Cleveres Management großer Datenströme:

Alles im Fluss

(Bild: Shutterstock)

Elektronische Systeme im Fahrzeug sind heutzutage äußerst komplex – viele verteilte Hardware- und Software-Komponenten müssen zusammenwirken, um unterschiedliche Funktionen zu realisieren. Für eine reibungslose Kommunikation im Auto sind Bussysteme notwendig. Das trifft insbesondere für das Zusammenspiel im Sonderfall Elektrofahrzeug zu.

Von Andrea Gerber

Netzwerke durchziehen Fahrzeuge, Systeme kommunizieren, Daten fließen. Weil die Anzahl der verbundenen Komponenten in den letzten Jahren stark gewachsen ist, wären nach und nach Tausende von Kabel für den Datentransport nötig geworden. Die Lösung sind Bussysteme, über die Daten zwischen mehreren Funktionseinheiten über einen gemeinsamen Übertragungsweg transportiert werden. Als Kommunikationsstandard macht zunehmend das Automotive Ethernet das Rennen, doch je nach Zweck kommen nach wie vor CAN, CAN-FD, aber auch LIN, MOST oder FlexRay zum Einsatz.

Datenübertragung und Steuergeräte: Wo, wohin, wofür?

Wer kennt sie nicht, die Erlebnisse in der Werkstatt: Das Fahrzeug ist defekt, aber es ist nicht sofort erkennbar, wo der Fehler liegt. Der Mechatroniker schließt ein Gerät an, die Diagnose läuft, das Display zeigt Werte, die auf eine ganz bestimmte Störung schließen lassen. Steuergeräte (Electronic Control Unit, ECU) ermöglichen diese Kommunikation. Sie steuern und regeln als Embedded Systems die verschiedenen elektronischen Funktionen im Fahrzeug: externe Diagnosewerkzeuge, die laufend Fehlermeldungen abfragen, Fahrerassistenzsysteme, Infotainment, Vernetzung zwischen Fahrzeugen und zu Straßen- und Kommunikationsinfrastruktur, aber auch einfachere Anwendungen, wie Diebstahlsicherung, Wegfahrsperren, Scheinwerferelektronik und verschiedene Bedienelemente.
Über ihre Verbindung durch Systembusse tauschen sie an zahlreichen Schnittstellen vielfältige Informationen aus. Mit immer höheren Ansprüchen an Komfort und Sicherheit steigt die Rechenleistung der Steuergeräte. Ebenso wächst die

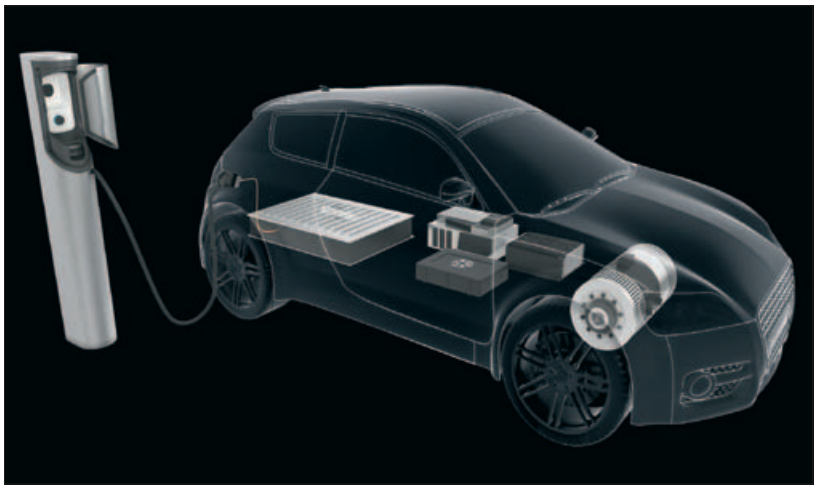


Bild 1. Systemvernetzung über Busse im Elektrofahrzeug und mit der Ladetechnik. (Bild: Leoni Kabel | Seven M)

Kommunikation zwischen ihnen an und damit die Datenübertragungsrate. Während der bisherige Standard noch im Mbit/s-Bereich lag, geht der Trend deutlich über 1 Gbit/s hin zu Multi-Gigabit. Vernetzte Steuergeräte spielen unter anderem in der Forschung einiger Fraunhofer-Institute eine große Rolle und die Industrie arbeitet an zahlreichen Innovationen.

Spezialfall Elektro- und Hybridfahrzeuge

Während einerseits ein großer Teil der Datenkommunikation bei Fahrzeugen aller Antriebsarten ähnlich ist, haben andererseits Elektro- und Hybridfahrzeuge (**Bild 1**) aufgrund ihres völlig anders aufgebauten Antriebsstrangs markante Besonderheiten. So managen Steuergeräte in diesen Fällen die Energieströme zwischen Batterie, Antrieb und Nebenverbrauchern. Im Gegensatz zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor werden die nicht-antriebsbezogenen Funktionen unabhängig vom Antriebsmotor mit Energie versorgt, manche mit Hochspannung und etliche davon mit einer zusätzlichen Niedervolt-Batterie. Die Motorsteuerung übernimmt der Controller als Teil der Leistungselektronik, er steuert, regelt und überwacht die Motorfunktionen. Beim Losfahren und Beschleunigen geht über das Pedal ein Signal an den Controller. Durch die Koordination mit dem Akku wird dem Motor eine zunehmende Strommenge zugeführt. Der Controller kommuniziert laufend mit der Fahrzeugsteuerung und empfängt von ihr die Fahrbefehle sowie umfangreichen Input weiterer Steuergeräte.

Die Aufgaben der Leistungselektronik als einer zentralen Komponente des elektrischen Antriebsstrangs von Elektro- und Hybridfahrzeugen sind also die Ansteuerung des Motors, die Kommunikation mit der Fahrzeugsteuerung sowie die Diagnose des Antriebs.

Zu dieser wichtigen Einheit gehören ebenso der Wechselrichter und der Spannungsregler. Der Wechselrichter wandelt die Gleichspannung in Wechselspannung um, die der Elektromotor benötigt. Im umgekehrten Ablauf wird der Akku wieder aufgeladen. Für die Versorgung der Bordnetzkomponenten, die eine niedrigere Gleichspannung brauchen, wie Infotainmentsysteme, Servolenkung oder Beleuchtung, transformiert der Spannungsregler die Gleichspannung aus dem Hochvolt-Akku in den Niedervolt-Bereich.

Bild 2. Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation: Beim Ladevorgang fließen Strom und Daten.

Die gesamte Buskommunikation zwischen einzelnen elektronischen Komponenten und Schnittstellen des Antriebsstrangs von Elektro- und Hybridfahrzeugen steuern zentrale Steuergeräte (Vehicle Control Units, VCU [4]). Sie ermöglichen eine differenzierte Koordination von Systemkomponenten. Beispiele sind die Steuerung des Umrichters und des Batteriemanagementsystems, die Ladesteuerung, die Motorsteuerung sowie die aktive und passive Rekuperation, also die Energierückgewinnung beim Bremsen. Bei Hybridfahrzeugen kontrolliert die VCU die Wahl zwischen Verbrennungs-, rein elektrischem und Hybridfahrmodus.

Eine weitere zentral wichtige Steuerkomponente in Fahrzeugen mit alternativen Antrieben ist das Batteriemanagementsystem (BMS). Es überwacht und steuert Lade- und Entladezustand – durch das Balancing werden die Ladezustände der einzelnen Zellen ausgeglichen –, Spannung und Temperatur bis zu jeder einzelnen Batteriezelle, betreibt laufend Diagnose, ermittelt aber auch die geschätzte Reichweite des Fahrzeugs. So bewirkt das BMS, dass der Akku in seinen Grenzen bleibt und keine schädlichen Überladungen oder Temperaturen erreicht. Damit trägt es entscheidend zur längeren Haltbarkeit der Batterie bei.

Um die Stromkapazitäten zu erweitern, lassen sich über CAN-Bus-Gateways mehrere Batteriepacks zu einer großen virtuellen Batterie zusammenschließen. Auch diese großen Pakete kontrolliert das BMS. Die Steuergeräte können Mikrocontroller sein, also Ein-Chip-Systeme mit Prozessor und Peripheriefunktionen.

Kommunikation zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug

Sobald ein Elektroauto an der Ladestation mit Stecker und Ladekabel verbunden wird, startet ein komplexer Vorgang (**Bild 2**). Ab jetzt fließt nicht nur Strom, sondern auch eine Menge an Daten, die Auskunft über den Zustand des Akkus und seinen Ladebedarf oder die vorhandenen Stromressourcen geben. Wichtige Informationen braucht das Ladesystem auch zu Art und Dauer des Ladevorgangs, also ob schnell sehr viel oder langsamer weniger Energie transportiert werden soll.

Damit Elektro- und Hybridfahrzeuge mit der Ladestation zuverlässig kommunizieren können, brauchen sie eine Schnittstelle. Diese steckt im Lade-Controller, der, meist über Ethernet, den Leistungszweig der Stromsäule steuert, das Ladekabel überprüft und mit dem Fahrzeug kommuniziert. Dieser Informationsaustausch ist wesentlich für einen sicheren Ladevorgang. Bricht er ab, wird das Laden beendet. Für die

Sicherheit spielt auch die elektromagnetische Verträglichkeit eine wichtige Rolle [5]. Die Kabel müssen so gebaut sein, dass die elektromagnetische Strahlung auf ein Minimum reduziert wird, damit keine Störungen in ihrem Umfeld entstehen.
Ohne Datenübertragung wäre auch das Abwickeln der Bezahlvorgänge an der Ladesäule nicht möglich. Wie kann der Benutzer identifiziert werden und wie viel Strom wurde geladen? Eine Kontrollleitung läuft in demselben Kabel wie die Ladeleitung und ist mit dem Ladestecker verbunden. Durch die Nähe der beiden Leitungen zueinander wäre durch die hohen Ladeströme auch hier ohne besondere Vorkehrungen mit Störungen zu rechnen.

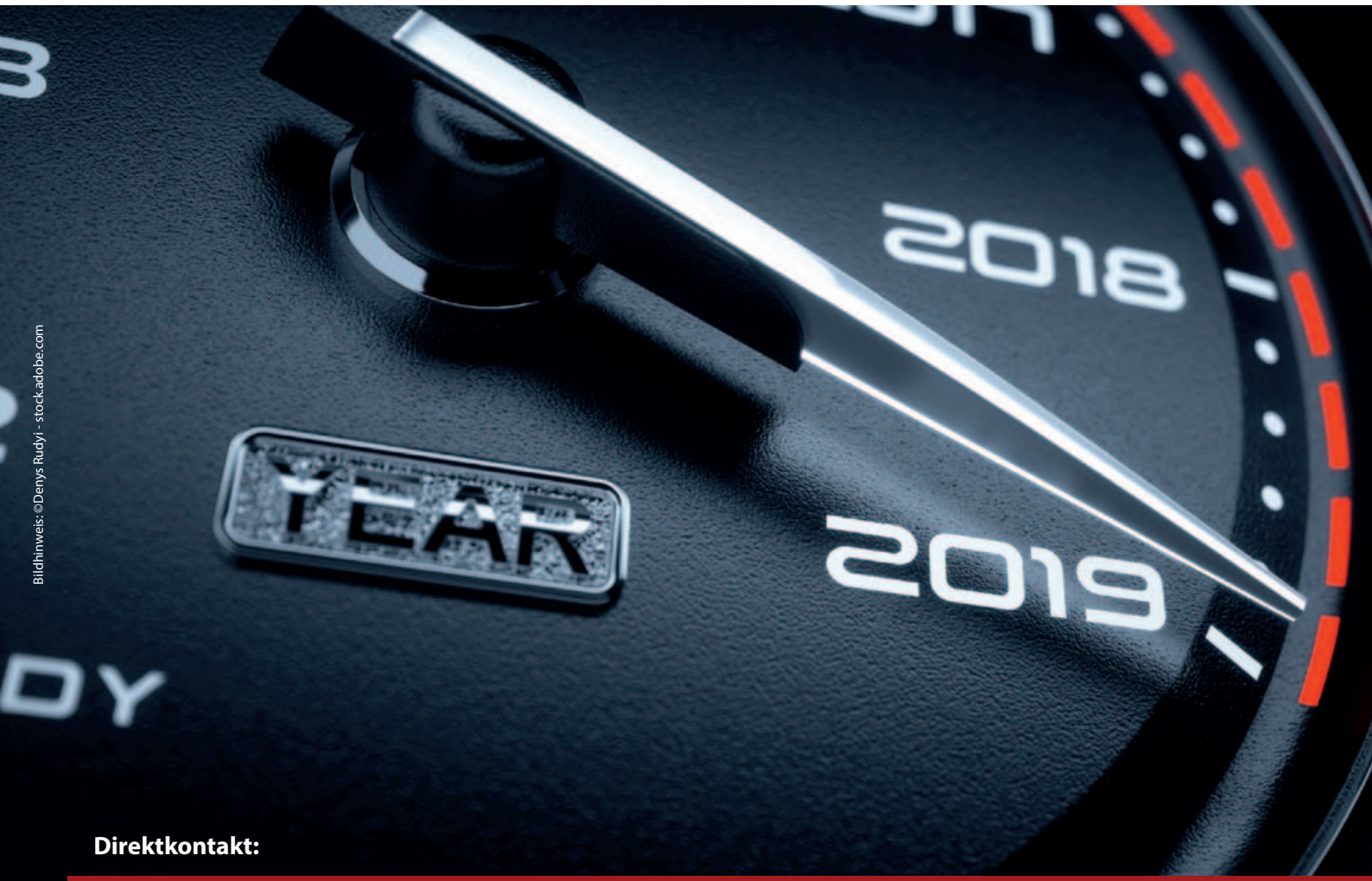
Bussysteme: Datentransport clever und schnell

Um die Vielfalt an Vernetzungen zwischen Baugruppen und Steuergeräten zu bewältigen, kommen Busse zum Einsatz. Der Verkabelungsaufwand ist deutlich geringer als bei Einzelverbindungen, sie sind einfach aufgebaut, jedes Gerät wird über eine Stichleitung nur einmal an eine gemeinsame Hauptdatenleitung angeschlossen. Dadurch verringern sich nicht nur die Kosten, sondern auch das Fahrzeuggewicht und der Bedarf an Bauraum.
Bussysteme haben einen gemeinsamen Übertragungsweg von Daten zwischen verschiedenen beteiligten Stationen – auch bidirektional. Dabei wird geregelt, dass in dem Augenblick, in dem Daten zwischen zwei Teilnehmern fließen, der Rest ruht, um Störungen zu vermeiden. Bei einer Daisy-Chain-Anordnung sind Komponenten, hauptsächlich die Batteriezellen bei E-Fahrzeugen, in Serie angeordnet. Dafür eignet sich aber kein Standard-Bus, weil das Spannungsniveau der Zellen zu unterschiedlich ist. Ebenso werden hier die Daten sequenziell übertragen, also von einer Station zur nächsten.
Die Vorteile sind offensichtlich: Busse erlauben hohe Datenraten, zum Beispiel für Diagnoseanwendungen sowie multimediale und interaktive Funktionen. Zudem erleichtern sie die Vernetzung und Integration zahlreicher Steuergeräte und damit auch den Anschluss zusätzlicher Komponenten. Ein weiteres Plus ist, dass redundante Leitungen die Ausfall- und Störsicherheit erhöhen – ein Faktor, der besonders beim automatisierten Fahren, aber auch für die Elektromobilität und allgemein vernetzte Fahrzeuge eine große Rolle spielt. Außerdem ist ein einfaches Updaten neuer Software während der Montage und zur Wartung möglich. Weil verschiedene Teilnehmer über eine gemeinsame Leitung kommunizieren, muss ein Zugriffsverfahren, das Protokoll, zum Beispiel CAN, den Datenfluss regulieren.

Vielfalt: Jeder Bus hat seine Aufgabe

Mit der Zeit entwickelten sich verschiedene Busarten und Protokolle (Vereinbarungen) für die kabelbasierte Datenübertragung, die unterschiedliche Eigenschaften haben. Dabei bringen die Entwicklungen der Automobilindustrie in Richtung Elektromobilität und automatisiertes Fahren neue Herausforderungen mit sich.

➜ Der **CAN-Bus** wurde für die Vernetzung einer größeren Anzahl von Steuergeräten entwickelt. Er ist ein



Bildhinweis: ©Denys Rudyi - stock.adobe.com

Direktkontakt:

Sonja Winkler, Sales Director Elektronik automotive | Telefon +49 89 25556-1383 | swinkler@weka-fachmedien.de

bewährter serieller Bus, der nach dem Multi-Master-System funktioniert, verbindet also mehrere gleichberechtigte Steuergeräte. Aktive Komponenten werden als „Master", passive als „Slaves" bezeichnet. Weitere Vorzüge des CAN-Bus sind geringe Kosten und Echtzeitfähigkeit. Am besten eignet er sich für Diagnoseanwendungen sowie multimediale und interaktive Funktionen. 2012 wurde die bestehende Controller Area Network-Technologie zum CAN-FD (FD, flexible Datenrate) weiterentwickelt. Die Übertragung von 8-Byte-Nutzdaten beim CAN erweiterte sich auf bis zu 64 Byte.

- Mit dem **LIN-Bus** lassen sich kostengünstig Sensoren und Aktoren in Fahrzeugnetzwerke integrieren, auch mit kleinen Subnetzen. Er eignet sich für einfachere Anwendungen, Diebstahlsicherung oder Scheinwerferelektronik.
- **FlexRay** ist ein an sicherheitskritische Anwendungen angepasstes Bussystem. Es ist redundant konzipiert und ermöglicht ein deterministisches Zeitverhalten, das Zeitintervall für die Aufgaben wie die Motorsteuerung ist also vorgegeben. FlexRay passt zu hohen Datenraten.
- **MOST** vereinfacht mit seinen speziellen Kommunikationsmechanismen und hohen Datenraten die Integration von Infotainment-Steuergeräten für Multimedia-Anwendungen ins Fahrzeug.
- Den höchsten Aufschwung aller Vernetzungssysteme in der Automobilindustrie nimmt zurzeit das **Automotive Ethernet** (**Bild 3**). Nicht nur für die Vernetzung der Automobilelektronik

Standards, Normen, Vereinbarungen

ISO 19642: neuer globaler Standard für Fahrzeugleitungen, Übernahme der Normen ISO 6722-1 (Anforderungen und Testmethoden für Kupferleitungen), ISO 6722-2 (Anforderungen und Testmethoden für Aluminiumleitungen) und ISO 14 572 (Anforderungen und Testmethoden für mehradrige und geschirmte Leitungen), neu dazu Teile für Hochvolt-Leitungen.

IEC 61851-1:2017: Electric Vehicle Conductive Charging System – General Requirements.

ISO/IEC 15118: Ladekommunikation zwischen Ladestation und Ladesteuergerät.

One Pair EtherNet Alliance Special Interest Group (OPEN Alliance SIG): gemeinnützige Interessengruppe, die sich hauptsächlich aus der Automobilindustrie und Technologieanbietern zusammensetzt, um eine breite Akzeptanz der Ethernet-basierten Kommunikation als Standard für Automotive-Netzwerkanwendungen zu fördern.

AUTomotive Open System ARchitecture (AUTOSAR): weltweite Entwicklungspartnerschaft von Automobilherstellern, Zulieferern, Unternehmen aus der Elektronik-, Halbleiter- und Software-Industrie, offene und standardisierte Software-Architektur für elektronische Steuergeräte; spielt in Hinsicht auf Kostenreduzierung, Qualitätsverbesserung und Wiederverwendbarkeit eine wichtige Rolle.

Unsere Auflage beschleunigt Ihren Werbeerfolg!

Plattform für Elektronik automotive Expertenwissen

elektronik-automotive.de

Hohe Reichweite mit einer Auflage von **20.493 Exemplaren.**
(Quelle: IVW Q3/2018)

Eigener Kanal im Businessnetzwerk elektroniknet.de mit **12,3 Millionen Seitenzugriffen** in den letzten 12 Monaten.
(Quelle: IVW Online 12/17 - 11/18)

Wöchentlicher Newsletter an qualifizierte Branchen-Adressen.

Nationale & internationale Branchenevents wie der Automotive Ethernet Congress & das E-Mobility Forum auf der PCIM.

WEKA FACHMEDIEN GmbH | Richard-Reitzner-Allee 2 | 85540 Haar

Bild 3. Automotive Ethernet für bidirektionale Datenkommunikation. (Bild: Metamorworks | Shutterstock)

allgemein, wie für die fahrzeuginterne Kommunikation, Messen, Kalibrieren und Diagnose, ist es bestens geeignet. Ebenso hat dieses Kommunikationsnetzwerk für die Entwicklungen in der Elektromobilität, hier beispielsweise die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und den Ladestationen, aber auch für Assistenz- und Sicherheitssysteme beim autonomen Fahren, deutliche Vorteile. Dank seiner skalierbaren und offenen Architektur mit hoher Bandbreite ist es stark integrierfähig und flexibel. Bei Fahrerassistenz- und Infotainmentanwendungen zeigt es niedrige Latenzzeiten, die für die Echtzeitübertragung bedeutend ist. Dabei erfüllt das Automotive Ethernet die aktuellen Sicherheitsanforderungen.

Kabel: hohe Anforderungen an Aufbau und Qualität

Speziell bei Elektro- und Hybridfahrzeugen gibt es ganz bestimmte Risiken unerwünschter elektromagnetischer Wechselwirkungen, die gefährliche Störungen der Elektronik verursachen können. Sie entstehen vor allem durch die hohe Dichte von vernetzten Steuergeräten, parallel verlaufende Strom- und Datenkabel in Ladeleitungen, aber auch bei der Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom im Inverter für den Elektromotor. Damit sie nicht Funktionen beeinträchtigen oder gar zu deren Ausfall führen, müssen Datenübertragungskabel besondere Anforderungen und Qualitätskriterien erfüllen. Dazu gehören unter anderem eine gute Schirmung und ein besonders symmetrischer Aufbau [6].

Leitungen mit diesen Eigenschaften hat der Kabelhersteller Leoni für die Datenübertragung in Fahrzeugen und speziell für die bidirektionale Datenkommunikation durch das Automotive Ethernet entwickelt: drei Typen der Leoni-Dacar-Serie mit zahlreichen möglichen Varianten. Die Twisted-Pair-Modelle werden für EMV-sensible Bauräume mit einer Schirmung versehen, die einen wirksamen Schutz gegen elektromagnetische Einflüsse bietet. Bei Surround-View-Kamerasystemen sind sie bereits serienmäßig im Einsatz. Künftig werden sie eine wichtige Rolle bei der Vernetzung von Komponenten für V2X-Kommunikation auch von elektrischen und autonomen Fahrzeugen spielen.

Ziele, Zukunft und Entwicklungen

Die Herausforderungen für die Zukunft der Datenübertragung in Elektro- und Hybridfahrzeugen sind vielfältig. Für Vernetzung, Elektromobilität und automatisiertes Fahren werden die Entwicklungen noch weiter in Richtung immer höhere Datenraten und daran angepasste, leistungsfähig Busse, effektives und effizientes Datenmanagement, komplexere Kommunikationssteuerung, Verbesserung der EMV sowie platz- und gewichtsparende Kabelsysteme gehen.

eck

Literatur + Links:

[1] https://www.evafahrzeugtechnik.de/kernkompetenzen/elektromobilitaet/leistungselektronik.html

[2] https://www.querom.de/leistungselektronik-im-elektroauto/

[3] https://www.drive-e.org/wp-content/uploads/vortraege_2010/15_Fr_Maerz_Leistungselektronik.pdf

[4] https://www.bosch-mobility-solutions.de/de/produkte-und-services/pkw-und-leichte-nutzfahrzeuge/antriebssysteme/elektroantrieb/vehicle-control-unit/

[5] Volker Zwillich, Elektromagnetische Verträglichkeit und Signalintegrität hochbitratiger Datenbussysteme im Kraftfahrzeug; Promotion.

[6] https://cuvillier.de/de/shop/publications/1001-elektromagnetische-vertraglichkeit-und-signalintegritat-hochbitratiger-datenbussysteme-im-kraftfahrzeug; ISBN 978 3 86955 094 7

Andrea Gerber
arbeitet als Referentin für technische Kommunikation und technische Redaktion bei der Leoni Kabel in Roth bei Nürnberg. Die Naturwissenschaftlerin ist auch Journalistin mit Weiterbildung zur technischen Redakteurin.