FLEXRAY

Die Vernetzung der fahrdynamischen Regelsysteme, Sicherheitssysteme und Assistenzsysteme kam an ihre Leistungsgrenze. Ein CAN-Bus war nicht mehr in der Lage, diese enormen Datenmengen korrekt zu übermitteln.

Mit einer maximalen Datenübertragungsrate von 10 MBit/s ist der FlexRay deutlich schneller als die bisher in Kraftfahrzeugen eingesetzten Datenbusse im Bereich Karosserie und Antrieb/Fahrwerk. 10 MBit/s entsprechen der 20-fachen Datenübertragungsrate im Vergleich zu einem PT-CAN.

Der FlexRay unterstützt neben der höheren Bandbreite eine deterministische Datenübertragung und kann fehlertolerant konfiguriert werden, d.h., auch nach Ausfall von einzelnen Komponenten wird der zuverlässige Weiterbetrieb des verbleibenden Kommunikationssystems ermöglicht.

Der FlexRay besteht aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen. Der FlexRay besitzt eine Datenübertragungsrate von 10 MBit/s.

Der FlexRay besitzt keine Notlaufeigenschaften. Wird auf einer der beiden Leitungen nicht mehr gesendet, so ist dieser Zweig ohne Kommunikation.

Der FlexRay besitzt eine sternförmige Bus-Struktur. Aufgrund dieser Struktur ist bei einem Ausfall einer Datenleitung nicht der komplette FlexRay ohne Funktion, sondern nur der betroffene Abschnitt. In den Bus-Übersichten wird der FlexRay wegen der übersichtlicheren Darstellung in einer linearen Bus-Struktur dargestellt.

FlexRayFlexRayFlexRayFlexRayFlexRayKl.15WUPKl.15WUPZGMDSCSASACSMEPSDMEDMEDDEEPSDSCZGMACSMSASTE17-0318AB[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

SYSTEMSCHALTPLAN FLEXRAY

**Inhaltsverzeichnis**

* [Deterministische Datenübertragung](about:blank#FlexRay-DeterministischeDaten%C3%BCbertragung)
  + [Synchronisierung](about:blank#FlexRay-Synchronisierung)
  + [Verkabelung](about:blank#FlexRay-Verkabelung)
  + [Messungen](about:blank#FlexRay-Messungen)
* [Signal](about:blank#FlexRay-Signal)
* [Abschlusswiderstand](about:blank#FlexRay-Abschlusswiderstand)

DETERMINISTISCHE DATENÜBERTRAGUNG

Der CAN-Verbund ist ein ereignisgesteuertes Bus-System. Daten werden übertragen, wenn ein Ereignis vorliegt. Da diese Ereignisse eine unterschiedliche Priorität besitzen (z. B. Außentemperatur hat eine kleinere Priorität als z. B. ein DSC-Regeleingriff), werden die Prioritäten in der Busnachricht mitgesendet. Die Nachricht mit der höheren Priorität wird zuerst gesendet. Da das Steuergerät mit der Nachricht, welche die kleinere Priorität besitzt, immer noch senden will, kommt es in solchen Bus-Systemen häufig zu Überlastungen.

Der FlexRay arbeitet mit sogenannten “Time slots” (Zeitschlitzen). Bei dieser Art werden die Nachrichten nicht Ereignisgesteuert gesendet, sondern jedes Steuergerät im FlexRay-Verbund bekommt einen festen Zeitabschnitt zugeteilt, in der es in einer bestimmten Zeit seine Nachricht verschickt. Dieser Zeitabschnitt wird bei jedem Neustart des Busses synchronisiert. Die Steuergeräte, die den FlexRay synchronisieren, sind im Busplan immer mit einem kleinen “S” gekennzeichnet.

Der FlexRay kann im Fehlerfall und entsprechendem Fehlercode über das Werkstatt-Informationssystem synchronisiert werden.

SYNCHRONISIERUNG

Um in vernetzten Steuergeräten die synchrone Ausführung einzelner Funktionen realisieren zu können, ist eine gemeinsame Zeitbasis notwendig. Da alle Steuergeräte intern mit einem Taktgenerator arbeiten, muss der Zeitabgleich über den Bus erfolgen. Die Steuergeräte messen die Zeitdauer gewisser Synchronisierungsbits, errechnen daraus den Mittelwert und passen ihren Bustakt an diesen Wert an. Die Synchronisierungsbits werden im statischen Teil der Busnachricht gesendet. Die Synchronisierung beginnt im FlexRay nach dem Systemstart zwischen zwei der weckberechtigten Steuergeräte (In der Busübersicht mit “S” gekennzeichnet), nachdem der BDC einen Wake-up-Impuls gesendet hat. Wenn dieser Vorgang abgeschlossen ist, melden sich die restlichen Steuergeräte nacheinander am FlexRay an und berechnen ihren jeweiligen Differenzwert. Zusätzlich erfolgt während des Betriebes noch eine rechnerische Korrektur der Synchronisierung. So ist gewährleistet, dass auch kleinste Zeitdifferenzen über längere Zeit nicht zu Übertragungsfehlern führen.

nt°vxyz...abc...<°t12TE17-0316[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

DETERMINISTISCHE DATENÜBERTRAGUNG

Fehlerbehandlung

Bei Fehlern an den Busleitungen (z. B. Kurzschluss) oder an den FlexRay-Steuergeräten selber, können einzelne Steuergeräte oder ganze Zweige von der Bus-Kommunikation ausgeschlossen werden.

VERKABELUNG

Die Verkabelung des FlexRay-Busses ist als zweiadriges verdrilltes Kabel mit Ummantelung ausgeführt. Die Ummantelung schützt die Kabel vor mechanischer Beschädigung.

Die Abschlusswiderstände befinden sich teilweise im BDC und in den Endgeräten. Da der Wellenwiderstand (Impedanz von hochfrequenten Leitungen) der Leitungen von äußeren Einflussfaktoren abhängig ist, sind die Abschlusswiderstände sehr genau auf den geforderten Widerstandswert abgestimmt. Mittels eines Ohmmeters (Multimeter) können relativ einfach die Leitungsstücke zu den Endgeräten geprüft werden.

MESSUNGEN

Bei Widerstandsmessungen im FlexRay unbedingt den Fahrzeugschaltplan und die Reparaturanleitung beachten!

Durch die verschiedenen Terminierungsmöglichkeiten kann es zu Fehlinterpretationen der Messergebnissen kommen. Eine Widerstandsmessung der FlexRay Leitungen kann keine 100%ige Aussage über die Funktion der Verkabelung des Systems liefern. Im statischen Zustand kann der Widerstandswert bei Beschädigungen wie Quetschung oder Steckerkorrosion innerhalb der Toleranz liegen. Im dynamischen Betrieb können aber durch elektrische Einflüsse erhöhte Wellenwiderstände entstehen, die zu Fehlern in der Datenübertragung führen.

Eine Reparatur des FlexRay ist möglich. Die Kabel können nach Anleitung der Reparaturanleitung durchgeführt werden. Bei der Montage sind allerdings verschiedene Besonderheiten zu beachten. Bei der Verkabelung des FlexRay handelt es sich um verdrillte Leitungen. Diese Verdrillung sollte möglichst auch bei der Reparatur erhalten bleiben. Abisolierte Stellen im Reparaturbereich müssen mit Schrumpschläuchen abgedichtet werden. Feuchtigkeitseintritt kann sich auf den Wellenwiderstand und damit auf die Leistungsfähigkeit des Bus-Systems auswirken. Unbedingt die Reparaturanleitung beachten!

SIGNAL

Die Grundspannung des High- und Low-Signals befindet sich bei 2,5 V. Der Spannungspegel des Low-Signals wechselt auf 1,9 V bis 2 V und der High-Signals wechselt auf 3 V bis 3,1 V.

Die Spannungswerte sind jeweils gegen Masse gemessen.

Ut123450111000TE16-1830[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

SIGNAL FLEXRAY

TE13-1951[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

OSZILLOSKOPDARSTELLUNG FLEXRAY

ABSCHLUSSWIDERSTAND

Jeder Zweig des FlexRay ist als eigenständiges Bus-System mit Abschlusswiderständen zu sehen. Die Abschlusswiderstände sind in den am weitesten voneinander entfernten Steuergeräten des jeweiligen Zweigs eingebaut.

Ein Widerstand hat etwa 90 Ω. Da die Widerstände hier, wie schon bei den 500 kBit/s Bus-Systemen parallel geschaltet sind, beträgt der gemessene Gesamtwiderstand etwa 45 Ω. Der Gesamtwiderstand kann am Bus zwischen den Leitungen High und Low gemessen werden.

**CAN-BUS**

Ein CAN-Bus (Controller-Area-Network) ist ein Zweidrahtbus-System.

Die Vorteile des CAN-Busses sind:

Höhere Geschwindigkeit der Datenübertragung gegenüber konventioneller Verkabelung

Bessere elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Verbesserte Notlaufeigenschaften.

Inhaltsverzeichnis

Übersicht CAN-Busse

K-CAN

D-CAN

F-CAN

PT-CAN

CAN-FD

Signal

CAN-Bus mit 100 kBit/s

CAN-Bus mit 500 kBit/s bis 2 MBit/s

Abschlusswiderstand

CAN-Bus mit 100 kBit/s

CAN-Bus mit 500 kBit/s

CAN-FD

ÜBERSICHT CAN-BUSSE

K-CAN

K-CAN steht für Karosserie-CAN. Er überträgt Informationen der Steuergeräte, welche Funktionen im Karosseriebereich haben, wie z. B. die Beleuchtung oder die Klimaanlage.

Der K-CAN besteht aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen und weist folgende Merkmale auf:

Datenübertragungsrate von 100 kBit/s

Der K-CAN besitzt eine Notlaufeigenschaft. Findet auf einer der beiden Kupferleitungen keine Übertragung statt, ist es möglich, die Übertragung komplett auf die andere Leitung zu verlagern.

Der K-CAN besitzt eine lineare Bus-Struktur. Jedes Steuergerät kann gleichwertig Nachrichten senden und empfangen. Die Reihenfolge der zu sendenden Nachrichten ist von deren Priorität abhängig. Nachrichten mit einer höheren Priorität erhalten Vorrang.

Mit dem Einsatz der G-Baureihe ist der K-CAN entfallen.

K-CAN2 BIS K-CAN10

Der K-CAN2 wird seit dem F01/F02 (Bordnetz 2020) eingesetzt. Der K-CAN2 löste seitdem Schritt für Schritt den bisherigen K-CAN ab (seit der G-Baureihe wird der K-CAN nicht mehr eingesetzt).

Der K-CAN2 besteht aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen und weist folgende Merkmale auf:

Datenübertragungsrate von 500 kBit/s

Keine Notlaufeigenschaften. Wird auf einer der beiden Leitungen nicht mehr gesendet, so ist der Bus ohne Kommunikation.

Lineare Bus-Struktur.

Mittlerweile wird nicht mehr nur ein K-CAN2, sondern auch ein K-CAN3 bis zum K-CAN10 eingesetzt. Die Datenübertragungsraten sowie die Signale sind alle identisch. Der Grund für die Aufteilung auf mehrere Busse liegt am Datenvolumen, welches über diese Busse läuft. (Der K-CAN im E65/E66 wurde bereits aufgeteilt in Peripherie und in System.)

Die Grafik zeigt die verschiedenen K-CANs in einem G11/G12.

D-CAN

Der Diagnose-on-CAN, kurz D-CAN, ist für die Datenübertragung zwischen dem Gateway und dem Diagnosesystem zuständig.

Ist ein ICOM an der Diagnoseschnittstelle angeschlossen, werden die Daten über den D-CAN abgefragt. Der D-CAN nutzt ein eigenes Datenübertragungsprotokoll. Er ist nur mit dem Gateway verbunden. Das Gateway leitet die Abfrage des Werkstatt-Informationssystems an die einzelnen Bus-Systeme und somit Steuergeräte im Fahrzeug weiter. Die Antworten der einzelnen Bus-Systeme werden wiederum vom Gateway über den D-CAN an das Werkstatt-Informationssystem weitergeleitet.

Der D-CAN besteht aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen und weist folgende Merkmale auf:

Datenübertragungsrate von 500 kBit/s

Keine Notlaufeigenschaften. Wird auf einer der beiden Leitungen nicht mehr gesendet, so ist der Bus ohne Kommunikation.

Er ist in der Diagnosesteckdose an den Pins 6 und 14 angeschlossen.

F-CAN

Der Fahrwerks-CAN, kurz F-CAN, kam im E60 erstmalig zum Einsatz. Dort wurde aufgrund der Aktivlenkung eine schnelle Verbindung der einzelnen Systeme benötigt. Der F-CAN wurde ab dem E70 schrittweise durch das schnellere Bus-System “FlexRay” abgelöst.

Der F-CAN besteht aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen und weist folgende Merkmale auf:

Datenübertragungsrate von 500 kBit/s

Keine Notlaufeigenschaften. Wird auf einer der beiden Leitungen nicht mehr gesendet, so ist der Bus ohne Kommunikation.

Er besitzt eine lineare Bus-Struktur.

PT-CAN

Der Powertrain-CAN, kurz PT-CAN, wird für die Vernetzung der zum Antriebs- oder Fahrerassistenzsystem gehörenden Steuergeräte eingesetzt.

Der PT-CAN besteht aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen und gegebenenfalls aus einer Weckleitung. Er weist folgende Merkmale auf:

Datenübertragungsrate von 500 kBit/s

Keine Notlaufeigenschaften. Wird auf einer der beiden Leitungen nicht mehr gesendet, so ist der Bus ohne Kommunikation.

Er besitzt eine lineare Bus-Struktur.

PT-CAN2

Seit dem F01/F02 (Bordnetz 2020) wird als Redundanz zum PT-CAN ein PT-CAN2 eingesetzt.

Der Aufbau, die Datenübertragungsrate und die Struktur sind identisch mit dem PT-CAN.

CAN-FD

Der CAN-FD (Controller Area Network mit Flexibler Datenrate) ist eine erweiterte Version des klassischen CAN-Busses.

Vorteile gegenüber einem klassischen CAN:

Erweiterung der Nutzdaten innerhalb eines Datenpakets von 8 Bytes auf 64 Bytes

Höhere Datenübertragungsrate innerhalb der Datenphase von 500 kBit/s auf bis zu 2 Mbit/s.

Die Identifier Daten werden nach wie vor mit 500 kBit/s übertragen, um den sicheren Empfang der Priorität der Nachricht zu gewährleisten. Je nach Priorität eines Datenpakets kann die Latenz-Zeit variieren.

Wie beim CAN-Bus sind auch die Leitungen des CAN-FD verdrillt.

Der CAN-FD besitzt eine separate Weckleitung.

Mit dem I20 kommen erstmals mehrere CAN-FDs zum Einsatz:

CAN-FD

CAN-FD2

CAN-FD3.

Mit dem U06 kommt zudem der CAN-FD4 zum Einsatz.

STRUKTUR

Die Steuergeräte im CAN-FD Verbund sind in Reihe geschaltet. Bei dieser Reihenschaltung wird der CAN-FD durch die Steuergeräte durchgeschleift. Nur diese Schaltung garantiert eine saubere und sichere Signalverarbeitung unter den Steuergeräten im CAN-FD Verbund.

Für den Service ist zu beachten, dass ein abgestecktes Steuergerät zu einer Unterbrechung des CAN-FD führt. Eine Datenübertragung unter den Steuergeräten ist somit ausgeschlossen.

Ein spannungsloses oder defektes Steuergerät stellt bei der Datenübertragung kein Problem bei der Datenübertragung dar.

SIGNAL

CAN-BUS MIT 100 KBIT/S

Die Spannung am CAN-High gegen Masse beträgt 4 V und die Spannung des CAN-Low gegen Masse beträgt 1 V. Die Spannungsdifferenz zwischen High und Low beträgt 3 V.

Ein Bit wird über die Spannungsdifferenz beider Signale übertragen. Eine logische 1 ist gegeben, wenn zeitgleich:

der Spannungspegel des CAN-High von Low auf High wechselt

der Spannungspegel des CAN-Low von High auf Low wechselt.

Der umgekehrte Wechsel ist eine logische 0.

Durch die doppelte Signalübertragung ist eine sichere Datenübertragung gewährleistet. Das macht dieses Bus-System gegenüber Störeinflüssen relativ unempfindlich.

CAN-BUS MIT 500 KBIT/S BIS 2 MBIT/S

Die Grundspannung des CAN-High und CAN-Low befindet sich bei 2,5 V. Der Spannungspegel des CAN-Low wechselt auf 1 V und der CAN-High wechselt auf 4 V.

Folgende Bus-Systeme arbeiten mit 500 kBit/s:

D-CAN

F-CAN

K-CAN2 bis K-CAN9

PT-CAN

PT-CAN2.

WECKLEITUNG

Der geringe Spannungspegel im CAN-Verbund ist nicht immer ausreichend, um alle Steuergeräte zu wecken. Aus diesem Grund sind ein Teil der Steuergeräte an eine Weckleitung angeschlossen. Die Weckleitung wird in den Schaltplänen im Werkstatt-Informationssystem als Klemme 15 WUP (Wake-up-Leitung, Klemme 15) gekennzeichnet. Wird das Fahrzeug geweckt, z. B. durch das Entriegeln, so wird das Steuergerät über die Weckleitung kurzzeitig mit einer Spannung von ca. 12 V versorgt. Über die Weckleitung werden ein Teil der Steuergeräte während des Betriebs mit der Klemme 15 versorgt.

Einige ausgewählte Steuergeräte sind berechtigt zu wecken. Beispielsweise ist das Funktionszentrum Dach FZD berechtigt zu wecken, da die Alarmanlage im FZD integriert ist. Bei einer Auslösung der Alarmanlage wird das Fahrzeug aufgeweckt, um z. B. die Warnblinkanlage zu aktivieren.

Im Beispiel sehen Sie eine Bus-Übersicht des F30 LCI. Die Steuergeräte, welche an der Weckleitung angeschlossen sind, werden durch ein blaues Dreieck gekennzeichnet. Die anderen Steuergeräte können durch den Spannungspegel des Bus-Systems geweckt werden. Welche Steuergeräte in den jeweiligen Fahrzeugen an einer Klemme 15 Weckleitung angeschlossen sind, muss dem jeweiligen Schaltplan entnommen werden.

ABSCHLUSSWIDERSTAND

CAN-BUS MIT 100 KBIT/S

Bei diesen Bus-Systemen sind verschiedene Abschlusswiderstände in den Steuergeräten integriert. Im Grundsteuergerät (ein Steuergerät, welches bereits in der Grundausstattung enthalten ist) ist ein 820 Ω Widerstand integriert. In den anderen Steuergeräten befindet sich jeweils ein Widerstand mit einem Wert von 12 kΩ.

CAN-BUS MIT 500 KBIT/S

Die Enden der CAN-Bus-Leitung sind jeweils durch einen Widerstand miteinander verbunden.

Das Verdrillen der Leitungen und die Abschlusswiderstände bewirken eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Störungen. Die Abschlusswiderstände sind entweder in den Steuergeräten integriert oder in CAN-Terminatoren zusammengefasst.

Die Abschlusswiderstände sind in den am weitesten voneinander entfernten Steuergeräten eingebaut (am weitesten entfernt innerhalb des Bus-Systems, nicht vom Einbauort im Fahrzeug). Der Gesamtwiderstand, der sich aus der Parallelschaltung der beiden 120 Ω-Widerstände ergibt, beträgt etwa 60 Ω. Der Gesamtwiderstand kann zwischen den Leitungen CAN-High und CAN-Low mit einem Multimeter gemessen werden. Die jeweiligen Einbauorte der Abschlusswiderstände entnehmen Sie dem passenden Schaltplan aus dem Werkstatt-Informationssystem.

Zusätzlich ist ein Abgriff gegen Masse mit einem Kondensator zur Reduzierung von hochfrequenten Störungen eingebaut.

CAN-FD

Der CAN-FD besitzt am Anfang und am Ende jeweils einen Abschlusswiderstand mit 120 Ω. Daraus ergibt sich ein Gesamtwiderstand von 60 Ω.

**ETHERNET**

Ethernet ist eine kabelgebundene Datennetztechnik für lokale Datennetze (LANs). Sie ermöglicht den Datenaustausch in Form von Datenrahmen zwischen allen in einem lokalen Netz (LAN) angeschlossenen Geräten (Rechner, Drucker, ...). Ein Großteil der Computernetzwerke basiert heutzutage auf dieser Datenübertragungstechnik. Früher erstreckte sich das LAN nur über ein Gebäude. Heute verbindet die Ethernet-Technik per Glasfaser oder Funk auch Geräte über weite Entfernungen. Ethernet wurde vor über 30 Jahren erfunden. Als Übertragungsprotokoll benutzte man ein Protokoll, das damals für ein funkbasiertes Netz verwendet wurde. Daher auch der Name Ether (englisch für "Äther"), der nach historischen Annahmen das Medium zur Ausbreitung von Funkwellen war. In einem Ethernet übertragen die Teilnehmer innerhalb des gemeinsamen Leitungsnetzes die Nachrichten durch Hochfrequenzsignale. Jeder Netzwerkteilnehmer hat einen eindeutigen 48-Bit-Schlüssel, der als MAC-Adresse bezeichnet wird. Dies stellt sicher, dass alle Systeme in einem Ethernet unterschiedliche Adressen haben. MAC ist ein Akronym von Media Access Control und bedeutet Medienzugriffskontrolle. Die MAC-Adresse wird benötigt, weil ein gemeinsames Medium (Netzwerk) nicht gleichzeitig von mehreren Rechnern verwendet werden kann, ohne dass es über kurz oder lang zu Datenkollisionen und damit zu Kommunikationsstörungen oder Datenverlust kommt. Im Laufe der Entwicklung des Ethernets wurden verschiedene Datenübertragungsgeschwindigkeiten definiert. Seit 1995 wird der 100-MBit/s-Standard eingesetzt und als Fast Ethernet bezeichnet. Im R60 kommt auch der Fast Ethernet nach Norm IEEE 802.3 2005 100baseTX mit 100 MBit/s Datenübertragungsrate zum Einsatz. 100-MBit/s-Ethernet wird heute als LAN-Verbindung auch für PCs genutzt.

Das 100-MBit/s-Ethernet bietet neben einer hohen Datenrate noch folgende Vorteile:

* Alle Händler verfügen über eine Ethernet-Infrastruktur.
* Ethernet ist zukunftssicher.
* IT-Standardtechnologien können innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs verwendet werden.
* Ethernet erlaubt eine Kabellänge von 100 m.

In den aktuellen BMW Fahrzeugen werden 2 Ethernet-Verbindungen verwendet:

* Ethernet mit 4 Leitungen
* Ethernet mit 2 Leitungen (OABR-Ethernet).

**Inhaltsverzeichnis**

* [Ethernet mit 4 Leitungen](about:blank#Ethernet-Ethernetmit4Leitungen)
  + [Ethernet zwischen Diagnosesteckdose und Gateway](about:blank#Ethernet-EthernetzwischenDiagnosesteckdoseundGateway)
  + [Ethernet zwischen Gateway und Headunit](about:blank#Ethernet-EthernetzwischenGatewayundHeadunit)
  + [Ethernet zwischen Headunit und Fond-Entertainment](about:blank#Ethernet-EthernetzwischenHeadunitundFond-Entertainment)
  + [Aktivierung des Ethernet-Zugangs](about:blank#Ethernet-AktivierungdesEthernet-Zugangs)
* [OABR-Ethernet](about:blank#Ethernet-OABR-Ethernet)
  + [Datenübertragung](about:blank#Ethernet-Daten%C3%BCbertragung)
  + [Ethernet-Switch](about:blank#Ethernet-Ethernet-Switch)
    - [Einbauort](about:blank#Ethernet-Einbauort)
    - [Topologie ohne Ethernet-Switch](about:blank#Ethernet-TopologieohneEthernet-Switch)
    - [Topologie mit Ethernet-Switch](about:blank#Ethernet-TopologiemitEthernet-Switch)
  + [Schichtmodel](about:blank#Ethernet-Schichtmodel)

FRSFKAFASRFKSASTRSVCRAMRSEBOOSTERHEADUNITTCBDCSKOMBIBDC2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet5Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet2Ethernet1234567891011121314151617TE17-22551234567891011121314151617[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

ETHERNET AM BEISPIEL G05

ETHERNET MIT 4 LEITUNGEN

Das Ethernet hatte seinen ersten Einsatz im F01. Das Ethernet wurde hier für 3 unterschiedliche Datenübertragungen eingesetzt:

* Ethernet zwischen Diagnosesteckdose und Gateway
* Ethernet zwischen Gateway und Headunit
* Ethernet zwischen Headunit und Fond-Entertainment.

Das zwischen Diagnosesteckdose und Gateway Ethernet besteht aus insgesamt 5 Leitungen. 4 Leitungen sind für die Datenübertragung zuständig. Diese Leitungen sind paarweise miteinander verdrillt. Die fünfte Leitung ist eine Aktivierungsleitung. Die Fahrzeugschnittstelle ist in der Diagnosesteckdose integriert.

Beim 4-Draht-Ethernet System vom Gateway zur Headunit bzw. von der Headunit zum Rear Seat Entertainment RSE werden 4 Datenleitungen für die Übertragung verwendet. Eine Aktivierungsleitung ist nicht nötig.

81169TE17-0314[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

DIAGNOSESTECKDOSE

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Pin** | **Belegung** | **Pin** | **Belegung** |
| **1** | Nicht belegt | **9** | Drehzahl Verbrennungsmotor |
| **2** | Nicht belegt | **10** | Nicht belegt |
| **3** | Ethernet Rx+ | **11** | Ethernet Rx- |
| **4** | Klemme 31 | **12** | Ethernet Tx+ |
| **5** | Klemme 31 | **13** | Ethernet Tx- |
| **6** | D-CAN High | **14** | D-CAN Low |
| **7** | Nicht belegt | **15** | Nicht belegt |
| **8** | Ethernet-Aktivierung | **16** | Klemme 30F |

ETHERNET ZWISCHEN DIAGNOSESTECKDOSE UND GATEWAY

4213TE16-1831[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

TE16-1831

Die zunehmende Anzahl und Komplexität der Funktionen im Fahrzeug bewirkt einen stetigen Anstieg von Steuergeräten und somit des Datenvolumens im Fahrzeug. Diese Steuergeräte müssen, um den aktuellen Datenzustand zu besitzen, bei Bedarf programmiert werden. Fahrzeuge der E-Baureihe werden über den D-CAN programmiert. Seit dem F01/F02 (Bordnetz 2020) wird die Programmierung über einen Ethernet-Zugang durchgeführt. Das Ethernet erlaubt eine Datenübertragungsrate von 100 MBit/s (im Vergleich D-CAN 500 kBit/s).

ETHERNET ZWISCHEN GATEWAY UND HEADUNIT

4321TE16-1832[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

TE16-1832

Eine weitere Ethernet-Verbindung ist zwischen dem Gateway-Steuergerät und der Headunit eingebaut. Diese Ethernet-Verbindung ist für die Aktualisierung der Kartendaten mittels Programmierung notwendig.

ETHERNET ZWISCHEN HEADUNIT UND FOND-ENTERTAINMENT

RSEHEADUNIT123TE16-1833[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

TE16-1833

Die zweite Ethernet-Verbindung kommt nur bei Fahrzeugen zum Einsatz, die über die Sonderausstattung Fond-Entertainment verfügen. Das Ethernet verbindet hierbei die Headunit mit dem Rear Seat Entertainment RSE, um Daten, wie z. B. Navigationshinweise zu übertragen.

AKTIVIERUNG DES ETHERNET-ZUGANGS

Der Ethernet-Bus ist im normalen Fahrzeug-Betrieb abgeschaltet. Vor jeder Nutzung muss dieser Bus aktiviert bzw. nach Benutzung wieder deaktiviert werden. Durch Anstecken des ICOMs wird die Aktivierungsleitung (Pin 8) mit der Klemme 30 (Pin 16) verbunden und somit der Ethernet-Bus aktiviert. Dabei erhält der Ethernet-Baustein im CIC Basic 2 das Signal (Spannungspegel der Klemme 30) über die Aktivierungsleitung. Durch Abstecken des ICOM A von der Diagnosesteckdose wird der Ethernet-Bus deaktiviert. Im Fahrbetrieb beim Kunden ist der Ethernet-Zugang immer deaktiviert. Jeder Bus-Teilnehmer in einem Ethernet hat eine weltweit eindeutig vergebene Identifikationsnummer, die MAC-Adresse (Media Access Control). Über die MAC-Adresse ist ein Bus-Teilnehmer in einem Netzwerk eindeutig identifizierbar.

Die MAC-Adresse des CIC Basic 2 kann nicht geändert werden. Bevor die Kommunikation mit dem CIC Basic 2 stattfinden kann, muss dieser eine so genannte IP-Adresse erhalten. Die IP-Adresse ist eine **logische** Identifikationsnummer für einen Netzwerkteilnehmer, wie sie auch in einem Computer-Netzwerk im Büro für jedes Gerät benötigt wird. Die IP-Adresse ist nur im jeweiligen Netzwerksegment (Subnetz) eindeutig und kann dynamisch oder statisch vergeben werden.

Die Funktion einer IP-Adresse in einem Netzwerk entspricht einer Telefonnummer im Telefonnetz. Die Zuteilung dieser IP-Adresse erfolgt per DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Dies ist ein Verfahren zur automatischen Vergabe von IP-Adressen an neue Endgeräte in einem Netzwerk. Am Endgerät muss lediglich der automatische Bezug der IP-Adresse eingestellt sein. Für den Betrieb in wechselnder Werkstatt-Netzwerkinfrastruktur muss die IP-Adresse dynamisch zugeordnet werden können. Das ICOM A arbeitet deshalb als so genannter DHCP-Server und vergibt eine IP-Adresse. Nach Abstecken des ICOMs wird die vergebene IP-Adresse nach Ablauf der im DHCP-Server eingestellten Zeit wieder frei. Der Ethernet-Anschluss beeinflusst die Funktionsweise und das Zeitverhalten des D-CAN-Anschlusses nicht.

OABR-ETHERNET

Speziell für den Einsatz in Fahrzeugen wurde der Standard "**O**PEN **A**lliance **B**roadR-**R**each" (OABR-Ethernet) als neue Übertragungsschicht der Daten entwickelt. OABR-Ethernet benötigt lediglich eine ungeschirmte verdrillte Zweidrahtverbindung. OABR-Ethernet unterstützt eine bidirektionale 100-MBit/s-Kommunikation zwischen 2 Knoten. Beide Knoten können also gleichzeitig mit einer Datenübertragungsrate von 100 MBit/s senden und empfangen.

Eine der ersten Einsatzoptionen des OABR-Ethernet ist die Übertragung der Fahrzeug-Kameradaten im F15. Im F23 wird das OABR-Ethernet für die Verbindung zwischen dem Telematiksteuergerät und der Headunit verwendet.  Der Vorteil von Ethernet ist, dass Fahrzeugkameras (IP-basierend) nicht nur mit einem Steuergerät verbunden werden. Es könnten mehrere Steuergeräte auf die Datenströme der Fahrzeug-Kameras zugreifen. Das Netzwerk wird dadurch sehr flexibel und ist für die Zukunft gut gerüstet.

Seit dem G11/G12 wird das OABR-Ethernet auch für die Vernetzung von Steuergeräten verwendet, ähnlich wie ein CAN-Bus.

Ein weiterer wichtiger Vorteil ist das schnelle Programmieren (Flashen) von Steuergeräten. Über Ethernet verkürzt sich die Programmierdauer signifikant. Kann ein CAN-Bus nur Daten mit einer maximalen Länge von 8 Byte pro Nachricht übertragen, weisen Ethernet-Nachrichten eine Länge von über 1500 Byte auf. Dadurch steigt die Nutzdatenrate: In einer kürzeren Zeitspanne lassen sich deutlich umfangreichere Nachrichtenpakete übertragen.

Es werden bei einer OABR-Ethernet-Anbindung nur noch 2 Leitungen (statt bisher 4 oder 5 Leitungen bei Ethernet) verwendet. Dadurch können zusätzlich Gewicht und Kosten eingespart werden.

100 Mbit/s100 Mbit/s100 Mbit/s100 Mbit/sTCB2HEADUNITBDCHEADUNITAB1a1b2a2b2c2c33TE15-0874[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

OABR-ETHERNET IM VERGLEICH ZUM HERKÖMMLICHEN 2–DRAHT-ETHERNET

DATENÜBERTRAGUNG

Beim Standard Ethernet 100BASE-TX wird für die Datenübertragung jeweils ein Leitungspaar zum Senden und ein Paar zum Empfangen benötigt.

Beim OABR-Ethernet werden die Daten im Gegensatz zum oben genannten Standard Ethernet mit einem Leitungspaar übertragen. Das heißt, beim 2-Draht-OABR-Ethernet erfolgt über jedes der beiden Single Pair Kabel ein gleichzeitiger Sende- und Empfangsbetrieb. Die beiden Leitungen übertragen hierbei differentiell ein Summensignal. Wenn eine Leitung unterbrochen ist, kann über die differentielle Übertragung kein Signal mehr über den zweiten Draht zurückfließen. Eine symmetrische Übertragung wäre somit nicht mehr möglich, die Kommunikation über den Datenbus kommt zum Erliegen.

Bei der Übertragung werden über die Leitungen jeweils Nachrichten mit 100 MBit/s in beide Richtungen gleichzeitig übertragen. Dies ergibt in Summe eine maximale Übertragungsgeschwindigkeit von 200 MBit/s an Daten. Im Transceiver wird dann jeweils die gesendete Nachricht vom Bus-Signal subtrahiert. Das Ergebnis ist die Botschaft des gegenüberliegenden Transceivers. Nachfolgend eine Prinzipdarstellung der Transceiver des OABR-Ethernets um zu zeigen, wie der Datenaustausch vonstattengeht:

Transceiver 2Transceiver 12A2B2C1345TE14-0956[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

TRANSCEIVER IM OABR-ETHERNET PRINZIPDARSTELLUNG

ETHERNET-SWITCH

Das OABR-Ethernet erfordert eine Vernetzung von Punkt zu Punkt. Das heißt, das Bus-System wird nicht wie z. B. beim CAN-Bus (Controller Area Network) zwischen mehreren Knoten aufgeteilt. Stattdessen kommen zur Anbindung weiterer Knoten Ethernet-Switches zum Einsatz. Ethernet-Switches sind in einigen Steuergeräten integriert. Genügen die Anschlüsse des Ethernets in den Steuergeräten, so ist kein Ethernet-Switch eingebaut. Genügen die Anschlüsse nicht, wird ein Ethernet-Switch zusätzlich eingebaut. Der Ethernet-Switch besitzt nur eine reine Verteilfunktion. Die Steckbelegung sollte allerdings über das Diagnosesystem im Ethernet-Switch eingetragen werden, damit bei einer Fehlersuche die richtigen Anschlüsse zugeordnet werden.

Bei Fahrzeugen, bei denen die Ethernet-Schnittstellen am Body Domain Controller BDC mit ausreichen, kommt abhängig von der Fahrzeugausstattung ein Ethernet-Switch ENS zum Einsatz. Beim Ausfall eines Ethernet-Switches sind alle darüber angebundenen Bus-Teilnehmer vom restlichen Netzwerk getrennt und können nicht mehr über Ethernet kommunizieren.

EINBAUORT

aaTE16-0204[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

ETHERNET-SWITCH

TOPOLOGIE OHNE ETHERNET-SWITCH

EthernetEthernetEthernetEthernet5EthernetOBD2222Ethernet222EthernetEthernet2Ethernet2APIX 2TCBRSEKOMBIKAFASRFKTRSVCBDCHEADUNITSASACC123457689101112TE16-0202[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

ETHERNET-TOPOLOGIE BEI FAHRZEUGEN MIT HEADUNIT HIGH

TOPOLOGIE MIT ETHERNET-SWITCH

EthernetEthernetEthernetEthernet5Ethernet2222OBD2Ethernet222EthernetEthernetEthernetEthernetEthernet222TCBKOMBISASKAFASACCRFKTRSVCENSBDCHEADUNIT1234576891011TE16-0203[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

ETHERNET-TOPOLOGIE MIT ETHERNET-SWITCH

SCHICHTMODEL

Die Nachrichtenübermittlung folgt den Regeln, die beim konventionellen Ethernet 100BaseTX definiert wurden. Die Instanzen auf Sender- und Empfängerseite müssen nach diesen festgelegten Regeln arbeiten, damit sie sich einig sind, wie die Daten zu verarbeiten sind.

Beim Ethernet wird das Open Systems Interconnection Modell kurz OSI-Modell verwendet.

Es besteht aus 7 Schichten:

* Schicht 1: Physikalische Schicht mit 100 MBit/s
* Schicht 2: Link (Gerätetreiber, Hardware)
* Schicht 3: Network (Paketzustellung, Routing)
* Schicht 4: Transport (Paketsicherung, Verschlüsselung)
* Schicht 5-7 Applikationen (Benutzeranwendungen und Prozesse)

Für das 2-Draht-Ethernet OABR wurden zusätzlich folgende Bausteine hinzugefügt:

* Fahrzeug-Netzwerk-Management
* Service-Discovery Protokoll (für das asynchrone Starten und Stoppen von Funktionen)

**BUS-SYSTEME**

Der Anteil elektronischer Geräte und Systeme im Fahrzeug nimmt stetig zu.

Sowohl der Gesetzgeber als auch der Kunde fördern diese Entwicklung. Der Gesetzgeber ist an einer Verbesserung des Abgasverhaltens und des Kraftstoffverbrauchs interessiert. Die Kundenwünsche hingegen beziehen sich auf immer neue Verbesserungen in Fahrkomfort und Fahrsicherheit.

Steuergeräte, die diesen Anforderungen gerecht werden, kommen seit Längerem zum Einsatz. Beispielsweise finden Steuergeräte im Bereich der Motorsteuerung und der Airbagsysteme Verwendung.

Die Komplexität der dabei realisierten Funktionen macht den Datenaustausch zwischen den Steuergeräten unumgänglich. Dabei werden die Daten konventionell über Signalleitungen übertragen. Diese Art der Datenübertragung ist jedoch aufgrund zunehmender Komplexität der Steuergerätefunktionen nur mit erheblichem Aufwand realisierbar.

Ursprünglich autonome Prozesse einzelner Steuergeräte werden miteinander über Bus-Systeme gekoppelt. Dies bedeutet, dass die Prozesse aufgeteilt sind, bordnetzübergreifend abgearbeitet werden und koordiniert zusammenwirken.

Der Datenaustausch innerhalb des Bordnetzes nimmt deshalb zu. Dadurch werden viele neue Funktionen möglich, beispielsweise erhöhte Fahrsicherheit und erhöhter Fahrkomfort.

**Ein Bus-System ist eine Vernetzung der Steuergeräte in einem Fahrzeug, um die Kommunikation zwischen den einzelnen Steuergeräten zu ermöglichen.**

Die Kommunikation zwischen den Steuergeräten unterschiedlicher Systeme ist aus folgenden Gründen notwendig:

* Besseres Ausnutzen der Einzelsysteme
* Anzahl der Sensoren begrenzen
* Leitungsumfang begrenzen.

In der Grafik sehen Sie den Vorteil der Bus-Systeme anhand eines Außentemperatursensors. Diesen Messwert benötigen viele Steuergeräte, beispielsweise:

* das KOMBI für die Anzeige der Außentemperatur
* die integrierte Heiz-Klima-Automatik, um die vom Fahrer gewünschte Temperatur im Fahrzeuginnenraum zu erreichen
* die Motorsteuerung
* die Getriebesteuerung
* die Fahrerassistenzsysteme etc.

Ist ein Bus-System vorhanden, so wird der Messwert des Außentemperatursensors nur von einem Steuergerät eingelesen. Dieses sendet ihn über das Bus-System an alle weiteren Steuergeräte.

Aufgrund des Beschreibungs-Umfangs sind einige Themen in eigenen Artikeln beschrieben, siehe "Weiterführende Artikel".

**Inhaltsverzeichnis**

* [Vorteile](about:blank#BusSysteme-Vorteile)
* [Bus-Systeme bei BMW](about:blank#BusSysteme-Bus-SystemebeiBMW)
  + [Hauptbus-Systeme](about:blank#BusSysteme-Hauptbus-Systeme)
  + [Sub-Bus-Systeme](about:blank#BusSysteme-Sub-Bus-Systeme)
  + [Darstellung der Bus-Systeme](about:blank#BusSysteme-DarstellungderBus-Systeme)
* [Grundlagen Struktur von Bus-Systemen](about:blank#BusSysteme-GrundlagenStrukturvonBus-Systemen)
  + [Linear](about:blank#BusSysteme-Linear)
  + [Sternförmig](about:blank#BusSysteme-Sternf%C3%B6rmig)
  + [Ringförmig](about:blank#BusSysteme-Ringf%C3%B6rmig)
  + [Reihenschaltung](about:blank#BusSysteme-Reihenschaltung)
* [Grundlagen Datenübertragung](about:blank#BusSysteme-GrundlagenDaten%C3%BCbertragung)
  + [Analog](about:blank#BusSysteme-Analog)
  + [Digital](about:blank#BusSysteme-Digital)
* [Zweidrahtbus-Systeme](about:blank#BusSysteme-Zweidrahtbus-Systeme)
  + [Abschlusswiderstand](about:blank#BusSysteme-Abschlusswiderstand)
* [SerDes](about:blank#BusSysteme-SerDes)
  + [Hinweise für den Service](about:blank#BusSysteme-Hinweisef%C3%BCrdenService)
* [Darstellung der Bus-Systeme](about:blank#BusSysteme-DarstellungderBus-Systeme.1)
  + [E83](about:blank#BusSysteme-E83)
  + [E65/E66](about:blank#BusSysteme-E65/E66)
  + [E70](about:blank#BusSysteme-E70)
  + [F01/F02](about:blank#BusSysteme-F01/F02)
  + [G11/G12](about:blank#BusSysteme-G11/G12)
  + [G05](about:blank#BusSysteme-G05)
  + [G08 BEV](about:blank#BusSysteme-G08BEV)
  + [I20](about:blank#BusSysteme-I20)

**Weiterführende Artikel**

* [APIX](about:blank)
* [CAN-Bus](about:blank)
* [Eindrahtbus-Systeme](about:blank)
* [Ethernet](about:blank)
* [FlexRay](about:blank)
* [Lichtwellenleiter](about:blank)
* [Zentrales Steuergerät (Gateway)](about:blank)

VORTEILE

Die zunehmende Elektrifizierung im Fahrzeug ist durch verschiedene Faktoren begrenzt:

* Zunehmender Verkabelungsaufwand
* Erhöhte Produktionskosten
* Erhöhter Platzbedarf im Fahrzeug
* Schwer beherrschbare Konfigurierbarkeit der Komponenten
* Sinkende Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

Um diese Nachteile zu minimieren, werden im Fahrzeug für das Bordnetz Bus-Systeme eingesetzt. Bus-Systeme besitzen eine Vielzahl an Vorteilen. Dazu zählen unter anderem:

* Höhere Zuverlässigkeit des Gesamtsystems
* Sinkender Verkabelungsaufwand
* Reduzierung der Anzahl der Kabel
* Reduzierung der Querschnitte von Kabelbäumen
* Flexibles Verlegen der Kabel
* Mehrfachnutzung von Sensoren
* Ermöglichen der Übertragung von komplexen Daten
* Höhere Flexibilität bei Systemänderungen
* Erweiterung des Datenumfangs jederzeit möglich
* Umsetzung neuer Funktionen für den Kunden
* Effizientere Diagnose
* Geringere Hardwarekosten.

BUS-SYSTEME BEI BMW

Prinzipiell werden bei BMW 2 Gruppen von Bus-Systemen unterschieden:

* Hauptbus-Systeme
* Sub-Bus-Systeme.

Des Weiteren ist es möglich, die Bus-Systeme nach der Anzahl der verwendeten Adern sowie den damit verbundenen Datenvolumen und Übertragungsgeschwindigkeiten zu gruppieren.

HAUPTBUS-SYSTEME

Hauptbus-Systeme sind für den systemübergreifenden Datenaustausch verantwortlich. Hauptbus-Systeme werden z. B. für eine Vernetzung der Antriebs- oder Fahrwerks-Steuergeräte verwendet.

Folgende Hauptbus-Systeme werden bei BMW verwendet:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hauptbus-System** | **Datenrate** | **Bus-Struktur** |
| **K-Bus** | 9,6 kBit/s | Linear – Eindraht |
| **Diagnoseleitung** | 10,5 - 115 kBit/s | Linear – Eindraht |
| **K-CAN** | 100 kBit/s | Linear – Zweidraht |
| **D-CAN** | 500 kBit/s | Linear – Zweidraht |
| **F-CAN** | 500 kBit/s | Linear – Zweidraht |
| **PT-CAN** | 500 kBit/s | Linear – Zweidraht |
| **PT-CAN2** | 500 kBit/s | Linear – Zweidraht |
| **K-CAN2 bis 10** | 500 kBit/s | Linear – Zweidraht |
| **CAN-FD** | 2 MBit/s | Reihe – Zweidraht |
| **FlexRay** | 10 MBit/s | Stern – Zweidraht |
| **byteflight** | 10 MBit/s | Stern – Lichtwellenleiter |
| **MOST** | 22,5 MBit/s | Ring – Lichtwellenleiter |
| **Ethernet** | 100 MBit/s | Punkt zu Punkt – Fünfdraht |
| **OABR-Ethernet** | 200 MBit/s | Punkt zu Punkt – Zweidraht |

SUB-BUS-SYSTEME

Sub-Bus-Systeme tauschen Daten innerhalb eines Systems aus. Dies ist notwendig, um geringere Datenvolumen in abgrenzenden Systemen auszutauschen. Sub-Bus-Systeme werden z. B. innerhalb der Heiz-Klimaanlage verwendet.

Folgende Sub-Bus-Systeme werden bei BMW verwendet:

| **Sub-Bus-Systeme** | **Datenrate** | **Bus-Struktur** |
| --- | --- | --- |
| **K-Bus Protocol** | 9,6 kBit/s | Linear – Eindraht |
| **BSD** | 9,6 kBit/s | Linear – Eindraht |
| **D-Bus** | 9,6 kBit/s | Linear – Eindraht |
| **LIN-Bus** | 9,6 - 19,2 kBit/s | Linear – Eindraht |

DARSTELLUNG DER BUS-SYSTEME

Je nachdem, wann ein Systemschaltplan erstellt wurde, unterscheidet sich die Darstellung. Die Darstellung der einzelnen Bus-Systeme sowie deren Bezeichnungen wurde 2019 an die Darstellung und die Bezeichnung des Werkstatt-Informationssystems ISTA angepasst.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die unterschiedlichen Darstellungen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bus-System** | **Darstellung bis 2019** | **Darstellung aktuell** |
| **K-CAN2** |  |  |
| **K-CAN3** |  |  |
| **K-CAN4** |  |  |
| **K-CAN5** |  |  |
| **K-CAN6** |  |  |
| **K-CAN7** | – |  |
| **K-CAN8** | – |  |
| **K-CAN9** | – |  |
| **K-CAN10** | – |  |
| **Bus-System** | **Darstellung bis 2019** | **Darstellung aktuell** |
| **D-CAN** |  |  |
| **PT-CAN** |  |  |
| **PT-CAN2** |  |  |
| **PT-CAN3** |  | – |
| **CAN-FD** | – |  |
| **CAN-FD2** | – |  |
| **CAN-FD3** | – |  |
| **CAN-FD4** | – |  |
| **Local-CAN\*** |  |  |

\* Die Bus-Farbe entspricht der des Steuergeräts.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bus-System** | **Darstellung bis 2019** | **Darstellung aktuell** |
| **LIN-Bus** |  |  |
| **FlexRay** |  |  |
| **MOST** |  |  |
| **Ethernet** |  |  |

GRUNDLAGEN STRUKTUR VON BUS-SYSTEMEN

In BMW Fahrzeugen gibt es verschiedene Bus-Systeme. Diese unterscheiden sich unter anderem nach ihrer Struktur. Aktuell gibt es folgende Strukturen:

* Linear
* Sternförmig
* Ringförmig.

LINEAR

Jedes Steuergerät, das an einen linearen Bus angeschlossen ist, kann Nachrichten senden und empfangen. Die Steuergeräte kommunizieren ereignisgesteuert. Das sendewillige Steuergerät sendet seine Nachricht, wenn der Bus frei ist. Ist der Bus nicht frei, so wird die Nachricht gesendet, welche die höchste Priorität besitzt.

Da es keine Empfangsadressen gibt, empfängt jedes Steuergerät jede gesendete Nachricht. Ist eine Nachricht wichtig für ein Steuergerät, so speichert es diese ab. Ist die empfangene Nachricht unwichtig, so wird diese zwar vom Steuergerät gelesen, aber nicht beachtet.

Zur Datenübertragung werden zurzeit Zweidrahtverbindungen aus Kupfer eingesetzt. Um die Störeinflüsse zu minimieren, sind die beiden Leitungen miteinander verdrillt.

TE15-1532[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

LINEARE BUS-STRUKTUR

STERNFÖRMIG

Bei einer sternförmigen Struktur ist immer ein Master-Steuergerät eingebaut. Vom Master-Steuergerät gehen die Bus-Leitungen sternförmig ab. Das Master-Steuergerät verbindet die einzelnen Steuergeräte miteinander (Gateway), die in diesem Bus-System eingebaut sind. Der Vorteil der sternförmigen Struktur ist die Ausfallsicherung. Sollte z. B. eine Leitung defekt sein, so fällt nur diese Leitung samt Steuergerät aus. Alle anderen Systeme in diesem Bus-System sind hiervon nicht betroffen.

In BMW Fahrzeugen gibt es 2 Bus-Systeme, die eine sternförmige Struktur besitzen:

* FlexRay (seit E70)
* byteflight (bis E65).

In der Grafik ist der FlexRay abgebildet. Der FlexRay ist aktuell einer der schnellsten Bus-Systeme im Fahrzeug.

Der byteflight ist in älteren BMW Modellen (E6x) ein Bus-System für die Airbagsensoren und Aktoren. Er versendet und empfängt die binären Signale über Lichtsignale.

TE15-1533[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

STERNFÖRMIGE BUS-STRUKTUR

RINGFÖRMIG

Jedes Steuergerät ist in einem Netzwerk mit ringförmiger Struktur über einen Kabelring miteinander verbunden. Auf dem Ring zirkuliert eine Meldung, die angibt, dass gesendet werden darf. Diese Meldung wird von jedem Knoten (Steuergerät) gelesen und weitergeleitet.

Damit die Signalstärke erhalten bleibt, erzeugt der Knoten, bei dem das Datenpaket vorbeikommt, die Daten noch einmal (Repeater). Der Knoten, der als Empfänger adressiert ist, kopiert die Daten und schickt sie im Kreis weiter. Erreichen die Daten wieder den Sender, so entfernt dieser die Daten vom Ring.

In BMW Fahrzeugen ist der MOST-Bus der Einzige mit einer ringförmigen Struktur. Der MOST-Bus (**M**edia **O**riented **S**ystem **T**ransport) ist für Systeme aus dem Bereich Infotainment zuständig.

Vorteile der ringförmigen Struktur:

* Verteilte Steuerung
* Große Netzausdehnung.

Nachteile der ringförmigen Struktur:

* Aufwändige Fehlersuche
* Bei Störungen Netzausfall
* Hoher Verkabelungsaufwand.

Jedes MOST-Steuergerät kann Daten im MOST-Bus versenden. Nur das Master-Steuergerät kann einen Datenaustausch zwischen dem MOST-Bus und anderen Bus-Systemen realisieren (Gateway).

TE15-1569[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

RINGFÖRMIGE BUS-STRUKTUR

REIHENSCHALTUNG

Die Steuergeräte im CAN-FD Verbund sind in Reihe geschaltet. Bei dieser Reihenschaltung wird der CAN-FD durch die Steuergeräte durchgeschleift. Nur diese Schaltung garantiert eine saubere und sichere Signalverarbeitung unter den Steuergeräten im CAN-FD Verbund.

TE20-1347144223[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

STRUKTUR CAN-FD

GRUNDLAGEN DATENÜBERTRAGUNG

In den Fahrzeugen können Daten über 2 Wege übermittelt werden:

* Analog
* Digital.

ANALOG

Die analoge Darstellung von Daten (= Informationen) ist die Darstellung durch kontinuierlich veränderliche physikalische Größe, die direkt proportional zu den Daten ist.

Analogsignale können jeden Wert zwischen 0 % und 100 % anzeigen. Das Signal ist stufenlos.

Beispiele: Zeigermessinstrumente, Quecksilberthermometer, Zeigeruhr.

Aufgrund ihrer Störanfälligkeit sind diese in der Datenübertragung bei Fahrzeugen eher ungeeignet.

Beispielsweise beim Musikhören empfängt das Ohr Analogsignale (kontinuierliche Änderungen von Schallwellen). In der gleichen Art und Weise wird dieser Schall in elektrischen Geräten (Audiosystem, Radio, Telefon usw.) durch sich kontinuierlich ändernde Spannungen dargestellt.

Wenn aber ein solches elektrisches Signal von einem Gerät zum anderen übermittelt wird, kommt beim Empfänger nicht mehr genau das an, was der Sender verschickt hat.

Die Gründe hierfür sind Störfaktoren wie:

* Kabellänge
* Leitungswiderstand des Kabels
* Radiowellen
* Mobilfunksignale.

Aus sicherheitstechnischen Gründen ist die analoge Übertragung von Informationen im Kraftfahrzeugbereich (ABS, Airbag, Motorsteuerung usw.) nicht erdenklich. Zudem wären die Spannungsänderungen viel zu gering, sodass keine verlässlichen Werte mehr dargestellt werden.

TE16-2066[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

ANALOGSIGNAL

DIGITAL

Die digitale Übertragung ist ein exaktes Signal, genauer gesagt alles, was in diskrete Stufen aufgeteilt ist.

Die digitale Darstellung ist die Darstellung stetig veränderlicher Größen in Zahlen. Insbesondere in Rechnern werden alle Daten als Folge von Nullen und Einsen, binär, dargestellt. Digital ist also der Gegensatz von analog.

Beispiele: Digital-Multimeter, Digitaluhr, CD, DVD.

Die digitale Datenübertragung, die in den Fahrzeugen zum größten Teil eingesetzt wird, ist die binäre Datenübertragung.

Das Binärsystem ist das gebräuchlichste Zahlensystem in der Datenverarbeitung. Ein binäres Signal kennt nur 2 Zustände: 0 und 1 oder High und Low.

Beispiele:

* Glühlampe leuchtet. Glühlampe leuchtet nicht.
* Relais ist betätigt. Relais ist nicht betätigt.
* Spannung liegt an. Spannung liegt nicht an.

Jedes Zeichen, jedes Bild oder jeder Ton besteht aus einer bestimmten Reihenfolge von Binärzeichen, d. h. eine Art von 10010110. Mit diesem Binärcode kann der Rechner oder das Steuergerät Informationen verarbeiten oder die Informationen zu anderen Steuergeräten senden.

Ein PT-CAN (Powertrain-CAN) bei BMW besitzt z. B. eine Datenübertragungsrate von bis zu 500 kBit/s. Das heißt, er überträgt bis zu 500 000 Bit/s.

12TE16-2065[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

BINÄRES SIGNAL

CODIERUNG

Ein Code ist eine eindeutige Vorschrift zur Abbildung eines Zeichenvorrats in einen anderen Zeichenvorrat.

Ein Beispiel für einen Code ist das Morse-Alphabet. Jeder Buchstabe des Alphabets und die Ziffern werden durch eine Folge von verschieden langen Signalen verschlüsselt.

Das bekannte Seenotsignal SOS (save our souls) lautet im Morse-Code:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| kurz kurz kurz ... | lang lang lang \_ \_ \_ | kurz kurz kurz ... |
| S | O | S |

Der Code dient zur Umsetzung von Informationen, die verschlüsselt dargestellt werden, in eine andere Darstellungsform, wobei der Inhalt der Informationen nicht verändert wird.

Wichtige Codes in der Computertechnik sind ASCII und der Hexadezimal-Code.

Der Benutzer eines Rechners drückt beispielsweise auf der Tastatur die Taste D. Der Buchstabe wird dann in einer binären Folge 0100 0100 abgebildet (codiert). Diese Zeichenfolge gelangt anschließend von der Tastatur über das Kabel durch ein elektrisches Signal zum Rechner. Der Rechner interpretiert diese Zeichenfolge richtig als Buchstabe D.

Die Zeichenfolge und deren elektrisches Signal werden als codierte Information bezeichnet.

BIT UND BYTE

Im Rechner werden alle Informationen als Bits (Binary Digit = kleinste Informationseinheit) gespeichert und verarbeitet. Aus diesem Grund müssen alle Daten (Buchstaben, Zahlen, Töne, Bilder usw.) zur Verarbeitung im Rechner in einen binären Code umgesetzt werden.

In der Tabelle erhalten Sie einen Überblick, wie sich die Anzahl der Möglichkeiten zur Anzahl der Binärstellen erhöht.

Für die Darstellung eines Zeichens verwenden die gebräuchlichsten Systeme und Codes 8 Bits.

8 Bits werden zusammengefasst zu einem Byte. Damit lassen sich 256 Zeichen codieren.

Die Umrechnung entspricht nicht genau dem Faktor 1000, sondern dem Faktor 1024.

* 1 Kilobyte (kByte) = 210 Bytes, also 1024 Bytes
* 1 Megabyte (MByte) = 220 Bytes, also 1023 kBytes (1.048.576 Bytes)
* 1 Gigabyte (GByte) = 230 Bytes, also 1024 Mbytes (1.073.741.824 Bytes).

|  |  |
| --- | --- |
| **Anzahl der Binärstellen** | **Anzahl der Möglichkeiten** |
| 1 | 2 |
| 2 | 4 |
| 3 | 8 |
| 4 | 16 |
| 5 | 32 |
| 6 | 64 |
| 7 | 128 |
| 8 (= 1 byte) | 256 |

ZWEIDRAHTBUS-SYSTEME

Zweidrahtbus-Systeme bestehen aus 2 miteinander verdrillten Kupferleitungen. Die Verdrillung der Leitungen verbessert die elektromagnetische Verträglichkeit.

Zu den Zweidrahtbus-Systemen gehören die [CAN-Busse](about:blank) und der FlexRay.

Zweidrahtbus-Systeme besitzen eine höhere Datenübertragungsrate als Eindrahtbus-Systeme (100 kBit/s bis 10 MBit/s). Ein Spannungspegel auf einer Leitung geht nach oben (CAN-High), der Andere geht nach unten (CAN-Low).

Vorteile:

* Einfach installierbar
* Einfach erweiterbar
* Kurze Leitungen
* Notlaufeigenschaft auf einer Leitung möglich (abhängig von der Datenübertragungsrate).

ABSCHLUSSWIDERSTAND

Ein stromdurchflossener Leiter hat elektrisch gesehen immer einen ohmschen, induktiven und kapazitiven Widerstand. Bei der Datenübertragung vom Punkt “A” zum Punkt “B” wirkt die Gesamtsumme dieser Widerstände auf die Datenübertragung ein. Je höher die Sendefrequenz, um so mehr wirken der induktive und kapazitive Widerstand. Dies kann dazu führen, dass am Ende der Übertragungsleitung ein nicht mehr identifizierbares Signal zur Verfügung steht. Aus diesem Grund wird die Leitung durch Abschlusswiderstände “angepasst”, das ursprüngliche Signal bleibt erhalten.

Der induktive Widerstand entsteht z. B. durch die Spulenwirkung der Leitung. Der kapazitive Widerstand entsteht z. B. durch die Leitungsverlegung parallel zur Fahrzeugkarosserie.

Die Abschlusswiderstände auf einem Bus-System sind unterschiedlich. Sie sind im Allgemeinen von folgenden Parametern abhängig:

* Frequenz der Datenübertragung auf dem Bus-System
* Induktive bzw. kapazitive Last auf dem Übertragungsweg
* Kabellänge zur Datenübertragung.

Je länger die Leitung, umso größer wird der induktive Bestandteil der Leitung.

SERDES

Bei SerDes (**Ser**ialisierer/**Des**erialisierer) handelt es sich um ein Paar aus einem Multiplexer und einem Demultiplexer in der Digitaltechnik. Dieses wird zur seriellen Datenübertragung zwischen zwei parallelen Endpunkten genutzt, wobei ein paralleler in einen seriellen Datenstrom umgewandelt wird oder umgekehrt.

SerDes-Chipsätze vereinfachen die Datenübertragung. Es sind weniger Übertragungsleitungen und Anschlusspins notwendig. Damit reduzieren sich auch die Kosten und das Gewicht. Die meisten SerDes-Geräte sind auf die Duplexübertragung ausgelegt, wobei die Datenumwandlung gleichzeitig in beide Richtungen erfolgen kann.

Wegen den steigenden Auflösungen der Kameras für moderne Fahrerassistenzsysteme werden SerDes-Verbindungen mit hohen Datenraten benötigt. Die Datenraten betragen derzeit bei Kameras zwischen 1,5 und 6 Gbit/s und bei Displays bis zu 12 Gbit/s.

110111011011101110111011SerDesSerDesTE21-0099[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

SERIALISIERER/DESERIALISIERER

Übliche Übertragungsmedien sind:

* Koaxialleitung
* Geschirmte Zweidrahtverbindungen
* HSD-, Sternvierer-Leitungen
* Mehrdrahtige Multimedia Leitungen.

Folgende Protokolle sind SerDes-Technologien bzw. Markennamen von SerDes-Technologien:

* LVDS (Low Voltage Differential Signaling)
* FDP-LINK3 (Flat Panel Display Link); GMSL2 (Gigabit Multimedia Serial Link)
* APIX (Automotive Pixel Link).

Bei SerDes-Verbindungen werden zwei Konzepte der Spannungsversorgung verwendet:

* Eigene Spannungsversorgung:   
  Das heißt, beide SerDes-Geräte besitzen eigene Zuleitungen für die Spannungsversorgung. Diese können auch im selben Kabel wie die Datenleitungen verlegt sein.   
  Dieses Konzept wird beispielsweise bei APIX-Datenleitung zwischen Displays oder Steuergeräten angewendet.
* Spannungsversorgung als "Power over Coaxial (PoC)":  
  Diese Technologie ermöglicht die gleichzeitige Übertragung der Spannungsversorgung und des Videosignals in hoher Auflösung mittels einer einzigen Koaxialleitung.   
  Dieses Konzept kommt in der Regel bei Kameras und Sensoren zum Einsatz.

HU-HADCAMMUCAPKOMBIDCSFADAPCAM\_L\_SerDes\_Coax+APCAM\_L\_SerDes\_ShieldAPCAM\_R\_SerDes\_Coax+APCAM\_R\_SerDes\_ShieldAPCAM\_CAM\_120\_SerDes\_Coax+APCAM\_CAM\_120\_SerDes\_Shield134578910112612TE21-0100[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

I20 SYSTEMSCHALTPLAN SERDES

Beachten Sie die Hinweise zur [sicheren Energieversorgung](about:blank)!

HINWEISE FÜR DEN SERVICE

Beim Umgang mit SerDes Datenleitungen folgende Hinweise beachten:

* Die Leitungen nicht knicken, quetschen oder verdrehen
* Die Leitungen nicht mit zu kleinen Radien verlegen
* Die Leitungen nicht mit Zugkraft beaufschlagen
* Im Reparaturfall nur die für den Anwendungsfall freigegebenen Leitungen verwenden (bei der Verwendung zu kurzer oder zu langer Leitungen können sporadische Störungen auftreten)
* Abschirmungen sind meist an einer Stelle mit Klemme 31 verbunden. Sie dürfen nicht als Masseanschluss für andere Systeme oder für Messungen verwendet werden
* Spannungs- oder Strommessungen an Koaxialleitungen mit PoC (Power over Coaxial) können wegen der gemeinsamen Nutzung für Signal und Versorgung nicht mit Multimeter durchgeführt werden.

DARSTELLUNG DER BUS-SYSTEME

Jedem Bus-System ist eine Farbe zugeordnet (wie die Kabelfarbe im Fahrzeug). Zudem wird auch die Anzahl der Bus-Leitungen berücksichtigt (Eindraht, Zwiedraht).

Nachfolgend einige Beispiele von Bus-Übersichten verschiedener Generationen

E83

LIN-BusK-BusPT-CAND-BusGMEWSRLSLSZSMMFLSZMMDSPDCIHKA/IHKRCDCSESRADIONAVMRSOC3HIFIVMTELCIDSDARSVG-SGDSCLWSSVTDSC-SENDME/DDEEGSKOMBIAHLXENONXENON81169165146TE16-2046[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

E83 BUS-ÜBERSICHT

Der E83 war das letzte Fahrzeug bei BMW mit einem K-Bus.

E65/E66

MOSTPT-CANK-CANbyteflightD-CANSMBFSMFATMBFTTMFATTMBFTHTMFATHSMBFHSMFAHPMHKLZGMEDC-KDSCGRSEMFEGSDMEARSSTVRSASRSFZCDCASCDCAVTLOGIC7SVSKOMBIASKTELNAVSSBFSSFASBSRSSHSBSLSIMSASLSZLRLSRDCBZMPDCCONAHMSHDCIMSHLMBZMFDWAWIMIHKASTVLVMTE16-1834[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

E65/66 BUS-ÜBERSICHT

Der E65/E66 war das erste Fahrzeug bei BMW, welches komplett über Bus-Systeme vernetzt war.

Der MOST-Bus sowie der byteflight hatten in diesem Fahrzeug ihren Serieneinsatz.

Der K-CAN ist aufgrund der hohen Anzahl der Steuergeräte in einen K-CAN PERIPHERIE und in einen K-CAN SYSTEM aufgeteilt.

E70

FSF-CANMOSTD-CANPT-CANK-CANFlexRayK-NAVC-NAVSBXKombiEHCSMFASMBFIHKAPDCFLARDCHKLFKARFKCAVSWCCCVMTOP-HIFISDARSSBX HighDVDDABEDC SVREDC SHREDC SVLEDC SHLSZLDSC\_SENEGSEMFDDEALVGSGDSCSINEFZDVDMEKPARSGWSCASAHMACSMCIDCONRSEHIFIHUDJBFDFRMCHAMP /M-ASKCDCIBOCDMETCUJ-NAVTE16-1819[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

E70 BUS-ÜBERSICHT

Der E70 war das erste Fahrzeug beim BMW, das einen FlexRay als Bus-System eingebaut hat. Der FlexRay wird hier ausschließlich für die Steuerung der elektronischen Dämpfer-Control genutzt.

F01/F02

D-CANEthernetEthernet5PT-CAN2MOSTPT-CANK-CANFlexRayK-CAN25OBDRSE MidFRMIHKAEHCAHMSM BFHSM FAHHKLFLASM FASM BFFKAHKAHUDCIDFDFD2TRSVCHiFiFCONVSWCONULF-SBXHighSDARSULF-SBXTOP HiFiDVDEMA LIEMA RENVEKAFASEMFGWSDDEEKPSEGSRDCCICEDC SHREDC SHLEDC SVREDC SVLVDMALSWWSZLHSRJBCASFZDDSCICMVMKOMBIACSMZGMRSE HighDMEPDCSSSSTCUTE16-1820[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

F01/F02 BUS-ÜBERSICHT

Mit dem F01/F02 wurden die Bus-Systeme erweitert. Der K-CAN2 findet hier seinen ersten Einsatz. Der FlexRay ist nicht mehr nur für die elektronische Dämpfer-Control zuständig, sondern wird als ein Haupt-Bus-System im Bereich Fahrdynamik eingesetzt. Mit dem Einsatz des Ethernet wird eine schnellere Programmierung gewährleistet.

G11/G12

PT-CANK-CAN4K-CAN5Ethernet2FlexRayLocal-CANLocal-CANPT-CAN2K-CAN3FlexRayMOSTK-CAN4K-CAN2SOBD25Local-CANWDMEDDESSACSMDME 2KOMBIEGSGWSPCUSCREPSDSCHSRVTGEARSVEARSHVDPFLAFZDSMFASMBFSMBFHSMFAHSPNMHLSPNMHRSPNMVLSPNMVRFBDNFCWCAHKARFKFLERFLELRSRRSLSWW2PMASWWHKFMIHKACONLEMASDKAFASACCTRSVCHEADUNITRSEVMAMPTTCBAHMNVEZGMBDCSSASWWTE14-1183123[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

G11/G12 BUS-ÜBERSICHT

Im G11/G12 wird der K-CAN2 aufgeteilt in einen K-CAN2, K-CAN3, K-CAN4 und einen K-CAN5. Außerdem wird das OABR-Ethernet für die Vernetzung von Steuergeräten eingesetzt.

G05

SOBD25K-CAN3Ethernet2Local-CANLocal-CANLocal-CANK-CAN5K-CAN6K-CAN4K-CAN2PT-CANPT-CANFlexRayFlexRayPT-CAN2WK-CAN4SWNFCFRSHRSNRPMARFKKAFASRSEDCSBOOSTERSRSNVRSRSNVLHRSNLFBDWCA/NFCFLELFLERFZDSMFASMBFSMBFHSMFAHSPNMVLSPNMVRHKFMAHMKOMBIZGMBDCEPSVDPHSRVTGEARSVEARSHGHASACSMSASDMEDME 2EGSGWSPCUSCRNVEEHCIHKAHU-HTCBRAMCONTRSVCFRSFVIPDSCDDESSS321TE18-0286[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

G05 BUS-ÜBERSICHT

Das Bordnetz des G05 wurde an neue Systeme, Funktionen, Komponenten und Anforderungen angepasst. Die entsprechenden Änderungen wurden mit dem [Service Pack 2018](about:blank) realisiert.

G08 BEV

OBD25K-CAN6Ethernet2Local-CANLocal-CANLocal-CANLocal-CANK-CAN3K-CAN4K-CAN2PT-CANPT-CANFlexRayFlexRayK-CAN4SWD-CANEthernetCSC-CANLocal-CANWWWWWWWWWCAN-FDNFCHRSNRPMARFKTRSVCBOOSTERDCSFRSFSRSNVRSRSNVLHRSNLFBDWCA/NFCFLELFLERFZDSMFASMBFHKFMAHMKOMBISASHU-HCSMTCBRAMKAFASIHKACONEMECCULAECSCSMEEPSACSMVIPDSCiSVDPGWSZGMBDCS321TH20-0246[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

G08 BEV – BUS-ÜBERSICHT

Im G08 BEV kam der CAN-FD erstmals zum Einsatz.

I20

K-CAN3K-CAN2K-CAN4CAN-FD2FlexRayK-CAN9CAN-FD3Ethernet2Ethernet2Ethernet2EthernetD-CAN5CAN-FDEthernet2CAN-FD6TE20-1251FLELFLERHSRACSMVDPSRSNVLSRSNVRHRSNLHU-HKOMBIRAMSAMVADCAMMRVCADCAMLUCAPUSSRSNECUTCBBOOSTERCCUSMEEMEEME2GWSBCPCONDSCiVIPFZDHKFMAHMRLMALRLMARTSGFATSGBFTSGFAHTSGBFHSMFASMBFSPNMVLSPNMVRHRSNREPSFRSFFRSMPADMPAD2[Download imageShow Fullscreen](about:blank)

I20 BUS-ÜBERSICHT

Mit dem I20 hat sich neben den Farben auch die Dartstellungsart weiter an die Diagnose angepasst. Erstmals kommt als zentrales Steuergerät die [Basic Central Platform BCP](about:blank) und folgende Bus-Systeme zum Einsatz:

* CAN-FD2
* CAN-FD3
* K-CAN9.