

# 1

## Einleitung: Grundlagen der Schaltungstechnik für Kfz-Elektronik

Vergleicht man die Anforderungen an moderne Kraftfahrzeuge mit denen vor 15 oder 20 Jahren, so ist festzustellen, dass sich neben der reinen technischen Verbesserung des Systems Kraftfahrzeug auch der Stellenwert des Fahrzeuges innerhalb der modernen Gesellschaft drastisch verändert hat. Die individuelle Mobilität der Menschen in den hoch industrialisierten Ländern, speziell außerhalb der Ballungsgebiete, wird heutzutage als ein Grundrecht betrachtet und auch so ausgeführt.

Dabei wird vorausgesetzt, dass das Transportmedium (z.B. das Auto) zu jeder Zeit und unter jeder Umgebungsbedingung perfekt funktioniert und eine lange Lebensdauer ohne Störungen aufweist. Hinzu kommt, dass durch die aktuellen Diskussionen innerhalb der Gesellschaft und auf der politischen Ebene ständig neue Anforderungen an moderne Kraftfahrzeugsysteme formuliert werden, die dann innerhalb weniger Jahre als Standard in die Fahrzeuge Einzug halten.

Es ist festzustellen, dass der größte Anteil dieser neuen Forderungen in Systemveränderungen resultiert, die ohne den Einsatz modernster Elektronik nicht mehr zu realisieren wären. Die wichtigsten Schwerpunkte dieser Veränderungen sind:

- ständig neue und verschärfte Abgasrichtlinien
- ständige Verringerung des Kraftstoffverbrauchs pro gefahrener Strecke
- Verschärfung der Sicherheitsanforderungen für die Fahrzeuginsassen im Falle eines Unfalls
- Sicherheit in der Bedienung des Fahrzeuges
- aktive Unterstützung des Fahrers im normalen Fahrbetrieb durch moderne Systeme, die in das Fahrverhalten des Fahrzeuges eingreifen, wie z.B. elektronische Stabilitätssysteme usw.
- erhöhte Anforderungen an den Fahrkomfort (wie z.B. Klima- oder Navigationssystem).

Durch die Verschärfung des Konkurrenzdrucks zwischen den Fahrzeugherstellern oder den Zulieferern im Zuge der Globalisierungsprozesse müssen die o.g. Eigenschaften bei immer geringeren Kosten bereitgestellt werden können.

Als Folge davon werden ständig neue Systeme entwickelt und bereits vorhandene Systeme überarbeitet. Diese Überarbeitungen haben folgende Ziele:

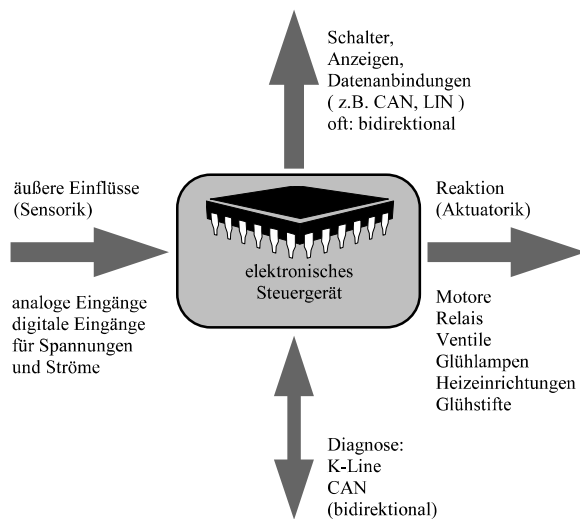
- Verbesserung der Zuverlässigkeit
- Verbesserung des Bedienkomforts
- Erhöhung der Sicherheit
- Verkleinerung der mechanischen Abmessungen
- Verringerung des Gewichtes
- kostengünstigere Produktion im Allgemeinen (Bauteile, Prozess usw.)
- Nachentwicklung von vorhandenen Systemen bei Bauteileabkündigungen.

Dieses gesamte Problemfeld kann jetzt und in Zukunft nur dadurch erfolgreich bearbeitet werden, dass die Entwicklungsaufwendungen innerhalb der Entwicklungsabteilungen der Fahrzeughersteller oder Fahrzeugzulieferindustrie ständig verstärkt werden.

Das ununterbrochene rasante Anwachsen des Fachwissens auf diesem Gebiet kann nur durch eine ständige Weiterbildung der Entwicklungsingenieure beherrscht werden.

Im folgenden Kapitel soll nach einer allgemeinen Betrachtung konkret darauf eingegangen werden, welche Besonderheiten elektronische bzw. elektromechanische Systeme in Kraftfahrzeugen aufweisen.

Die meisten elektronischen Systeme in Fahrzeugen sind verdeckt verbaut, das bedeutet, der Fahrzeugnutzer merkt das Vorhandensein eines speziellen Systems erst, wenn dieses ihm eine Nachricht schickt bzw. eine gewünschte Funktion durchführt.



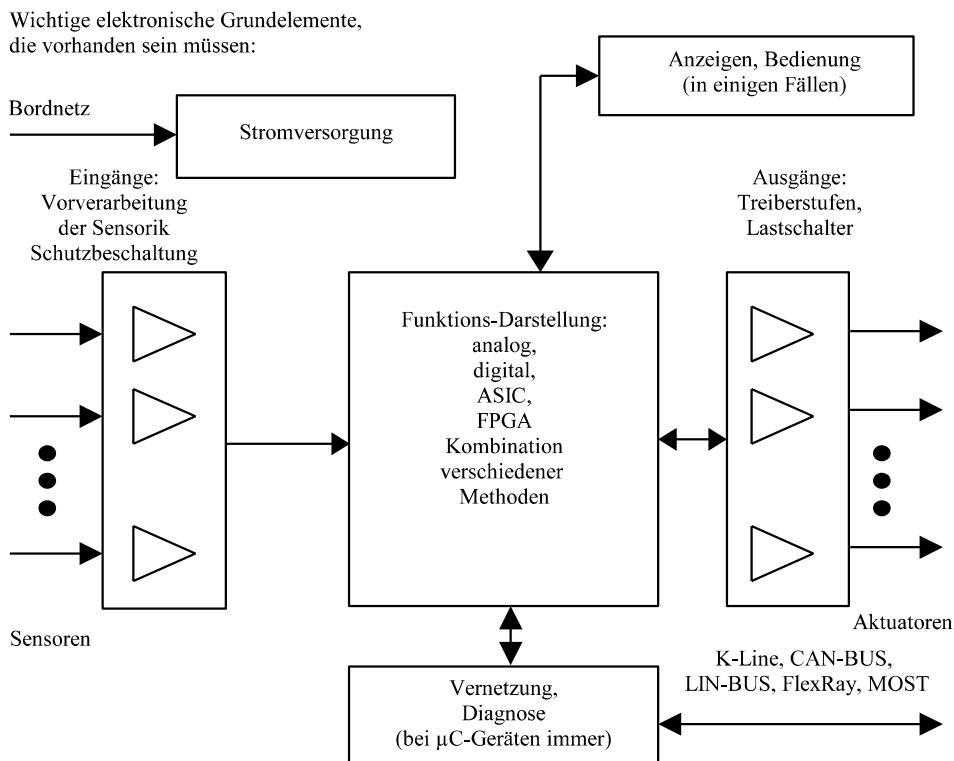
**Bild 1.1** Interaktion eines elektronischen Steuergerätes in Kraftfahrzeugen

Natürlich gibt es auch Systeme, die direkt mit dem Fahrer interagieren (wie z.B. Schalter und Anzeigenmodule). Ganz allgemein betrachtet beinhalten fast alle elektronischen Systeme in Kraftfahrzeugen prinzipiell vier Schnittstellengruppen:

- äußere Einflüsse (Sensorik)
- Reaktionen auf diese Einflüsse (Aktuatorik)
- Kommunikation mit anderen Systemen oder mit dem Bediener
- Diagnoseinformationen.

Das komplette System besteht also auf der einen Seite aus mechanischen Elementen, wie z.B. speziell verbauten Sensoren oder auch Antriebsmotoren, auf der anderen Seite aus einem Steuergerät, das die Bereitstellung der geforderten Funktionalität durchführt.

Diese äußere Struktur kann nun heruntergebrochen werden auf die innere Struktur eines Steuergerätes, man erhält so eine ganz grobe Strukturierung der Hardware in einzelne Funktionsblöcke:



**Bild 1.2** Grundelemente einer Kraftfahrzeugelektronik

- Stromversorgung
- Zentraleinheit (Darstellung der eigentlichen Funktionalität, analog oder digital)
- Eingänge (Verarbeitung der Sensorik, Schalter, Vorverstärkung von Signalen usw.)

- Ausgänge (Ansteuerung der Aktuatorik unterschiedlichster Art mit unterschiedlichen Strömen)
- Schnittstelleninterface (externe Diagnose oder Kommunikation mit anderen Systemen)
- Schnittstelle zur Anzeige und ggf. zum Fahrer.

Im folgenden Kapitel wird auch beispielhaft dargestellt, welche elektronischen Systemgruppen derzeit in modernen Kraftfahrzeugen verbaut werden und aus welchen Einzelsystemen sie bestehen.

Bevor in Kapitel 7 im Einzelnen auf die Besonderheiten bei der Realisation (Entwicklung) einer derartigen Elektronik eingegangen wird, werden zunächst die Umweltauforderungen an Fahrzeugelektronik beschrieben, die meist einen erheblichen Einfluss auf das zu wählende Realisationsprinzip haben und oft zunächst einfach aussehende Teilprobleme erheblich komplizieren können.

# 2

## Elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen

Der Einsatz von Elektronik in Kraftfahrzeugen hat in den letzten Jahren stark zugenommen und wird auch zukünftig noch weiter steigen. Eine der Hauptmotivationen besteht darin, dass es in der heutigen Zeit erforderlich ist, Elektronik einzusetzen, um technologische Verbesserungen durchzuführen bzw. neue innovative Systeme überhaupt erst möglich zu machen. Fast alle Funktionalitäten innerhalb eines modernen Kraftfahrzeuges werden daher von oder mit Elektronik realisiert.

Auf Grund der Tatsache, dass eine Vielzahl von elektronischen Systemen auch zu einer Vielzahl von elektrischen Anschlussleitungen führt, hat sich in den letzten Jahren die Notwendigkeit ergeben, derartige Systeme miteinander zu vernetzen. Nur so ist es prinzipiell möglich, eine umfangreiche Funktionalität darzustellen, ohne dass das als Verbindungselement dienende Bordnetz extrem große Ausmaße annimmt (Anzahl der Leitungen innerhalb der Kabelstränge).

Wie in Abschnitt 7.6.2 noch näher beschrieben wird, existieren derzeit für derartige Vernetzungen unterschiedliche Bussysteme. Als Beispiel seien hier genannt: der sog. CAN-Bus, der LIN-Bus oder auch der MOST-Bus.

Die Bus-Typen zur Vernetzung von elektronischen Systemen in Kraftfahrzeugen verwendet man als Strukturierungsmerkmal für die Kraftfahrzeugelektronik. Als Hauptgruppen ergeben sich daraus:

- elektronische Systeme im Motorraum
- elektronische Systeme innerhalb der Fahrgastzelle
- Infotainment-Systeme
- Systeme zur drahtlosen Kommunikation mit anderen Fahrzeugen oder Kommunikationsstellen außerhalb des Fahrzeuges (Telematik).

In den folgenden Abschnitten werden nun einige Beispiele aufgeführt, die entsprechenden Systemgruppen zuzuordnen sind. Dabei werden die Systeme nur genannt, ohne sie genau technisch zu beschreiben. Das würde den Umfang dieses Buches sprengen und ist auch nicht das Ziel.

## ■ 2.1 Elektronische Systeme im Motorraum

Die Vernetzung geschieht oft unter Verwendung eines CAN-Bus mit hoher Datengeschwindigkeit (des sog. High-Speed-CAN-Bus). Zukünftig werden auch schnelle Hochsicherheitsbusse (FlexRay, TTP) eingesetzt.

Beispiele:

- Motorelektronik
- Getriebesteuerung
- Leuchtweitenregulierung
- elektrisch unterstützte Lenkung
- Standheizung
- adaptive Fahrwerksregelung
- Anti-Blockier-System
- elektronisches Stabilitäts-Modul
- Antriebsschlupfregelung
- elektronisches Zündschloss
- Kombiinstrument
- Airbag-Steuerung
- elektronischer Bremsassistent.

## ■ 2.2 Elektronische Systeme innerhalb der Fahrgastzelle

Bei der Vernetzung dieser Systeme wird ebenfalls oft ein CAN-Bus verwendet, jedoch mit einer geringeren Datenübertragungsrate (der sog. Low-Speed-CAN-Bus).

Beispiele:

- zentrales Diagnose-Gateway
- Kombiinstrument
- Dachmodul
- Wischersteuerung vorn und hinten
- Einparkhilfe
- Zentralelektronik mit Steuerung der gesamten Front- und Heckbeleuchtung, Energiemanagement, Steuerung der Heizeinrichtungen für Heckscheibe, Spiegel und Waschdüsen, Erfassung sämtlicher Schalter

- programmierbare Sitzverstellung für Fahrer und Beifahrersitz
- Keyless-Go- bzw. Keyless-Entry-Systeme
- Sitzheizung für Fahrer- bzw. Beifahrersitz
- Sitzbelegungserkennung
- Steuerung der Innenbeleuchtung
- Steuerung der Armaturenbrettbeleuchtung
- Klimaregelung mit Klappenverstellung inkl. Umluftklappe, Gebläsesteuerung, diverse Temperatur-Sensoren
- Türsteuergeräte jeweils für vorn-links, vorn-rechts, hinten-links und hinten-rechts und Heckklappe mit Fensterheber, Türschlossbedienung, Spiegelverstellung, verschiedenen Bedienfelder, Funkfernbedienung für die Türen, Lampenausfallkontrolle.

## ■ 2.3 Infotainment-Systeme

Die Verbindung dieser Systeme untereinander geschieht heute noch unter Verwendung verschiedener Bussysteme wie z. B. eines CAN- oder auch eines MOST-Bus.

Beispiele:

- Radioanlage mit Verstärker und Lautsprecher
- Telefonanlage
- Navigationssystem
- CD-Wechsler
- Fernsehempfänger (TV-Tuner)
- Sprachbedienung
- Bildschirmsteuerung.

## ■ 2.4 Fahrerassistenzsysteme

Innerhalb der letzten Jahre sind eine Vielzahl von neuen Systemen in der Serie eingeführt worden oder befinden sich noch in der Entwicklungsphase, die das Umfeld des Fahrzeuges erfassen und überwachen können. Somit ist es möglich, den Fahrer zu unterstützen.

Die Anzahl dieser Systeme wird in Zukunft noch weiter zunehmen, hier nun einige Systeme (beispielhaft):

- automatisches Einparken, längs und quer
- kameragesteuerte Ausleuchtung des Fahrzeugvorfeldes
- Fahrsituationserkennung

- Erkennung von Verkehrsschildern mit Fahreingriff
- Radarerfassung des Fahrbereiches vor dem Fahrzeug
- automatischer Spurwechselassistent
- Erfassung des „toten Winkels“
- Radar-Rundumerkennung von Hindernissen oder anderen Verkehrsteilnehmern
- Erkennung der Ermüdung des Fahrers (ggf. mit Kamera)
- automatisches Abstandsradar mit Notbremsfunktion bis zum Stillstand
- autonomes Fahren
- autonomes Überholen
- Zugriff auf das Internet (Cloud-Zugriff).

## ■ 2.5 Weitere Systeme

Beispiele:

- Frontscheibenheizung
- Steuerung der Katalysatorvorwärmung
- elektrische Zusatzheizung
- Reifendruckerkennung
- adaptive Frontbeleuchtung
- Bremsbelag-Sensorik
- adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC)
- elektronisches Gaspedal (E-Gas)
- adaptives Bremslicht.

Wie bereits angedeutet, kann es sich bei dieser groben Übersicht nur um einige Beispiele handeln, die in verschiedenen Fahrzeugen je nach Ausstattung heutzutage verbaut werden.

Die genaue Strukturierung dieser Systeme untereinander ist naturgemäß von Fahrzeugtyp zu Fahrzeugtyp und auch zwischen den Fahrzeugen verschiedener Fahrzeughersteller höchst unterschiedlich.

Die hier beschriebene Struktur wird sich zukünftig stark weiterentwickeln. Das bedeutet, dass noch viele neue elektronische Systeme in die Kraftfahrzeuge hinein eingebaut werden, die auch zu völlig neuen Systemstrukturen führen.

Ein möglicher Trend wird sein, elektronische Steuergeräte bzw. heute noch zum Teil diskret realisierte Steuerungen zusammenzufassen, die sich örtlich innerhalb eines Fahr-



zeuges in der Nähe befinden, um so höher integrierte und von der Funktionalität her leistungsfähigere Zentralsysteme zu erhalten.

Es ist bei einigen Fahrzeugen bereits üblich, verschiedene sog. Zentralelektronik-Module zu verwenden, die eine Vielzahl von einzelnen Funktionen zusammenfassen. Man erhält so z. B.:

- eine Zentralelektronik für den Frontbereich,
- eine für den Heckbereich und
- eine für den Motorbereich.

Diese Überlegungen gehen teilweise sogar so weit, zukünftig innerhalb eines Fahrzeuges elektronisch gesehen nur noch relativ einfache Steuerungen für die Aktuatorik vorzusehen und die gesamte Funktionalität an einer Stelle in einem sehr leistungsfähigen Zentralrechner zusammenzufassen, um Kostenvorteile zu erhalten. Man würde so eine völlig zentrale Systemarchitektur erhalten.

Welche Entwicklung sich durchsetzen wird, ist derzeit noch nicht abzusehen. Dennoch ist bereits heute festzustellen: Während die elektronischen Systeme einer dezentralen Struktur im Fehlerfall noch einen sog. Notlauf ermöglichen, wäre bei einer vollkommen zentralen Architektur beim Ausfall des Zentralrechners sofort und unmittelbar das gesamte Fahrzeug betroffen und wahrscheinlich auch nicht mehr funktionsfähig. Diese beiden Betrachtungsweisen werden in absehbarer Zeit noch zu erheblichen Diskussionen innerhalb der Fachwelt führen.

## ■ 2.6 Kommunikation mit externen Systemen außerhalb des Fahrzeuges (Telematik)

Die Telematik ist ein vergleichsweise noch recht junges technisches Gebiet innerhalb der Kraftfahrzeugumgebung. Es geht dabei in erster Linie um eine Datenübertragung von und zu externen Fahrzeugsystemen. Dazu kann man auch die Systeme aus dem Infotainment-Bereich zählen, die ihre Information ebenfalls drahtlos erhalten, wie z. B. die Radioanlage.

Auch hier gibt es verschiedene Ansätze, die zum einen Teil heute schon realisiert sind, zum anderen Teil jedoch Perspektiven darstellen:

- Internet-Kommunikation aus dem Fahrzeug heraus, über D/E-Netz, Telefonverbindungen, UMTS oder LTE
- Fernsehempfang im Fahrzeug
- Übertragung von Telemetrie-Daten (Maut-Gebühren)
- Empfang von Navigationsdaten (GPS, Global-Positioning-System)
- Empfang von selektiv ausgewählten Verkehrsnachrichten in Verbindung mit der aktuellen Position und dem Fahrziel des Fahrzeuges
- Übertragung von Zustandsdaten verschiedener Fahrzeugsysteme, um Diagnose- oder Serviceaktivitäten vorzubereiten oder zu diagnostizieren.

Einige weitergehende Möglichkeiten werden sich erst mittelfristig durchsetzen, da sich mit deren Einführung Fragen auf dem rechtlichen Gebiet und unter Datenschutzaspekten auftun, die derzeit noch nicht geklärt sind.

Die Notwendigkeit für deren Einführung ergibt sich nach heutigem Wissensstand daraus, dass bei zunehmender Verkehrsdichte in Zukunft die Anzahl der schweren Unfälle mit Personenschäden nur noch durch vermehrten Einsatz von Systemen erreicht werden kann, die kritische Fahrsituationen vorausschauend erkennen und ggf. sogar Zwangseingriffe im eigenen Fahrzeug einleiten.

Eine Lösung wäre die Kommunikation mit anderen Fahrzeugen in mittelbarer bzw. unmittelbarer Nähe zum eigenen Fahrzeug (Austausch von Fahrdaten bzw. Fahrzeugzuständen).

**Beispiel:**

Plötzliches Bremsen eines Fahrzeuges in einer Kolonne mit unmittelbarer Übertragung dieser Funktion auf alle nachfolgenden Fahrzeuge, um dort ebenfalls eine Zwangsbremmung auszulösen.

Analoge Funktionen sind auch bei einer Beschleunigung denkbar. Die Konsequenz für den Fahrzeugführer wäre, dass er gegebenenfalls akzeptieren muss, dass sein Fahrzeug Aktionen einleitet, die er so nicht veranlasst hat und die ihn unter Umständen überraschend treffen.

Das Gebiet der Telematik stellt sich also als ein sehr umfangreiches und komplexes Themenfeld dar, das zur besseren Übersichtlichkeit hier in fünf Bereiche aufgeteilt werden soll.

### **2.6.1 Telematik-Infotainment-/Büro-Bereich**

Obwohl einige dieser technischen Möglichkeiten bereits seit langer Zeit in Fahrzeugen zu finden sind (z. B. Radio), ist davon auszugehen, dass zukünftig dieser Bereich stark ausgeweitet wird. Die sich dabei auftuenden neuen Aspekte sind neben Grundfunktionalitäten die Bedienbarkeit komplexer Systeme im Fahrzeug, ggf. sogar vom Fahrer während der Fahrt:

- Rundfunkempfang
- Telefon (D-/E-Netz oder UMTS)
- Internetanbindung
- TV-Empfang (terrestrisch oder über Satellit).

Dazu sind neuartige Verfahren notwendig, wie z. B. Head-up-Display, Spracheingabe oder die berührungslose Bedienung durch einen Fingerzeig.

### **2.6.2 Telematik-Navigationsbereich**

Um den zukünftigen Verkehr überhaupt noch tragen zu können, ist eine gleichmäßigere Auslastung der Straßen erforderlich, die nur durch weitergehende technische Einrichtungen ermöglicht werden kann. Dazu gehört eine Verknüpfung der aktuellen Position eines

Fahrzeuges mit seinem Fahrziel unter Einbindung der Verkehrssituation in unmittelbarer und mittelbarer Umgebung.

Nur so können Verkehrsströme bei hohem Verkehrsaufkommen intelligent um aktuelle Unfallsituationen oder andere Störungen (Baustellen usw.) herumgeleitet werden, ohne dass es zu den heute üblichen Staus kommt.

Neben der so möglichen Entlastung der Straßen und der Reduktion von Unfällen ist hier auch unbedingt der positive Umweltaspekt zu betrachten, da jeder verhinderte Stau den Treibstoffverbrauch der gesamten Fahrzeugflotte verringert.

Eine technologische Ausweitung in diese Richtung ist zwar heute schon in der Diskussion und auch an einigen Stellen in der Forschung und Vorerprobung, jedoch ist der Weg bis zu einem stabil und zielführend arbeitenden Gesamtsystem, das europaweit zuverlässig funktioniert, noch weit.

Beispiele:

- adaptive GPS-Navigation
- ständiges Update der Karten-Daten
- Verarbeitung von Situationsdaten
- neuartige Mensch-Fahrzeug-Interfaces (z. B. Head-up-Displays).

### 2.6.3 Telematik-Fahrsituationsbereich

Gemeint ist hier der Austausch von Daten zwischen den Fahrzeugen oder auch von und zu Feststationen, um rechtzeitig auf kritische Situationen reagieren zu können, wie bereits oben erwähnt.

Heute stellt eine fahruntypische Situation, wie z. B. die Vollbremsung eines Verkehrsteilnehmers, eine Gefahr für die sich in der Nähe befindlichen anderen Fahrzeuge dar. Es ist denkbar, dass sich die Situation durch Austausch verschiedener Fahrsituationsdaten entschärfen lässt.

Diese Kommunikation muss allerdings einhergehen mit der Möglichkeit, in den benachbarten Fahrzeugen Aktionen automatisch auszulösen (z. B. Bremsen), die den Fahrer überraschend treffen können. Derartige Dinge erfordern noch eine eingehende gesellschaftliche Diskussion:

- Vollbremsung eines vorausfahrenden Fahrzeuges
- Warnung vor einem Falschfahrer
- Situation des Gegenverkehrs für Überholvorgänge
- Warnung vor Pannenfahrzeugen
- auftretende Sichtbehinderungen
- Glatteis/Regen.