der Projekte abzuschätzen. In manchen Bereichen fällt es schwer, das Entwicklungsziel bis ins letzte Detail zu beschreiben. Entwicklerteams fahren quasi auf Sicht: Stoßen sie beim klassischen Vorgehen auf technische Schwierigkeiten oder neue Aspekte, müssen sie oft einige Prozessschritte zurück – und mit ihnen alle Kollegen und Partner auf Lieferantenseite.

Bei ähnlichen Problemlagen greift die IT-Welt zu agilen Methoden: In kurzen Sprints entstehen Prototypen, die sofort mit den Kunden abgestimmt werden. Das Scaled Agile Framework (SAFe) dient als Methodenbaukasten, um das agile Vorgehen auf allen Ebenen der Produktentwicklung zu skalieren. Die Frage ist nur: Funktioniert das auch bei den hohen Sicherheitsanforderungen im Automotive-Umfeld?

Das richtige Werkzeug

Einen methodischen Königsweg gibt es in der Software-Entwicklung nicht. Je weniger am Anfang eines Projekts über die Anforderung und Technologie bekannt ist, desto wichtiger sind flexible Werkzeuge. Wer würde zum Hammer greifen, wenn noch unklar ist, ob er es mit Nägeln oder Schrauben zu tun bekommt? Ähnlich verhält es sich mit Entwicklungsmethoden: Ihr Nutzen wird erst klar, wenn die Aufgabenstellung bekannt ist (Bild 1).

Dave Snowdens Cynefin Framework (Bild 2) verhilft zu einer ersten Einschätzung. Bei einfachen Aufgaben mit klarem Ursache-Wirkungs-Zusammenhang kann sich die Projektplanung an „Best Practices“ orientieren. Dagegen sind bei komplizierten Aufgaben Analysen der Ursache-Wirkungs-Prinzipien oder Rückgriffe auf Expertenwissen gefordert, um das Vorgehen an Good Practices ausrichten zu können. Bis jetzt ist dieser Good-Practice-Ansatz das gängige Vorgehen für Automotive-Entwicklungsprojekte gemäß V-Modell.



■ Chaotisch (Lean Startup) ■ Komplex (Scrum, SAFe) ■ Kompliziert (V-Modell) ■ Einfach (Wasserfall)

Bild 1: Die Stacey Matrix von Ralph Douglas Stacey teilt Problemstellungen entsprechend Komplexität der Anforderung und Bekanntheit der Technologie auf.

Bild 2: Das Cynefin Framework – unterschiedliche Problemstellungen erfordern verschiedene Lösungsansätze.



Bei komplexen Problemen klärt sich die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung oft erst im Nachgang – und ist beim Projektstart nicht vollständig beschreibbar. Bei der Einführung neuer Technologien gehen Entwickler daher experimentell in kleinen Zyklen vor. Dieses inkrementelle Vorgehen mit agilen Arbeitsweisen und SAFe setzt sich in Entwicklungsprojekten für autonome, vernetzte Fahrzeuge durch. Als Steigerung nennt Snowden chaotische Problemstellungen. Wo ein erkennbarer Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung fehlt, müssen Entwickler per Trial and Error vorgehen und ihre Methoden ständig nachjustieren, um der Lage Herr zu werden. Dies ist das Vorgehen in Krisen.

Zwischenfazit: Welches Vorgehen auf schnellstem Weg zum Ziel führt, hängt in erster Linie von der Problemlage ab. Weil sich in der Realität Aufgaben ändern und technologische Erkenntnisse reifen, sollten Methoden flexibel genug sein, um zielgerichtet arbeiten zu können.

Ausrichtung auf das Ziel

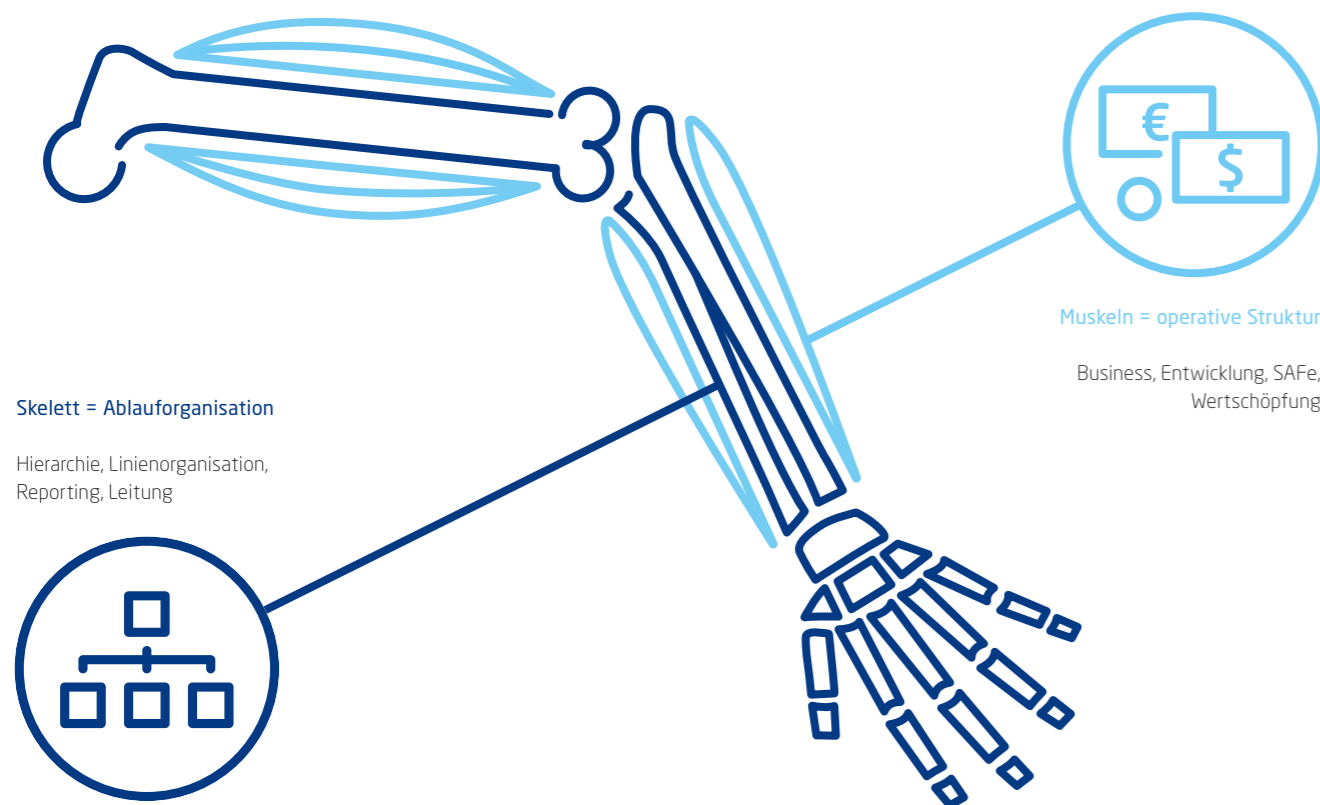
Bei der Entwicklung komplexer Fahrzeugsysteme mit unbekanntem Technologien ist es mit agilen Methoden möglich, inkrementell auf ein Entwicklungsziel hinzuarbeiten. Dabei gilt es, das Gesamtziel und die angestrebten Termine im Blick zu behalten. Die alles entscheidende Größe ist der Kundenerwartungswert. Das inkrementelle Vorgehen und die sofortige Abstimmung von Prototypen mit den Kunden ermöglichen es, bei Bedarf schnell umzusteuern. Alle Entscheidungen inklusive der Verteilung und Priorisierung aller Aufgaben fallen im Team. Um die Projekte dennoch effizient planen, die Aufgaben richtig priorisieren und letztlich die beste technische Lösung finden zu können, ist ein Höchstmaß an Transparenz und gegenseitigem Vertrauen gefragt.

Das Organisationsframework SAFe bündelt Organisations- und Workflow-Muster, die das agile Vorgehen unterstützen: Kanban, DevOps, Scrum und Customer/User Centricity sowie das Big Room oder Product Increment (PI) Planning. Letzteres bietet allen Beteiligten die Möglichkeit, Ideen und Visionen in einem (virtuellen) Raum zu sammeln, um die gemeinsame Marschroute daran abzustimmen – was der Verzahnung von Produktmanagement und Entwicklung dient.

Erfahrungen bei der Umsetzung

Seit knapp einem Jahrzehnt nutzt ETAS agile Methoden in der Software-Entwicklung. Dabei war deren stufenweise Einführung vom Umgang mit neuen Technologien getrieben. Nach einer initialen Heatmap-basierten Nutzen-Analyse starteten 2011 die ersten Teams. Sie fanden sich zügig in der agilen Methodik zurecht – Projekterfolge mehrten sich. 2014 stiegen im Bereich Embedded Systems und in der Hardware-Entwicklung weitere Teams auf agile Methoden um. Seit 2017 nutzt ETAS auch SAFe für die schrittweise Skalierung teamübergreifender Kollaboration und zur Arbeitssteuerung in der Entwicklung.

Bild 3: Die zwei Grundstrukturen in einer Organisation lassen sich mit Skelett und Muskeln vergleichen.



Zum Erfolg trug bei, dass die Gruppen- und Abteilungsleitung uneingeschränkt zu der neuen Methodik standen und diese forcierten. Doch gab es auch Herausforderungen. Früh erkannten die Pilotgruppen, dass es keine per se richtige oder falsche Vorgehensweise mehr gibt. Für jeden Einzelfall ist neu zu klären, welche Methode für die spezifische Problemlage am vielversprechendsten ist. Dabei sind die Stacey Matrix und das Cynefin Framework nützliche Hilfen. So konnten die Probleme leichter eingeordnet und ein gemeinsames Verständnis erzielt werden. Hitzige Diskussionen über die richtige Methode gehörten der Vergangenheit an.

Anfangs suchten die Teams individuelle Lösungs- und Optimierungswege, was zu Redundanzen im Portfolio führte: Komponenten mit ähnlicher Funktion wurden mehrfach entwickelt und auf den Markt gebracht, was bei Kunden Verwirrung stiftete, den Wartungsaufwand erhöhte und die Interoperabilität der Produkte behinderte. Dem wirkte ETAS 2014 mit dem Solutions-Prinzip entgegen. Solutions im ETAS Sinn sind Funktionalitäten, die auf dem Zusammenspiel mehrerer Produkte und Komponenten basieren. Jede Solution löst mindestens ein Kundenproblem. Die Interoperabilität der Einzelprodukte ist essenziell. Beim Umsetzen dieses Prinzips erwiesen sich die Meetings des PI Planning als unverzichtbar: Darin gelang die Ausrichtung an gemeinsamen Zielen – was spürbar veränderte Arbeitsweisen und regelrechte Motivationsschübe auslöste.

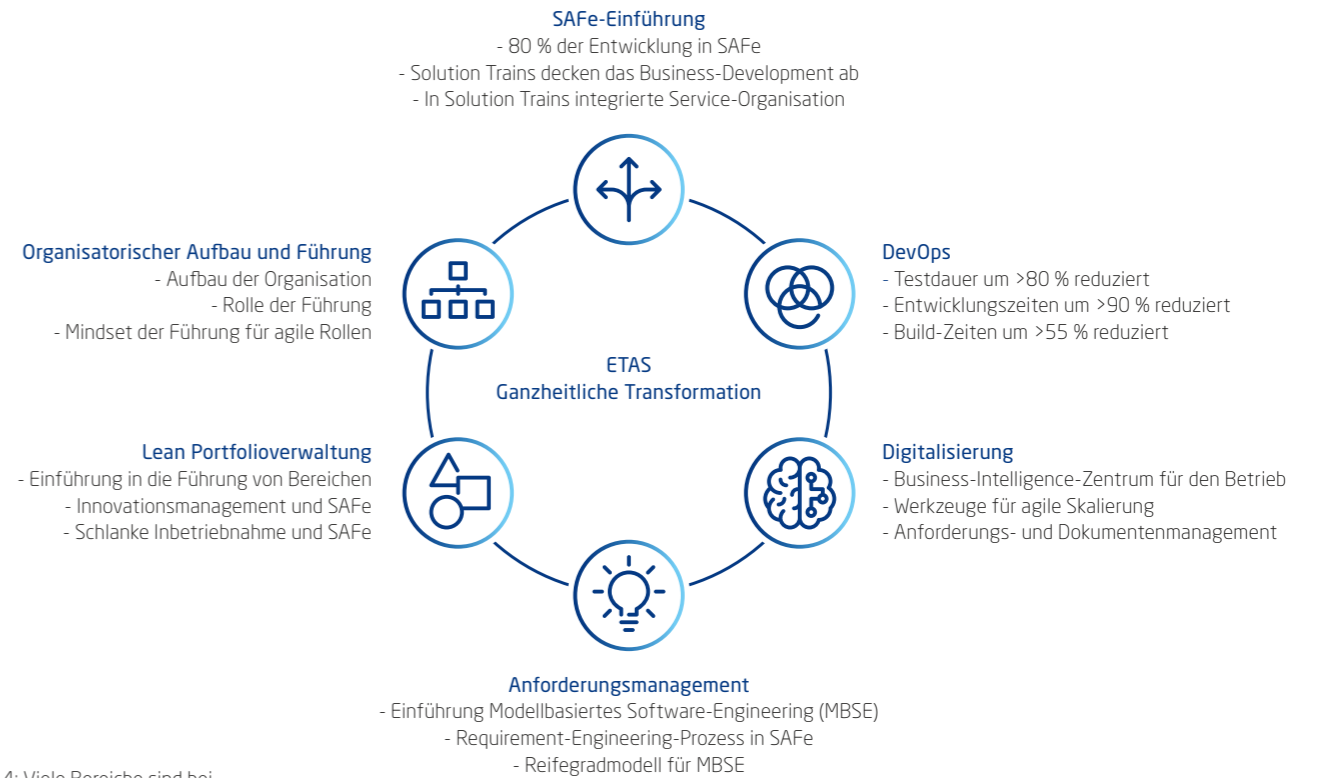


Bild 4: Viele Bereiche sind bei der Organisationsentwicklung beteiligt.

Weitere wichtige Erkenntnisse

Zur technischen Komplexität gesellte sich hoher Abstimmungsbedarf zwischen den Projekten, die im ETAS Portfolio eine Vielzahl von Abhängigkeiten und Wirkzusammenhängen zwischen den Produkten beachten müssen. Weil die Interoperabilität für Kunden ein zentraler Mehrwert der ETAS Lösungen ist, ging es darum, diese Abhängigkeiten besser handhab- und steuerbar zu machen. Das erfordert eine optimale organisatorische Einbettung der agilen Methodik. Hier kommt der Automatisierungsansatz DevOps ins Spiel: Er regt die Entwicklung (Development), IT-Administration (Operation) und Qualitätssicherung (QS) durch gemeinsame Anreize, Prozesse und Entwicklungswerkzeuge zur effektiveren Zusammenarbeit an.

Prozessoptimierung und Digitalisierung der Abläufe sind eng verzahnt. Wie die Muskeln und Knochen im menschlichen Bewegungsapparat, sind die operative, (Kunden-)wertschaffende Struktur und die Ablauforganisation untrennbar (Bild 3). Darum setzt die Einführung der agilen Methoden eine holistische Transformation in Gang (Bild 4). Diese läuft nicht von allein. Um Frustrationen und Zweifeln zu begegnen, hat es sich bewährt, gut vernetzte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zur Moderation abzustellen. Auch ein klares Commitment der Leitungsebene und das Definieren klarer Verantwortlichkeiten sind eine wichtige Voraussetzung.

Fazit: Positive Bilanz

Zehn Jahre nach der Einführung agiler Arbeitsmethoden ist die Bilanz positiv. Die Verlässlichkeit der Planung und die Kundenzufriedenheit sind spürbar gestiegen. Auch im neuen Arbeitsmodell erfüllen wir unabdingbare Sicherheitsanforderungen gemäß ASPICE oder ISO 26262. Gestiegene Produktivität, zufriedener Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und höhere Zuverlässigkeit bestätigen unseren Weg. Im Bosch-Konzern und in der SAFe-Welt gilt unser Vorgehen als richtungsweisend. Und ganz nebenbei erweist sich unsere gelebte agile Methodik als gutes Argument im hart umkämpften Fachkräftemarkt. Auch das hilft, Kurs zu halten: Agil in die vernetzte Zukunft.

Autoren

Richard Mutschler ist Chief Chapter Lead Agile Leadership und Head of Lean Agile Center of Competence & Solution Train Engineer bei der ETAS GmbH. **Oliver Trost** ist Chief Chapter Lead im Bereich Produktmanagement bei der ETAS GmbH. **Jürgen Crepin** ist Senior Marketing and Communications Manager bei der ETAS GmbH.

Einführung von SAFe bei ETAS

Interview mit Günter Gromeier und Adrian Hanusseck

ETAS startete das Scaled Agile Framework (SAFe) für die beiden Anwendungsbereiche Measurement, Calibration, and Diagnostics (MCD) und Software Engineering (SE). RealTimes schaut in diesem Interview hinter die Kulissen und spricht mit Günter Gromeier, Executive Vice President Sales, und Adrian Hanusseck, Vice President Engineering.

Betrifft SAFe in erster Linie die Entwicklung?

Günter Gromeier: Wir sind beide gleichermaßen an der Einführung dieses Projekts beteiligt.* Mit SAFe gibt es keine feste Trennlinie zwischen Produktmanagement und Entwicklung. Unsere jeweiligen Rollen im Portfoliomanagement und im Engineering Management ergänzen sich und wir arbeiten eng zusammen.

Was sind die wichtigsten Veränderungen?

Adrian Hanusseck: Unser Ziel ist es, ETAS durch die systematische Anwendung agiler Organisationsprinzipien fit für die Zukunft zu machen. Eine der Fragen, die wir uns stellen mussten, war, welche Organisationsform wir brauchen, um unser Geschäft auszubauen. Bisher hatten wir eine klassische Aufbauorganisation, in der die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter den Gruppen und Abteilungen zugeordnet waren. Aber wir hatten beobachtet, dass Konflikte durch sich überschneidende Verantwortlichkeiten und Rollen entstanden. Das kostete uns unnötig Zeit und Kraft. Auch war es schwierig, die teilweise bestehende Scrum-Teamorganisation zu skalieren. Was wir brauchen, ist eine neue Aufbauorganisation, welche die organisatorische Ausrichtung stärkt, die Reaktionsfähigkeit und Effizienz durch Vereinfachung der Kommunikation und Synchronisation verbessert und es den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ermöglicht, ihre Fähigkeiten in einem modernen, unterstützenden Umfeld zu entwickeln.

Welches sind die größten Veränderungen, die sich aus der Einführung von SAFe ergeben?

Günter Gromeier: Am sichtbarsten ist die Aufteilung unserer Struktur in eine Ablauforganisation (Trains) und eine Aufbauorganisation (Chapters). Darüber hinaus verändern wir unseren Stil der Zusammenarbeit, um alle potenziellen Vorteile von SAFe nutzen zu können. Entscheidungen werden nicht mehr von Einzelpersonen innerhalb einer Hierarchie getroffen.

Stattdessen sind die Verantwortlichkeiten auf eine Reihe verschiedener Rollen verteilt.

Wie arbeiten Chapter und Trains zusammen?

Adrian Hanusseck: In den Chapters sind alle Personen zusammengefasst, die über ähnliche Fähigkeiten verfügen und ähnliche Rollen und Aufgaben wahrnehmen. Aus diesem Pool speisen sich die Projekte. Diese sind in Agile Release Trains organisiert. Sie definieren die Ziele für Projekte und Solutions und legen die Prioritäten sowie die Budgets fest. Mit dieser Struktur wollen wir eine größere Motivation und Zufriedenheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, eine verbesserte Zusammenarbeit, Planung, Transparenz und organisatorische Ausrichtung an der Unternehmensstrategie erreichen.

Wie sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf diese Veränderungen vorbereitet worden?

Günter Gromeier: Wir waren bei der Zuweisung der neuen Rollen sehr transparent und haben verschiedene Workshops und Schulungen durchgeführt. Die Entwicklung der neuen Aufbauorganisation steht so auf einem breiten Fundament. Auch Leitung, Personalabteilung und Betriebsrat waren von Anfang an eng eingebunden.

Sind wir schon am Ziel?

Adrian Hanusseck: Solche großen Veränderungen brauchen Zeit, um sich zu etablieren. Wir sind aber vom Erfolg überzeugt und werden den eingeschlagenen Weg weitergehen. Das Feedback unserer Kunden bestärkt uns dabei.

Danke für diesen Einblick in die neue ETAS Welt.

* Zum Zeitpunkt des Interviews war Günter Gromeier Vice President Marketing, Business Strategy, and Portfolio Management bei der ETAS GmbH.



Günter Gromeier (links) und Adrian Hanusseck (rechts).

„Wir sind vom Erfolg überzeugt und werden den eingeschlagenen Weg weitergehen.“

Adrian Hanusseck

Gemeinsam erfolgreich!

Abgestimmte Entwicklungslösungen sind der Schlüssel zum Erfolg

Veränderung, Transformation und Ungewissheit sind die Begriffe, welche die aktuelle Situation in der Automobilindustrie wohl am besten beschreiben. E-Mobilität, Vernetzung, (teil)automatisiertes Fahren, Mobility-Services, Automotive Apps ... die Liste der technischen Herausforderungen lässt sich beliebig fortsetzen. Was wird wie schnell auf den Markt kommen? Genau weiß das niemand. Eines haben viele Innovationen aber gemeinsam: Software spielt bei den meisten von ihnen die zentrale Rolle.

Der Veränderungsdruck ist enorm. Große Player aus der IT-Welt drängen auf den Markt. Neue Mobility-Geschäftsmodelle für Fahrzeuge im Feld gewinnen an Bedeutung. Viele Softwareprojekte werden von der Hardware abgekoppelt entwickelt. Zusätzlich gelten für Automotive-Software höchste Sicherheitsanforderungen – besonders im ADAS/AD-Bereich. Es gilt also, innovative Software schnell, sicher und ökonomisch auf den Markt zu bringen und diese laufend im Feld zu aktualisieren. Agile Entwicklungsmethoden, virtuelle Validierung sowie Continuous Integration und Deployment (CI/CD) sind Voraussetzungen für den Erfolg.

Betrachtet man die Entwicklung genauer, kann man unter anderem vier wichtige Bereiche identifizieren: funktionale Anwendungssoftware, Middleware für mikrocontroller- und mikroprozessorbasierte Hardware, holistische Lösungen für Cybersecurity und Entwicklungswerkzeuge für eine effiziente und sichere Entwicklung von komplexen Systemen mit großen Datenmengen, die schnellste Entwicklungszyklen ermöglichen; sei es am klassischen Entwicklerarbeitsplatz oder in der Cloud.

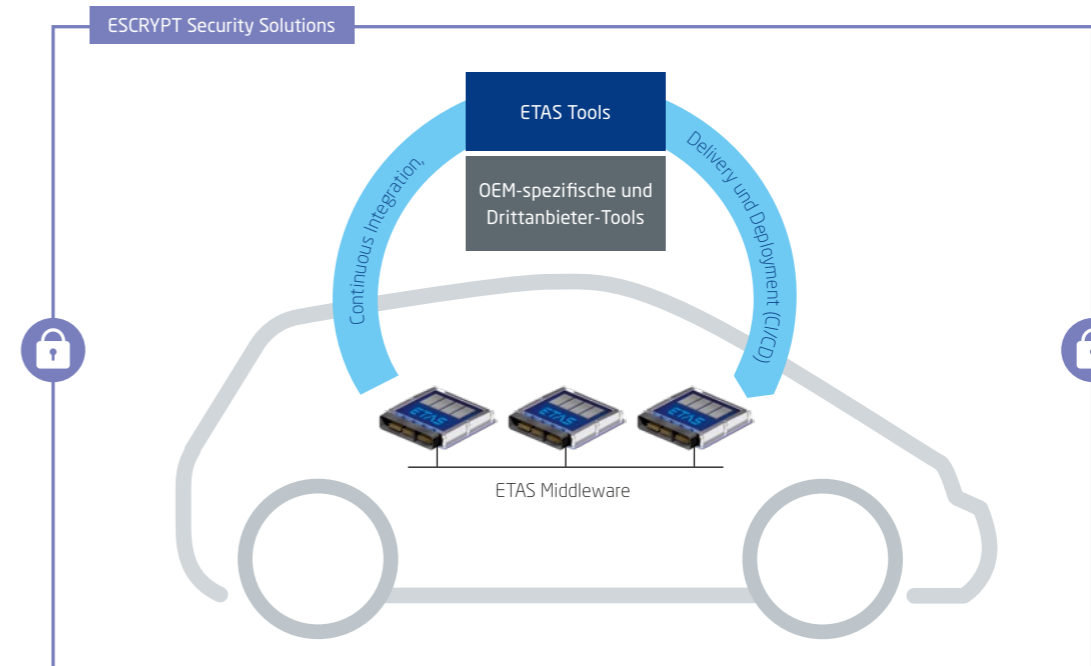
Während die Anwendungssoftware für den OEM differenzierend ist, bieten Middleware, Security und Werkzeuge ein großes Potenzial für Standardisierung und gemeinsame Entwicklungsplattformen. Dies ergibt neben Synergieeffekten auch ein höheres Maß an Sicherheit. Denn der Aufwand für den Nachweis der funktionalen Sicherheit und die Maßnahmen für durchgängige Security steigen überproportional zur Komplexität, dem Vernetzungsgrad und der Updatehäufigkeit der Software. Diese Aufgabe lässt sich nur gemeinsam bewältigen.

So können sich die OEMs und ihre Zulieferer auf die eigentlich differenzierende Anwendungsfunktionalität konzentrieren, schnell zum Ziel gelangen und gleichzeitig ihre Software optimieren. Zentraler Aspekt für den Erfolg ist, dass Middleware, Security-Lösungen und Entwicklungswerkzeuge aufeinander abgestimmt sind. Nur so können die Entwicklungspartner eine hohe Effizienz erzielen.

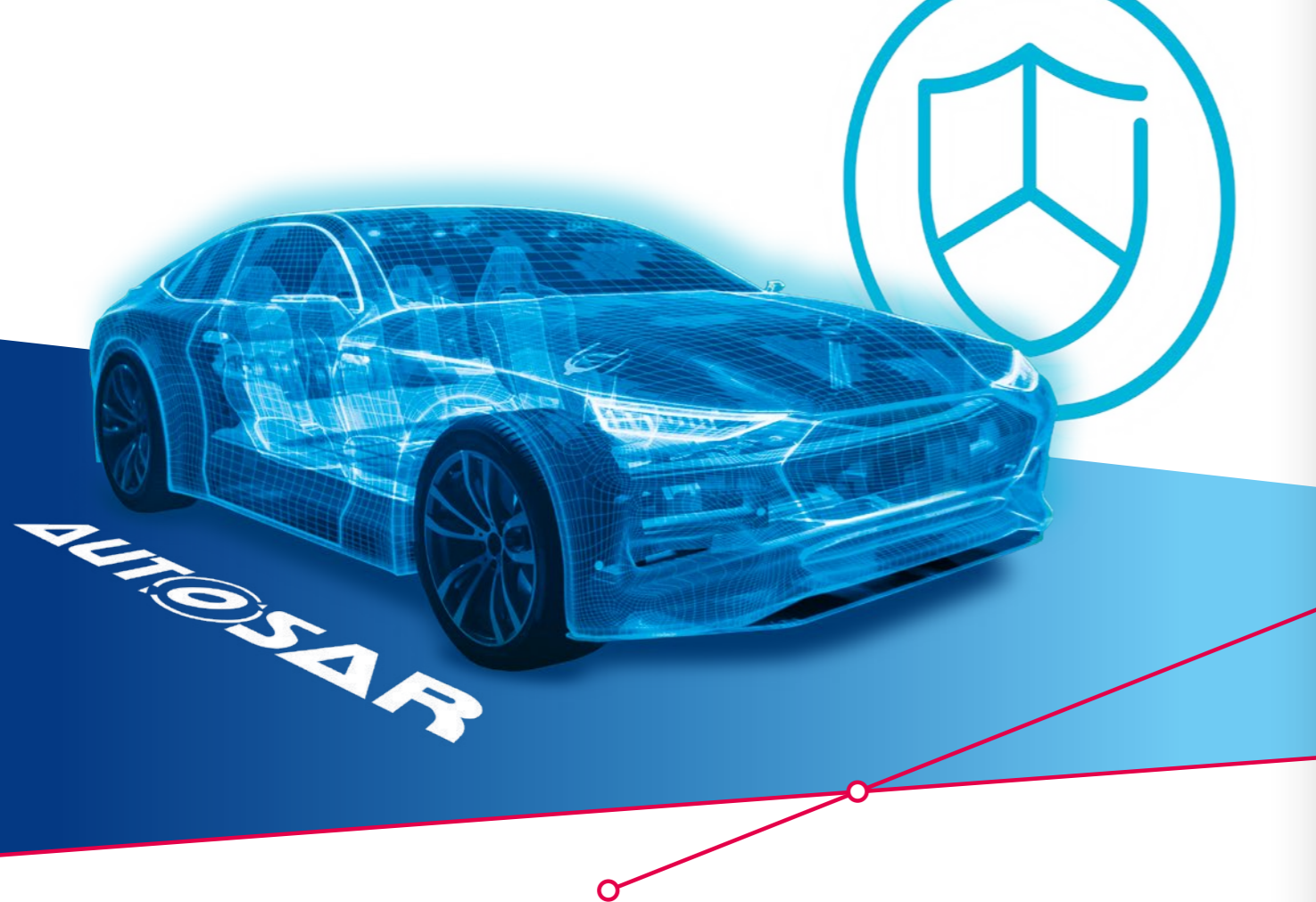
Wir bei ETAS sehen uns als wichtigen Enabler, damit unsere Kunden in diesem sehr herausfordernden Marktumfeld erfolgreich, sicher und schnell am Ziel ankommen, sei es bei der Entwicklungseffizienz, der Optimierung von Software, einer umfassenden Middleware oder holistischer Cybersecurity. Geschwindigkeit und Umfang der Veränderungen in der Automotive-Software-Entwicklung waren noch nie so groß wie heute. Eine gute Zusammenarbeit sowie Partnerschaften sind dabei wichtiger denn je. Die Zeit der reinen Insellösungen ist definitiv vorbei. Wir sind bereit!

Autoren

Günter Gromeier ist Executive Vice President Sales bei der ETAS GmbH. **Jürgen Crepin** ist Senior Marketing and Communications Manager bei der ETAS GmbH.



Abgestimmte Middleware, Security-Lösungen und Entwicklungswerkzeuge ermöglichen effiziente CI/CD-Entwicklungsprozesse.



Cybersecurity inklusive

Sicherheit für AUTOSAR-Adaptive-Architekturen

Der Weg zum intelligent vernetzten Fahrzeug führt über AUTOSAR Adaptive. Für verlässlichen Schutz gegen Cyberangriffe hält dieser Standard Security-Funktionen bereit, die sich per Plattformsoftware-Framework schon heute in die E/E-Architekturen von morgen integrieren lassen.

E/E-Architekturen mit signalbasierter Vernetzung und funktional aufgeteilten Steuergeräten (ECUs) stoßen in vernetzten und hochautomatisierten Fahrzeugen an ihre Grenzen. Die Forderung nach Autonomie und Konnektivität führt dazu, dass zentrale, hochperformante Vehicle Computer (VCs) und Domänencontroller (DCUs) die strategischen Entscheidungen zentral treffen. Sensor- und Aktor-Steuergeräte führen dann nur noch die Befehle aus.

Die AUTOSAR-Adaptive-Plattform setzt den Rahmen für diese neuen E/E-Architekturen. Sie erlaubt es, Anwendungssoftware dynamisch anzupassen und schafft mit der Schnittstelle „AUTOSAR Runtime for Adaptive Applications“ (ARA) die Verbindung zum POSIX-basierten Betriebssystem, wie

zum Beispiel Linux (Bild 1). Für den sicheren Betrieb von Software unterschiedlicher Anbieter und verschiedener ASIL-Kategorien auf den VCs ist deren vorkonfigurierte Partitionierung per Hypervisor vorgesehen.

Cybersecurity-Management

Intelligent vernetzte Fahrzeuge sind nicht mit Einzelmaßnahmen abzusichern. Ganzheitliche Konzepte auf Basis von Risikoanalysen der gesamten Fahrzeugarchitektur sind gefragt. Diese gilt es, auf die Security-Anforderungen der einzelnen Komponenten, ECUs sowie deren logische Partitionen herunterzubrechen. Um dies umzusetzen, ist in AUTOSAR Adaptive ein Basis-Set an Security-Funktionen integriert, mit dem Entwickler den quantitativ und qualitativ wachsenden Schutzbedarf

der vernetzten automatisierten Fahrzeugsysteme adressieren können. Da die zentralisierte, softwarebasierte E/E-Architektur auch die Datenlasten unter Echtzeitbedingungen in die Höhe treibt, müssen Security-Maßnahmen entsprechend performant ausgelegt werden. Dafür sind in AUTOSAR Adaptive die nachfolgend vorgestellten Security-Funktionen integriert (Bild 2 nächste Seite).

Kryptografie als „Schlüssel-Komponente“

Viele Security-Anwendungsfälle setzen auf kryptografische Primitive, um zum Beispiel vertrauliche Daten zu verschlüsseln oder die Signatur von Software-Updates zu verifizieren. Die dafür nötigen kryptografischen Schlüssel und Zertifikate müssen sicher gespeichert, von einer autorisierten Anwendung verwaltet und zuweilen über mehrere Steuergeräte synchronisiert werden. In AUTOSAR Adaptive werden diese Primitive durch den „Cryptography Functional Cluster“ (auch Crypto API genannt) bereitgestellt. Er bietet eine Abstraktion der bereitgestellten Schnittstellen und erhöht somit die übergreifende Software-Portabilität.

Für sicheren Datenaustausch setzt AUTOSAR Adaptive auf moderne Standards, darunter TCP/IP-Kommunikation via Ethernet. Über die in der IT-Welt etablierten Protokolle TLS und IPSec lassen sich sichere Kanäle für die Kommunikation im Fahrzeug und mit externen Instanzen konstituieren, die nicht manipuliert oder abgehört werden können.

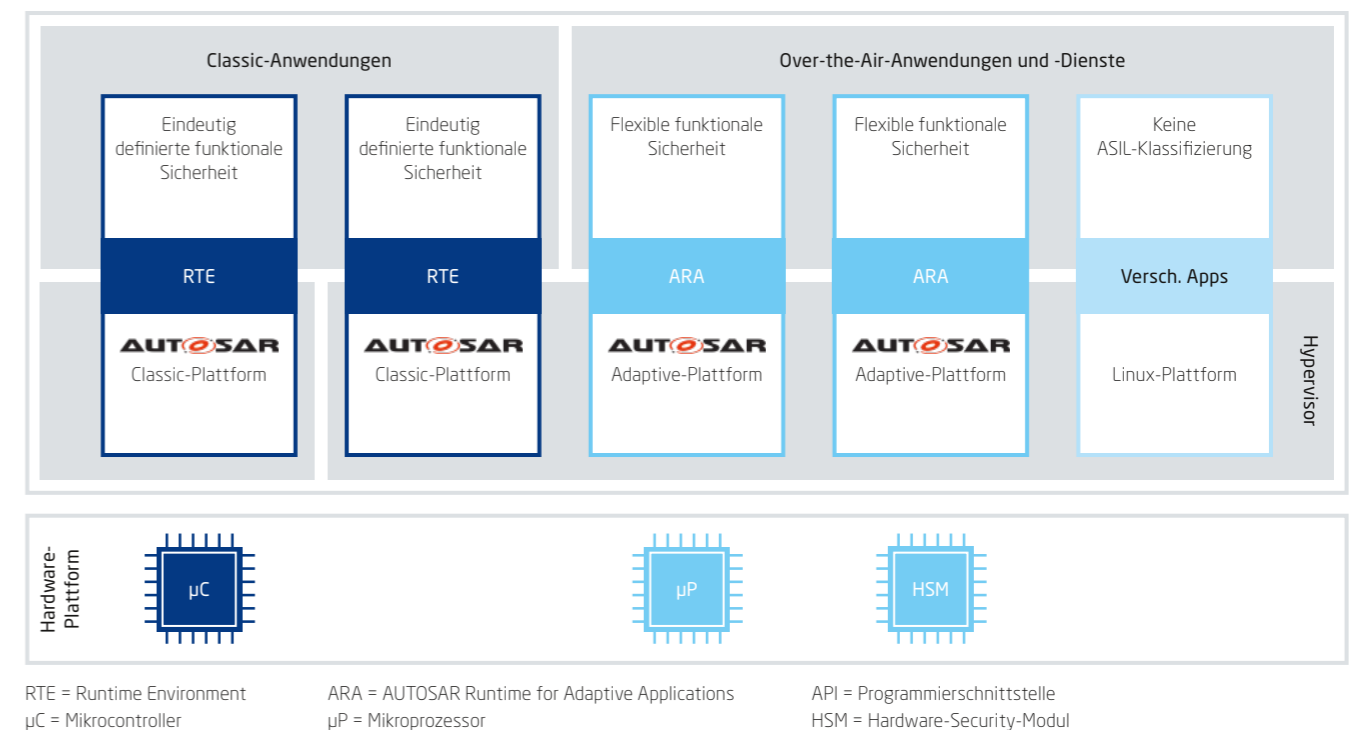
AUTOSAR Adaptive regelt den Zugriff auf Systemressourcen, wie persistente Speicher, Kommunikationskanäle, kryptografische Schlüssel etc. Mit dem AUTOSAR-Modul Identity- und Access-Management steht ein Torwächter bereit, der nur explizit autorisierte Anwendungen auf die jeweilige Ressource zugreifen lässt. Die Zugriffsrechte lassen sich bedarfsgerecht konfigurieren und jederzeit aktualisieren.

Secure Update und Trusted Platform

Die Secure-Update-Funktion in AUTOSAR Adaptive hilft dabei, (zum Beispiel mithilfe von Intrusion Detection System, IDS) erkannte Schwachstellen zu beheben. Dazu empfängt und verarbeitet sie Security-Updates für einzelne Applikationen oder sogar für die gesamte Plattform. Die einzelnen Update-Blobs werden dabei vom Backend signiert, sodass nur Updates aus vertrauenswürdiger Quelle ausgeführt werden.

Neben den Updates brauchen auch die Anwendungen auf ECUs und VCs eine regelmäßige Überprüfung. Dazu dient Secure Boot beziehungsweise die Trusted-Platform-Funktion in AUTOSAR Adaptive. Sie verifiziert als Vertrauensanker (Trust Anchor) alle Anwendungen und die Plattform als solche. Indem so eine Vertrauenskette vom Boot über die Plattform bis zur Anwendung aufrechterhalten wird, ist sichergestellt, dass nur vertrauenswürdige Software ausgeführt wird.

Bild 1: Während AUTOSAR-Classic-Systeme mit harten Echtzeitanforderungen unterstützt, profiliert sich AUTOSAR Adaptive als Standard für dynamische Anwendungen.



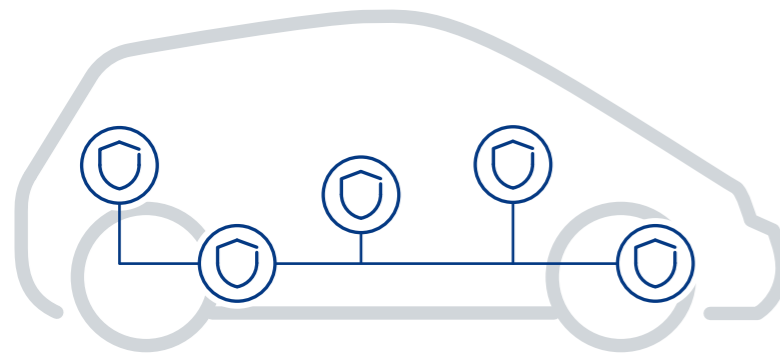


Bild 2: Zentrale Security-Komponenten in AUTOSAR Adaptive.

Security-Komponenten in AUTOSAR Adaptive

- **Krypto-Stack** zur Verwaltung von Schlüsselmaterial und Zugriff auf Krypto-Primitive
- **Sichere Kommunikation** über die etablierten Protokolle TLS und IPSec
- **Zugriffsschutz** für sensible Ressourcen (z. B. Schlüssel) über das Modul Identity- und Access-Management
- **Sichere Updates** von einzelnen Applikationen bis hin zur kompletten Plattform
- **Authentische Software** durch Fortführung der Secure-Boot-Vertrauenskette im Rahmen der „Trusted Platform“

RTA-VRTE:

Plattformsoftware-Framework für AUTOSAR Adaptive

Für künftige Anwender von AUTOSAR Adaptive ist es von existenzieller Bedeutung, sich schon heute mit der neuen Architektur vertraut zu machen. Das Plattformsoftware-Framework RTA-VRTE (Vehicle Runtime Environment) bietet dafür die ideale Basis; sei es zur Integration und Implementierung von Security-Funktionen oder für alle weiteren AUTOSAR-Adaptive-konformen Prozesse.

RTA-VRTE enthält alle wichtigen Middleware-Elemente für mikroprozessorgestützte Fahrzeugrechner. Das Plattformsoftware-Framework erlaubt es, die Funktion virtueller ECUs auf herkömmlichen Desktop-PCs zu simulieren und per Ethernet zu vernetzen. RTA-VRTE erzeugt dazu eine virtuelle Maschine, die eine aus vier Ebenen aufgebaute Basissoftware-Architektur enthält. Auf einer fünften Ebene sind dann die fahrzeugspezifischen Plattformservices aufgesetzt (Bild 3).

Die Ebenen 1 und 2 beheimaten Infrastruktursoftware der eingesetzten Hardware (zum Beispiel Gerätetreiber) und ein POSIX-konformes Betriebssystem. Zudem birgt Ebene 2 Elemente, die sich aus den AUTOSAR-Adaptive-Spezifikationen ableiten – zuvorderst das Execution Management. Dieses verwaltet die dynamisch zugewiesenen Anwendungen, stellt sicher, dass sie korrekt starten und enden und es wacht über das Einhalten der zugewiesenen Ressourcen- und Ausführungslimits. Damit ist das Execution Management in puncto IT-Sicherheit eine Schlüsselfunktion: Es stellt die Trusted Platform bereit und prüft die Integrität und Authentizität der Adaptive-Anwendungen. So werden etwaige Manipulationen oder Beschädigungen schon vor dem Start erkannt.

Bild 3: Das Fünf-Ebenen-Modell der RTA-VRTE unterstützt die wichtigen Softwarefunktionen und -anforderungen für Vehicle Computer.

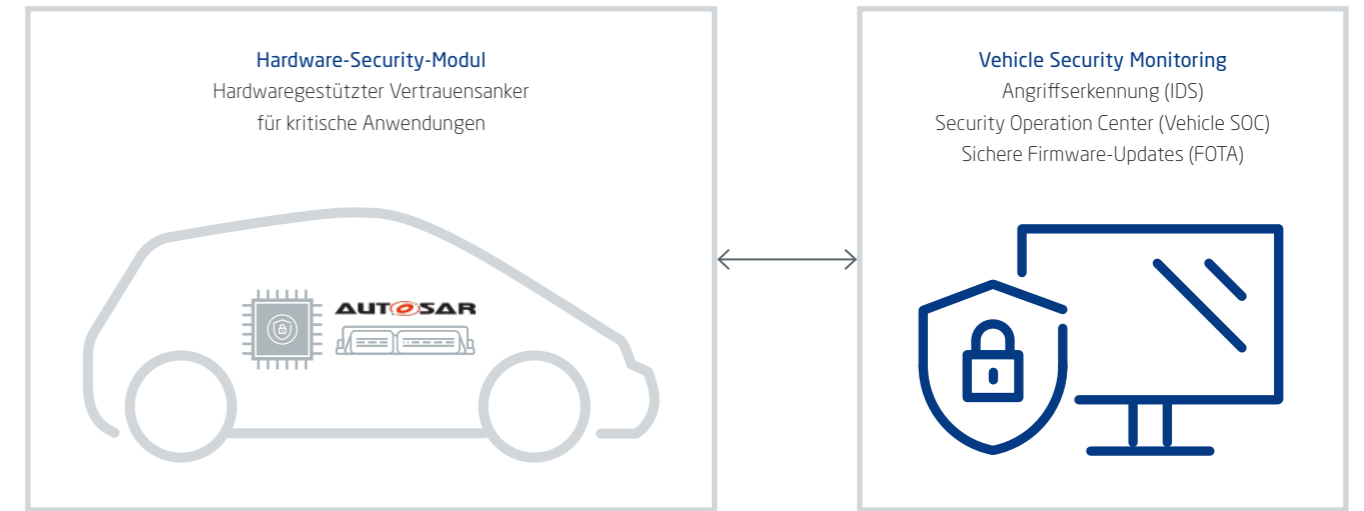
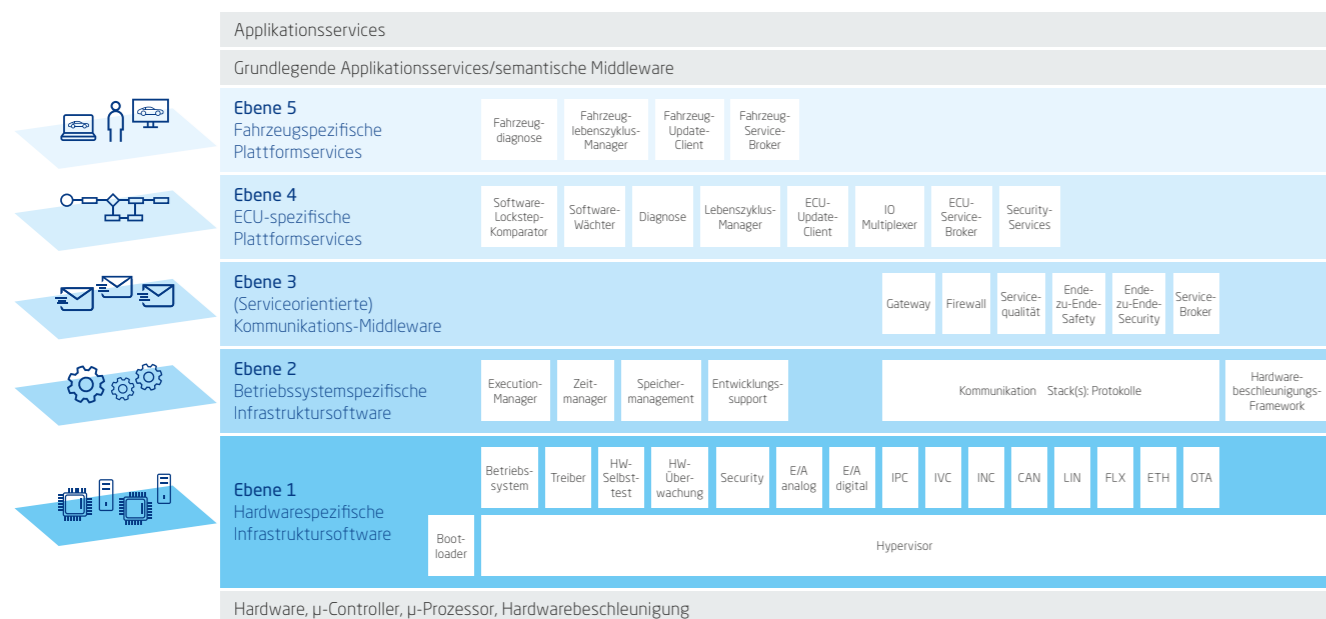


Bild 4: Ganzheitliche Automotive-Cybersecurity mit Hardware-Security-Modul als Vertrauensanker im Mikrocontroller und Vehicle Security Monitoring über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus hinweg.

Daneben stellt eine Kommunikations-Middleware auf Ebene 3 sicher, dass die dynamischen, flexiblen Adaptive-Anwendungen und die anderen Software-Anwendungen im System interagieren können. Als Kernkomponente des RTA-VRTE steuert und regelt das Kommunikationsmanagement die Interaktion zwischen den Ebenen und garantiert den reibungslosen Betrieb der gekapselten Software inklusive der steuergeräte- und fahrzeugabhängigen Plattformservices auf den Ebenen 4 und 5. Im Sinne einer sicheren End-to-End-Kommunikation zwischen den Services authentifizierter Anwendungen hat diese Funktion ebenfalls hohe Relevanz für die Cybersecurity.

Das RTA-VRTE-Kommunikationsmanagement samt steuergerätespezifischen Diensten auf Ebene 4 bietet Anwendungsentwicklern ein vielseitiges Rahmenwerk für Automotive-Anwendungen. Für die Security ist auf dieser Ebene ein Update and Configuration Manager (UCM) verfügbar, der authentifizierte Updates einzelner Anwendungen unterstützt und über die gesamte Plattform hinweg koordiniert. Auf Ebene 5 des RTA-VRTE lassen sich im Sinne von AUTOSAR++ Funktionen für das Gesamtfahrzeug oder sogar für die gesamte Flotte integrieren – bis hin zu robusten Over-the-Air-Updates des RTA-VRTE-AUTOSAR-Adaptive-Anwendungssets.

Ausblick:

Ganzheitliche Security über AUTOSAR Adaptive hinaus

Seit 2020 wird RTA-VRTE weltweit in Projekten eingesetzt, die AUTOSAR-Adaptive-Fahrzeugplattformen für die Serienproduktion zum Ziel haben. Daneben bieten ETAS und ESCRYPT ein Early Access Program (EAP) an, mit dem OEMs und Zulieferer die Entwicklungsmethodik hybrider E/E-Architekturen

der nächsten Generation erarbeiten – und dabei die bereits in AUTOSAR Adaptive verfügbaren Security-Komponenten implementieren.

Über diese Security-Bausteine hinaus setzt ein wirklich umfassender Schutz vernetzter, automatisierter Fahrzeuge ganzheitliche Cybersecurity-Konzepte voraus. Das beginnt bei Hardware-Security-Modulen (HSMs) als Vertrauensanker, um kryptografisches Schlüsselmaterial im VC-Mikrocontroller oder in ECUs physikalisch zu kapseln. Es reicht bis zu einem flottenweiten Schutz des Fahrzeugs über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg, mitsamt einer im Fahrzeug eingebetteten Angriffserkennung, einem Vehicle Security Operation Center (VSOC) im Backend und Security-Updates via Firmware-Over-the-Air (FOTA), (Bild 4).

Das Plattformsoftware-Framework RTA-VRTE versetzt Entwickler in die Lage, AUTOSAR-Adaptive-basierte E/E-Architekturen schon heute virtuell zum Leben zu erwecken. Damit erweitert es die Basis für einen ganzheitlichen Schutz vor Cyberangriffen, der sich im Fahrzeug der Zukunft vom Mikrocontroller über das fahrzeuginterne Netzwerk bis zum lebenslangen, flottenweiten Monitoring erstrecken wird.

Autoren

Dr. Michael Peter Schneider ist Project Manager AUTOSAR Security bei der ESCRYPT GmbH. **Dr. Stuart Mitchell** ist RTA-VRTE Senior Product Manager bei der ETAS GmbH.

Per Cloud und AI zum abgasarmen Antrieb

Enormer Effizienzgewinn durch cloudbasierte Simulation

Die Ausrichtung der Abgasgesetzgebung an Real World Emissions löst einen neuen Komplexitätsschub in der ohnehin aufwendigen Powertrain-Entwicklung aus. Damit der Zeit- und Kostenaufwand von Fahr- und Prüfstandtests nicht ausufert, treibt ETAS deren Virtualisierung voran. In Verbindung mit cloudbasierter Simulation und Artificial Intelligence (AI) tut sich eine neue Entwicklungslandschaft auf, die die gesetzeskonforme Auslegung abgasarmer Antriebe auf eine ganz neue Effizienzstufe hebt.



Die Entwicklung moderner Fahrzeuge ist ein hochkomplexer Prozess. Das gilt erst recht für den Powertrain. Tausende Funktionen greifen ineinander. Hunderte Entwickler arbeiten parallel über Abteilungs- und Unternehmensgrenzen hinweg an Motor-, Nebenaggregaten und Steuererätefunktionen. Jede Änderung kann sich auf die Arbeit aller anderen auswirken. Zur Prüfung und Messung der Einflüsse auf das Fahrverhalten, die funktionale Sicherheit oder die Emissionen dienen jeweils Prüfstandtests und Fahrversuche mit sehr teuren Prototypen und teurem Messequipment. Doch hier tut sich ein Problem auf: Reale Testfahrten sind nicht reproduzierbar, da Verkehr,

Witterung, Fahrverhalten und weitere Parameter von Fahrt zu Fahrt variieren. Es ist daher äußerst ineffizient, Auswirkungen von Systemänderungen in realen Tests zu erproben, zumal Versuchsträger knapp und Fachkräfte nicht immer verfügbar sind. Zudem erfordern gerade Tests in Kältezonen oder Höhenlagen oft lange Anreisen. Virtualisierung gilt als Schlüssel zu reproduzierbaren Testresultaten, schnelleren Entwicklungszyklen und zur Beherrschung der Komplexität im Entwicklungsprozess. Im Optimalfall dienen reale Tests und Messungen nur noch der Verifizierung von Simulationen.

Bild 1: Zeitaufwand der Fahrzeugvalidierung – früher und heute.



Virtualisierung systematisch vorantreiben

ETAS hat das Potenzial der Virtualisierung früh erkannt und baut seit Jahren ein Lösungsportfolio für die Simulation einzelner Aggregate und ganzer Fahrzeuge auf. Diese Vorarbeiten erweisen sich nun, wo immer komplexere Antriebsstränge in steigender Variantenvielfalt an die Abgasgesetzgebung der Stufen Euro 6d-Temp und Euro 7 anzupassen sind, als Ausweg aus der Komplexitätsfalle. Denn Emissionsmessungen müssen künftig im realen Fahrbetrieb erfolgen. Real Driving Emissions (RDE) werden mit Portable Emission Measurement Systems (PEMS) gemessen. Als sicherster Weg, Compliance gegenüber den neuen Regularien herzustellen, gilt engmaschiges statistisches Evaluieren der Fahrzeugemissionen. Doch damit droht der Test- und Validierungsaufwand auszuufahren. Hier hilft Simulation. Wo es gelingt, Fahrzeuge inklusive der Funktionen von Motor, Nebenaggregaten, Chassis, Reifen bis hin zur Abgasnachbehandlung und auch das Zusammenspiel der Fahrzeugdomänen unter verschiedensten Umwelteinflüssen detailgetreu zu simulieren, sinkt der Testaufwand drastisch. Das setzt allerdings realistische Fahrer- und Streckenmodelle voraus.

Ist eine solche realitätsnahe Simulationslandschaft verfügbar, ergeben sich klare Vorteile: Die Anzahl teurer Fahrzeugprototypen kann reduziert werden. Aufwändige Vorbereitung, wie das Temperieren des Fahrzeugs, das Kalibrieren der Messinstrumente oder das Zurücksetzen der Steuergeräte entfallen. Und weder Messfehler noch gelöste Kabel bringen Zeitpläne durcheinander. Die Planbarkeit in der Validierungsphase steigt.

Cloud eröffnet neue Effizienz- und Qualitätspotenziale

So seltsam es klingt – beim Umstellen auf RDE-Abgasmessungen erweist sich die Realität als großes Hindernis. Sie verhindert identisch wiederholte Testfahrten, birgt das Risiko von Messfehlern und zeitsparendes Parallelisieren von Tests ist kaum möglich. Hinzu kommt der Aufwand für Tests unter verschiedenen klimatischen und topografischen Bedingungen. Auch lassen sich aus finanziellen und organisatorischen Gründen nicht beliebig viele Testfahrer für RDE-Messungen einsetzen.

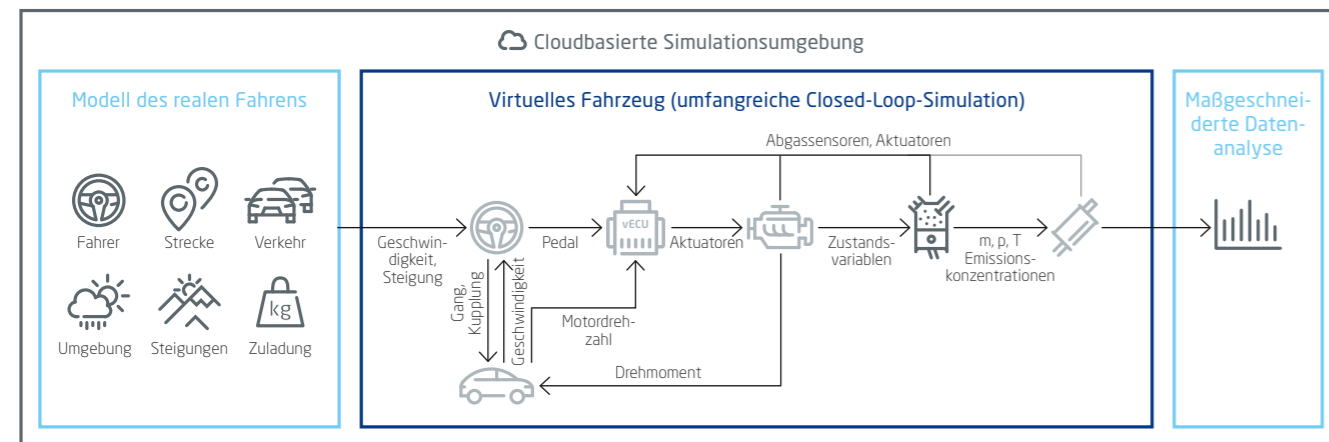
Vollständige Abdeckung der Entwicklung mit Testdaten gelingt daher nur, wo erfahrene Experten die Testfahrten im Vorfeld exakt designen. Mit steigendem Testaufwand werden sich aber auch hier Unsicherheiten und Engpässe auftun. Dagegen lassen sich mit qualitativ hochwertiger Simulation und entsprechenden Modellen virtuelle Testfahrten hunderttausendfach parallelisieren und beliebig oft reproduzieren. Im Sinne optimaler Workflows arbeiten ETAS, Bosch und ESCRYP T daran, verfügbare Simulationsplattformen, Werkzeuge und Modelle in der Cloud zusammenzuführen. Dort schaffen sie mithilfe von Artificial Intelligence und moderner Cybersecurity eine skalierbare, rundum sichere Simulationslandschaft.

So können Powertrain-Entwickler, dank der Rechenleistung der Cloud, tausende Versuchsfahrten parallelisieren – und Änderungen in Antriebsstrang und der Steuergerätesoftware durch engmaschige, modellgestützte Analysen und Regressionstests begleiten und absichern.

das Fahrzeugmodell (Virtual Vehicle) auf verfügbaren Lösungen im ETAS Portfolio basiert, ist das Model of Real World Driving eine Neuentwicklung unter Einsatz von AI. Als Basis dient eine umfangreiche Datenbank mit GPS-Daten realer Fahrten, die mit Karteninformationen angereichert werden. Zudem fließen umfangreiche Messfahrten mit variierenden Versuchsfahrzeugen, Fahrern, Streckenprofilen, Wetter- und Verkehrslagen ein, aus denen die Entwickler mithilfe von AI ein höchst variables Modell des realen Fahrens ableiten. Die erzeugten realistischen Trajektorien – etwa Geschwindigkeits-, Steigungs- und Schaltprofile – dienen als Grundlage für die Tests, welche sich mit Virtual Vehicles in der Cloud beliebig parallelisiert ausführen lassen.

Virtual Vehicle in der Cloud verfügbar machen

Auch wenn der ETAS-Virtualisierungs-Baukasten (Bild 3) bereitstand, galt es, die neue Gesamtlösung innerhalb der ETAS Cloud Services produktiv nutzbar zu machen. Dazu zählte eine ganzheitliche Risikoanalyse durch ESCRYP T, aus der ein um-



Virtualisierungsservices: Virtualisierung von emissionsfähigen Antriebsstrangsystemmodellen (virtuelles Fahrzeug). **Software Services durch ETAS:** Skalierende Cloud-Simulation, welche schnelle Entwicklungszyklen ermöglicht. Auf künstliche Intelligenz basierende Generierung von statistisch repräsentativen Fahrtrajektorien. **AI-Ansatz** **Reale Modelle**

Bild 2: Cloudbasierte Entwicklungslandschaft.

Neben der Effizienz steigt auch die Qualität. Perspektivisch können cloudbasierte Plattformen das abteilungs- und unternehmensübergreifende Miteinander von Powertrain-Entwicklern auf ein neues Niveau heben. Allerdings waren dafür Herausforderungen zu meistern, um die es nun gehen soll.

Herausforderung Real World Driving

Damit Testfahrten virtueller Fahrzeuge realistische Werte ermitteln, müssen die zugrundeliegenden Szenarien eine hohe Varianz an Fahrstilen, Streckenprofilen, Witterungs- und Verkehrsverhältnissen verfügbar machen. Diese Aufgabe übernimmt das sogenannte Model of Real World Driving. Während

fassendes Security-Konzept zum Schutz der prozessierten, oft sensiblen Entwicklungsdaten hervorging. Die Zertifizierung gemäß ISO 27001 ist eingeleitet. Analog zu Software-in-the-Loop-(SiL-)Verfahren ist die Virtual ECU als Functional Mockup Unit (FMU) ins Virtual Vehicle eingebunden. Sie tauscht sich über gängige Datenbusse mit den in die jeweilige Simulation eingebundenen Modellen aus. In Powertrain-Projekten bildet das Virtual Vehicle präzise die Abgasemission am Endrohr ab. Dafür hat das Team hochentwickelte Abgasnachbehandlungsmodelle sowie ein Rohemissionsmodell des Verbrennungsmotors eingebunden, das mit ETAS ASCMO erstellt wurde.

Die tausendfach parallelisierte Simulation in der Cloud verschafft Powertrain-Entwicklern Zugang zu einer hocheffizienten Lösung, die RDE-Tests auf eine sehr viel breitere Datenbasis stellt, als es mit realen Testfahrten möglich und finanzierbar wäre. Auf dieser Basis können die Entwickler reale Tests gemäß RDE-Zyklus präzise vorbereiten, um die virtuellen Werte an der Realität abzugleichen. Natürlich steht und fällt der Erfolg einer solchen Lösung mit ihrer Usability. Damit Entwickler von ihrem Arbeitsplatz aus mit dem Modell interagieren und dessen Funktionsfähigkeit vor der Cloud-Simulation verifizieren können, ist die Gesamtlösung auch am PC verfügbar. Zudem unterstützen Tailored Data Analytics eine effiziente Versuchsauswertung. So ebnet die neue Lösung schnelle und planbare Wege zu jenen statistisch relevanten Fahrdaten, die für eine gesetzeskonforme, rundum sichere Auslegung der Antriebssteuerung nötig sind.

Fazit und Ausblick

Mit der cloudbasierten Simulation auf Basis realistischer Fahrtrajektorien und Fahrzeugmodelle zeigt ETAS nicht nur einen Ausweg aus jener Komplexitätsfalle auf, die infolge steigender Antriebsvielfalt und der RDE-Regularien droht. Vielmehr verspricht der neue Ansatz deutliche Qualitätssteigerungen. Denn an die Stelle einer geringen Anzahl nicht reproduzierbarer Testfahrten mit wenigen Fahrern rücken bei der Antriebsauslegung tausende parallelisierte Testfahrten im virtuellen Raum.

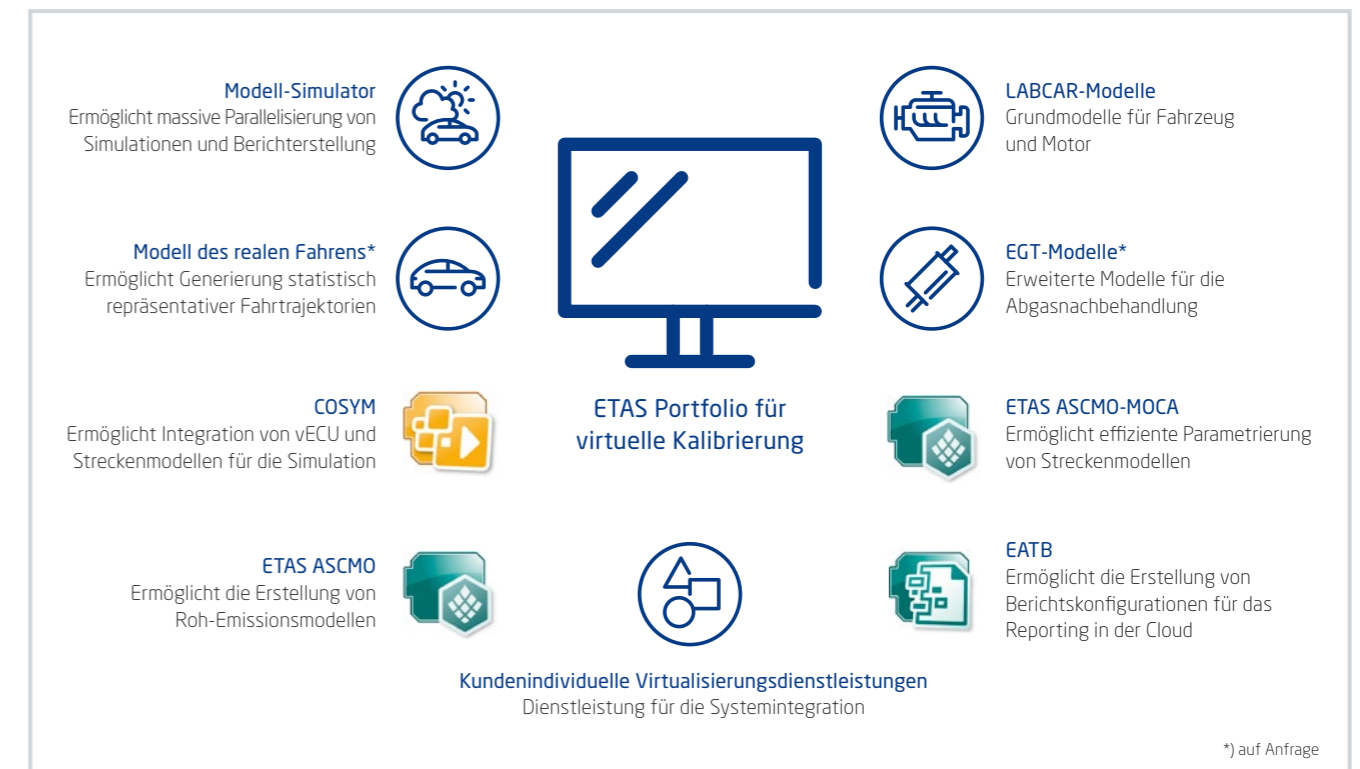
Dank AI bilden sie die ganze Vielfalt des Verkehrsgeschehens in statistisch relevanten Trajektorien ab. Damit wird die im RDE-Zyklus geforderte Realitätsnähe über den Umweg der Virtualisierung umsetzbar.

ETAS entwickelt die eingesetzten Fahrzeug-, Strecken- und Fahrermodelle stetig weiter und baut sie zu einer kompletten Werkzeugkette für die cloudbasierte Simulation aus. Kunden können ab sofort mit der rundum virtualisierten Entwicklungsmethode arbeiten. Im nächsten Schritt wird es darum gehen, die cloudbasierte Lösung für effizientere kollaborative Prozesse nutzbar zu machen und AI-Algorithmen für die Auswertung der virtualisierten Versuche zu trainieren. Denn es geht um nicht mehr und nicht weniger als einen neuen State-of-the-Art der Powertrain-Entwicklung.

Autor

Dr. Nils Tietze ist Solution Manager im Bereich Measurement, Calibration, and Diagnostics der ETAS GmbH.

Bild 3: Modularer, frei skalierbarer Baukasten zur Entwicklung eines Virtual Vehicle.



*) auf Anfrage



Nächste Generation des Prototyping

ETAS unterstützt Nissan umfassend bei der modellbasierten Entwicklung

Modellbasiertes Design/modellbasierte Entwicklung (MBD) und Rapid Control Prototyping (RCP) sind für die Entwicklung hochwertiger, effizienterer Steuerungssoftware unentbehrlich. Bei Großseriensoftware, etwa für Motorsteuerungen, ließ sich RCP bislang jedoch nur für Teile des Entwicklungsprozesses einsetzen. Daher arbeiteten die Nissan Motor Corporation und ETAS gemeinsam an einer RCP-Umgebung für umfangreiche Anwendungssoftware für Serienprojekte.

Bewältigung zunehmender Umfänge und Komplexität

Damit die immer strengeren Umweltvorschriften erfüllt werden können, ist die Motorsteuerungssoftware größer und komplexer geworden. Um die damit verbundenen Herausforderungen zu meistern, begann Nissan in den 1990er Jahren mit der Einführung von MBD. Ziel ist es seither, eine Umgebung zu schaffen, in der Software mit höherer Qualität und in kürzerer Zeit entwickelt werden kann. Seit 2019 setzt Nissan MBD der dritten Generation in etwa 85 Prozent seiner Projekte ein.

Nissan hat nun damit begonnen, seine gesamte Architektur für Motorsteuerungssoftware zu überarbeiten. Die aktuelle Architektur namens Nissan Engine Management System (N-EMS) hatte immer noch Raum für Verbesserungen, besonders wenn es um die Effizienz über die gesamte „Alliance Group“ mit Renault in Frankreich ging, die eine andere Softwarearchitektur einsetzen.

Darüber hinaus wird der AUTOSAR-Standard umfassender genutzt, um durch Standardisierung die Entwicklungseffizienz weiter zu verbessern und die Entwicklungskosten deutlich zu senken. Nissan definiert derzeit das AUTOSAR-basierte Alliance Engine Management System (A-EMS) für die oben genannte Allianz. Dieses umfasst eine übergreifende, einheitliche Architektur für Steuerungssoftware und einen MBD-Prozess der vierten Generation mit Allianzmitgliedern wie Renault.

Doppel-V-Zyklus für den Austausch und die effektive Nutzung von Modellen

Nissan hat den „Doppel-V-Zyklus“ eingeführt, einen hierarchischen Entwicklungsprozess, der zwei V-förmige MBD-Zyklen kombiniert (Bild 1).

Im ersten V-Zyklus wird ein Modell wiederverwendbarer, validierter Softwarekomponenten (SWC) entwickelt. Es wird in einer gemeinsamen Datenbank registriert und an Entwicklungsprojekte innerhalb des Unternehmens oder der Allianz weitergegeben.

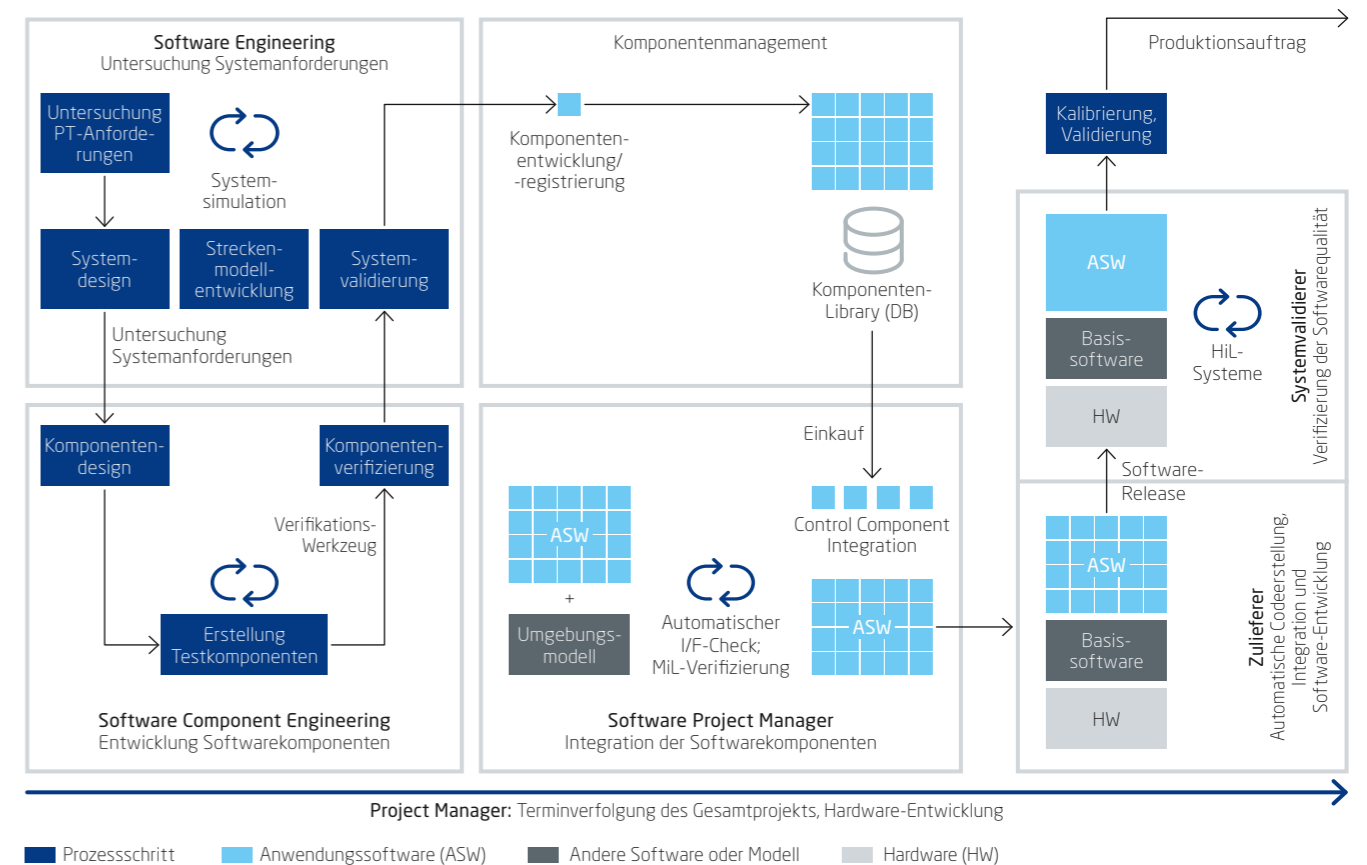
Im zweiten V-Zyklus entsteht die Steuerungssoftware gemäß den Vorgaben und Prozessen des N-EMS und des A-EMS. Die Anwendungssoftware (ASW), die maßgeblich für die Motorleistung verantwortlich ist, wird vom entsprechenden Automobilhersteller der Allianz programmiert, während Zulieferer

nicht wettbewerbsrelevante Komponenten wie Basissoftware (BSW) und Betriebssystem entwickeln oder auswählen. Der Automobilhersteller kombiniert sämtliche Komponenten in der Datenbank zu einem Modell der gesamten ASW, einem sogenannten Template, und integriert dieses in die BSW oder in das Betriebssystem und erstellt automatisch den Seriencode.

Entwicklung des Bewertungsverfahrens

Bislang gab es keine RCP-Umgebung für die gesamte komplexe ASW. „Wir entschieden uns dafür, ein Bewertungsverfahren und eine Werkzeugkette zu etablieren, welche die gesamte ASW für Motorsteuerung RCP-tauglich macht – zeitgleich mit der Entwicklung der vierten Generation von MBD“, erklärt Hiroshi Kato, Senior Manager der EMS Control Technology Development Group bei der Nissan Motor Corporation. Mit einem full Bypass für die gesamte ASW wären Hardware-in-the-Loop-(HiL-)Tests oder die Bewertung der realen Steuergeräte möglich. Das würde die Bewertungsphase drastisch verkürzen und die Entwicklungskosten deutlich senken. Zudem wären durch die nahtlose Verbindung mit der vollständigen Model-in-the-Loop-(MiL-)Umgebung für die gesamte ASW einheitliche Tests möglich.

Bild 1: Nissans Entwicklung einer Antriebssteuerung gemäß Doppel-V-Zyklus.



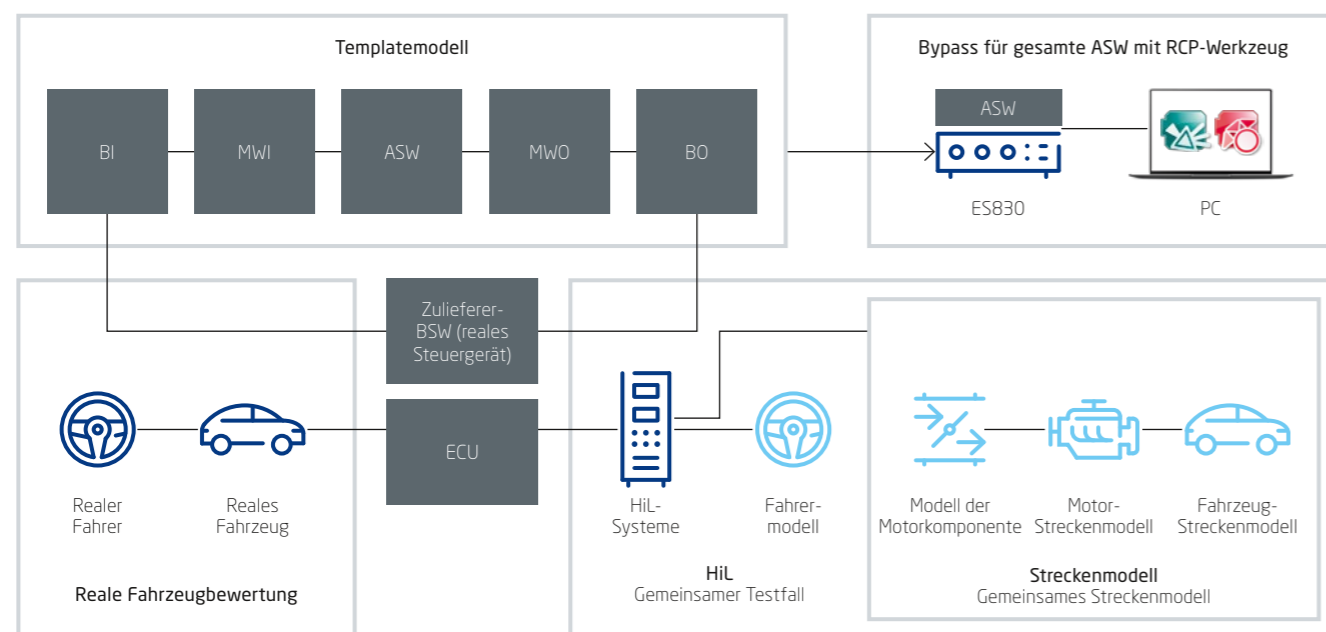
Vereinheitlichung der Werkzeugkette, ausgehend vom unverzichtbaren INCA

Ein Problem von Nissans altem Teil-Bypass-Bewertungsverfahren war die Verknüpfung einzelner Tools verschiedener Anbieter. Eine einheitliche Werkzeugkette mit Werkzeugen von nur einem Anbieter hätte den Vorteil, dass die Benutzer diese mit derselben Anwendungsweise, wie etwa für die Applikation und Validierung, einsetzen könnten.

„Es gibt zwei Werkzeuge beim MBD von Steuerungssoftware, die schwer zu ersetzen sind. Das erste ist MATLAB/Simulink® von MathWorks® für die Modellentwicklung. Das zweite ist INCA, das seit vielen Jahren das Standardwerkzeug der Powertrain-Entwicklung ist“, sagt Kato. INCA beizubehalten, war einer der Gründe dafür, dass Nissan ETAS als Entwicklungspartner wählte.

Die beiden genannten Werkzeuge einzusetzen, ist auch die Anforderung von Renault. Darüber hinaus schätzt der französische Automobilhersteller ETAS als Anbieter, der alle Kundenanforderungen erfüllt. „Viele Zulieferer schlagen nur Lösungen mit Produkten vor, die sie selbst anbieten“, betont Kato. „ETAS hingegen legte objektive Bewertungskriterien fest und nahm damit auch manchmal Nachteile für sich in Kauf. Kam ein Vorschlag nicht infrage, hatte das Unternehmen direkt eine Alternative parat. Das hat uns fest davon überzeugt, einen verlässlichen Partner gefunden zu haben.“

Bild 2: Von Nissan und ETAS gemeinsam entwickelte Full-Bypass-RCP-Umgebung.



Vier entscheidende Erfolgsfaktoren

Es gab vier wesentliche Kernpunkte bei der Entwicklung des Full-Bypass-RCP-Bewertungsverfahrens und der Werkzeugkette für ein Gesamtprojekt mit mehr als 1.300 Modellen (Bild 2).

Punkt eins war die Leistungsfähigkeit des RCP-Tools. Hier hatte ETAS neben der ES910 das leistungsstärkere ES830-Prototyping-Modul zu bieten, das zum Untersuchungszeitpunkt noch in Entwicklung war. Punkt zwei war die Leistung der Schnittstelle. Angesichts der zwischen ASW und BSW zu übertragenden Datenmengen erwogen die Entwickler die Steuergeräteschnittstellen mit ETK, XETK und FETK von ETAS.

„Seinerzeit waren wir zuversichtlich, das Modell auch ohne eine besonders leistungsfähige Hardware ausführen zu können“, erklärt Kato rückblickend zur Toolauswahl. „Als wir die ES910 testeten, zeigte sich jedoch, dass wir viel mehr Rechenleistung benötigen als angenommen. Daraufhin trafen wir uns wöchentlich mit ETAS, um Alternativen und die Vor- und Nachteile der leistungsfähigeren ES830 zu besprechen. Auch wenn die Entwicklung dieses Rapid-Prototyping-Moduls gerade erst kurz vor dem Abschluss stand, entschieden wir uns, es als „Early Adopter“ zu nutzen und bis zur Fertigstellung gemeinsam zu perfektionieren.“ Auch wählten wir letztlich den XETK als Schnittstelle mit schneller Datenübertragung.

Punkt drei war, die Entwicklungsumgebung schneller und effizienter aufzubauen. Das Team bei Nissan musste zahlreiche Aufgaben wie beispielsweise die übergreifende Standardisierung der Architektur stemmen, hatte aber nicht genügend interne Ressourcen. „Den erfolgreichen Projektabschluss verdanken wir dem schnellen, zielgerichteten Support seitens ETAS“, lobt Kato.

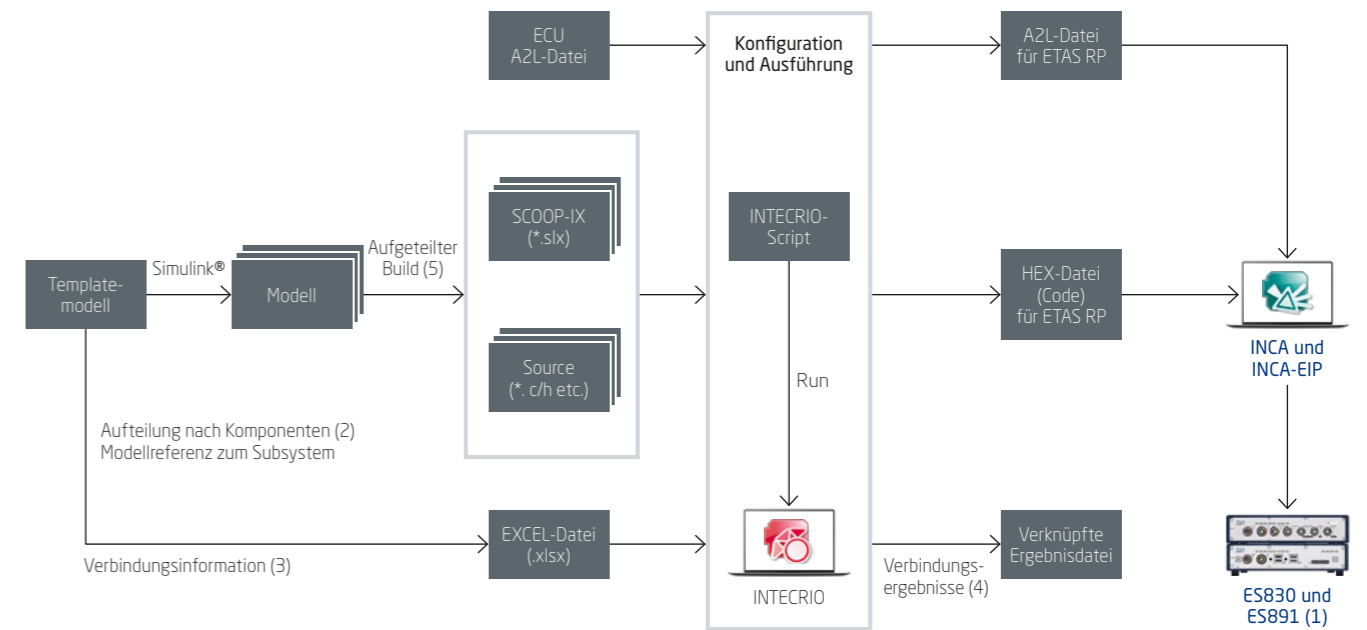


Bild 3: Partnerschaftlicher Beitrag zu schnellerem und effizienterem Aufbau der Entwicklungsumgebung.

Um die Bewertung noch effizienter zu gestalten, entwickelte das Team gemeinsam verschiedene Funktionen (Bild 3):

- Einen Mechanismus, mit dem bei Modellanpassungen nur geänderte Komponenten erneuert werden müssen (1 und 2)
- Einen Mechanismus, um Schnittstelleninformationen der Modelle zu extrahieren, die zur Integration in INTECRIO erforderlich waren (3)
- Eine Funktion zur Prüfung des Verbindungsergebnisses, etwa bei nicht verbundenen Anschlüssen (4)
- Eine Funktion zum Umgang mit Bypass-seitigen Applikationsvariablen mit nur einem Label-Namen wie auf Steuergeräteseite (5) und Skript-Automatisierung für alle Prozesse

Punkt vier war die AUTOSAR-Kompatibilität. Das Team entschied sich mithilfe dieses Standards für einen Bypass auf gemeinsamer Ebene als der Plattformschnittstelle, um die Zusammenarbeit zwischen Automobilhersteller- und Zuliefererplattformen für ASW und BSW sicherzustellen. Für das RCP wurde der nichtflüchtige Speicher der ES830 genutzt. Die bestehenden Schnittstellen von Drittanbietern wurden durch ein vereinfachtes Modell für die Herstellerdiagnose und das Datenmonitoring ersetzt.

Gemeinsame Weiterentwicklung zum Vorteil aller Partner

Im Rahmen dieses gemeinschaftlichen Entwicklungsprojekts konzipierten Nissan und ETAS ein neuartiges RCP für große Modelle, das sämtliche Motorsteuerungsanwendungen abdeckt und sich für Serienprojekte eignet.

Anwender können nun Simulationen und Bypässe auf die gleiche Weise durchführen, wie sie Messdaten mit der vertrauten INCA-Benutzeroberfläche erfassen. ETAS hat die Benutzer umfassend unterstützt, unter anderem mit einer Anleitung für die Bewertungsverfahren und den Tooleinsatz. „Wir setzen die Bewertungsumgebung bereits bei unseren aktuellen Motorprojekten ein und arbeiten damit spürbar schneller und erzielen höhere Qualität bei gleichzeitig niedrigeren Entwicklungskosten“, freut sich Kato. „Für die Zukunft beabsichtigen wir, diese auch für die Entwicklung von e-POWER und die Nissan-eigenen HEVs auszuweiten, sodass ich erwarte, dass wir noch klarere Vorteile erzielen werden, wenn wir die Technologie voll nutzen.“

Die gemeinsame Entwicklung eines Full-Bypass-RCP mit Nissan war auch für ETAS eine große Herausforderung. Während das Team auf die Anforderungen des hochmodernen Technologieprojekts hinarbeitete, sammelte es bereits Erfahrungen mit künftigen Herausforderungen und konnte RCP-bezogene Produkte wie die ES830 verbessern. Diese Win-win-Partnerschaft zwischen einem Automobilhersteller und ETAS dürfte als treibende Kraft dazu beitragen, die Entwicklungsumgebung für Fahrzeugelektronik weiter voranzubringen.

Im Gespräch mit der Redaktion

Hiroshi Kato ist Senior Manager der EMS Control Technology Development Group, Fachbereich Powertrain/EV Control Development, Division Powertrain/EV Technology Development, bei der Nissan Motor Corporation.

Herausforderung „Antrieb der Zukunft“



Test und Validierung von Brennstoffzellen-Steuergeräten erfolgreich meistern

Damit Mobilität nachhaltiger gestaltet werden kann, setzen Automobilhersteller auf batterie- und brennstoffzellenbasierte Antriebe. Um die effiziente Entwicklung und Erprobung von Brennstoffzellen-Steuergeräten zu ermöglichen, bedarf es innovativer Test- und Validierungsmethoden. ETAS liefert dafür ein Gesamtpaket samt Simulationsmodellen.

Die Entwicklung brennstoffzellenbasierter Antriebe rückt sowohl in der Automobilindustrie als auch in der (Umwelt-) Politik in den Fokus und nimmt nun Fahrt auf. Denn vor allem im kommerziellen Fahrzeugbereich (Warentransport, öffentlicher Verkehr ...) hat die Brennstoffzellentechnologie große Vorteile gegenüber der rein batterieelektrischen Technologie (zum Beispiel Energiedichte oder die Lade-/Betankungszeit).

Dafür müssen Brennstoffzellen allerdings auch auf chemischer, mechanischer und elektrischer Ebene weiter reifen. Zusätzlich birgt auch ihre elektronische Regelung mit Steuergeräten noch Herausforderungen. Um diese zu lösen, sind effiziente, spezifisch auf Brennstoffzellen ausgerichtete Test- und Validierungsmethoden gefragt.

Virtualisierung unterstützt effiziente Software-Entwicklung
Das Hauptziel von HiL-Systemaufbauten ist es, den Fahrer, das Fahrzeug und seine Komponenten sowie die Umgebung so realitätsnah wie möglich und nötig zu simulieren. Die Simulationsgenauigkeit lässt sich anhand von Qualitätszielen definieren, die jeweils in Abstimmung mit den involvierten Entwicklerteams festgelegt werden. Die Virtualisierung steigert die Effizienz und sorgt für klare Zeit- und Kostenvorteile in der Software-Entwicklung, da diese schon ab der frühen Pilotphase signifikant zum Entwicklungsfortschritt beiträgt. Funktionsentwickler können damit von ihrem Schreibtisch aus sicherheitskritische Funktionen der Steuergerätesoftware testen. Dazu gehören zum Beispiel Wasserstoff-Leckage-Erkennung, Sicherheitskonzepte oder Einschalt- und Vorlade-Algorithmen elektrischer Komponenten. Die Ergebnisse können sie nahtlos in begleitende Labortests übernehmen.

Bild 1 zeigt die Frontansicht eines Brennstoffzellen-HiL-Systems. Zur Konfiguration bietet es analoge und digitale Ein-/Ausgangs-Hardwareboards und Bus-Kommunikationsschnittstellen (CAN, LIN etc.). Zusätzlich sind wahlweise reale oder simulierte elektronische Lasten für spezielle Funktionalitäten integriert. Mithilfe eines elektronischen Injektorlast-Moduls im HiL-System lässt sich beispielsweise ein Wasserstoff-Gasinjektor hochgenau simulieren.

Das Brennstoffzellenmodell ist für den Betrieb unter strikten Echtzeitbedingungen auf einem Echtzeit-Simulations-Computer ausgelegt. Dabei dient die Software-Integrationsplattform ETAS COSYM als Verbindung zwischen den Ein- und Ausgängen des physikalischen Brennstoffzellen-Simulationsmodells und den Ein- und Ausgängen der HiL-Hardware. Die Schleife zwischen Simulation, Brennstoffzellen-Software-Interaktion und dem simulierten Brennstoffzellensystem wird mithilfe der Kalibrierschnittstelle des Brennstoffzellen-Steuergeräts geschlossen.

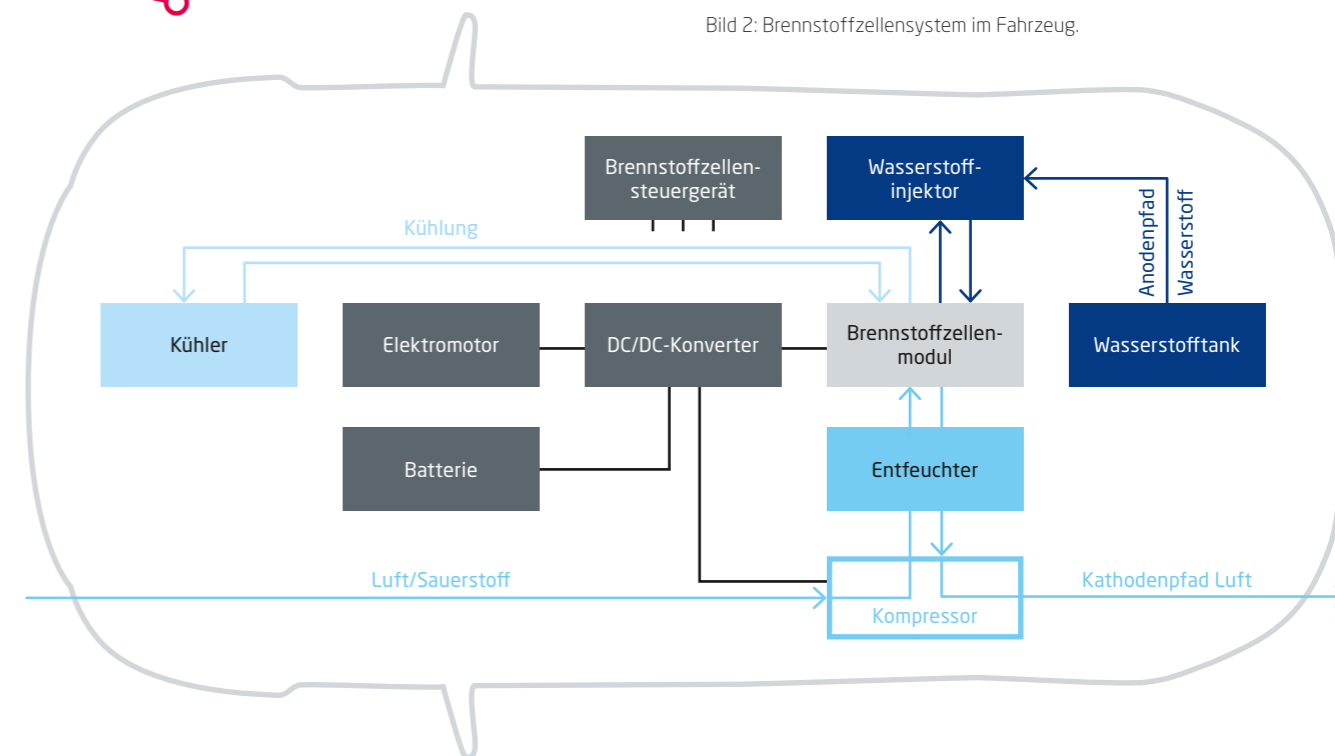
Basis ist ein exaktes physikalisches Simulationsmodell
Kernkomponente des HiL-Systems ist das physikalische Simulationsmodell des Brennstoffzellensystems ETAS LABCAR-MODEL-FC. Es besteht aus fünf Hauptbestandteilen (Bild 2), die maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz des Brennstoffzellensystems haben:

- Brennstoffzellenmodul
- Anodenpfad mit Wasserstoffversorgung/Tank
- Kathodenpfad für die Luftzufuhr
- Kühlung zur Systemtemperaturregelung
- Elektrischer Hochspannungspfad für die Energiespeicherung, Spannungsumwandlung und der elektrischen Last (Elektromotor)



Bild 1: Frontansicht eines Brennstoffzellen-HiL-Systems.

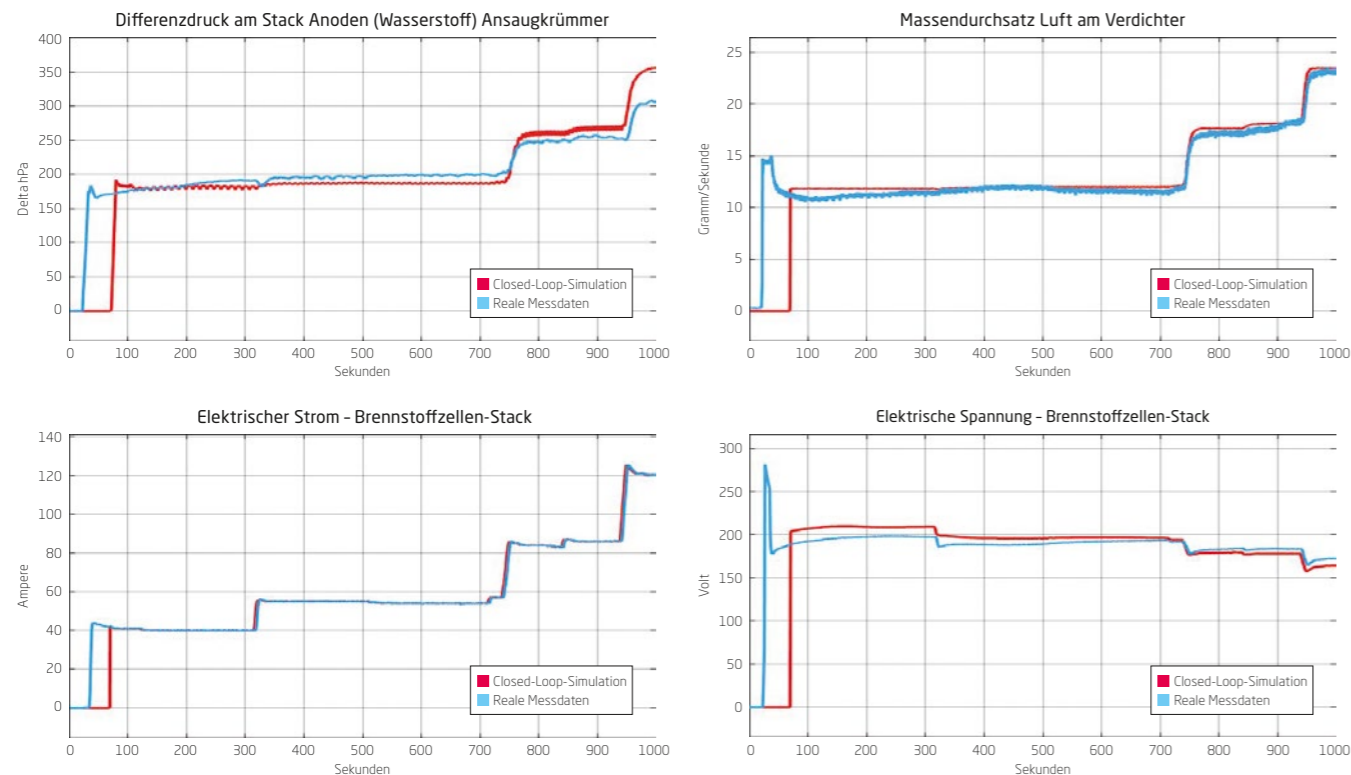
Bild 2: Brennstoffzellensystem im Fahrzeug.



Um dieses Modell auf dem HiL-System zu betreiben, müssen wichtige Voraussetzungen erfüllt sein. Das Softwaremodell muss echtzeitfähig sein. Auch ist es erforderlich, dass sich mit dem Einzelzellen-Brennstoffzellen-Modell detaillierte physikalische Zusammenhänge simulieren lassen. Beispiele hierfür sind etwa Verluste und weitere Effekte, die den elektrischen Stromfluss, die Temperatur oder die elektrische Widerstands-Stöchiometrie beeinflussen.

Einzubeziehungen sind zudem die detaillierte Wasserzusammensetzung sowie zweiphasige Wassermodell-Berechnungen der Bewegungen und Aggregatzustände des Wassers im Gaskanal. Damit verbunden ist die Anforderung, die individuelle Gaskomposition an einzelnen Elektroden spezifizieren und Druckverlust-Charakteristika beschreiben zu können. Hierzu dient ein 1-D-Multikomponenten-Gaskanal-Modell. Des Weiteren ist die Unterstützung unterschiedlicher Flussfelddesigns und die detaillierte Berechnung der internen Zellfeuchtigkeit erforderlich. Neben diesen Basisfunktionen muss eine hochgenaue Simulation des Kaltstart-Verhalten im Betrieb der Brennstoffzelle exakt nachbilden. Das setzt ein Membran-Temperatur-Modell und das Einbeziehen der nichtlinearen Dynamik der Zell-Wasser-Zusammensetzung und der temperaturabhängigen Spezifika der Flüssigkeit voraus.

Bild 3: Vergleich der Resultate zwischen LABCAR-HiL-Simulation (rot) und Fahrzeugtestfahrt (blau).



Wünschenswert ist zudem eine Modellaufbau-Bibliothek, um das Simulationsmodell auf unterschiedliche Brennstoffzellen-Architekturen anwenden zu können.

Praktikable Umsetzung

ETAS setzt diese Anforderungen systematisch um. Wie Bild 4 zeigt, lassen sich einzelne Brennstoffzellen in mehrere Segmente entlang des Gaskanals separieren. Die z-Koordinate folgt dem Gasstrom; die x- und y-Koordinaten sind senkrecht zur Membran und dem Gaskanal angeordnet. Jedes Segment erfüllt alle funktionalen Schichten der Brennstoffzelle inklusive Bipolarplatten, Gaskanälen, Gasdiffusion und Membran. So kann dasselbe Gleichungssystem für einzelne Segmente und für eine gesamte Zelle genutzt werden. Massen- und Wärmeströme verbinden die Segmente und Schichten der Zelle. Ein Austausch findet allein über den Wärme- und Massenaustausch im Gaskanal und den Bipolarplatten statt. Dagegen trägt die Membran-Elektroden-Anordnung (MEA) kaum zum Energieaustausch mit anliegenden Segmenten bei. Auch deren Ausdehnung in x-Richtung ist um Größenordnungen kleiner als in z/y-Richtung. Räumliche Druck- und Konzentrationsgradienten, die den Protonen- und Wassertransport durch die Zelle treiben, treten daher vor allem in x-Richtung auf. Zur Modellierung der räumlichen Charakteristik genügt die Konzentration auf den Gaskanal und die Bipolarplatten. Ein solches MEA-Modell ist segmentweise auswertbar und wird vom 1-D-Modell nicht direkt beeinflusst.

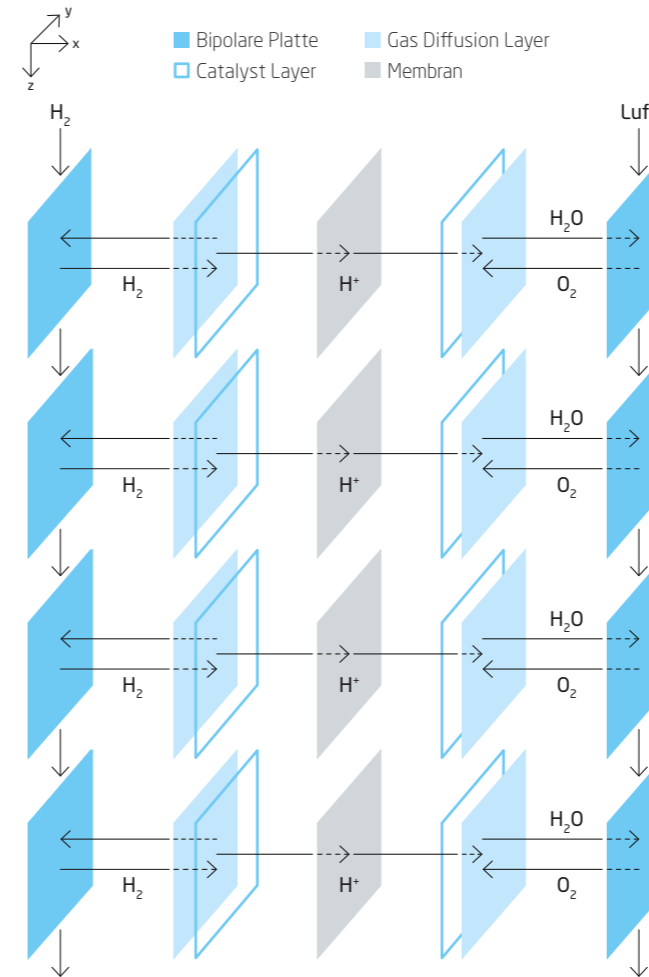


Bild 4: Separierung der Brennstoffzelle in individuelle Segmente.

Eine Komponentenbibliothek mit Wasserstoff-Gas-Injektor, Wasserstoff-Rezirkulations-Gebälge, dem Entlüftungsventil im Anodenpfad, Luftkompressor und Befeuchter im Kathodenpfad, Kühlungspumpe, MCV-Ventil im Kühlpfad, Sicherheitskreis und DCDC-Hochvolt-Eingang vervollständigt den ETAS Ansatz, der ein vollständiges Brennstoffzellen-Streckenmodell für den Einsatz im HiL-System liefert.

Anwendung

Die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der ETAS Lösung zeigt sich beim Vergleich zwischen einem Experiment auf einer LABCAR-HiL-Echtzeitsimulationsplattform unter Nutzung einer Basisparametrierung (Bild 3, rote Linie) und einer Fahrzeugtestfahrt (blau) mit demselben Brennstoffzellen-Steuergerät. Der Anoden(Wasserstoff)-Differenzdruck folgt exakt dem Trend der Fahrzeugtestfahrt. Die Massen-Durchflussrate der „Luft“ am Verdichter weist in Testfahrt und Modell große Übereinstimmung auf. Auch die Werte des von der Brennstoffzelle abgeführten elektrischen Stroms und der Spannung stimmen sehr genau überein.

Damit ist das Potenzial der Lösung aber nicht erschöpft. Wird das Brennstoffzellenmodell im Vorfeld mit Daten aus Prüfstandversuchen kalibriert, beispielsweise mit ETAS ASCMO-MOCA, ist die Simulationsgenauigkeit noch weiter optimierbar. Dafür sind im Brennstoffzellenmodell aktuell rund 350 Parameter einstellbar. Die Entwickler können so flexibel auf die Anforderungen unterschiedlicher Steuergerätesoftwareprojekte reagieren. Zudem können sie die Simulationsergebnisse durch die Integration weiterer Simulationen des E-Motors, der Batterien oder der Fahrzeugdynamik weiter verbessern.

Das Brennstoffzellen-Modell ist nicht nur für Test- und Validierung am HiL-System einsetzbar, sondern auch für virtuelle Testabläufe im Frühstadium der Software-Entwicklung. Dabei erlaubt die ETAS XiL-Testplattform COSYM neben der Validierung der Softwarefunktionen im Closed-Loop-Experiment auch die Integration des Simulationsmodells in ein gleichfalls simuliertes, übergeordnetes Fahrzeugmodell. Die Nachbildung sämtlicher Fahrzeugbusse – ob virtuelle CAN- oder Automotive-Ethernet-Netzwerke – ermöglicht es den Entwicklern, die Netzwerkkommunikation schon in diesem Stadium realitätsnah zu analysieren.

Fazit

Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Überwachung der Antriebskomponenten bleiben wichtige Zielgrößen der Entwicklung elektrifizierter Antriebskomponenten. Gerade bei der Neu- und Weiterentwicklung von Brennstoffzellen-Steuergeräten liefern präzise Echtzeitsimulationen der Brennstoffzelle die Grundlage für die Validierung auf den HiL-Prüfständen. Der Einsatz von SiL-Testplattformen erlaubt zudem schon ab dem Frühstadium der Entwicklung begleitende Tests. Mit der vorliegenden XiL-Lösung samt Simulationsmodellen liefert ETAS die Basis für eine hocheffiziente und rundum sichere Entwicklung von Brennstoffzellen-Steuergeräten. Damit kommt die Brennstoffzelle dem Großserieneinsatz in klimafreundlichen Fahrzeugen der Zukunft einen weiteren Schritt näher.

Autoren

Frank Ruschmeier ist Application Field Manager Test and Validation bei der ETAS Automotive Technology Co., Ltd.
Chaoyong Tang ist Program Manager Test and Validation Fuel Cell bei der ETAS Automotive Technology Co., Ltd.
Raphael Hans ist Test and Validation Modeling Specialist und Fuel Cell Expert bei der ETAS GmbH.

Komplexe Motorsimulation mit LABCAR-MODEL



Tata Motors validiert mit ETAS LABCAR-MODEL-VVTB und LABCAR-MODEL-ICE verschiedenste Motormanagementfunktionen

Um den Anforderungen der indischen Regierung gerecht zu werden, entschied sich das Validierungsteam des Pkw-Geschäftsbereichs von Tata Motors, ETAS LABCAR sowie zugehörige LABCAR-Modelle zu nutzen. Mit einer Closed-Loop-Simulation konnte das Team so die Fälle verifizieren, die kein reales Fahrzeug erfordern.

Die Regierung Indiens hat 2016 mit der Umstellung von der Abgasnorm BS IV auf BS VI beschlossen, eine ganze Stufe zu überspringen – und das bereits bis 2020, also innerhalb von vier Jahren. Mit diesen Vorgaben gehen nicht nur strengere Abgasgrenzwerte einher, sondern auch die Umstellung auf eine neue On-Board-Diagnose (OBD) und Emissionsmessungen im realen Fahrbetrieb (Real Driving Emissions) bis 2023.

Allerdings können sich die Unternehmen auf dem weltweit viertgrößten Automobilmarkt nicht allein auf den Powertrain konzentrieren: Aufgrund des immensen Konkurrenzdrucks gilt es, Chassis und Karosserie, Infotainment, Sicherheitsstandards (etwa ABS ist mittlerweile für alle Fahrzeuge vorgeschrieben) und Komfortfunktionen stetig weiterzuentwickeln und zu optimieren.

All diese Anforderungen setzen Entwickler bei der Validierung von ganzen Fahrzeug-Kommunikationsnetzwerken und verschiedenen Funktionen der Steuergeräte in diesen Netzwerken stark unter Druck. Bisher wurden die verschiedenen Fahrzeugfunktionen am realen Fahrzeug getestet. Da Prototypen- und Testfahrzeuge jedoch rar sind, ist es immer schwierig, innerhalb der knapp bemessenen Zeit Testergebnisse zu erzielen, verschiedene Szenarien zu validieren und Automatisierung umzusetzen. Um all diese Herausforderungen zu meistern, entschied sich das Validierungsteam des Pkw-Geschäftsbereichs von Tata Motors für eine Kombination aus HiL-System und den passenden LABCAR Modellen.

Das HiL-System bildet die Hardware-in-the-Loop-(HiL-)Tests ab, während LABCAR-MODEL-VVTB (Virtual Vehicle Test Bench) Fahrzeuge mit hochpräzisen Modellen nachbildet und LABCAR-MODEL-ICE (Internal Combustion Engine) den Verbrennungsmotor simuliert. Diese Testumgebung deckt knapp 95 Prozent aller Testanforderungen ab.

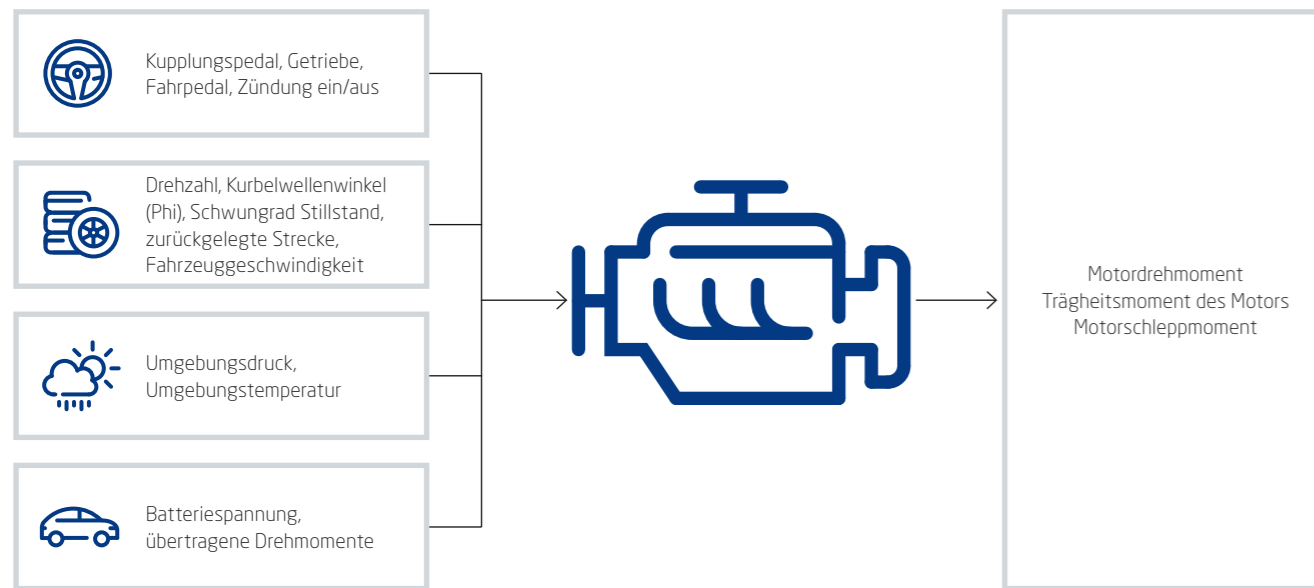
Das Testsystem

Die Fahrzeugsteuergeräte sind mit LABCAR verbunden und ähnlich wie bei einem realen Fahrzeug Teil eines Netzwerks. Mit Simulationsmodellen von Motor, Getriebe und Antriebsstrang entsteht eine Simulationsumgebung, die ein reales Fahrzeug nachbildet.

LABCAR-MODEL-VVTB UND LABCAR-MODEL-ICE

VVTB stellt die grundlegende Modellarchitektur für die Simulation verschiedener Fahrzeugkomponenten bereit und umfasst Modelle für Fahrer, Umgebung und Fahrzeug – Letzteres mit Motor, Fahrzeugdynamik, Antriebsstrang und Getriebe. Durch diese flexible Architektur lassen sich Komponenten bei Bedarf durch detailliertere Modelle ersetzen. So kann etwa als Motormodell das detailgenaue, exakte Verbrennungsmotormodell LABCAR-MODEL-ICE eingesetzt werden.

Das Bosch-eigene Modell zur Erprobung und Vorkalibrierung von Benzin-, Diesel- und CNG-Motoren umfasst die wichtigsten Subsysteme eines Verbrennungsmotors, unter anderem für Ansaugung, Abgastrakt, Kraftstoffaufbereitung, Verbrennung und Abgasnachbehandlung. Es bietet Variablen auf jeder Unterebene, die Kunden parametrieren können und die dazu dienen, die gewünschten Motorspezifikationen zu erzielen. Das detaillierte Modell LABCAR-MODEL-ICE berechnet das physikalische Verhalten des Motors wie Dreh- und Trägheitsmoment sowie die Drehzahl, basierend auf FahrzeugEingangparametern und dem Steuergeräte-Regelalgorithmus.



Komponenten von LABCAR-MODEL-ICE.

LABCAR-VVTB-ICE-Modelle im Einsatz

Tata Motors simuliert mit den VVTB-ICE-Modellpaaren das Verhalten von Fahrzeug und Verbrennungsmotor im Testsystem. ETAS Indien und das Global Testing Team von Robert Bosch Engineering and Business Solutions (RBEI) nutzen ihr Know-how rund um Motorparametrierung für die kundeneigenen Fahrzeuglinien mit Diesel- und Ottomotoren. Der Schwerpunkt bei der Parametrierung lag für das Team auf der vollkommen fehlerfreien Funktionsverifizierung, sprich null Diagnose-Fehlercodes. Der Benzinmotor wurde für das Bosch-Steuergerät parametrierung. Während der Abnahmephase verifizierte das Kundenteam die verschiedenen Funktionen nach dem Zufallsprinzip, um einen reibungslosen Betrieb sicherzustellen. VVTB- und ICE-Modelle erwiesen sich bei längeren Durchläufen als numerisch hochstabil und erzielten während der Simulationen jederzeit beständige, präzise Ergebnisse. Mit der hochleistungsfähigen Rechenplattform ETAS Real-Time PC (RTPC) lassen sich hochkomplexe Modelle für genauere Ergebnisse mit höherer Auflösung ausführen.

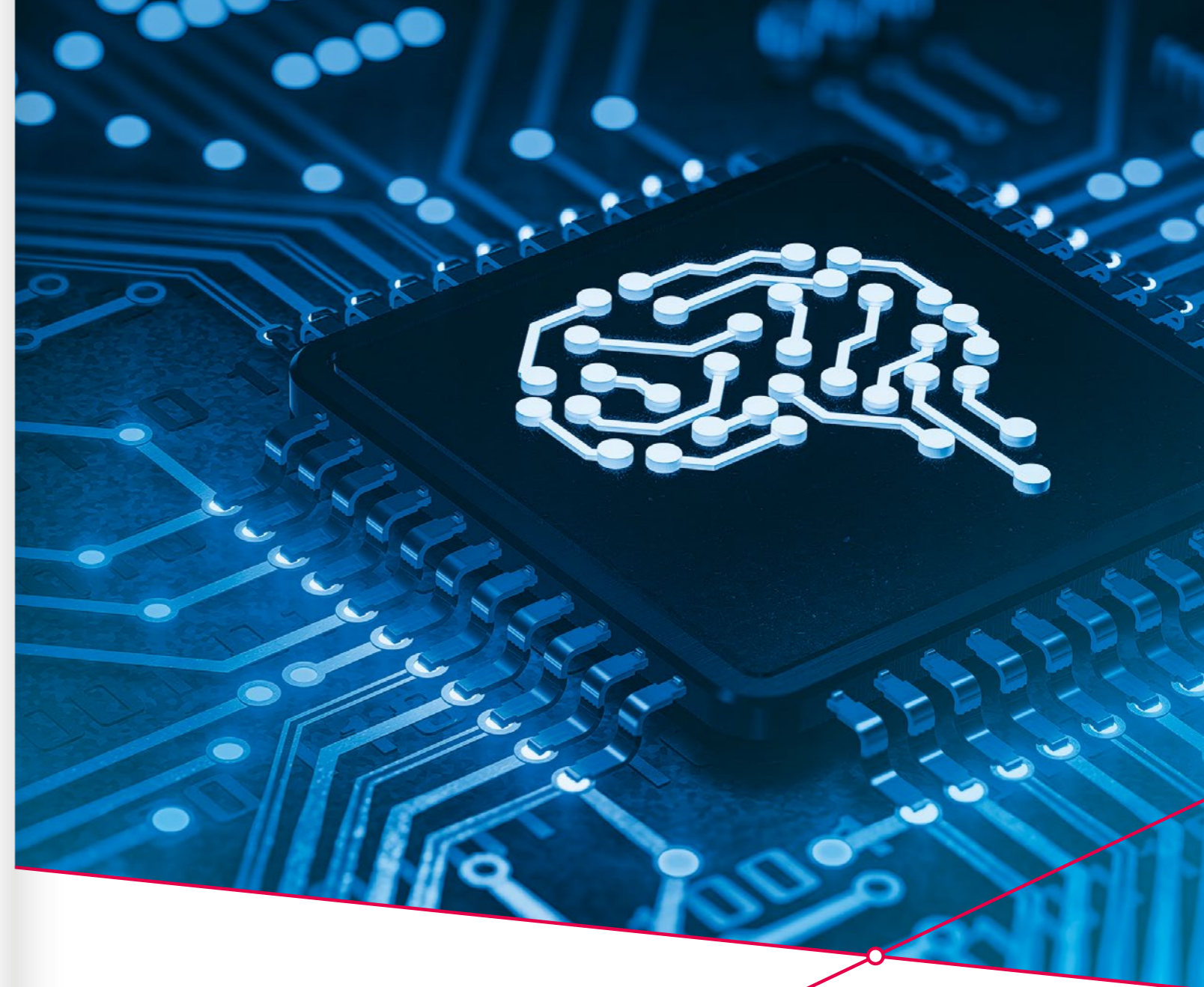
Dank dieser Echtzeit-Closed-Loop-Simulation konnte das Team den Großteil der Funktionen für Fälle verifizieren, die kein reales Fahrzeug erfordern. Auch waren so reproduzierbare Testläufe möglich, was mit einem realen Fahrzeug kaum machbar ist. Ein weiterer Vorteil präziser Closed-Loop-Simulationen ist, das Fahrzeug länger unter verschiedenen Bedingungen wie hohen Geschwindigkeiten oder Drehzahlen zu testen. Zudem konnte das Team mit dem System schnell mehrere automatisierte Tests durchführen, die langwierige manuelle Tests erübrigten.

Ausblick

Hochpräzise Simulationen sind eine wichtige Ressource für Systemtests jeder Art. LABCAR-Modelle sind darauf zugeschnitten, diese Marktanforderungen zu erfüllen. Moderne ETAS Tools wie ETAS ASCMO-MOCA und Engineering-Dienstleistungen bilden zusammen mit LABCAR-MODEL-ICE und -VVTB die perfekte Lösung, um Motormanagementsoftware in einem HiL-System vorzukalibrieren. Derzeit validiert das Team zahlreiche Steuergeräte im Fahrzeugnetzwerk für verschiedene Plattformen. Die Entwickler profitieren von schnellerer automatisierter Validierung und höherer Genauigkeit. Dies dürfte sowohl Tests beschleunigen als auch die Einführung neuer Fahrzeuge mit ausgereifterer Steuergerätesoftware voranbringen. Dank moderner Lösungen ist das Team somit bestens für den künftigen Validierungsbedarf gerüstet.

Autoren

Myrtle Binil R ist Application Field Manager für Test and Validation Solutions bei der ETAS Automotive India Pvt. Ltd. **Harshvardhan Joshi** ist Key Account Manager bei der ETAS Automotive India Pvt. Ltd.



Embedded Artificial Intelligence

Neue Möglichkeiten in der Funktionsentwicklung für Motorsteuergeräte

Aktuelle Steuergeräte bieten dank moderner hochleistungsfähiger Ein-Chip-Systeme (System-on-Chip) mehr verfügbare Rechenleistung. Mit ihren Onboard-Ressourcen ermöglichen sie es nicht nur auf einen unvorhergesehenen Funktionszuwachs zu reagieren, sondern auch die bedarfsgerechte Erfüllung von kurzfristigen Änderungen der Kundenanforderungen innerhalb des Entwicklungsprozesses. Infineon und ETAS zeigen gemeinsam mit Ford Research, wie sich die Grenzen klassischer Steuerungsstrategien mittels datenbasierter Modellierungsalgorithmen direkt auf dem Steuergerät überwinden lassen.

Strengere Abgasvorschriften und immer komplexere neue Technologien etwa für hybridelektische Fahrzeuge und autonomes Fahren machen leistungsfähigere Steuerungsfunktionen für Motormanagementsysteme erforderlich. Klassische Steuerungsstrategien und virtuelle Sensoren in Steuergeräten waren bislang auf Applikationskennfelder mit maximal zwei Eingangsdimensionen begrenzt. Dies musste genügen, um das gewünschte Motorverhalten unter verschiedensten Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Mehrdimensionale Zusammenhänge sind zwar durch die Kombination der Ausgangswerte mehrerer Kennfelder möglich, allerdings kann der Steuergeräte-kern nur zwei Eingangsparameter gleichzeitig verarbeiten. Angesichts der Anforderungen künftiger Steuergerätefunktionen und des anfallenden Applikationsaufwands im Entwicklungszyklus eignet sich der kennfeldbasierte Ansatz nur bedingt. Eine Lösung ist der Einsatz von datenbasierten Modellen, die klassische kennfeldbasierte Strukturen ersetzen und über-treffen können, wenn sich mehrdimensionales und nichtlineares Verhalten nicht ausreichend genau erfassen lässt.

Datenbasierte Systemidentifikation mit ETAS ASCMO

Bei der datenbasierten Modellierung wird das Eingangs-/Ausgangsverhalten eines physikalischen Systems anhand mathematischer Gleichungen nachgebildet. Dazu werden Modellparameter mithilfe repräsentativer und unter Betriebsbedingungen erfasster Messdaten angepasst. ETAS ASCMO erzeugt mittels Bayes'scher Modellierung über Gauß-Prozesse hochpräzise datenbasierte Modelle. Das Tool erstellt diese vollautomatisch ohne Parametrierung durch den Benutzer. Es erfordert keine Vorkenntnisse der zugrundeliegenden mathematischen Prinzipien und erstellt Modelle mit ähnlicher oder sogar präziserer Modellvorhersage als vergleichbare datenbasierte Verfahren. Für die Anwendung von Modellen in eingebetteten Umgebungen bietet ETAS ASCMO eine Modellkompression, die den Rechenaufwand reduziert und die Ausführung in Echtzeit gewährleistet.

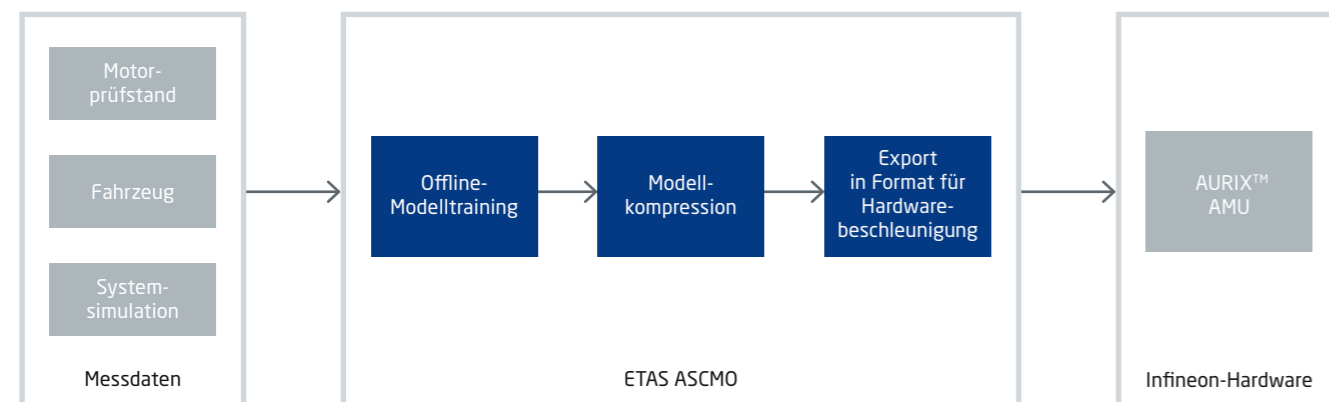


Bild 1: Schema der datenbasierten Modellierung und Hardwarebeschleunigung.

Hardwarebeschleuniger „Advanced Modeling Unit“ von Infineon

Steuergerätefunktionentwickler stoßen bei der Implementierung datenbasierter Modellierungsalgorithmen in mikrocontrollerbasierten Architekturen an Grenzen. Der neue Gleitkomma-Coprozessor Advanced Modeling Unit (AMU), der mit Bosch Know-how entwickelt wurde, beschleunigt echtzeitkritische Anwendungen, indem er dem Hauptprozessor (CPU) Rechenarbeit abnimmt. Die AMU ist Teil der Infineon-Mikrocontrollerfamilie TriCore™ AURIX™ TC3x und bietet eine Hardwarelogik für die Berechnung von Exponentialfunktionen (zum Beispiel radiale Basisfunktionen, RBF). Nur mit dieser lassen sich ETAS ASCMO-Modelle auf Mikrocontrollern ohne zusätzliche Software und Prozessorressourcen ausführen. Ein RBF-basierter Anwendungsfall ist beispielsweise die Berechnung virtueller Sensoren, die dank Hardwarebeschleunigung über 30-mal schneller ausgeführt werden kann als bei einer Software-Implementierung auf der TriCore™-CPU^[1].

ETAS ASCMO und AMU in der Anwendung

In der klassischen Funktionsentwicklung sind Systemphysik und technische Grundprinzipien maßgeblich. Modelle werden grundsätzlich einmal pro Systemtyp konzipiert und dann für viele verschiedene Anwendungen wiederverwendet. Es werden große Datenmengen erfasst, um das System so weit zu durchdringen, dass es im Entwicklungsprozess modelliert werden kann. Dabei gilt es, Modelle anwendungsübergreifend identisch zu gestalten, sodass sie sich nur in der Applikation für bestimmte Anwendungen unterscheiden.

Die Software-Entwicklung mit ETAS ASCMO und AMU gestaltet sich jedoch etwas anders (Bild 1). Hier müssen nur Eingangssignale identifiziert werden, die relevant für einen konkreten Ausgang sein können. Der genaue Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgängen ist hingegen nicht erforderlich. Die für Modelltraining und -tests erforderlichen Daten stammen aus

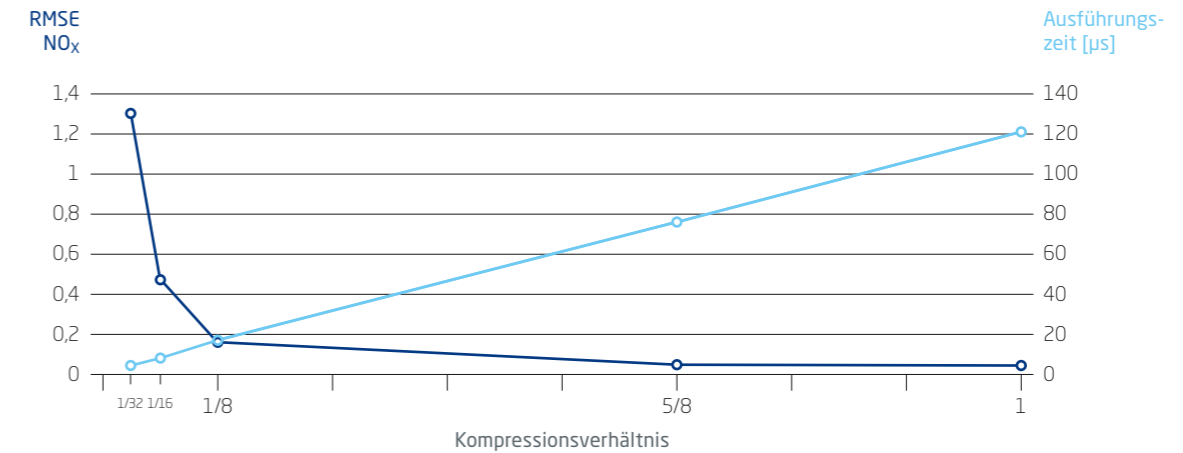


Bild 2: Ergebnisse NO_x-Beispiel.

Motorprüfständen oder instrumentierten Fahrzeugen. Die erstellten Modelle werden in ETAS ASCMO offline trainiert und geprüft. Je nach Größe der Trainingsdatensätze und der verwendeten Modellkompression in ETAS ASCMO ändern sich Ausführungszeit, Speicherbedarf und Modellgüte. Die Validierung der Modellgenauigkeit auf Basis statistischer Verfahren erfolgt ebenfalls in ETAS ASCMO. Bei ausreichender Genauigkeit wird das Modell in das AMU-Format exportiert und auf der Steuergerätehardware implementiert.

Beispiel und Ergebnisse

Bild 2 veranschaulicht ein nicht für die Serienfertigung bestimmtes Beispiel zur Berechnung von NO_x-Motoremissionen. Die AMU-Ausführungszeit des unkomprimierten Modells betrug etwa 120 µs. Eine wichtige Erkenntnis aus der Abbildung ist, dass das Kompressionsverhältnis des Modells und die Ausführungszeit linear zusammenhängen, wobei die Steigung der Geraden von der Anzahl der Eingänge abhängt. Zudem zeigt sich eine nichtlineare Abhängigkeit zwischen der Kompressionsrate des Modells und seinem mittleren quadratischen Fehler (Root Mean Square Error, RMSE). Letzterer steigt bei höheren Kompressionsfaktoren – hier 1/8 und darunter – drastisch an. Die Verkleinerung des Modells mittels Modellkompression kann die Ausführungszeiten signifikant verkürzen bei nahezu unveränderter Modellgenauigkeit. Das konkrete Kompressionsverhältnis hängt von den RMSE-Anforderungen der jeweiligen Anwendung ab.

Andere Anwendungen von ETAS ASCMO und der Infineon-AMU finden sich in der Fachliteratur, beispielsweise für die Modellierung volumetrischer Wirkungsgrade und Abgasrückführung^[2] – ein weiterer Beleg für die Vorteile dieses neuen Ansatzes in der Entwicklung von Seriensoftware.

Zusammenfassung

Angesichts immer komplexerer Steuergerätefunktionen beschleunigt und vereinfacht die datenbasierte Modellierung die Entwicklungsarbeit beträchtlich – bei höherer Qualität und Verständlichkeit der Anwendung. Mit ETAS ASCMO lassen sich mühelos hochpräzise Verhaltensmodelle erstellen. Dank der Infineon-AURIX™-AMU können ETAS ASCMO-Modelle in Echtzeit ausgeführt werden, ohne den Hauptkern des Steuergeräts merklich zu belasten. Die AMU-Hardwarebeschleunigung und die Modellkompression in ETAS ASCMO sind entscheidend für eine effiziente Implementierung datenbasierter Modelle auf Steuergeräten.

Autoren

Chinh Nguyen ist System-on-Chip and In-vehicle Compute Research Engineer bei der Ford Motor Company. **Tobias Gutjahr** ist Program Manager bei ETAS Inc. **Adam Banker** ist Powertrain Controls Research Technical Expert bei der Ford Motor Company. **Dona Burkard** ist In-vehicle Core Software Manager bei der Ford Motor Company. **Klaus Scheibert** ist Senior Principal in the System Architectures Team for PT&xEV Applications within Infineon Automotive Microcontrollers bei der Infineon Technologies AG. **Atila Bulmus** ist Lead Principal System Application Engineer for Powertrain bei der Infineon Technologies North America Corp.

Dieser Artikel ist eine Zusammenfassung der bereits in ^[1] veröffentlichten Ergebnisse.

Literaturangaben

^[1] Nguyen, C., Gutjahr, T., Banker, A., Burkard, D., Scheibert, K., Bulmus, A., „Hardware Supported Data-Driven Modeling for ECU Function Development“, SAE-Technikdokument 2020-01-1366, 2020.
^[2] Nork, B. und Diener, R., „AMU-Based Functions on Engine ECUs“, in „International Conference on Calibration Methods and Automotive Data Analytics“, expert Verlag, 2019.

Automatisierte Optimierung der Applikation von Steuergerätefunktionen

Hyundai Motors erfolgreicher Ansatz zur Automatisierung und Optimierung der Applikation

Verbesserte Effizienz in der Applikation durch automatisierte Kennfeldoptimierung bei Hyundai Motor

Motoren verfügen über eine zunehmende Anzahl an Aktuatoren, die sie leistungsfähiger und sparsamer machen sowie strengere Abgasgrenzwerte einhalten lassen. Damit gehen komplexere Motorsysteme und zusätzliche Freiheitsgrade einher. Dies macht die Applikation der zahlreichen Parameter an unterschiedlichen Arbeitspunkten und in verschiedenen Testumgebungen zeitintensiver und aufwendiger. Der Beitrag zeigt, wie es Hyundai Motor mit Automatisierung und Optimierung der Applikation gelang, die Anforderung an zügige Entwicklung kundenindividueller Fahrzeuge bedarfsgerecht umzusetzen.

Hintergrund und Ziele

Das PT Performance Development Center des Forschungs- und Entwicklungszentrums von Hyundai Motor führte die automatische Kennfeldoptimierung ein, um die Applikation – eine sehr zeit- und aufwendige Entwicklungsaufgabe – effizienter zu machen. Ziel war es, sich wiederholende Applikationsaufgaben und die Anzahl der durch Hardware-Änderungen im Entwicklungsprozess erforderlichen Tests am realen Fahrzeug zu reduzieren, um Zeit und Geld zu sparen (Bild 1). Dieses Vorhaben konzentrierte sich auf die Kappa-/Gamma-Motoren der dritten Generation, die Hyundai größtenteils bei neuen Fahrzeugprojekten im Jahr 2020 einsetzte.

Ablauf der automatischen Optimierung

Simulink®-Modelle dienen als Basis zur Erstellung der Steuergeräteleklogik für die automatisierte Kennfeldoptimierung. Es wurden Steuergerätemodelle für sämtliche benötigten Funktionen erstellt. Dazu gehören Modelle für die Korrektur der Kraftstoffmasse, die Luftmasse an der Drosselklappe, den AGR-Gasstrom, die Temperaturmodellierung und die Turbo-Pilotsteuerung. Im Fahrzeug gemessene reale Daten dienen als Systemeingänge für ETAS ASCMO-MOCA. Die Aufgabe der Optimierung bestand darin, die virtuellen Ausgänge der Simulink®-Modelle an die Messungen am realen System anzupassen, die unter verschiedensten Randbedingungen stattfanden (Bild 2).

Automatische Applikation (Kennfeldoptimierung)

Um die besten Ergebnisse für jedes Einzelprojekt zu erreichen, wurden die Optimeraufgaben in ETAS ASCMO-MOCA jeweils individuell eingestellt. So ließen sich unkompliziert etwa Grenzen und Gradienten für die einzelnen Parameter, die Reihenfolge der Optimierschritte sowie relevante Teilmengen der Daten einstellen. Bild 3 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Optimierungen für drei verschiedene Kanäle.

Bild 1: Automatische Kennfeldoptimierung.

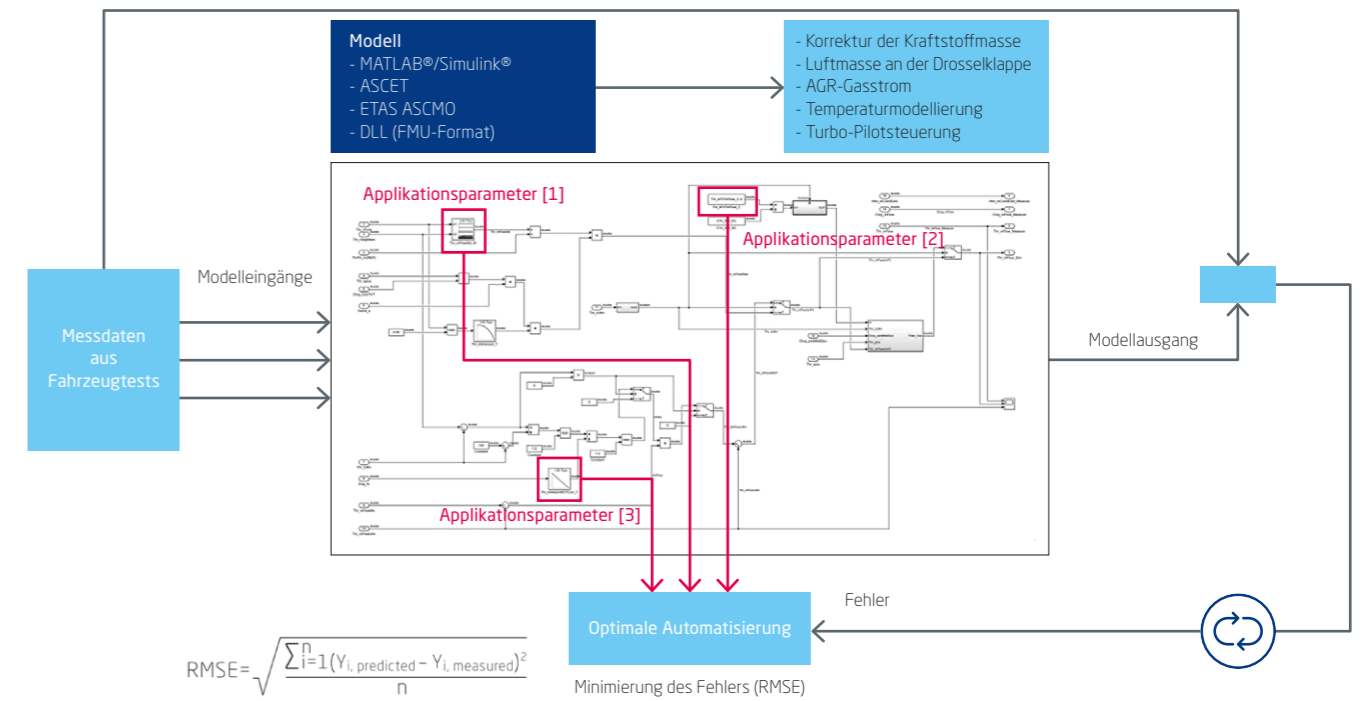
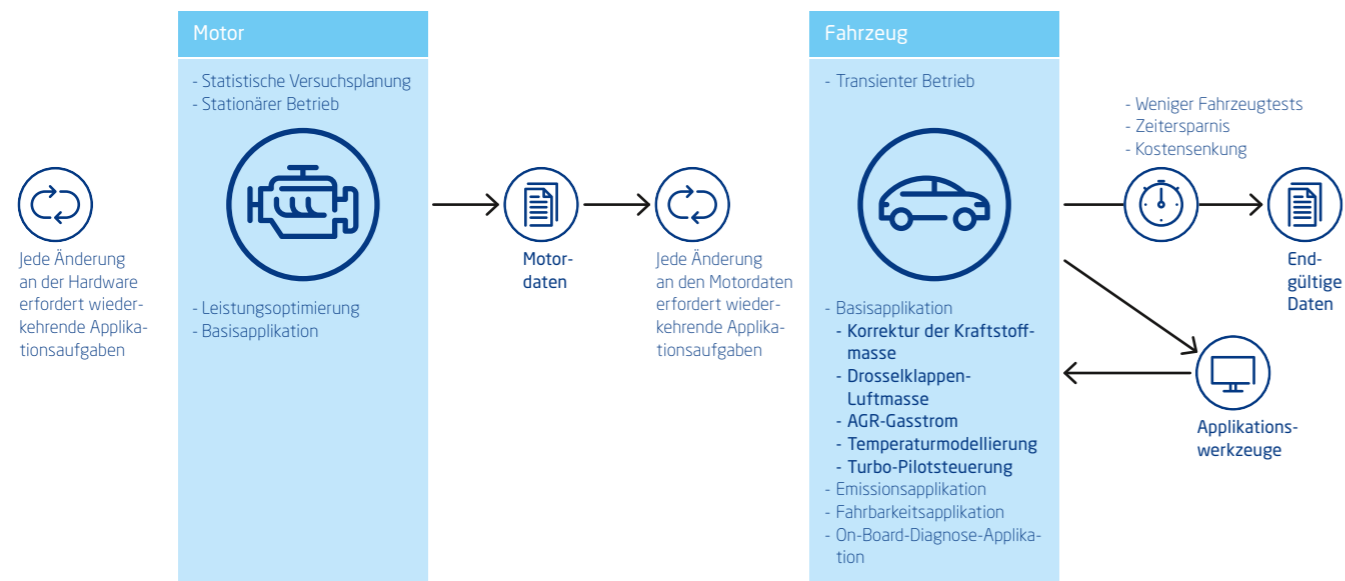


Bild 2: Überblick über die Funktionsweise von ETAS ASCMO-MOCA.

Fazit - Applikationszeit um mehr als 50 Prozent reduziert

Hyundai Motor setzte ETAS ASCMO-MOCA als Teil des Applikationsprozesses zur Offline-Applikation ein. Es hat die nötige Applikationszeit um mehr als 50 Prozent reduziert und hat, verglichen mit den bisherigen Online-Applikationsverfahren, gleichzeitig für alle Funktionen eine höhere Genauigkeit erreicht. Das Werkzeug lieferte auch konsistentere Ergebnisse, indem es die menschliche Variable – die Varianz, die auf die Arbeit der einzelnen Ingenieure zurückzuführen ist – minimierte und zur Standardisierung des Prozesses beitragen konnte.

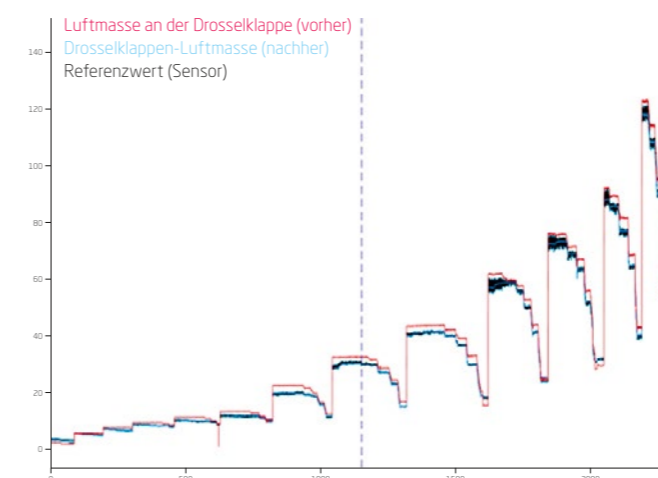
Autor

Jung Seop Son ist Senior Engineer PT Performance Technology Development Team, Hyundai Motor Group.

Bild 3: Ergebnisse der Kennfeldoptimierung.

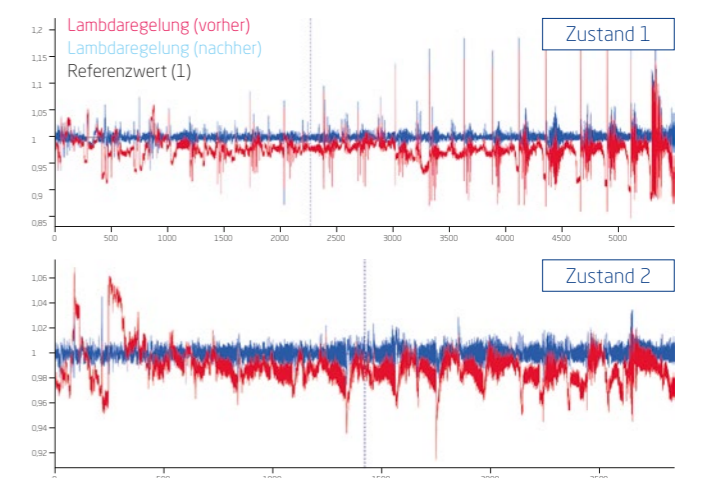
Funktion der Drosselklappen-Luftmasse

	RMSE	Benötigte Zeit	Anmerkungen
Vorher	2,51	6~8 Stunden	Manuelle Messung und Applikation
Nachher	0,56	3~4 Stunden	Toolbasierte Messung und Applikation



Korrektur der Kraftstoffmasse (Lambdaregelung)

	RMSE	Zustand 1	Zustand 2	Zeitaufwand (1 Person)	Anmerkungen
Vorher	0,0315	0,0183		2~3 Tage	HOM1
Nachher	0,0098	0,0046		An einem Tag	HOM1



Damit Messdaten Sinne ersetzen können

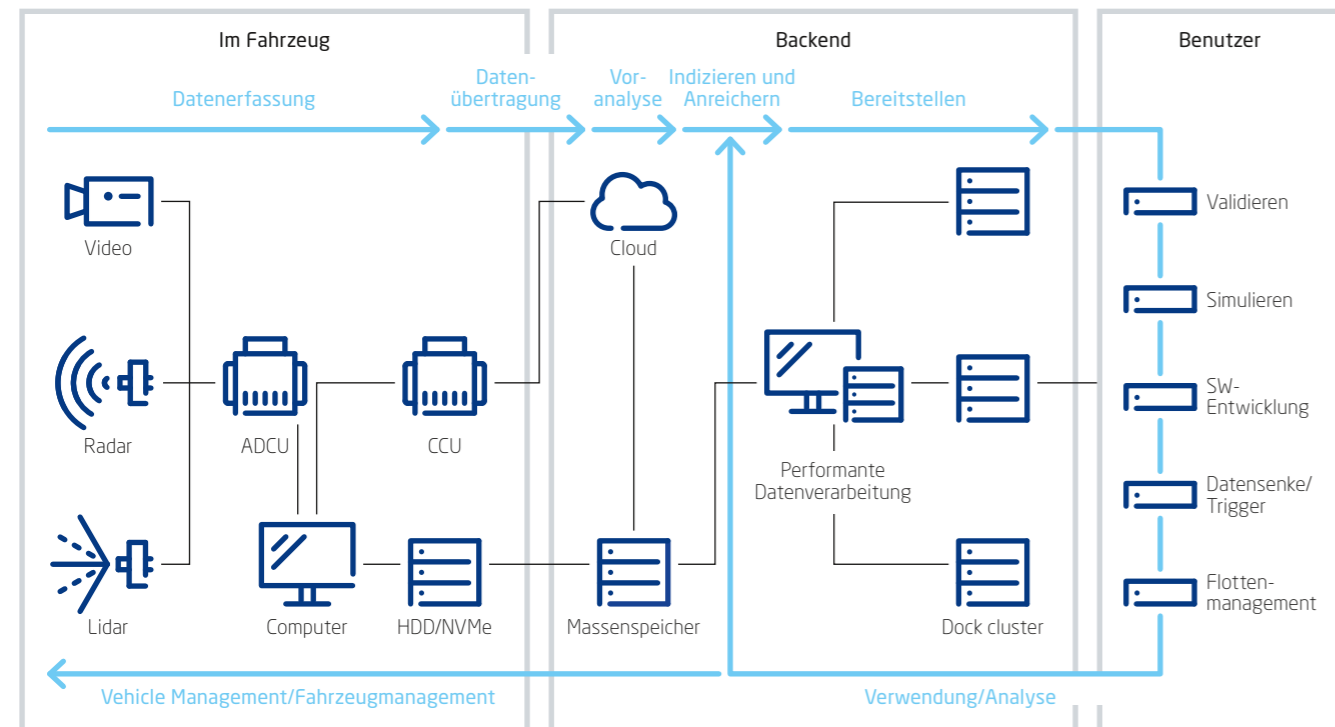
Skalierbare Messdatenerfassung für die ADAS-Entwicklung

Sensorsysteme sollen für das automatisierte Fahren die menschliche Sinneswahrnehmung ersetzen. Um die Systeme auszulegen und ihre Funktion in allen Entwicklungsstadien überprüfen zu können, benötigen Systementwickler umfassenden Zugriff auf Messdaten. Neue modulare Messtechnik von ETAS hilft, diese zu erfassen und bereitzustellen.

Augen, Ohren, Erfahrung und eine gute Portion Intuition. Mehr braucht es bisher nicht, um ein Auto zu lenken. Doch weil Menschen müde werden, sich ablenken lassen und zuweilen langsam reagieren, sind Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) auf dem Vormarsch. Schon in wenigen Jahren sollen sie das automatisierte Fahren ermöglichen. Statt Augen und Ohren werden dann Dutzende Radar-, Lidar-, Video- und Ultraschallsensoren das Fahrzeugumfeld überwachen.

Zur Koordination der komplexen Sensornetze dienen leistungsfähige Steuergeräte (ECUs). Diese müssen binnen Millisekunden riesige Datenmengen verarbeiten und Fahrstrategien daraus ableiten. Um diese komplizierten Steuerungsstrategien effizient zu entwickeln, verlagert sich die Entwicklung der Softwarefunktionen in Labors. Virtualisierung ersetzt Versuche mit realer Hardware, wo immer es möglich ist. Allerdings setzt das voraus, Modelle hinreichend mit realen Umweltdaten abzusichern. Dafür bedarf es zuverlässiger, flexibler Werkzeuge für eine leistungsfähige Datenerfassung sowie der Möglichkeit zum Datenzugriff über eine Cloud oder ein Backend (Bild 1).

Bild 1: Entwicklungskette von der Realdatenerfassung bis zu den aufbereiteten Daten für die Systementwicklung.



ADCU Automated Drive Controller Unit CCU Connectivity Control Unit ADAS Advance Driver Assistance Systems HAD Highly Automated Driving

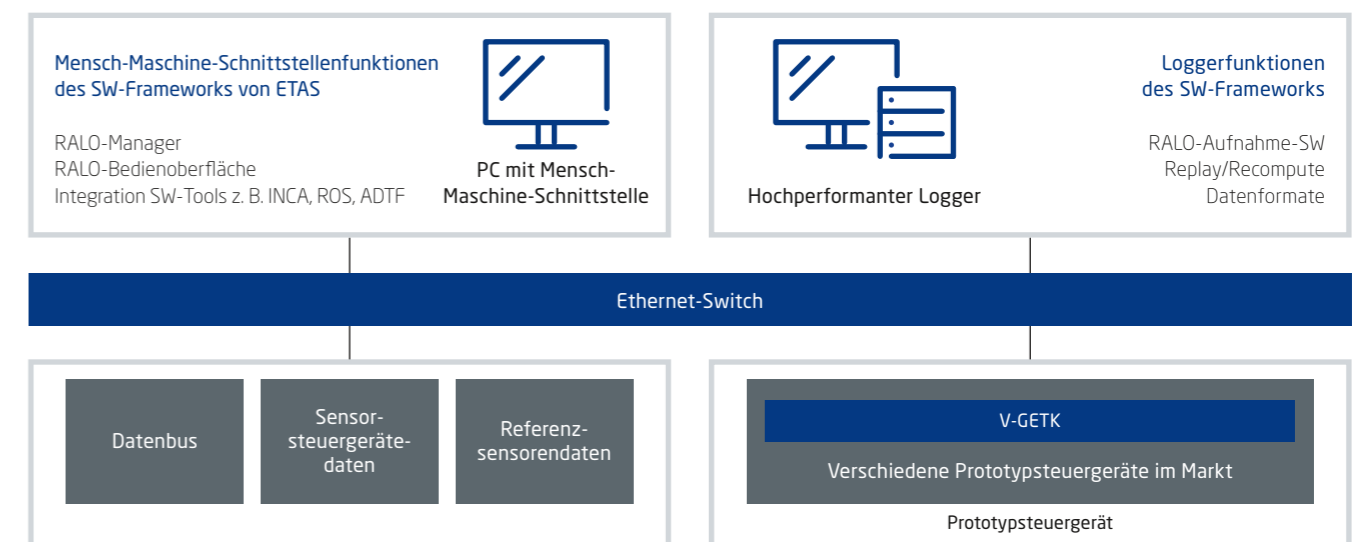


Zudem muss sich eine solche Entwicklungsumgebung in die auf OEMs und Zulieferer aufgeteilten Abläufe der Fahrzeugentwicklung fügen und deren unterschiedliche Reifestadien – vom Prototyping über die verschiedenen Phasen der Entwicklung und Funktionserweiterungen bis hin zu einem Flottenmanagement nach dem Produktionsstart – unterstützen. Ungeachtet der jeweiligen Phase brauchen Entwickler Lösungen zur Messdatenerfassung und zum Zugriff auf diese Daten. Zu beachten ist hierbei, dass die Konfigurationen variieren und Volumina von wenigen Megabyte (MB) bis zu einigen Gigabyte (GB) pro Sekunde reichen können. ETAS bietet speziell für diese Anforderung ein modulares Portfolio an skalierbaren Lösungen, die die In-Vehicle-Datenerfassung (Data Acquisition – DAQ) in jeder Phase optimal unterstützen.

„In-Vehicle“-Datenerfassung ab der Prototypenphase

Dieser „In-Vehicle“-DAQ kommt höchste Bedeutung zu, weil sie jene Datenbasis liefert, mit der sich die virtualisierte Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen absichern lässt. Doch vor allem in der Prototypenphase scheiterte eine solche Datenerfassung bisher daran, dass in der Regel noch keine serienreife Steuergeräte- und Sensorhardware verfügbar ist. Weil die stattdessen eingesetzten, auf Industrie-PCs simulierten Prototypen andere Schnittstellen und Eigenschaften haben als ECUs, war der Einsatz von hardwarenaher ETAS Messtechnik wie dem Emulator-Tastkopf (ETK) nicht möglich. Um diese Leerstelle zu beseitigen und Datenmessungen bereits in der Prototypenphase zu ermöglichen, hat ETAS einen virtuellen GETK entwickelt – den V-GETK (Bild 2).

Bild 2: V-GETK-Integration in ein prototypisches Steuergerät.



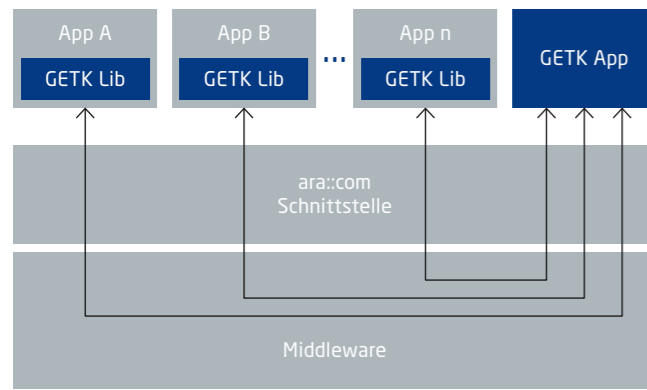
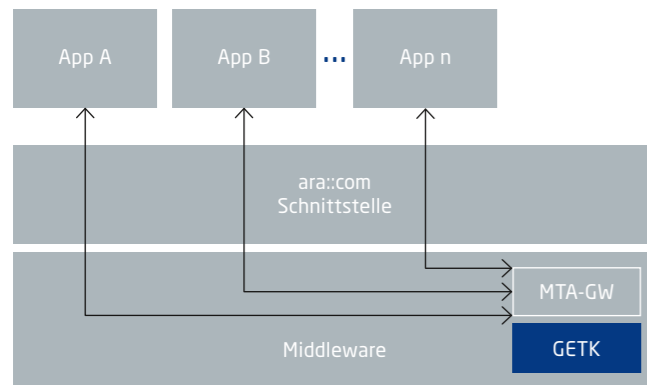


Bild 3: GETK-Integration in der Middleware als Service.

Bild 4: GETK-Integration innerhalb der Middleware.



Mit der Möglichkeit zur Messdatenerfassung im Frühstadium der Entwicklung sorgt der ETAS V-GETK für Kosteneffizienz und Zeitersparnisse in der Softwarefunktionsentwicklung. Dabei orientiert sich die Performance an der PC-Hardware. Je mehr Rechenkerne und -leistung verfügbar sind, desto mehr Daten lassen sich über den virtuellen GETK aufzeichnen. Flexibel ist die Lösung, was ihre Einbettung in die Softwareumgebung betrifft: Wahlweise erfolgt sie als Service auf der Adaptive-AUTOSAR-Schnittstelle ara::com (Bild 3) oder als Protokolltreiber in kundenspezifischer Middleware (Bild 4).

Der V-GETK wird als Software in den Steuergeräteprototypen integriert. Das hat den Vorteil, dass für die Datenausgabe leistungsfähige Ethernet-Schnittstellen der Industrie-PCs genutzt werden können. Die Messdaten gelangen so direkt oder via Ethernet-Netzwerk zu einem Datenlogger. Verwaltet wird der virtuelle GETK über das ETAS SW-Framework, in dem sich die Messdaten auch visualisieren lassen. Diverse Module zur Steuerung und Konfiguration, wie der RALO-Manager oder der RALO-Recorder, unterstützen ein intuitives Handling. RALO steht dabei für Rapid Logging. Ergänzend lassen sich gängige Softwaretools und -frameworks anbinden; etwa das Robot Operating System (ROS) und das Automotive Data and Time Triggered Framework (ADTF).

„In-Vehicle“-DAQ in der Entwicklungsphase

Sobald Funktionsentwickler Zugriff auf Vorserienmuster der ECU- und Sensorhardware bekommen, können sie auf integrierte Messtechnik wie den ETAS ETK oder GETK zugreifen. Damit können sie im Zuge von Versuchsfahrten oder Hardware-in-the-Loop-(HiL-)Versuchen alle erforderlichen Daten aus den Fahrzeugsteuergeräten messen. In ADAS-Projekten stehen hierbei Rohdaten und interne Daten auf Sensorebene im Fokus. Datenraten von 100 MB/s bei Radarsensoren und bis zu 1 GB/s (etwa 8-Megapixel-Kamera) sind zu bewältigen. Auch gilt es, Daten klassischer Domänen von Antriebsstrang, Chassis, Infotainment bis Connectivity zu erfassen. Referenzdaten von Ground-Truth-Sensoren und Referenz-Messsystemen (Bild 5) werden ebenfalls benötigt.

Für die Weiterentwicklung assistierender Funktionen hin zu automatisierten Systemen sind neue messtechnische Lösungen gefragt. Denn wo Dutzende Sensoren das Umfeld lückenlos überwachen müssen, steigt der Bedarf an Messdaten drastisch. Um sie erfassen und zuverlässig übertragen zu können, wird eine eigene In-Vehicle-Netzwerkarchitektur für die Messtechnik notwendig. Denn die Datenraten in Größenordnungen zwischen 6 und 15 GB/s lassen sich nur über ein skalierbares Logger-System kostengünstig aufzeichnen, welches die Datenströme dynamisch auf die verfügbaren Datensinken verteilt.

Im ETAS Portfolio findet sich hierfür eine geeignete DAQ-Lösung. Sie besteht aus der ETAS GETK-Familie, dem ETAS SW-Framework, weiteren Systemkomponenten und ergänzenden Messmodulen. Die skalierbare Lösung gewährleistet eine lückenlose Entwicklungskette über sämtliche Phasen der Entwicklung (teil)automatisierter Funktionen hinweg. Entwicklungsergebnisse der Prototypenphase lassen sich nahtlos in folgende Phasen übernehmen. Der in die ECU-Hardware integrierte GETK steht stellvertretend für die konsequent modulare Philosophie der ETAS DAQ-Lösung. Daneben lassen sich Datenquellen von Mikrocontrollern (μC) mit Raten um 70 bis 100 MB/s und von Mikroprozessoren ($\mu\text{P}/\text{SoC}$) mit 2 bis 8 GB/s pro GETK ins Messnetzwerk integrieren. Die Datenübermittlung erfolgt via PCIe Bus, das Auslesen per Direct Memory Access (DMA). So liefert der neue Messtechnikstandard die Basis, um enorme Datenmengen in Automatisierungsprojekten zu erfassen und hochperformant zu lesen. Der Schlüssel dazu ist seine Skalierbarkeit.

Als Basis dient das ETAS SW-Framework. Es gewährleistet den rundum sicheren Transport der Daten von den Quellen zu den Senken – und verteilt die vom GETK erzeugten Datenströme via 10/40/100-Gigabit-Ethernet effizient auf die

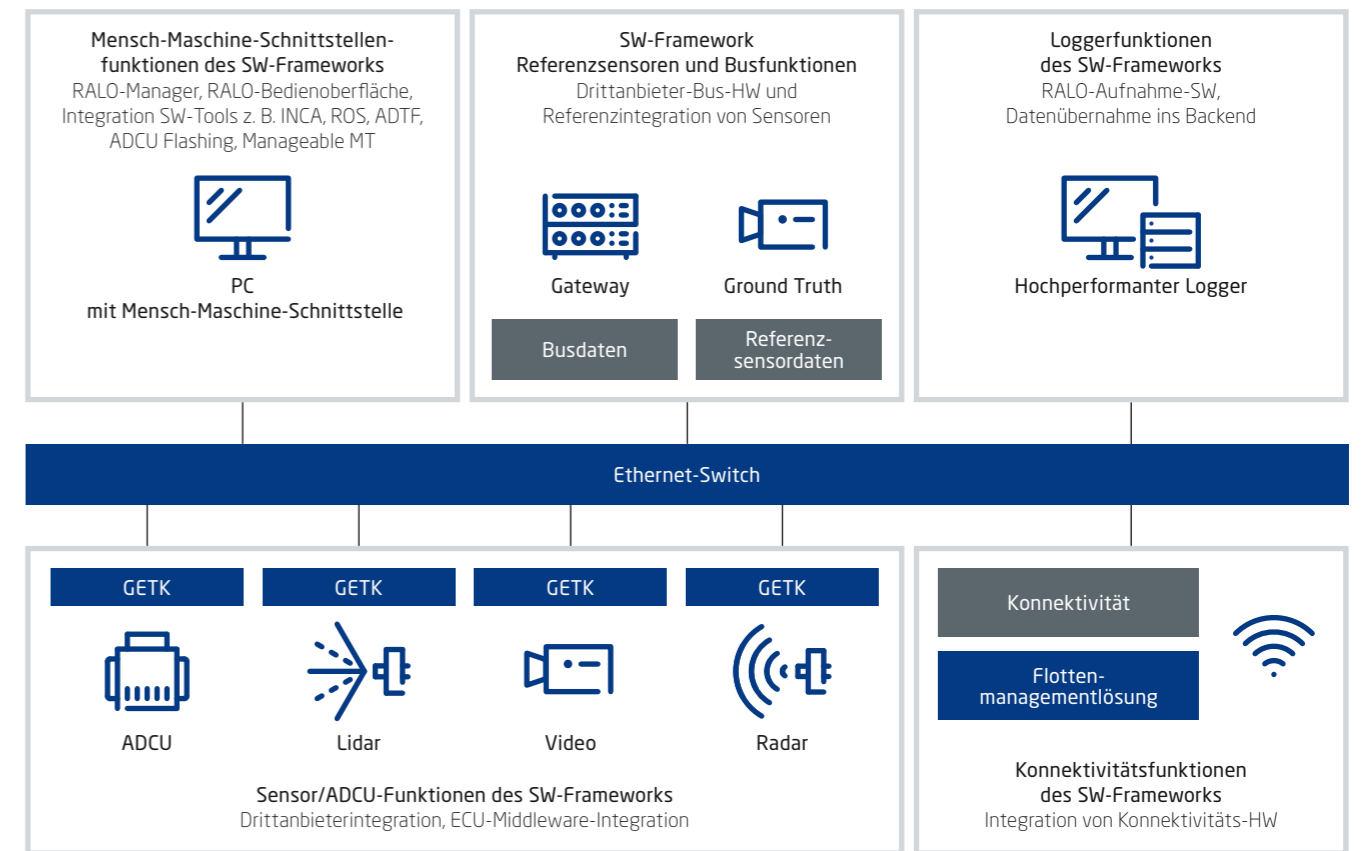


Bild 5: Schema der ETAS Messdatenerfassung.

verfügbaren Datenlogger. Die Datenraten erreichen bis zu 8 GB/s pro Logger. Zudem erlaubt es das System über alle Entwicklungsphasen hinweg, gängige Software-Frameworks wie ROS und ADTF zu integrieren. Funktionsentwickler können so mit ihren favorisierten Tools weiterarbeiten.

„In-Vehicle“-Datenerfassung in der Post-SoP-Phase

Der Zugriff auf Daten aus Sensoren und Steuergeräten muss künftig auch nach dem Produktionsstart (SoP) gewährleistet sein, etwa für eine fortlaufende Flottenvalidierung. Die ETAS Lösung verschafft Entwicklern einen rundum abgesicherten Zugriff auf verfügbare Messdaten der Fahrzeuge im Feld, auf ergänzende Hintergrunddaten. Zudem können sie über eine Cloud-Infrastruktur mit Fahrzeugen interagieren. So können Hersteller die Softwarefunktionen des automatisierten Fahrens auch nach dem SoP weiterentwickeln und testen, um die Sinne der sensorbasierten Systeme fortlaufend zu schärfen.

Fazit

Die ETAS DAQ-Lösung ist die Antwort auf den steigenden Bedarf an Messdaten für eine effiziente Funktionsentwicklung. Der konsequent modulare, skalierbare Ansatz verschafft

Entwicklern in jeder Phase der Fahrzeugentwicklung Zugriff auf Messdaten und erlaubt es, leistungsfähige Messtechnik ins Fahrzeug zu integrieren. Vor allem die nahtlose Integration von der Prototypen-Phase bis hin zur Post-SoP-Phase ist ein entscheidender Faktor für eine zeit- und kosteneffiziente Entwicklung. Das beginnt im Prototypenstadium mit dem virtualisierten ETAS V-GETK, geht mit den integrierten GETKs weiter, sobald Seriensteuergeräte-Hardware verfügbar ist, und reicht bis hin zum cloudbasierten Datenaustausch mit Fahrzeugen im Feld. Diese Möglichkeit zur umfassenden Datenerfassung von Labor bis Serienfahrzeug verschafft Funktionsentwicklern neuen Spielraum, um die hochkomplexen Funktionen des automatisierten Fahrens so abzusichern, dass Sensorsysteme in Zukunft tatsächlich die menschliche Sinneswahrnehmung ersetzen können.

Autoren

Dr. Patrick Nickel ist Systemarchitekt ADAS/HAD bei der ETAS GmbH. **Thomas Schöpfner** ist Solution Manager ADAS/HAD bei der ETAS GmbH.

Entdeckungsreise durch die Steuergeräte-Software

Wie EHANDBOOK die Applikation in der Praxis effizienter macht

Mit der wachsenden Größe und Komplexität von Steuergerätesoftware wurde in den vergangenen Jahren auch das Verständnis von Signalflüssen und Abhängigkeiten in der Steuergerätesoftware immer schwieriger und zeitaufwendiger. Viele Automobilhersteller nutzen im Bereich der Steuergeräteapplikation ETAS EHANDBOOK als interaktive Dokumentation, um schneller ein besseres Verständnis über die Funktionsweise der Steuergerätesoftware zu erlangen. In diesem Artikel beschreiben zwei Anwender von Audi, Christophe Fauqueux und Patrick Nohe, sowie der ETAS Experte Dr. Patrick Frey, wie EHANDBOOK in der täglichen Arbeit zum Einsatz kommt und diese effizienter macht.

Die Ausgangslage

In den vergangenen Jahren ist die Steuergerätesoftware im Antriebsstrang stetig gewachsen und komplexer geworden. Neben der Zunahme an Steuergerätefunktionen ist ein weiterer Treiber die Vernetzung der Steuergeräte und der wachsende Grad der Elektrifizierung und Hybridisierung. Durch die Vielzahl an Baureihen und Varianten ist auch der Aufwand für die Kalibrierung kontinuierlich gestiegen. Dabei gibt es eine Vielzahl von Anwendungsfällen, bei denen detailliertes Wissen über die Funktionsweise und somit eine passende Dokumentation benötigt wird. Das notwendige Wissen hierzu wird von Funktions- und Software-Entwicklungsbereichen bereitgestellt. Neben der Steuergerätedokumentation für die intern bei Audi entwickelte Software wird auch eine entsprechende Dokumentation der Softwareanteile von Zulieferern benötigt und entsprechend bereitgestellt.

Bisher PDF als Standard-Dokumentenformat

Als gängiges Medium für die Steuergerätesoftware-dokumentation im Automobilsektor hatten sich PDF-Dokumente etabliert. Durch die kontinuierlich wachsenden Umfänge wurden diese aber immer unhandlicher. Gerade der Umgang mit mehreren parallel geöffneten PDF-Dateien erweist sich als schwierig:

Die Inhalte sind einerseits sehr umfangreich und umfassen typischerweise mehrere Tausend Seiten. Zum anderen gibt es keine Querverbindungen zwischen den einzelnen PDF-Dokumenten, was die übergreifende Navigation erschwert. Die wichtigsten Inhalte – die grafischen Abbildungen der Steuergerätesoftware in Form von Screenshots der ASCET- oder Simulink®-Modelle – sind jeweils nur auf einzelnen Seiten im A4-Format abgebildet und machen das Verfolgen von Signalpfaden durch ständiges Blättern schwierig und zeitaufwendig.

EHANDBOOK bei Audi: der Weg zum Standardwerkzeug

ETAS gestaltet mit EHANDBOOK die Steuergerätedokumentation neu (Bild 1). Viele Anwender haben die Vorteile und das Potenzial schnell erkannt: Die durchgängige grafische Darstellung aller Funktionen der Steuergerätesoftware in Form von interaktiven Modellen erlaubt es, Abhängigkeiten sehr viel schneller zu verstehen, und vereinfacht das Verfolgen von Signalpfaden. Durch die Toolkopplungen mit den ETAS Mess- und Kalibrierwerkzeugen INCA und MDA 8 werden typische Arbeitsabläufe zusätzlich unterstützt. EHANDBOOK wurde 2015 bei Audi für die interne Steuergerätesoftware adaptiert. Seitdem wird die Anwendung in vielen Applikationsprojekten eingesetzt und hat sich mittlerweile als Standardwerkzeug etabliert.

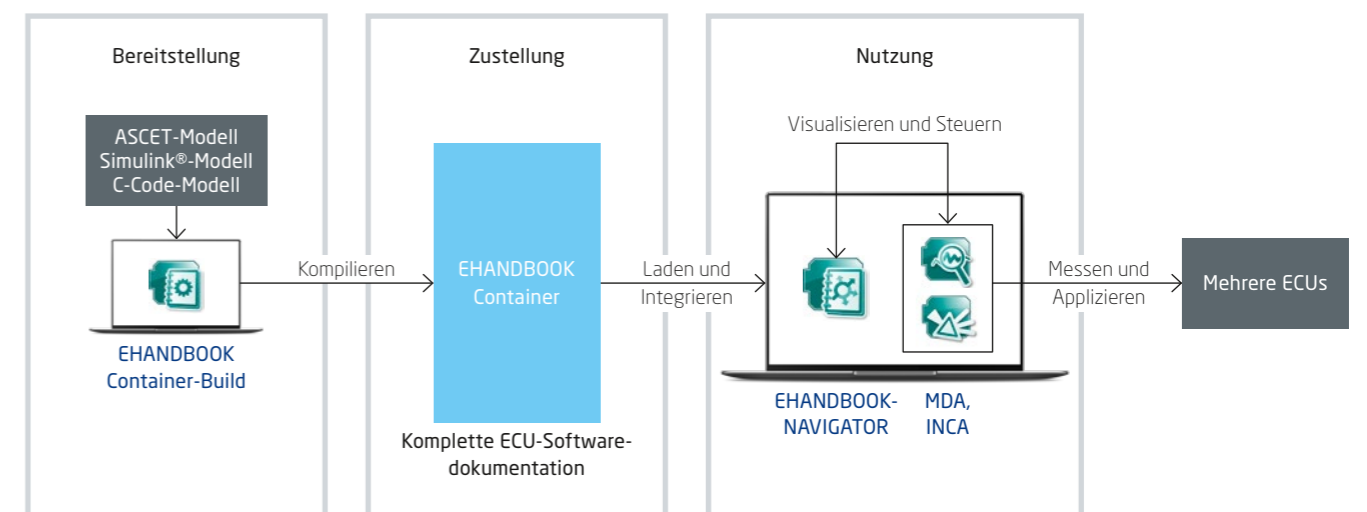


Bild 1: EHANDBOOK ermöglicht eine systematische Aufbereitung der Steuergerätesoftware, um Wissen über deren Funktionsweise gezielt bereitzustellen und nutzen zu können.

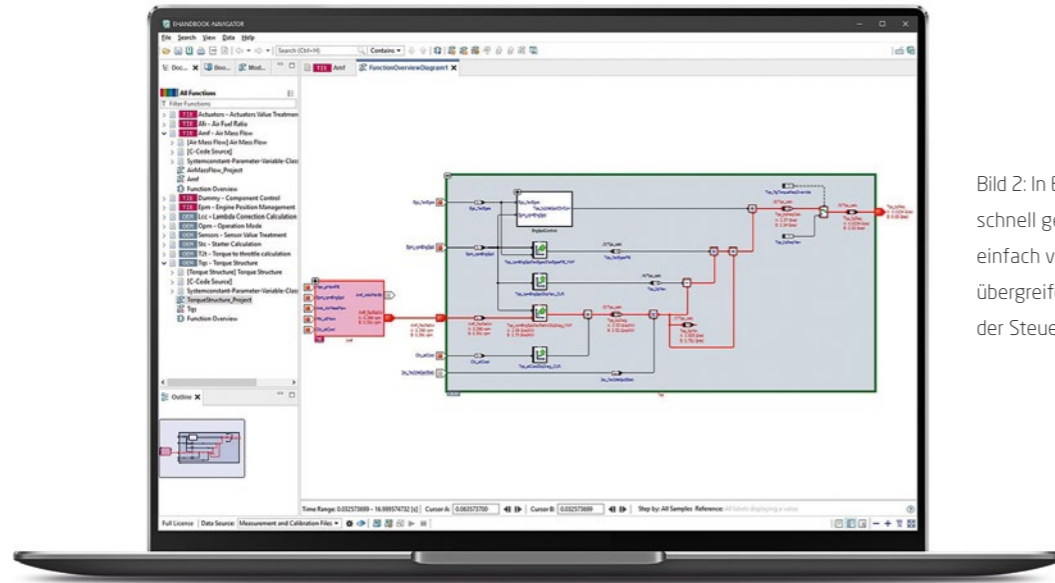


Bild 2: In EHANDBOOK können Signale schnell gefunden und Signalpfade einfach verfolgt werden – funktionsübergreifend über alle Bestandteile der Steuergerätesoftware.

Viel Zeitersparnis in typischen Anwendungsfällen

Als langjährige Anwender haben Christophe Fauqueux und Patrick Nohe vom Audi-Standort Neckarsulm mittlerweile viel Erfahrung im täglichen Umgang mit EHANDBOOK. Die Arbeit der Applikationsexperten wurde in den letzten Jahren vor allem durch neue Antriebsarten bei Audi immer komplexer. Patrick Nohe beschäftigt sich mit immer neuen und veränderten Funktionen von Hybridantrieben und muss sich in diese einarbeiten. Christophe Fauqueux arbeitet in der Brennstoffzellen-Entwicklung. Zusammen mit weiteren Experten arbeitet und entwickelt er mit dem Ziel, diese Technologie in Richtung Serieneinsatzfähigkeit zu bringen. Dafür muss sie von Grund auf neu entwickelt und appliziert werden.

Deutlich schneller in Steuergerätfunktionen einarbeiten

Bei der Einarbeitung in Steuergerätfunktionen steht das Grundverständnis im Vordergrund. Durch die leichte Bedienung und die nahtlosen grafischen Übersichten der Steuergerätesoftware schafft EHANDBOOK hier Klarheit. Hilfreich ist dabei, dass durch die funktionsübergreifende Darstellung einzelne Steuergerätfunktionen in einem Gesamtkontext betrachtet werden. Dadurch lässt sich schneller herausfinden, woher bestimmte Signale kommen und welche Funktionen sie beeinflussen. Und das auch über mehrere Softwarebestandteile hinweg, die einzeln von internen Entwicklungsabteilungen oder externen Zulieferern bereitgestellt werden (Bild 2). Im Vergleich zur früheren Arbeitsweise mit PDF-Dateien können sich Anwender mit EHANDBOOK bis zu 50 Prozent schneller einarbeiten. Den Ursprung von Signalen finden sie sogar 75 Prozent schneller.

Deutlich schneller Messgrößen und Parameter nachschlagen

Das Nachschlagen von Informationen zur Bedeutung von Messgrößen und zur Bedienung von Verstellparametern kommt sehr häufig vor – eigentlich jeden zweiten Tag. Hier bietet EHANDBOOK einen großen Vorteil, da die Information bzw. Bedienung sehr schnell verfügbar ist. Mit EHANDBOOK braucht man nur 25 Prozent der Zeit im Vergleich zur typischen Vorgehensweise, bei der das INCA-Experiment geöffnet werden muss, um die Daten anzuzeigen. Eine enorme Zeitersparnis.

Deutlich schneller Fehlerursachen finden

Häufig verhält sich die Steuergerätesoftware im Laufe der Entwicklung noch nicht, wie sie soll. Die Fehlerursachen sind dabei sehr vielseitig und sie bei der Applikation zu finden, ist laut Experten generell ein schwieriges Unterfangen. „Man betritt jedes Mal unbekanntes Land“, so Christophe Fauqueux. Für diesen Zweck wurden EHANDBOOK-NAVIGATOR und MDA 8 speziell aufeinander abgestimmt und erlauben somit ein durchgängiges Arbeiten: Durch die leistungsfähige Messtechnik (FETK) können die Applikateure auf Testfahrten sehr viele Signale mitmessen. In MDA 8 wird die Messdatei geladen und der Zeitpunkt, zu dem der Fehler auftrat, mit einem Cursor markiert. Dieser Zeitpunkt wird direkt von EHANDBOOK übernommen und die Messwerte entlang des Signalpfads annotiert. Ausgehend vom Signal, an dem sich der Fehler beobachten ließ, kann so die ganze Kette der Berechnungen und Entscheidungen der Software nachvollzogen werden. „Man muss nicht lange rumsuchen. Die Zusammenhänge der Berechnungen sind sofort auffällig“, sagt Christophe Fauqueux. Es ergeben sich dadurch für die Fehlersuche Zeitersparnisse von bis zu 75 Prozent.

Deutlich schneller das Zusammenwirken von Funktionen verstehen

Sehr häufig müssen Funktionen appliziert werden, die von unterschiedlichen internen Entwicklungsabteilungen sowie von externen Zulieferern stammen. Die entsprechende Dokumentation wird jeweils einzeln bereitgestellt oder zugeliefert. „Mit mehreren PDF-Dokumenten einen Gesamtzusammenhang zu verstehen, ist sehr umständlich. EHANDBOOK bietet hier den Vorteil, dass man mehrere EHANDBOOK-Dateien laden und zusammenführen kann“, so die Audi-Experten. Durch die Verknüpfung zu einer Gesamtansicht werden übergreifende Abhängigkeiten klar und nachvollziehbar dargestellt. Je nach Projektphase und Qualität der Inhalte sind dadurch Zeitersparnisse von 20 bis 80 Prozent möglich (Bild 3).

Fazit

Durch den Einsatz von EHANDBOOK erreicht man erhebliche Zeitersparnisse. Durch das bessere Verständnis der Steuergerätesoftware lassen sich auch Fehler vermeiden, was zu entsprechenden Qualitätsverbesserungen der Applikationsergebnisse führt.

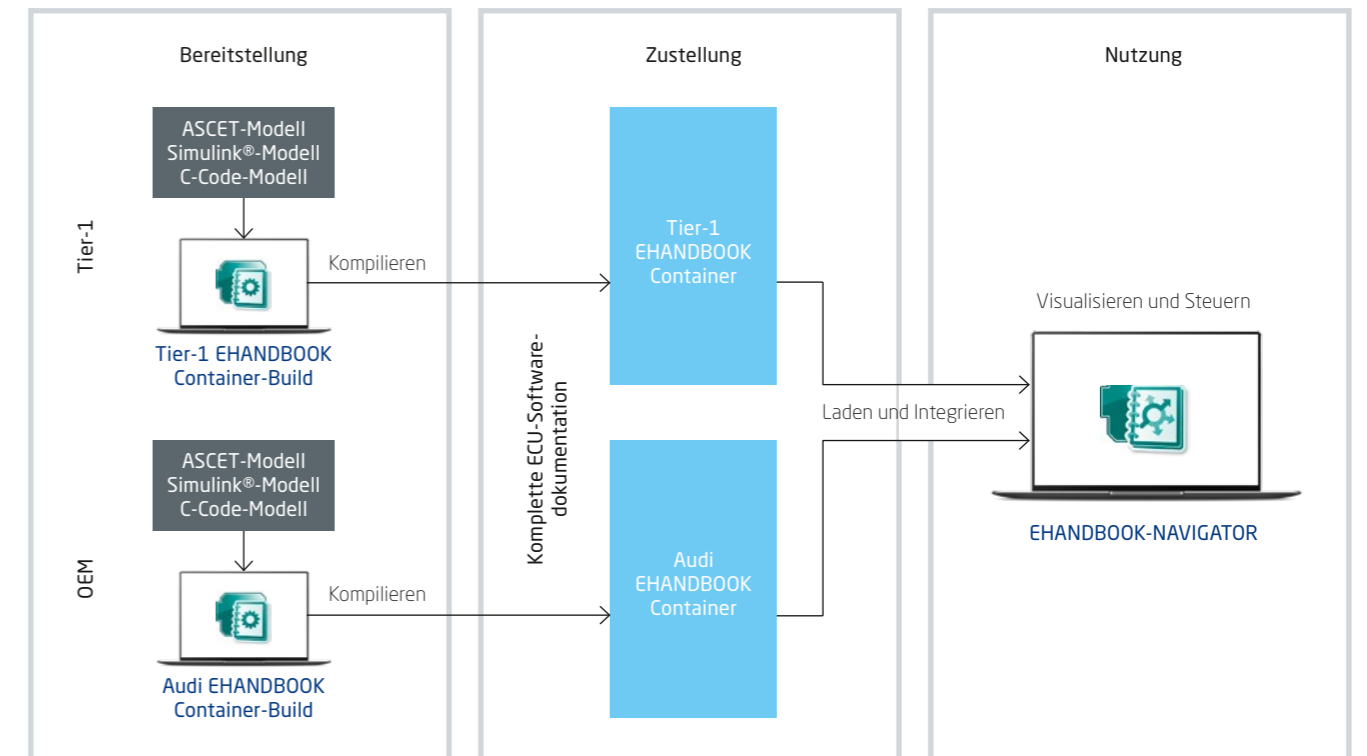
Bild 3: EHANDBOOK erlaubt die nahtlose Zusammenführung der Steuergerätesoftwaredokumentation von OEMs und Zulieferern.

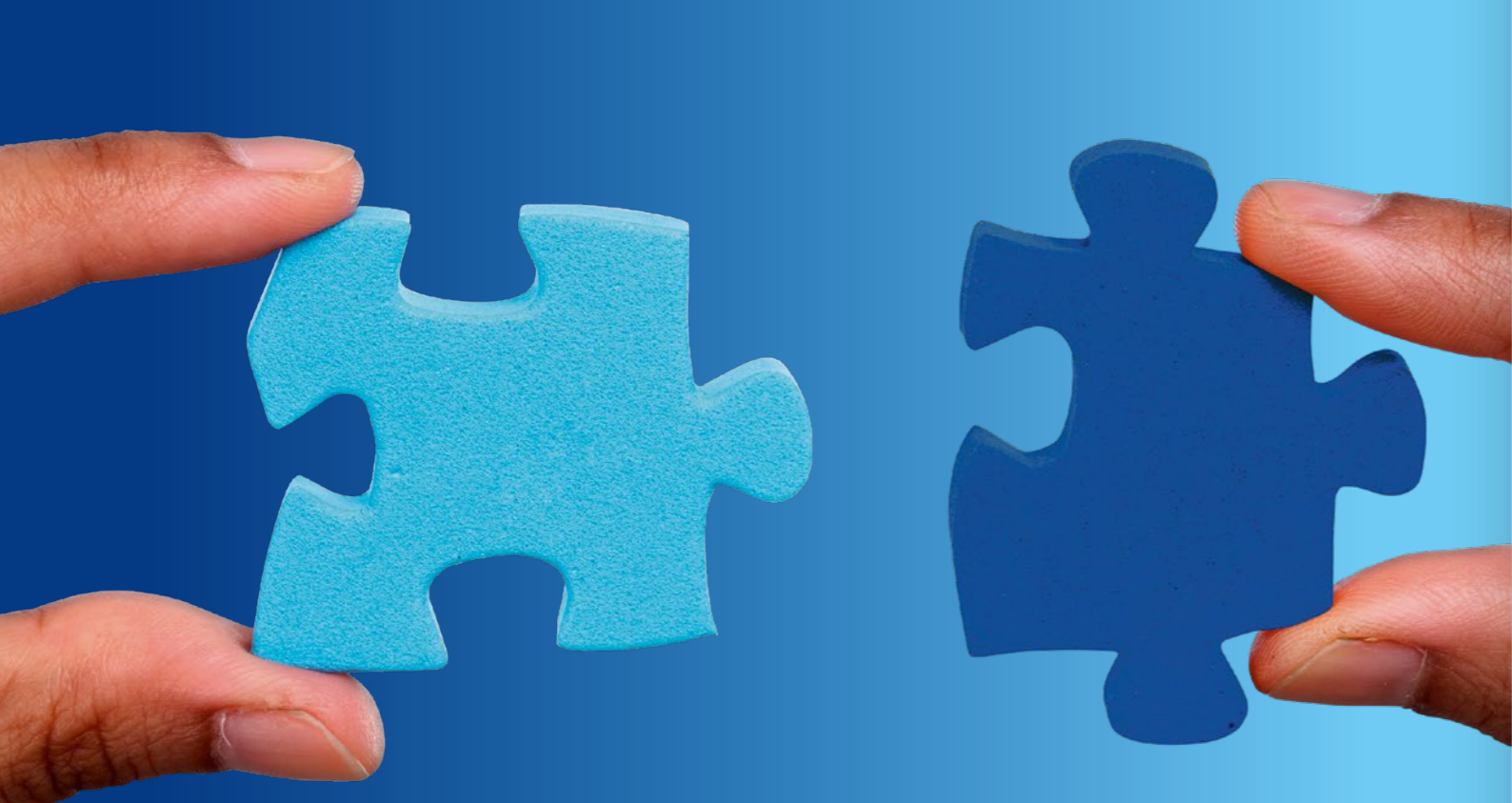
Audi-Experten gestalten die weitere Entwicklung mit

Für Patrick Nohe und Christophe Fauqueux sind gerade die grafischen Darstellungen der Steuergerätesoftware in EHANDBOOK von großer Bedeutung. Durch die nahtlose Darstellung von Signalpfaden über Steuergerätfunktionen hinweg wird das Verständnis wesentlich erleichtert. Hier bietet EHANDBOOK aber noch weiteres Ausbaupotenzial, beispielsweise durch das Abspeichern und Weitergeben von Modellansichten. Daher begleiten Experten auch in Zukunft die weitere Entwicklung von EHANDBOOK und stehen als Feedback-Geber im Rahmen der User Research und Konzeptvalidierung zur Verfügung. Neben den klassischen Steuergeräten im Antriebsstrang wird EHANDBOOK bei Audi mittlerweile auch in anderen Domänen eingesetzt. Und auch weitere Zulieferer stellen sukzessive EHANDBOOK-Container-Dateien zur Verfügung.

Im Gespräch mit der Redaktion

Christophe Fauqueux ist Fachexperte im Bereich Entwicklung Applikation/Funktionen Brennstoffzelle bei der Audi AG. **Patrick Nohe** ist Fachexperte im Bereich Applikation Fahrverhalten V-Dieselmotoren bei der Audi AG. **Dr. Patrick Frey** ist Senior Produktmanager bei der ETAS GmbH und für die EHANDBOOK-Lösung zuständig.





Neue Methoden der Zusammenarbeit

Auf INCA basierende Lösung für das Flottenmanagement

Für das Flottenmanagement suchte Mahindra eine vielseitige Lösung, die ganz besondere Anforderungen erfüllt. Die Lösung: ein automotivgerechtes Windows-Tablet, auf dem INCA läuft und welches Daten mit großer Bandbreite per Ethernet über einen XETK erfasst. Oder kurz gesagt: TOUGHIE.

Ab ins Büro, den Computer hochfahren, den Status der Fahrzeugflotte prüfen, Probleme untersuchen, Fehler beheben und die Flotte wieder einsatzbereit machen – und das alles am besten, bevor der Kaffee kalt wird: So stellte sich der Flottenverantwortliche bei Mahindra Automotive seinen Tagesablauf vor. Als ein Testfahrer per Krisenmeldung auf einen Malfunction-Indicator-Light-(MIL-)Fehler hinwies, kam jedoch alles ganz anders. Also galt es, alles Nötige zusammenzupacken und wieder für einige Tage unterwegs zu sein. Zahlreiche

vorgesehene Testfahrten in Indien, hoher Zeitdruck und der Bedarf, überall gleichzeitig zu sein, ließen darauf schließen, dass sich diese Krise deutlich ausweiten dürfte. Krishnaraj P, Flottenverantwortlicher bei Mahindra, machte sich Sorgen.

Es gibt zwar viele Produkte, die Fahrzeugdaten sammeln, aber Mahindra wollte mehr als einen reinen Datenlogger. Vielmehr war eine vielseitige Lösung gefragt, die ganz besondere Anforderungen erfüllt. Außerdem musste zwischen den Kosten und

der Bandbreite der zu erfassenden Daten abgewogen werden. Da es schnell gehen musste, kamen weder Experimente noch eine zeitintensive, aufwendige Eigenentwicklung infrage. So arbeiteten Ingenieure von ETAS mit den Beteiligten bei Mahindra zusammen, um ihre Bedenken zu verstehen, die Anforderungen im Detail zu beschreiben und dann eine Lösung zu entwickeln, die all ihren Bedürfnissen gerecht wird und gleichzeitig die Effizienz und den Komfort für mehrere Teams erhöht.

Die Lösung

Die Lösung besteht aus einem automotivgerechten Windows-Tablet, auf dem INCA läuft und welches Daten mit großer Bandbreite per Ethernet über einen XETK erfasst. ETAS erörterte gemeinsam mit allen Beteiligten Anforderungen, Problemstellungen, Anliegen und Vorgehensweisen. Die ETAS Experten berücksichtigten auch mögliche Fallstricke und halfen dann, eine Komplettlösung zu entwickeln. Hierfür sammelten sie zunächst gemeinsam mit Kundenteams Ideen für eine detaillierte Lösung, setzten diese größtenteils vor Ort bei der realen Flotte um, prüften sie genau und passten sie gegebenenfalls an. Benutzerdefinierte Funktionen und vorkonfigurierte Optionen bieten nun allen Beteiligten bei Mahindra eine reibungslose Anwendung.

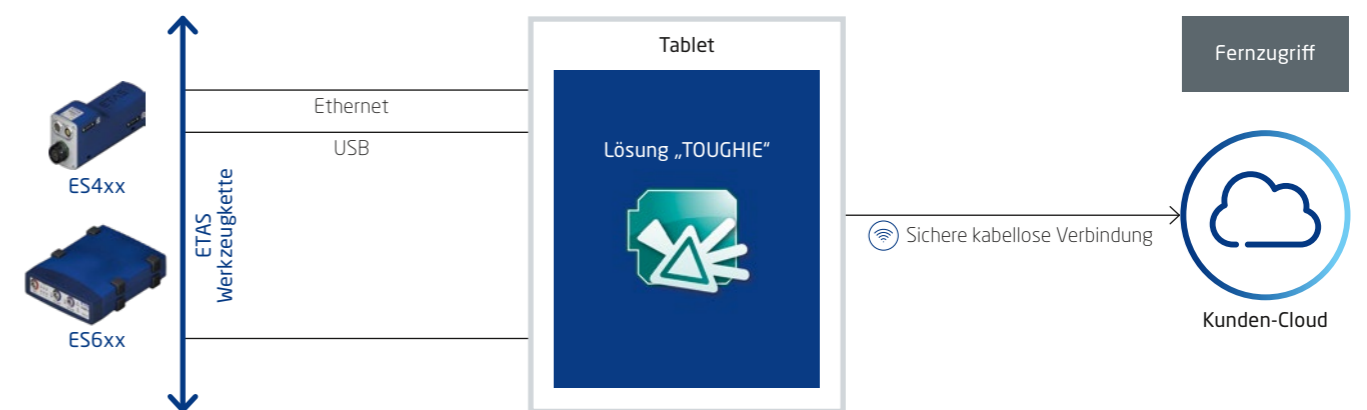
Davon profitieren alle, vom Testfahrer über den Hauptanwender bis hin zum Ingenieur, der riesige Datenmengen auswertet. Höchste Benutzer- und Datensicherheit sowie die sorgfältig an Mahindras Vorgaben angepasste Benutzeroberfläche machen die Lösung ganzheitlich. Ein bordeigenes GPS- und Mobilitätsmodul liefert Standortinformationen und sendet die Daten mit 4G-Geschwindigkeit an einen Server zur automatisierten Verarbeitung. Der Fernzugriff auf die Fahrzeuge ermöglicht die Überwachung, Untersuchung und Behebung von Problemen, auch wenn die Fahrzeuge Tausende von Kilometern entfernt sind.

„Diese INCA-basierte Lösung war ein sehr innovativer Ansatz. Mit ihr können wir alle erforderlichen Daten kostengünstig erfassen. Sie übertrifft unsere Erwartungen und bietet uns benutzerfreundliche Zusatzfunktionen wie ein Dashboard für den Fahrer oder Fernüberwachung, was sowohl Flotteningenieuren als auch Fahrern das Leben erleichtert. Dies erübrigt sowohl umständlichen Datentransfer als auch manuelle Eingriffe, sodass wir das volle Potenzial von automatisierter Datenerfassung und -verarbeitung bei voller Datensicherheit nutzen können. Mit der zusätzlichen Bandbreite des XETK gegenüber CAN erfassen wir zudem deutlich mehr Daten pro Fahrt, was uns repetitive Aufgaben erspart und hilft Termine einzuhalten. Ein weiteres Highlight ist das integrierte GPS“, lobt Krishnaraj P.

Dank der gemeinsam entwickelten Lösung namens TOUGHIE sind Krisenmeldungen von Testfahrern kein Thema mehr und datenbasierte Entscheidungen bei Mahindra mittlerweile üblich. Durch die herausragenden Beratungs- und Engineering-Dienstleistungen hat ETAS Mahindra dabei geholfen, dies zu verwirklichen.

Autoren

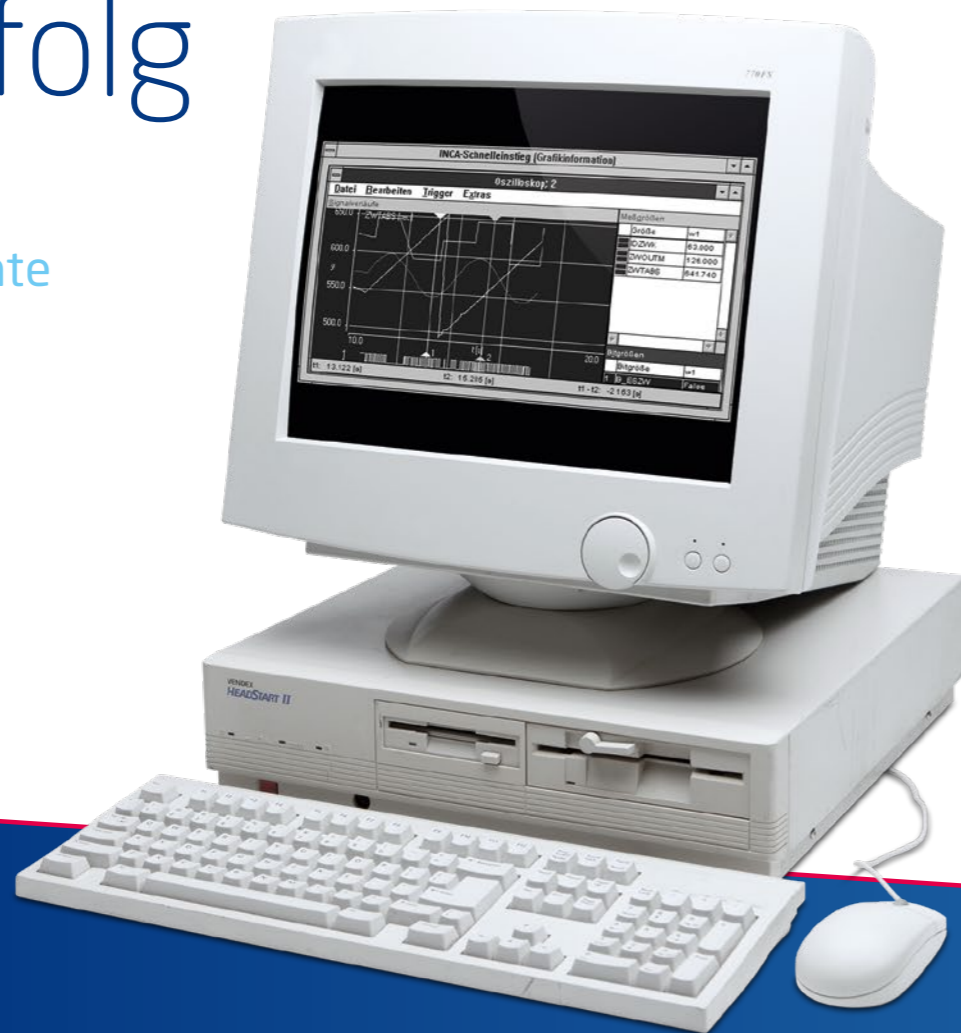
Magesh Babu S ist Senior Engineer ECU Interfaces and Fleet Data Management bei Mahindra Automotive. **Sarathbabu Karthikeyan** ist Lead Engineer ECU Interfaces and Fleet Data Management bei Mahindra Automotive. **Ajit D Borkar** ist Head of Engineering Application Services bei der ETAS Automotive India Pvt. Ltd. **Krishnan Unny** ist Account Manager bei der ETAS Automotive India Pvt. Ltd.



Funktionsweise TOUGHIE.

Von der Vision zum Erfolg

Eine Zeitreise durch die Geschichte von INCA



Am 17. April 1997 präsentiert ETAS ein neues Produkt: INCA V1.0. Die Vision der Entwickler wirkt dabei anfangs wie ein unerreichbarer Traum – ein Tool zur Steuergerätekalibrierung, das von jedem Automobilhersteller der Welt genutzt wird. Heute, 24 Jahre nach INCA V1.0, ist diese Vision mehr als erfüllt. Zu Ende ist die Arbeit damit aber nicht: Technische Neuerungen und die Zukunft des Automobils stellen die Entwickler jeden Tag vor neue Herausforderungen.

Steuergeräte zu kalibrieren, war schon vor der Einführung von INCA V1.0 möglich – einfach oder effizient war das aber bei Weitem nicht. Die Arbeitsweise mit VS100, der Vorgängersoftware von INCA auf MS-DOS-Basis, klingt aus heutiger Perspektive fast skurril. Ein paralleles Messen und Kalibrieren war nicht möglich. Die Arbeit war somit sehr zeitaufwendig. Auch die Grafikfähigkeit hielt sich sehr in Grenzen.

1997 bricht dann in der Steuergeräte-Entwicklung eine neue Ära an: INCA V1.0 erscheint. Es nutzt die damaligen Rechnermöglichkeiten voll aus und ermöglicht so den Entwicklern zum ersten Mal die parallele Arbeitsweise. Das steigert die Effizienz der Steuergeräte-Entwicklung erheblich. Und die Software bietet noch zahlreiche weitere Vorteile: INCA V1.0 lässt die Applikateure und Entwickler deutlich größere Mengen von Messdaten zügig durchdringen. Sie können fokussiert genau an den gewünschten Parametern arbeiten.

Darüber hinaus versteht sich die Software mit Steuergeräten vieler Hersteller. Das macht Autohersteller flexibel bei der Auswahl ihrer Komponenten und vereinfacht erheblich ihre Zusammenarbeit mit Steuergeräteherstellern und weiteren Lieferanten. INCA etabliert sich als eine feste Größe in der Steuergeräte-Entwicklung – und ist es bis heute.

INCA wächst mit seinen Anforderungen

Immer strengere Abgasnormen und die kontinuierlich steigende Komplexität sind seit jeher der Treiber in der Steuergeräte-Entwicklung. Heute ist ein Steuergeräteverbund mit einer Vielzahl von Funktionsbereichen und sich gegenseitig bedingenden Parametern Standard. Wird eine Variable geändert, hat das Auswirkungen im gesamten Verbund.

Die Anforderungen an INCA sind also über die Jahre erheblich gewachsen. Doch weil die Anforderungen stetig wachsen, wird auch INCA immer mächtiger. Dass sich INCA als Werkzeug seit 1997 als Branchenstandard für die Steuergeräte-Applikation etablieren konnte, liegt vor allem an den ETAS Software-Entwicklern. Sie versetzen sich bis ins letzte Detail in die Aufgaben der Applikateure und Entwickler, um ihnen passende Lösungen für ihre Arbeit zu bieten.

Eine kleine Zeitreise anhand beispielhafter Eigenschaften und Änderungen verdeutlicht, wie stark der Anwender im Mittelpunkt steht:

Bereits ab INCA V2.0 wird die Zusammenarbeit von Kollegen durch den Datenexport und -import deutlich erleichtert. Zudem ermöglicht das Datenbankkonzept, Experimente oder Hardwarekonfigurationen zu speichern und für unterschiedliche Entwicklungsaufgaben wiederzuverwenden.

Das im Jahr 2000 in Version 3.0 vorgestellte Workspace-Konzept verknüpft Experiment, Hardwarekonfiguration und Steuergeräteprojekt zu einem INCA-Arbeitselement. Anwender können so deutlich leichter mit den Artefakten arbeiten und Abhängigkeiten untereinander transparent nachvollziehen. Zudem lassen sich einmal erstellte Arbeitselemente und Experimente in anderen Entwicklungsaufgaben wiederverwenden.

Version 4.0 bietet ab 2002 erstmals die Funktion berechneter Signale auf Basis vorhandener Messwerte – ein großer Vorteil, wenn beispielsweise ein spezifisches Steuergeräteverhalten identifiziert und später ausgewertet werden soll. Außerdem löst Ethernet die bis dahin für die Messhardware verwendete RS-232- und Centronics-Schnittstelle ab. So kann der Anwender mit einem PC gleichzeitig mehrere Messgeräte bedienen und Steuergeräte applizieren.

Version 5.0, die im Jahr 2004 erscheint, bringt nochmals eine enorme Zeiterparnis für die Anwender mit sich. Die Kopplung des INCA-Experiments mit der zugehörigen Steuergerätedokumentation erlaubt den Experten, per Knopfdruck von einem Messwert an die entsprechende Stelle der zugehörigen Dokumentation zu springen. So können Funktionen und Zusammenhänge schneller verstanden und Aufgaben rascher abgeschlossen werden.

Die Version 6.0 baut den Nutzen der Anwender mit dem Variablenauswahl-Dialog und dem Multirekorder weiter aus. Der Dialog erleichtert die Konfiguration durch die gezielte Auswahl von Messgrößen und prüft, ob die Messung mit der vorhandenen Hardware möglich ist.

INCA V2.0

INCA V3.0

INCA V4.0

INCA V5.0

INCA V6.0

Mit INCA in die Zukunft der Steuergeräteentwicklung

Es gibt nur sehr wenige Softwareprodukte, die sich – wie INCA – seit 24 Jahren am Markt behaupten. Dieses Werkzeug zur effizienten Steuergeräteentwicklung wird heute von nahezu jedem OEM und Zulieferer und von mehr als 50.000 Anwendern auf der ganzen Welt bei ihrer täglichen Arbeit genutzt. Mittlerweile gibt es die Programmoberfläche in deutscher, englischer, französischer, japanischer und chinesischer Sprache.

Längst hat sich um INCA herum eine umfassende Tool-Welt für Messen, Steuergeräte-Applikation und Diagnose gebildet. Im Fokus der gegenwertigen Entwicklung liegt die enge Verzahnung dieser Produkte, so dass sämtliche Daten sich durchgängig verwalten und auswerten lassen. Daraus ergibt sich für Anwender ein massiver Komfort- und Zeitvorteil.

Als ein zentraler Baustein wurden seit 2016 den Nutzern quartalsweise Versionen des komplett neu entwickelten Measure Data Analyzer (MDA) V8 zur Verfügung gestellt; Ende 2019 löste die Version V8.4 den ehemaligen MDA V7 ab. Die bereits freigegebene Verzahnung von INCA mit dem EHANDBOOK-NAVIGATOR ermöglicht, Messdaten unkompliziert mit der interaktiven Steuergerätedokumentation zu verknüpfen. Kritische Parameter und Fehler werden so deutlich schneller gefunden. Zudem können bereits in INCA direkt im Anschluss an die Datenerfassung Messergebnisse verifiziert und ein Bericht erstellt werden. Durch die Kopplung mit der ETAS Analytics Toolbox (EATB) geschieht das komplett automatisiert. Der nächste große Entwicklungsbaustein wird ein neuer Applikationsdaten-Manager sein.

Auch für weitere Herausforderungen der Zukunft hat INCA eine Vision. Ob es um das Arbeiten mit virtuellen Steuergeräten und Bussen in skalierbaren Simulationsumgebungen geht, Domain Controller mit Mikroprozessoren in neuen AUTOSAR Adaptive Softwarearchitekturen oder die Cloudfähigkeit der Anwendungen: All das wird bereits heute in der INCA-Entwicklung berücksichtigt und vorangetrieben.

Dabei wird sich ETAS weiterhin eng an den Bedürfnissen der Anwender orientieren – damit die INCA-Erfolgsgeschichte auch in den nächsten Jahrzehnten weitergeschrieben werden kann.

Autoren

Jörg Herrmann ist INCA-Projektleiter bei der ETAS GmbH.
Kilian Schnellbacher ist INCA-Lead-Produktmanager bei der ETAS GmbH.



Version 7.0 macht über offene Hardware- und Softwareschnittstellen sowohl INCA als auch die ETAS-Messhardware kompatibel mit Produkten anderer Hersteller. Der Anwender ist flexibel bei der Wahl seiner Arbeitsumgebung. Ab der Version 7.1 gibt es regelmäßige Servicepacks. So kann ETAS zügig auf Kundenwünsche reagieren und Änderungen in den Markt bringen.

Der in Version 7.2 überarbeitete Kalibrierdaten-Manager zeigt mit angepasster Tabellenansicht nun Parameter von zwei und mehr Datensätzen.

Die aktuelle Version 7.3 ist die erste native 64-Bit-Version von INCA und ein weiterer großer Schritt nach vorn. Sie nutzt den vorhandenen Arbeitsspeicher voll aus und ermöglicht damit umfangreichere Experimente, mehr und größere Projektdateien und eine Messrate von bis zu 40 MByte/s bei paralleler Verstellung der Kalibrierparameter.

INCA V7.0

INCA V7.2

INCA V7.3



Neue Geschäftsführung bei ETAS

Interview mit Christoph Hartung, Günter Gromeier und Götz Nigge

Seit dem 1.1.2021 hat ETAS eine neue Geschäftsführung. RealTimes spricht mit Christoph Hartung, Präsident und Vorsitzender der Geschäftsführung, Günter Gromeier, Executive Vice President Sales, und Götz Nigge, Executive Vice President Operations, über ihre Werdegänge, welche Rolle ETAS im Bereich Automotive-Software spielt und darüber, wie man seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter trotz eingeschränkter Kontaktmöglichkeiten aufgrund einer weltweiten Pandemie kennenlernt.

Christoph, du bist seit 1.1.2021 Vorsitzender der ETAS Geschäftsführung. Welche beruflichen Stationen durchläufst du zuvor? Welche waren für dich am prägnantesten?

Christoph Hartung: Ich begann meine berufliche Laufbahn 1999. Seitdem war ich bei verschiedenen Automobilherstellern beschäftigt – Mercedes-Benz und Volkswagen. Dies war insgesamt eine sehr einprägsame Zeit. 2020 wechselte ich schließlich zu Bosch in den Bereich Connected Mobility Solutions. Dort lernte ich zum ersten Mal die Sicht eines Tier1s kennen. Für meine neue Aufgabe bei ETAS ist es hilfreich, meine langjährige OEM-Erfahrung nun für die „andere Seite“ einbringen zu können. Oder anders gesagt: Es fällt mir nicht schwer, die Dinge aus Sicht eines Kunden zu betrachten.

Götz, als Board-Mitglied mit Verantwortung für kaufmännische Aufgaben warst auch du zuletzt im Geschäftsbereich Connected Mobility Solutions der Robert Bosch GmbH tätig. Welche beruflichen Stationen hast du im Vorfeld durchlaufen?

Götz Nigge: Meine berufliche Laufbahn begann ich als Offizier bei der Marine, definitiv eine spannende Zeit. 1999 trat ich in die Robert Bosch GmbH ein und war dort in verschiedenen Bereichen tätig, unter anderem im Personalwesen, im Einkauf und habe verschiedene Projekte geleitet. Ich habe insgesamt über sechs Jahre im Ausland für Bosch gearbeitet, eine Zeit, auf die ich sehr gerne zurückblicke. 2010 übernahm ich in Italien die kaufmännische Leitung einer eigenständigen Bosch Tochtergesellschaft mit rund 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Eine komplett neue Erfahrung, bei der ich viel gelernt habe, da die Strukturen einer kleineren Firma natürlich ganz anders sind als bei einem globalen Konzern wie Bosch. Ich denke, aus meinen Erfahrungen kann ich viel für meine neue Aufgabe bei ETAS mitnehmen und freue mich darauf, das Unternehmen gemeinsam mit den hochmotivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auch in Zukunft weiter voranzubringen.

Günter, du bist 1995 zu ETAS gekommen – kurz nach der Gründung im Jahr 1994. Was waren deine wichtigsten Meilensteine im Unternehmen?

Günter Gromeier: Begonnen habe ich damals als Applikationsingenieur in Schwieberdingen, zu einer Zeit, als bei ETAS noch alles im Aufbau war. Im Laufe der vergangenen 27 Jahre habe ich dann unterschiedliche Stationen durchlaufen – unter anderem in den Bereichen Vertrieb, Marketing, Produktmanagement und Unternehmensentwicklung. Ich finde es besonders interessant, in einem interkulturellen Umfeld zu agieren, weshalb meine Jahre in Frankreich und China sicher zu den spannendsten gehören. Nicht weniger prägend waren aber auch die letzten Jahre bei ETAS. Die Automobilindustrie ist im Umbruch.



Christoph Hartung President



Götz Nigge Executive Vice President Operations



Günter Gromeier Executive Vice President Sales

E-Mobilität, Vernetzung, (teil-)automatisiertes Fahren usw. Der Markt verändert sich ständig und es kommen immer wieder neue Innovationen dazu. Software spielt bei den meisten eine zentrale Rolle. Ich freue mich, die Zukunft in diesem Bereich als Mitglied der ETAS Geschäftsführung aktiv mitgestalten zu können.

Christoph, welche Rolle spielt ETAS bei den aktuellen Entwicklungen im Bereich Automotive-Software?

Christoph Hartung: Wir beschäftigen uns mit Tool- und Middleware-Lösungen, um diese Anwendungen umzusetzen und auf dem Steuergerät zu betreiben. Für uns spielt insofern in erster Linie Effizienz und Sicherheit in der Entwicklung eine Rolle: Wir haben verstanden, wie Prozesse, Methoden und Tools sich verändern müssen, um komplexe Systeme im Fahrzeug aufzusetzen, zu managen und auch über ihren gesamten Lebenszyklus zu unterstützen. Entwicklungseffizienz ist ein entscheidender Faktor, wenn es darum geht, neue Systeme auf die Straße zu bringen. Aktuell nimmt die Komplexität der Fahrzeugelektronik rasant zu. Dies lässt sich nur mit klassischen Methoden nicht mehr entwickeln. Das ist positiv für uns, weil genau die Beherrschung großer Komplexität unser Metier ist.

„Es fällt mir nicht schwer, die Dinge aus Sicht eines Kunden zu betrachten.“
Christoph Hartung

Stichwort ADAS: Bringen datengetriebene Themen wie das (teil-)automatisierte Fahren neue Herausforderungen?

Christoph Hartung: Auf jeden Fall. Wir arbeiten für ADAS/AD mit einem großen Netzwerk an Tier1s und OEMs zusammen, um abzuleiten, was sie brauchen und wie wir ihre Entwicklungsprozesse am besten unterstützen können. Diese datengetriebenen Entwicklungsabläufe haben ja ein klares Grundgerüst: Testfahrzeuge fahren möglichst viele Testkilometer und sammeln Daten Richtung Backend, dort wird simuliert, validiert und optimierte Algorithmen werden zurück ins Fahrzeug überspielt. Um diese Entwicklungsschritte abzubilden und zusammen mit dem OEM für sein Fahrzeug zu implementieren, sind unsere Tools und unser Know-how in Sachen Measurement, Calibration und Toolkette gefragt. Das Spezielle bei der Entwicklung für Automotive im Vergleich zur reinen IT liegt sicherlich darin, dass die Tools hier nicht ausschließlich digital sind, sondern immer eine Brücke in die Hardwarewelt brauchen und gleichzeitig hohe Sicherheitsanforderungen erfüllen müssen.

Du hast deine neue Position inmitten einer weltweiten Pandemie begonnen. Wie lernst du in dieser Situation deine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kennen, da Präsenz-Veranstaltungen ja nach wie vor und auf absehbare Zeit nicht möglich sind?

Christoph Hartung: Ich fände es natürlich schön, wenn ich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in größeren Runden persönlich kennenlernen könnte und mich dabei mit ihnen über Strategie, das Portfolio und Ideen für die Zukunft austauschen könnte. Da das aktuell nicht möglich ist, findet vieles über Videocalls statt. Über diese Möglichkeit bin ich sehr froh. In Ausnahmefällen ist auch ein persönliches Treffen möglich, natürlich unter strengen Corona-Auflagen. Aber ob persönlich oder per Video – letztendlich ist es meiner Ansicht nach das Wichtigste, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gegenüber offen und transparent zu sein.

Zum Abschluss noch eine persönliche Frage an euch alle: Wie findet ihr in stressigen Zeiten einen Ausgleich zum Arbeitsalltag?

Götz Nigge: Für mich ist Sport der ideale Ausgleich. Ich gehe gerne joggen und betreibe zudem Kampfsport.

Günter Gromeier: Was mir hilft, um abzuschalten, sind verschiedene Outdoor-Aktivitäten, natürlich abhängig von der Jahreszeit, also z. B. Laufen oder auch Golfen.

Christoph Hartung: Auch ich mache viel Sport. Ich jogge gerne und habe mir zudem während der Pandemie ein kleines Fitnessstudio zu Hause eingerichtet, in dem ich mit meinen Söhnen zusammen trainiere.

Vielen Dank für das Interview!



Nichts wird dem Zufall überlassen

Test der hochkomplexen ETAS Hardware in der Fertigung

Die hohe Bestückungsdichte der Leiterplatten, verbunden mit komplexer Produktfunktionalität, erfordert State-of-the-Art-Testmethoden und ein integriertes Testmanagement-System zur Verifikation der Fertigung.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung unserer Hardwareprodukte ist gekennzeichnet durch eine rasant steigende Produktkomplexität bei gleichzeitiger Miniaturisierung der bestückten Leiterplatten. Diese Situation erfordert den Einsatz von modernen Testmethoden sowie ein ganzheitliches Design der Testinfrastruktur im Produkt-Entstehungsprozess.

Eine der Kernkompetenzen von ETAS ist die Entwicklung leistungsfähiger Hardwareprodukte, die ihren Einsatz unter Extrembedingungen finden. Sei es während einer Fahrt durch die Wüste bei äußerst hohen Temperaturen und staubiger Umgebung oder im hohen Norden bei Eiskälte. Diesen Anforderungen werden wir mit unseren erfahrenen Entwicklungsabteilungen, unseren spezialisierten externen Fertigungsdienstleistern für elektronische Baugruppen sowie mit den Abteilungen, die die Brücke zwischen diesen Bereichen schlagen, gerecht.

Eine tragende Säule dieser Brücke übernimmt der Bereich Technische Funktionen (TEF). TEF trägt u. a. die Verantwortung für die Entwicklung und Instandhaltung der Testinfrastruktur sowie für das globale Management der Testdaten im Fertigungsprozess der ETAS Hardwareprodukte.

Was zeichnet die Testinfrastruktur in der Fertigung der ETAS Produkte aus?

Der Erfolgsschlüssel für das Design der Testinfrastruktur liegt im integralen Testmethodenansatz. Es werden die unterschiedlichen State-of-the-Art-Testmethoden produktspezifisch abgewogen und gezielt eingesetzt. Hierbei wird zwischen den Strukturell Elektrischen, Funktional Elektrischen und Strukturell Optischen Testmethoden unterschieden.

Jede Testmethode besitzt ihre eigenen Stärken, die zur Verifikation der bestückten Leiterplatte zum Einsatz kommen. Hierbei wird nach den Testabdeckungsparametern Polarität, Platzierung, Wert/Funktionalität und der Lötqualität unterschieden (siehe Bild 1).

Die Strukturell Elektrischen Tests

Konventionelle Testmethoden stoßen aufgrund der hohen Bestückungsdichte, dem Einsatz von Bauteilen mit Anschlüssen auf der Unterseite und äußerst kleinen Bauteilen, die mit dem menschlichen Auge nur als Punkt wahrgenommen werden, an ihre Grenzen. Diese Grenzen werden durch den Einsatz von Embedded Board Tests unter Verwendung des JTAG (Joint Test Action Group) Testbusses durchbrochen. Dabei handelt es sich um Boundary-Scans-Tests (BST) nach IEEE1149. Man kann sich diese Testmethode als Testwurm vorstellen, der sich fleißig durch die Leiterplatte bewegt. Dabei verifiziert er die Verbindungen zwischen den Bauteilen und erkennt nicht gelötete Anschlüsse oder Kurzschlüsse.

Die Funktional Elektrischen Tests

In diesem Testbereich kommen zwei Testmethoden zum Einsatz: Der Embedded Functional Test (EFT), der über den JTAG-Bus den Zugriff auf die Intelligenz der bereits bestückten Bausteine nutzt. Hierbei werden die Testtechnologien Chip-VORX® und VarioTAP® sowie selbst programmierte Testfunktionen in Verbindung mit der leistungsfähigen Systemsoftware CASCON® der Firma GÖPEL electronic GmbH eingesetzt. Diese performanten Tests erkennen Fehler im dynamischen Bereich. Eine Schlüssel-Testtechnologie, die es ermöglicht, ohne boardspezifische Software und mit einer hervorragenden Diagnostik die Fehler zu lokalisieren. Die Funktionalen Tests (FKT) mit der produktspezifischen Software werden ergänzend zu dem EFT eingesetzt. Hierbei wird zwischen dem Clustertest, der bestimmte Hardwarebereiche in der Tiefe testet, und dem Produkt-Funktions-test, der die Produktfunktionalität an den Schnittstellen überprüft, unterschieden.

Testbereiche/-methoden

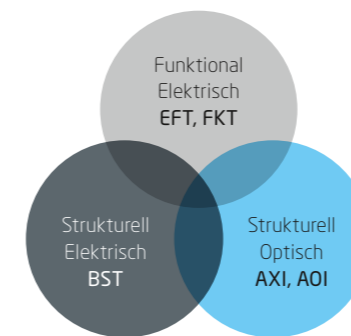
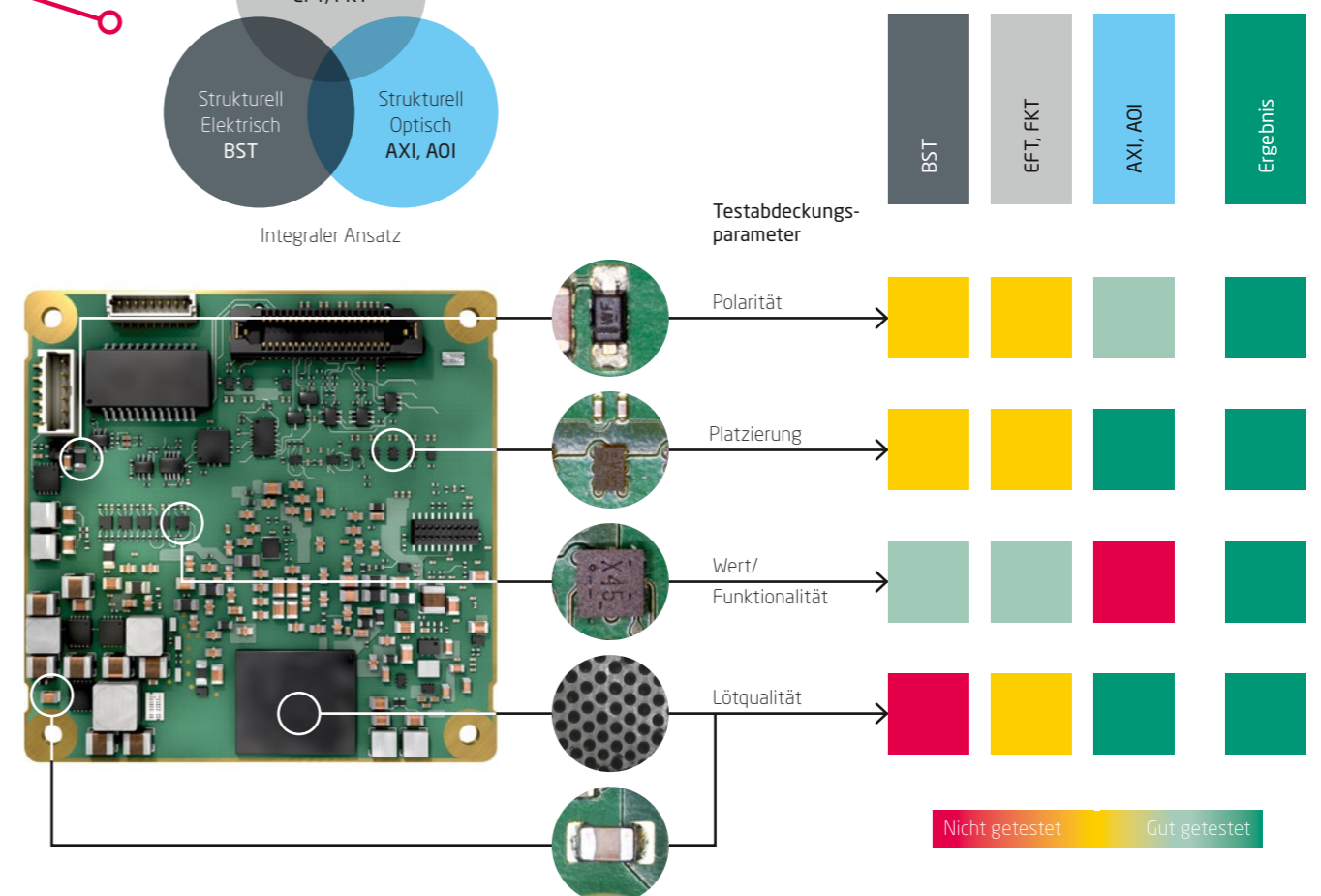


Bild 1: Testabdeckungsparameter, dargestellt anhand des Produktes FETK-T3.



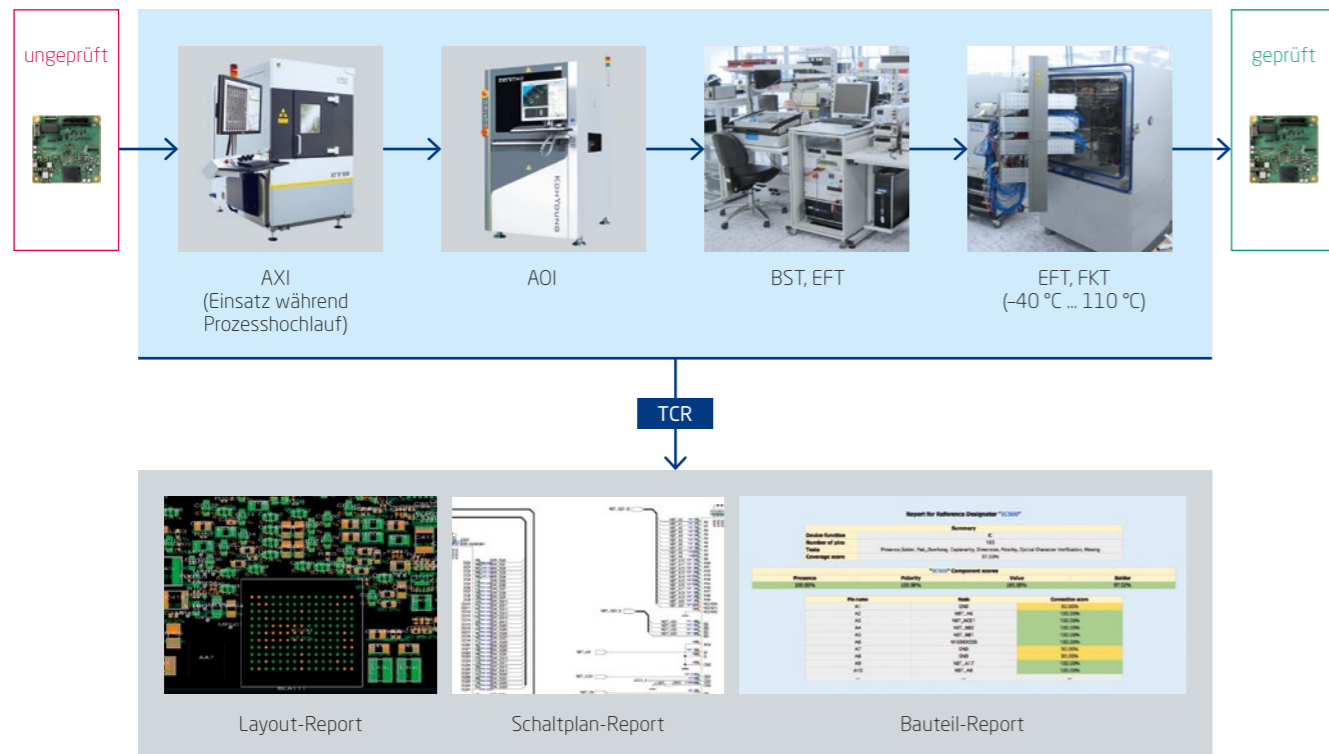


Bild 2: Testkette, dargestellt anhand des Produktes FETK-T3.

Die Strukturell Optischen Tests

Die Stärken der Optischen Tests liegen insbesondere in der Bewertung der Lötqualität und der Bauteileplatzierung. Dieses geschieht mit vergleichbaren Röntgensystemen, die aus der Orthopädie bekannt sind, sowie mit hochmodernen Kamerasystemen in 3D-Bildqualität. Somit ist die Leistungsfähigkeit der Röntgentestsysteme (AXI – Automated X-Ray Inspection) und der Optischen Testsysteme (AOI – Automatic Optical Inspection) von essenzieller Bedeutung. Dieser Bereich wird mit den Testsystemen unserer Fertigungsdienstleister abgedeckt. Hierbei legt ETAS während der Lieferantenauswahl einen sehr großen Wert auf die Ausstattung des Testfeldes der Fertigungsdienstleister.

Die Testkette

Die beschriebenen Testmethoden finden ihren Einsatz in hochkomplexen Testsystemen, die in einer Testkette verankert sind und jeweils einen wichtigen Beitrag zur Testqualität des Produktes leisten (siehe Bild 2). Die Testqualität wird anhand der Testabdeckung bestimmt. Die Testabdeckung jedes einzelnen Testsystems wird wiederum anhand von Test Coverage Reports (TCRs) dargestellt. Diese Reports beinhalten die Testabdeckungsparameter jedes einzelnen Bauteils sowie Bauteilanschlusses und werden zur Analyse und Optimierung der Testkette verwendet.

Hierbei wird das vollintegrierte Testabdeckung-Analysetool TestWay Express® der Firma ASTER Technologies eingesetzt, das die Maximierung der Testabdeckung bei optimalem Einsatz der Testmethoden unterstützt.

Fazit

Es wird nichts dem Zufall überlassen. Dem breiten Produktportfolio der ETAS Hardware begegnen wir in der Fertigung mit einer modernen Testinfrastruktur, die auf dem neuesten Stand der Technik entwickelt wird. Die Mischung langjähriger Entwicklererfahrung von Fertigungstestsystemen, dem Einsatz von leistungsfähigen State-of-the-Art-Tools sowie einer engen Kooperation mit unseren Hardware-Fertigungsdienstleistern sind der Schlüssel für eine optimal getestete Hardware, ein wichtiges Puzzleteil, das zur hohen Qualität der ETAS Produkte beiträgt.

Autoren

Roland Rothbächer ist Gruppenleiter für den Bereich Technische Funktionen bei der ETAS GmbH. **Edip Abay** ist Entwicklungsingenieur für Fertigungstestsysteme bei der ETAS GmbH.

ETAS Standorte weltweit

Deutschland	Stuttgart (Unternehmenszentrale)	Japan	Nagoya, Utsunomiya, Yokohama
Brasilien	São Bernardo do Campo	Kanada	Waterloo, Ontario
Frankreich	Saint-Ouen	Korea	Seongnam-Si
Großbritannien	Alfreton, York	Schweden	Göteborg
Indien	Bengaluru, Chennai, Gurgaon, Pune	USA	Ann Arbor, Michigan
Italien	Turin	VR China	Changchun, Chongqing, Guangzhou, Peking, Shanghai, Wuhan

Newsletter



Unser **Newsletter RealTimes online** informiert in regelmäßigen Abständen über aktuelle Themen aus der ETAS-Welt:

- Anwendungsfälle und Erfolgsgeschichten mit ETAS-Produkten
- Technische Beiträge
- Unternehmensinformationen
- Veranstaltungs- und Trainingshinweise
- Webinare und Videos
- Interviews
- FAQs

Hier geht's zum Anmeldeformular und zu den bisher erschienenen Ausgaben von RealTimes online: www.etas.com/RTo

Impressum

ETAS GmbH, Borsigstraße 24, 70469 Stuttgart

Geschäftsführung Christoph Hartung, Günter Gromeier, Götz Nigge
Aufsichtsratsvorsitzender Dr. Walter Schirm
Sitz Stuttgart
Registergericht Amtsgericht Stuttgart HRB 19033

Redaktionsleitung Selina Epple

Redaktion Nicole Bruns, Jürgen Crepin, Christian Hartig, Claudia Hartwell, Axel Heizmann, Anja Krahl, Silke Kronimus

Autoren dieser Ausgabe Edip Abay, Rüdiger Abele, Magesh Babu S, Adam Banker, Myrtle Binil R, Ajit D Borkar, Atilla Bulmus, Dona Burkard, Jürgen Crepin, Selina Epple, Christophe Fauqueux, Dr. Patrick Frey, Günter Gromeier, Tobias Gutjahr, Raphael Hans, Christoph Hartung, Axel Heizmann, Jörg Herrmann, Harshvardhan Joshi, Sarathbabu Karthikeyan, Hiroshi Kato, Anja Krahl, Richard Mutschler, Dr. Stuart Mitchell, Chinh Nguyen, Dr. Patrick Nickel, Patrick Nohe, Roland Rothbächer, Frank Ruschmeier, Klaus Scheibert, Dr. Michael Peter Schneider, Kilian Schnellbacher, Thomas Schöpfner, Jung Seop Son, Chaoyong Tang, Dr. Nils Tietze, Peter Trechow, Oliver Trost, Krishnan Unny

Gestaltung und Produktionsleitung Grafik Design Kunst Vogt

Übersetzungen Wieners+Wieners GmbH

Bildnachweise AEMtec GmbH, Depositphotos, ESCRYPT GmbH, ETAS GmbH, ETAS K.K., Gorodenkoff, Hyundai Motor Group, iStock, Koh Young Technology, René Müller Photographie, Nikon Metrology GmbH, Nissan Motor Corporation, Shutterstock, SmartRep GmbH

Folgende Beiträge erschienen bereits als Langversion in Elektronik automotive 1/2020 (S. 6-9); ATZelextronik 07-08/2020 (S. 10-13); ATZelextronik 01-02/2020 (S. 16-17); Elektronik automotive 12/2020 (S. 18-21); ATZextra Elektromobilität Juni 2020 (S. 30-33); SAE-Technikdokument 2020-01-1366, 2020 (S. 37-39); ATZelextronik 3/2021 (S. 42-45)

© Copyright 04/2021 ETAS GmbH, Stuttgart – Alle Rechte vorbehalten. Die verwendeten Bezeichnungen und Namen sind Warenzeichen oder Handelsnamen ihrer entsprechenden Eigentümer. www.etas.com



DRIVING EMBEDDED EXCELLENCE

ETAS GmbH
Borsigstraße 24
70469 Stuttgart
Deutschland

T +49 711 3423-0
info@etas.com
www.etas.com