

CAN und offene Protokolle im Nutzfahrzeug

Auf dem Weg zur weltweiten Vereinheitlichung

Mitte Juni trafen sich in Stuttgart über 100 Anwender zum zweiten Vector Symposium „Der Einsatz von CAN und offenen Protokollen im Nutzfahrzeug“.

Zwischen den zahlreichen Sensoren und Steuergeräten im Fahrzeug befindet sich nach Aussage eines Referenten ein „großes Spielfeld“, in dem die Vernetzung mit CAN, SAE J1939, LIN und FlexRay im Mittelpunkt steht.

Von Lothar Felbinger und Hans-Werner Schaal

Für den weltweit größten Nutzfahrzeug-Hersteller – DaimlerChrysler – bringt die Konzeption einer einheitlichen E/E-Architektur (Elektrik/Elektronik) unter Berücksichtigung der PKW-Sparte vielfältige Rationalisierungs- und Synergieeffekte. Um diese Herausforderung zu meistern, sind zahlreiche technische, ökonomische und marktspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen. Dabei müssen im Nutzfahrzeug-Bereich die unterschiedlichen Anforderungen einer breiten Fahrzeug-Palette bedient werden: Fahrzeuge für leichte und schwere Lasten, Reisebusse, Baustellenfahrzeuge und Transporter. Und es müssen alle internationalen Märkte mit ihren verschiedenen Anforderungen, existierenden Standards und sonstigen Eigenheiten berücksichtigt werden. So reicht es beispielsweise nicht, weltweit in allen Standorten identische Definitionen und Begriffe einzuführen, auch das Verständnis davon muss überall gleich sein.

Das Hauptziel besteht darin, fahrzeugübergreifend möglichst viele gleiche Teile zu verwenden. Dazu werden gemeinsame Komponenten mit gleichen Schnittstellen und Geometrien bzw. mechanischer Kompatibilität benötigt. Die Grundlage dazu ist die Einführung einer einheitlichen Architektur für sämtliche Fahrzeug-Typen. Die Standardisierung erstreckt sich von der Netzwerk-Topologie über die Kommunikation bis hin zur Standard-Software und zum Netzmanagement.

Als Grundlage zur Vernetzung der Bordelektronik dient weiterhin CAN, das bei einfachen Anwendungen durch LIN ergänzt wird. Als Standard-Protokoll wird SAE J1939 verwendet. Da SAE J1939 bei jedem Hersteller durch zusätzliche firmeneigene Botschaften ergänzt wird, lassen sich Steuergeräte bzw. Hardware nicht ohne weiteres austauschen. Als Lösung hierfür sowie für die Abbildung des bisherigen IES-Protokolls (Integrated Electronic System) von DaimlerChrysler auf SAE J1939 soll deshalb ein spezieller Netzübergang (Gateway) dienen. Problematisch im Zusammenhang mit SAE J1939 ist die Begrenzung der Datenübertragungsrate auf 250 kbit/s. Schon heute wird mit 250 kbit/s die Leistungsgrenze erreicht; mit Zunahme der elektronischen Funktionen im Nutzfahrzeug wird sich diese Beschränkung in Zukunft noch deutlicher bemerkbar machen. Hier besteht dringender Handlungsbedarf seitens der SAE, die zulässigen Datenübertragungsraten für SAE J1939 auf 500 kbit/s zu erhöhen. Nach Ansicht von DaimlerChrysler wären 1 Mbit/s ideal, der ursprünglich für CAN spezifizierte Maximalwert (*Bild 1*).

► Einflussfaktoren der Fahrzeug-Architektur

Wie das Design einer Fahrzeug-Architektur konkret aussieht, wird von zahlreichen Parametern bestimmt: Zuverlässigkeit, Modularität, Kosten, Treib-

stoffverbrauch, Kompatibilität, Wettbewerbsvorteile, Sicherheit usw. Zwar gibt es Berechnungsverfahren zur Beurteilung verschiedener Architektur-entwürfe hinsichtlich der Kosten oder der Sicherheit, doch muss zunächst festgelegt werden, mit welcher Priorität die einzelnen Parameter zu bewerten sind. Für DaimlerChrysler rangieren im Nutzfahrzeug-Bereich Ausfallsicherheit, Marktforderungen und Sicherheit ganz oben.

Ein wichtiges Kriterium für die E/E-Architektur ist, wie schnell sich neue Funktionen in ein Fahrzeug integrieren lassen, z.B. eine Warnmeldung, wenn der Fahrer aussteigt, ohne die Feststellbremse angezogen zu haben. Ließen sich solche Funktionen konventionell bisher nur mit erheblichem Aufwand realisieren, so wird man künftig von zahlreichen dieser Sicherheits- und Komfortfunktionen profitieren können.

► Spagat zwischen Standardisierung und kundenspezifischer Lösung

In den letzten zehn Jahren ist bei Siemens VDO eine Familie netzwerkfähiger Fahrzeug-Komponenten entstanden. Dazu gehören Motor- und Getriebebesteuern, Einspritzsysteme, elektronische Steuerungen für Chassis und „Body“ sowie Kombigeräte, Lenkräder mit Tasten und einbaufertige Cockpits. Die Erfahrungen zeigen, dass Netzwerke nicht nur den Verkabelungsaufwand im Fahrzeug reduzieren, sondern zu mehr Zuverlässigkeit und Sicherheit führen und außerdem vielfältige Diagnosemöglichkeiten bieten. Dies erhöht die im Bereich der Nutzfahrzeuge enorm wichtige Verfügbarkeit des Fahrzeugs.

Bei der Mehrheit der E/E-Architekturen im Nutzfahrzeug hat sich CAN mit SAE J1939 durchgesetzt. Jedoch können viele Optionen heute noch nicht über SAE J1939 in das Netzwerk eingebunden werden. Für eine höhere Integration bedarf es einer Standardisierung, die deutlich über das heutige Maß hinausgeht. Das gilt sowohl global als auch innerhalb der einzelnen Fahrzeug-Marken. Selbst innerhalb der Hersteller gibt es bei den einzelnen Fahrzeug-Typen noch verschiedene Architekturen.

Bei SAE J1939 sind die Bordnetze in verschiedene Klassen aufgeteilt: Class A für „Body Train“, Class B für

„Instrumentation Train“, Class C für „Power Train“, Class D für „Infotainment Train“. Alle Domänen sind in ak-

tuellen Architekturen mit einer „Central Body Control Unit“ verbunden. In künftigen dezentralen Architekturen

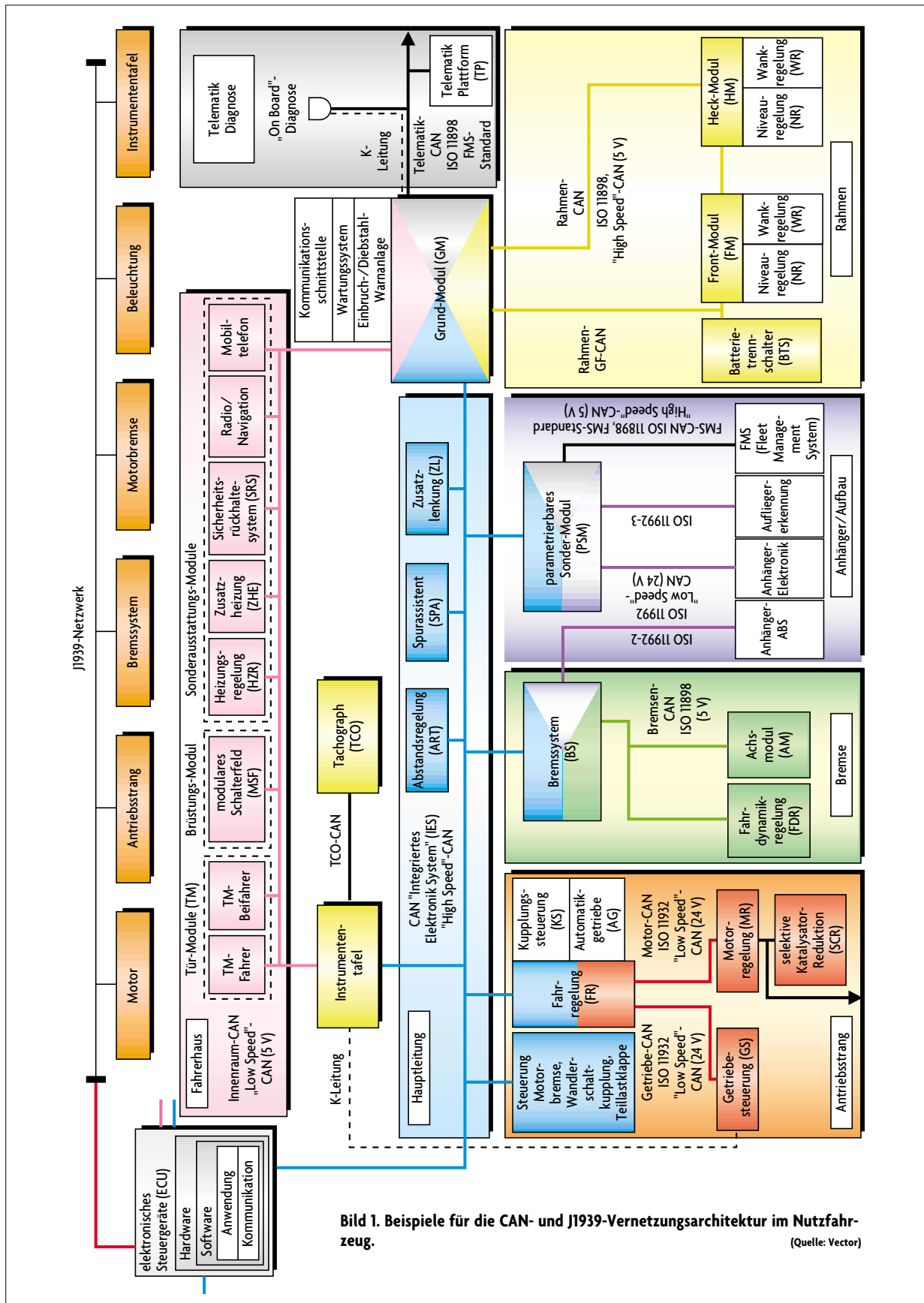


Bild 1. Beispiele für die CAN- und J1939-Vernetzungsarchitektur im Nutzfahrzeug.

(Quelle: Vector)

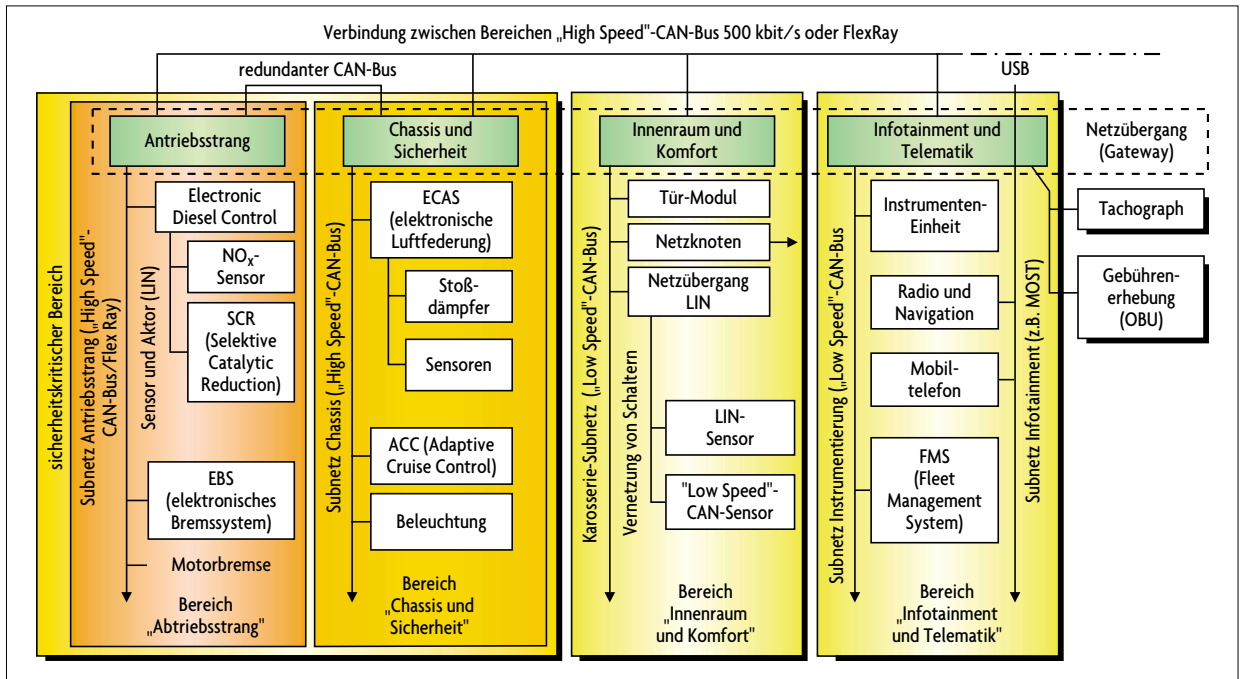


Bild 2. Die SAE-J1939-konforme dezentrale Architektur des CAN-Netzwerks.

(Quelle: Vector)

steuert jeweils ein Domänen-Kopfrechner die einzelnen Teilbereiche. Untereinander kommunizieren die Kopfrechner dann über einen „Interdomain Backbone“, z.B. auf Basis von „High Speed CAN“ oder FlexRay (Bild 2).

Selbst wenn bei allen Kunden dieselben Hardware-Module wiederverwendbar sind, müssen sich individuelle Zusatzfunktionen über Software einfach realisieren lassen. Siemens VDO sieht hierfür eine tool-basierte Codegenerierung mit standardisierter PLC-Programmierung über den Funktionsplan nach IEC 61131-3 vor. So lassen sich mit allgemein verwendbarer Hardware hohe Flexibilität, kurze Entwicklungszeiten, Reduzierung von Entwicklungskosten und die erforderliche Qualität unter einen Hut bringen. In Zukunft werden viele Funktionen zur Standardausrüstung gehören, die heute nur mit großem Aufwand realisierbar sind, z.B. elektronisch angesteuerte Stoßdämpfer, automatische Reifendrucküberwachung, Batterie- und Energiemanagement und viele weitere Funktionen, die den Fahrer entlasten bzw. mehr Sicherheit bringen.

► „Vehicle Control Modul“ beherrscht komplexe Strukturen

Um die Systemsicherheit vor dem Hintergrund erweiterter Systemfunktionen

der Fahrzeuge zu erhöhen sowie externe CAN-Schnittstellen zu integrieren, hat Iveco Medium and Heavy Commercial Vehicles das „Vehicle Control Modul“ (VCM) entwickelt. In einem LKW der Baureihe „Stralis“ befinden sich bis zu 28 CAN-Knoten. Die Zuverlässigkeit der mit CAN vernetzten Nutzfahrzeuge wurde belegt durch viele Millionen Testkilometer und, über Jahre hinweg, durch eine extrem niedrige Fehlerquote im Feld.

Um die ständig zunehmenden Fahrzeug-Funktionen auch weiterhin si-

cher zu beherrschen, muss der Integrationsaufwand reduziert werden. Durch eine weitreichende Entkopplung der Fahrzeug-Funktionen von den Subsystemfunktionen werden die Interaktionen im System minimiert. Über das neu entwickelte VCM werden sämtliche Zugriffe auf Subsysteme zentral koordiniert; es ist ein CAN-basierter „Supervisor“, der alles überwacht und externe Zugriffe nur innerhalb erlaubter Grenzen gestattet. Dazu gehört zusätzlich auch die Fehlerbehandlung:

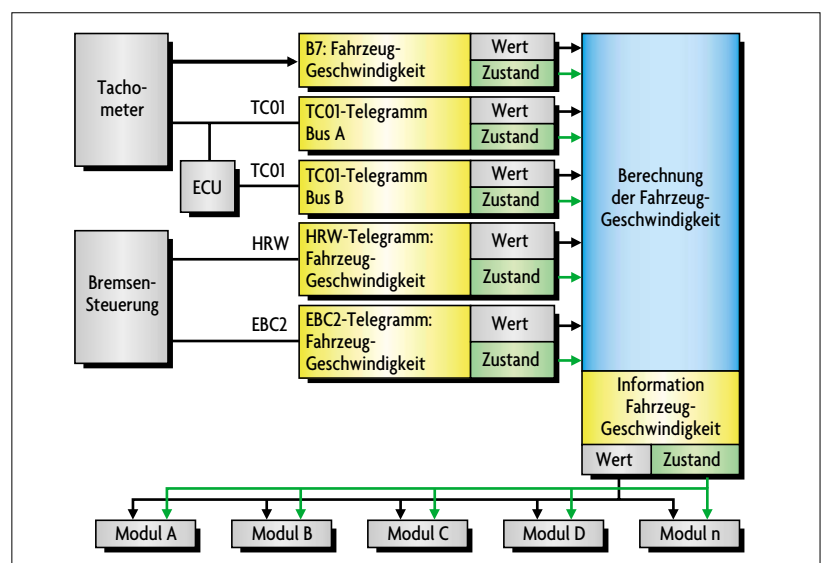


Bild 3. Die Überwachung des „System Integrity Levels“ (SIL) und die redundante Koordination der Subsysteme über CAN und VCM.

(Quelle: Vector)

- Auftretende Fehler innerhalb jedes Software-Moduls werden individuell behandelt.
- Jedes einzelne Software-Modul generiert eine „Module State Information“, abhängig von Fehlern bei Ein- bzw. Ausgängen und logischen Prüfungen. In einem zentralen Fehlermanagement wird daraus ein „System Integrity Level“ erzeugt und an die Module zurück übertragen. Diese Information können die einzelnen Software-Module nutzen, um sich ggf. selbstständig abzuschalten.

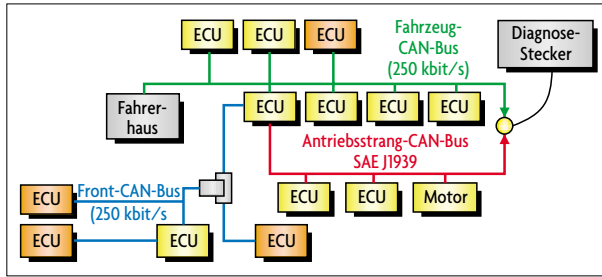


Bild 4. Diagnose über CAN in der Landtechnik. (Quelle: Vector)

- Für elementare Signale wurden Ersatzfunktionen implementiert. Beispiel: Falls keine Geschwindigkeitsinformation des Tachographen über CAN verfügbar ist, wird der B7-Ausgang des Tachographen verwendet. Sollten beide nicht mehr verfügbar sein, beschafft das VCM die benötigten Informationen über das Bremssystem (Bild 3).

Elektronik trotz Staub, Feuchtigkeit und Kälte

Für die Firma Claas, Europas größten Hersteller von Erntemaschinen, hat ein leistungsfähiges Diagnosesystem in den mit CAN vernetzten Maschinen zentrale Bedeutung. Das gilt sowohl während des Entwicklungsprozesses als auch für eine schnelle Lokalisierung und Fehlerbehebung im Betrieb. Selbstfahrende Erntemaschinen wie Mähdrescher und Feldhäcksler arbeiten unter schwierigen Umgebungsbedingungen. Die Maschinen sind Tag und Nacht den unterschiedlichsten Witterungsverhältnissen ausgesetzt; zu Hitze, Kälte und Feuchtigkeit kommen noch Staub und Schmutz hinzu. Neben zahlreichen Sensoren, Lichtschranken, Ventilblöcken und Servoantrieben befinden sich in einem Mähdrescher rund 350 Steckverbindungen mit etwa 3000 elektrischen Einzelkontakten sowie bis zu 3000 Meter Kupferleitung. Jede Verbindung ist eine potentielle Fehlerquelle. Bei der Fahrzeug-Elektronik geht der Trend deshalb hin zu dezentralen Steuereinheiten; dadurch werden die Leitungen kürzer und die Zahl der Steckverbinder geringer.

Ernteprozesse müssen in den Zeitfenstern abgewickelt werden, die von der Natur vorgegeben sind. In diesen Stoßzeiten kommt es auf die Verfügbarkeit der Maschinen an. Bleibt ein Mähdrescher auf dem Feld stehen, muss dieser meist an Ort und Stelle repariert werden. Damit in solchen Situationen für die Servicetechniker von Claas die Fehlersuche nicht zur sprichwörtlichen Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen wird, verfügen die Agrarmaschinen über ein leistungsfähiges Diagnosesystem. In einer Erntemaschine befinden sich heute bis zu vier CAN-Busse, dabei wird der Diagnoserechner (Laptop) an den Fahrzeug-CAN und an SAE J1939 angeschlossen (Bild 4).

So ist die rationelle und zeitgleiche Entwicklung des Diagnosesystems parallel zur Steuergeräte-Software gewährleistet. Der KWP2000-Editor von „CANdelaStudio“ dient der Erfassung

Diagnose-Software parallel zur Steuergeräte-Software gewährleistet. Der KWP2000-Editor von „CANdelaStudio“ dient der Erfassung

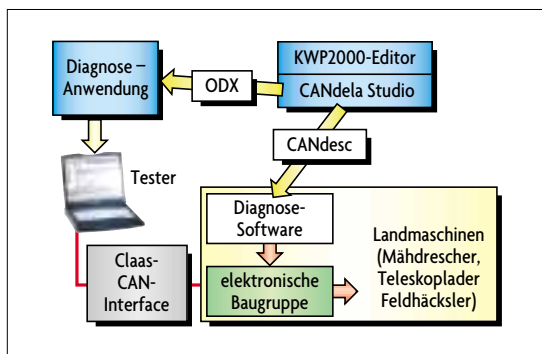


Bild 5. Beim Diagnose-Entwicklungsprozess werden die im „CANdelaStudio“ erfassten Daten im ODX-Format (Open Diagnostic Data Exchange) der Diagnose-Software übergeben. (Quelle: Claas)

aller notwendigen Test-Informationen. Bei Claas wird Wert darauf gelegt, Variablen und Datentypen einheitlich zu erfassen und zu verwalten. Mehrere Entwicklungsabteilungen in ganz Europa haben so Zugang zu der konsistenten und redundanzfreien Datenbasis des Fehlerspeichers. Die in CANdela erfassten Daten werden zur Erstellung der Diagnose-Software in das ODX-Format (Open Diagnostic Data Exchange) exportiert und sind gleichzeitig die Grundlage für die Erstellung der Diagnose-Anwendungen mit „CANdesc“ bzw. „CANgen“ (Bild 5).

Die Daten sind für alle Entwicklungsbereiche einheitlich in einer einzigen Datenbank gespeichert, wodurch sich viele typische Probleme von vornherein vermeiden lassen. Gleichzeitig lassen sich viele Software-Funktionen wiederverwenden und schließlich können in der gesamten Claas-Gruppe identische Diagnose-Spezifikationen genutzt werden.

► Optimale Kalibrierung von Steuergeräte-Parametern

Für die Optimierung der Steuergeräte-Parameter im Nutzfahrzeug bietet Vector Informatik Entwicklungs-Tools und Dienstleistung. In der Regel wird dieselbe Steuergeräte-Software für zahlreiche Fahrzeug-Varianten eingesetzt. Zur Anpassung an die Fahrzeug-Variante und zur Beeinflussung des Systemverhaltens dienen zahlreiche veränderbare Systemparameter. Für die Steuerung eines Automatikgetriebe oder eine Motorsteuerung sind heute mehr als 10 000 Parameter abgelegt. So ist eine Kalibrierung des Steuergeräts bzw. deren Regler ohne geeignete Software-

Tools nicht mehr möglich.

Eine wesentliche Rolle spielen dabei die von der ASAM (Association for Standardisation of Automation and Measurement Systems) definierten „CAN Calibration Protocol“ (CCP) und das „Universal Measurement and Calibration Protocol“ (XCP). Während CCP bei mit CAN vernetzten Geräten zum Einsatz kommt, ist XCP für Nicht-CAN-Netzwerke wie FlexRay, LIN, USB, Ethernet, SPI/SCI usw. vorgesehen. Neben der Unabhängigkeit gegenüber der Transportschicht bietet XCP weitere Vorteile: zyklisches Senden von Daten ins Steuergerät für Funktions-Bypassing, Kaltstartmessung etc. (Bild 6).

Die einzelnen Signale werden in der „Description Language“ ASAM 2 beschrieben („Mapping“, Wertebereiche usw.) und in der A2L-Datenbank abgespeichert. Die Speicherbereiche lassen sich nach den Methoden „Polling“ und „Cyclic“ auslesen und während der Testfahrten verändern, so dass die Auswirkungen von Änderungen sofort beurteilt werden können.

► Profitieren von der Luftfahrttechnik

Wie sich die Erkenntnisse aus den mehrfach redundanten Systemen der Luftfahrttechnik für den Nutzfahrzeug-Bereich nutzen lassen, erforscht das Institut für Luftfahrtssysteme der Universität Stuttgart im Rahmen des EU-Projekts SPARC (Secure Propulsion using Advanced Redundant Control). Hier werden Testkonzepte für X-by-Wire-Systeme der nächsten Generation entwickelt; die Konsortialleitung des Projekts liegt bei DaimlerChrysler.

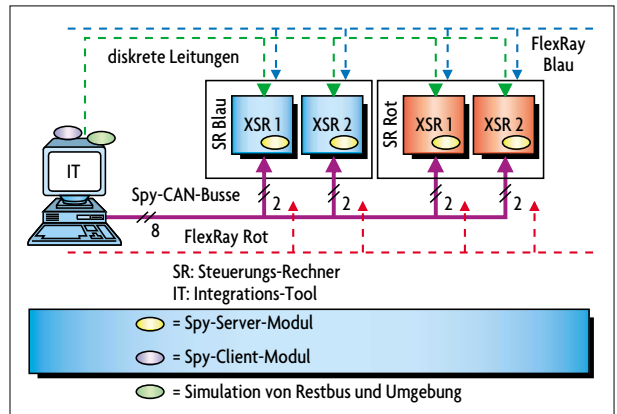


Bild 7. Struktur eines Systems mit zwei FlexRay-Bussen (Rot und Violett) und Spy-CAN-Bussen für eine X-by-Wire-Anwendung im Nutzfahrzeug. (Quelle: Vector)

Ziel von SPARC ist eine deutliche Verbesserung der Sicherheit von Fahrzeugen im Straßenverkehr durch den Einsatz intelligenter X-by-Wire-Technik im Antriebsstrang. Hierzu wird eine Hard- und Software-Plattform entwickelt, bei der unter anderem zahlreiche FlexRay- und CAN-Busse zum Einsatz kommen. Die Plattform dient als Referenz für künftige Fahrzeug-Architekturen. Durch modularen Aufbau und entsprechende Skalierbarkeit ist sie sowohl für schwere Nutzfahrzeuge als auch für Personenwagen von Nutzen. SPARC wird ein komplettes Automotive-Konzept mit offener Systemarchitektur schaffen, in das sich die Software unterschiedlicher Partnerunternehmen integrieren lässt. Im Jahr 2006 soll das System für die ersten Tests in einen Actros-LKW und in ein Smart-Coupé integriert werden (Bild 7).

► Wiederverwendbarkeit an oberster Stelle

Das Symposium in Stuttgart hat gezeigt: An oberster Stelle steht die Wiederverwendbarkeit von Hardware, Software und Netzwerken. Weitere Aspekte sind Dezentralisierung, Zuverlässigkeit und fehlertolerante Systeme. Dabei gilt es, den technischen Aspekten und hohen Kundenerwartungen sowie den gesetzlichen Vorgaben gleichermaßen gerecht zu werden. Hierfür arbeiten Fahrzeug-Hersteller und Zulieferer an weltweit einheitlichen E-/E-Architekturen.

Künftige Fahrzeug-Generationen werden geprägt sein von zahlreichen Funktionserweiterungen. Diese zielen

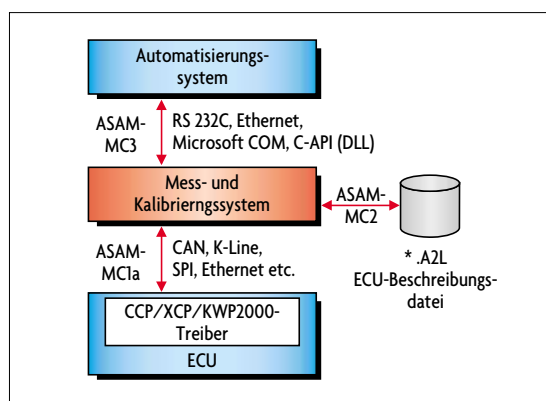


Bild 6. Das Schnittstellenmodell ASAM-MC. (Quelle: Vector)

auf eine größere Sicherheit im Verkehr, auf die Bereitstellung intelligenter Komfortfunktionen sowie auf eine erhöhte Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit. Kombiniert mit Kostensenkungen ist dies besonders für den Nutzfahrzeug-Bereich relevant. Technisch wird bei den Fahrzeug-Netzwerken weiterhin CAN die zentrale Rolle spielen, ergänzt durch LIN und FlexRay. Auf der Seite der Protokolle hat sich SAE J1939 als Standard etabliert. Daneben bewährt sich CANopen in der Domäne der Nutzfahrzeug-Aufbauten, es arbeitet über Gateways mit SAE J1939 problemlos zusammen.

Software und deren rationelle Erstellung gewinnen eine immer größere Bedeutung. Gleiche Hardware-Plattformen erfordern bei der Software Modifikationen für verschiedene Hersteller bzw. Fahrzeuge. Daher werden entlang des gesamten Entwicklungsprozesses leistungsfähige Software-Tools und maßgeschneiderte Embedded-Software-Komponenten unentbehrlich. Ei-



**Dipl.-Ing. (FH)
Lothar Felbinger**

studierte Automatisierungstechnik an der FH Reutlingen. Mittlerweile arbeitet er als Key Account und Business Development Manager bei der Vector Informatik GmbH im Bereich der Produktlinie Open Networking.
► E-Mail: lothar.felbinger@vector-informatik.de

ne lückenlose und optimal auf die Anforderungen abgestimmte Tool-Kette ist dabei ebenso wichtig wie die Ver-



**Dipl.-Ing.
Hans-Werner Schaal**

studierte Nachrichtentechnik an der Universität Stuttgart und Electrical & Computer Engineering an der Oregon State University. Er arbeitet jetzt als Business Development Manager bei der Vector Informatik GmbH im Bereich der Produktlinie Open Networking.
► E-Mail: hans-werner.schaal@vector-informatik.de

fügbarkeit entwicklungsbegleitender Dienstleistungen und Beratungen von entsprechenden Spezialisten. *jw*