



Paradigmenwechsel im Automotive-Software-Markt

Allein mit herkömmlichen Steuergeräten sind die Aufgaben des automatisierten Fahrens nicht zu meistern. Leistungsfähige Fahrzeugcomputer halten Einzug. Das wird nicht nur die Softwarearchitekturen von Grund auf verändern, sondern den Automotive-Software-Markt als Ganzes. Mit Autosar Adaptive entsteht aktuell ein neues Regelwerk für die Softwarearchitekturen und Vehicle Computer der Zukunft, dessen Umsetzungsphase Etas hier näher beschreibt.



© Etas

AUTOREN



Dr. Detlef Zerfowski
ist Vice President Vehicle
Computer und Security bei der
Etas GmbH in Stuttgart.



Dr. Darren Buttle
ist Senior Manager des Real
Time Applications Consulting bei
der Etas GmbH in Stuttgart.

KAMERA UND KI ERSETZEN AUGEN UND GEHIRN

Wo Stereokameras menschliche Augen ersetzen, braucht es ein leistungsfähiges „Gehirn“, das relevante Informationen aus den hochaufgelösten 3-D-Bilddaten filtert. Im Falle autonom fahrender Fahrzeuge muss es zusätzlich Abstandsmessungen von Radar- oder künftig Lidar-systemen sowie hinterlegte oder über die Cloud eingespielte Karten- und Navigationsdaten einbeziehen. Und das alles

hat quasi in Echtzeit in fließendem Verkehr stattzufinden – bei Fahrgeschwindigkeiten und Komplexitätsgraden, die das menschliche Gehirn zuweilen überfordern: Neun von zehn Verkehrsunfällen verursacht der Mensch.

Das leistungsfähige Gehirn autonom fahrender Pkw werden Fahrzeugcomputer (Vehicle Computers, VCs) sein, die rund 30 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde durchführen können. Mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) analysieren sie sämtliche einfließenden Sensordaten,

meist im Abgleich mit bereits bekannten Mustern. Stündlich verarbeiten sie Datenvolumen im hohen zweistelligen Terabytebereich.

VEHICLE COMPUTER ERGÄNZEN HERKÖMMLICHE STEUERGERÄTE

Heutige E/E-Architekturen [1, 2] sind den hohen Datenmengen und komplexen Hochgeschwindigkeits-Rechenoptionen des autonomen Fahrens noch nicht gewachsen. Die Signalübertragung über

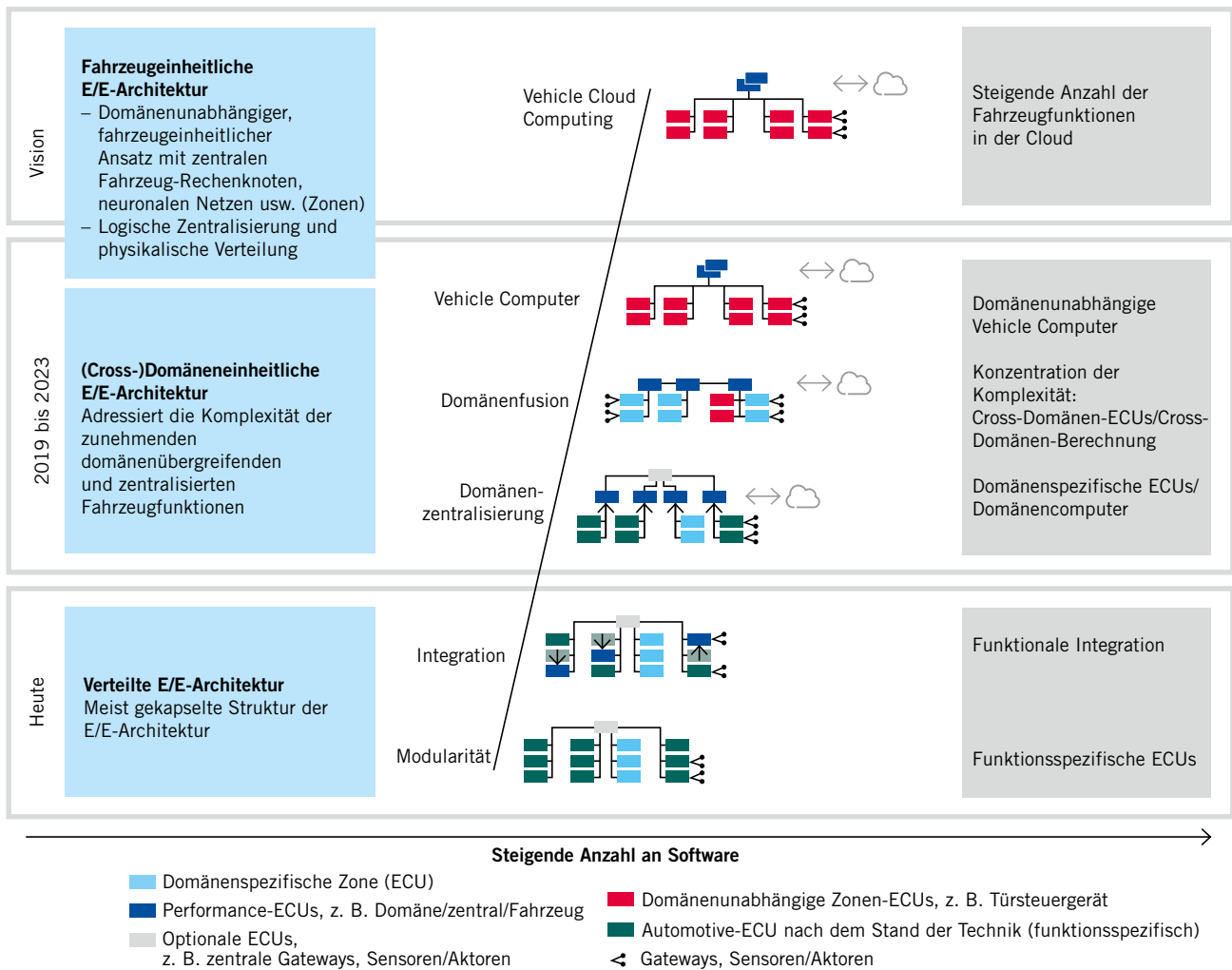


BILD 1 Vehicle Computer und Cloudanbindungen werden die Automotive-E/E-Architekturen von Grund auf verändern (© Etas)

herkömmliche CAN-Datenbusse und – teils mehr als einhundert dezentral im gesamten Fahrzeug verteilte – elektronische Steuergeräte (Electronic Control Units, ECUs) ist dafür nicht ausgelegt. Hinzu kommt die in künftigen Mobilitätsszenarien allgegenwärtige Vernetzung. Fahrzeuge, die drahtlos (Over the Air, OTA) mit anderen Fahrzeugen, Infrastrukturen und Clouddiensten kommunizieren, sind offen für nachträgliche Softwareupdates oder -upgrades. Das eröffnet Automobilherstellern die Möglichkeit agiler Softwareentwicklung, um Funktionen stetig weiterzuentwickeln. Jedoch steigen mit der Vernetzung die Risiken unbefugter oder böswilliger Zugriffe auf die Fahrzeugsysteme. Um diese Risiken ein gesamtes Fahrzeugleben lang zuverlässig abwehren zu können, bedarf es flexibler, jederzeit aktualisierbarer Securitylösungen. Einerseits gilt es, Angriffe auf Fahrzeuge

im Feld zu detektieren und Angriffsmuster zu analysieren, andererseits ist im Fall der Fälle eine umgehende Einführung von Schutzmaßnahmen gefragt.

Beide Veränderungen – also das autonome Fahren und die zunehmende Vernetzung – werden Bordnetze der Zukunft von Grund auf verändern, **BILD 1**. Auf der Hardwareseite entwickelt sich parallel zu der klassischen dezentralen Embedded-ECU- und CAN-Bus-Struktur ein zentralisiertes Netz: In diesem stellen die VCs die nötigen Rechenleistungen bereit, und Ethernet-Busse gewährleisten die notwendigen Übertragungsbandbreiten für die explosionsartig steigenden Datenvolumen. Statt auf Mikrocontrollern mit internen Speichern bauen diese neuen VCs auf Mikroprozessortechnik sowie auf externen Speichern auf. Anders als klassische ECUs arbeiten die VCs nicht mehr nur einfache regelbasierte Algorithmen in klar deterministischer, zyklischer Reihen-

folge ab. Sondern sie bringen die nötige Rechenleistung und Flexibilität an Bord, um datengetriebene Algorithmen einer intelligenten Bildverarbeitung, die Fusion von Sensordaten oder neue Dienste rund um Vernetzung und Cloud zu prozessieren, auf deren Basis die Fahrzeugelektronik Entscheidungen trifft. Mikrocontroller werden meist nur noch dort zum Einsatz kommen, wo es um die Ausführungen der Entscheidungen der VCs mit harten Echtzeitanforderungen geht.

ARCHITEKTONISCHER NEUSTART MIT UMFASSENDEN FOLGEN

Die VCs werden zum zentralen Bestandteil künftiger E/E-Architekturen werden. An die Stelle der domänenspezifischen, dezentralen Steuerungsstrategie tritt ein robusterer, zentralisierter und domänenübergreifender Ansatz. Während heutige Fahrzeuge ein verteil-

| Autosar-Classic-Plattform | Autosar-Adaptive-Plattform |
|--|---|
| Einfacher Adressraum (MPU-Unterstützung für Sicherheit) | Virtueller Adressraum für jede Anwendung (MMU-Unterstützung) |
| Statisch definierte, signalbasierte Kommunikation (CAN, FlexRay) | Dynamisch konfigurierte, serviceorientierte Kommunikation |
| Basierend auf Osek | Auf Posix basierend (PSE51) |
| Codeausführung direkt vom ROM | Anwendung wird aus dem persistenten Speicher in den RAM geladen |
| Statisch definierte Taskkonfiguration | Unterstützung mehrerer (dynamischer) Schedulingstrategien |
| Spezifikation | Spezifikation als verbindlicher Standard, Code als Demonstrator |

BILD 2 Wesentliche Unterschiede zwischen den Plattformen Autosar Classic und Autosar Adaptive (© Etas)

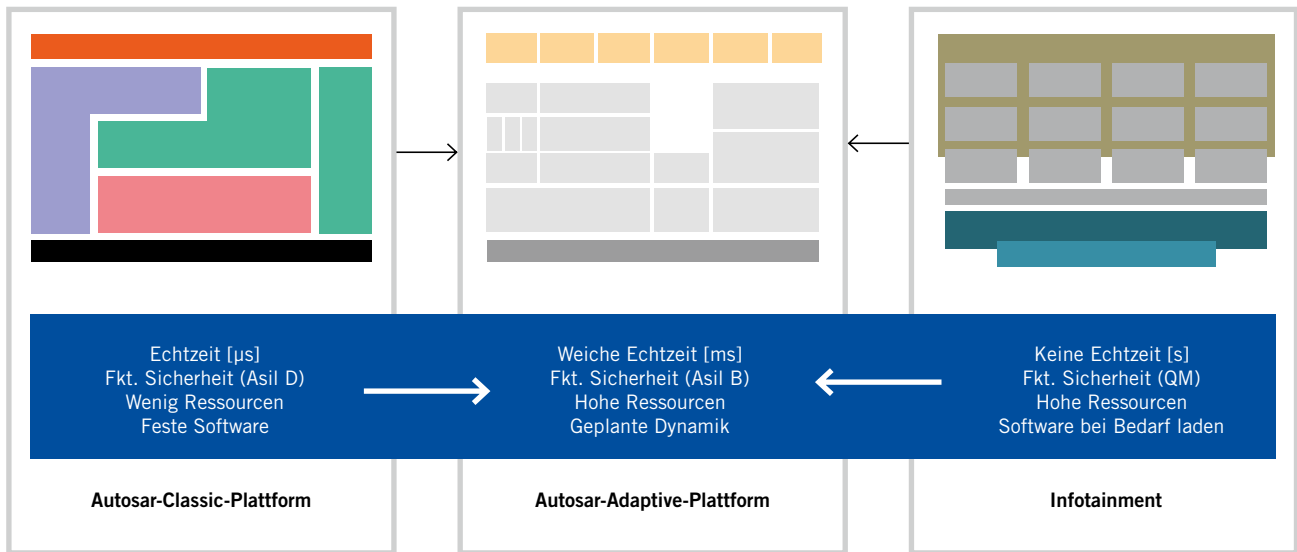


BILD 3 Die Autosar-Adaptive-Plattform ist ein wichtiges Bindeglied zwischen Autosar Classic und dem Infotainmentsystem eines Pkw (© Etas)

tes System mit Sensoren, Aktoren und dezentralen ECU-Knotenpunkten aufweisen, in dem das menschliche Gehirn des Fahrenden die entscheidende Instanz bleibt, werden künftige Fahrzeuge auch ohne Mensch am Steuer auskommen. Dafür wird die Intelligenz vieler ECUs in wenigen VCs zusammengefasst. E/E-Architekturen werden einfacher, flexibler und kommen obendrein mit weniger Bauraum, Gewicht und geringeren Entwicklungskosten für Hardware aus.

Diese neuen Architekturen sind auch dringend nötig. Denn während klassische ECU-Software einen Umfang von typischerweise 1 bis 8 MB hat, wird künftige Automotive-Software auf Umfänge jenseits von 80 GB wachsen, was einem Anstieg um den Faktor 10.000 entspricht. Das Automobil wird zu einem software-dominierten System – zu einem Smart Device auf Rädern. Schon heute hat Stra-

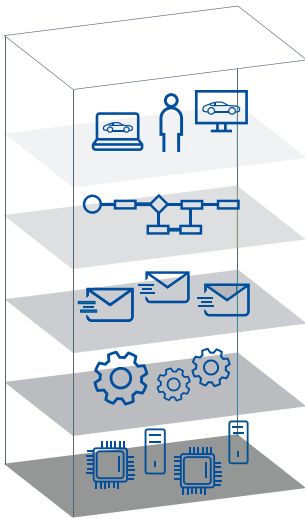
ßenfahrzeugsoftware viermal so viele Codezeilen wie ein Verkehrsflugzeug. Und nun stehen Entwickler vor der Aufgabe, ein 10.000-Faches davon mit immer unterschiedlicherer Software – vom harten Echtzeitsystem bis zur innovativen App – sicher zu integrieren. Zugleich gilt es, höchste Sicherheitsanforderungen der Stufe D des Automotive Safety Integrity Level (Asil) zu erfüllen.

Funktionale Sicherheit und Störungsfreiheit sind ebenso zu gewährleisten wie ein lebenslanges und jederzeit aktualisierbares Securitymodell. Spätestens hier kommen klassische Autosar-Architekturen und die gesamte Richtlinie an ihre Grenzen. Ein neues Regelwerk muss her, das die sichere Integration immer vielfältigerer, umfangreicherer Software ebenso adaptiert wie die Zentralisierung auf der Hardwareseite. Dieser Standard wird Autosar Adaptive heißen, **BILD 2** und **BILD 3**. Längst arbeiten die Standardi-

sierungsgremien auf Hochtouren, und parallel dazu beginnen OEMs und ihre Zulieferer mit der Umsetzung des neuen Regelwerks. Denn sie haben erkannt, wie umfassend der architektonische Neustart heutige Geschäftsmodelle im Bereich der Automotive-Software verändern wird.

NEUE BETRIEBSSYSTEME, APPS UND NEUE WETTBEWERBER

Um die Dimension des Wandels zu verstehen, ist folgender Aspekt wichtig: Da die VCs auf modernen Mikroprozessoren beziehungsweise System-on-a-Chip(SoC)-Hardware mit mehreren CPU-Kernen, Coprozessoren und leistungsfähigen Grafikkarten aufbauen, sind virtualisierte Betriebsmodi machbar. Die Rechner werden dafür konsequent partitioniert, sodass jede Partition wie eine virtuelle Maschine arbeitet. Damit kann die Softwareentwicklung künftig komplett



| Anwendungsservices | Funktionen/Anwendungen |
|---|--|
| Ebene 5 Fahrzeugabhängige Plattformservices | Services verwalten das Steuergerätenetzwerk eines Fahrzeugs |
| Ebene 4 Steuergeräteabhängige Plattformservices | Services verwalten ein spezifisches Steuergerät (ECU) |
| Ebene 3 Serviceorientierte Kommunikationsmiddleware | Verwaltet die Regelung und den Datenfluss zwischen SW-Komponenten |
| Ebene 2 Betriebssystem (OS)-abhängige Infrastruktur-SW | SW, die den tatsächlichen OS-Kernel (aka Scheduler) ergänzt und die OS-spezifischen Eigenschaften zu den oberen Ebenen hin abstrahiert |
| Ebene 1 Hardwareabhängige Infrastruktur-SW | SW, die direkt mit der HW interagiert und sie zu den oberen Ebenen hin abstrahiert |
| Hardware | Mikrocontroller (µC), Mikroprozessor (µP), virtuelle Maschine (VM) |

BILD 4 Das RTA-VRTE-Schichtenmodell unterstützt die wichtigen Softwarefunktionen und -anforderungen; es ist aus fünf Ebenen/Layern aufgebaut (© Etas)

von der Hardwareentwicklung getrennt werden. Auf gekapselten Partitionen lassen sich jederzeit Apps installieren. Alle Softwarezulieferer können ihre Produkte in agilen Entwicklungsprozessen fortlaufend optimieren und sie OTA aktualisieren. Zugleich öffnet sich der Markt für automobilbranchenfremde Player, die ihnen zugeordnete Partitionen mit ihrer Software bespielen können. App-Stores und neue Datendienste können entstehen. Die Wertschöpfung im Automotive-Software-Markt wird neu verteilt.

Autonomes Fahren und Vernetzung werden so zum Treibsatz eines umfas-

senden Umbruchs. Autosar Adaptive sichert diesen durch ein technisches Regelwerk ab. Bosch und Etas haben diese Dimension früh erkannt und Lösungen erarbeitet, mit denen Anwender sich ab sofort in die neuen Architekturen einarbeiten können. Im Zentrum steht das Plattformsoftware-Framework RTA-VRTE. Dieses Kürzel steht für Real-time Application – Vehicle Runtime Environment und bezeichnet eine Multi-Layer-Plattform, auf der die Softwarefunktionen aufgesetzt werden. Dieses Framework integriert sowohl bewährte Autosar-Classic-Abläufe als auch neue

Autosar-Adaptive-konforme Prozesse, denn auf absehbare Zeit wird es Parallelstrukturen mit klassischen ECUs und neuen VCs geben.

HOCHGRADIG VIRTUALISIERTER ENTWICKLUNGSPROZESS

Ein Early Access Program (EAP) ermöglicht es Anwendern, sich mit den Entwicklungsprozessen in dieser neuen Umgebung vertraut zu machen. Durch Beratungen, Trainings und ein „Ready to go“-Software-Development-Kit (SDK) können sich Frühstarter dabei schnell

Die Zukunft kennt keine Grenzen – die Herausforderung der Automobilentwicklung ist das Wissen von morgen mit Blick auf Technologien von übermorgen. Ressourceneffiziente Produkte, neuartige Werkstoffe, Technologien für urbane Mobilität und kooperative Systeme liegen im Fokus der Automobilproduktion. ATZ bietet hochaktuelle Informationen aus Forschung und Entwicklung und berichtet wissenschaftlich fundiert über alle Themen der Kraftfahrzeugtechnik im weltweiten Automobilbau. Nutzen Sie zusätzlich zu den Printausgaben das **interaktive E-Magazin** und profitieren Sie von der einzigartigen **Wissensdatenbank des Onlinearchivs** mit pdf-Download.

AUTOMOBILTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

TECHNIK. INNOVATION. ZUKUNFT.

www.mein-fachwissen.de/atz/probe

AUSGABEN KOSTENLOS!

und umfassend orientieren – unterstützt von den Etas-Experten mit Consulting und Vororttraining zur neuen Architektur. Virtuelle Maschinen übernehmen in dem RTA-VRTE die Funktion virtueller ECUs, die Entwickler auf herkömmlichen Desktop-PCs simulieren können. Sie sind per Ethernet vernetzt und können so auch untereinander kommunizieren.

Im Fall des RTA-VRTE EAP ist der eigentliche VC in Form eines kompletten VirtualBox-Abbilds mit einer aus fünf Ebenen/Layern aufgebauten Autosar-Adaptive-Architektur umgesetzt, **BILD 4**. Mit Konfigurationswerkzeugen im SDK können Anwender ein Posix-konformes Betriebssystem ihrer Wahl integrieren. Subsysteme laufen auf den virtuellen Maschinen und auf jeweils eigenen Computern, **BILD 5**. Deren Interaktion findet in der Autosar-Adaptive-Welt auf einer anderen Ebene statt. Über eine Kommunikations-Middleware ist gewährleistet, dass es bei Problemen einer Softwarefunktion keinesfalls zu ungewollten Interferenzen mit Asil-relevanten Funktionen

kommt. Auch diese Middleware ist Bestandteil des EAP.

Anwender können also sofort ins Prototyping einsteigen, die Architektur durchdringen und Software integrieren, erproben und debuggen. Auch ist es möglich, (noch) nicht Autosar-Adaptive-konforme Softwarelösungen zu integrieren: etwa Firewalls oder Gateway-Management-Systeme für künftige agile Security-Lösungen, wie die Intrusion Detection and Prevention Solution (IDPS) der Etas-Tochter Escript.

ZWEIFLEISIGE ARCHITEKTUR SORGT FÜR ZUVERLÄSSIGEN FAHRZEUGBETRIEB

Um Anwendern von Beginn an ein realistisches Trainingsumfeld zu bieten, integriert RTA-VRTE sowohl Autosar-Classicals auch Autosar-Adaptive-Prozesse. Das ist wichtig. Denn auch in Zukunft werden viele sicherheitsrelevante Funktionen über klassische ECUs laufen, weil diese Vorteile in zyklischen Echtzeit-Prozessen

haben und sich ihre Kommunikationsabläufe leichter überwachen lassen. Daneben rechnen die μ P-basierten Vehicle Computer die umfangreicheren Prozesse der sensorischen Umfelderkennung oder cloudbasierter Dienste. Getrennt sind diese Welten durch die per Hypervisor eingerichtete Partitionierung. Um Software verschiedener Anbieter sicher integrieren zu können, sind ein Hardware-Abstraction-Layer und ein weiterer Layer für die Abstraktion des jeweils ausgewählten Posix-Betriebssystems in der Lösung verankert.

Auf diesen virtualisierten Basis-Layern setzt als dritte Ebene besagte Middleware auf. Sie regelt die Kommunikation zwischen den verschiedenen Bussen und Protokollen an Bord (CAN, LIN, FlexRay, Ethernet etc.). Zugleich wandelt sie Signale in semantische Informationen. Letzteres gewährleistet beispielsweise, dass fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) jederzeit ohne Zeitverzug auf Fahrzeug- oder Umfeld-Informationen

PFEIFFER  **VACUUM**



INDUSTRIELLE DICHTHEITSPRÜFUNG

Pfeiffer Vacuum bietet umfangreiche Lösungen zur Dichtheitsprüfung und Lecksuche, die entweder mit Luft oder einem spezifischen Prüfgas wie Helium oder Wasserstoff arbeiten. Unsere Produkte kommen in unterschiedlichsten Industrien wie beispielsweise Automotive oder Pharma zum Einsatz. Dabei können sowohl elektronische und mechanische Komponenten als auch versiegelte Produkte wie Verpackungen geprüft werden.

- Schnelle Dichtheitsprüfung mit Luft bei höchster Empfindlichkeit mit unseren ATC Micro-Flow- und Mass Extraction-Technologien
- Breites Portfolio an schnellen und zuverlässigen Helium- und Wasserstoff-Lecksuchern
- Spezielle Lösungen für den industriellen Einsatz sowie modulare Lösungen für den Einsatz in automatisierten Lecksuchsystemen
- Umfassende Applikationsunterstützung durch Lecksuchexperten – von der Definition der Leckrate bis zur Integration des Prüfprozesses

Sie suchen eine perfekte Vakuumlösung? Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH · Headquarters/Germany · T +49 6441 802-0 · www.pfeiffer-vacuum.com

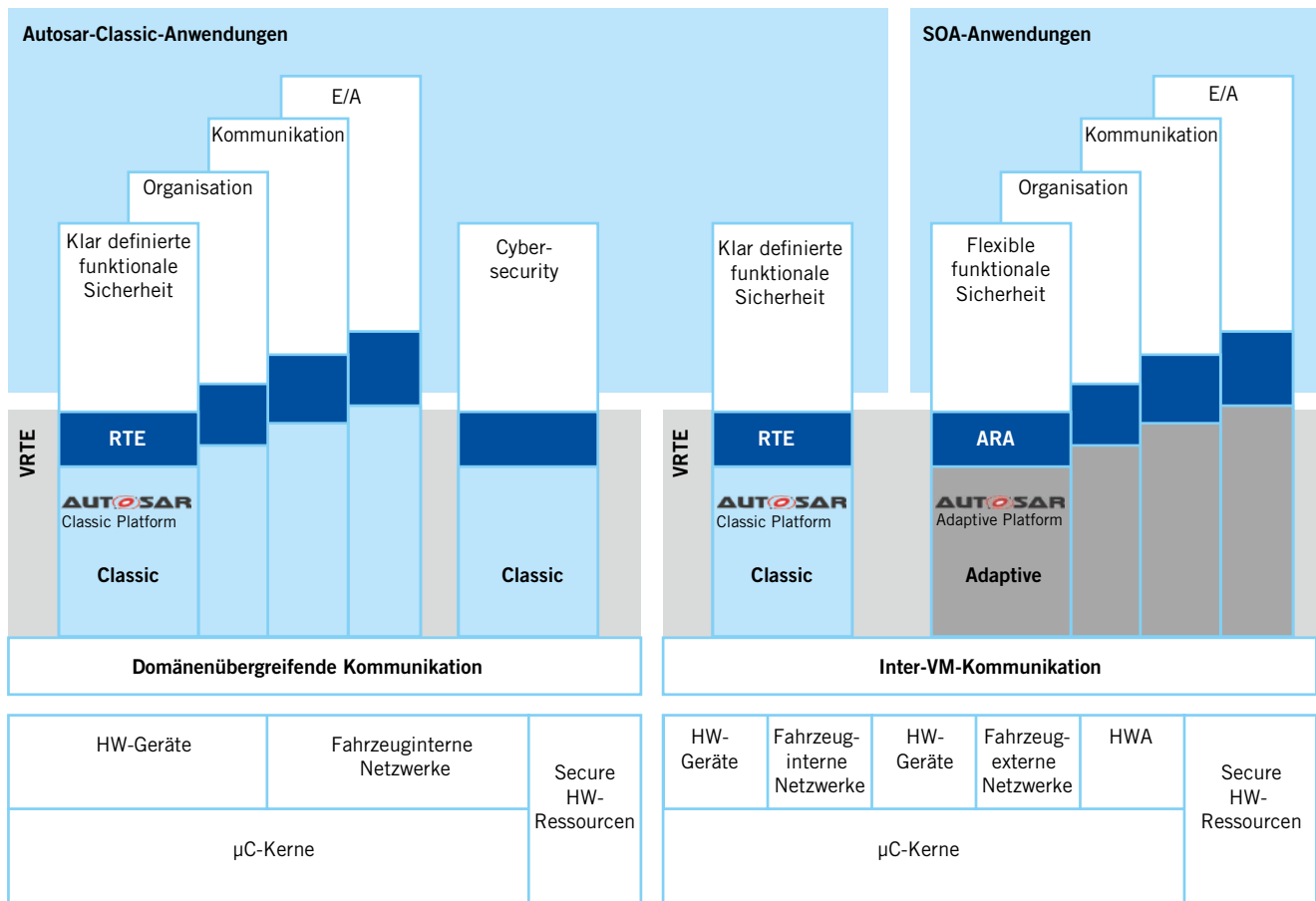


BILD 5 Prinzipieller Aufbau einer Software für Vehicle Computer mit Autosar-Classik- und Autosar-Adaptive-Komponenten – dieser Aufbau bietet maximale Flexibilität bei gleichzeitig hoher Sicherheit (SOA = service-orientierte Architektur, HW = Hardware, HWA = Hardwareabstraktion) (© Etas)

zugreifen können. Diese Flexibilität im Zugriff auf Information aller Kommunikationsbusse an Bord wird mit steigendem Automatisierungsgrad zu einer zentralen Herausforderung. Weitere Ebenen dienen der Abbildung ECU-spezifischer Grundfunktionen – etwa Diagnose oder Security-Funktionen sowie als Plattform für neue datenbasierte Fahrzeugservices. Hierzu zählen unter anderem Zwischenspeicher für OTA-Updates oder flottenübergreifende Security-Services.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Anforderungen des zunehmend automatisierten Fahrens und die Vernetzung moderner Fahrzeuge führen herkömmliche Architekturen mit dezentralen Embedded-Steuergeräten und klassischen CAN-/LIN- oder FlexRay-Datenbussen an Grenzen. Dieses Dilemma lösen Vehicle Computer, deren leistungsstarke Mikroprozessortechnik nicht nur dem massiv

anschwellenden Datenvolumen gewachsen ist, sondern die obendrein die Partitionierung in zahlreiche virtuelle Maschinen erlaubt. Diese Partitionierung wird Soft- und Hardwareentwicklungsprozesse künftig komplett entkoppeln. Das erleichtert es neuen branchenfremden Anbietern, im Automotive-Software-Markt mitzumischen. Zugleich setzt dieser Wandel ein neues technisches Regelwerk voraus. Mit Autosar Adaptive entsteht derzeit ein entsprechender Standard.

Damit sich OEMs und Zulieferer frühzeitig auf das veränderte Marktgeschehen und die neuen hybriden Architekturen mit Vehicle Computern und klassischen ECUs vorbereiten können, haben Bosch, Etas und EsCrypt das Plattformsoftware-Framework RTA-VRTE und ein EAP aufgelegt, das schon weltweit bei verschiedenen Kunden im Einsatz ist. Mit umfassend virtualisierter Methodik können Entwickler damit schon heute die Wege erkunden, die sie zum autonomen Fahrzeug der Zukunft führen werden.

LITERATURHINWEISE

- [1] Zerfowski, D.: Vertikalisation versus Horizontalisation? Die (R)Evolution der Automotive SW schreitet voran. In: Tagungsband, Embedded-Software-Engineering-Kongress, Sindelfingen, 3. bis 7. Dezember 2018, S. 452-460
- [2] Lock, A.; Zerfowski, D.: Functional Architecture and E/E-Architecture – A Challenge for the Automotive Industry. In: Tagungsband, 19. Internationales Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik, Stuttgart, 19. und 20. März 2019, S. 909-920 (Herausgeber: Bargende, M.; Reuss, H.-C.; Wagner, A.; Wiedemann, J.; Wiesbaden: Springer Vieweg; ISBN 978-3-658-25938-9)

DANKE

Ein besonderer Dank der Autoren gilt an dieser Stelle Dipl.-Ing. Jürgen Crepin, Senior Manager für Marketingkommunikation bei der Etas GmbH in Stuttgart, für die Unterstützung bei der Erstellung dieses Beitrags.



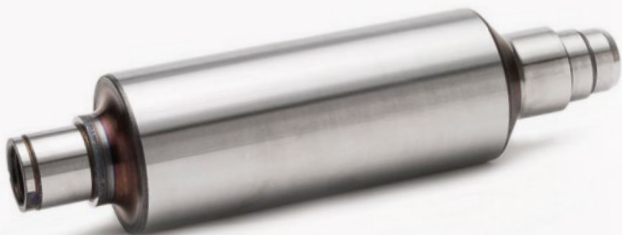
READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
 Test now for 30 days free of charge:
www.atz-worldwide.com



**Hirschvogel
Automotive Group**

Traditionally innovative.

**VOLLER
ENERGIE
IN DIE ZUKUNFT.**



Wir von Hirschvogel warten nicht auf den großen Durchbruch der E-Mobilität – wir gestalten ihn längst mit. Anforderungsgerecht – leicht – kostenoptimal – Simultaneous Engineering: einfach Hirschvogel!

www.hirschvogel.com