

In den 1990er Jahren wurde die Notwendigkeit erkannt, nicht nur die Datenübertragung sondern auch die Applikationsschicht der Protokolle zu standardisieren, um den Aufwand und die Pflege der Diagnoseschnittstellen in den Steuergeräten und bei den Diagnose-testern zu begrenzen. Getrieben wurde diese Standardisierung zum einen von den gesetzlichen Vorschriften, die für die Überprüfung zumindest der abgasrelevanten Systemfunktionen eine relativ einheitliche Schnittstelle erzwingen (On-Board-Diagnose OBD). Zum anderen durch die zunehmende Kooperation der Fahrzeughersteller im Zuge der Globalisierung. In deren Rahmen werden Komponenten oder ganze Fahrzeuge teilweise gemeinsam von mehreren Herstellern entwickelt und/oder eingesetzt. Leider begann dieser Standardisierungsprozess relativ spät, so dass bereits viele proprietäre, inkompatible Einzellösungen existierten. Zudem verlief der Standardisierungsprozess langsamer als die technische Weiterentwicklung [1]. Man merkt den heutigen Standards daher ihre historische Entwicklung und das Bemühen an, ältere Lösungen zu integrieren. Es gibt diverse, sich überdeckende Normen. Viele Festlegungen werden mehrfach wiederholt, unterscheiden sich aber doch in Details oder lassen verschiedene Varianten zu, die in Wirklichkeit untereinander inkompatibel sind. Oft wird nur der kleinste gemeinsame Nenner festgelegt, so dass viele Punkte weiter hersteller- und implementierungsabhängig bleiben.

Zurückblickend ergibt sich etwa der folgende historische Verlauf bis heute (Abb. 5.1):

- Der erste herstellerübergreifende Standard für die Diagnoseschnittstelle war **ISO 14230**, das **K-Line-basierte KWP 2000 Protokoll**, wobei die Norm den gesamten Protokollstapel umfasst. Allerdings wurden im Wesentlichen nur das Kommunikationsmodell und die Übertragungsdienste (*Diagnostic Services*) definiert, mit denen Anfragen und Antworten zwischen Diagnosetester und Steuergeräten ausgetauscht werden. Die Bedeutung und Formatierung der Diagnosedaten dagegen wurde nicht weiter festgelegt. Die Norm schließt abgasrelevante Diagnosedienste (OBD) ausdrücklich aus, reserviert aber einen Bereich von Diagnosebotschaften dafür und verweist für OBD-Diagnosedienste auf die Norm ISO 15031-5. Für die unteren Protokollschichten dagegen werden im Zu-

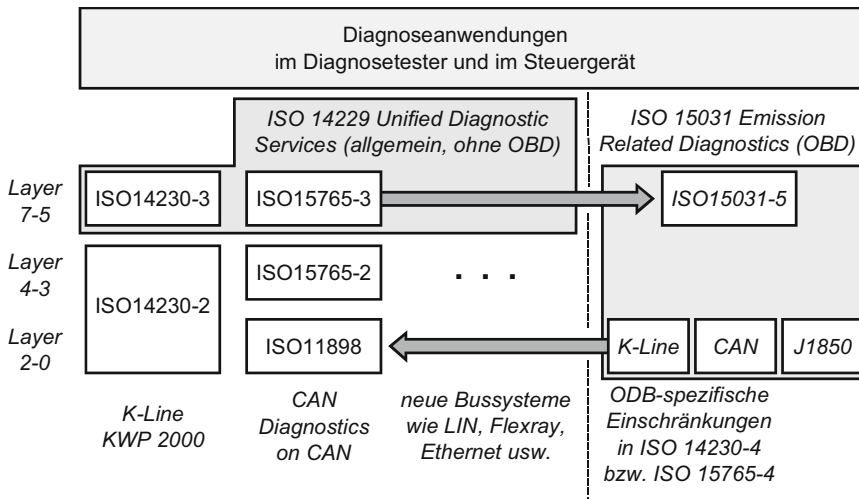


Abb. 5.1 Protokollfamilie für Diagnoseschnittstellen in europäischen Steuergeräten

sammenhang mit OBD in ISO 14230-4 verschiedene Protokollvarianten ausgeschlossen und verschiedene Punkte präzisiert.

- Mit der als **KWP 2000 on CAN** bekannt gewordenen Vornorm **ISO/DIS 15765-3** wurde der **KWP 2000**-Application Layer weitgehend unverändert auf **CAN** übertragen. Bezüglich des Inhaltes der Diagnosedienste referenziert und kommentierte ISO/DIS 15765-3 im Wesentlichen lediglich ISO 14230-3. Inhaltliche Unterschiede im Application Layer gab es lediglich bei einigen wenigen Diensten, die zur Parametrierung der Datenübertragungsschichten in den Layern 4 und darunter dienten. Weil sich der Standardisierungsprozess lange hinzog, wurde der Normentwurf ISO/DIS 15765-3 von vielen Herstellern bereits in verschiedenen Zwischenstadien implementiert und dürfte das heute in der Praxis noch immer am häufigsten anzutreffende Diagnoseprotokoll sein.
- Bevor **ISO 15765** dann jedoch formal verabschiedet werden konnte, kam es zu einer Abkehr vom **KWP 2000 on CAN**-Konzept. Um neue Bussysteme wie LIN oder FlexRay leichter integrieren zu können, wurde versucht, in der Norm **ISO 14229** die Applikationsschicht unabhängig vom darunter liegenden Bussystem einheitlich zu beschreiben (**Unified Diagnostic Services UDS**). Im Grundaufbau der Botschaften sind die in ISO 14229 spezifizierten Dienste mit den KWP 2000-Diensten identisch, allerdings wurden die Dienste teilweise neu gruppiert, neue Identifier vergeben und der Parametere Aufbau in vielen Details verändert, so dass UDS nur funktional, aber nicht in der konkreten Implementierung zu KWP 2000 aufwärts kompatibel ist. Außerdem wurden einige Dienste ergänzt, die bei KWP 2000 wegen der begrenzten Leistungsfähigkeit des K-Line-Bussystems nicht sinnvoll gewesen wären. UDS muss daher als eigenständiges, wenn auch zu KWP 2000 nahe verwandtes Protokoll betrachtet werden.

- **ISO 15765-3** wurde in **UDS on CAN** umbenannt und beschreibt nun „nur“ noch die konkrete Implementierung der UDS Dienste für das Bussystem CAN. CAN-spezifisch ist im Wesentlichen die Transportschicht nach ISO 15765-2 (Layer 4), die erforderlich ist, weil die CAN-Botschaftslänge von maximal 8 Nutzdatenbytes für viele der im Application Layer definierten Dienste nicht ausreicht, sowie einige Diagnosedienste, mit denen direkt aus dem Application Layer heraus Parameter des Bussystems beeinflusst werden können. Für OBD-Anwendungen wurden im vierten Teil der Norm ISO 15765-4 einige Punkte der unteren Protokollschichten präzisiert. Bei Neuentwicklungen erfolgt heute in der Regel ein Übergang von *KWP 2000 on CAN* auf *UDS on CAN*, das nun durch das Normenbündel ISO 14229-1 und ISO 15765-1 bis -4 gemeinsam definiert wird. *UDS on CAN* ist allerdings ein relativ komplexer Standard, der einige redundante Dienste enthält. Zusätzlich enthält das Protokoll einige Möglichkeiten, z. B. die *Response on Event* Dienste, die sehr aufwendig in der Implementierung sind. Es ist daher nicht überraschend, wenn Hersteller jeweils lediglich eine Teilmenge des Standards implementieren.
- Für die Diagnose abgasrelevanter Komponenten haben die Gesetzgeber zunächst in USA und dann in Europa Vorschriften erlassen, die u. a. das Diagnoseprotokoll definieren. Während auf den Ebenen 0–4 dabei die ganze Sammlung gängiger Diagnose-Bussysteme alternativ zulässig war (Abb. 5.1) und erst seit 2008 (in USA) eine Vereinheitlichung mit CAN erfolgt, konnte man sich auf der Applikationsebene erfreulicherweise auf ein einheitliches Protokoll einigen, das in **ISO 15031-5** und der inhaltsgleichen Norm **SAE J1979** beschrieben wird. Dieses *OBD-Protokoll* erlaubt Behörden und Institutionen wie dem TÜV den Zugriff auf die wichtigsten Diagnosedaten (Fehlerspeicher, Messwerte, Ergebnis von Überwachungstests) für die unmittelbar abgasrelevanten Funktionen (Lambdasonde, Katalysator, Zündung, Einspritzung). Als kleinster gemeinsamer Nenner wird dabei aber nur ein minimaler Funktionsumfang unterstützt, so dass Werkstätten praktisch immer zusätzliche Diagnoseinformationen über KWP 2000 oder andere Protokolle verwenden müssen und sich einige Funktionen, z. B. das Auslesen und Löschen des Fehlerspeichers, überlappen, d. h. in beiden Protokollen für denselben Zweck in unterschiedlicher Form existieren.
- Früher als in Europa wurde in USA neben der Diagnose der abgasrelevanten Komponenten auch die allgemeine Diagnose mit **SAE J2190** standardisiert. Die spätere europäische KWP 2000 Standardisierung nahm diese Norm zum Vorbild, so dass die Mehrzahl der Dienste und ihrer Parameter gleich sind, auch wenn leider vielfach unterschiedliche Bezeichnungen verwendet werden (der KWP 2000 *Service Identifier* z. B. entspricht dem J2190 *Test Mode*). Aus diesem Grund wird auf SAE J2190 im Folgenden nicht mehr weiter eingegangen.

Da die Diagnoseprotokolle alle dieselben Grundkonzepte verwenden und da UDS ohnehin eine direkte Weiterentwicklung darstellt, beginnt die folgende Beschreibung bei KWP 2000, das immer noch vielfach im Einsatz ist. Anschließend werden dann die Unterschiede der Kommunikation nach UDS und OBD dargestellt.

5.1 Diagnoseprotokoll KWP 2000 (ISO 14230-3)

Das derzeit am weitesten verbreitete Diagnoseprotokoll in europäischen Fahrzeugen ist das zunächst mit K-Line und später mit CAN-Bussystemen realisierte Keyword 2000 Protokoll (KWP 2000), das in ISO 14230-3 für K-Line offiziell und in der Vornorm ISO/DIS 15765-3 inoffiziell definiert ist.

5.1.1 Überblick

Das Kommunikationsmodell der KWP 2000-Diagnose sieht vor, dass die gesamte Kommunikation vom Tester ausgeht (Abb. 5.2). Die Diagnose-Anwendung des Testers sendet eine Botschaft mit einer Diagnose-Anfrage (*Request*) über das Netz an das Steuergerät. Der *Application Layer* informiert die Steuergeräte-Anwendung (*Indication*). Die Antwort (*Response*) des Steuergerätes wird über das Netz an den Tester übertragen, dessen *Application Layer* die Antwort (*Confirm*) auf die ursprüngliche Anfrage an die Tester-Anwendung übergibt. In der Norm werden der Diagnosetester als *Client*, das Steuergerät als *Server* und die vordefinierten Anfragen als *Services* (Dienste) bezeichnet.

Die Dienste der Anwendungsschicht bestehen aus folgenden Teilen (Abb. 5.3):

- *Adressinformation AI*, bestehend aus *Source Address SA*, *Target Address TA* sowie gegebenenfalls *Remote Address RA*, jeweils 1 Byte,
- *Service Identifier SID*, kennzeichnet den ausgewählten Dienst (1 Byte),
- *Parameter*, Anzahl abhängig vom jeweiligen Dienst.

Die Adressinformationen werden im Header abgebildet, wie in Abb. 3.15 für K-Line- und in Abb. 4.1 für CAN bereits dargestellt ist. Der *Service Identifier SID* wird im ersten Nutzdatenbyte, die Parameter in den folgenden Nutzdatenbytes übertragen. Bei Antworten

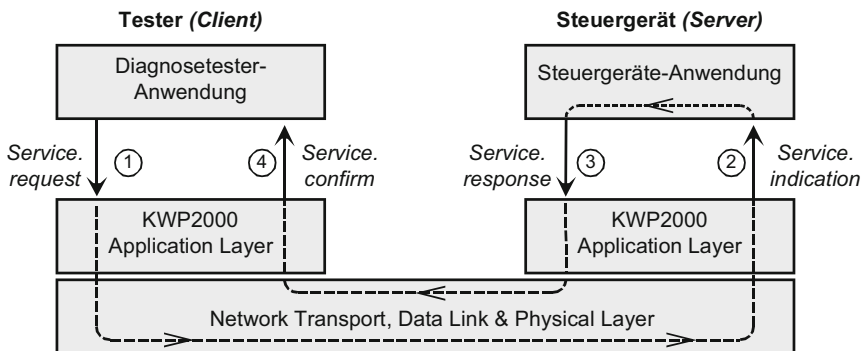


Abb. 5.2 Kommunikationsmodell der KWP 2000 – Anwendungsschicht

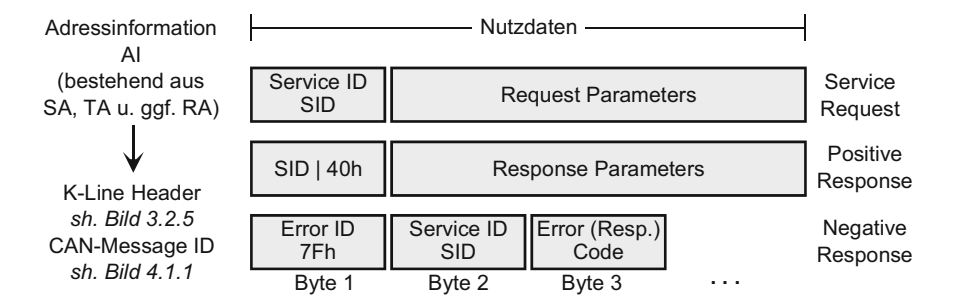


Abb. 5.3 Aufbau KWP 2000 Application Layer Botschaften

wird zwischen einer positiven (*Positive Response*) und einer negativen Antwort (*Negative Response*) unterschieden. Tabelle 5.1 zeigt die in den Normen definierten *Service Identifier SID*.

Die Service Identifier für positive Antworten entsprechen den Service Identifiern der Anfrage, wobei das Bit 6 auf 1 gesetzt wird (dies entspricht einer logischen ODER Verknüpfung mit 40 h). Bei den negativen Antworten wird SID = 7Fh und anschließend der Service Identifier des fehlgeschlagenen Dienstes sowie ein Fehlercode (1 Byte) gesendet (Tab. 5.2). Im Transport bzw. Data Link Layer werden diese Botschaften dann mit den entsprechenden Header- und Trailer-Informationen versehen.

Die KWP 2000 Diagnosedienste lassen sich in Funktionsgruppen unterteilen, wie in Tab. 5.3 dargestellt.

Die Zeitbedingungen für die K-Line-Kommunikation wurden bereits in Tab. 3.7 angegeben. Beim CAN-Bus muss das Steuergerät eine Testanfrage innerhalb von 50 ms beant-

Tab. 5.1 Überblick Service Identifier (nicht aufgeführte Werte sind reserviert)

	Request	Positive Response	Negative Response	Definiert durch
OBD kompatible Dienste	00 ... 0Fh	40 ... 4Fh	7 F 00 ... 7 F 0Fh	SAE J1979 (ISO 15031-5)
Allgemeine Dienste (für K-Line und CAN)	10 ... 3Eh	50 ... 7Eh	7 F 10 ... 7 F 3Eh	ISO 14230-3 (in ISO/DIS 15765-3 wiederholt)
Escape Code (ESC)	80 h	C0 h	7 F 80 h	dito
K-Line-spezifische Dienste	81 ... 83 h	C1 ... C3 h	7 F 81 ... 7 F 82 h	ISO 14230-2
CAN-spezifische Dienste	84 ... 85 h	C4 ... C5 h	7 F 84 ... 7 F 85 h	ISO/DIS 15765-3
Herstellerspezifische Dienste	A0 ... BEh	E0 ... FEh	7 F A0 ... 7 F BEh	Fahrzeug- bzw. Systemhersteller

Tab. 5.2 Typische Response Error Codes

10 h	General reject (allgemeiner Fehler)
11 h	Service not supported
12 h	Subfunction not supported
21 h	Busy, repeat request
78 h	Response pending
33 h	Security access denied
35 h	Invalid key
...	...

worten (P2 Timeout in Tab. 3.7). Der Tester darf anschließend sofort die nächste Anfrage senden. Bei den Diagnosediensten, bei denen er keine Antwort erhält oder bei denen mehrere Steuergeräte antworten können, muss zwischen den Anfragen ein Mindestabstand von ebenfalls 50 ms (P3 Timeout) liegen.

5.1.2 Diagnosesitzungen (Diagnostic Management)

Unter dem Begriff *Diagnosesitzung* (*Diagnostic Session*, andere Bezeichnung: *Diagnostic Mode*) versteht man einen Betriebszustand des Steuergerätes, in dem ein bestimmter Satz von Diagnosediensten unterstützt wird. Im normalen Betrieb befindet sich das Steuergerät in der *Default Diagnostic Session*, in der üblicherweise aus Sicherheitsgründen nur ein sehr kleiner Teil der Diagnosedienste unterstützt wird. Beim K-Line-Bus muss dem Start einer Diagnosesitzung ein Verbindungsaufbau vorausgehen, wie in Abschn. 2.2.3 dargestellt. Die verschiedenen unterstützten Diagnosesitzungen werden durch Nummern identifiziert (Tab. 5.4).

Ausgehend von der Default Diagnostic Session kann der Diagnostester das Steuergerät durch eine *Start Diagnostic Session* Botschaft (Tab. 5.5) auffordern, eine spezielle Diagnosesitzung zu eröffnen.

Tab. 5.3 Überblick über die KWP 2000-Diagnosedienste

Diagnostic Management	Verwaltung der Diagnosesitzung
Network Layer Protocol Control (Communication Management)	Steuerung des Data Link Layers, z. B. Modifikation von Timeout-Parametern
Data Transmission	Einzelne Steuergeräte-Daten lesen und schreiben
Stored Data Transmission	Fehlerspeicher lesen und löschen
Input/Output Control	Ansteuerung von Steuergeräte-Ein-/Ausgängen
Remote Activation of Routines	Starten von Programmen im Steuergerät
Upload/Download	Programm- und Datenblöcke auslesen und speichern (<i>Flashen</i>)

Tab. 5.4 Diagnostic Session Nummern nach ISO/DIS 15765-3

Nummer	Typ	Bemerkung
81 h	Default Diagnostic Session	Grundzustand
85 h	Programming Session	Programmieren des Programm- und Datenspeichers (<i>Flashen</i>)
86 h	Development Session	Sondermodus für die Steuergeräte- und Systementwicklung
87 h	Adjustment Session	Applikation von Steuergeräte-Parametern
89 h – FEh	Herstellerspezifische Session	

Der Fahrzeughersteller legt fest, unter welchen Bedingungen eine bestimmte Diagnosesitzung eröffnet werden kann und welche Diagnosedienste in dieser Sitzung unterstützt werden. Übliche Bedingungen sind:

- Fahrzeug und Motor müssen sich in einem bestimmten Betriebszustand befinden, z. B. muss beim *Flashen* das Fahrzeug stehen und der Motor abgestellt sein. Beim Test von bestimmten Aktuatoren (*Stellertest*) muss das Fahrzeug stehen und der Motor im Leerlauf arbeiten usw.
- Der Diagnosetester muss sich beim Steuergerät mit Hilfe eines Schlüsselaustausches (*Seed and Key*) anmelden (*authentifizieren*), um Zugriff auf bestimmte Diagnosedienste zu erhalten (*Unlock ECU*). Dazu sendet der Tester eine *Security Access – Request Seed* Botschaft. Das Steuergerät antwortet mit einem Initialisierungswert (*Seed*), oft einer Zufallszahl, aus dem der Tester einen Schlüsselwert (*Key*) berechnet und mit einer *Security Access – Send Key* Botschaft an das Steuergerät zurückschickt. Falls der vom Tester gesendete *Key*-Wert mit dem vom Steuergerät erwarteten Wert übereinstimmt, sendet

Tab. 5.5 KWP 2000-Dienste für die Verwaltung der Diagnosesitzungen

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Start Diagnostic Session	10 h	Session-Nummer (1 Byte)
Stop Diagnostic Session	20 h	Nur bei K-Line. Bei CAN wird die aktive Sitzung gestoppt, indem mit SID 10 h auf die Defaultsitzung 81 h umgeschaltet wird.
Security Access	27 h	01 h: Request Seed 02 h: Send Key weitere herstellerspezifische Werte und Parameter möglich
Tester Present	3Eh	Botschaft zum Aufrechterhalten einer Diagnosesitzung (Vermeiden eines Timeout, auch als <i>Keep Alive</i> bezeichnet)
ECU Reset	11 h	Steuergerät zurücksetzen
Read ECU Identification	1Ah	Parameter und Steuergeräteantwort herstellerspezifisch

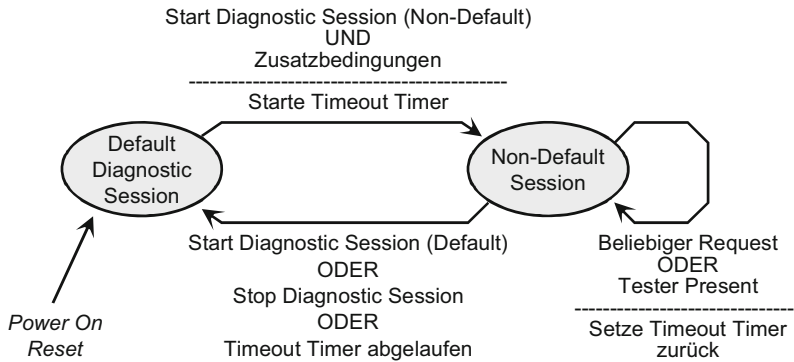


Abb. 5.4 KWP 2000 Diagnose-Sitzungen

das Steuergerät eine positive Antwort und schaltet auf die neue Diagnosesitzung um. Die Länge der *Seed*- und *Key*-Werte sowie die Algorithmen, mit denen sie berechnet werden, sind in den KWP 2000-Normen selbst nicht definiert sondern dem Hersteller überlassen. Üblich sind Sitzungen mit unterschiedlichen Schlüsseln für den Steuergerätehersteller, den Fahrzeugherstellern sowie verschiedenen Arten von Vertrags- und anderen Werkstätten usw. Die Unterscheidung erfolgt über den herstellerspezifischen Parameter der *Security Access* Botschaften.

Solange sich das Steuergerät in einer speziellen Diagnosesitzung befindet, wird ein Timeout-Mechanismus aktiviert (Abb. 5.4). Wenn das Steuergerät nicht spätestens alle 5 s eine Diagnose-Botschaft vom Tester erhält, stoppt es diese Diagnosesitzung und kehrt zur Default Session zurück. Für den Fall, dass der Tester keine *echte* Diagnosebotschaft zu senden hat, sendet er (aus Sicherheitsgründen bereits spätestens nach 4 s) eine *Tester Present* Botschaft, um die Verbindung aufrecht zu erhalten.

Normalerweise wird eine Diagnosesitzung vom Diagnosetester durch eine *Stop Diagnostic Session* Botschaft beendet. Darauf hin kehrt das Steuergerät zur *Default Diagnostic Session* zurück. Alternativ kann der Tester auch direkt eine andere Diagnosesitzung mit Hilfe einer weiteren *Start Diagnostic Session* Botschaft anfordern. Dadurch wird die gerade aktive Sitzung ebenfalls beendet, da immer nur genau eine Diagnosesitzung aktiv sein kann. Bei CAN sollte laut Norm die *Stop Diagnostic Session* Botschaft nicht verwendet werden, sondern die spezielle Diagnosesitzung durch eine weitere *Start Diagnostic Session* Botschaft mit der Sitzungsnummer 81 h (*Default Diagnostic Session*) beendet werden.

Durch eine *ECU Reset* Botschaft kann der Diagnosetester das Steuergerät auch zu einem vollständigen Neustart auffordern, d. h. das Steuergerät verhält sich dann wie beim Einschalten der Spannungsversorgung.

Mit Hilfe der *Read ECU Identification* Botschaft kann der Diagnosetester Kenndaten des Steuergerätes abfragen. Die Antwort des Steuergerätes ist herstellerspezifisch. Üblich sind

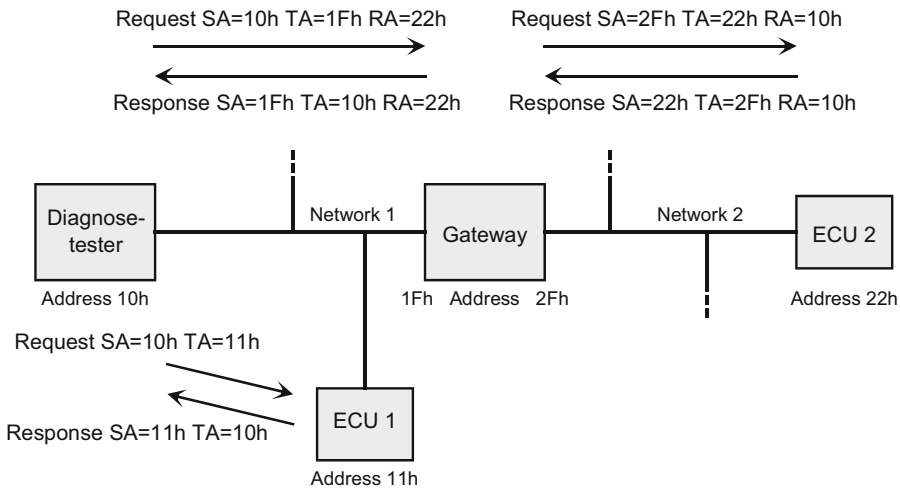


Abb. 5.5 Geräteadressierung nach KWP 2000

Herstellername, Typ, Hardware- und Softwareversion, Seriennummer, Fertigungsdatum usw.

5.1.3 Adressierung der Steuergeräte nach KWP 2000 und UDS

KWP 2000 Diagnoseanwendungen verwenden zur Kennzeichnung von Steuergeräten eine 1 Byte große Kennziffer, die so genannte Geräteadresse (Abb. 5.5). Beim Aufruf der Diagnosedienste durch den Tester (*Request*) sowie bei den Antworten durch das Steuergerät (*Response*) werden Sender und Empfänger der zugehörigen Daten durch diese Adressen identifiziert (*Source Address SA* ... Adresse des Senders, *Target Address TA* ... Adresse des Empfängers, Beispiel in Abb. 5.5: Kommunikation zwischen Diagnosetester und ECU 1).

Die Geräteadressen müssen vom Hersteller so festgelegt werden, dass sie zumindest innerhalb eines einzelnen Datennetzes, möglichst aber im Gesamtfahrzeug, eindeutig sind. In diesem Fall spricht man von *physikalischer Adressierung*. Im Anhang A von ISO 14230-2 wird empfohlen, dass Diagnosetester den Adressbereich F0 h ... FDh verwenden, Motorsteuergeräte 10 h ... 17 h, Getriebesteuergeräte 18 h ... 1Fh, ABS, ASR und ESP-Geräte 28 h ... 2Fh usw.

Nachteilig dabei ist, dass der Diagnosetester die Adresse des Steuergerätes vorab kennen muss, mit dem er kommunizieren will. Für herstellerunabhängige Tester, wie sie z. B. von den Behörden zur Überwachung der Abgasemissionen verwendet werden (*OBD Scan Tool*), sind abhängig von der Gerätefunktion für die Empfängeradresse TA feste Werte vorgeschrieben (*funktionale Adressierung*). Steuergeräte, die abgasrelevante Funktionen enthalten, müssen in jedem Fall für die in den OBD-Normen vorgeschriebenen Diagnose-

dienste (SID 00 h ... 0Fh) die funktionale Adressierung unterstützen. Der Diagnosetester muss dabei die physikalische und funktionale Adresse F1 h verwenden. Alle abgasrelevanten Steuergeräte müssen dieselbe funktionale Adresse 33 h, aber eine jeweils eindeutige physikalische Adresse haben. Funktionale Adressen werden nur für die Empfängeradresse TA bei der Testeranfrage verwendet. Die Senderadresse SA ist immer eine physikalische Adresse, damit der Sender eindeutig identifiziert werden kann. Auf eine funktional adressierte Testeranfrage können dabei mehrere Steuergeräte antworten, falls ein Fahrzeug mehrere abgasrelevante Steuergeräte besitzt. Aus den physikalischen Adressen in der Steuergeräteantwort erkennt der Tester, welche Steuergeräte vorhanden sind und welche physikalischen Adressen diese Steuergeräte haben. Weitere Anfragen kann der Tester dann wiederum funktional an alle Geräte oder über die physikalische Adresse gezielt an ein einzelnes Steuergerät richten.

Wird als physikalisches Bussystem der K-Line-Bus verwendet, so werden diese Adressen nach ISO 14230-2 direkt in den Header der übertragenen Botschaft übernommen (vgl. Abschn. 2.2).

Bei CAN als physikalischem Bussystem schlägt die Norm ISO 15765-2 vor, jedem Paar von Sender- und Empfängeradresse, d. h. jeder Verbindung zwischen Tester und Steuergerät einen eindeutigen CAN-Identifizierer zuzuordnen (in ISO 15765-2 als *Normal Addressing* bezeichnet). Für abgasrelevante Steuergeräte (OBD) werden in ISO 15765-4 die 11 bit CAN-Identifizierer 7DFh, 7E0 h ... 7EFh vorgeschrieben.

Falls 29 bit CAN Identifizierer verwendet werden, schlägt ISO 15765-2 vor, für allgemeine Steuergeräte die Identifizierer 0CDAXXYh (bei physikalischer Adressierung) und 0CD-BXXYYh (bei funktionaler Adressierung) zu verwenden, wobei im Feld XX die Target und im Feld YY die Source Adresse einzusetzen ist (in ISO 15765-2 als *Normal Fixed Addressing* bezeichnet). Für abgasrelevante Steuergeräte werden nach ISO 15765-4 die Identifizierer 18DAXXYh und 18DBXXYYh vorgegeben.

Alternativ kann bei allgemeinen Steuergeräten auch nur die Senderadresse im Identifizierer codiert werden, während die Empfängeradresse im ersten Nutzdatenbyte der CAN-Botschaft gesendet wird. Diese Adressierungsart, bei der ein Nutzdatenbyte „verschwendet“ wird, wird in der Norm als *Extended Addressing* bezeichnet. Bei Fahrzeugen, in denen mehrere Datennetze über Gateways gekoppelt werden (Abb. 5.5), empfiehlt die Norm eine als *Mixed Addressing* bezeichnete Adressierung, falls Diagnosetester und Steuergerät sich nicht im selben Datennetz befinden. Dabei sind SA und TA grundsätzlich die Adressen des lokalen Datennetzes, in dem die Botschaft gerade übertragen wird. Das heißt, eine der beiden Adressen ist die Adresse des Gateways, über das der andere Kommunikationspartner im entfernten Datennetz (*Remote Network*) erreichbar ist (vgl. im Abb. 5.5: Kommunikation zwischen Diagnosetester und ECU 2). Als dritte Adresse muss dann die *Remote Address* RA (Bezeichnung nach ISO/DIS 15765-3, im Teil ISO 15765-2 leider etwas verwirrend auch als *Address Extension* AE bezeichnet), übertragen werden, d. h. die Adresse des Kommunikationspartners im entfernten Datennetz. Auch bei dieser Adressierungsart werden SA und TA über den CAN Message Identifier codiert, während RA im ersten Nutzdatenbyte der CAN-Botschaft gesendet wird (vgl. dazu auch Abb. 4.1).

Tab. 5.6 K-Line spezifische Dienste nach ISO 14230-2

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Start Communication Service Request	81 h	Verbindungsaufbau und Abbau sowie Einstellung der Timeout-Parameter des K-Line
Stop Communication Service Request	82 h	Data Link Layers (siehe Abschn. 2.2)
Access Timing Parameter Request	83 h	

Tab. 5.7 CAN spezifische Dienste nach ISO/DIS 15765-3

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Network Configuration	84 h	Über diese Botschaft kann der Tester abfragen, welches Adressformat (physikalische, funktionale oder erweiterte Adressen), welcher Typ und welche Werte von CAN Message Identifiern (11 bit oder 29 bit) für die Diagnosesitzungen verwendet werden können. Für die Anfrage selbst werden vordefinierte CAN-Identifier verwendet (Tester: 7D0 ... 7D3 h, Steuergeräte: 7D4 ... 7DEh), danach kann nach einem vom Hersteller festzulegenden Verfahren auf die anderen CAN-Identifier umgeschaltet werden. In der Regel erfolgt diese Abfrage nur an das Diagnose-Gateway (soweit vorhanden), während die einzelnen Steuergeräte mit festen Werten arbeiten.
Disable Normal Message Transmission	28 h	Der Tester kann das Steuergerät auffordern, das Senden normaler CAN-Botschaften, d. h. der nicht-diagnosebezogenen On-Board-Kommunikation zwischen den Fahrzeugsteuergeräten einzustellen und nur noch mit dem Diagnosetester zu kommunizieren.
Enable Normal Message Transmission	29 h	
Control DTC Setting	85 h	Der Tester kann das Steuergerät auffordern, das Speichern von Fehlercodes (für alle oder einzelne Fehler herstellerabhängig implementierbar) ein- oder auszuschalten. Abschalten ist z. B. beim Stellertest oder beim Abziehen von Kabeln im Werkstatttest sinnvoll, um überflüssige Fehlermeldungen zu vermeiden. Der Service wäre bei K-Line ebenfalls sinnvoll, ist dort aber nicht definiert.

5.1.4 Bussystem-abhängige Dienste (Network Layer Protocol Control)

Ein Teil der Diagnosedienste ist abhängig vom jeweiligen Bussystem. Bei K-Line werden die Dienste aus Tab. 5.6 verwendet, die schon in Abschn. 2.2 beschrieben wurden. CAN benützt die Dienste in Tab. 5.7.

Diese Dienste werden in der Regel unmittelbar vor oder nach Einleiten einer Diagnosesitzung verwendet. Bei K-Line ist es üblich, dass vor dem Programmieren des Steuergeräte-Flash-Speichers die Timeout-Werte und der Zeichenabstand auf die Minimalwerte gesetzt werden, um einen höheren Datendurchsatz und damit kürzere Programmierzeiten zu erhalten.

Tab. 5.8 KWP 2000-Dienste für das Lesen und Löschen des Fehlerspeichers

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Read Diagnostic Trouble Codes	13 h	Auslesen der gespeicherten Fehlercodes im Steuergerät mit oder ohne zugehörige Statusinformationen.
Read Diagnostic Trouble Codes By Status	18 h	Dabei können entweder alle Fehlercodes oder nur die zu bestimmten Funktionsgruppen gehörenden Fehlercodes ausgelesen werden.
Read Status Of Diagnostic Trouble Codes	17 h	
Read Freeze Frame Data	12 h	Lesen der zu einem oder mehreren Fehlern gespeicherten <i>Umgebungsdaten</i> (Freeze Frame)
Clear Diagnostic Information	14 h	Löschen des gesamten Fehlerspeichers oder der Fehler zu vorgegebenen Funktionsgruppen.

5.1.5 Fehlerspeicher lesen und löschen (Stored Data Transmission)

Zu den wichtigsten Diensten gehört das Lesen und Löschen des Fehlerspeichers nach Tab. 5.8. Die KWP 2000-Normen definieren keine Einzelheiten zu den Fehlercodes (*Diagnostic Trouble Code DTC*) sowie den zugehörigen Statusinformationen und abgespeicherten Umgebungsbedingungen, sondern bezeichnen diese Werte als herstellerspezifisch. In der Praxis müssen sich aber zumindest die Hersteller abgasrelevanter Komponenten an die in den OBD und EOBD-Normen ISO 15031 bzw. SAE J2012 (PKW), J1587 und J1939 (NKW) festgelegten Formate und Fehlercodes halten (siehe Abschn. 5.3.2).

5.1.6 Daten lesen und schreiben (Data Transmission), Ansteuern von Steuergeräte-Ein- und Ausgängen (Input/Output Control)

Mit Hilfe der *Read Data*, *Write Data*, *Read Memory* und *Write Memory* Botschaften kann der Tester Werte aus dem Speicher des Steuergerätes lesen oder in den Speicher schreiben (Tab. 5.9). Welche Werte gelesen oder geschrieben werden, wird in der Botschaft entweder über eine vom Hersteller definierte 1 Byte (*Local Identifier*) oder 2 Byte (*Common Identifier*) lange Kennzahl oder durch Angabe einer 24 bit Speicheradresse (*Memory Address*) und einer 1 Byte Längenangabe (*Memory Size*) vorgegeben. Beim Lesen wird außerdem vorgegeben, ob die Ausgabe durch das Steuergerät einmalig erfolgen oder bis zu 255 mal wiederholt werden soll. Bei wiederholter Ausgabe kann der Tester die Ausgaberate in 3 Stufen (*slow, medium, fast*) auswählen. Der zugehörige konkrete Wert der Datenrate kann vom Tester über eine *Set Data Rates* Botschaft vorher aus einem vom Hersteller festgelegten Satz von Datenraten ausgewählt werden. Erhält das Steuergerät während der periodischen Ausgabe vom Tester eine neue *Request* Botschaft, wird die periodische Ausgabe abgebrochen.

Tab. 5.9 KWP 2000-Dienste für das Auslesen von Steuergerätedaten und das Ansteuern von Steuergeräte-Ein- und Ausgängen

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Read Data By Local Identifier	21 h	Auslesen von Steuergerätedaten im Speicher des Steuergerätes. Die Werte werden über Kennziffern (1 Byte oder 2 Byte) oder Speicheradresse (3 Byte) und Längenangabe (1 Byte) ausgewählt. Die Ausgabe kann einmalig oder bis zu 255 mal mit stufenweise vorgebbarer Wiederholrate erfolgen.
Read Data By Common Identifier	22 h	
Read Memory By Address	23 h	
Set Data Rates	26 h	Auswahl der Datenrate für die periodische Ausgabe aus einer vom Hersteller vordefinierten Liste von Werten.
Write Data By Local Identifier	3Bh	Schreiben von Werten in den Speicher des Steuergerätes. Auswahl über Kennziffer oder Speicheradresse.
Write Data By Common Identifier	2Eh	
Write Memory By Address	3Dh	
Dynamically Define Local Identifier	2Ch	Dynamische Zusammenstellung von Datenwerten zu einem Datensatz und Zuordnung zu einer Kennziffer
Input Output Control By Local Identifier	30 h	Überschreiben eines Steuergeräte-Eingangs oder Direktansteuerung eines Steuergeräte-Ausgangs. Details der Ansteuerung sind über herstellerspezifische Parameter der Botschaft vorgebar.
Input Output Control By Common Identifier	2Fh	

Bedeutung, Formatierung der Werte (Datensätze, *Records*) und der zugehörigen Kennziffern (*Identifier*) werden herstellerspezifisch festgelegt. Mit Hilfe der *Dynamically Define Local Identifier* Botschaft kann der Tester im Steuergerät eine neue Kennziffer für die aktuelle Diagnosesitzung dynamisch festlegen. Durch die Parameter der Botschaft werden dieser Kennziffer einzelne Datenwerte aus Datensätzen existierender Kennziffern oder durch Angabe von Speicheradresse und Länge aus dem Datenspeicher des Steuergerätes zugeordnet. Diese Vorgehensweise ist insbesondere für periodische Messaufgaben sinnvoll, wenn der Tester auswählen will, welche Messwerte angezeigt werden sollen und für diese Zusammenstellung noch keine vordefinierte Kennziffer existiert.

Die *Input Output Control* Botschaften sind zum zeitweiligen Überschreiben von Steuergeräte-Eingangssignalen oder zur Direktansteuerung von Steuergeräteausgängen vorgesehen. Über die herstellerspezifischen Parameter dieser Botschaften lassen sich dabei beliebige Details wie Ansteuerdauern, Zykluszahlen usw. vorgeben. Da auch bei den *Write Data* Botschaften die Botschaftsparameter herstellerspezifisch sind, lässt sich mit diesen Botschaften prinzipiell dieselbe Wirkung erzielen.

Tab. 5.10 KWP 2000-Dienste für das Übertragen größerer Datenblöcke

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Request Download	34 h	Initialisierung der Übertragung von größeren Datenblöcken vom Diagnosetester zum Steuergerät
Request Upload	35 h	Initialisierung der Übertragung von größeren Datenblöcken vom Steuergerät zum Diagnosetester
Transfer Data	36 h	Eigentliche Übertragung der Datenblöcke
Request Transfer Exit	37 h	Beenden der Datenübertragung

5.1.7 Speicherblöcke auslesen und speichern (Upload, Download)

Mit den folgenden Botschaften (Tab. 5.10) lassen sich größere Datenmengen zwischen Tester und Steuergerät oder umgekehrt übertragen. Vorgesehen sind diese Botschaften, um den Steuergerätespeicher auszulesen oder neue Programme und Datensätze in das Steuergerät zu laden. Diese Botschaften stellen die Kernbotschaften für das *Flashen* oder die *End of Line*-Programmierung dar.

Die Einzelheiten der Übertragung, z. B. Blockgrößen, Checksummen und Handshaking auf der Anwendungsebene sind herstellerabhängig. Üblich ist, dass der Tester über die *Request Download* bzw. *Request Upload* Botschaft die Übertragung anfordert und dem Steuergerät mitteilt, welche Speicherbereiche und wie viele Daten übertragen werden sollen. Das Steuergerät antwortet, welche Blockgröße es erwartet. Die eigentlichen Daten werden dann als Parameter der *Transfer Data* Botschaft bzw. der zugehörigen Steuergeräteantwort übertragen. Mit der *Request Transfer Exit* Botschaft beendet der Tester die Übertragung.

5.1.8 Start von Programmen im Steuergerät (Remote Routine Activation)

Über die Dienste in Tab. 5.11 lassen sich Programmroutinen im Steuergerät starten, stoppen und Ergebnisse abfragen. Dabei lassen sich wiederum herstellerabhängig beliebige Parameter übergeben.

Typische Anwendungen bestehen beispielsweise in so genannten Stellgliedtests, d. h. dem Starten bestimmter Routinen, mit denen z. B. die Druckdichtheit eines Einspritzsystems geprüft wird. Eine weitere Anwendung ist der Start einer Programmerroutine für den Flash-Speicher, nachdem über die *Download*-Funktionen ein neues Programm in das Steuergerät geladen wurde. Auch das Ausführen von Prüfroutinen im Fertigungstest, die mit den *Download*-Funktionen geladen wurden, wird so realisiert.

Erhält das Steuergerät eine neue *Request* Botschaft vom Diagnosetester, während es noch mit dem Ausführen einer Routine, einem *Up*- oder *Download* oder dem Löschen

Tab. 5.11 KWP 2000-Dienste für das Starten von Programmen im Steuergerät

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Start Routine By Local ID	31 h	Starten und Stoppen vordefinierter oder in das Steuergerät geladener Routinen durch den Diagnosetester. (ID Identifier ... Kennziffer)
Start Routine By Address	38 h	
Stop Routine By Local ID	32 h	
Stop Routine By Address	39 h	
Request Routine Results By Local Identifier	33 h	Abfrage der Ergebnisse der Routine
Request Routine Results By Address	3Ah	

Tab. 5.12 Realisierung zusätzlicher KWP 2000-Dienste

Service	SID	Parameter/Bemerkung
Escape Code Request	80 h	Beliebige herstellerdefinierte Services, die über die weiteren Parameter der Botschaft ausgewählt werden.

des Fehlerspeichers beschäftigt ist, kann es die neue Botschaft mit einer Fehlermeldung, z. B. *Response pending* oder *Busy – repeat request* ablehnen (Tab. 5.2).

5.1.9 Erweiterte Dienste (Extended Services)

Mit der *Escape Code Request* Botschaft können beliebige, in keine der in der Norm vordefinierten Kategorien passende Dienste realisiert werden (Tab. 5.12). Sämtliche Parameter der Botschaft sind herstellerabhängig.

Beispiele für den Einsatz von Diensten für das Auslesen von Diagnoseinformationen werden in Abschn. 5.3.7 und Beispiele für die Flash-Programmierung von Steuergeräten in Abschn. 9.4 vorgestellt.

5.2 Unified Diagnostic Services UDS nach ISO 14229/15765-3

Mit ISO 14229 wird der Versuch unternommen, die mit der KWP 2000-Diagnose eingeführten Prinzipien zu verallgemeinern und von dem darunter liegenden, realen Busprotokoll unabhängig zu machen. Die Implementierung von UDS in CAN-Bussystemen wird in ISO 15765-3 beschrieben. Die gesamten in Abschn. 5.1 dargestellten Prinzipien gelten, mit Ausnahme der nachfolgend dargestellten Änderungen, weiter.

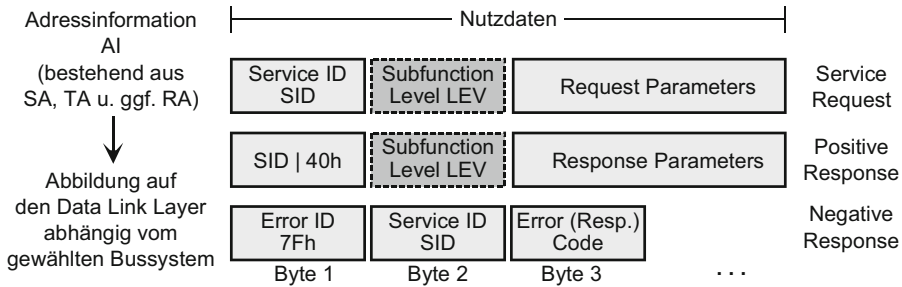


Abb. 5.6 Aufbau UDS Application Layer Service Botschaften

5.2.1 Unterschiede zum KWP 2000 Diagnoseprotokoll

Die Menge der *Service Identifier SID* wurde gestrafft, indem einige KWP 2000-Dienste bei UDS als Unterfunktionen zu einem einzigen Dienst mit einer gemeinsamen SID zusammengefasst wurden. Die Auswahl der Unterfunktion erfolgt bei diesen *Requests* über den neuen Parameter *Subfunction Level LEV* (Abb. 5.6). Bei den positiven Antwortbotschaften wird meist zusätzlich zur SID und den eigentlichen Antwortdaten auch dieser Parameter LEV zurückgesendet. Die übrigen Parameter der *Request* und *Response* Botschaften sind im Vergleich zu den KWP 2000 Normen etwas präziser spezifiziert. Es besteht aber weiter herstellerspezifischer Freiraum für die Implementierung. LEV darf die Werte 00 h ... 7Fh aufweisen. Das Bit 7 des LEV-Bytes dagegen hat eine Funktion für die Kommunikationssteuerung. Wenn es in einer *Request* Botschaft auf 1 gesetzt ist, darf die sonst für jede *Request* Botschaft notwendige *Positive Response* Botschaft durch das Steuergerät entfallen, falls beim Ausführen des Dienstes kein Fehler aufgetreten ist. Im Fehlerfall dagegen muss das Steuergerät in jedem Fall eine *Negative Response* Botschaft senden.

Bei KWP 2000 wurden Datensätze oder Funktionen im Steuergerät entweder durch deren Speicheradresse oder durch Kennziffern identifiziert. Dabei wurden 8 bit Kennziffern (*Local Identifier*) und 16 bit Kennziffern (*Common Identifier*) verwendet. UDS verwendet ausschließlich 16 bit Kennziffern, die Begriffe *Local* und *Common* entfallen. Einige Kennziffern, z. B. für den Applikationsdatensatz, für Geräteserien- und Versionsnummern, Herstelleridentifikation, OBD-relevante Daten oder periodisch zu sendende Daten sind in der Norm vorgegeben. Mit Hilfe der *Dynamically Define Data Identifier* Botschaft können wieder eigene Datensätze aus vorhandenen Datensätzen oder aus Daten, deren Speicheradressen bekannt sind, zusammengestellt werden.

5.2.2 Überblick über die UDS-Diagnosedienste

Das Management der Diagnosesitzungen erfolgt wie bei KWP 2000 (Tab. 5.13). Die verschiedenen Sitzungstypen wurden allerdings neu nummeriert (*Default Session* 01 h,

Tab. 5.13 UDS-Dienste für das Management der Diagnosesitzungen

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Diagnostic Session Control	10 h	01 h	Starten einer Diagnosesitzung	10 h
		02 h	Default Session	
		03 h	Programming Session	
		40 h	Extended Diagnostic Session	
		...7Eh	Herstellerspezifische Sitzungen	
Security Access	27 h	01 h	Request Seed	27 h
		02 h	Send Key	
		...	Weitere herstellerspez. Werte	
Secured Data Transmission	84 h		Verschlüsselung und Entschlüsselung der übertragenen Daten nach ISO 15764	NEU
ECU Reset	11 h	01 h	Rücksetzen des Steuergerätes	11 h
		02 h	Hard Reset	
		04 h	Zündung aus – Zündung ein	
		40 h	Soft Reset	
		...7Eh	Herstellerspezifische Reset-Sequenzen	
Tester Present	3Eh		Keep-Alive-Botschaft, um eine Diagnose-Session aufrecht zu erhalten, solange keine anderen Diagnosebotschaften vorliegen.	3Eh

Programming Session 02 h usw.) und es wurde festgelegt, welche Diagnosedienste in der *Default Diagnostic Session* unterstützt werden müssen (Tab. 5.14).

Alle anderen Dienste, z. B. zum Lesen oder Neuprogrammieren des gesamten Steuergerätespeichers, dürfen lediglich in speziellen Sitzungen verwendet werden. Diese können in der Regel nur unter besonderen Bedingungen, z. B. nach einer Login-Prozedur mit einer *Security Access* Botschaft, gestartet werden.

Neu ist die Möglichkeit, die Datenübertragung über das Bussystem verschlüsselt durchzuführen. Dabei wird eine Verschlüsselung nach ISO 15764 verwendet. Die Verschlüsselung und Entschlüsselung erfolgt im Sender und Empfänger auf einer zusätzlichen Protokollschicht (*Security Layer*), die zwischen die Diagnose- bzw. Steuergeräte-Anwendung und den UDS-Application Layer eingefügt wird (Abb. 5.7). Die Anwendung selbst sieht weiterhin normale UDS-Dienste im *offenen Klartext*, die aber gegenüber dem UDS-Protokollstapel verschlüsselt und als *Secured Data Transmission* Botschaften mit SID 84 h übertragen werden.

Die Botschaften zur Steuerung der Transport- und Datenübertragungsschicht (Tab. 5.15) hängen naturgemäß weiterhin stark vom verwendeten Bussystem ab.

Die vielleicht interessanteste Neuerung bei UDS stellt der *Response on Event* Dienst dar. Er erlaubt dem Tester, im Steuergerät einen oder mehrere Ereignistrigger zu installieren.

Tab. 5.14 Unterstützte Dienste in der UDS Default Diagnostic Session

Geforderte Diagnosedienste in der Default Diagnostic Session	
10 h, 3Eh	Starten und Aufrechterhalten einer Diagnosesitzung
11 h	Steuergeräte-Reset
14 h, 19 h	Fehlerspeicher lesen und löschen
Optionale Dienste in der Default Diagnostic Session	
86 h	Ereignisgesteuerte Botschaften (neu)
Bei den folgenden Diensten kann der Hersteller festlegen, auf welche Daten in der Default Diagnostic Session und auf welche nur in einer speziellen Diagnosesitzung zugegriffen werden kann:	
22 h, 23 h	Lesen und Schreiben von Steuergeräte-Daten
24 h, 2Ch	(basierend auf Speicheradressen oder Kennziffern).
2Eh, 3Dh	Starten von Programmen im Steuergerät
31 h	

Beim Eintreffen des Ereignisses (Triggern des Events) sendet das Steuergerät dann spontan entsprechende Antwortbotschaft an den Tester, ohne auf eine weitere Testerabfrage warten zu müssen (Tab. 5.16).

Die Dienste zum Zugriff auf den Fehlerspeicher (Tab. 5.17) sind detaillierter beschrieben als bei KWP 2000. Fehlercodes, der Aufbau des Fehlerspeichers und die zu einem Fehler gespeicherten Statusinformationen und Umgebungsbedingungen sind aber weiterhin nicht definiert. Für den Fehlercode sind 3 Byte vorgesehen, im Übrigen wird auf ISO 15031-6, SAE J1939-73 oder eine herstellerspezifische Festlegung verwiesen.

Im Vergleich zu KWP 2000 wurden die einmalige und die periodischen Datenausgabe in zwei verschiedene Dienste aufgespalten (Tab. 5.18). Die Datenrate für die periodische Ausgabe kann weiterhin in 3 Stufen verstellt werden, die im Steuergerät fest vordefiniert sind. Eine Feineinstellung in mehr als 3 Stufen, wie sie über die KWP 2000-Botschaft *Set Data Rates* möglich war, ist bei UDS nicht mehr vorgesehen.

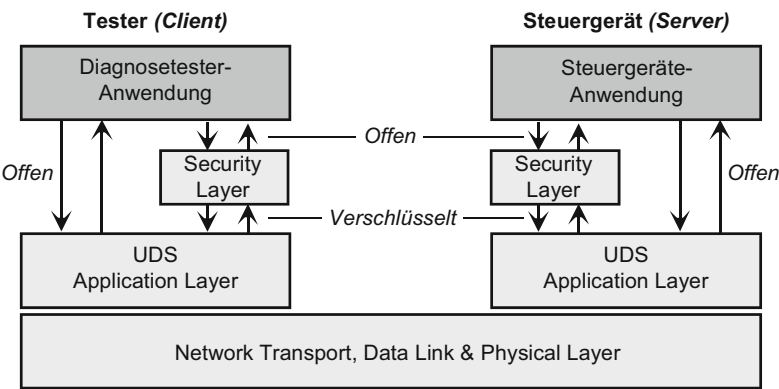


Abb. 5.7 Verschlüsselte und unverschlüsselte (offene) UDS-Dienste

Tab. 5.15 UDS-Dienste für das Management der Buskommunikation

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Communication Control	28 h	...	Der Tester kann das Steuergerät auffordern, das Senden und/oder Empfangen normaler Botschaften, d. h. der nicht-diagnosebezogenen On-Board-Kommunikation zwischen den Fahrzeugsteuergeräten einzustellen und nur noch mit dem Diagnosetester zu kommunizieren.	28 h, 29 h
Access Timing Parameter	83 h		Auslesen und Setzen der Timing-Parameter des Steuergerätes; Details abhängig vom verwendeten Bussystem	83 h
		01 h	Auslesen der vom Steuergerät unterstützten Werte	
		02 h	Zurücksetzen auf die Default-Werte	
		03 h	Auslesen der aktuell eingestellten Werte	
		04 h	Setzen neuer Timing-Parameter	
Link Control	87 h	...	Umschalten der Bitrate; Details abhängig vom verwendeten Bussystem. Der Tester teilt dem Steuergerät mit, dass er auf eine andere, vordefinierte oder in der Anfrage angegebene Bitrate umschalten möchte und führt bei positiver Antwort des Steuergerätes die Umschaltung durch. Die Umschaltung ist nur in speziellen Diagnosesitzungen möglich, die Default Diagnostic Session arbeitet immer mit der festen Standard-Bitrate.	NEU

Die bei KWP 2000 übliche Unterscheidung von 1 Byte Kennziffern (*Local Identifier*) und 2 Byte Kennziffern (*Common Identifier*) zur Auswahl von Steuergerätwerten oder Steuergeräteprogrammen entfällt. Bei UDS haben Kennziffern (*Identifier*) durchgängig 2 Byte.

Neu ist die Möglichkeit, über *Read Scaling Data* die Normierung und Skalierung der steuergeräteinternen Daten, d. h. den Zusammenhang zwischen den im Gerät gespeicherten Hexadezimalzahlen und den realen physikalischen Werten abzufragen. Dabei werden die Zahlendarstellung (Ganze Zahl, BCD- oder Gleitkommazahl, Anzahl der Bytes), die verwendeten Einheiten (Meter, Feet, km/h, Meilen/h usw.) und die Skalierungsfaktoren

Tab. 5.16 UDS-Ereignisgesteuerte Ausführung eines Dienstes

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Response on Event	86 h	...	Installieren eines Dienstes, der bei Eintreffen eines Triggerereignisses im Steuergerät ausgeführt wird. Einzelheiten siehe Abschn. 5.2.3	NEU

ermittelt, d. h. Steigung und Offset der folgenden Umrechnungsformel:

$$\text{Physikalischer Wert} = \text{Hexadezimalwert} \times \text{Steigung} + \text{Offset}$$

Die Dienste zum Übertragen größerer Datenblöcke (Tab. 5.19) sind funktional mit den KWP 2000-Diensten identisch, wobei die Parameterformate für Speicheradresse und Speichergröße sowie die Blocklänge und Blockzähler jetzt präzise definiert sind. Außerdem können für die Übertragung herstellerdefinierte Kompressions- und Verschlüsselungsformate angefordert werden. Die beispielhafte Anwendung dieser Dienste zur Flash-Programmierung wird im Abschn. 9.4 beschrieben.

Wiederum können vordefinierte oder vorher geladene Steuergerätefunktionen gestartet werden (Tab. 5.20). Das Format der Parameter, die an die zu startende Routine übergeben werden, ist ebenso wie das Format der Ergebnisse weiterhin herstellerabhängig. Die Routinen werden über Kennziffern (*Identifier*) ausgewählt, wobei sowohl vordefinierte Kennziffern, z. B. die so genannten OBD *Test IDs*, als auch herstellerdefinierte Werte möglich sind. Die bei KWP 2000 vorhandene Möglichkeit, Routinen direkt über ihre Speicheradressen zu starten, existiert nicht mehr, doch kann über eine vorherige *Dynamically Define Data Identifier* Botschaft einer Speicheradresse eine Kennziffer zugewiesen werden.

Ob eine Routine durch eine Stopp-Botschaft des Diagnosetesters beendet wird oder selbstständig nach einer bestimmten Zeit oder Anzahl von Durchläufen endet, ist abhängig von Art und Funktion der Routine.

5.2.3 Response on Event Dienst

Der Ablauf bei der ereignisgesteuerten Ausführung von UDS-Diensten ist wie folgt (Abb. 5.8):

- Installieren mit Angabe des auszuführenden Dienstes, der Triggerbedingung und des Trigger-Zeitfensters (LEV = 01 h – 03 h oder 07 h, siehe unten)
- Starten des Event-Dienstes (*Start Response on Event* LEV = 05 h), Beginn des Trigger-Zeitfensters
- Senden von Antworten bei Eintreffen des Ereignisses vom Steuergerät zum Diagnose-tester

Tab. 5.17 UDS-Dienste für das Lesen und Löschen des Fehlerspeichers

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Read DTC Information	19 h	0Ah	Auslesen des Fehlerspeichers	12 h, 13 h, 17 h, 18 h
			Liste aller möglichen Fehlercodes des Steuergerätes und den zugehörigen aktuellen Status	
		01 h	Anzahl und Liste der Fehler mit	
		02 h	einer bestimmten Fehlermaske	
		07 h	Anzahl und Liste der Fehler mit	
		...09 h	einer bestimmten Fehlerschwere	
		12 h	Anzahl und Liste aller	
		13 h	ODB-relevanten Fehler	
		0Bh	Ältesten bzw. jüngsten	
		...0Eh	Fehlerspeicher-Eintrag lesen	
		03 h	Auslesen der gespeicherten	
Clear Diagnostic Information	14 h	...06 h	Umgebungsbedingungen und erweiterten Statusinformationen	
		0Fh	Fehler aus dem Fehlerspiegel	
		...11 h	auslesen	
Control DTC Setting	85 h	...	Löschen des gesamten	14 h
			Fehlerspeichers, der Fehler zu einer vorgegebenen Funktionsgruppe (z. B. OBD-relevante Fehler, Fehler des Motorsteuergerätes usw.) oder zu einem einzelnen Fehlercode	
			Der Tester kann das Steuergerät	85 h
			auffordern, das Speichern von	
			Fehlercodes (für alle oder einzelne	
			Fehler herstellerabhängig	
			implementierbar) ein- oder	
			auszuschalten. Abschalten ist z. B.	
			beim Stellertest oder beim Abziehen	
			von Kabeln im Werkstatttest	
			sinnvoll, um überflüssige	
			Fehlermeldungen zu vermeiden.	

- Stoppen des Event-Dienstes durch das Steuergerät nach Ablauf des Trigger-Zeitfensters oder explizites Stoppen durch den Diagnosetester (*Stop Response on Event* LEV = 00 h)
- Deinstallieren des Event-Dienstes (*Clear Response on Event* LEV = 06 h)

Das Trigger-Zeitfenster (*Event Window*) definiert den Zeitbereich (ab Starten des Dienstes), in dem auf das Trigger-Ereignis gewartet wird. Nach Ablauf dieses Zeitfensters beendet das Steuergerät das Warten auf das Triggerereignis selbstständig. Das explizite Stoppen des Event-Dienstes ist nur notwendig, wenn das Trigger-Zeitfenster unendlich groß gewählt

Tab. 5.18 UDS-Dienste für das Auslesen von Steuergerätedaten und das Ansteuern von Steuergeräte-Ein- und Ausgängen

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Read Data By Identifier	22 h	–	Einmaliges Auslesen von Steuergerätedaten (Einzelwerte oder Datensätze) im Speicher des Steuergerätes.	21 h, 22 h Single
Read Memory By Address	23 h	–	Die Werte werden über eine oder mehrere 2 Byte Kennziffern oder Speicheradresse und Längenangabe (mit wählbarem Adressformat) ausgewählt. Vordefinierte Identifier existieren z. B. zur Abfrage der unterstützten CAN IDs.	23 h Single
Read Data By Periodic Identifier	2Ah	–	Periodisches Auslesen von Steuergerätedaten. Die periodisch zu sendenden Daten müssen über spezielle Kennziffern identifiziert werden. Optional kann dabei das Transportprotokoll umgangen werden, um mehr Nutzdaten je CAN-Botschaft übertragen zu können.	21 h, 22 h Periodic
		01 h	Senden mit niedriger Datenrate	
		02 h	Senden mit mittlerer Datenrate	
		03 h	Senden mit hoher Datenrate	
		04 h	Senden beenden	
Write Data By Identifier	2Eh	–	Schreiben von Werten in den Speicher des Steuergerätes.	2Eh, 3Bh
Write Memory By Address	3Dh	–	Auswahl erfolgt über Kennziffer oder Speicheradresse	3Dh
Read Scaling Data By Identifier	24 h	–	Auslesen von Skalierungs- und Normierungsinformationen für Einzelwerte oder Datensätze.	NEU
Dynamically Define Data Identifier	2Ch	–	Dynamische Zusammenstellung von Datenwerten zu einem Datensatz und Zuordnung zu einer Kennziffer.	2Ch
		01 h	Auswahl aus vorhandenem Datensatz	
		02 h	Auswahl über Speicheradresse	
		03 h	Löschen von Kennziffern	
Input Output Control By Identifier	2Fh	–	Überschreiben eines Steuergeräte-Eingangs oder Direktansteuerung eines Steuergeräte-Ausgangs. Details der Ansteuerung sind über die herstellerspezifischen Parameter der Botschaft vorgebar. Über spezielle Parameter kann ein Wert verändert, der veränderte Wert eingefroren, auf einen Defaultwert umgeschaltet oder die Kontrolle über den Ein-/Ausgang an das Steuergerät zurückgegeben werden.	2Fh, 30 h

Tab. 5.19 UDS-Dienste für das Übertragen größerer Datenblöcke

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Request Download	34 h	–	Initialisierung der Übertragung von größeren Datenblöcken vom Diagnosetester zum Steuergerät	34 h
Request Upload	35 h	–	Initialisierung der Übertragung von größeren Datenblöcken vom Steuergerät zum Diagnosetester	35 h
Transfer Data	36 h	–	Eigentliche Übertragung der Datenblöcke	36 h
Request Transfer Exit	37 h	–	Beenden der Datenübertragung	37 h

wurde oder wenn das Zeitfenster vorzeitig beendet werden soll. Der mögliche Wertebereich für das Zeitfenster ist herstellerspezifisch.

Folgende Ereignisse können als Triggerbedingung im Steuergerät verwendet werden:

- bei Änderung eines Fehlerspeichereintrags (*On DTC Status Change* LEV = 01 h),
- bei einem Zeitgeber-Interrupt (*On Timer Interrupt* LEV = 02 h), erlaubt periodische Triggerung,
- bei Änderung eines Datenwertes (*On Change of Data Identifier* LEV = 03 h),
- Vergleich eines Datenwertes mit einer Konstanten (größer, kleiner, Gleichheit, Ungleichheit, ggf. mit Hysterese, *On Comparison of Values* LEV = 07 h).

Folgende Dienste können durch das Event im Steuergerät ausgeführt werden:

- Auslesen von Steuergerätwerten (*Read Data by Identifier* SID = 22 h),
- Auslesen des Fehlerspeichers (*Read DTC Information* SID = 19 h),
- Ausführen von Programmroutinen im Steuergerät (*Routine Control* SID = 31 h),
- Ansteuern von Steuergeräte-Ein- und Ausgängen (*Input/Output Control by Identifier* SID = 2Fh).

Es ist möglich, mehrere Event-Dienste gleichzeitig zu aktivieren. Mit LEV = 04 h kann abgefragt werden, welche Event-Dienste aktuell installiert sind. Während ein oder meh-

Tab. 5.20 UDS-Dienste für das Starten von Programmen im Steuergerät

Service	SID	LEV 6...0	Parameter/Bemerkung	Ersetzt SID KWP 2000
Routine Control	31 h		Ausführen vordefinierter oder in das Steuergerät geladener Routinen	
		05 h	Starten	31 h, (38 h)
		00 h	Stoppen	32 h, (39 h)
		03 h	Abfragen der Ergebnisse	33 h, (3Ah)

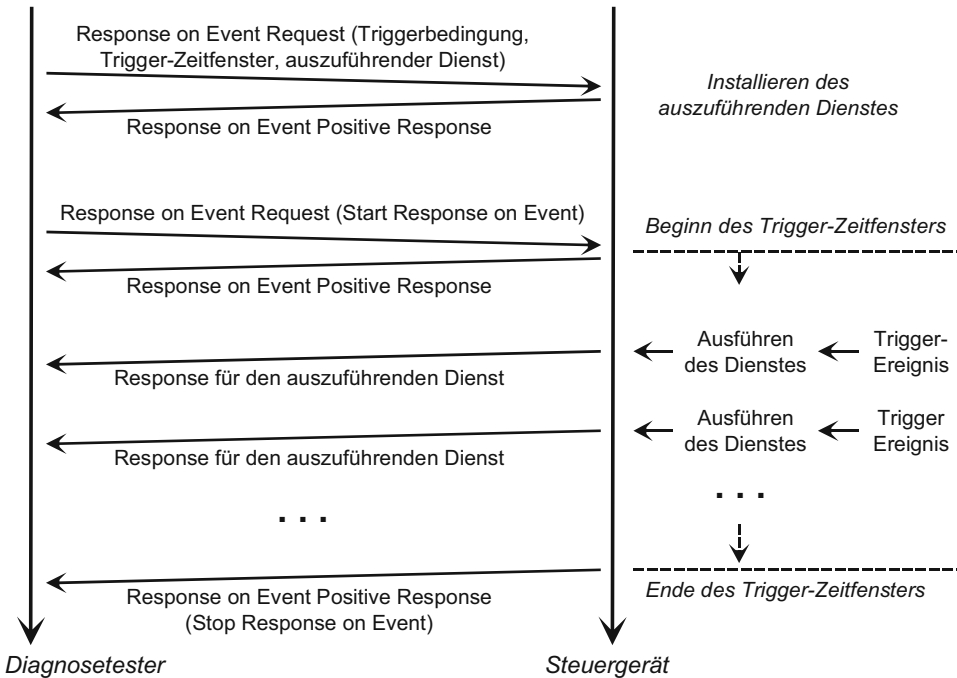


Abb. 5.8 Ablauf beim UDS-Dienst *Response on Event*

rere Event-Dienste installiert und gestartet sind, muss das Steuergerät beliebige weitere Botschaften vom Diagnosetester (mit Ausnahme von SID = 28 h, 2Ch, 31 h, 34 h bis 37 h) verarbeiten können.

Mit Hilfe von Bit 6 des LEV-Parameters kann eine Triggerbedingung auch so installiert werden, dass sie nach einem Steuergeräte-Reset weiter aktiv bleibt (*Store Event*).

5.3 On-Board-Diagnose OBD nach ISO 15031/SAE J1979

Zur Überwachung von abgasrelevanten Systemen wie z. B. Motorsteuergeräten, schreiben gesetzliche Vorschriften in USA und Europa die so genannte On-Board-Diagnose (OBD, EOBD) vor. Die für die Übertragung der zugehörigen Diagnosedaten relevanten Spezifikationen wurden im Normensatz ISO 15031 zusammengefasst, der mit den entsprechenden amerikanischen SAE-Normen nahezu inhaltsgleich ist (Tab. 5.21).

Als unterlagertes Bussystem lässt die Norm K-Line-Busse mit KWP 2000 und dessen Vorläufer ISO 9141-2 CARB, CAN nach ISO 15765-2/-4 sowie die vor allem in amerikanischen Fahrzeugen verbreiteten SAE J1850-Busse in PWM und VPWM-Ausführung zu. Während ein Fahrzeug dabei an seiner Diagnoseschnittstelle in der Regel nur eines dieser Bussysteme unterstützt, muss ein normgerechter Diagnosetester (*OBD Scan Tool*) alle zu-

Tab. 5.21 Normen für OBD Diagnoseprotokolle

Thema	ISO-Norm	SAE-Norm
Allgemeines	ISO 15031-1	–
Begriffsdefinitionen und Abkürzungen	ISO 15031-2	J1930
Steckverbinder	ISO 15031-3	J1962
Diagnosetester (OBD Scan Tool)	ISO 15031-4	J1978
Diagnosedienste	ISO 15031-5	J1979
Fehlercodes (Diagnostic Trouble Codes)	ISO 15031-6	J2012
Data Link Security	ISO 15031-7	J2186
Alternativen für das Bussystem	ISO 9141-2 K/L-Line CARB ISO 14230 K-Line KWP 2000 ISO 15765-2/-4 CAN SAE J1850 PWM und VPWM	

lässigen Bussysteme unterstützen und automatisch erkennen. In USA ist seit 2007 für alle Fahrzeuge CAN vorgeschrieben. Mittlerweile soll OBD als ISO 27145 weltweit in einheitlicher Form standardisiert werden.

5.3.1 Überblick OBD-Diagnosedienste

Die OBD *Request* und *Response* Botschaften besitzen das bereits in Abschn. 5.1.1 beschriebene KWP 2000 Format (Abb. 5.9), wobei der Diagnosetester die in Abschn. 5.1.3 beschriebene funktionale Adressierung verwenden muss. Der Diagnosetester verwendet die funktionale und physikalische Adresse F1 h, die OBD-relevanten Steuergeräte die funktionale Adresse 33 h. SAE J1850 verwendet andere Adresswerte. Während es stets nur einen Diagnosetester geben darf, werden in der Regel mehrere OBD-relevante Steuergeräte auf diese funktionale Adresse reagieren. Der Diagnosetester muss daher stets mit mehreren Antworten rechnen, die er anhand der in den Antwortbotschaften enthaltenen, stets eindeutigen physikalischen Adresse des sendenden Steuergerätes unterscheiden kann.

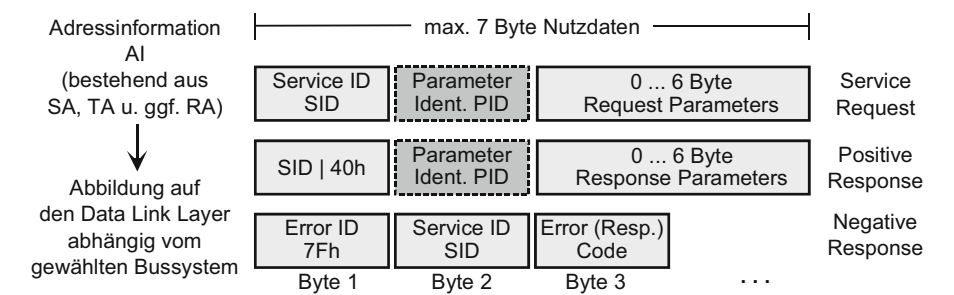


Abb. 5.9 OBD-Botschaftsformat (bei CAN längere Antwortbotschaft möglich)

Die Botschaften bestehen neben der SID aus maximal 6 Datenbytes, d. h. insgesamt maximal 7 Byte. Bei CAN dürfen *Response*-Botschaften länger sein. Das erste Datenbyte nach der SID dient bei den meisten *Request* Botschaften zur Auswahl eines Parameters (*Parameter Identifier PID*), z. B. eines Datenwertes im Steuergerät, und wird in der Antwortbotschaft ebenfalls als Echo zurückgesendet.

In den SAE-Normen werden die Diagnosedienste, die bei ISO als *Services* bezeichnet werden, auch *Test Modes* oder einfach nur *Modes* genannt (Tab. 5.22).

5.3.2 Auslesen des Fehlerspeichers und von Steuergerätwerten

Zu Beginn eines Diagnosetests wird der Diagnosetester üblicherweise mit dem *Service 09 h Request Vehicle Information* zunächst die Serien- und Versionsnummern des Fahrzeugs und der Steuergerätesoftware abfragen, um das Fahrzeug eindeutig zu identifizieren.

Danach wird der Diagnosetester mit dem *Service SID = 01 h PID = 01 h Request Current Power Train Diagnostic Data* den Zustand der Fehlerlampe im Armaturenbrett (*Malfunction Indicator Lamp MIL*) und die Anzahl der im Steuergerät gespeicherten Fehler abfragen. Das erste Byte der Steuergeräte-Antwort enthält im obersten Bit den Zustand der MIL-Lampe (Bit 7 = 1 entspricht MIL = ein), die unteren 7 bit enthalten die Anzahl der gespeicherten Fehler. Das zweite Byte zeigt an, welche Überwachungsfunktionen im Steuergerät implementiert sind (Bit 0 = 1 Zündaussetzerüberwachung, Bit 1 = 1 Einspritzsystemüberwachung, Bit 2 = 1 sonstige Überwachung, Bit 4, 5 und 6 sollen anzeigen, ob die jeweiligen Überwachungsfunktionen vollständige Testzyklen durchführen konnten, d. h. ob die zugehörigen Überwachungsdaten gültig sind). Das dritte Byte zeigt, welche Komponenten jeweils überwacht werden (von Bit 0 ausgehend Katalysator, Katalysator-Heizung, Tankentlüftung, Sekundärluftsystem, Klimaanlage-Kältemittel, Lambdasonde, Lambdasondenheizung, Abgasrückführung). Das vierte Byte zeigt wiederum bitweise an, ob die jeweilige Überwachung einen vollständigen Testzyklus ausführen konnte.

Anschließend wird der Diagnosetester mit dem *Service 03 h Request Emission-Related Diagnostic Trouble Codes* den Fehlerspeicher für die OBD-relevanten Fehler abfragen. Die Antwortbotschaft des Steuergerätes enthält grundsätzlich drei 16 bit-Fehlercodes, die so codiert sind, wie im folgenden Abschn. 5.3.4 beschrieben. Falls gar kein oder weniger Fehler gespeichert sind, wird 0000 h für den Fehlercode gesetzt. Falls mehr als drei Fehler gespeichert sind, antwortet das Steuergerät bei K-Line ohne erneute Anfrage mit mehreren Antwortbotschaften, bei CAN lässt die Transportschicht ISO 15765-2 ohnehin längere Antworten zu. Aus der vorigen Anfrage mit SID = 01 h PID = 01 h weiß der Diagnosetester, wie viele Fehler gespeichert sind und damit, wie viele Antwortbotschaften vom Steuergerät zu erwarten sind. Der Service 03 h liefert nur als *endgültig defekt* eingestufte Fehler, während man mit dem Service 07 h, der ansonsten gleich aufgebaut ist, auch Fehlercodes für Fehler abfragen kann, die lediglich als *vorläufig defekt* eingestuft wurden.

Zu jedem Fehlercode kann der Diagnosetester mit dem *Service 02 h Request Power Train Freeze Frame Data* im Steuergerät gespeicherte Umweltbedingungen (*Freeze Frame*) ab-

Tab. 5.22 OBD-Diagnosedienste

Service	SID	Parameter/Bemerkung
<i>Fehlerspeicher</i>		
Request emission-related diagnostic trouble codes	03 h	Auslesen der abgasrelevanten Fehler aus dem Fehlerspeicher (kein PID). Es werden nur als <i>endgültig defekt</i> eingestufte Fehler (siehe Abschn. 5.3.4) zurückgemeldet.
Request emission-related diagnostic trouble codes detected during current or last completed driving cycle	07 h	Wie SID 03, dabei werden aber auch als nur <i>vorläufig defekt</i> eingestufte Fehler zurückgemeldet.
Request powertrain freeze frame data	02 h	Abfrage der Umgebungsdaten für einen im Fehlerspeicher gespeicherten Fehlercode
Clear emission-related diagnostic information	04 h	Löschen des Fehlerspeichers (Fehlercodes, Umgebungsbedingungen, Status der verschiedenen Tests), kein PID.
<i>Test abgasrelevanter Komponenten</i>		
Request oxygen sensor monitoring test results	05 h	Überwachung der Lambda-Sonde
Request on-board monitoring test results for non-continuously monitored systems	06 h	Überwachung Katalysatoren, Abgasrückführung, Sonden- und Katalysatorheizung, Zünd- und Einspritzsystem
Request control of on-board system, test or component	08 h	Test der Tankentlüftung
<i>Auslesen von Steuergerätewerten</i>		
Request current powertrain diagnostic data	01 h	Abfrage von Steuergeräte-Datenwerten, die über Kennziffern (Parameter Identifier PID) ausgewählt werden.
Request vehicle information	09 h	Auslesen der Fahrzeugseriennummer (Vehicle Identification Number, 17 ASCII-Zeichen, die – außer bei CAN – auf 5 Antwortbotschaften verteilt werden, PID = 02 h) oder der Software-/Datensatzserien- oder Versionsnummer (Calibration Identification, 16 ASCII-Zeichen, PID = 04 h) bzw. der zugehörigen Prüfsummen (Calibration Verification Number, 4 Byte Hexwert, PID = 06 h). Zuvor kann der Diagnosetester mit PID = 01 h, 03 h bzw. 05 h abfragen, wie viele Antwortbotschaften er vom Steuergerät jeweils erwarten muss.
	0 A-0Fh	Reserviert

Tab. 5.23 Auswahl verschiedener OBD-Messwerte über PIDs

PID	Bedeutung	Datengröße	Wertebereich (min ... max)
04 h	Motorlast	8 bit	0 ... 100 %
05 h	Kühlwassertemperatur	8 bit	– 40 ... + 215 °C
06 h ... 09 h	Kraftstoffmengenkorrektur der Einspritzventile (Ausgabe für je 2 Zylinder)	8 bit	– 100 ... + 99,2 %
0Bh	Druck im Ansaugrohr	8 bit	0 ... 255 kPa
0Ch	Motordrehzahl	16 bit	0 ... 16383,75 1/min
0Dh	Fahrgeschwindigkeit	8 bit	0 ... 255 km/h
0Eh	Zündwinkel (für Zylinder 1)	8 bit	– 64 ... + 63,5 °
0Fh	Ansauglufttemperatur	8 bit	– 40 ... + 215 °C
10 h	Luftmasse	16 bit	0 ... 655,35 g/s
11 h	Gaspedalstellung	8 bit	0 ... 100 %
14 h ... 1Bh	Lambda-Sonden-Spannung (siehe auch PID = 24 h...2Bh bzw. 34 h ... 3Bh je nach Sondentyp)	8 bit (16 bit)	0 ... 1,275 V
2Ch	Abgasrückführrate	8 bit	0 ... 100 %
31 h	Fahrstrecke seit Löschen des Fehlerspeichers	16 bit	0 ... 65535 km
4Eh	Betriebsdauer seit Löschen des Fehlerspeichers	16 bit	0 ... 65535 min
21 h	Fahrstrecke seit Einschalten der Fehlerlampe (MIL)	16 bit	0 ... 65535 km
4Dh	Betriebsdauer seit Einschalten der Fehlerlampe	16 bit	0 ... 65535 min
...

fragen. Dazu prüft der Diagnosetester mit PID = 02 h zuerst, welchem Fehler (DTC) die gespeicherten Daten zugeordnet sind. Da das Steuergerät unter Umständen mehrere Sätze von Umgebungsbedingungen abgespeichert hat, muss der Tester bei dieser und bei den folgenden Abfragen die *Frame* Nummer angeben. Die Nummer des *OBD-Default-Frames* ist 0. Ob weitere *Frames* gespeichert werden, ist herstellerspezifisch. Anschließend kann der Tester mit demselben Service 02 h, aber weiteren PIDs (Tab. 5.23) die eigentlichen gespeicherten Messwerte abfragen.

Alle gespeicherten Werte sind Hexadezimalwerte (mit n = 8 bzw. n = 16 bit), die mit Hilfe des in Tab. 5.23 angegebenen Wertebereichs in den tatsächlichen physikalischen Wert umgerechnet werden müssen:

$$\text{Physikalischer Wert} = \frac{\text{Hexadizimalwert}}{2^n - 1} (\text{Maximalwert} - \text{Minimalwert}) + \text{Minimalwert}$$

Beispiel Kühlwassertemperatur:

gespeicherter Hexadezimalwert 3 Ah = 58

$$\text{physikalischer Wert} = \frac{58}{2^8 - 1} \cdot (215^\circ\text{C} - (-40^\circ\text{C})) + (-40^\circ\text{C}) = 18^\circ\text{C}$$

Während der Fehlersuche lassen sich dann mit dem *Service 01 h Request Current Powertrain Diagnostic Data* mit Hilfe derselben PIDs (Tab. 5.23) die jeweils aktuellen Messwerte abfragen. Dieser Dienst kann auch während der Applikationsphase eines Fahrzeugs verwendet werden, wobei durch zyklische Anfragen sogar eine Messwertaufzeichnung im Fahrbetrieb möglich ist.

Nach Beseitigung des Fehlers kann der Fehlerspeicher dann mit Hilfe des *Service 04 h Clear Emission-related Diagnostics Information* gelöscht werden.

Wie dargestellt verwenden die meisten Dienste den PID-Parameter zur Auswahl einer Unterfunktion bzw. eines Messwertes. Die zu verwendenden PID-Werte sind in der Norm festgelegt, aber nicht jedes Steuergerät muss alle PIDs unterstützen. Bei praktisch allen Diagnosediensten (SIDs) liefert eine Abfrage mit PID = 0 h eine 32 bit-Bitmaske zurück, die angibt, welche PIDs von einem Steuergerät unterstützt werden und welche nicht. Da mit dieser Bitmaske nur 32 Werte spezifiziert werden könnten, ist ein Erweiterungsmechanismus vorgesehen, mit dem über PID = 20 h, 40 h, 60 h, ... die Unterstützung weiterer PIDs abgeprüft werden kann. Bevor der Diagnosetester einen bestimmten Service weiter verwendet, fragt er daher für diesen Service mit PID = 0 h zunächst ab, welche PIDs für diesen Service unterstützt werden und baut mit der Steuergeräteantwort eine interne Tabelle auf. In der Regel verwendet der Diagnosetester diese Tabelle dann dazu, dem Bediener nur diejenigen Dienste und Messwerte anzubieten, die vom Steuergerät tatsächlich unterstützt werden.

5.3.3 Abfrage der Testergebnisse für abgasrelevante Komponenten

Die gesetzlichen Vorschriften sehen vor, dass die abgasrelevanten Komponenten im Fahrbetrieb laufend überwacht werden. Der Zustand dieser Überwachungen kann mit den Services 05 h, 06 h und 08 h abgefragt werden. Im Gesetz ist dabei nicht im Detail geregelt, wie die Überwachungen durchzuführen sind, sondern lediglich, welche Abweichungen von den gesetzlichen Abgasvorschriften erkannt werden müssen. Da die Überwachungen in der Regel nur in bestimmten Motorbetriebszuständen, z. B. erst ab einer bestimmten Motortemperatur, durchgeführt werden können, speichert das Steuergerät jeweils die Ergebnisse der letzten vollständig durchgeführten Überwachung. ISO 15031 und die zugrundeliegenden OBD-Normen definieren dabei – unabhängig von den eigentlichen gesetzlichen Vorschriften zu den Abgasgrenzwerten und Überwachungsfunktionen – lediglich das Protokoll, mit dem die Ergebnisse abgefragt werden. Mit dem *Service 05 h Request Oxygen Sensor Monitoring Test Results* beispielsweise wird das Ergebnis der Überwachung der

Lambda-Sonden abgefragt. Die Anfrage enthält die PID (in der Norm in diesem Fall leider als Test ID bezeichnet), um das Testergebnis auszuwählen, sowie die Nummer der Sonde. Abgefragt werden können zum Beispiel die Grenzwerte (als Sensorspannungen) für Magerbetrieb (PID = 03 h) und Fettbetrieb (PID = 04 h), die größte und die kleinste gemessene Sensorspannung (PID = 07 h bzw. 08 h), die *Schaltzeiten* für das Durchlaufen des Bereichs zwischen den Schwellwerten sowie die Periodendauer eines Lambda-Regelzyklusses (PID = 0Ah) und herstellerspezifisch definierte Werte. Wo und wie viele Lambda-Sonden eingebaut sind, d. h. die Sensornummer, erfährt der Diagnosetester zuvor über die Anfrage SID = 01 h, PID = 13 h bzw. PID = 1Dh.

Mit dem *Service 06 h Request On-Board Monitoring Test Results for Non-Continuously Monitored Systems* können zusätzlich zu den Lambda-Sonden auch die Überwachungen für andere Komponenten wie die Sondenheizung, die Katalysatoren und die Katalysatorenheizung, die Abgasrückführung, die Tankentlüftung, das Zündsystem und die Einspritzanlage für die einzelnen Zylinder abgefragt werden. An dieser Stelle unterscheidet die Norm abhängig vom zugrunde liegenden Busprotokoll. Bei K-Line und J1850-Bussen sind die PIDs und die Skalierung der Messwerte aus historischen Gründen weitgehend herstellerspezifisch frei wählbar, während bei CAN beides präzise vorgegeben wird.

Mit dem *Service 08 h Request Control of On-Board System, Test or Component* soll der Diagnosetester einen Test im Steuergerät starten und stoppen können. Derzeit ist dies nur für den Test der Tankentlüftung vorgesehen.

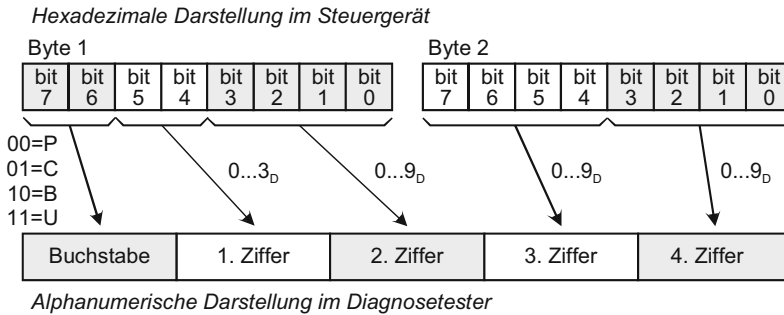
Welche Tests von den Diensten 05 h, 06 h und 08 h jeweils unterstützt werden und ob gültige Testergebnisse vorliegen, d. h. der Motor seit dem Löschen des Fehlerspeichers lange genug in einem Betriebszustand betrieben wurde, in dem dieser Test vollständig durchgeführt werden konnte, kann der Tester der Abfrage SID = 01 h, PID = 01 h entnehmen (siehe oben). Die Abfrage, ob die Tests vollständig durchgeführt wurden sowie die Tests selbst werden häufig als *Readiness Tests* bezeichnet.

5.3.4 OBD-Fehlercodes

Im Steuergerät werden die Fehlercodes als 16 bit Hexadezimalzahl gespeichert, die im Diagnosetester oder in der Dokumentation in eine fünfstellige alphanumerische Darstellung umgewandelt werden. Der Wert 0000 h wird als *kein Fehler* interpretiert, ansonsten gilt folgende Zuordnung (vgl. Abb. 5.10:

Über den Buchstaben wird zwischen Fehlern in folgenden Bereichen unterschieden:

Antriebsstrang	Powertrain	P
Fahrwerk	Chassis	C
Karosseriebereich	Body	B
Datennetz, Bussystem	Network	U

**Abb. 5.10** OBD Fehlercode-Format

Die erste Ziffer zeigt an, wer den Fehlercode festgelegt hat:

- 0 Fehlercodes nach ISO 15031-6 bzw. SAE J2012
- 1, 2 Herstellerdefinierte Fehlercodes
- 3 Reserviert

Bei den von ISO/SAE festgelegten Fehlercodes für den Antriebsstrang unterscheidet die 2. Ziffer, welche Komponente fehlerhaft ist, z. B.

- P01 ..., P02 ... Einspritzsystem
- P03 ... Zündung
- P04 ... Abgasrückführung und andere Hilfskomponenten
- P05 ... Fahrgeschwindigkeits- und Leerlaufregelung
- P06 ... Steuergeräteinterne Fehler
- P07 ..., P08 ... Getriebe

Über die weiteren beiden Ziffern werden die Komponente und die Fehlerart näher klassifiziert. So empfiehlt die Norm, die folgenden Fehlerarten zu unterscheiden:

- Allgemeine Fehlfunktion
- Unzulässiger Wert oder schlechte Leistung
- Eingang dauernd ein
- Eingang dauernd aus
- Wackelkontakt
- ...

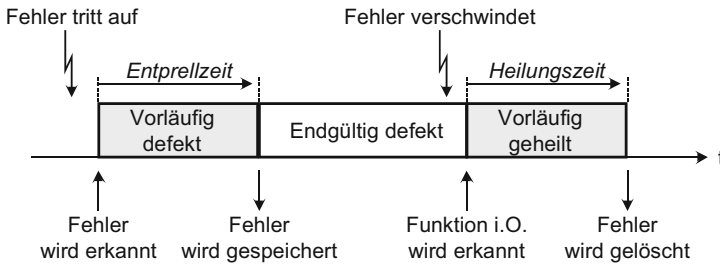


Abb. 5.11 Fehlerentprellung und Fehlerheilung

Beispiele für Fehlercodes:

P0100	Luftmassenmesser	Allgemeiner Fehler
P0101	Luftmassenmesser	Unzulässiger Wert
P0104	Luftmassenmesser	Wackelkontakt
P0130	Erste Lambda-Sonde	Allgemeiner Fehler
P0201	Einspritzventil Zylinder 1	Allgemeiner Fehler
P0301	Zündung Zylinder 1	Fehlzündung erkannt
P0400	Abgasrückführung	Allgemeiner Fehler
P0506	Leerlaufdrehzahl	Wert zu niedrig
...

Fehler werden in der Regel *entprellt*, bevor sie gespeichert werden, und können auch wieder *geheilt* werden (Abb. 5.11). Ein Fehler muss für eine bestimmte Mindestzeit (*Entprellzeit*) erkannt worden sein, bevor er als *endgültig defekt* eingestuft und in den permanenten Fehlerspeicher des Steuergerätes, in der Regel ein EEPROM, eingetragen wird. Als *Wackelkontakt* wird ein Fehler erkannt, wenn er während der Entprellzeit zwar nicht dauerhaft, aber doch in kurzen Zeitabständen wiederholt erkannt wird. Verschwindet der Fehler wieder, so muss die zugehörige Funktion für eine weitere Mindestzeit (*Heilungszeit*) als einwandfrei erkannt werden, bevor der Fehlereintrag endgültig gelöscht wird.

Während der Entprell- und Heilungszeiten kann der Status des im RAM des Steuergerätes vorläufig gespeicherten Fehlers von den im EEPROM gespeicherten Werten abweichen. Die durch die OBD-Dienste gelesenen Fehlercodes und zugehörigen Umgebungsbedingungen beziehen sich in der Regel ausschließlich auf die im permanenten Fehlerspeicher gespeicherten Fehler. Wahlweise können aber auch die als *vorläufig defekt* eingestuften Fehler gelesen werden.

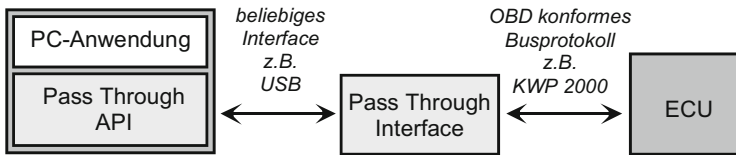


Abb. 5.12 Pass-Through-Programmierung nach SAE J2534/ISO 23248

5.3.5 Data Link Security

Der OBD-Standard definiert denselben *Seed and Key*-Mechanismus zur Zugangskontrolle wie die KWP 2000-Protokolle (vgl. Abschn. 5.1.2). Wie dort wird der Algorithmus zur Berechnung von *Seed* und *Key* und deren Länge selbst nicht spezifiziert und auch nicht vorgegeben, welche Dienste zu schützen sind.

5.3.6 Pass-Through-Programmierung

Ähnlich wie bei der Diagnose der abgasrelevanten Fahrzeugkomponenten hat der amerikanische Gesetzgeber die Notwendigkeit erkannt, die Flash-Programmierung der Steuergeräte zu normieren. Dadurch soll gewährleistet werden, dass für Werkstätten kostengünstige Werkzeuge bereitgestellt werden, mit denen die Steuergeräte-Software auf einen neuen Stand gebracht werden kann. Die Standardisierung nach SAE J2534, die mittlerweile innerhalb der ASAM-Initiative als ISO 22900 (siehe Abschn. 6.8) in angepasster Form auch in Europa übernommen werden soll, umfasst sowohl die Hardware-Schnittstelle zwischen einem handelsüblichen PC und der Diagnoseschnittstelle des Fahrzeugs als auch die Software-Programmierschnittstelle für eine Windows-basierte Anwendungssoftware (Abb. 5.12). Als Diagnoseprotokolle muss die Hardwareschnittstelle die OBD-üblichen Protokolle ISO 9141, KWP 2000 über K-Line und CAN sowie beide Varianten von SAE J1850 enthalten. Das im Nutzfahrzeugsbereich übliche SAE J1939 war zunächst nicht verbindlich, soll zukünftig aber ebenfalls unterstützt werden. Das neuere UDS-Protokoll ist, ebenso wie die Bussysteme FlexRay, LIN und MOST, die im Diagnosebereich allgemein noch vernachlässigt werden, derzeit noch nicht enthalten.

Die Software-Programmierschnittstelle enthält nicht nur Funktionen zum Lesen und Programmieren des Steuergeräte-Flash-Speichers über die Diagnoseprotokolle, sondern erlaubt über Funktionen wie *PassThruReadMsgs()*, *PassThruWriteMsgs()* oder *PassThruStart/StopPeriodicMsg()* und programmierbare Botschaftsfilter das Versenden und Empfangen beliebiger Botschaften, so dass über die Programmierschnittstelle praktisch Zugriff auf das gesamte Diagnoseprotokoll besteht.

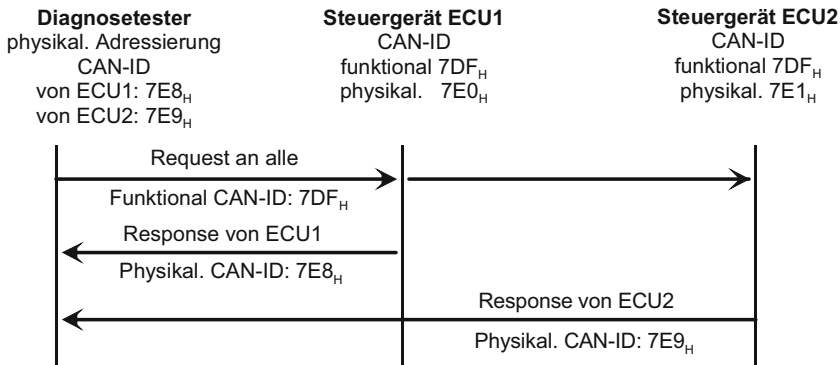


Abb. 5.13 Steuergeräteadressierung bei der ODB-Diagnose

5.3.7 Beispiel

Im Folgenden sollen einige Botschaftssequenzen für typische OBD-Diagnoseanfragen dargestellt werden. Dabei wird angenommen, dass ein CAN-Bussystem mit 11 bit *Identifiern* und dem Transportprotokoll nach ISO 15765-2 eingesetzt wird. Der Diagnosetester sendet seine Anfragen (*Request*) gemäß ISO 15765-4 funktional adressiert mit dem *CAN Identifier* 7DFh (Abb. 5.13). Die Antwort (*Response*) des ersten OBD-relevanten Steuergerätes, in der Regel das Motorsteuergerät, erwartet der Tester mit dem *CAN Identifier* 7E8 h (physikalische Adressierung). Für Antworten des zweiten Steuergerätes, z. B. dem Getriebesteuergerät, ist der *CAN Identifier* 7E9 h vorgesehen. Nach ISO 15765-4 darf die Bitrate 250 kbit/s oder 500 kbit/s betragen. Der Tester muss die Bitrate sowie die Verwendung von 11bit oder 29bit *CAN Identifiern* nach einem in der Norm vorgegebenen Algorithmus automatisch erkennen.

Im ersten Szenario fragt der Diagnosetester nach der Motordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit. Das Motorsteuergerät liefert die Drehzahl, das Getriebesteuergerät die Geschwindigkeit. Sowohl die *Request* als auch die *Response* Botschaften enthalten nur wenige Bytes, so dass sie als *Single Frame* Botschaften der ISO 15765-2 Transportschicht übertragen werden können:

CAN Identifier	ISO TP	OBD	OBD	
Adressierung	Protocol Control Information PCI	Service Identifier SID	PID und Daten	
<i>Request Diagnosetester → alle Steuergeräte</i>				
7DFh	03 h	01 h	0Ch	0Dh
funktional	Single Frame	SID Messdaten	PID	PID Fahrge-
	3 Datenbytes	lesen	Motordrehzahl	schwindigkeit

CAN Identifier Adressierung	ISO TP Protocol Control Information PCI	OBD Service Identifier SID	OBD PID und Daten	
<i>Response Diagnosetester ← Motorsteuergerät</i>				
7E8 h physikalisch	04 h Single Frame 4 Datenbytes	41 h Positive Response SID 01 h	0Ch PID Motordrehzahl	0E 74 h Messwert 925 min ⁻¹
<i>Response Diagnosetester ← Getriebesteuergerät</i>				
7E9 h physikalisch	03 h Single Frame 3 Datenbytes	41 h Positive Response SID 01 h	0Dh PID Fahrge- schwindigkeit	32 h Messwert 32 h = 50 km/h

Im zweiten Szenario fragt der Diagnosetester nach der Fahrgestellnummer. Das Motorsteuergerät antwortet mit einer *First Frame* Botschaft und zwei weiteren *Consecutive Frame* Botschaften, nachdem es die *Flow Control* Botschaft des Diagnosetesters erhalten hat. Während die *Requests* des Testers grundsätzlich funktional adressiert werden, muss die *Flow Control* Botschaft nach ISO 15765-4 die physikalische Adresse verwenden.

Im Beispiel hat das Fahrzeug genau eine Fahrgestellnummer (erstes Antwortbyte 01 h) und besteht aus 17 ASCII-Zeichen, beginnend ab 57 h = „W“. Das Getriebesteuergerät kennt diese Information nicht und antwortet daher gar nicht:

CAN Identifier/ Adressierung	ISO TP Protocol Control Information PCI	OBD Service Identifier SID	OBD PID und Daten	
<i>Request Diagnosetester → alle Steuergeräte</i>				
7DFh funktional	02 h Single Frame 2 Datenbytes	09 h SID Fahrzeug- daten lesen	02 h PID Fahrgestell- nummer	
<i>Response Diagnosetester ← Motorsteuergerät</i>				
7E8 h physikalisch	10 14 h First Frame 14 h = 20 Daten- bytes folgen	49 h Positive Response SID 09 h	02 h PID Fahrgestell- nummer	01 57 41 55 h 1 Datensatz „W A U“
<i>Flusssteuerung Diagnosetester → Motorsteuergerät</i>				
7E0 h physikalisch	30 00 00 h Flow Control Frame			
<i>Response Diagnosetester ← Motorsteuergerät</i>				
7E8 h physikalisch	21 h Consecutive Frame Sequenz- nummer 1		5 A 5 A 5 A 38 45 37 37 h „Z Z Z 8 E 7 7“	

CAN Identifier/ Adressierung	ISO TP Protocol Control Information PCI	OBD Service Identifier SID	OBD PID und Daten
<i>Response Diagnostester ← Motorsteuergerät</i>			
7E8 h physikalisch	21 h Consecutive Frame Sequenz- nummer 2		41 30 xx xx xx 32 h „A 0 2“

In Wirklichkeit senden Tester und Steuergeräte bei OBD gemäß ISO 15765-4 immer vollständige, 8 Byte lange CAN-Botschaften, wobei die restlichen Bytes einer Botschaft mit beliebigen, vom Empfänger ignorierten Werten gefüllt werden.

5.4 Weiterentwicklung der Diagnose

Mittelfristig geht man davon aus, dass die externe Fahrzeugschnittstelle auf Ethernet/IP umgestellt wird (Abschn. 4.6). Diese im Bürobereich übliche Technik bietet zum einen eine sehr hohe, ständig steigende Bandbreite, zum anderen ist sie sehr kostengünstig. Die Echtzeitfähigkeit und Robustheit bei EMV und sonstigen Umwelteinflüssen, die für den Einsatz in der On-Board-Kommunikation (Abschn. 3.5) noch nicht vollständig gelöst sind, gelten im Off-Board-Bereich als unkritisch (Abb. 5.14).

Vor diesem Hintergrund wurden und werden die Diagnosenormen überarbeitet, um eine saubere Trennung der verschiedenen Schichten des ISO/OSI-Modells in den Normschriften zu erreichen (Abb. 5.15). Die Anwendungsebene der Diagnose wird durch UDS nach ISO 14229 abgedeckt. Auch die Abgasdiagnose OBD wird in ISO 27145 als World Wide-Harmonized OBD auf eine Auswahl von UDS-Botschaften umgestellt. In den überarbeiteten Normen werden die Diagnosedienste und die Behandlung der Diagnosesitzungen in den Standards besser getrennt. Für die darunter liegenden Bussysteme werden die Transport- und Netzwerkschicht einheitlich beschrieben und vom Data Link Layer deutlicher abgegrenzt.

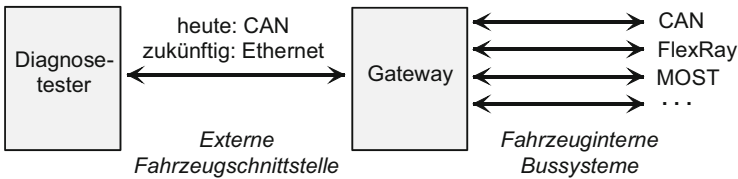


Abb. 5.14 Externe und interne Datennetze

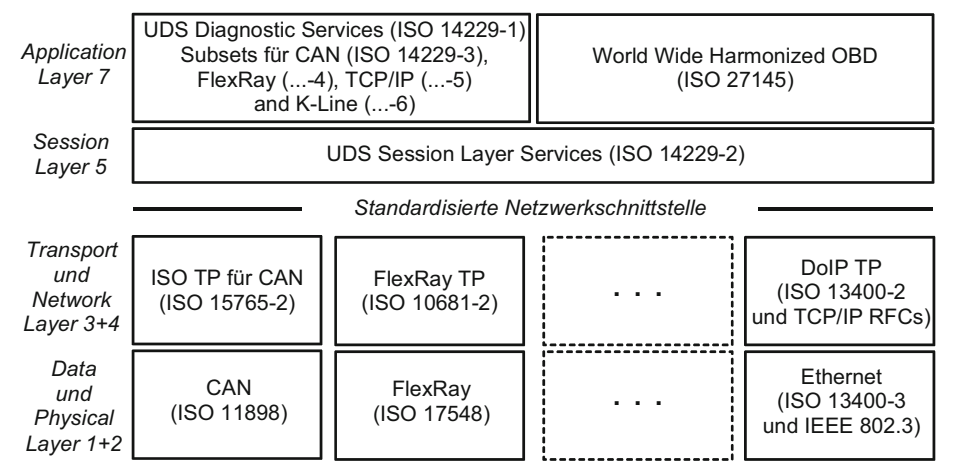


Abb. 5.15 Zukünftige Struktur des Diagnose-Protokollstapels

5.4.1 World-Wide Harmonized On-Board Diagnose nach ISO 27145

Mit Einführung der WWH-OBD im NKW- und später auch im PKW-Bereich soll versucht werden, den Zusatzaufwand für das OBD-spezifische Diagnoseprotokoll zu eliminieren. Wie bei der Vorstellung von OBD in Abschn. 5.3 klar wurde, sind die Kommunikationsfunktionen der Abgasdiagnose logisch eine kleine Untermenge der allgemeinen UDS-Werkstattdiagnose, verwenden aber bisher eigene Diagnosedienste und müssen daher separat implementiert werden. ISO 27145 ersetzt nun sämtliche OBD-spezifischen Dienste durch vorhandene UDS-Dienste (Tab. 5.24).

Tab. 5.24 WWH-OBD-Diagnosedienste

UDS-SID für WWH-OBD	Diagnosedienst	Ersetzt OBD-SID aus Tab. 5.22
22 h	Read Data By Identifier	01 h, 09 h
19 h	Read DTC Information Unterfunktion SFID = 04 h Report DTC Snapshot Record By DTC Number Unterfunktion SIFD = 06 h Report DTC Extended Data Record By DTC Number Unterfunktion SFID = 42 h Report WWH-OBD DTC By Mask Record	02 h, 03 h, 07 h
14 h	Clear Diagnostic Information Unterscheidung der OBD-relevanten Daten durch den Parameter groupOfDTC = FFFF33 h	04 h
31 h	Routine Control Unterfunktion 01 h – Start Routine	05 h, 06 h, 08 h

Tab. 5.25 Auswahl verschiedener OBD-Messwerte über DIDs

UDS-DID für WWH-OBD	Bedeutung	Ersetzt OBD-PID aus Tab. 5.23
F802 h	Fahrzeugseriennummer (Vehicle Identification Number VIN, OBD Dienst 09 h)	02 h (SID 09 h)
F804 h	Applikationsdatensatzkennnummer (Calibration Verification Number, OBD Dienst 09 h)	06 h (SID 09 h)
F404 h	Motorlast	04 h
F467 h	Kühlwassertemperatur	05 h
F470 h	Druck im Ansaugrohr	0Bh
F40Ch	Motordrehzahl	0Ch
F40Dh	Fahrgeschwindigkeit	0Dh
F468 h	Ansauglufttemperatur	0Fh
F466 h	Luftmasse	10 h
F44Ah	Gaspedalstellung	11 h
F491 h	Status der Fehleranzeigelampe MIL	
F430 h	Betriebsdauer seit Löschen des Fehlerspeichers	4Eh
F490 h	Betriebsdauer seit Einschalten der Fehlerlampe	4Dh
...

Im Vergleich zur ursprünglichen UDS-Norm heißen die Auswahlwerte für Unterfunktionen, die in Abschn. 5.2 als LEV bezeichnet wurden, *Sub Function Identifier SFID*. Die bekannten OBD *Parameter Identifier PID* zum Auslesen von Steuergerätedaten werden jetzt *Data Identifier DID* genannt und sind nun 16 bit breit (Tab. 5.25).

Die bekannten OBD Fehlercodes (*Diagnostic Trouble Code DTC*) aus ISO 15031-6/SAE J2012 (Abschn. 5.3.4) gelten weiterhin. Der Fehlercode besteht aus drei Byte. Die ersten beiden Bytes weisen auf die fehlerhafte Komponente, wie in Abb. 5.10 bereits beschrieben. Das dritte Byte, das *Failure Type Byte* FTB, grenzt die Art des Fehlers weiter ein (Tab. 5.26). Alternativ zu diesen im PKW-üblichen Fehlercodes sind auch die im NKW-Bereich eingeführten Fehlercodes (*Failure Mode Identifier FMI*) aus SAE J1939/73 zulässig.

Als physikalische Fahrzeugschnittstelle schreibt WWH-OBD weiterhin CAN nach ISO 11898 mit dem Transportprotokoll nach ISO 15765-2 vor. Mittelfristig soll aber auch bei OBD Ethernet/IP nach ISO 13400 als Diagnoseschnittstelle verwendet werden. Innerhalb des Fahrzeugs selbst können die Diagnosebotschaften natürlich auch über FlexRay oder LIN übertragen werden.

Tab. 5.26 Beispiele für *Failure Type Bytes FTB*

FTB	Bedeutung
11 h	Kurzschluss nach Masse
12 h	Kurzschluss zur Batteriespannung
13 h	Verbindung unterbrochen
16 h	Spannung zu klein
17 h	Spannung zu groß
1Fh	Wackelkontakt
36 h	Signalfrequenz zu klein
37 h	Signalfrequenz zu groß
64 h	Signal nicht plausibel
...	...

5.5 Normen und Standards zu Kapitel 5

KWP 2000 K-Line	ISO 14230, Road vehicles diagnostic systems – Keyword Protocol 2000 Part 1: Physical Layer, 1999, www.iso.org Part 2: Data Link Layer, 1999, www.iso.org Part 3: Application Layer, 1999, www.iso.org Part 4: Requirements for emissions-related systems, 2000, www.iso.org Überarbeitete Versionen: ISO 14230: Road vehicles – Diagnostic communication over K-Line (DoK-Line) Part 1: Physical Layer, 2012, www.iso.org Part 2: Data Link Layer, 2013, www.iso.org
KWP 2000 CAN	ISO/DIS 15765-3: Road vehicles – Diagnostics on Controller Area Networks (CAN) – Part 3: Application Layer Services, 1999, www.iso.org . Als <i>KWP 2000 on CAN</i> bekanntgewordener Normentwurf, offiziell zurückgezogen und durch <i>UDS on CAN</i> ersetzt.
UDS	ISO 14229 Road vehicles – Unified diagnostic systems (UDS) Part 1: Specification and requirements, 2013, www.iso.org Part 2: Session layer services, 2013, www.iso.org Part 3: Unified diagnostic services on CAN (UDS on CAN), 2012, www.iso.org Part 4: Unified diagnostic services on FlexRay (UDS on FR), 2012 Part 6: Unified diagnostic services on K-Line implementation (UDS on K-Line), 2013, www.iso.org
UDS CAN	ISO 15765 Road vehicles – Diagnostics communication over Controller Area Networks (DoCAN), www.iso.org Part 1: General information and use case definition, 2011 Part 2: Transport protocol and network layer services, 2011 Part 3: Implementation of unified diagnostic services (UDS on CAN), 2004, Neufassung siehe ISO 14229-3 Part 4: Requirements for emissions-related systems, 2011 Part 4/AMD1: Amendment 1, 2013

UDS FlexRay	ISO 10681 Road vehicles – Communication on FlexRay, www.iso.org Part 1: General Information and use case definition, 2010 Part 2: Communication layer services, 2010
OBD	ISO 15031 Road vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics, www.iso.org Part 1: General information and use case definition, 2010 Part 2: Guidance on terms, definitions, abbreviations and acronyms, 2010, (entspricht SAE J1930, www.sae.org) Part 3: Diagnostic connector and related electrical circuit, 2004, (entspricht SAE J1962, www.sae.org) Part 4: External test equipment, 2005, (entspricht SAE J1978) Part 5: Emissions-related diagnostic services, 2011, (entspricht SAE J1979, www.sae.org) Part 6: Diagnostic trouble code definitions, 2010, (entspricht SAE J2012, www.sae.org) Part 7: Data link security, 2011, (entspricht SAE J2186) ISO 23248 Road vehicles – Pass-through programming, 2004 und 2006, www.iso.org (entspricht SAE J2534, www.sae.org), inzwischen: ISO 22900 SAE J2012 Diagnostic Trouble Code Definitions, 2013, www.sae.org
WWH-OBD	ISO 27145 Road vehicles – Implementation of World Wide Harmonized On-Board Diagnostics (WWH-OBD) communication requirements, www.iso.org Part 1: General information and use case definition. 2012 Part 2: Common data dictionary. 2012 Part 3: Common message dictionary. 2012 Part 4: Connection between vehicle and test equipment. 2012 Part 5: Conformance test. 2009 Part 6: External test equipment. 2009
DoIP Ethernet	ISO 13400 Road vehicles Diagnostic communication over Internet Protocol siehe Kap. 4

Literatur

[1] C. Marscholik, P. Subke: Datenkommunikation im Automobil. Hüthig Verlag, 1. Auflage, 2007