Service.

Selbststudienprogramm 238

Datenaustausch auf dem CAN-Bus I

Grundlagen



Mit dem Einsatz des CAN-Bus-Systems im Kfz werden Steuergeräte untereinander vernetzt. Im Fahrzeug und in der Diagnose kommt es dadurch zu neuen steuergeräteübergreifenden Funktionen.

Nach einem ersten Technologieüberblick im SSP 186 „Der CAN-Datenbus“ werden im vorliegenden SSP 238 die grundlegenden Funktionen des aktuellen CAN-Bus-Systems beschrieben.

- **SSP 238:**
  Behandelt grundlegende Funktionen des aktuellen CAN-Systems wie zum Beispiel den Prozeß des Datenaustausches

- **SSP 269:**
  Behandelt spezielle Bus-Systeme wie zum Beispiel CAN-Antrieb und CAN-Komfort, wie sie bei VOLKSWAGEN und AUDI zum Einsatz kommen.

CAN
Controller-Area-Network

238_001

NEU





Achtung
Hinweis

Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und die Funktion von Neuentwicklungen dar!
Die Inhalte werden nicht aktualisiert.

Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen Literatur.

Auf einen Blick

Einleitung 4

Wozu dient ein Bus-System? 4
Auslegung, Design, wesentliche Eigenschaften 6
Entwicklungsstufen 8
Der Umgang mit dem CAN-Bus 9

Das Grundsystem 11

Das Vernetzungsprinzip 11
Der Informationsaustausch 12

Funktionseinheiten 14

Das Steuergerät 14
Der CAN-Baustein 14
Der Transceiver 14

Der Ablauf einer Datenübertragung 18

Der Sendevorgang 19
Der Empfangsvorgang 20
Gleichzeitiger Sendeversuch mehrerer Steuergeäte . 22

Übertragungssicherheit, Störverhalten 24

Internes Fehlermanagement 24
Diagnosehinweis 26

Prüfen Sie Ihr Wissen 28

Glossar 30

Einleitung

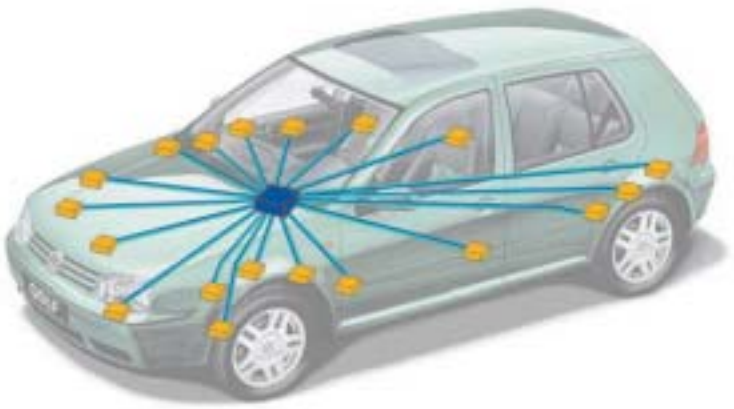
Wozu dient ein Bus-System?

Mit dem Einsatz des CAN-Bus-Systems im Fahrzeug werden elektronische Baugruppen wie Steuergeräte oder intelligente Sensoren, wie zum Beispiel der Lenkwinkelsensor, untereinander vernetzt.

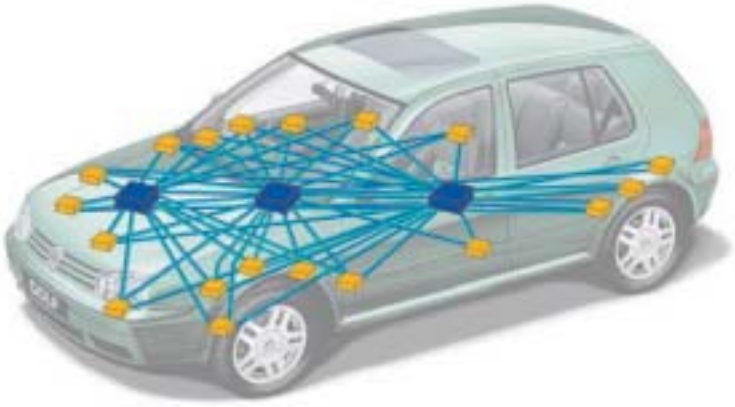
Die Abkürzung CAN bedeutet Controller-Area–Network. Durch den Einsatz des CAN-Bus-Systems ergeben sich am Gesamtsystem Fahrzeug folgende Vorteile:

- Der Datenaustausch zwischen den Steuergeräten geschieht auf einer einheitlichen Plattform. Diese Plattform bezeichnet man als Protokoll. Der CAN-Bus dient als sogenannte Datenautobahn.
- Steuergeräteübergreifende Systeme wie zum Beispiel das ESP lassen sich wirtschaftlich realisieren.
- Systemerweiterungen in Form von Mehrausstattungen lassen sich einfacher lösen.
- Der CAN-Bus ist ein offenes System das eine Anpassungen an unterschiedliche Übertragungsmedien wie zum Beispiel Kupfer- oder Glasfaserleitungen gestattet.
- Eine Diagnose der Steuergeräte erfolgt über die K-Leitung. Fahrzeugintern erfolgt die Diagnose bereits teilweise über den CAN-Bus (zum Beispiel am Airbag und am Türsteuergerät). Man spricht in diesem Zusammenhang von der „virtuellen K-Leitung“ (siehe Seite 7). Bei zukünftigen Fahrzeugen wird die K-Leitung weitestgehend entfallen.
- Eine systemübergreifende Diagnose über mehrere Steuergeräte ist zeitgleich möglich.

Vom zentralen Steuergerät zum vernetzten System

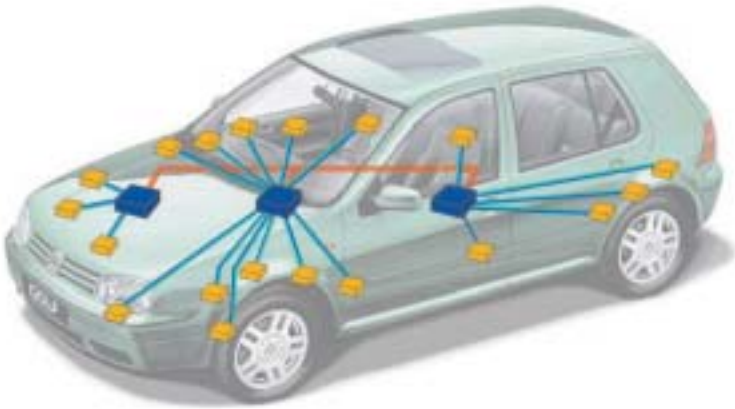


Fahrzeug mit zentralem Steuergerät *238_002*



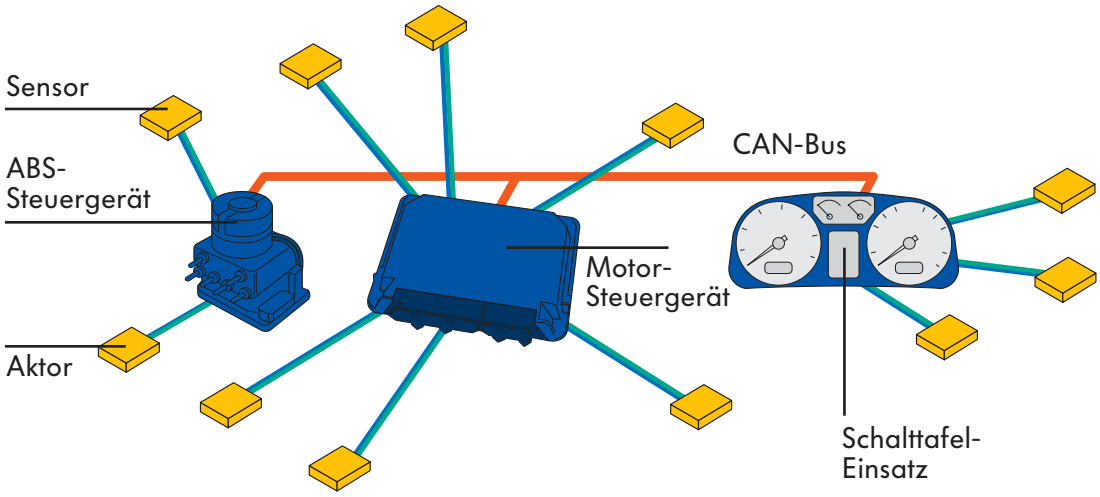
Fahrzeug mit 3 Steuergeräten

238_003



Fahrzeug mit 3 Steuergeräten und Bus-System

238_004



CAN-Antriebsvernetzung mit 3 Steuergeräten

238_005

Einleitung

Die Auslegung, das Design, wesentliche Eigenschaften

Am CAN-Bus-System sind viele Einzelbausteine parallel angeschlossen.
Daraus ergeben sich für die Auslegung des Gesamtsystems folgende Anforderungskriterien:

- Hohe Sicherheit: Übertragungsstörungen, intern oder extern verursacht, müssen mit hoher Sicherheit erkannt werden.

- Hohe Verfügbarkeit: Bei Ausfall eines Steuergerätes muß das Rest-System weiterhin möglichst funktionsfähig bleiben um Informationen austauschen zu können.

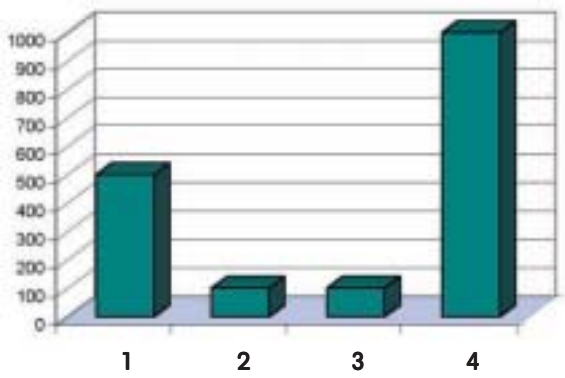
- Hohe Datendichte: Alle Steuergeräte haben zu jedem Zeitpunkt exakt den gleichen Informationsstand. Dadurch gibt es keine abweichenden Daten zwischen den Steuergeräten. Bei Störungen an irgendeiner Stelle des Systems werden alle angeschlossenen Teilnehmer davon gleichermaßen in Kenntnis gesetzt.

- Hohe Datenübertragungsrate: Der Datenaustausch zwischen den vernetzten Teilnehmern muß sehr schnell erfolgen, um möglichst Echtzeitanforderungen zu erfüllen.

Die Signalübertragung im CAN-Bus-System erfolgt digital, zur Zeit über Kupferleitungen.
Dadurch ist eine sichere Übertragung mit einer Geschwindigkeit bis maximal 1000 Kbit/s (1 Mbit/s) möglich.
Standardmässig ist die maximale Datenrate bei VOLKSWAGEN und AUDI auf 500 Kbit/s festgelegt.

Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen hinsichtlich der Wiederholrate der Signale einerseits und des entstehenden Datenvolumens andererseits wird das CAN-Bus-System in 3 spezielle Systeme aufgeteilt:

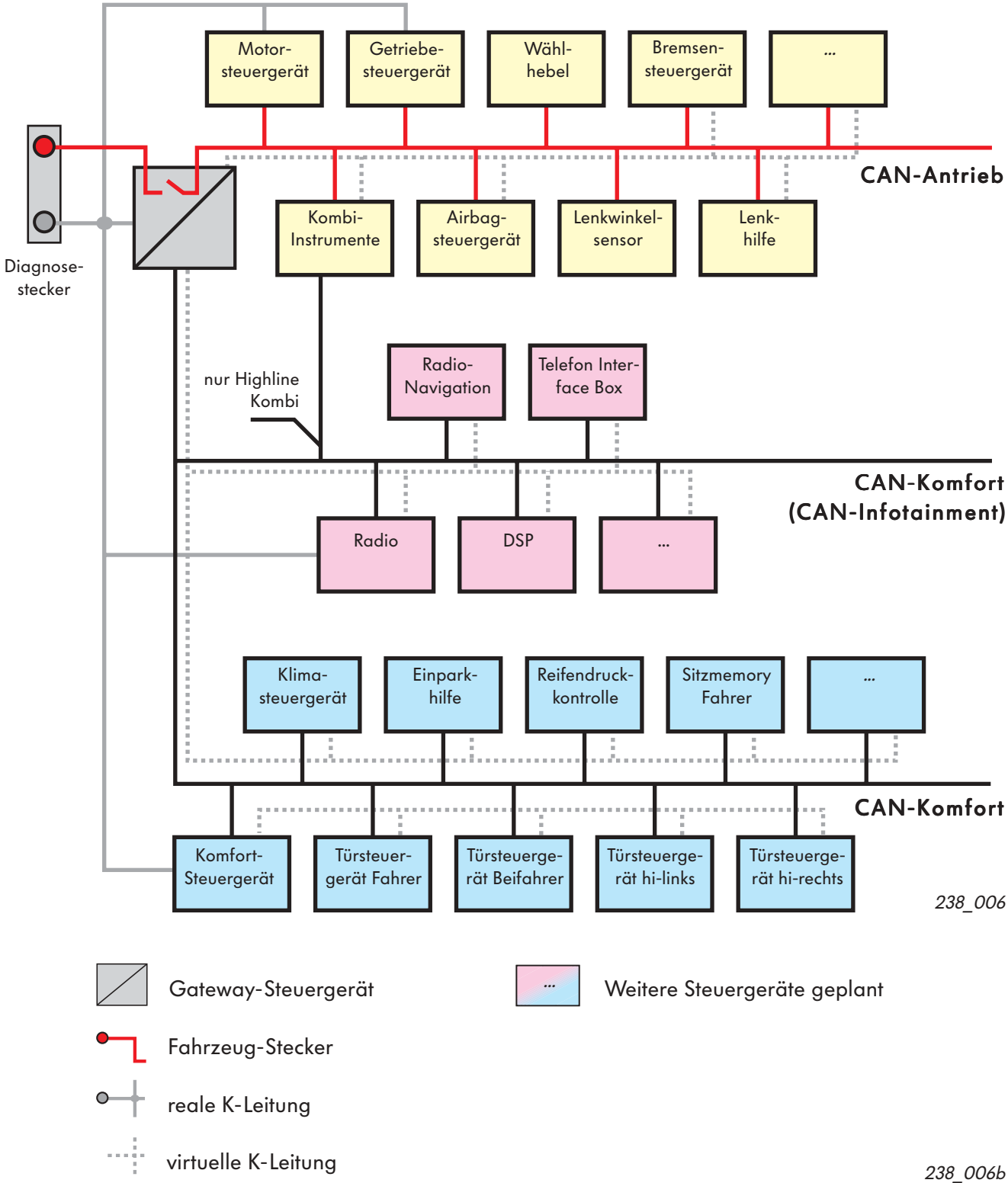
- CAN-Bus-Antrieb (High-Speed) mit 500 Kbit/s mit nahezu Echtzeitanforderungen
- CAN-Bus-Komfort (Low-Speed) mit 100 Kbit/s mit geringeren Zeitanforderungen
- CAN-Bus-Infotainment (Low-Speed) mit 100 Kbit/s mit geringeren Zeitanforderungen



238_051

1 = 500 Kbit/s = CAN-Antrieb
2 = 100 Kbit/s = CAN-Komfort
3 = 100 Kbit/s = CAN-Infotainment
4 = 1000 Kbit/s = Maximale Datenübertragungsrate

Datenübertragungsraten auf dem CAN-Bus-System



Das CAN-Bus-System (Beispiel Polo Mj 2002)

Einleitung

Der Serieneinsatz und die Entwicklungsstände

Der 1. Serieneinsatz bei Volkswagen erfolgte im Mj 97 mit dem Komfort-System 62,5 kBit/s im Passat.



238_007

Weitere Entwicklungsstufen sind:

Mj 98 CAN-Antrieb im Golf und Passat mit 500 kBit/s



238_008

Mj 00 Gateway K-Leitung auf CAN im Golf und Passat



238_009

Mj 00 CAN-Komfort 100 kBit/s Standard im Konzern zum Beispiel im SKÔDA Fabia
Gateway CAN-Antrieb / CAN-Komfort im SKÔDA Fabia



238_010

Mj 01 CAN Komfort 100 kBit/s Standard im Konzern zum Beispiel im Passat



238_011

Der Umgang mit dem CAN-Bus

Der CAN-Bus ist ein eigenständiges System innerhalb der Fahrzeug-Elektronik und dient als Datenleitung zum Informationsaustausch unter den angeschlossenen Steuergeräten.

Aufgrund seiner Auslegung und Beschaffenheit arbeitet das System mit einer hohen Eigensicherheit.

Treten trotzdem Störungen auf, werden sie weitgehend im Fehlerspeicher des entsprechenden Steuergerätes abgelegt und lassen sich über den Diagnosetester ausgelesen.

- Die Steuergeräte enthalten Eigendiagnosefunktionen, mit denen sich auch CAN-relevante Fehler erkennen lassen.

- Nach dem Auslesen der CAN-Fehlereinträge mit dem Diagnosetester (zum Beispiel VAS 5051, 5052) stehen diese Informationen für eine gezielte Fehlersuche zur Verfügung.

- Die Fehlerspeichereinträge der Steuergeräte sind für eine erste Fehlerfeststellung geeignet. Darüber hinaus läßt sich mit ihnen auch der Nachweis der Fehlerfreiheit nach der Fehlerbeseitigung auslesen. Für eine Aktualisierung ist ein erneuter Motorstart erforderlich.

- Eine wichtige Voraussetztung für ein Fahrzeug mit dem Status „CAN-Bus in Ordnung“ ist, dass in keinem Fahrbetriebszustand ein CAN-Fehlereintrag auftreten darf!

Um eine Auswertung vorzunehmen, die zur Fehlerermittlung beziehungsweise zur Fehlerbeseitigung führt, ist ein Grundverständis für den Datenaustausch auf dem CAN-Bus erforderlich.

Notizen

Das Vernetzungsprinzip

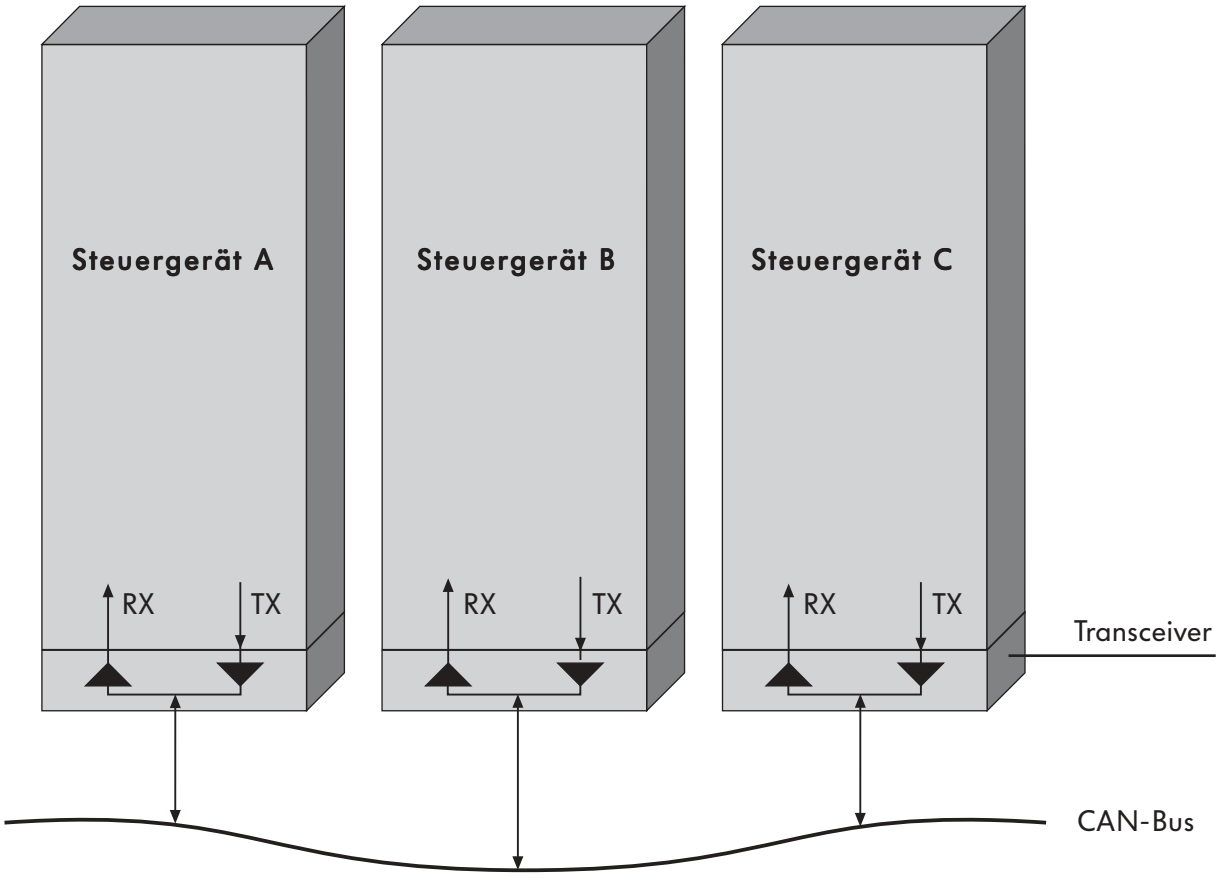
Das Grundsystem besteht aus mehreren Steuergeräten. Sie sind parallel an der Bus-Leitung über sogenannte Transceiver (Sende-Empfangsverstärker) angeschlossen. Dadurch gelten für alle Stationen gleiche Bedingungen. Das heißt, alle Steuergeräte werden gleichwertig behahndelt, keines wird bevorzugt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer Multimaster-Architektur.

Der Informationsaustausch erfolgt seriell (der Reihe nach).

Grundsätzlich ist der CAN-Bus schon mit einer Leitung voll funktionsfähig!
Zusätzlich ist das System jedoch mit einer zweiten Bus-Leitung ausgestattet.
Auf dieser zweiten Leitung treffen die Signale in umgekehrter Reihenfolge auf.
Durch diese Umkehr der Signale lassen sich externe Störungen wirksamer unterdrücken.



Um das Grundprinzip der Datenübertragung einfacher zu erläutern, wird im Folgenden von nur einer CAN-Bus-Leitung ausgegangen !



Das Vernetzungsprinzip *238_012*

Das Grundsystem

Der Informationsaustausch

Die auszutauschenden Informationen werden als Botschaften bezeichnet. Botschaften können von jedem Steuergerät gesendet und empfangen werden.

Eine Botschaft enthält im wesentlichen physikalische Werte wie zum Beispiel die Motor-Drehzahl. Die Motordrehzahl wird in diesem Fall als Binärwert (Folge von Nullen und Einsen) dargestellt. Zum Beispiel: (Die Motor-Drehzahl 1800 U/Min könnte auch als 00010101 dargestellt werden.)

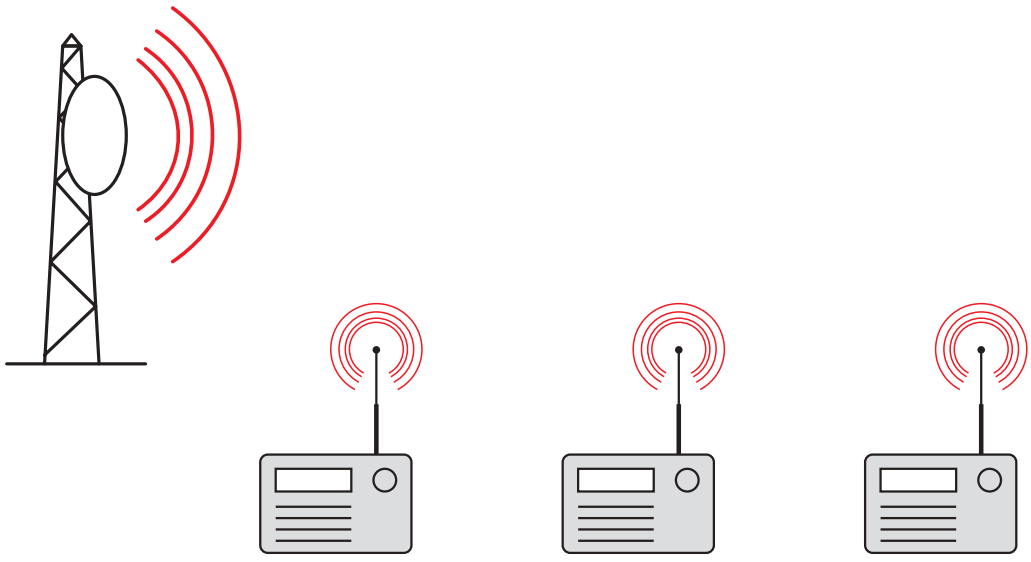
Beim Sendevorgang wird der Binärwert zunächst in einen seriellen Bitstrom umgewandelt. Dieser Bitstrom wird über die TX-Leitung (Sendeleitung) auf den Transceiver (Verstärker) gelegt. Der Tranceiver wandelt den Bitstrom in geeignete Spannungswerte um, die schließlich auf der Bus-Leitung zeitlich nacheinander übertragen werden.

Beim Empfangsvorgang werden die Spannungswerte über die Transceiver wiederum in einen Bitstrom zurückgewandelt und über die RX-Leitung (Empfangsleitung) an die Steuergeräte übermittelt. Die Steuergeräte wandeln nun die seriellen Werte als Binärwerte in Botschaften zurück. Zum Beispiel: (Der Wert 00010101 wird in die Motordrehzahl 1800 U/Min zurückgewandelt)

Eine gesendete Botschaft kann von jedem Steuergerät empfangen werden.

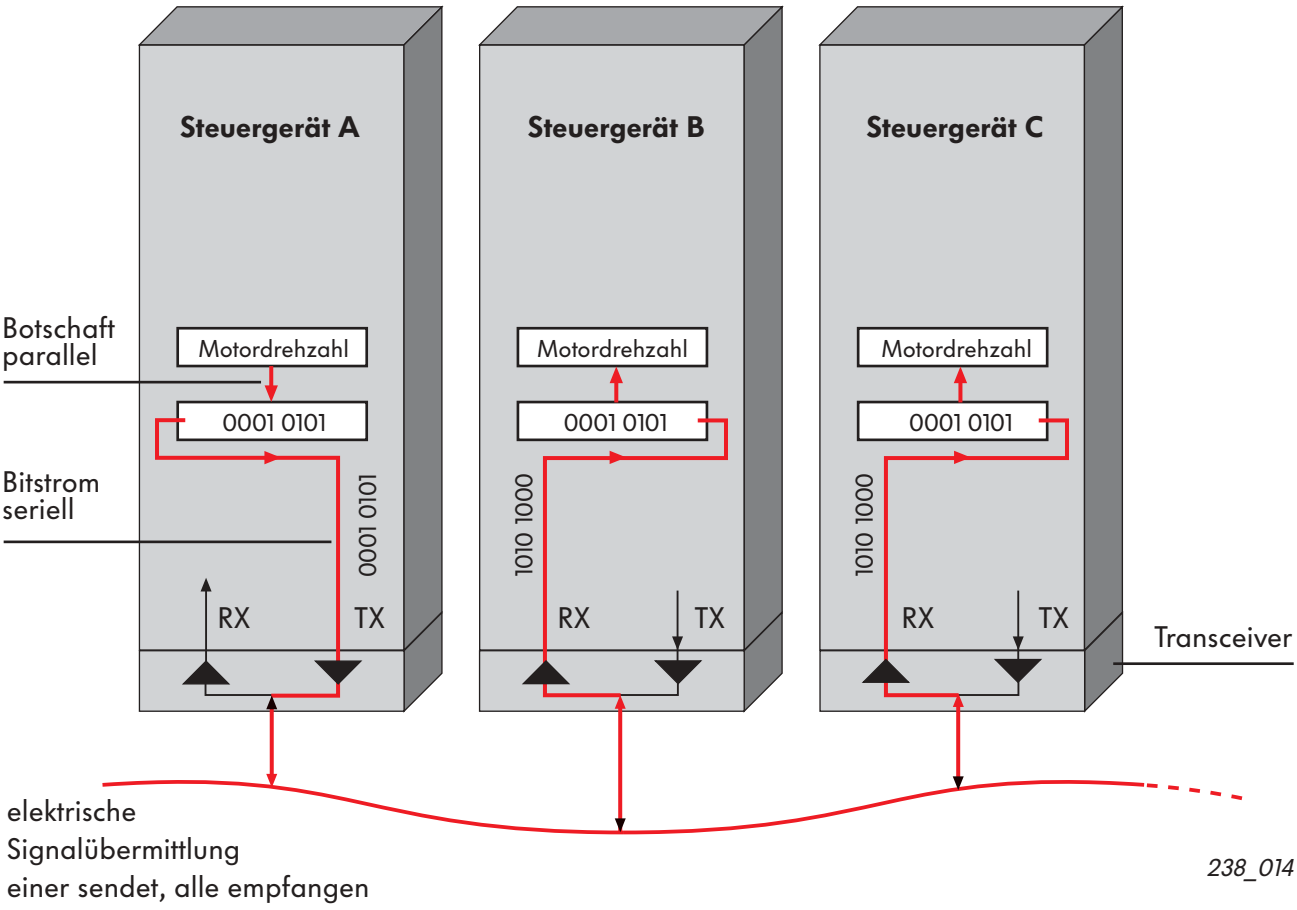
Man nennt dieses Prinzip auch Broadcast. Abgeleitet von einem Rundfunksender, der ein Programm ausstrahlt, das von jedem angeschlossenen Teilnehmer empfangen werden kann.

Durch das Broadcast-Verfahren wird erreicht, dass alle angeschlossenen Steuergeräte immer den gleichen Informationsstand haben.

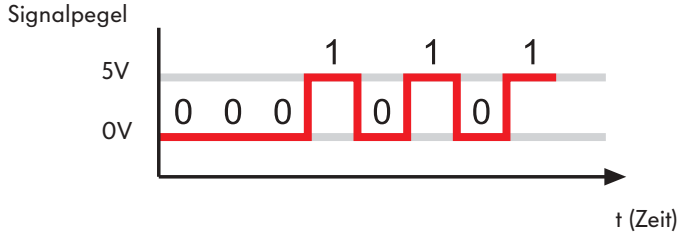


Das Broadcast-Prinzip: Einer sendet, alle empfangen.

238_013



Informationsaustausch einer Botschaft auf dem CAN-Bus (Broadcast-Prinzip)



Elektrische Signalübermittlung in zeitlicher Abfolge

Die Funktionseinheiten

Die K-Leitung

Die K-Leitung dient dem Anschluss eines VAS-Testers für die Fahrzeugdiagnose im Servicebereich.

Das Steuergerät



Das Steuergerät empfängt Signale von den Sensoren, verarbeitet sie und gibt sie weiter an die Aktoren. Wesentliche Bestandteile eines Steuergerätes sind: Ein Microcontroller mit Eingangs- und Ausgangsspeicher sowie ein Programmspeicher.
Die vom Steuergerät empfangenen Sensorwerte, wie zum Beispiel die Motor-Temperatur oder die Motor-Drehzahl, werden regelmäßig abgefragt und im Eingangsspeicher der Reihe nach abgelegt. Dieser Ablauf entspricht im Prinzip einem mechanischen Schrittschaltwerk mit einem umlaufenden Eingangswahlschalter (siehe Bild).
Der Mikrocontroller verknüpft die entsprechenden Eingangswerte aufgrund des ihm vorgegebenen Programmes. Das Ergebnis dieser Verarbeitung wird im jeweiligen Ausgangsspeicher abgelegt und gelangt von hier an die jeweiligen Aktoren.
Um CAN-Botschaften verarbeiten zu können, befindet sich im jeweiligen Steuergerät zusätzlich ein CAN-Speicherbereich für empfangene und zu sendende Botschaften.

Der CAN-Baustein

Der CAN-Baustein dient dem Datenaustausch für CAN-Botschaften.
Er ist in zwei Bereiche aufgeteilt. In den Empfangsbereich und den Sendebereich.

Die Anbindung des CAN-Bausteins an das Steuergerät erfolgt über die Empfangs-Mailbox oder über die Sende-Mailbox. Er ist in der Regel dem Chip des Steuergeräte-Mikrocontrollers integriert.

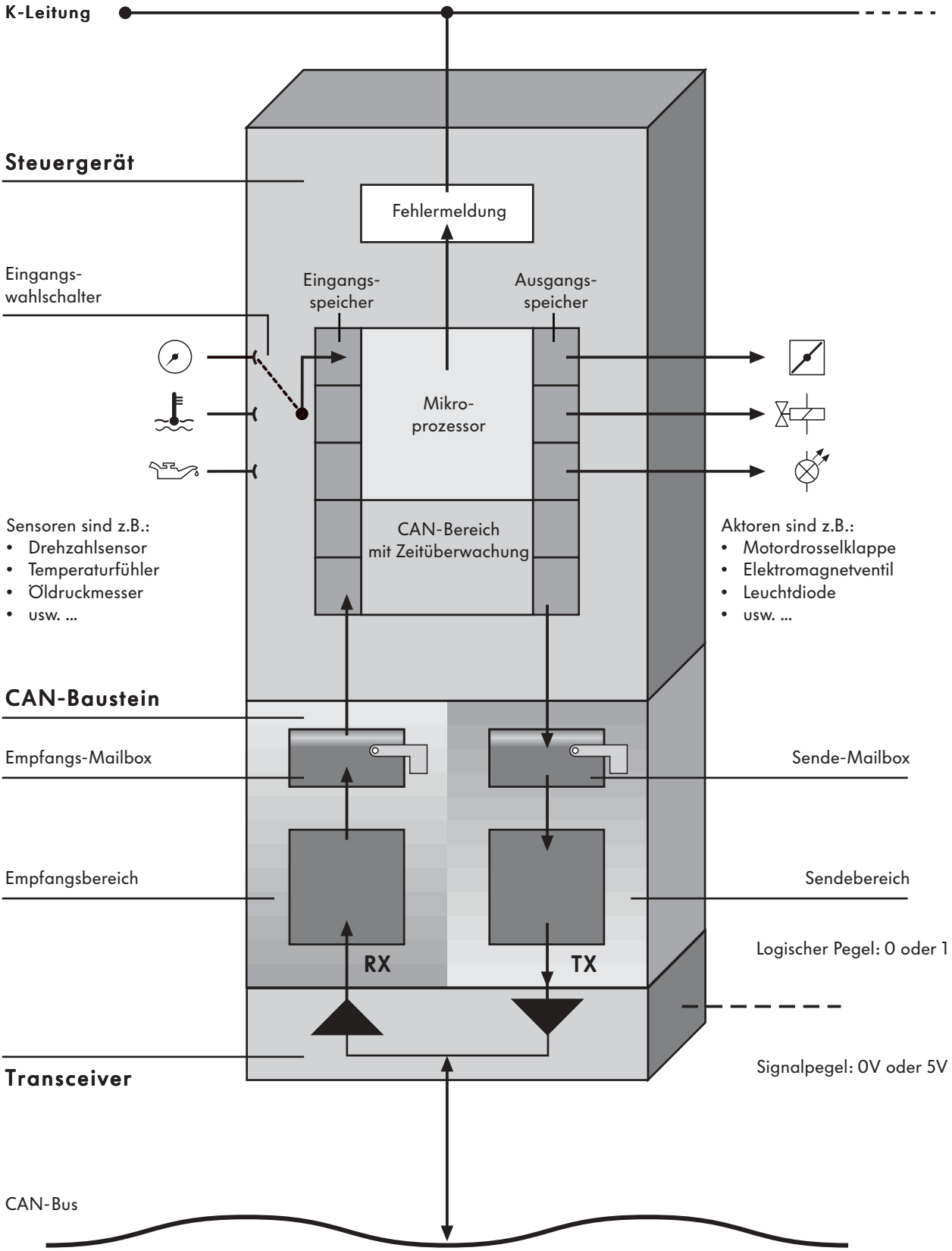
Der Transceiver

Der Transceiver ist ein Sende- und Empfangsverstärker. Er wandelt den seriellen Bitstrom (logischer Pegel) des CAN-Bausteins in elektrische Spannungswerte (Leitungspegel) um und umgekehrt. Die elektrischen Spannungswerte eignen sich für den Datentransport auf Kupferleitungen.

Die Anbindung des Transceivers an den CAN-Baustein erfolgt über die TX-Leitung (Sendeleitung) oder über die RX-Leitung (Empfangsleitung).

Die RX-Leitung wird über einen Verstärker direkt mit dem CAN-Bus verbunden und gestattet ein ständiges Mithören der Bus-Signale.

Die Funktionseinheiten

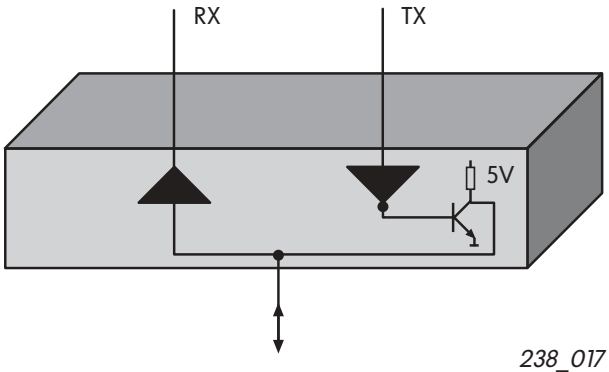


Funktionseinheiten: Steuergerät, CAN-Baustein und Transceiver

238_016

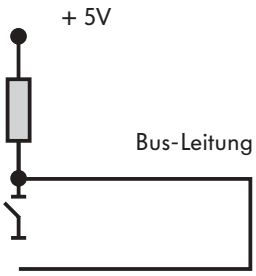
Die Funktionseinheiten

Besonderheiten beim Transceiver



238_017

Der Transceiver mit Ankopplung an TX-Leitung



238_018

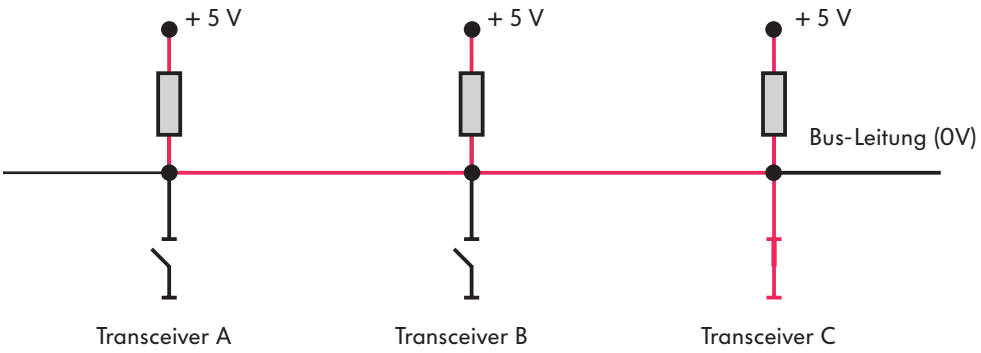
Schematische Darstellung mit einem Schalter

Eine Besonderheit stellt die Ankopplung der TX-Leitung an den Bus dar. Sie erfolgt im Prinzip über eine Open-Kollektor Schaltung.

Dadurch ergeben sich auf der Bus-Leitung zwei unterschiedliche Zustände:

Zustand 1:	gesperrter Zustand, Transistor gesperrt, (Schalter offen)
passiv:	Bus-Pegel=1, über Widerstand hochohmig
Zustand 0:	durchgeschalteter Zustand, Transistor durchgeschaltet (Schalter geschlossen)
aktiv:	Bus-Pegel=0, ohne Widerstand niederohmig

Drei Transceiver an einer Bus-Leitung



Ankopplung von 3 Transceivern an Bus-Leitung (Prinzip), Transceiver C aktiv

238_019



Schalter offen bedeutet 1 (passiv) Schalter geschlossen bedeutet 0 (aktiv)

Aus vorhergehendem Beispiel (drei Transceiver an Bus-Leitung) können sich folgende Schalterstellungen ergeben:

Transceiver A	Transceiver B	Transceiver C	Bus-Leitung
1	1	1	1 (5V)
1	1	0	0 (0V)
1	0	1	0 (0V)
1	0	0	0 (0V)
0	1	1	0 (0V)
0	1	0	0 (0V)
0	0	1	0 (0V)
0	0	0	0 (0V)

Mögliche Schalterstellungen bei 3 Transceivern an einer Bus-Leitung, Transceiver C aktiv

Verhalten:

- Ist ein beliebiger Schalter geschlossen, fließt über die Widerstände ein Strom. Auf der Bus-Leitung stellt sich eine Spannung von 0V ein.
- Sind alle Schalter offen, fließt kein Strom. Am Widerstand fällt keine Spannung ab. Damit stellt sich auf der Bus-Leitung eine Spannung von 5V ein.

Dadurch wird Folgendes erreicht:

Befindet sich der Bus im Zustand 1 (passiv), kann dieser Zustand von irgendeiner anderen Station mit dem Zustand 0 (aktiv) überschrieben werden.

Den passiven Bus-Pegel nennt man rezessiv. Den aktiven Bus-Pegel nennt man dominant.

Dieser Zusammenhang ist von Bedeutung bei:

a) Der Signalisierung von Übertragungsstörungen (Error-Frames-Fehlerbotschaften).
b) Der Kollisionserkennung (wenn mehrere Stationen gleichzeitig senden wollen).

Der Ablauf einer Datenübertragung

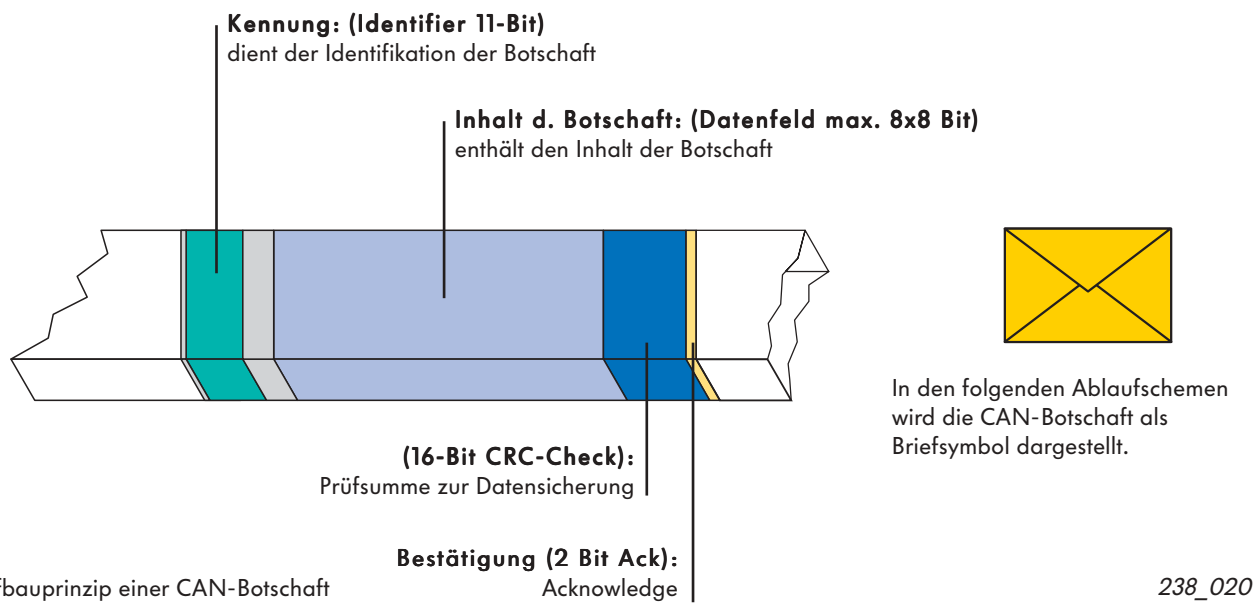
Datenübertragung am Beispiel Drehzahlerfassung > Übertragung > Anzeige

Das folgende Beispiel zeigt einen kompletten Informationsaustausch der Drehzahlinformation von der Erfassung bis zur Anzeige im Drehzahlmesser. Daraus wird der zeitliche Ablauf der Datenübertragung und das Zusammenspiel der CAN-Bausteine mit den Steuergeräten ersichtlich.

Zunächst wird der Drehzahlwert vom Sensor des Motor-Steuergerätes erfasst.
Er gelangt nun in regelmäßiger Wiederkehr (zyklisch) in den Eingangsspeicher des Microcontrollers.
Da der momentane Drehzahlwert auch für weitere Steuergeräte, zum Beispiel den Schalttafeleinsatz, benötigt wird, soll er auf dem CAN-Bus übertragen werden.
Der Drehzahlwert wird deshalb in den Sende-Speicher des Motor-Steuergerätes kopiert.

Vom Sende-Speicher gelangt die Information in die Sende-Mailbox des CAN-Bausteins.
Befindet sich in der Sende-Mailbox ein aktueller Wert, wird dies durch das Sende-Flag (Heben der Flagge) angezeigt.
Mit dem Sendeauftrag an den CAN-Baustein hat das Motor-Steuergerät seine Aufgabe für diesen Vorgang erfüllt.

Der Drehzahlwert wird in einer Motor-Botschaft zunächst in einer CAN-spezifischen Form, gemäß dem Protokoll, umgewandelt. Die wichtigsten Bestandteile eines Protokolls sind:



Aufbauprinzip einer CAN-Botschaft

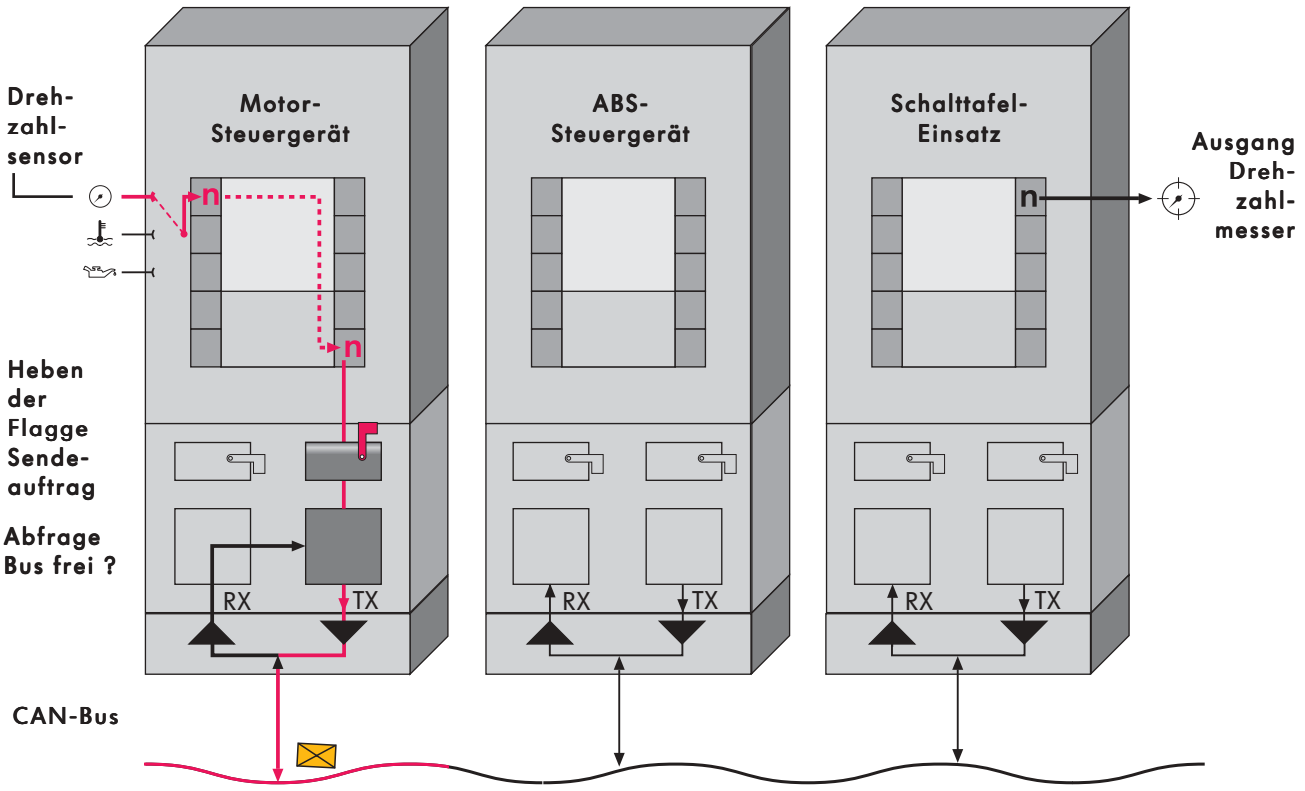
In den folgenden Ablaufschemen wird die CAN-Botschaft als Briefsymbol dargestellt.

238_020

Bestandteile einer Motorbotschaft sind zum Beispiel: Kennung=Motor_1, Inhalt= Drehzahl.
Darüber hinaus sind weitere Werte wie z.B. Leerlauf, Drehmoment usw. in der Motorbotschaft enthalten.

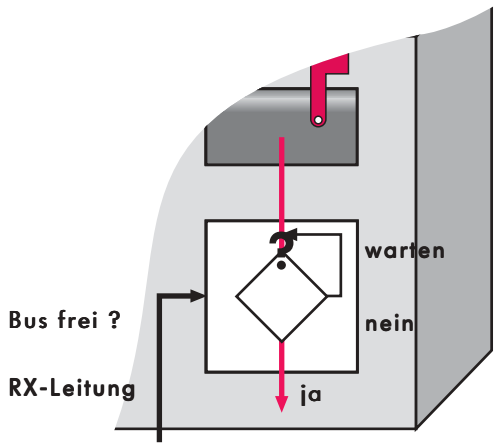
Der CAN-Baustein überprüft nun über die RX-Leitung, ob der Bus aktiv ist (ob gerade andere Informationen ausgetauscht werden). Gegebenenfalls wartet er so lange, bis der Bus frei ist.
(Pegel 1 (passiv) über einen bestimmten Zeitraum) Ist der Bus frei wird die Motor-Botschaft gesendet.

Der Sendevorgang



Start eines Sendevorgangs

238_021



238_022

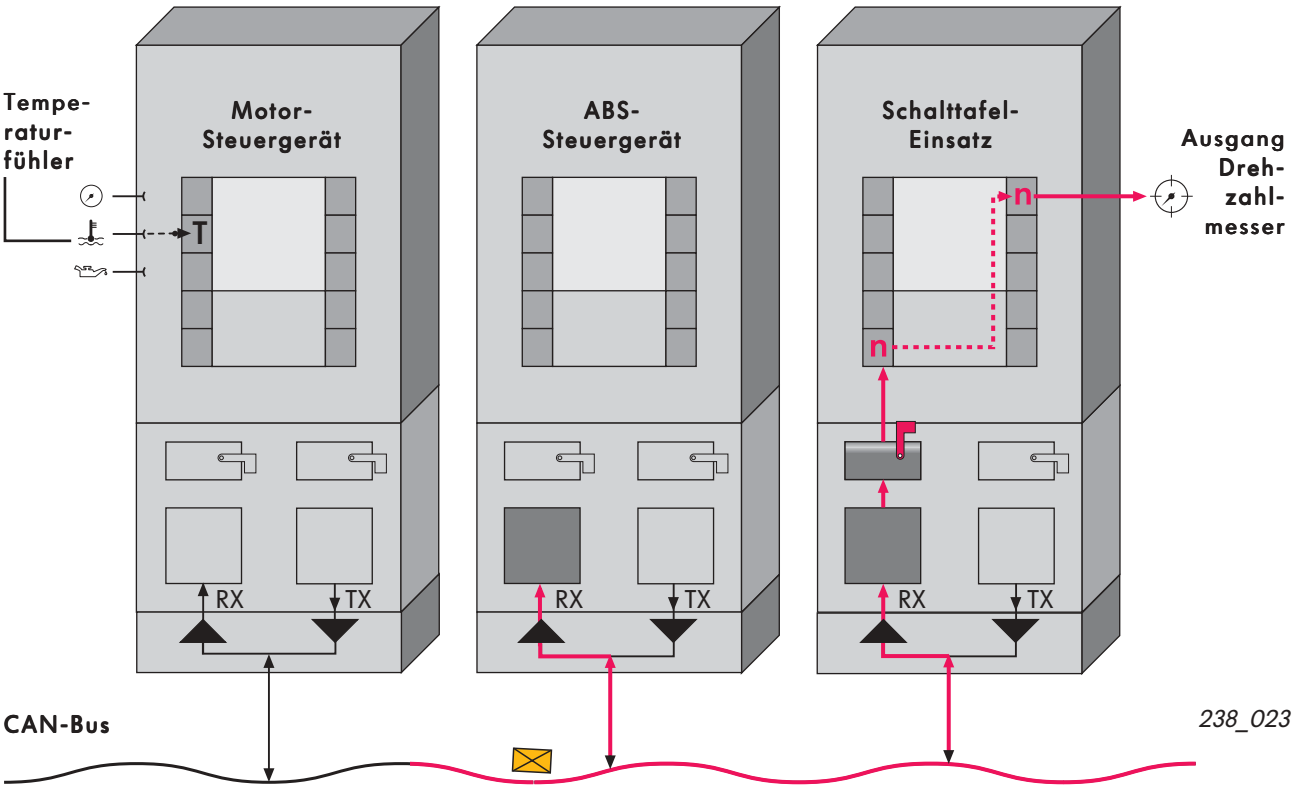
Detail: Abfrageschema Bus frei?

Der Ablauf einer Datenübertragung

Der Empfangsvorgang

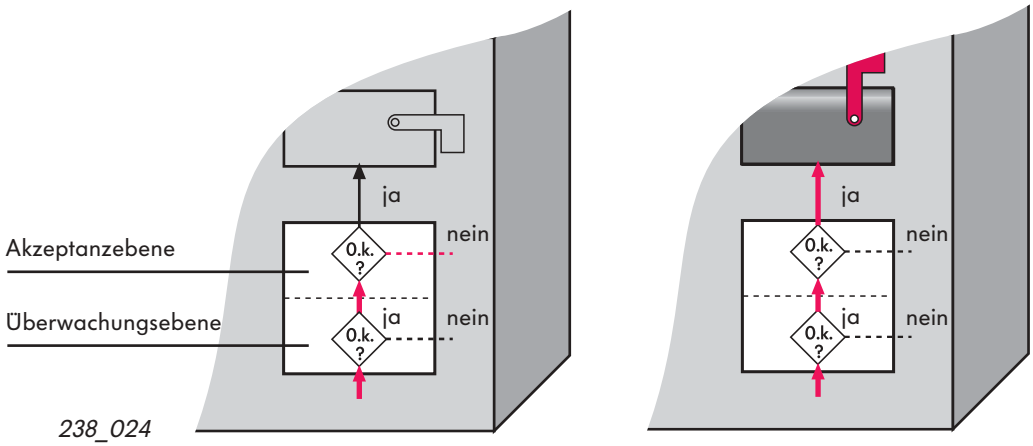
Ein Empfangsvorgang besteht aus zwei Schritten:

- Schritt 1 = Überprüfung der Botschaft auf Fehlerfreiheit (in der Überwachungsebene)
- Schritt 2 = Überprüfung der Botschaft auf Brauchbarkeit (in der Akzeptanzebene)



Empfangsvorgang

Alle angeschlossenen Stationen erhalten die vom Motor-Steuergerät gesendete Botschaft.
Diese gelangt über die RX-Leitungen in den jeweiligen Empfangsbereich der CAN-Bausteine.



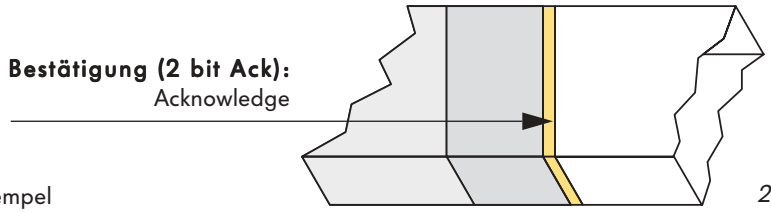
Detail: Empfangsbereich, Überwachungs- und Akzeptanzebene

Der Ablauf einer Datenübertragung

Die Empfänger haben alle die Motorbotschaft erhalten und sie auf Fehlerfreiheit in der jeweiligen Überwachungsebene überprüft. Dadurch wird erreicht, daß lokale Störungen, die unter Umständen nur bei einem Steuergerät aufgetreten sind, erkannt werden. Dies führt zu der bereits erwähnten hohen Datendichte. (siehe auch, Kapitel „Übertragungssicherheit, Störverhalten“)

Alle angeschlossenen Stationen erhalten die vom Motor-Steuergerät gesendete Botschaft (Broadcast). Sie können nun über eine sogenannte CRC-Prüfsumme in der Überwachungsebene feststellen, ob Übertragungsfehler aufgetreten sind. CRC steht für Cycling Redundancy Check. Dabei wird beim Senden jeder Botschaft eine 16-bit-Prüfsumme über alle bits gebildet und übertragen.
Die Empfänger berechnen nach derselben Vorschrift die Prüfsumme aus allen empfangenen bits. Abschließend wird die empfangene Prüfsumme mit der berechneten Prüfsumme verglichen.

Wurde kein Fehler festgestellt, beantworten dies alle Stationen dem Sender mit einer Bestätigung, dem sogenannten Acknowledge, im Anschluß an die Prüfsumme.



Informationsfluß, Bestätigung, Briefstempel

238_026

Anschliessend gelangt die korrekt empfangene Botschaft in den sogenannten Akzeptanzbereich der betreffenden CAN-Bausteine.

- Dort wird entschieden, ob die Botschaft für die Funktion des jeweiligen Steuergerätes benötigt wird.
- Wenn nein, wird die Botschaft verworfen.
- Wenn ja, gelangt die Botschaft in die betreffende Empfangs-Mailbox.

Mit dem Heben der „Empfangsflagge“ wird dem angeschlossenen Kombi-Instrument angezeigt, dass eine aktuelle Botschaft, zum Beispiel die Drehzahl, zur Verarbeitung ansteht.
Das Kombi-Instrument ruft diese Botschaft ab und kopiert den entsprechenden Wert in seinen Eingangsspeicher.

Das Senden und Empfangen einer Botschaft durch die CAN-Bausteine ist damit abgeschlossen.

- Im Schalttafeleinsatz gelangt die Drehzahl nach einer Verarbeitung durch den Microcontroller an den Aktor und schließlich auf den Drehzahlmesser.
- Der Datenaustausch einer Botschaft wiederholt sich ständig entsprechend der eingestellten Zykluszeiten (zum Beispiel alle 10ms).

Der Ablauf einer Datenübertragung

Gleichzeitiger Sendeversuch mehrerer Steuergeräte

Bei gleichzeitigem Sendeversuch mehrerer Steuergeräte würde es zwangsläufig zu einer Datenkollision auf der Bus-Leitung kommen. Um das zu vermeiden, wird bei CAN folgende Strategie angewendet:

Jedes aktive Steuergerät beginnt mit dem Sendevorgang durch Senden des Identifiers.

Alle Steuergeräte verfolgen das Geschehen auf dem Bus, indem sie über ihre jeweilige RX-Leitung den Zustand auf dem Bus erfassen.

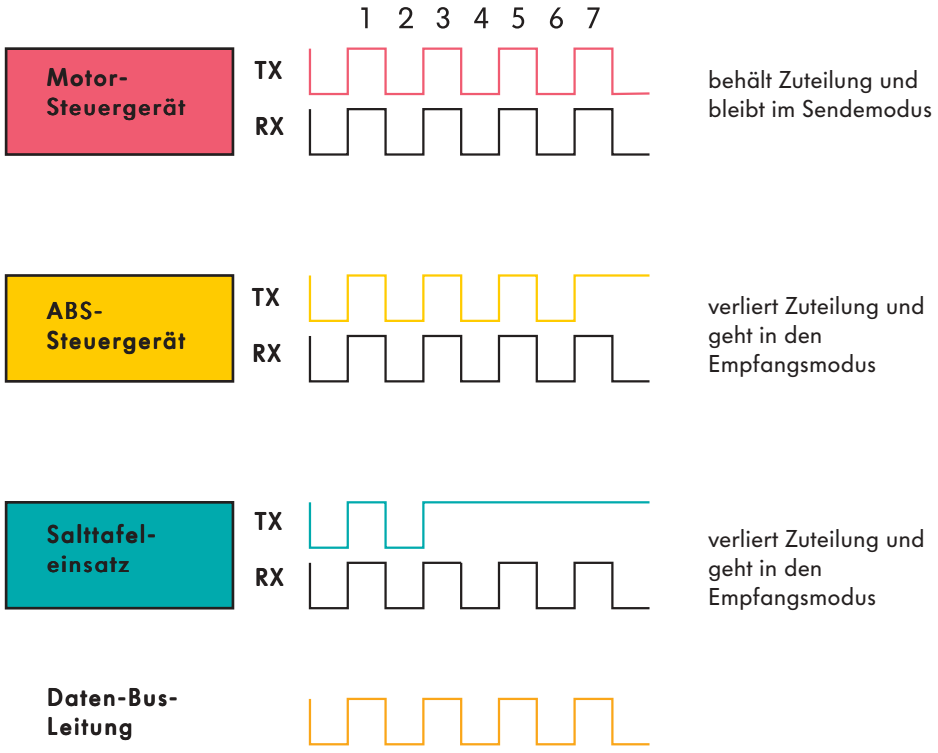
Jeder Sender vergleicht bitweise den Zustand der TX-Leitung mit dem Zustand der RX-Leitung. Hierbei kann es zu Abweichungen kommen.

Die CAN-Strategie regelt diese Situation so: Das Steuergerät, dessen TX-Signal durch eine Null überschrieben wurde, muß sich vom Bus zurückziehen.

Mit der Anzahl der führenden Nullen im Identifier wird die Wertigkeit der Botschaften geregelt. Dadurch ist sichergestellt, dass die Botschaften in der Reihenfolge ihrer Bedeutung gesendet werden.

Regel: Je kleiner die Nummer im Identifier, desto wichtiger ist die Botschaft.

Diese Vorgehensweise nennt man Arbitrierung. Ableitung: Arbiter = Schiedsrichter



Arbitrierungsvorgang zur Kollisionsvermeidung

238_027

An folgendem Beispiel wird sichtbar, daß bei gleichzeitigem Sendewunsch mehrerer Steuergeräte der Lenkwinkelsensor höchste Priorität hat. Seine Botschaft wird also zuerst gesendet.

Erklärung: Der Lenkwinkelsensor mit der kleinsten Zahl (meiste führende Nullen) setzt sich durch.

Identifier	Binär	Hex
Motor_1	010_1000_0000	280
Bremse_1	010_1010_0000	1A0
Kombi_1	011_0010_0000	320
Lenkwinkel_1	**000_1100_0000**	**0C2**
Getriebe_1	100_0100_0000	440

mögliche Identifier im CAN-Antrieb *238_027b*

Fazit bei der Übertragung von Sensorwerten (zum Beispiel Drehzahl)

Aufgrund der hohen Übertragungssicherheit bei CAN werden sämtliche Fehler wie zum Beispiel elektrische Störungen oder Unterbrechungen im CAN-System eindeutig und sicher erkannt.

- Der Drehzahlwert 1800 U/Min wird richtig übertragen oder aufgrund einer Störung überhaupt nicht (keine Anzeige, Drehzahlmesser zeigt „0“ an).

- Treten zum Beispiel nicht plausible Drehzahlwerte auf, so ist die Ursache nicht bei der Übertragung (CAN) zu suchen, sondern bei einem defekten Sensor, einem defekten Anzeigeinstrument oder bei der Zuleitung.

Übertragungssicherheit, Störverhalten

Internes Fehlermanagement

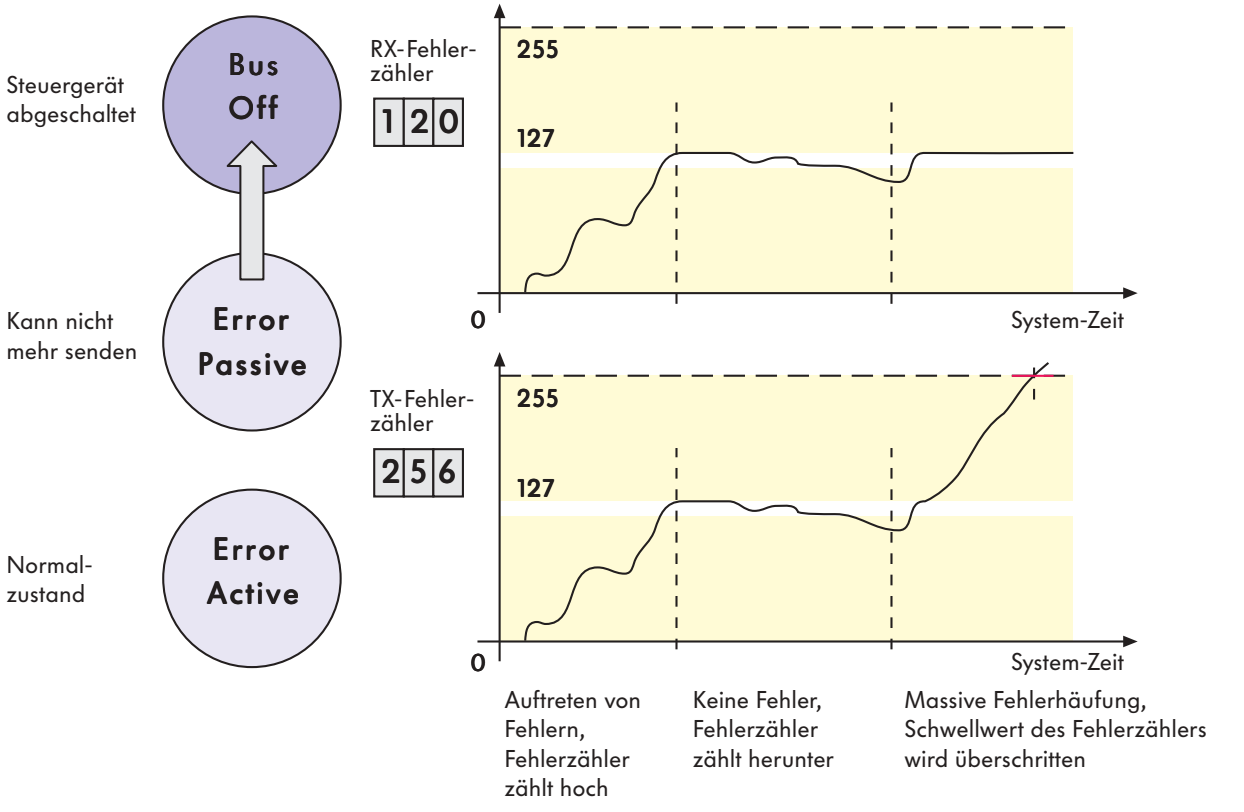
Um eine hohe Datensicherheit zu gewährleisten, ist bei CAN ein umfangreiches internes Fehlermanagement eingebaut.

Dadurch wird erreicht, dass eventuell auftretende Übertragungsfehler mit sehr hoher Sicherheit erkannt werden. Entsprechende Maßnahmen können ergriffen werden.
Die Rate nicht erkannter Fehler, die sogenannte Restfehlerwahrscheinlichkeit liegt bei $< 10^{-12}$.
Dieser Wert ist gleichzusetzen mit 4 Fehlern pro Fahrzeug-Lebensdauer.

Aufgrund des Broadcastverfahrens (einer sendet, alle empfangen und werten aus) wird jeder auftretende Fehler, der von einem Netzteilnehmer entdeckt wurde, sofort allen anderen durch eine Fehlerbotschaft, dem sogenannten Error-Frame mitgeteilt.
Daraufhin wird die aktuelle Botschaft von allen Teilnehmern verworfen.

Anschließend erfolgt eine automatische Sendewiederholung. Dieser Vorgang ist durchaus normal und kann durch starke Spannungsschwankungen im Bordnetz, z.B. beim Motorstart oder durch starke Störungen von außen, hervorgerufen werden.

Kritischer wird es, wenn sich Sendewiederholungen aufgrund ständig erkannter Fehler häufen.
Dazu hat jede Station einen internen Fehlerzähler eingebaut, der die erkannten Fehler hochzählt und nach erfolgreicher Sendewiederholung herunterzählt.



Interner Fehlerzähler

238_028

Übertragungssicherheit, Störverhalten

Der interne Fehlerzähler ist für das interne Fehler-Management zuständig und kann nicht ausgelesen werden.

Bei Überschreitung eines vorgegebenen Schwellwertes (entspricht maximal 32 Sendewiederholungen), wird das betreffende Steuergerät informiert und vom CAN-Bus abgeschaltet.
Nach zweimaligem Bus-Off Zustand (ohne zwischenzeitliche Kommunikation) erfolgt ein Eintrag im Fehlerspeicher.

Nach einer festgelegten Wartezeit (ca. 0,2s) versucht das Steuergerät selbsttätig sich wieder an den Bus anzuschalten.

Der Botschaftsverkehr erfolgt in der Regel zyklisch mit vorgegebenen Zykluszeiten.
Dadurch wird gewährleistet, dass die entsprechenden Botschaften rechtzeitig übertragen werden.
Kommt es jedoch zu Verzögerungen, das heißt mindestens zehn Botschaften werden nicht empfangen, spricht die sogenannte Zeitüberwachung (Botschafts-Time-Out) an.

Daraufhin erfolgt ebenfalls ein Eintrag im Fehlerspeicher des empfangenden Steuergerätes.
Dies ist der zweite Mechanismus des Fehlermanagements. Damit ergeben sich für die Diagnose im Service folgende Fehlermeldungen:

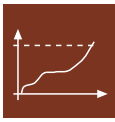
1. Daten-Bus defekt

Beim betreffenden Steuergerät wurden schwerwiegende Fehler erkannt.

Das Steuergerät war mindestens zweimal vom Bus getrennt (Bus-Off).

2. Fehlende Botschaften von....oder keine Kommunikation mit dem betreffenden Steuergerät.

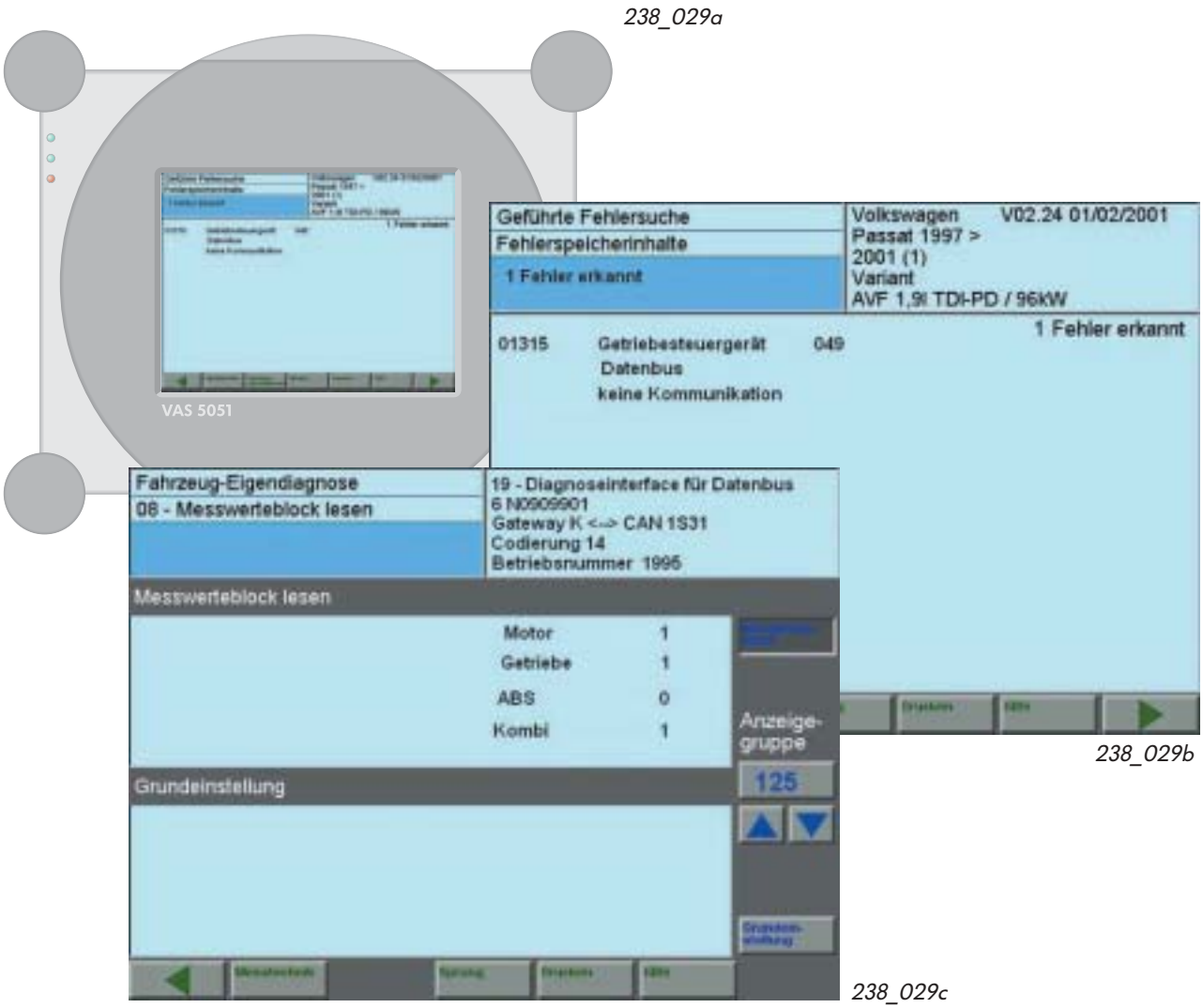
Botschaften werden nicht rechtzeitig empfangen. Time-Out-Überwachung hat angesprochen.



Übertragungssicherheit, Störverhalten

Diagnose Hinweis am Beispiel einer fehlerhaften Drehzahlübertragung

- Der Drehzahlwert wird richtig übertragen oder aufgrund einer Störung überhaupt nicht (keine Anzeige).
  Das Fahrzeug-Mess- und Informationssystem VAS 5051 gibt in diesem Fall einen Hinweis auf eine Störung im CAN-System:



Anzeige des VAS 5051

- Treten zum Beispiel nicht plausible Drehzahlwerte auf, so ist die Ursache nicht bei der CAN-Übertragung zu suchen, sondern beim Sensor oder beim Aktor (Anzeigeinstrument, zum Beispiel Drehzahlmesser).

Im Falle einer Störung am CAN-System zeigt das Fahrzeug-Mess- und Informationssystem VAS 5051 eine allgemeine Störungsmeldung an.

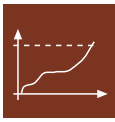
Aus dieser Meldung ist noch nicht ersichtlich, welches Bauteil im CAN-System defekt ist.

Um den Fehler zu lokalisieren, kann über die Messwerteblöcke 125, 126 des Gateways der aktive Zustand der am CAN-Bus angeschlossenen Steuergeräte ausgelesen werden (1=aktiv, 0=passiv).

Gegebenenfalls sind weitere elektrische Messungen
(zum Beispiel Signalüberprüfung mit dem Oszilloskop) erforderlich.

Ausblick

Mit dem vorliegenden SSP 238 sollten die grundlegenden Funktionen des CAN-Systems geklärt sein. SSP 269 „Datenaustausch auf dem CAN-Bus II, CAN-Antrieb/CAN-Komfort“ behandelt das speziell bei Volkswagen und Audi realisierte CAN-Bus-System im Fahrzeug. Dabei wird auf die Besonderheiten bei CAN-Antrieb und CAN-Komfort hinsichtlich Funktion und Diagnose ausführlich eingegangen. Schließlich wird das Gesamtsystem, bei dem CAN-Antrieb und CAN-Komfort über das sogenannte Gateway zusammen geführt werden, erklärt.
Die Vorgehensweise bei der Fehlersuche ist ebenfalls Bestandteil dieses SSP‘s.



Prüfen Sie Ihr Wissen

1. Warum werden Bus-Systeme im Kfz eingesetzt ?

A ☐ Zunehmende Komplexität in der Kfz-Elektronik

B ☐ Systemerweiterungen in Form von Mehrausstattungen sind leicht möglich

C ☐ Gesetzlich vorgeschrieben

2. Wie hoch ist die Datenübertragungsrate beim CAN-Bus-Antrieb ?

A ☐ 10 Kbit/s

B ☐ 100 Kbit/s

C ☐ 500 Kbit/s

3. Der Diagnosetester VAS 5051 dient unter anderem zum Erkennen von ... ?

A ☐ CAN-Leitungsfehlern

B ☐ CAN-Hardwarefehlern

C ☐ Anzeige von CAN-Botschaften

4. Welche Botschaften werden von den Steuergeräten empfangen und überprüft ?

A ☐ Nur die für die jeweiligen Steuergeräte bestimmten Botschaften

B ☐ Alle gesendeten Botschaften

C ☐ Die Botschaften mit der höchsten Priorität

5. Drei Steuergeräte warten bis der Bus frei ist und wollen Botschaften senden ...

A ☐ ... alle können sofort die Botschaften senden

B ☐ ... es kommt zu einer Datenkollision

C ☐ ... die Arbitrierung regelt die Reihenfolge, in der die Botschaften gesendet werden

6. **Was bedeutet Bus-OFF ?**

A ☐ Alle Bus-Teilnehmer schalten sich ab

B ☐ Ein Bus-Teilnehmer zieht sich vorübergehend vom Bus-Geschehen zurück

C ☐ Der Bus wird total abgeschaltet

7. **Wozu dient der Interne Fehlerzähler ?**

A ☐ Zum Zählen der CAN-Botschaften

B ☐ Zum Zählen der Fehler um gegebenenfalls das Steuergerät Bus-OFF zu schalten

C ☐ Für statistische Zwecke

8. **Was bedeutet bei CAN „Hohe Übertragungssicherheit“ ?**

A ☐ Es treten fast keine Übertragungsfehler auf

B ☐ Übertragungsfehler werden mit Sicherheit erkannt

C ☐ Bei Erkennen von Fehlern werden alle Bus-Teilnehmer darüber informiert

9. **Der Identifier einer CAN-Botschaft ...**

A ☐ ... kennzeichnet Name und Priorität einer Botschaft

B ☐ ... gibt die Zieladresse an

C ☐ ... dient der Steuerung der Zugriffsrechte

10. **Das Protokoll dient der ...**

A ☐ ... Datensicherung

B ☐ ... Fehlererkennung

C ☐ ... Steuerung der Zugriffsrechte

Glossar

ACK:
Acknowlege, Empfangsbestätigung einer korrekten Botschaft. Erfolgt durch Setzen eines dominanten Bits von allen Bus-Teilnehmern.

Aktoren:
Ansteuerelemente und Anzeigen im Fahrzeug

Akzeptanzbereich.
Filterung von empfangenen Botschaften, die für das betreffende Steuergerät relevant sind.

Arbitrierung:
Mechanismus zur Kollisionsvermeidung wenn mehrere Teilnehmer gleichzeitig senden wollen.
Die Arbitrierung stellt sicher, daß die Botschaften in der Reihenfolge ihrer Bedeutung gesendet werden.

Botschaft:
Eine Botschaft ist das Datenpaket das von einem Steuergerät gesendet wird.

Botschafts-Time-Out:
Empfangsseitige Zeitüberwachung von gesendeten Botschaften.

Broadcast:
Sendeprinzip - einer sendet - alle empfangen.

BUS-Leitung:
Elektrische Verbindung aus Kupfer im Fahrzeug, zweiadrig verdrillt. Die Bus-Leitung verbindet die Steuergeräte untereinader.

Bus-off:
Abschalten eines Steuergerätes vom Bus bei überschreiten des internen Fehlerzählers.

Bus-Transceiver:
Elektronischer Sende-Empfangsverstärker zur Ankopplung eines Steuergerätes an den Bus.

CAN:
Controller-Area-Network, Bus-System zur Vernetzung von Steuergeräten.

CAN-Bus-Antrieb:
Untersystem für Steuergeräte im Antriebsstrang.

CAN-Bus-Komfort:
Untersystem für Steuergeräte im Komfort-System.

CAN-Bus-Infotainment:
Untersystem für Steuergeräte im Radio- und Informations-System.

CAN-Baustein
Dient der Abwicklung des Datenaustausches für CAN-Botschaften.

CRC:
Cyclic-Redundancy-Check, Prüfsumme (16 bit) zur Fehlererkennung.

Empfangs-Mailbox:
Der Speicher, in dem die vom CAN-Baustein empfangenen Botschaften abgelegt werden.

Error- Frame:
Fehler-Botschaft(>6 dominante Bits) zur Signalisierung von Übertragungsfehlern auf dem Bus.

Fehlerspeicher:
Speicherbereich im Steuergerät, kann vom VAS-Tester ausgelesen werden.

Identifier:
Anfangsbereich einer Botschaft, dient zur Kennung und Unterscheidung von Prioritäten von Botschaften.

K-Leitung:
Kundendienst Leitung, Verbindungsleitung zwischen Steuergeräten und Diagnosebuchse im Fahrzeug zum Anschluß an den VAS-Tester.

Logischer Pegel:
Zustand 0 oder 1 an einem Anschlußpunkt im System.

Microcontroller:
1-Chip Rechnersystem, enthält CPU, Speicher und Ein- Ausgabebausteine

RX-Leitung:
Empfangsseitige Verbindungsleitung zwischen CAN-Baustein und Tranceiver

Sende-Mailbox:
Der Speicher, in dem die vom Steuergerät zu sendenden Botschaften im CAN-Baustein abgelegt werden.

Sensoren:
Elektronische Fühler im Fahrzeug, dienen der Erfassung von Betriebszuständen

Signal-Pegel:
Elektrischer Spannungszustand auf einer Leitung

Tranceiver:
Elektronischer Sende- Empfangsverstärker, dient der Ankopplung des CAN-Bausteins an die Bus-Leitung.

TX-Leitung:
Sendeseitige Verbindungsleitung zwischen CAN-Baustein und Tranceiver



Notizen

Lösung der Testfragen:

1: AB / 2: C / 3: AB / 4: B / 5: C
6: B / 7: B / 8: BC / 9: AC / 10: ABC

238

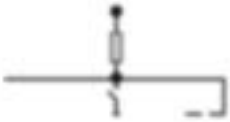




Controller-Area-Network







Nur für den internen Gebrauch © VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten
140.2810.57.00 Technischer Stand 10/01

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei
gebleichtem Zellstoff hergestellt.