



Elektronik- und Vernetzungsarchitektur mit gesteigerter Leistungsfähigkeit

Den neuen Audi Q5 zeichnet eine hohe Anzahl an unterschiedlichsten elektrischen Funktionen aus. Die gewählte Elektronikarchitektur unterstützt sowohl eine kosteneffiziente Basisausstattung als auch die umfangreichen Sonderausstattungen. Das verwendete Architekturkonzept ist eine evolutionäre Weiterentwicklung des mit den Fahrzeugen Audi A8 und Audi A3 erstmalig eingeführten zentralen Vernetzungskonzeptes. Die ständig steigende Anzahl der Funktionen erstreckt sich mehr und mehr über alle Funktionsbereiche und Busdomänen. In der Vergangenheit konzentrierten sich die Funktionserweiterungen vorwiegend auf den Bereich der Karosserieelektronik und der Infotainmentsysteme. Im Fahrzeugprojekt Audi Q5 zeigte sich zusätzlich die Notwendigkeit der stärkeren Vernetzung aller Funktionsbereiche.

Bild 1: Entwicklung der Funktionsumfänge, aufgeteilt nach Fahrzeugdomänen

Gemäß der Prämisse zur ausschließlichen Verwendung von Standards kommt im LIN-Bussystem der LIN-Standard 2.0 zum Einsatz. Für die beiden anderen Kommunikationsbusse, CAN und MOST, existierten bereits entsprechende Standards und Lastenhefte, welche von den bisherigen Fahrzeugentwicklungen übernommen werden konnten.

2.1 Nachteile bei diskreter Verbindung von Steuergeräten

Durch die zunehmende Vernetzung ergeben sich funktionale Abhängigkeiten der Busdomänen. Unabhängig vom Betriebszustand (z.B. KL-15-Status) müssen zahlreiche Funktionen im Fahrzeug zur Verfügung stehen. Dies bedingt den Einsatz weckfähiger Systeme auch außerhalb der Komfortelektronik. So darf eine elektrische Lenksäulenverriegelung nur dann verriegeln, wenn sichergestellt ist, dass sich das Fahrzeug im Stillstand befindet. Dafür sind Informationen zur Fahrzeuggeschwindigkeit notwendig, welche vom ESP-Steuergerät ermittelt werden. Zur Realisierung stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- eine diskrete Verbindung zwischen den beteiligten Steuergeräten
- der Einsatz weckfähiger Bussysteme.

Diskrete Schnittstellen sind aufwändig zu spezifizieren und zu diagnostizieren. Es müssen sowohl die Hardwareschnittstelle – Spannungspegel, Treiberleistungen, ESD oder EMV – als auch das Anwen-

derprotokoll, die Standard-Software und die Diagnose dieser Schnittstelle spezifiziert und über geeignete Absicherungsmaßnahmen und Tools überprüft werden. Da die Schnittstellen in der Regel Steuergeräte-spezifisch sind, ist eine Wiederverwendung für vergleichbare Anwendungen nicht sichergestellt.

Der Einsatz von weckfähigen Bussystemen bietet hier Vorteile. Durch eine

OEM-übergreifende Standardisierung können einheitliche Prüfspezifikationen erstellt werden. Ein standardisiertes Testen und Diagnostizieren der Steuergeräte ist somit zukunftssicher gewährleistet. Zum Entscheidungszeitpunkt existierten für alle relevanten Bussysteme bereits geeignete Bustreiber. Die Voraussetzungen für den Einsatz eines weckfähigen Bussystems waren somit gegeben.

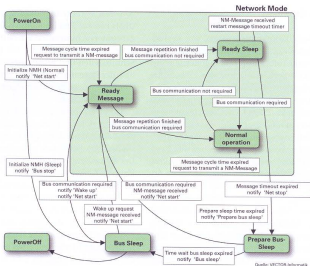


Bild 2: Zustandsdiagramm Netzwerkmanagement high (NM high)

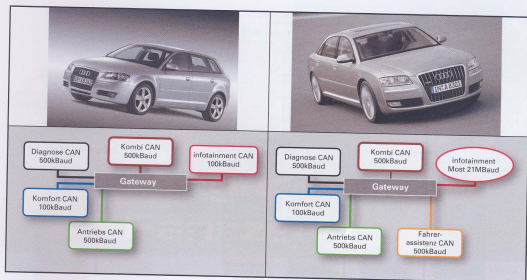


Bild 3: Im Infotainment-Bereich vereint der neue Audi Q5-Elemente des Audi A3 (CAN) und des A8 (MOST)

2.2 Netzwerkmanagement für CAN-Highspeed

An einem weckfähigen CAN-Highspeed-Bussystem sind die Steuergeräte dauerhaft über die KL30 versorgt. Zur Sicherstellung eines robusten Wakeup/Sleep-verhaltens ist die Verwendung eines geeigneten Netzwerkmanagements notwendig. Erste Untersuchungen zeigten, dass das im Elektronikbalken vorhandene OSEK-Netzwerkmanagement nicht eingesetzt werden konnte. Für das neue Managementsystem wurden folgende Prämissen ausgearbeitet:

- Weckfähigkeit ohne diskrete Weckleitungen
- Konzentration auf notwendige Funktion (Koordination Wakeup/Power-down)
- Verwendung in sowohl interruptbasierten als auch pollingbasierten Steuergeräten
- Unterstützung des busübergreifenden Weckens
- Unterstützung von erweiterten Statusinformationen.

Zur Umsetzung der Weckfähigkeit müssen spezielle weckfähige CAN-Transceiver eingesetzt werden. Durch einen digitalen Ausgang können diese den Spannungsregler eines Steuergerätes aktivieren. Zur Sicherstellung der Kompatibili-

tät wurden mehrere CAN-Highspeed-Transceiver hinsichtlich Funktion und EMV-Stabilität qualifiziert.

Des Weiteren ist ein einfacher und überschaubarer Software-Mechanismus notwendig. Dieser koordiniert das Aufwachen beim Empfang von CAN-Botschaften, die Aufrechterhaltung der Buskommunikation und das anschließende gleichzeitige Herunterfahren des Bussystems. Hierzu wurde das neue Netzwerkmanagement High (NM High) entwickelt. Dieses basiert auf einem wesentlich einfacheren Algorithmus als das aus dem Low-Speed-Bereich bekannte OSEK-Netzwerkmanagement. Neben den Funktionsvorteilen konnten dadurch erhebliche Ressourceneinsparungen beim Speicherbedarf der Standard-Software erzielt werden. Diese Software-Spezifikation wurde von Audi in Autosar eingebracht und darin standardisiert. Die Funktionsweise des NM High ist in **Bild 2** dargestellt. Durch die Abbildung der NM-Zustände und der NM-Übergänge in den Datenbytes des NM High ist eine Analyse der einzelnen Steuergeräte während des Fahrzeugbetriebs sehr einfach möglich. Das komplette Verhalten bei Wakeup oder auch Sleep kann damit lückenlos analysiert werden.

3 Vernetzungsarchitektur: Revolution oder Evolution?

Mit dem in den Fahrzeugen Audi A8 und A3 eingeführten zentralen Architekturkonzept steht eine Vernetzungsarchitektur zur Verfügung, welche bereits viele Anforderungen erfüllt: sowohl A-Klassenfahrzeuge (Audi A3), als auch hochausgestattete C- und D-Klassenfahrzeuge (Audi A6 und A8) lassen sich mit sehr guter Qualität und hoher Kosteneffizienz realisieren.

Im Audi A3 kommen ausschließlich Infotainmentsysteme auf Basis der CAN-Busteknologie zum Einsatz, im Audi A8 kommunizieren die Infotainmentsysteme auf Basis der MOST-Technologie. **Bild 3.** Im Audi Q5 sollten beide Systemvarianten, CAN und MOST ermöglicht werden.

Des Weiteren musste das im Audi A8 bereits vorhandene Bussystem für die Fahrerassistenzsysteme eingesetzt werden. Zusätzlich wurde ein Konzept zur kostengünstigen Darstellung eines Basisumfangs analog Audi A3 notwendig. Die Abdeckung dieser Variantenvielfalt erforderte die Entwicklung einer hochskalierbaren Architektur. Zu Beginn der Konzeptuntersuchungen standen zwei Architekturansätze zur Auswahl. Eine

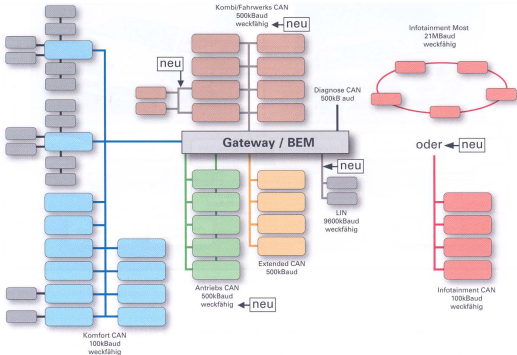


Bild 4: Der Audi Q5 zeigt eine Elektronik-Gesamtarchitektur wie im Oberklasse-Segment

Möglichkeit war die komplette Neuentwicklung der Fahrzeugarchitektur, alternativ eine Optimierung der vorhandenen, bewährten, zentralen Fahrzeugarchitektur. Die Konzeptuntersuchungen wurden durch zusätzliche Analysen ergänzt, wobei die Schwerpunkte auf den nachfolgenden Themen lagen:

- Funktionsverbesserung
- Kostenoptimierung
- Qualitätssteigerung.

3.1 Integration des Energiemanagements

Die Integration des Energiemanagements stellte sich als eine wesentliche Optimierungsmöglichkeit heraus. Durch die Zusammenlegung von Gateway-Steuergerät und Energiemanagement wurde eine deutliche Kosteneinsparung realisiert. Neben den finanziellen Vorteilen können durch diese Integration deutliche Verbesserungen hinsichtlich Diagnose und Funktionsqualität erzielt werden. Durch die Verknüpfung der globalen Bus- und Steuergerätestände im

Gateway und der Stromverbrauchswerte des Energiemanagements entstand ein neues Konzept. Dies ermöglicht die zentrale Überwachung des Fahrzeugzustandes und liefert detaillierte Informationen zur Fehleranalyse.

3.2 Architekturauslegung über Fahrzeuglebenszyklus

Durch den Einsatz neuer Funktionen (zum Beispiel Fahrwerkregelsysteme) steigt der Kommunikationsbedarf einer Fahrzeugbaureihe innerhalb des Produktionszeitraums stetig an. Die besondere Herausforderung bei der Architekturauslegung besteht darin, die Funktionen und Steuergeräte so zu verteilen, dass die Kommunikationsbusse noch genügend Reserven für Funktionserweiterungen haben.

Eine detaillierte Analyse der geplanten Fahrwerksregelsysteme ergab einen hohen Kommunikationsbedarf zwischen diesen Systemen. Ohne zusätzliche Maßnahmen wäre der Spielraum für zukünftige

Funktionserweiterungen sehr stark eingeschränkt. Durch die Einführung eines CAN-Subbussystems konnten die Spezifikationsgrenzen der Busbelastung eingehalten werden. Durch die evolutionäre Weiterentwicklung der bestehenden zentralen Vernetzungsarchitektur ergibt sich eine skalierbare und effiziente Gesamtarchitektur, welche sowohl der Kosteneffektivität als auch der Funktionsvarianz Rechnung trägt. Bild 4. ■