

7 Diagnosesysteme

7.1 Übersicht

OBD-Systeme unterstützen den Schutz unserer Umwelt vor schädlichen Schadstoffen wie Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NO_x), Kohlenwasserstoffen (HC) und Partikeln (PM), die von Verbrennungsmotoren erzeugt werden.

Die Gesetzgeber schreiben vor, dass Personenkraftwagen sowie leichte, mittelschwere und schwere Lastkraftwagen ein Mindestmaß an Diagnoseinformationen für *external (off-board) „generic“ test equipment for diagnostic purposes* bereitstellen müssen.



Wir bezeichnen das *external (off-board) generic test equipment for diagnostic purposes* als Diagnosetester (TST).

Für die Diagnosekommunikation müssen sowohl der Diagnosetester als auch die Steuergeräte denselben Protokollstack unterstützen. Das seit Jahrzehnten verwendete Kommunikationsprotokoll SAE J1979 alias ISO 15031 wird durch SAE J1979-2 für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und durch SAE J1979-3 für Antriebssysteme von emissionsfreien Fahrzeugen (ZEV = Zero Emission Vehicles) ersetzt. Sowohl SAE J1979-2 als auch -3 basieren auf ISO 14229-1 (UDS).

Unabhängig von der Anwendung, z. B. als OBD-Scantool, Servicetool oder Flashtool, haben alle Diagnosetester die Gemeinsamkeit, dass sie mindestens *ein* Diagnoseprotokoll unterstützen. Diagnosetester werden in der gesamten Prozesskette von der Entwicklung über die Produktion bis zum Service und schließlich auch bei der Außerbetriebnahme und Verschrottung (z. B. zur Deaktivierung von Airbags) von Fahrzeugen eingesetzt. Diagnosetester im Service müssen in der Regel mehrere Diagnoseprotokolle unterstützen. Das gilt besonders für die „generischen“ Tester, wie sie in markenunabhängigen „freien“ Werkstätten zum Einsatz kommen.

Bild 7.1 bis Bild 7.3 zeigen drei Anwendungen der Diagnosekommunikation. In allen drei Fällen ist der Tester mit einem Vehicle Communication Interface (VCI) (siehe Abschnitt 7.3) verbunden, das als Bindeglied zwischen der externen Schnittstelle des Testers (z. B. USB oder WLAN) und dem Diagnostic Link Connector (DLC) (siehe Abschnitt 7.2) des Fahrzeugs dient.

In Bild 7.1 ist der Tester an den Diagnosestecker (DLC) eines LKW angeschlossen. Der Physical-Layer ist High-Speed CAN, die höheren Schichten des OSI-Modells basieren auf SAE J1939. Bei LKW und Bussen, die in der Regel OBD-Anforderungen erfüllen müssen, kann der DLC ein Steckverbinder gem. SAE J1939-13 (Bild 7.7) oder SAE J1962 Type B (für 24 V DC-Bordnetze, Bild 7.5 rechts) sein.

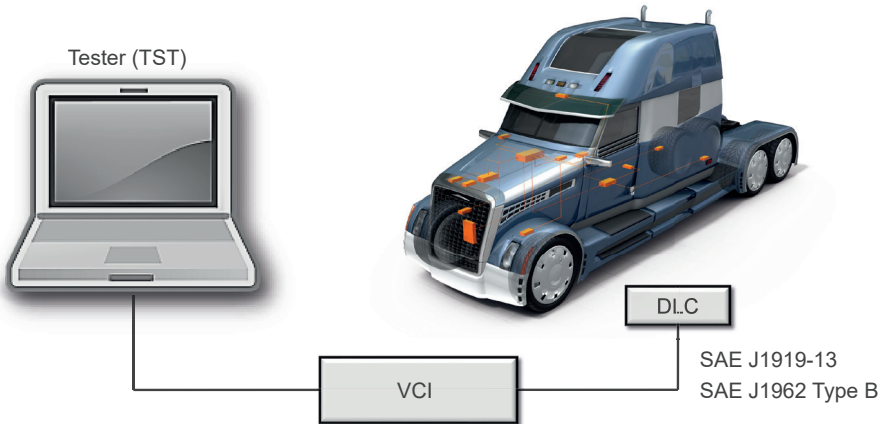


Bild 7.1 System für die Diagnosekommunikation mit einem Lastkraftwagen

Bild 7.2 zeigt einen Tester, der an einen Pkw angeschlossen ist. Da alle PKW die gesetzlichen OBD-Anforderungen erfüllen müssen, sind sie mit einem SAE J1962-Stecker Type A (für 12 V DC-Bordnetze, Bild 7.5 links) ausgestattet und unterstützen High-Speed CAN. Für alle Diagnosefunktionen, auch in der Produktion (u. a. Variantencodierung und Flashprogrammierung) und im Service (z. B. zur geführten Fehlersuche) wird derselbe Stecker zum Anschluss von Diagnosetestern verwendet.

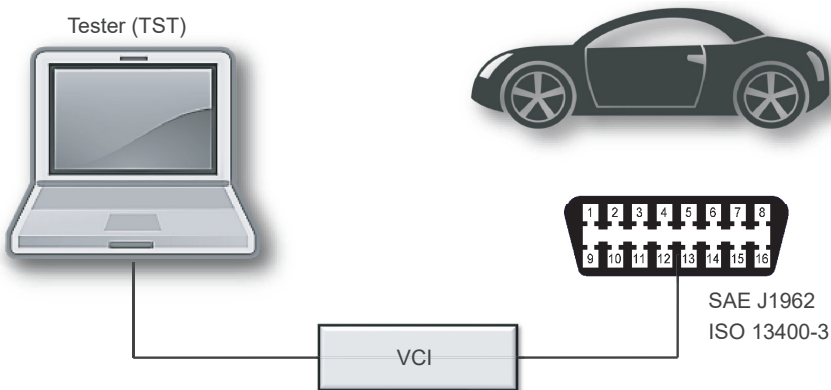


Bild 7.2 System für die Diagnosekommunikation mit einem Personenkraftwagen

Aufgrund der zunehmenden Komplexität der modernen E/E-Systeme wird der Bedarf an Bandbreite bei der Programmierung von Steuergeräten größer. Da viele Steuergeräte erst in der Fahrzeugmontage programmiert werden, spielt die Dauer des Flashvorgangs eine entscheidende Rolle. Die Dauer des Flashvorgangs wird signifikant durch die Menge an Daten und die verfügbare Bandbreite bestimmt. Um die Bandbreite zu erhöhen, können zwar CAN FD oder CAN XL verwendet werden, jedoch hat sich der Einsatz von Ethernet durchgesetzt. Dazu wurde der SAE J1962 DLC um die vier Anschlüsse¹¹⁷ des 100BASE-TX (Ethernet) erweitert und in der ISO 13400-3 standardisiert.

¹¹⁷ Neben den vier Anschlüssen des 100BASE-TX gibt es eine Ethernet Activation Line (siehe Tabelle 7.1).

Bild 7.3 zeigt einen Tester, der an ein stilisiertes E/E-System angeschlossen ist. Es besteht aus einem fahrzeuginternen Netzwerk (IVN = In-Vehicle Network), dem Motorsteuergerät (ECM), dem Getriebesteuergerät (TCM) und dem Gateway. Dieses Bild veranschaulicht das reale Kommunikationssystem genauer, denn ein Tester kommuniziert nicht wirklich mit einem Fahrzeug, und eigentlich auch nicht mit einem E/E-System, sondern peer-to-peer mit den Steuergeräten des E/E-Systems.

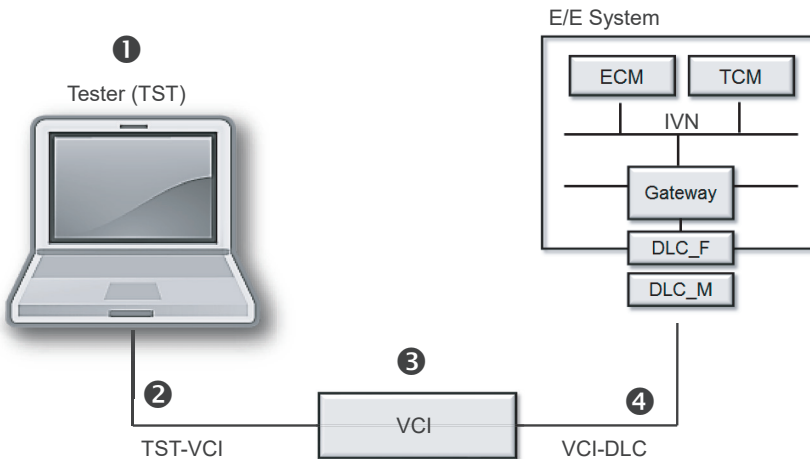


Bild 7.3 Komponenten eines Diagnosesystems



Betrachtet man die Diagnosekommunikation auf der Zeitachse, so kommuniziert der Tester immer mit genau *einem* Steuergerät. Diagnosedienst-Anfragen und -Antworten werden nicht gleichzeitig übertragen, sondern zeitsequenziell. Das gilt auch bei funktionaler Adressierung von Diagnosedienst-Anfragen an mehrere Steuergeräte, da immer nur die adressierten Steuergeräte einzeln und nacheinander antworten.

Bild 7.3 zeigt die Komponenten des Diagnosesystems, die in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels beschrieben werden. Es gibt den Diagnosetester TST (1), die TST-to-VCI-Verbindung (2), das VCI (3) und die VCI-to-DLC-Verbindung (4) mit dem DLC_M und dem DLC_F des E/E-Systems. In Bild 7.3 besteht der DLC aus den zwei Teilen DLC_F (F = Female, Buchse im Fahrzeug) und DLC_M (M = Male, Stecker der VCI-DLC-Verbindung).



Die TST-to-VCI-Verbindung ist entweder USB, Ethernet, WiFi oder Bluetooth.
Die VCI-to-DLC-Verbindung ist entweder High-Speed CAN oder Ethernet.

7.2 Fahrzeugschnittstellen (DLC)

In der SAE J1939-13 wird der Steckverbinder für den Anschluss eines Diagnosetesters an ein Fahrzeug mit SAE J1939-Netzwerk als „off-board diagnostic connector“ bezeichnet. In der SAE J1962 (ISO 15031-3) heißt der Stecker entweder „diagnostic connector“ oder „OBD connector“. In der ISO 13400-3 (DoIP) wird er als „wired vehicle interface“ bezeichnet. In der SAE J3138¹¹⁸, die sich mit dem Schutz von Fahrzeugen gegen böswillige Hackerangriffe von außen beschäftigt, heißt die Verbindung zwischen Diagnose-Tester und Fahrzeug „Diagnostic Link Connector“ und wird mit DLC abgekürzt. Manchmal steht die Abkürzung DLC auch für „Data Link Connector“ (und in der CAN-Spezifikation für Data Length Code).



Wir verwenden – soweit möglich – die Bezeichnung DLC für den Steckverbinder, an den ein Diagnosetester angeschlossen werden kann.

Das gilt auch, wenn der Diagnosetester physikalisch direkt mit einem Steuergerät verbunden wird. Dann werden die Pins des Steuergerätesteckers, über die die Diagnosekommunikation läuft, zum DLC.

Bild 7.4 zeigt den DLC und die heute verwendeten Diagnoseprotokolle für OBD und Enhanced Diagnostics.

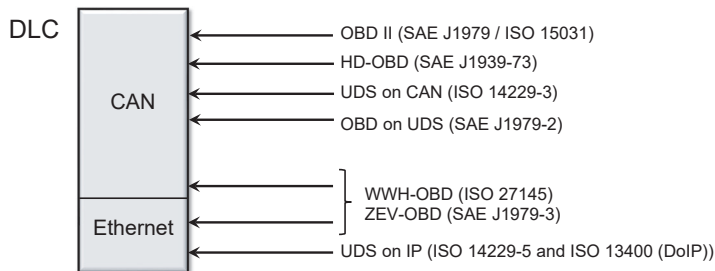


Bild 7.4 DLC und Diagnoseprotokolle

OBD II, HD-OBD, UDSonCAN und OBDonUDS lassen ausschließlich High-Speed CAN (HSC) mit 500 Kbit/s auf UTP zu, WWH-OBD und ZEV-OBD¹¹⁹ alternativ auch 4-wire Ethernet mit 100 BASE-TX (100 Mbit/s), UDSonIP ausschließlich Ethernet.



Bevor CAN für die Diagnosekommunikation mit dem OBD-System gesetzlich vorgeschrieben wurde, waren auch SAE J1850 oder ISO 9141 (K-Line) zugelassen. Diese veralteten Protokolle sind in Bild 7.4 nicht dargestellt. Bild 7.6 zeigt die Anschlussbelegung von J1850 und K-Line.

¹¹⁸ SAE J3138: Diagnostic Link Connector Security

¹¹⁹ Alias SAE J1979-3 = ZEV on UDS

Bild 7.5 zeigt die beiden Versionen des J1962-Steckers (DLC_M). Der Stecker auf der linken Seite ist für Fahrzeuge mit 12 V DC nomineller Bordnetzspannung, der auf der rechten Seite für Fahrzeuge mit 24 V DC.

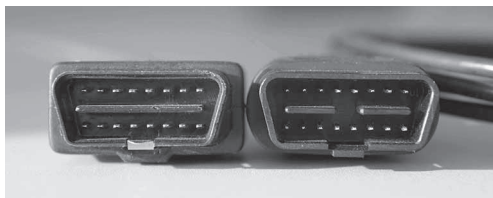


Bild 7.5 DLC nach SAE J1962/ISO 15031-3

Links: TYPE A für 12-V-DC-Bordnetze, rechts: TYPE B für 24- (und 12-)V-DC-Bordnetze

Tabelle 7.1 und Bild 7.6 zeigen die Pinbelegung des DLC, wie sie in der ISO 13400-4 spezifiziert ist. Bei Verwendung von Ethernet erfolgt die Diagnosekommunikation über ein DoIP-Gateway, das IEEE 802.3 mit 100BASE-TX (100 Mbit/s), zwei verdrehten Aderpaaren (Vollduplex) und einer separaten Ethernet-Activation-Line unterstützt. Wie in Tabelle 7.1 ersichtlich, gibt es zwei inkompatible Pinbelegungen, wobei der angeschlossene Tester die tatsächliche Belegung durch Messung entweder des Eingangswiderstands oder der Eingangskapazität zwischen der Ethernet-Activation-Line (Pin 8) und Signal Ground (Pin 5) ermitteln kann.

Tabelle 7.1 Pin-Belegungsmöglichkeiten des SAE J1962 und des ISO 13400-4 DLC

Pin	ISO 13400-4 Option 1	ISO 13400-4 Option 2	ISO/SAE OBD
1			
2			SAE J1850+
3	Ethernet Rx (+)	Ethernet Tx (+)	
4			Gehäusemasse
5	Signalmasse	Signalmasse	Signalmasse
6			CAN_H
7			K-Line
8	Ethernet-Activation	Ethernet-Activation	
9			
10			SAE J1850-
11	Ethernet Rx (-)	Ethernet Tx (-)	
12	Ethernet Tx (+)	Ethernet Rx (+)	
13	Ethernet Tx (-)	Ethernet Rx (-)	
14			CAN_L
15			L-Linie
16			Vcc