



PIERBURG



tr/min
x1000

TECHNICAL COMPETENCE

ON-BOARD-DIAGNOSE (OBD)
GRUNDLAGEN

Spare parts. Anywhere. Anytime.



MOTORSERVICE



MOTORSERVICE GRUPPE

QUALITÄT UND SERVICE AUS EINER HAND

Die Motorservice Gruppe ist ein international führender Anbieter von Motorkomponenten für den freien Ersatzteilmarkt. Mit den Premiummarken Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components sowie der Marke BF bietet Motorservice seinen Kunden aus Handel und Werkstatt ein breites und tiefes Sortiment in Spitzenqualität.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents

Redaktion:

Motorservice, Technical Market Support

Layout und Produktion:

Motorservice, Marketing

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe gestattet.

Änderungen und Bildabweichungen vorbehalten.
Haftung ausgeschlossen.

Herausgeber:

© MS Motorservice International GmbH

Haftung

Alle Angaben in dieser Broschüre wurden sorgfältig recherchiert und zusammengestellt. Trotzdem können Irrtümer auftreten, Angaben falsch übersetzt werden, Informationen fehlen oder sich die bereitgestellten Informationen inzwischen verändert haben. Für Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität oder Qualität der bereitgestellten Informationen können wir daher weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung übernehmen. Jegliche Haftung unsererseits für Schäden, insbesondere für direkte oder indirekte sowie materielle oder immaterielle, die aus dem Gebrauch oder Fehlgebrauch von Informationen oder unvollständigen bzw. fehlerhaften Informationen in dieser Broschüre entstehen, ist ausgeschlossen, soweit diese nicht auf Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit unsererseits beruhen. Entsprechend haften wir nicht für Schäden, die dadurch entstehen, dass der Motoreninstandsetzer bzw. der Mechaniker nicht über das notwendige technische Fachwissen, die erforderlichen Reparaturkenntnisse oder Erfahrungen verfügt. Inwieweit die hier beschriebenen technischen Verfahren und Reparaturhinweise auf kommende Motorgenerationen anwendbar sind, lässt sich nicht vorhersagen und muss im Einzelfall vom Motoreninstandsetzer bzw. von der Werkstatt geprüft werden.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	4		
2. ON-BOARD-DIAGNOSE (OBD)	6		
2.1 Entwicklung von OBD	6	4.6 Luftversorgung	56
2.2 Anforderungen an die OBD	9	4.6.1 Überwachung	59
2.3 Gesetzgebung	11	4.6.2 Beispielhafte Fehlercodes	59
2.3.1 Rechtsgrundlagen der EOBD	11	4.6.3 Diagnosehinweise	60
2.3.2 EOBD	12	4.7 Ladedrucksteuerung	63
2.4 Diagnosekonzept im Fahrzeug	13	4.7.1 Beispielhafte Fehlercodes	64
2.5 Die Fehlerlampe („MIL“)	14	4.7.2 Diagnosehinweise	65
2.6 Umfang und Art der Diagnose	16	4.8 Lambdasonden	66
2.7 Ablauf der Überwachung	17	4.8.1 Überwachung	68
2.8 „Driving cycle“ (Fahrzyklus)	18	4.8.2 Beispielhafte Fehlercodes	70
2.9 Readinesscode (Prüfbereitschaftscode)	19	4.8.3 Diagnosehinweise	70
2.10 „CAN-BUS“ (Controller Area Network-Bus)	21	4.9 NOx-Sensoren	71
2.11 Diagnoseanschluss	22		
2.12 Diagnoseprinzip	23	5. WEITERE SYSTEME UND DIAGNOSEN	73
2.13 Genormte Fehlercodes	24	5.1 Katalysator	73
3. SYSTEME UND DIAGNOSEN	27	5.1.1 Überwachung	74
3.1 Systemkenntnisse	27	5.1.2 Beispielhafte Fehlercodes	75
3.2 Sicherheitshinweise	28	5.1.3 Diagnosehinweise	75
3.3 Pierburg und OBD	29	5.2 Verbrennungsaussetzer (Laufunruhen-Erkennung)	76
		5.2.1 Überwachung	77
4. SYSTEME UND DIAGNOSEN MIT PIERBURG PRODUKTEN	30	5.2.2 Beispielhafte Fehlercodes	78
4.1 Kraftstoffsystem	30	5.2.3 Diagnosehinweise	79
4.1.1 Überwachung	31		
4.1.2 Beispielhafte Fehlercodes	32	6. GRUNDLAGEN	81
4.1.3 Diagnosehinweise	33	6.1 Entstehung von Abgas	81
4.2 Tankentlüftungssystem (AKF-System)	34	6.2 Wesentliche Schadstoffe im Abgas	82
4.2.1 Überwachung	35		
4.2.2 Beispielhafte Fehlercodes	36		
4.2.3 Diagnosehinweise	37		
4.3 Tankleckdiagnose	38		
4.3.1 Überwachung	39		
4.3.2 Beispielhafte Fehlercodes	39		
4.3.3 Diagnosehinweise	40		
4.4 Sekundärluftsystem	41		
4.4.1 Überwachung	43		
4.4.2 Diagnosehinweise	43		
4.4.3 Beispielhafte Fehlercodes	44		
4.4.4 Bauteilschäden	45		
4.5 Abgasrückführung (AGR)	48		
4.5.1 Überwachung	51		
4.5.2 Diagnosehinweise	52		
4.5.3 Bauteilschäden	54		

1. EINLEITUNG

In dieser Broschüre informieren wir in einfacher Form über das komplexe Thema „Eigendiagnose im Kfz“. Diese Eigendiagnose ist weltweit unter der Bezeichnung „On-Board-Diagnose“, kurz OBD, ein Begriff. Sie überwacht den Motorlauf und die Schadstoffemissionen. Behandelt werden die OBD II und die World Wide Harmonized On-Board-Diagnostic (WWH-OBD).

Diese Broschüre richtet sich an Kfz-Fachkräfte und soll eine Hilfe bei der täglichen Arbeit sein, insbesondere bei der Fehlerdiagnose an Fahrzeugen mit OBD-Systemen. Neben Informationen über Aufbau und Funktion der Systeme werden beispielhafte Fehler sowie die Zusammenhänge zwischen Fehlercode und Fehlerursache behandelt.

Darüber hinaus geben wir praktische Hinweise zur Fehlerdiagnose und -beseitigung bei schadstoffrelevanten Komponenten.

Gesetze für die Umwelt

Mit einem wachsenden Fahrzeugbestand und einer steigenden Verkehrsdichte, stiegen auch die Umweltbelastung und die Abgasemissionen stark an. In den westlichen Industrienationen wurden ab 1968 die Schadstoffemissionen für Kraftfahrzeuge durch Gesetze begrenzt. Eine Vorreiterrolle übernahmen hierbei die USA.

Im Laufe der Jahre wurden diese gesetzlichen Grenzwerte für den Schadstoffausstoß immer weiter abgesenkt. Zur Einhaltung der Grenzwerte im Alltagsbetrieb wurden unter anderem Diagnosesysteme zur Überwachung der abgasrelevanten Systeme und Komponenten vorgeschrieben. Alle neueren Fahrzeuge sind mit einem On-Board-Diagnose-System ausgerüstet, welches Fehler erkennt, speichert, anzeigt und zusätzlich den Emissionsausstoß von Kraftfahrzeugen und Nutzfahrzeugen überwacht.

Im Falle einer Störung oder beim regelmäßigen Servicebesuch in der Werkstatt können Fehlercodes und fehlerrelevante Daten aus dem Fehlerspeicher ausgelesen werden. Zum Beispiel im Rahmen der Abgasuntersuchung (AU) wird bei den entsprechenden Fahrzeugen der Fehlerspeicher ausgelesen. Durch frühzeitiges Erkennen und Beheben von Fehlern können Schäden am Motor und/oder eine erhöhte Umweltbelastung vermieden werden.



OBD = Lösung aller Probleme?

Zwar wird über die OBD ein Ausfallteil oder eine nicht einwandfreie Funktion erkannt, jedoch nicht in jedem Fall die tatsächliche Ausfall- oder Fehlerursache. Hier ist der Fachmann mit Systemkenntnissen gefragt.

Unsere Erfahrung für Sie

Pierburg ist ein aktiver Entwickler und Hersteller von Komponenten, insbesondere auf dem Gebiet der Schadstoffreduzierung. Da alle abgasrelevanten Komponenten im Rahmen der OBD überwacht werden, verfügt Pierburg hier inzwischen über umfangreiche Erfahrungen in Fragen, die bei der Anwendung und im Service auftreten. Wir möchten Sie mit dieser Broschüre an dieser Erfahrung teilhaben lassen. In der Beschreibung der Systeme und der Diagnosehinweise konzentrieren wir uns daher schwerpunktmäßig auf Produkte von Pierburg.



2. ON-BOARD-DIAGNOSE (OBD)

2.1 ENTWICKLUNG VON ON-BOARD-DIAGNOSEN

Im Zusammenhang mit der Schadstoffreduzierung nahm ab 1970 die Anzahl mechanischer und elektrisch betätigter Komponenten im Umfeld des Motors zu. Von Kalifornien aus verbreitete sich die On-Board-Diagnose in die ganze Welt.

Durch diese neuen Komponenten wurde eine Fehlerdiagnose in Störungsfällen für die Werkstätten zunehmend schwieriger. Gleichzeitig kamen in immer größerer Zahl neu- oder weiterentwickelte Sensoren und Aktoren (Steller) zur Anwendung. Dadurch nahmen zwangsläufig auch der Umfang der Bordnetze und die Anzahl der Steckverbindungen zu. Diese Entwicklung hatte zur Folge, dass im Falle einer Störung oder Panne häufig Unsicherheit bei der Fehlerdiagnose herrschte. Zur Lösung dieser Probleme wurden Ende der 70er Jahre die ersten noch sehr einfachen fahrzeugintegrierten Diagnosesysteme eingeführt. Möglich wurde dies durch die Entwicklung immer leistungsfähigerer elektronischer Steuergeräte.



Ab etwa 1984 wurden Fahrzeuge zunehmend mit verbesserten Systemen zur Fehlererkennung, mit Fehlerspeichern und mit Möglichkeiten zur Eigendiagnose ausgestattet, um den Service zu unterstützen.

Über Umfang und Nutzung dieser fahrzeugintegrierten („on board“) Diagnosesysteme gab es sehr unterschiedliche Philosophien. Die Folge war eine Vielzahl von Systemvarianten, Schnittstellen, Adaptern, Auslesegeräten und Fehlercodes. Dadurch war in manchen Fällen eine Fehlerdiagnose nur in den jeweiligen Vertragswerkstätten möglich.

VORREITER KALIFORNIEN

In den USA wurde die Problematik der unterschiedlichen Diagnosesysteme frühzeitig erkannt und 1984 per Gesetz geregelt. Mit dieser Regelung wurde ab 1988 in Kalifornien und ab 1989 in den gesamten USA die On-Board-Diagnose eingeführt. Dabei handelte es sich um ein fahrzeugintegriertes Diagnosesystem einfacher Art.

Das Ziel bestand darin, ein einheitliches System zu etablieren, das Fehler an abgasrelevanten Bauteilen erfasst, speichert und anzeigt. In dieser ersten Version wurden nur direkt mit dem Steuergerät verbundene Komponenten überwacht. Das Anzeigen von Fehlern erfolgte über eine Fehlerlampe und das Auslesen über Blinkcodes.

OBD I (CARB)

Im Jahr 1988 führte Kalifornien mit OBD I die erste Stufe der CARB (California Air Resources Board) ein. OBD I überwachte abgasrelevante elektrische Komponenten und erkannte Fehler wie Kurzschlüsse und Leitungsunterbrechungen. Diese Fehler wurden im Fehlerspeicher des Steuergeräts gespeichert. Eine Motorkontrollleuchte (MIL) informierte den Fahrer über erkannte Probleme. Der Fahrer konnte mit On-Board-Mitteln wie Blinkcodes über eine Diagnoselampe die ausgefallene Komponente identifizieren.

OBD II (CARB)

Im Jahr 1994 wurde in Kalifornien die zweite Stufe der Diagnosegesetzgebung eingeführt, bekannt als OBD II. Für Dieselfahrzeuge wurde OBD II ab 1996 zur Pflicht. Im Gegensatz zu OBD I überwacht OBD II nicht nur die abgasrelevanten elektrischen Komponenten, sondern auch die Funktionalität des gesamten Systems (beispielsweise durch Plausibilitätsprüfungen der Sensorsignale).

Die OBD II-Gesetzgebung schreibt vor, dass alle abgasrelevanten Systeme und Komponenten überwacht werden müssen, deren Fehlfunktion zu erhöhten Schadstoffemissionen und somit zu einer Überschreitung der OBD-Schwellenwerte führen könnte. Zusätzlich müssen alle Komponenten überwacht werden, die zur Überwachung emissionsrelevanter Komponenten beitragen oder das Diagnoseergebnis beeinflussen könnten.

Darüber hinaus schreibt die OBD II-Gesetzgebung eine Normung der Fehlerspeicherinformationen und des Zugriffs darauf vor. Dies ermöglicht das Auslesen des Fehlerspeichers mit genormten, frei verkäuflichen Testern („Scan-Tools“).

EOBD (EUROPÄISCHE OBD)

Seit Januar 2000 ist die an europäische Verhältnisse angepasste On-Board-Diagnose (EOBD) für Pkw und leichte Nfz mit Ottomotoren verpflichtend. Ab 2003 wurde diese Regelung auch auf Pkw und leichte Nfz mit Dieselmotoren und ab 2005 auf schwere Nfz ausgeweitet.

Im Rahmen der Euro 5- und Euro 6-Emissionsgesetzgebung wurden in den Jahren 2007 und 2008 neue Anforderungen an die EOBD für Otto- und Diesel-Pkw definiert. Die Emissionsstufe Euro 5 trat im September 2009 in Kraft, gefolgt von Euro 6 im September 2014. Eine neue generelle Anforderung für Otto- und Diesel-Pkw ist die Überprüfung der Diagnosehäufigkeit im Alltag, die auf der CARB-OBD-Gesetzgebung basiert.

WWH-OBD (WORLD-WIDE HARMONIZED OBD)

WWH-OBD basiert auf der ISO 27145 und harmonisiert die weltweiten Diagnosestandards. Seit 2021 ist WWH-OBD gemäß EU-Verordnung 2018/858 für viele Fahrzeugklassen verpflichtend. Mit der Einführung des international standardisierten WWH-OBD-Protokolls können abgasrelevante Fahrzeugsysteme wesentlich detaillierter überwacht und beurteilt werden.

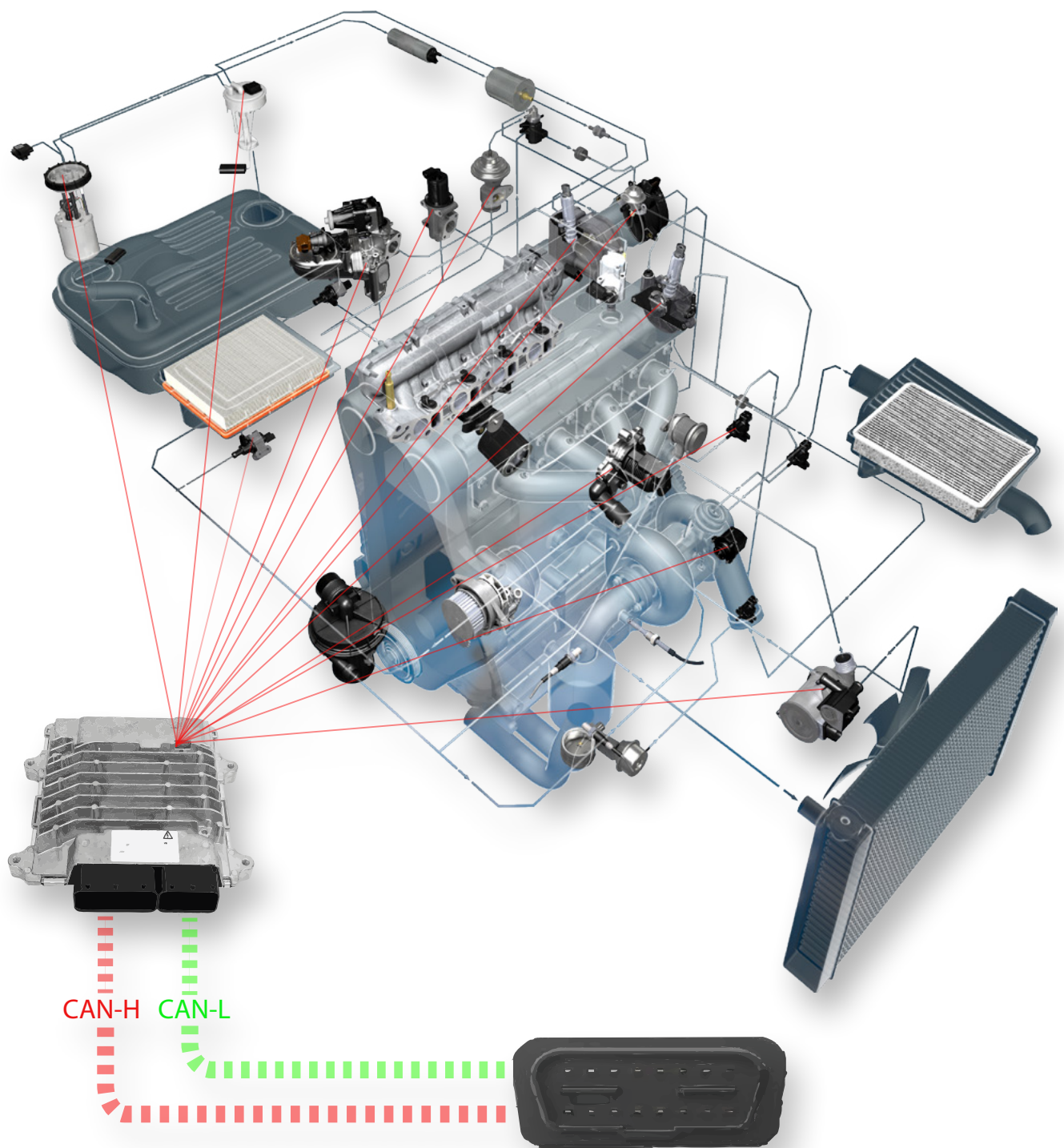
CHINA OBD

Im Dezember 2016 veröffentlichte das Ministerium für Umweltschutz der Volksrepublik China (MEP) ein neues Gesetz mit deutlich verschärften Emissions- und OBD-Anforderungen. Diese traten in zwei Stufen in Kraft: CN6a ab Juli 2020 und CN6b ab Juli 2023. Die OBD-Anforderungen, die ab Juli 2020 gelten, bleiben auch für die Stufe CN6b unverändert.

Während sich die bisherige chinesische Gesetzgebung stark an europäischen Standards orientierte, kombiniert das neue CN6-Gesetz Elemente der EU- und US-Gesetzgebung sowie einige landesspezifische Anforderungen. Die OBD-Anforderungen basieren größtenteils auf den US-Vorgaben von 2013, wobei einige Anforderungen entfernt oder vereinfacht und andere ergänzt wurden. Die eigentlichen OBD-Anforderungen orientieren sich am US-Standard, während die europäischen OBD-Schwellenwerte in der zweiten Implementierungsstufe für Euro 6 und der europäische Testzyklus WLTC übernommen wurden.

ANDERE LÄNDER

Mehrere andere Länder haben verschiedene Stufen der EU- oder der US-OBD-Gesetzgebung übernommen, darunter Russland, Südkorea, Indien, Brasilien und Australien.



Schematische Darstellung der OBD per CAN
 CAN-H: „CAN High Line“
 CAN-L: „CAN Low Line“

2.2 ANFORDERUNGEN AN DIE OBD

Im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen On-Board-Diagnose (OBD) müssen alle abgasrelevanten Systeme und Komponenten auf Fehlfunktionen sowie auf Überschreitungen von Abgasschwellenwerten überwacht werden. Dies umfasst die elektrische Überwachung (Kurzschluss, Leitungsunterbrechung) sowie Plausibilitätsprüfungen für Sensoren und Funktionsüberwachungen für Aktoren.

Die durch den Ausfall einer Komponente zu erwartende Schadstoffkonzentration (messbar im Abgaszyklus) und die im Gesetz vorgeschriebene Art der Überwachung bestimmen auch die Art der Diagnose. OBD-Systeme müssen folgende Funktionen erfüllen:



Die Ziele von OBD-Systemen sind:

- ständiges Überwachen aller abgasrelevanten Bauteile und Systeme.
- sofortiges Erkennen und Anzeigen von wesentlichen Fehlern, die zu Emissionsserhöhungen führen.
- dauerhaft niedrige Abgasemissionen aller Fahrzeuge über die gesamte Lebensdauer.

Überwacht werden:

- der Stromfluss auf Masseschluss, Plusschluss und Unterbrechung.
- die Ein- und Ausgangssignale der Sensoren und Aktoren.
- die Plausibilität der Signale.

Je nach OBD-Standard erfolgt:

- eine einfache Funktionsprüfung (auf/zu – ja/nein – ein/aus).
- eine qualitative Funktionsprüfung. Hierbei werden Werte (Ergebnisse der Funktion) gemessen und mit Soll-Werten verglichen.

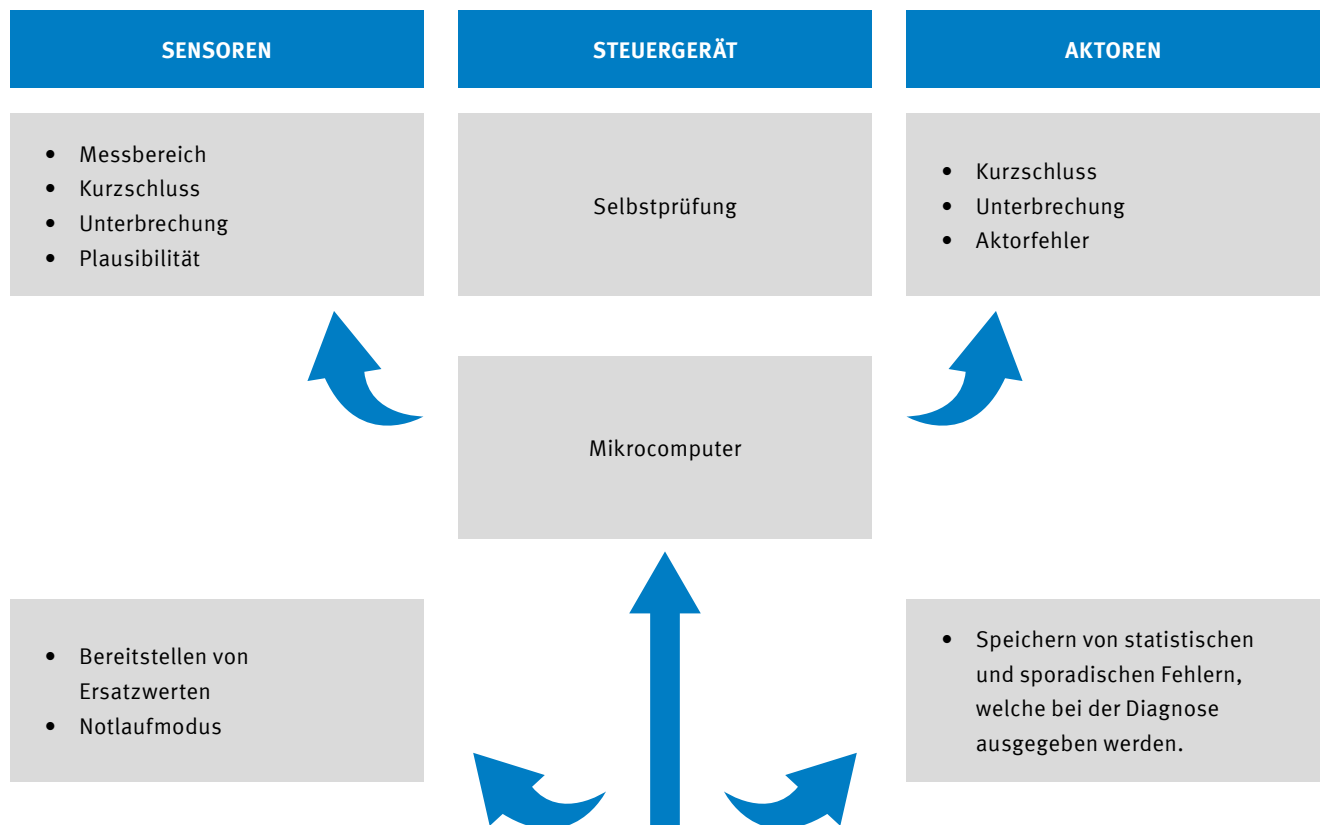
Aus der Einführung der EOBD ergaben sich für die Fahrzeughersteller folgende Konsequenzen:

- genormtes On-Board-Diagnose-System mit Fehlerspeicher in jedem neu zugelassenen Fahrzeug
- nicht eingeschränkter Zugang über eine genormte Schnittstelle (Diagnoseanschluss und Protokoll)
- ein für alle OBD-Fahrzeuge anwendbares Fehlerauslesegerät (Scan Tool)
- einheitliche Fehlercodes
- freie Verfügbarkeit aller benötigten Daten für Wartung, Diagnose und Reparatur
- Reaktionen auf Fehler und damit die Auswirkungen sind je nach System und gültigem OBD-Standard unterschiedlich.

Entscheidend sind die möglichen Folgen der Fehler:

- Abweichungen vom Soll-Wert
- Fehler, die die Schadstoffe wesentlich erhöhen
- Fehler, die Motor- oder Katalysatorschäden verursachen können

Die Bandbreite reicht von unmerklichen Korrekturen und der Verwendung von Ersatzwerten über das Einschalten der Fehlerlampe (MIL) und reduzierter Leistung bis hin zum Notlaufmodus („limp home“).



2.3 GESETZGEBUNG

OBD, EOBD, EU, EURO?

In der Literatur und im Sprachgebrauch herrscht oft eine Uneindeutigkeit beim Gebrauch der verschiedenen Begriffe OBD, EOBD, EU und EURO. Dabei muss zwischen den jeweiligen Abgasnormen und den Gesetzen zur On-Board-Diagnose unterschieden werden.

Die Abgasnormen (Euro 1 bis Euro 6) bilden die gesetzliche Vorschrift zum Reduzieren von Abgasen in der Europäischen Gemeinschaft. Die deutschen Abgasnormen wurden zur steuerlichen Förderung eingeführt.

Die On-Board-Diagnosen OBD I und II bezeichnen amerikanische Vorschriften über ein Diagnosesystem im Fahrzeug. Die EOBD ist die europäische Version der amerikanischen OBD II.

2.3.1 RECHTSGRUNDLAGEN DER EOBD

Rechtsgrundlage der EOBD ist die Richtlinie 98/69/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates. Mit dieser Richtlinie wurden die Grenzwerte und Vorschriften für die europäische Abgasgesetzgebung ratifiziert.

Wesentliche Inhalte der Gesetzesgrundlage sind:

- verschärftes Testverfahren bei der Typprüfung
- erheblich reduzierte Schadstoffgrenzwerte
- verbesserte Dauerhaltbarkeit (Funktionsstabilität) aller abgasrelevanten Systeme und Bauteile
- verschärfte Kraftstoffqualitätsnormen und verbesserte Kraftstoffqualität
- Überwachung auf Einhaltung der Grenzwerte durch Überprüfung von im Betrieb befindlichen Fahrzeugen („Feldüberwachung“)
- Festlegung von Rückrufaktionen durch den Gesetzgeber
- Vorschriften für die Behandlung von Mängeln
- Zugriff auf alle für die Herstellung von Ersatz- oder Nachrüstteilen benötigten Informationen; Ausnahmen: geschütztes geistiges Eigentum (z. B. die Datenstände der Steuergeräte)
- Festlegung von Spezifikationen, die sicherstellen, dass diese Teile mit dem OBD-System kompatibel sind.
- Zugang zu Steuergeräten ist so zu sichern, dass ein unbefugtes Umprogrammieren (Chip-Tuning) weitgehend verhindert wird (Manipulationsschutz).
- Vorschläge zur Erstellung eines elektronischen Standardformates für Reparaturinformationen
- Einführung eines OBD-Systems
- Weiterentwicklung der OBD zu einem On-Board-Messsystem (OBM)
- Ausdehnung der OBD auf weitere Systeme im Fahrzeug

2.3.2 EOBD

Aus der Einführung der EOBD ergaben sich folgende Konsequenzen für die Fahrzeughersteller:

- genormtes On-Board-Diagnose-System mit Fehlerspeicher in jedem neu zugelassenen Fahrzeug
- nicht eingeschränkter Zugang über eine genormte Schnittstelle (Diagnoseanschluss und Protokoll)
- ein für alle OBD-Fahrzeuge anwendbares Fehlerauslesegerät (Scan Tool)
- einheitliche Fehlercodes (Fehlercode)
- freie Verfügbarkeit aller für Wartung, Diagnose und Reparatur benötigten Daten

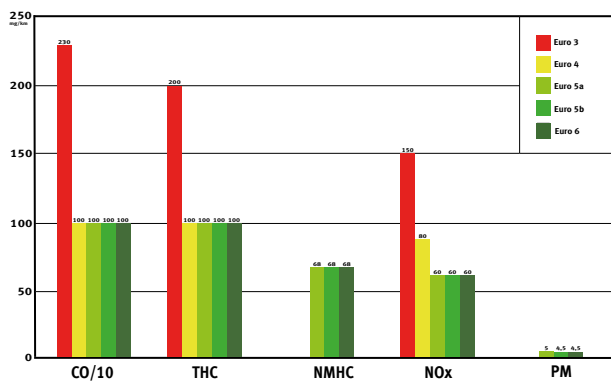
ABGASGESETZGEBUNG

Seit der Einführung der ersten Abgasvorschriften für Ottomotoren Mitte der 1960er-Jahre in Kalifornien wurden die zulässigen Grenzwerte für verschiedene Schadstoffe im Abgas kontinuierlich gesenkt. Inzwischen haben alle Industrieländer Abgasgesetze eingeführt, die Grenzwerte für Otto- und Dieselmotoren sowie die Prüfmethode festlegen.

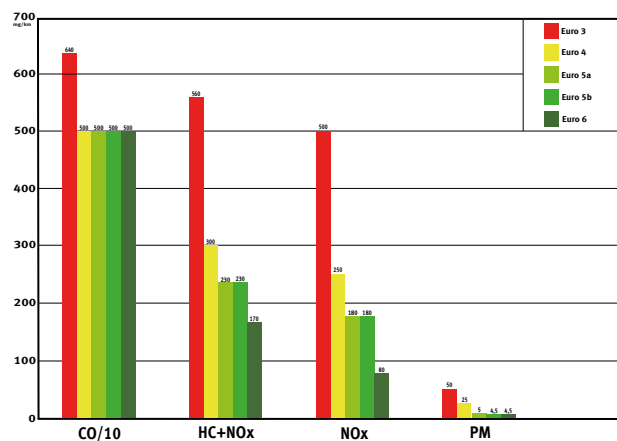
Zusätzlich zu den Abgasemissionen werden in vielen Ländern auch die Verdunstungsemissionen aus dem Kraftstoffsystem von Fahrzeugen mit Ottomotor begrenzt.

Im Wesentlichen gibt es folgende Abgasvorschriften:

- CARB (California Air Resources Board), Kalifornien USA
- EPA (Environmental Protection Agency), USA
- EU-Gesetzgebung (Europäische Union) und die entsprechenden UN/ECE-Regelungen (Vereinte Nationen/Wirtschaftskommission für Europa)
- japanische Gesetzgebung
- chinesische Gesetzgebung



EU-Grenzwerte für Abgas (Ottomotor) in mg/km

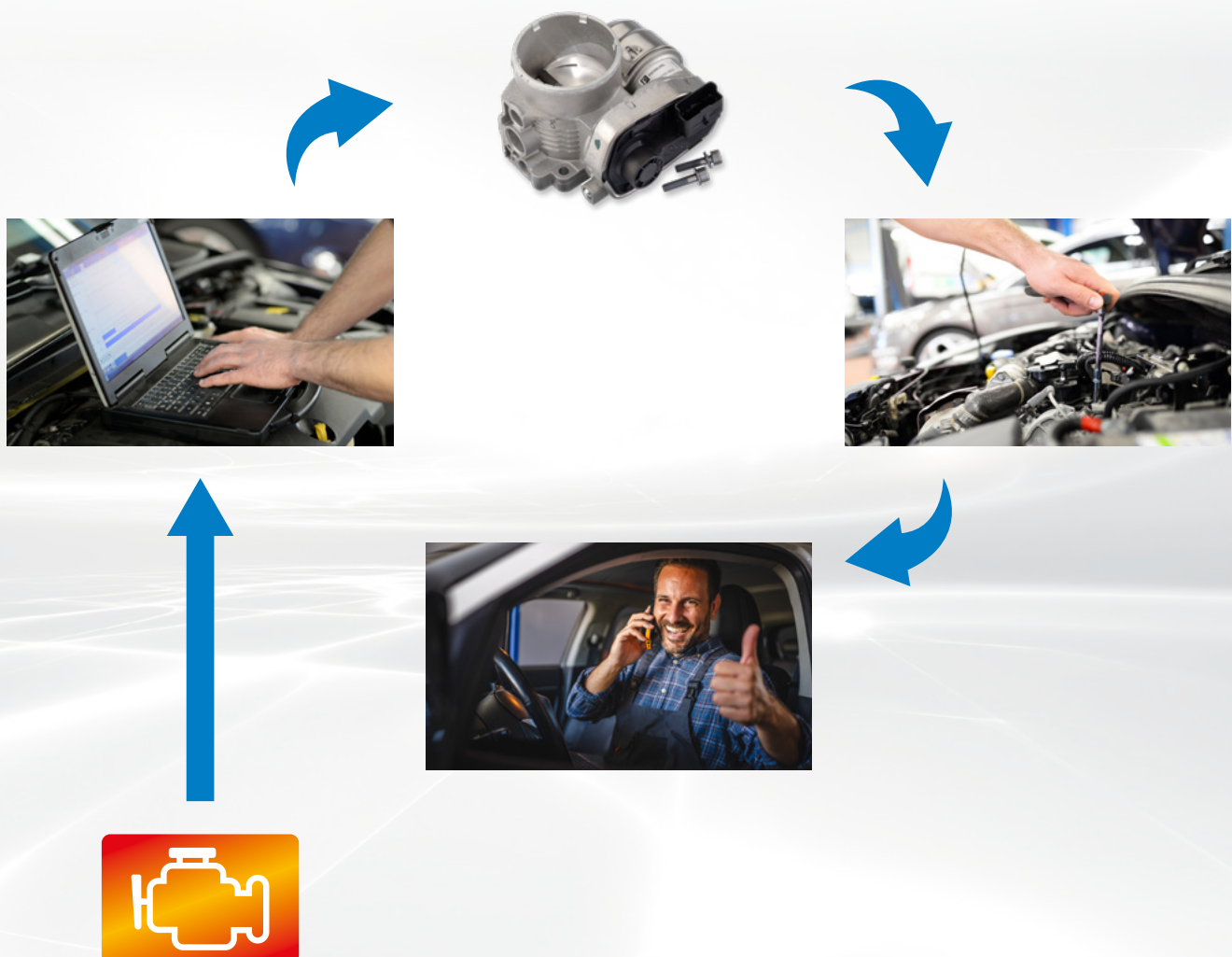


EU-Grenzwerte für Abgas (Dieselmotor) in mg/km

2.4 DIAGNOSEKONZEPT IM FAHRZEUG

Im Rahmen der OBD wird nicht die Abgasqualität selbst, sondern die Funktion der abgasrelevanten Bauteile überwacht.

- Je nach Bauteil werden Diagnosen permanent oder zyklisch durchgeführt.
- Der Stand der durchgeführten Diagnosen wird als Readinesscode festgehalten (siehe Kapitel 2.9).
- Abgas beeinflussende Fehler werden erkannt und als „nicht bestätigte“ Fehler gespeichert.
- Tritt der gleiche Fehler während der nächsten Fahrzyklen unter gleichen Bedingungen oder über einen bestimmten Zeitraum wieder auf, wird er als „entprellt“ (bestätigt) bezeichnet und als OBD-Fehler gespeichert. Die Fehlerlampe wird aktiviert.
- Neben dem Fehler werden weitere Betriebsdaten und Umweltbedingungen, die beim Auftreten des Fehlers vorlagen, erfasst und gespeichert („Freeze Frames“).
- Wenn bei dieser Überwachung Abweichungen festgestellt werden, die zu einer Überschreitung der Abgasgrenzwerte oder zu Schäden am Katalysator führen, wird die Fehlerlampe aktiviert.
- Über den Diagnoseanschluss (Schnittstelle) können die gespeicherten Daten mit einem Auslesegerät ausgelesen werden. Gespeichert werden z. B. Fehler als Fehlercodes, Fehlerhistorie, die Freeze Frames, der Readinesscode und die Fahrzeugdaten.



2.5 DIE FEHLERLAMPE („MIL“)

Die Fehlerlampe wird auch als MIL (Malfunction Indicator Light) bezeichnet. Sie zeigt an, dass abgasrelevante Fehler aufgetreten sind. Die Aktivierung erfolgt durch das Steuergerät. Für die Fehlerlampe sind drei Zustände möglich:

- aus
- an
- blinken

Die Gesetzgebung schreibt u. a. folgende Anforderungen für die Fehlerlampe vor:

- Die Anzeige von Fehlern erfolgt wahlweise nur optisch oder optisch und akustisch.
- In aktiviertem Zustand zeigt sie das genormte Symbol eines Motors.
- Sie muss sich im Sichtfeld des Fahrers befinden (in der Regel im Armaturenbrett).
- Zur Funktionskontrolle leuchtet die Lampe bei eingeschalteter Zündung auf (zum Schutz vor Manipulation).

Die Aktivierung erfolgt nach festgeschriebenen Vorgaben. Die Fehlerlampe leuchtet im Dauerlicht,

- wenn die Zündung eingeschaltet wird (Lampenfunktionskontrolle).
- wenn beim Selbsttest des Steuergerätes ein Fehler erkannt wird.
- bei abgasrelevanten Fehlern, wenn die zulässigen Abgaswerte in zwei aufeinander folgenden Fahrzyklen um das 1,5-fache überschritten werden.

Die Fehlerlampe blinkt (1/s), wenn Fehler auftreten, die zur Zylinderabschaltung oder zur Schädigung bzw. Zerstörung des Katalysators führen – z. B. Zündaussetzer. Tritt der abgasrelevante Fehler in drei aufeinander folgenden Fahrzyklen nicht mehr auf, erlischt die OBD-Leuchte. Der entsprechende Fehlereintrag bleibt für 40 weitere fehlerfreie Fahrzyklen gespeichert.

Bei der WWH-OBD („worldwide harmonized OBD“), die seit dem 01.06.2015 für schwere Nutzfahrzeuge gilt, wird die Art und Schwere des Fehlers durch einen genormten Blinkcode der Fehlerlampe angezeigt.



01



02



03



04



Aktivierung der Fehlerlampe im Fahrbetrieb

- 1) Wenn in einem Fahrzyklus ein abgasrelevanter Fehler erkannt wird (hier: 1. Fahrzyklus), dann wird dieser als „nicht bestätigter“ Fehler gespeichert. Die Fehlerlampe leuchtet aber noch nicht. Ausgenommen sind Verbrennungsaussetzer, die zu einer Zylinderabschaltung führen. Solange ein Fehler mit Zylinderabschaltung vorliegt, blinkt die Fehlerlampe.
- 2) Erst, wenn der gleiche Fehler in zwei aufeinanderfolgenden Fahrzyklen auftritt, wird der Fehlercode als „bestätigt“ gespeichert. Die Fehlerlampe leuchtet auf.
- 3) Wenn ein Fehler nicht mehr auftritt, erlischt die OBD-Leuchte nach drei fehlerfreien, aufeinanderfolgenden Fahrzyklen. Der entsprechende Fehlercode bleibt weiterhin gespeichert.
- 4) Erst nach 40 fehlerfreien Fahrzyklen unter gleichen Betriebsbedingungen wird auch der Fehlercode wieder aus dem Fehlerspeicher gelöscht. Der Fehler wird auch ohne Durchfahren der gleichen Betriebsbedingungen gelöscht, wenn er in 80 aufeinanderfolgenden Fahrzyklen nicht mehr auftritt.

Fehler an permanent überwachten Systemen, z. B. Verbrennungsaussetzer, führen sofort zum Blinken der Fehlerlampe.

2.6 UMFANG UND ART DER DIAGNOSE

Bauteil	Art der Diagnose
Abgasnachbehandlungssystem • Dreiwegekatalysator • Oxidationskatalysator • SCR-/NOx-Speicherkatalysator • Partikelfilter	• Funktion • Erkennen von Alterung und Vergiftung • Dichtheit • Wirksamkeit • Speicher/Regenerationfähigkeit • Durchgängigkeit/Verstopfung
Lambdasonden (Vor-/Nachkatsonde)	• Funktion • Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Erkennen von Trägheit („Alterung“)
NOx-Sensor	• Funktion • Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Erkennen von Trägheit („Alterung“)
Zündsystem (Laufunruhe)	• Funktion • Erkennen von Zünd- und Verbrennungsaussetzern
Kraftstoffversorgung/Gemischbildung	• Kennfeldkorrekturen (Kurz- und Langzeitadaption) • Elektrik auf Anschluss und Durchgang
Tankbelüftungssystem/Tankentlüftungssystem („AKF-System“)	• Funktion • Dichtheit
Kraftstofftanksystem	• Dichtheit durch Leckdiagnose¹⁾
Ladedrucksystem	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Funktion • Wirksamkeit
Kurbelgehäuse-Entlüftungssystem	• Wirksamkeit • Funktion • Dichtheit
Variable Ventilsteuerung	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Funktion • Wirksamkeit
Motorkühlsystem	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Funktion • Wirksamkeit
Lasterfassungssystem	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Funktion • Wirksamkeit
Sekundärluftsystem	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Funktion • Wirksamkeit²⁾
Abgasrückführung	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang • Funktion • Wirksamkeit²⁾
Alle übrigen abgasrelevanten Komponenten wie: • Luftmassensensor • Sensoren für Motortemperatur • Sensor für Ansauglufttemperatur • Sensor für Saugrohrdruck • Sensor für Absolutdruck • Sensor für Kurbelwelle/Nockenwelle • Sensor für Drosselklappe • Sensor für Fahrpedal • Sensor für Ladedruck • Sensor für Abgasdruck • Sensor für Kurbelgehäusedruck • Sensor für Tankdruck • Aktoren (Steller)	• Elektrik auf Anschluss und Durchgang (Masseschluss, Plusschluss, Unterbrechung) • Signale auf Plausibilität (Comprehensive Components)
Motor-Steuergerät	• Selbstüberwachung

¹⁾Im Rahmen der EOBD nicht vorgeschrieben, wenn der Tankverschluss gegen Verlust gesichert ist.

²⁾Im Rahmen der EOBD nicht vorgeschrieben.

2.7 ABLAUF DER ÜBERWACHUNG

Im Rahmen der EOBD werden alle abgasrelevanten Bauteile und Systeme überwacht. Bestimmte Bauteile und Systeme werden dabei dauerhaft überwacht („permanente Überwachung“). Andere Bauteile und Systeme werden nur sporadisch überwacht („zyklische Überwachung“).

PERMANENTE ÜBERWACHUNG

Permanent überwachte Systeme werden temperaturunabhängig und unverzüglich nach dem Start überwacht. Funktionsfehler führen zum sofortigen Aktivieren der Fehlerlampe.

Permanent überwacht werden z. B.:

- Laufunruhe (Verbrennungs-/ Zündaussetzer)
- Kraftstoffsystem (Gemischadaption, Einspritzzeiten)
- alle Stromkreise für abgasrelevante Bauteile
- Signalverläufe der Lambdasonde

ZYKLISCHE ÜBERWACHUNG

Systeme und Bauteile, deren Funktionen an bestimmte Betriebsbedingungen gebunden sind, werden erst bei einem Erreichen der entsprechenden Betriebspunkte, Drehzahl-, Last- oder Temperaturschwellen, überprüft.

Zyklisch überwacht werden z. B.:

- Katalysator/Katalysatorheizung
- Lambdasonde/Lambdasondenheizung
- Sekundärluftsystem (SLS)
- Tankentlüftungs-/Aktivkohlefiltersystem (AKF)
- Abgasrückführung (AGR)

ZEITWEISES ABSCHALTEN DER DIAGNOSEFUNKTION

Unter bestimmten Betriebsbedingungen kann es zu Fehldiagnosen kommen. Um dies zu vermeiden, dürfen die Diagnosefunktionen z. B. unter folgenden Voraussetzungen herstellereitig abgeschaltet werden:

- Tankfüllstand geringer als 20 % seines Gesamtvolumens (nur für OBD II)
- große Höhen über 2.500 m über NN (Normal-Null)
- Umgebungstemperaturen unter -7 °C
- niedrige Batteriespannung
- Betrieb einer Nebenantriebseinheit (z. B. hydraulische Seilwinde)
- Motordrehzahlen über 3000 Umdrehungen pro Minute
- Bei aktivierten Fahrsicherheitssystemen

Die Aussetzererkennung kann auch bei unebener Fahrbahn (schlechte Fahrbahnbeschaffenheit) durch das Motormanagement abgeschaltet werden, da diese Fahrbahnunebenheiten sonst als Aussetzer fehlinterpretiert würden.

2.8 „DRIVING CYCLE“ (FAHRZYKLUS)

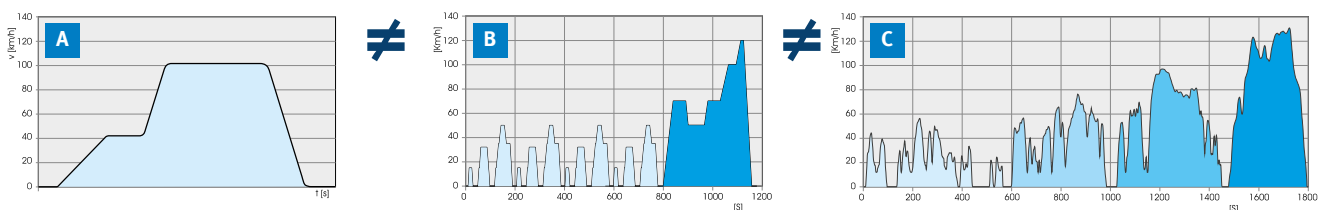
Damit eine Diagnose bei einem bestimmten System durchgeführt werden kann, müssen definierte Bedingungen zutreffen. Diese Betriebsbedingungen, die für eine sichere Überwachung erforderlich sind, werden als „Fahrzyklus“ („driving cycle“) bezeichnet. Ein Fahrzyklus besteht aus Motorkaltstart, Fahrbetrieb bei mehreren konstanten Geschwindigkeiten, Schubetrieb und Leerlauf vor Motorstopp. Wenn ein Fahrzeug beispielsweise nur auf Kurzstrecken im Stadtverkehr genutzt wird, kann es eine Weile dauern, bis alle Systeme geprüft sind.

Dieser OBD-Fahrzyklus ist nicht identisch mit dem „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ), wie er zur Baumusterprüfung von Fahrzeugen vorgeschrieben ist. Der OBD-Fahrzyklus ist ebenfalls nicht identisch mit der „World Harmonized Light Vehicles Test Procedure“ (WLTP), einem seit 1. September 2017 in der Europäischen Union eingeführten neuen Messverfahren zur Bestimmung der Abgasemissionen (Schadstoff- und CO₂-Emissionen) sowie des Kraftstoff- und Stromverbrauchs von Kraftfahrzeugen.

Die UN ECE hat zusammen mit der EU, Japan, Indien und Südkorea den neuen Testzyklus WLTC (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle) für Autos und leichte Nutzfahrzeuge entwickelt. Er ist festgehalten in der UN GTR Noder 15. Der WLTC hat vier Phasen: „niedrig“, „mittel“, „hoch“ und „sehr hoch“. Je nach Anforderung können aber auch nur die ersten drei Phasen verwendet werden. Für spezielle Fahrzeuge gibt es zusätzliche Zyklen, wie eine vereinfachte Version für japanische „kei-cars“ und zwei Zyklen für Fahrzeuge mit sehr niedriger Motorleistung in Indien.

Der Test basiert auf Fahrten im Straßenverkehr und umfasst eine stark überarbeitete Testmethode, die realistischere Verbrauchs- und Emissionsmessungen ermöglicht. Dazu gehören eine Methode zur Bestimmung von Schaltpunkten für Handschalter, die Berücksichtigung von Zuladung und Ausstattungsoptionen, verbesserte Methoden zur Bestimmung der Rollwiderstandsparameter, stufenlose Einstellung des Rollenprüfstands und eine Testtemperatur von 23 °C. Darüber hinaus wurden Anforderungen für Hybrid- und Elektrofahrzeuge entwickelt.

Die unten stehenden Bilder zeigen ein Beispiel des WLTC für die Klasse 3b, die gängigste Klasse für Autos und leichte Nutzfahrzeuge. Im Vergleich zum bisherigen Testzyklus MNEFZ zeigt der WLTC eine veränderte Dynamik.



A) OBD-Fahrzyklus

- Randbedingungen (je nach Fahrzeughersteller unterschiedlich)

B) Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ) zur Baumusterprüfung

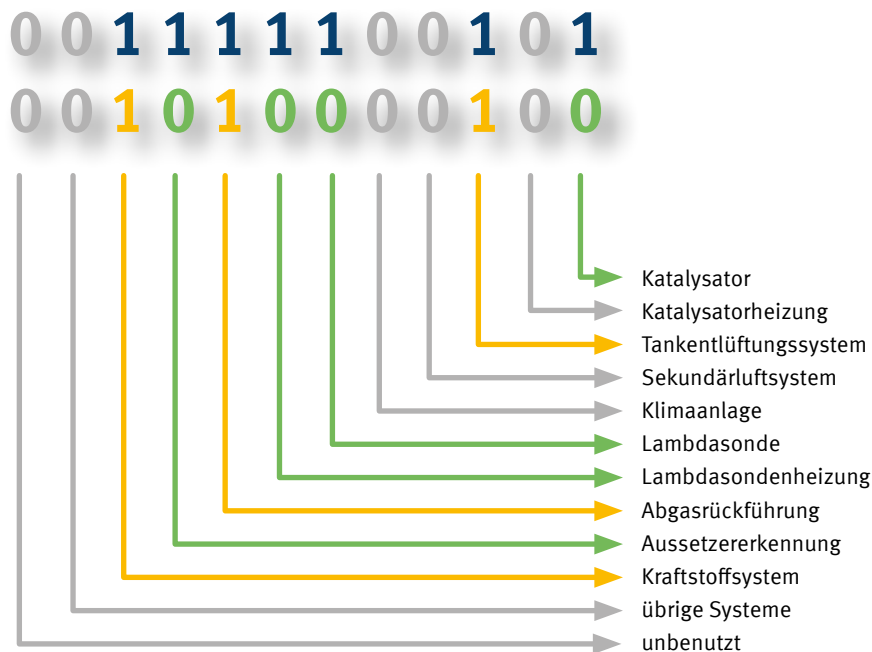
- gemessen auf einem Rollenprüfstand, Distanz 11 km
- unterteilt in „städtisch“ und „außerstädtisch“
- wirklichkeitsfern
- ohne Klimaanlage/Verbraucher

C) World Harmonized Light Vehicle Test Cycle (WLTC)

- gemessen auf einem Rollenprüfstand, Distanz 23,3 km
- 4 Streckenabschnitte
- wirklichkeitsnäher
- realistischere Verbrauchsdaten
- immer noch ohne Klimaanlage/Verbraucher

2.9 DER READINESSCODE (PRÜFBEREITSCHAFTSCODE)

Der Readinesscode dient der Kontrolle, ob Bauteile oder Systeme vorhanden sind und Diagnosen beendet wurden. Er wurde eingeführt, um Manipulationen aufzudecken. So kann z. B. festgestellt werden, ob durch Abklemmen der Batterie der Fehlerspeicher gelöscht wurde. Abhängig vom verwendeten Auslesegerät („Scan Tool“) wird der Readinesscode meist in Form von zwei 12-stelligen Zahlenreihen dargestellt.



Eine dieser Zahlenreihen informiert darüber, ob in diesem Fahrzeug dieses Bauteil oder diese Funktion geprüft wird.

- 0 Bauteil nicht vorhanden/nicht im Prüfumfang
- 1 Bauteil vorhanden/im Prüfumfang

Die zweite Zahlenreihen zeigt den Status der durchgeführten Diagnosen an.

- 0 Diagnose durchgeführt
- 1 Diagnose nicht durchgeführt bzw. abgebrochen

Da nicht alle Fahrzeuge über z. B. ein Sekundärluftsystem oder ein Abgasrückführungssystem verfügen, ist der Prüfungsumfang für den „Readinesscode“ fahrzeugabhängig. Beim Durchführen einer Abgasuntersuchung (AU) wird der Readinesscode ausgelesen. Er liefert einen Hinweis darauf, ob seit dem letzten Löschen des Fehlerspeichers bzw. dem Austausch des Steuergeräts zu allen Einzelsystemen ein Diagnoseergebnis vorliegt.

Der Readinesscode gibt jedoch keine Auskunft darüber, ob Fehler im System vorliegen. Er zeigt lediglich an, ob bestimmte Diagnosen seitens des Systems beendet wurden (Bit auf 0) oder noch nicht durchgeführt bzw. abgebrochen wurden (Bit auf 1). Die Anordnung der Zahlenreihen (neben-, unter- oder nacheinander) ist abhängig vom verwendeten Auslesegerät. Meist geben Hilfstexte im Display Auskunft darüber, was gerade angezeigt wird.

Damit die Diagnose eines bestimmten Systems durchgeführt werden kann, müssen genau definierte Bedingungen zutreffen („Driving cycle“/„Fahrzyklus“). Wenn z. B. ein Fahrzeug nur auf Kurzstrecken im Stadtverkehr genutzt wird, kann es eine Weile dauern, bis alle Systeme geprüft sind. Zum schnellen „Löschen“ des Readinesscodes, d. h. alle Bit auf 0, sollte ein Fahrzyklus („Driving cycle“) durchgeführt werden. Die Rahmenbedingungen eines solchen Fahrzyklus unterscheiden sich je nach Fahrzeughersteller.

Stelle	Überwachter Bereich
1	nicht belegt
2	übrige Komponenten
3	Kraftstoffsystem
4	Verbrennungsaussetzer
5	Abgasrückführung
6	Lambdasondenheizung
7	Lambdasonden
8	Klimaanlage
9	Sekundärluftsystem
10	Tankentlüftungssystem
11	Katalysatorheizung
12	Katalysator

unterstützt 011101101101
gesetzt 000000000000
Alle Systemtest durchgeführt.

Readinesscode nach erfolgten Prüfungen
(Beispiel)

unterstützt 011101101101
gesetzt 011100101101
Nicht alle Systemtest durchgeführt.

Readinesscode bei nicht erreichter
Prüfbereitschaft (Beispiel)

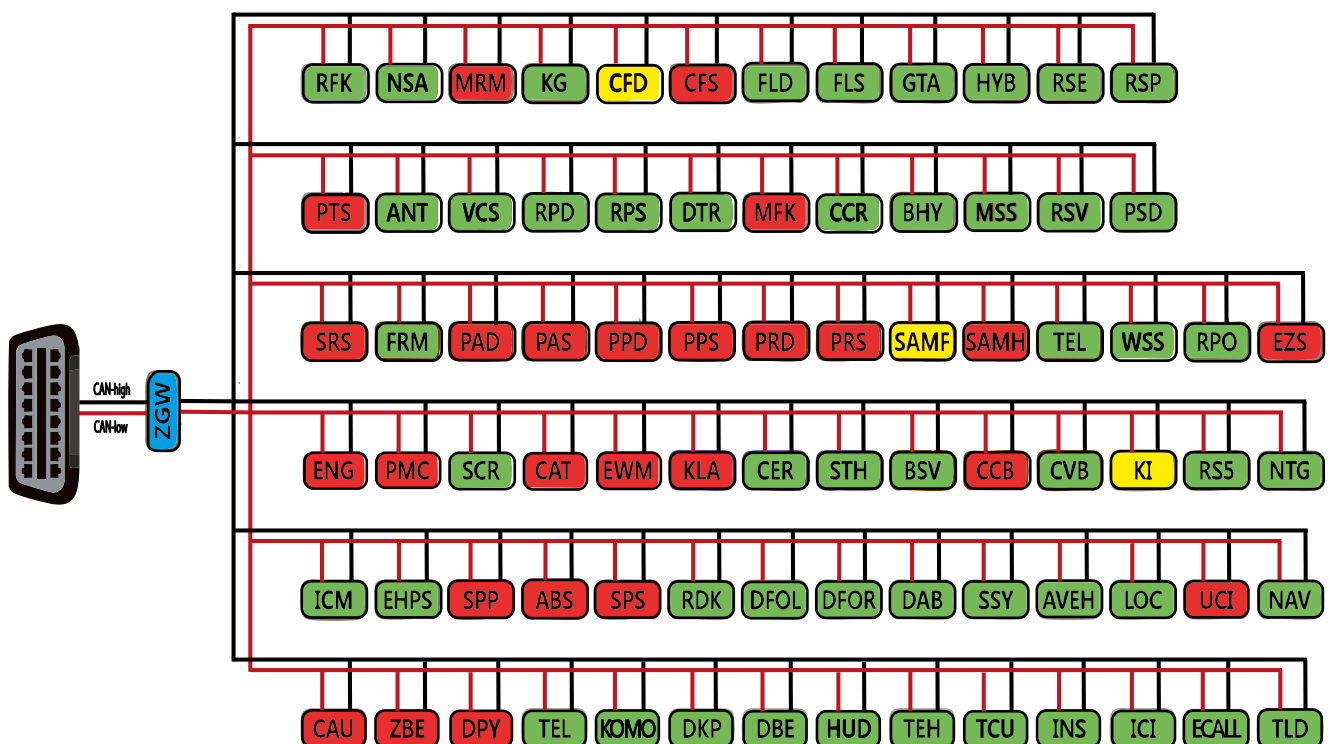


2.10 CAN-BUS

Das Controller Area Network (CAN) ist ein robustes Fahrzeugbussystem, das die Kommunikation zwischen verschiedenen Komponenten im Auto ermöglicht, ohne dass ein zentrales Steuergerät erforderlich ist. Der CAN-Bus wurde in den 1980er Jahren von Bosch entwickelt und revolutionierte damals die Art und Weise, wie elektronische Steuergeräte in Fahrzeugen kommunizieren. Der CAN-Bus ermöglicht eine serielle Datenübertragung und vernetzt verschiedene elektronische Steuergeräte und Komponenten miteinander. Im Gegensatz zur herkömmlichen Verkabelung, bei der für jede Information eine separate Leitung erforderlich ist, nutzen Bussysteme wie der CAN-Bus ein gemeinsames Kommunikationsmedium. Dadurch wird der Informationsaustausch effizienter, zuverlässiger und kostengünstiger gestaltet. Das ist der große Vorteil von Datenbussen.

Aber auch in der OBD kommt der CAN-Bus zum Einsatz. Das OBD-II-System verwendet den CAN-Bus als Kommunikationsschnittstelle, um die Daten von verschiedenen Steuergeräten zu erfassen und auszutauschen. Über den CAN-Bus können auch die entsprechenden Fehlercodes ausgelesen werden, die bei der Diagnose und Reparatur von Fahrzeugproblemen ausschlaggebend sind.

Aktuell stößt der CAN-Bus aufgrund der steigenden Anzahl und der Komplexität elektronischer Steuergeräte in modernen Autos an seine Grenzen. Durch Weiterentwicklungen wie CAN-FD (Flexible Data Rate) und neuere Standards wie Automotive Ethernet (DoIP, Diagnostics over Internet Protocol) lassen sich die steigenden Anforderungen moderner Fahrzeugarchitekturen besser bewältigen.

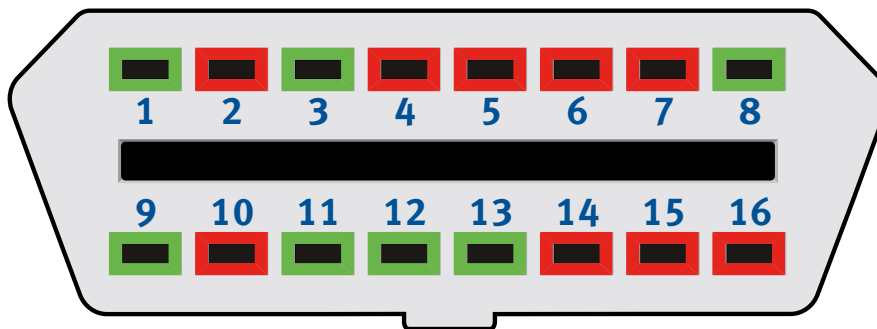


2.11 DIAGNOSEANSCHLUSS

Der Diagnoseanschluss im Fahrzeug bildet die Schnittstelle zwischen dem OBD-System (Motorsteuergerät mit Fehlerspeicher) und den Auslesegeräten der Werkstatt. Sowohl der Anschluss als auch die Datenübertragung sind nach ISO 9141-2 bzw. SAE 1962 genormt, das heißt, Steckerbelegung und Protokoll sind bei allen Herstellern gleich. Somit ist es möglich, mit einem OBD-fähigen Auslesegerät die Fehlerspeicher an Fahrzeugen von verschiedenen Herstellern auszulesen. Seit 2021 muss die Schnittstelle auch bei Hybrid- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen vollständig zugänglich und genormt sein. Zunehmend wird der Zugang auf CAN-FD und Ethernet (DoIP – Diagnostics over IP) umgestellt.

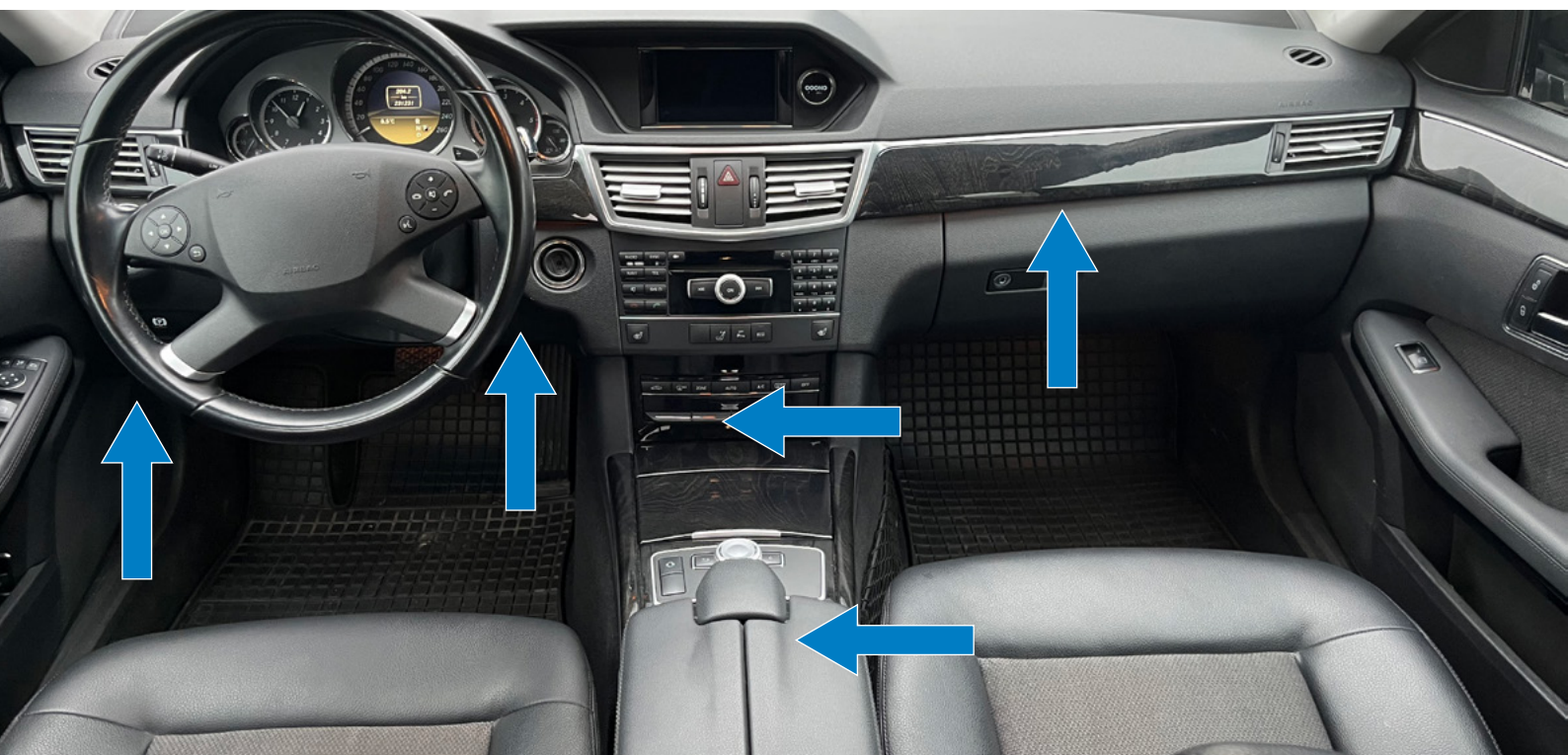
ANSCHLUSS-BELEGUNG

Der Diagnoseanschluss ist 16-polig. Neun Anschlüsse werden im Rahmen der OBD für die Überprüfung abgasrelevanter Bauteile verwendet. Alle anderen Pins können von den Fahrzeugherstellern für weitere Diagnosefunktionen, wie Klimaanlage, ABS, Airbags usw. frei belegt werden.



Einbauorte

Der Diagnoseanschluss ist im Fahrzeuginnenraum so angebracht, dass er für das Servicepersonal leicht zu erreichen und vor unbeabsichtigten Beschädigungen geschützt ist.



2.12 DIAGNOSEPRINZIP



2.13 GENORMTE FEHLERCODES

Mit Einführung der OBD wurden erstmals Fehler mit einheitlichen Fehlercodes belegt. Dadurch wurden die unterschiedlichen Fehlercodes verschiedener Fahrzeughersteller für einen Fehler durch die genormten P0-Fehlercodes ersetzt.

Beim Auslesen des Fehlerspeichers werden diese Fehlercodes im Display des Auslesegeräts („Scan Tool“) angezeigt.

Weiterhin gibt es herstellerspezifische Fehlercodes.

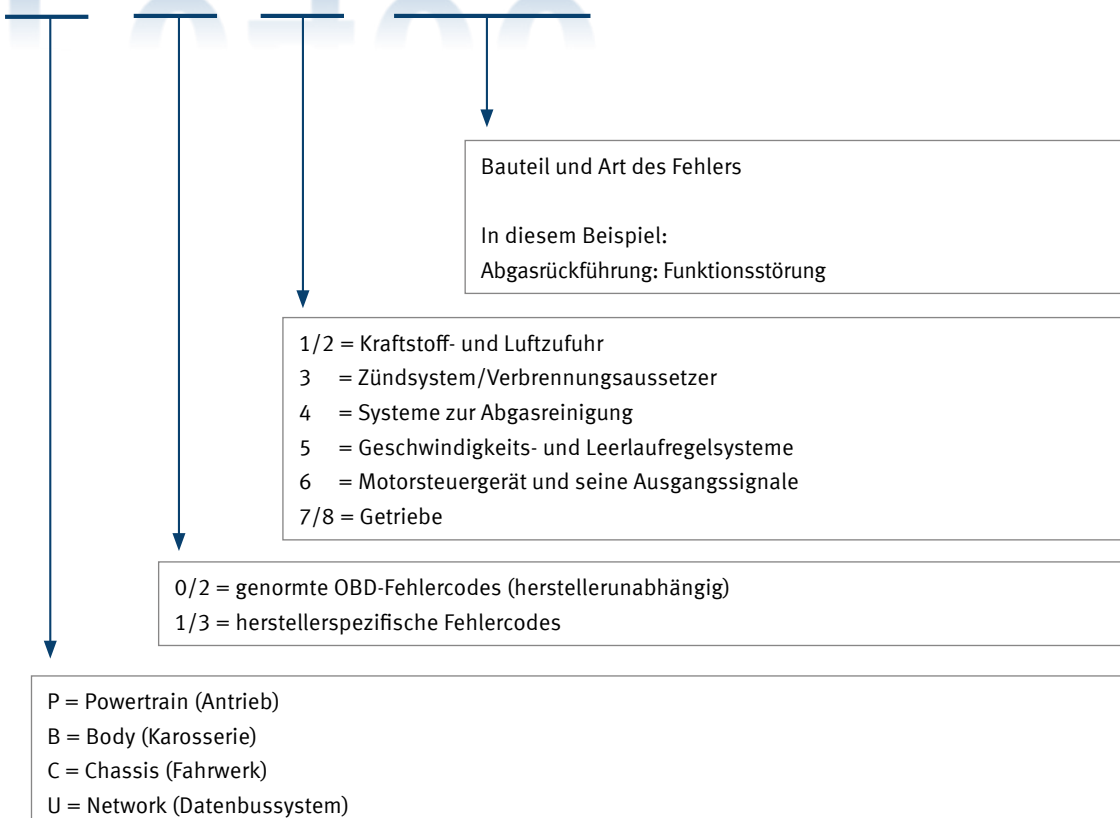
Hersteller	Herstellerspezifischer Code	(E)OBD
Audi	16706	P0320
BMW	67	
Citroën/Peugeot	41	
Ford	227	
Mercedes-Benz	045	
Opel	19	
Toyota	6	
Volkswagen	00514	
Volvo	214	

Die Fehlercodes sind fünfstellig.

- Der erste Buchstabe kennzeichnet den Bereich, in dem der Fehler aufgetreten ist. Fehler an Komponenten zur Schadstoffreduzierung sind durch ein „P“ für „Powertrain“ gekennzeichnet.
- Eine Null an zweiter Stelle kennzeichnet die genormten, herstellerunabhängigen Fehlercodes.
- Herstellerspezifische Fehlercodes sind an der zweiten Stelle mit „1“ oder „3“ gekennzeichnet.
- Die dritte Stelle bezeichnet die Baugruppe des Fehlers.
- Die letzten beiden Zeichen stehen für das erkannte Bauteil und die Art des Fehlers.

Je nach Hersteller des Diagnosegeräts kann der Wortlaut des Textes für einen Fehlercode unterschiedlich sein.

P0400



Der Fehlercode benennt das auffällig gewordene Bauteil sowie die Art des Fehlers. Dabei wird zwischen zwei Arten von Fehlern unterschieden:

Fehler als Ergebnis von Funktionsstörungen

Im Rahmen von spezifischen Diagnosen werden z. B. erfasst:

- Funktionsstörung
- Menge zu klein/Menge zu groß
- Rate zu niedrig/Rate zu hoch
- undicht
- ungenügende Wirkung
- Regelgrenze mager/Regelgrenze fett

Fehler im Rahmen der Bauteilüberwachung (Comprehensive Components)

Dabei werden alle abgasrelevanten Sensoren und Aktoren überwacht.

Sensoren sind z. B.:

- Luftmassensensoren
- Drucksensoren
- Drehzahlgeber
- Phasensensoren
- Temperatursensoren
- Lagepotentiometer

Aktoren sind z. B.:

- Klappensteller
- Elektroumschaltventile
- AGR-Ventile
- Elektropneumatische Wandler

Bei der Bauteilüberwachung wird zwischen elektrischen Fehlern und Bereichsfehlern (Abweichungen vom Soll-Wert) unterschieden.

Elektrische Fehler sind z. B.:

- Kurzschluss nach Masse
- Kurzschluss zur Versorgungsspannung (Plusschluss)
- Unterbrechung/kein Signal

Bereichsfehler sind z. B.:

- Signal/Spannung
- nicht plausibel
- unplausibler Arbeitsbereich
- außerhalb des Bereichs
- zu hoch/zu niedrig
- zu klein/zu groß
- unterer/oberer Grenzwert überschritten

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P01/2xx	(Kraftstoff- und Luftzufuhr)	
P0117	Kühlmittel-Temperatursensor	Signal zu niedrig
P0171	Zylinderreihe 1	Gemisch zu mager
P0213	Kaltstartventil 1	Fehlfunktion Stromkreis
P0234	Motoraufladung	Grenzwert überschritten
P03xx	(Zündsystem oder Verbrennungsaussetzer)	
P0301	Zylinder 1	Fehlzündung festgestellt
P0325	Klopfsensor 1	Fehlfunktion Stromkreis
P0350	Zündspule	Fehlfunktion Stromkreis
P04xx	(zusätzliche System zur Emissionsminderung)	
P0400	Abgasrückführung	Fehlfunktion
P0411	Sekundärlufteinblasung	falsche Flussrate
P0444	Magnetventil-Aktivkohlefilter	offener Stromkreis
P0473	Abgasdrucksensor	Signal zu hoch
P05xx	(Geschwindigkeits- und Leerlaufregelsysteme)	
P0506	Leerlaufregelung	Drehzahl unter Soll-Wert
P0510	Leerlaufschalter	Fehlfunktion Stromkreis
P06xx	(Steuergerät und seine Ausgangssignale)	
P0642	Steuergerät	Klopffregung defekt
P07/8xx	(Getriebe)	



3. SYSTEME UND DIAGNOSEN

Die nachfolgenden Kapitel geben eine Übersicht über die einzelnen Systeme und Diagnosen der On-Board-Diagnose.

Die Diagnosehinweise am Ende jedes Systems sollen bei der Ermittlung von Fehlerursachen für das jeweilige System helfen.

Sie enthalten praktische Hinweise zur Fehlerdiagnose und -beseitigung bei schadstoffrelevanten Komponenten. Viele dieser Hinweise basieren auf Kundenanfragen und technischen Beratungen unserer Serviceabteilung. Der Schwerpunkt dieser Broschüre liegt auf den Pierburg Produkten.

3.1 SYSTEMKENNTNISSE GEFRAGT

Die (E)OBD ist ein System, das Fehler erkennt, speichert und anzeigt. Dadurch können schwerwiegende Schäden an Motorkomponenten und unnötige Umweltbelastungen vermieden werden. Das Diagnosesystem erkennt zwar ein schadhaftes Bauteil oder eine nicht einwandfreie Funktion, jedoch häufig nicht die Schadensursache oder das schadensverursachende Bauteil.

Im Störfall wird die Fehlerdiagnose durch Auslesen der Fehlercodes und Ausgabe der fehlerrelevanten Daten für die Werkstatt zwar erheblich erleichtert. Allerdings bedeutet die Anzeige eines schadhaften Bauteils durch das Fehlerauslesegerät nicht zwangsläufig, dass dieses auch wirklich schadensverursachend ist.

Die tatsächliche Ursache kann oft an mehreren Komponenten liegen. Hier ist ein Fachmann mit Systemkenntnissen gefragt. Bei der Fehlerdiagnose sollte zunächst der Fehlercode mit einem Tester ausgelesen und das als fehlerhaft angezeigte Bauteil überprüft werden.

Die ausgegebenen Fehlercodes sind wichtige Hinweise auf möglicherweise fehlerhafte Bauteile oder Komponenten. Sie geben jedoch oft keinen Hinweis über einfache Ursachen wie beispielsweise geknickte oder undichte Unterdruckleitungen, verklebte oder undichte Ventile usw. Je nach Fahrzeughersteller und Auslesegerät können die Bauteile im Rahmen einer Stellglieddiagnose aktiviert werden. Sinnvoll ist es, zuerst den Fehlerspeicher auszulesen und dann die Stellglieddiagnose gemäß den Herstellerangaben des Diagnosegerätes durchzuführen. Ein durch die Stellglieddiagnose aktiviertes Bauteil wird in Intervallen angesteuert, sodass es hör- oder fühlbar schaltet. Wenn dies der Fall ist, sind die Spannungsversorgung und das Bauteil elektrisch in Ordnung. Undichtigkeiten oder innere Verschmutzungen werden hierbei jedoch nicht festgestellt.

Elektrische Fehler im Kabelbaum oder im Bauteil selbst werden in den meisten Anwendungsfällen als Fehler abgespeichert. Auch mechanische Fehler wie Undichtigkeiten oder ein verklebtes Ventil müssen mit herkömmlichen Prüfmitteln aufgespürt werden.

Achten Sie bei der Fehlersuche auch auf:

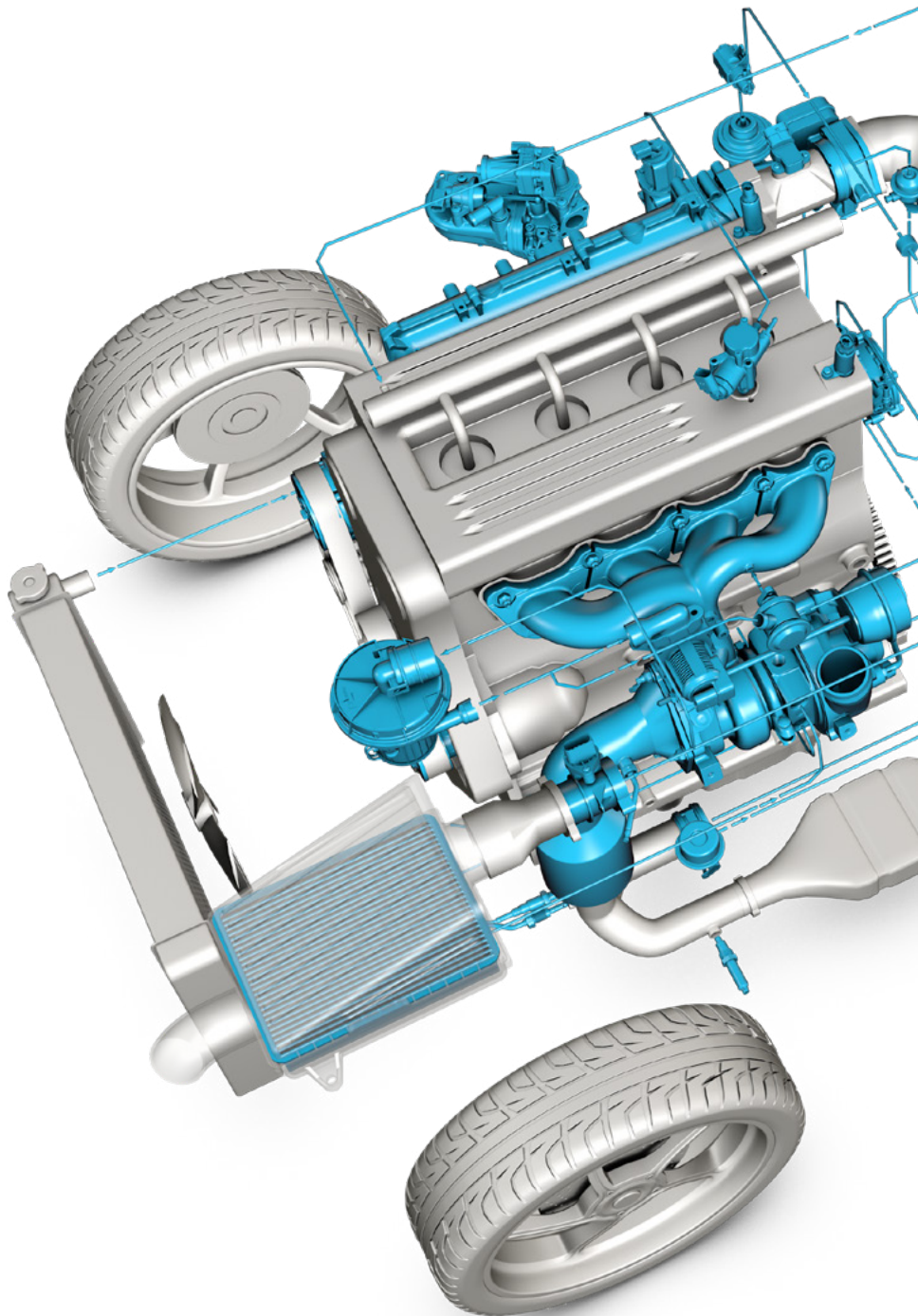
- Leckagen in Schlauchleitungen
- schlechte Kontakte an Steckverbindungen
- Leichtgängigkeit von Aktoren („Druckdosen“, Steller usw.)

Nach der Prüfung und einem eventuellen Austausch muss der Fehlerspeicher gelöscht werden. In den meisten Fällen muss das neue Bauteil an das Motorsteuergerät angepasst werden, das heißt das Motorsteuergerät muss die individuellen Kennfelddaten erst „erlernen“.

3.2 SICHERHEITSHINWEISE

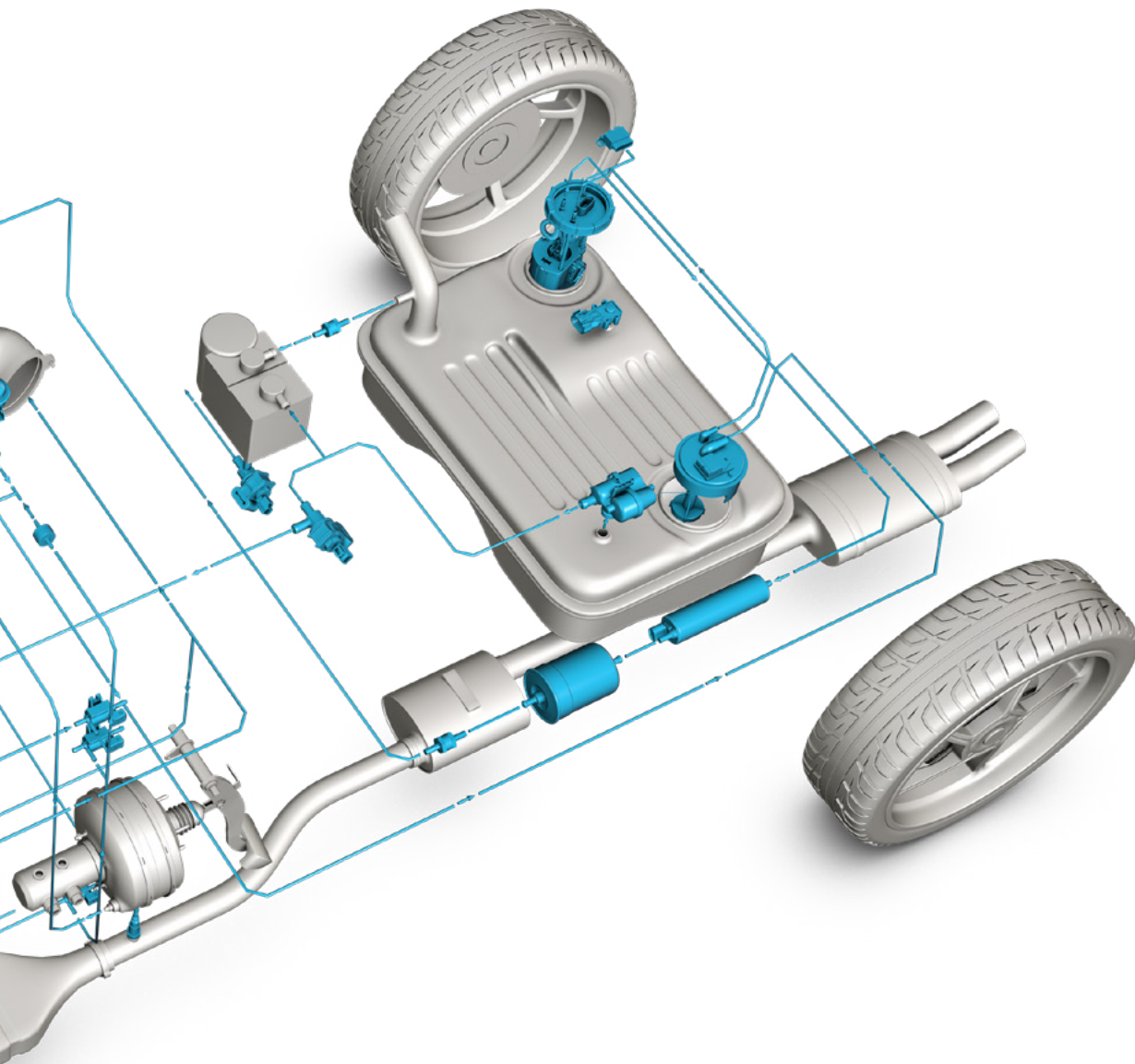
Diese Broschüre ist ausschließlich für Kfz-Fachkräfte bestimmt.

- Die jeweils geltenden gesetzlichen Bestimmungen und die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen beachten.
- Besondere Sicherheitsbestimmungen gelten insbesondere beim Umgang mit Kraftstoff und Kraftstoffdämpfen.
- Bei eingeschalteter Zündung keine Steckverbindungen trennen oder verbinden. Die dadurch entstehenden Spannungsspitzen können die elektronischen Bauteile zerstören.
- Widerstandsmessungen an Bauteilen nur bei abgezogenem Stecker durchführen, da innere Schaltkreise des Steuergerätes beschädigt werden können.
- Sicherheitseinrichtungen nicht außer Kraft setzen oder umgehen.
- Die Vorschriften der Fahrzeughersteller beachten.



3.3 PIERBURG UND OBD

Als Spezialist für Gemischbildung, Kraftstoff- und Unterdruckversorgung, Luftsteuerung und Schadstoffreduzierung ist Pierburg maßgeblich an der Entwicklung und Produktion der heutigen Komponenten beteiligt. Ein Großteil davon ist direkt oder indirekt OBD-überwacht.



4. SYSTEME UND DIAGNOSEN MIT PIERBURG PRODUKTEN

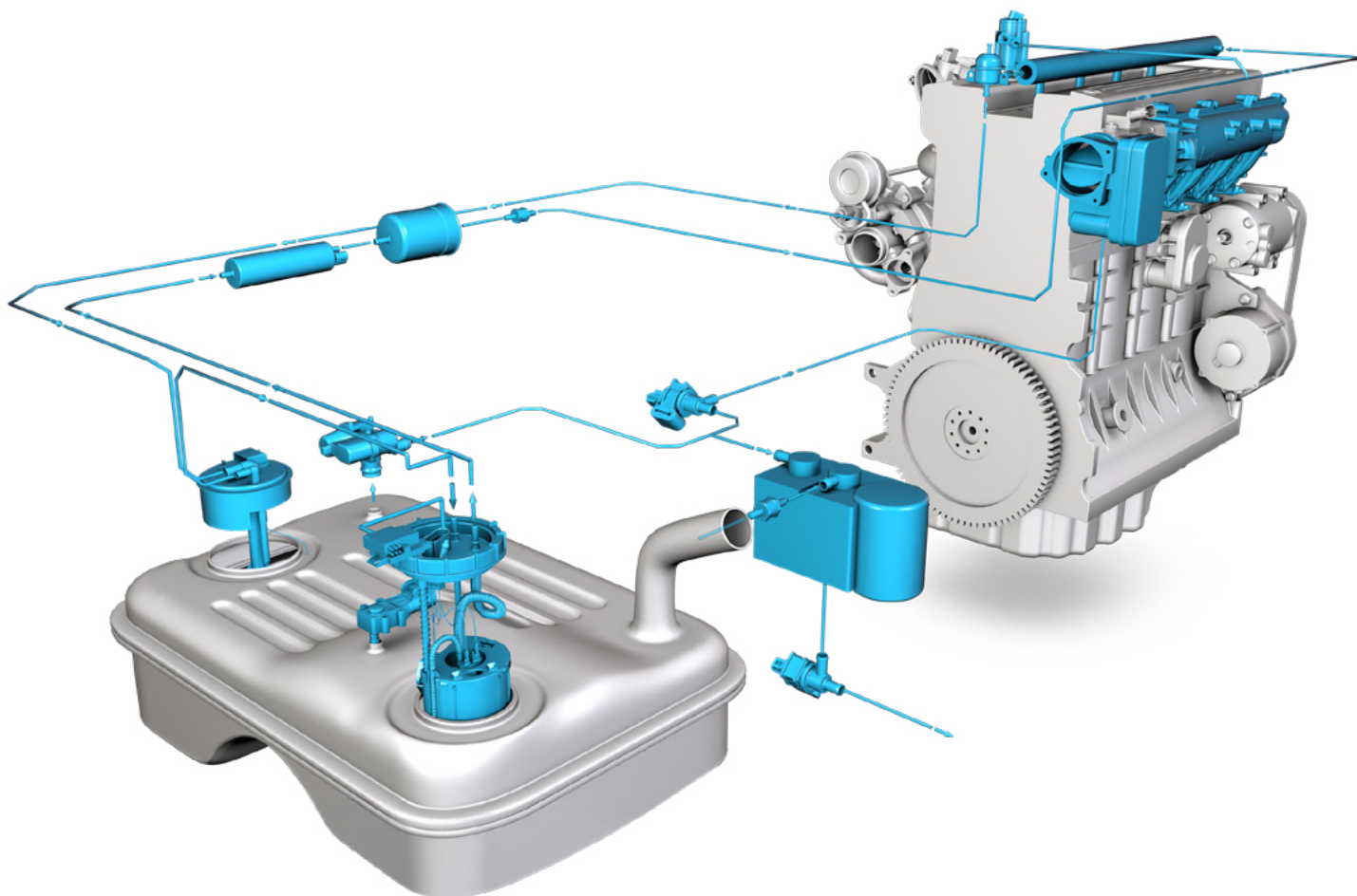
HINWEIS

Moderne Motorsteuergeräte verfügen über „adaptive Speichermodule“. Das bedeutet, dass einige der für den Betrieb notwendigen Kennfelddaten erst „erlernt“ werden müssen. Wird die Spannungsversorgung am Motorsteuergerät weggenommen, kann es erforderlich werden, das Steuergerät neu „anzulernen“. Die Kennfelddaten werden zuerst im Fahrbetrieb erfasst und anschließend im Speicher abgelegt. Dies kann einige Minuten dauern. Deshalb sollte eine Probefahrt durchgeführt und erst danach die Funktion erneut geprüft werden.

4.1 KRAFTSTOFFSYSTEM

Für den Betrieb von Fahrzeugen und Maschinen mit Verbrennungsmotoren wird im Normalfall Otto- oder Dieseldieselfkraftstoff benötigt. Die hierzu verwendeten Bauteile werden unter dem Begriff „Kraftstoffsystem“ zusammengefasst.

Auf das Tankentlüftungssystem (auch als „AKF-System“ bezeichnet) und die Tankleckdiagnose wird in den nachfolgenden Kapiteln separat eingegangen (siehe Kapitel 4.2 und Kapitel 4.3).



4.1.1 ÜBERWACHUNG

Bei größeren Abweichungen im Kraftstoffsystem können ähnliche Störungen auftreten, wie bei einem Verbrennungsaussetzer oder bei Laufunruhen (siehe Kapitel 5.2):

- Leistungsmangel, Ruckeln
- Aussetzer bis hin zum Ansprechen der Laufunruhenerkennung
- Ölverdünnung

Funktionsstörungen oder Bauteilfehler, die das Gemisch abgasrelevant beeinflussen, werden durch die Regellage der Lambdasonde erkannt.

Wird ein Fehler erkannt, erfolgt eine Korrektur durch Anpassung der Einspritzzeiten über das Steuergerät. Diese Korrektur ist eine Kurzzeitanpassung, die für jeden Betriebspunkt neu berechnet wird. Die Selbstanpassung der Gemischbildung ermöglicht eine selbständige Feinanpassung der zugemessenen Kraftstoffmengen.

Kurzzeitanpassung

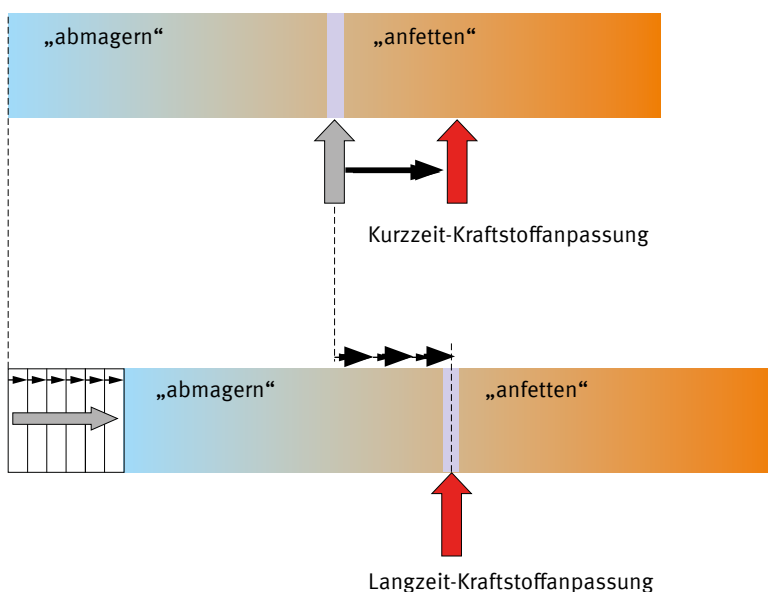
Bei Änderungen des Lambdawertes (z. B. „Abmagern“) wird eine sofortige Gemischkorrektur (hier z. B. in Richtung „Anfetten“) durchgeführt, damit das Kraftstoff-Luft-Verhältnis wieder dem Soll-Wert entspricht.

Langzeitanpassung

Werden Korrekturen in die gleiche Richtung über einen längeren Zeitraum notwendig, nimmt das Steuergerät einen Dauerkorrekturwert in den Betriebsdatenspeicher auf. Es erfolgt eine Langzeitanpassung, die auch als „adaptive Vorsteuerung“ bezeichnet wird. Solche Veränderungen können z. B. veränderte Leckluftraten im Ansaugtrakt oder Änderungen der Luftdichte bei starken Höhenänderungen (Berg-, Talfahrten) sein.

Dabei wird das Kennfeld und damit der Mittelwert so verschoben, dass der Lambdaregelbereich für die Kurzzeitanpassung sowohl in Richtung „fett“ als auch in Richtung „mager“ voll erhalten bleibt.

Ein Verschieben des Kennfeldes ist aber nur innerhalb bestimmter Grenzen (Adaptionsgrenzen) möglich. Wird die Adaptionsgrenze überschritten, wird ein Fehler gespeichert und die Fehlerlampe aktiviert.



Selbstanpassung des Kraftstoffsystems (Gemischadaption)

4.1.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0001	Kraftstoff-Mengenregler	Fehlfunktion Stromkreis
P0002	Kraftstoff-Mengenregler	Funktionsfehler
P0003	Kraftstoff-Mengenregler	Signal zu niedrig
P0004	Kraftstoff-Mengenregler	Signal zu hoch
P0005	Kraftstoffabschalt-Magnetventil	offener Stromkreis
P0006	Kraftstoffabschalt-Magnetventil	Signal zu niedrig
P0007	Kraftstoffabschalt-Magnetventil	Signal zu hoch
P0148	falsche Kraftstofffördermenge	
P0170	Gemischregelung (Bank 1)	Fehlfunktion
P0171	Gemischregelung (Bank 1)	System zu „mager“
P0172	Gemischregelung (Bank 1)	System zu „fett“
P0175	Gemischregelung (Bank 2)	System zu „fett“
P0176	Messsonde Kraftstoffzusammensetzung	Fehlfunktion
P0177	Messsonde Kraftstoffzusammensetzung	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0178	Messsonde Kraftstoffzusammensetzung	Spannung zu niedrig
P0179	Messsonde Kraftstoffzusammensetzung	Spannung zu hoch
P0215	Kraftstoff-Magnetventil	Fehlfunktion Stromkreis
P0200	Einspritzventil	Fehlfunktion Stromkreis
P0201	Einspritzventil 1	Fehlfunktion Stromkreis
P0202	Einspritzventil 2	Fehlfunktion Stromkreis
P0203	Einspritzventil 3	Fehlfunktion Stromkreis
P0204	Einspritzventil 4	Fehlfunktion Stromkreis
P0261	Einspritzventil 1	Signal zu niedrig
P0262	Einspritzventil 1	Signal zu hoch
P0264	Einspritzventil 2	Signal zu niedrig
P0265	Einspritzventil 2	Signal zu hoch
P0267	Einspritzventil 3	Signal zu niedrig
P0268	Einspritzventil 3	Signal zu hoch
P0270	Einspritzventil 4	Signal zu niedrig
P0271	Einspritzventil 4	Signal zu hoch
P0216	Kraftstoff-Einspritzregelung	Fehlfunktion Stromkreis
P0263	Einspritzung Zylinder 1	Beitrags- bzw. Gleichlaufproblem
P0266	Einspritzung Zylinder 2	Beitrags- bzw. Gleichlaufproblem
P0296	Einspritzung Zylinder 1	Beitrags- bzw. Gleichlaufproblem
P0300	beliebiger/mehrere Zylinder	Zündaussetzer erkannt
P0301	Zylinder 1	Zündaussetzer erkannt
P0312	Zylinder 12	Zündaussetzer erkannt
P0313	Zündaussetzer erkannt	niedriges Kraftstoffniveau
P0314	Einzelzylinder (Zylinder nicht definiert)	Zündaussetzer
P0363	Zündaussetzer erkannt	Kraftstoffversorgung deaktiviert

4.1.3 DIAGNOSEHINWEISE

Komponente	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
Kraftstoffsystem/Gemischbildung		
Kraftstoff	• mangelnde Kraftstoffqualität, Kraftstoffmangel • Verschmutzung oder Ablagerungen • Vermengung mit Fremdstoffen	• Sichtprüfung, Geruchsprüfung • Reinigung der Kraftstoffanlage • Austausch des Kraftstoffs • Ersetzen des Kraftstofffilters und eventuell der Einspritzdüsen/Injektoren
Kraftstoffpumpen	• elektrische Fehler • Kraftstoffmenge zu gering • Kraftstoffdruck zu niedrig • mechanische Abnutzung	• Prüfung mit Diagnosegerät • Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Relais, Leitungen, Steckverbindungen prüfen • Druck und Fördermenge messen (wenn vorhanden, auch an der Vorförderpumpe) • fehlerhafte Pumpe ersetzen
Druckregler	• elektrische Fehler • Kraftstoffdruck zu hoch/niedrig • mechanische Abnutzung	• Prüfung mit Diagnosegerät • Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Druck und Regelfunktion prüfen • fehlerhaften Druckregler ersetzen
Kraftstofffilter	• Kraftstofffilter zugesetzt; Durchfluss zu gering • Kraftstofffilter undicht	• Fördermenge hinter dem Filter messen • Filter erneuern
Kraftstoffleitungen	• Kraftstoffleitungen abgeknickt • Kraftstoffleitungen an Anschlüssen undicht • Kraftstoffversorgung zu gering	• bei unzureichender Fördermenge und abweichendem Druck, Sichtprüfung • Leitungen reparieren, ggf. erneuern
Einspritzdüsen/Injektoren	• elektrischer Fehler • falsche Einspritzzeiten • falsches Sprühbild • undichte Einspritzdüsen/Injektoren • zu hohe Rücklaufmenge	• Bei abgestelltem Motor mit einem geeigneten Gerät den HC-Wert im Saugrohr überprüfen. • Einspritzzeiten, Einspritzsignal und Dichtheit prüfen • Einspritzdüsen/Injektoren reinigen oder ggf. erneuern • Rücklaufmenge überprüfen
AKF-System	• AKF-System undicht oder ohne Funktion • Ventile verklebt • Überbetankung	• siehe Kapitel 4.2
Sekundärluftsystem		
Sekundärluftsystem	• Schäden an der Sekundärluftpumpe, den Leitungen oder dem Abschaltventil, dadurch Falschluf im Abgaskrümm	• siehe Kapitel 4.4
Motorsteuerung		
Luftmassensensor (LMS)	• falsches Signal • Sensor verschmutzt oder beschädigt	• Prüfung mit Diagnosegerät • (Spannungssignal messen) • defekten LMS ersetzen
Luftdrucksensor	• falsches Signal • sporadischer Fehler (besonders bei Höhenfahrten)	• Prüfung mit Diagnosegerät • Leitungen und Steckverbindungen überprüfen, ggf. defekten Sensor ersetzen
Kühlmittelsensor	• falsches Signal • sporadischer Fehler	• Prüfung mit Diagnosegerät • Leitungen und Steckverbindungen überprüfen, ggf. defekten Sensor ersetzen
Luftversorgung		
Drosselklappenstutzen (DKS) und Anbauteile	• Leckluft/Falschluf • Sensor für Drosselklappen-Stellung gibt fehlerhaftes Signal • Endschalte gibt kein oder fehlerhaftes Signal	• Prüfung mit Diagnosegerät • Prüfen auf Dichtheit, ggf. beschädigte Dichtung ersetzen • Schließ- und Endstellung prüfen und ggf. einstellen, ansonsten DKS ersetzen • Potentiometersignal überprüfen, ggf. DKS ersetzen • Überprüfen auf Verschleiß, ggf. DKS ersetzen
Ansaugrohr	• Leckluft im Ansaugrohr • Leckluft hinter dem Luftmassensensor (führt zu magerem Gemisch) • Falschluf	• Prüfen auf Dichtheit, ggf. beschädigte Dichtung ersetzen • Schließstellung prüfen und ggf. einstellen, ansonsten Verschleißteile ggf. Schaltsaugrohr ersetzen • Überprüfen auf Verschleiß, ggf. Schaltsaugrohr ersetzen

4.2 TANKENTLÜFTUNGSSYSTEM (AKF-SYSTEM)

Über der Kraftstoffoberfläche im Tank bilden sich Kraftstoffdämpfe. Das Tankentlüftungssystem verhindert, dass diese Kraftstoffdämpfe mit den darin enthaltenen Kohlenwasserstoffen (HC) in die Umwelt entweichen. Sie werden daher in einem AKF-Behälter (Aktivkohlefilter) gespeichert.

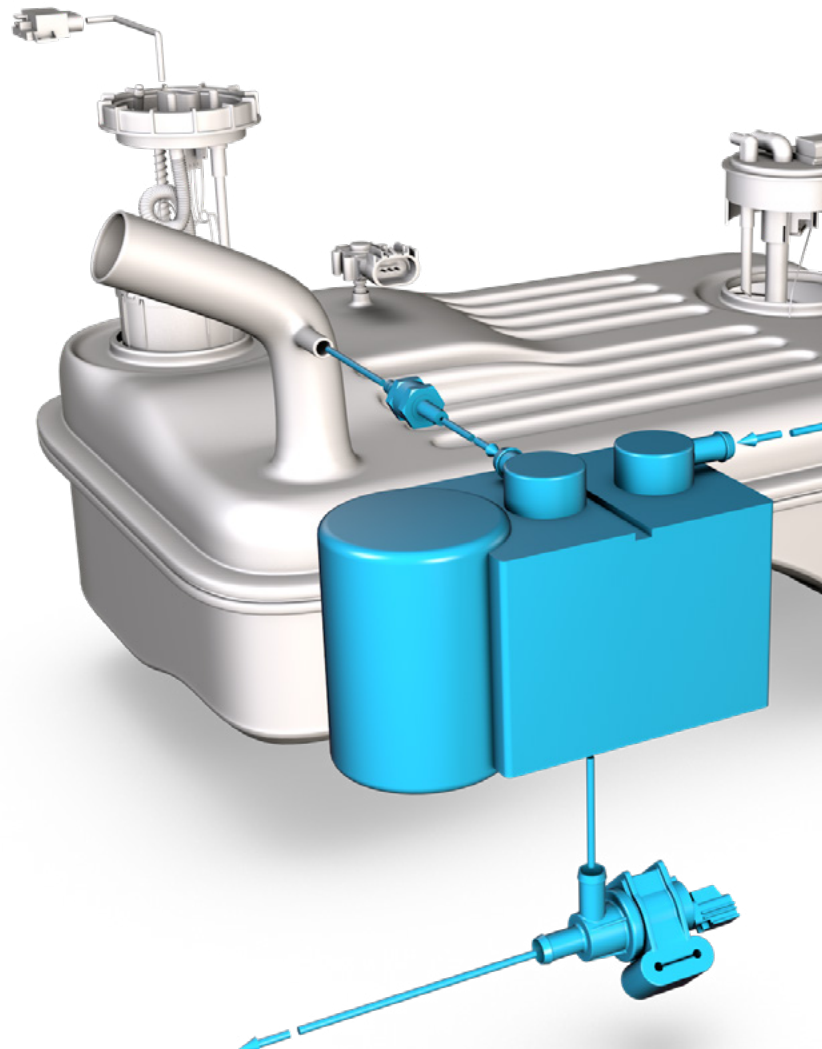
Da die Speicherfähigkeit der Aktivkohle im AKF-Behälter begrenzt ist, muss eine regelmäßige Entleerung (Regenerierung) des Speichers durchgeführt werden, das heißt, das Kondensat wird in die Verbrennung zurückgeführt. Dies geschieht, indem Umgebungsluft durch den Saugrohrunterdruck in den AKF-Behälter gesaugt wird. Dies wird durch das AKF-Regenerierventil dosiert. Bei Systemen mit erhöhtem Tankdruck kann zusätzlich ein Tankdruckventil hinzukommen.

Zur Regeneration des Aktivkohlefilters, also zum Ausspülen der darin angesammelten Kohlenwasserstoffe, öffnet das Motorsteuergerät in bestimmten Betriebszuständen das AKF-Regenerierventil. Die im Aktivkohlefilter gespeicherten Kohlenwasserstoffe werden in das Saugrohr geleitet und damit der Verbrennung zugeführt.



HINWEIS

Das AKF-Regenerierventil wird auch als AKF-Ventil, Regenerierventil oder Tankentlüftungsventil bezeichnet.



4.2.1 ÜBERWACHUNG

Bei der gebräuchlichsten Methode zur Überwachung wird zuerst der Lambdawert bei geschlossenem AKF-Regenerierventil gemessen. Anschließend wird das AKF-Regenerierventil geöffnet.

- Sind im Aktivkohlefilter viele Kohlenwasserstoffe gebunden, kommt es kurzzeitig zu einer Überfettung. Die Lambdaregelung regelt dann in Richtung „mager“.
- Sind hingegen keine oder nur wenige Kohlenwasserstoffe im Aktivkohlefilter gespeichert, strömt bei geöffnetem AKF-Regenerierventil nur Luft oder Luft mit geringem Kraftstoffanteil ins Saugrohr. Es kommt zu einer „Abmagerung“. Die Lambdaregelung regelt dann in Richtung „fett“.

Geschieht dieses Ausregeln in beiden Fällen nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums, wird dies als Fehler angezeigt.

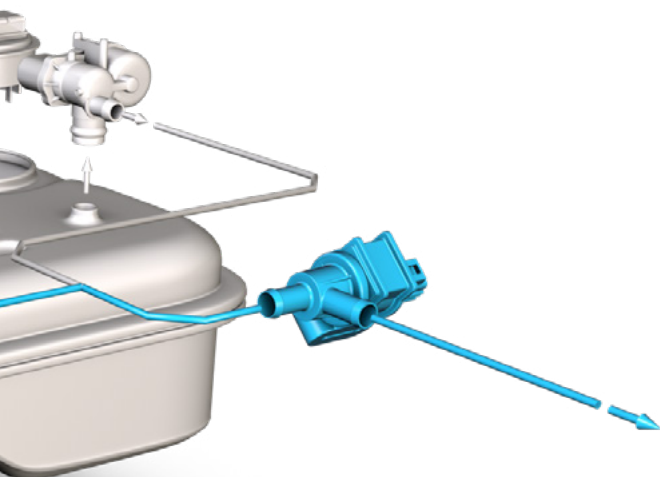
Die Lambdaregelung reagiert nicht, wenn sich beim Öffnen des AKF-Regenerierventils zufällig ein Gemisch mit dem Lambda-Wert 1 ergibt. Über die Leerlauffüllungsregelung wird in diesem Fall verhindert, dass die Drehzahl ansteigt.

Bei einwandfreier Funktion muss auch hier die Diagnoseschwelle in einer bestimmten Zeit erreicht werden. Auch hier wird ein Fehler erkannt, wenn das Ausregeln nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums erfolgt.

Eine weitere Methode ist die Modulationsdiagnose. Hier öffnet und schließt das Steuergerät das AKF-Regenerierventil in einem bestimmten Prüfintervall. Dies erzeugt Druckänderungen im Saugrohr, die vom Saugrohrdruckgeber erfasst werden. Im Steuergerät werden die Messwerte mit den Soll-Werten verglichen. Bei Abweichungen wird ein Fehler erkannt.

Bedingung der Überwachung

Die Überwachung erfolgt im Leerlauf oder bei Betriebstemperatur.



4.2.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0170	Gemischregelung (Bank 1)	Fehlfunktion
P0171	Gemischregelung (Bank 1)	System zu „mager“
P0172	Gemischregelung (Bank 1)	System zu „fett“
P0175	Gemischregelung (Bank 2)	System zu „fett“
P0440	Kraftstoff-Verdunstungssystem	Fehlfunktion
P0441	Kraftstoff-Verdunstungssystem	Entlüftungsfluss falsch
P0442	Kraftstoff-Verdunstungssystem	kleines Leck erkannt
P0443	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftung	Fehlfunktion
P0444	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftung	offen
P0445	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftung	Kurzschluss
P0446	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Entlüftungsventil	Fehlfunktion
P0447	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Entlüftungsventil	offen
P0448	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Entlüftungsventil	Kurzschluss
P0449	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftungsventil/Magnet	Fehlfunktion
P0450	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Fehlfunktion
P0451	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0452	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Spannung zu niedrig
P0453	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Spannung zu hoch
P0454	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Aussetzer
P0455	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	großes Leck erkannt
P0456	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	sehr kleines Leck erkannt
P0457	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Tankdeckel (verloren/offen)
P0460	Kraftstoffbehälter-Füllhöhensonde	Fehlfunktion
P0464	Kraftstoffbehälter-Füllhöhensonde	Aussetzer
P0465	Kraftstoff-Verdunstungssystem	Fehlfunktion
P0469	Kraftstoff-Verdunstungssystem	zeitweilige Stromkreisunterbrechung



4.2.3 DIAGNOSEHINWEISE

Neben den elektrischen Fehlern, die in jedem Fall gespeichert und als Fehlercode ausgegeben werden, können weitere Fehler Störungen verursachen. Bei diesen Fehlern werden nicht in jedem Fall die Fehlerursachen diagnostiziert.

Die nachfolgende Tabelle soll bei der Ermittlung solcher Fehlerursachen helfen.

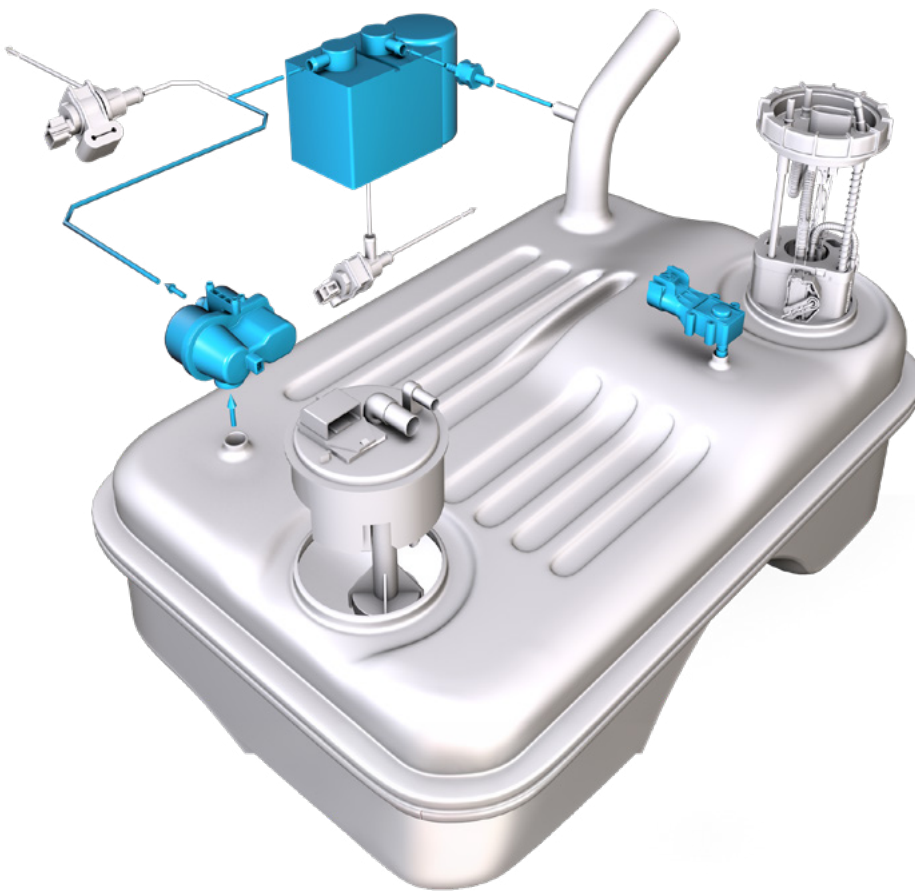
Komponente	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
Aktivkohlefilter	• Tankbe- und -entlüftung (Außenbelüftung) unzureichend (verschmutzt, verstopft) • Aktivkohlefilter durch Überbetankung überflutet • Speicherfüllung im Aktivkohlefilter unwirksam (Granulat ist zersetzt)	• Sichtprüfung • defekte Bauteile reinigen oder erneuern • Sitz des AKF-Regenerierventils und Leitungen auf Ablagerungen (Staub/Krümel) untersuchen, dies deutet auf zersetztes Granulat hin
AKF-Regenerierventil	• Leerlaufprobleme • Leerlaufregelung an der Regelgrenze • Ventil verklebt • Ventil teilweise blockiert/undicht • deutlich wahrnehmbarer Benzingeruch, besonders bei höheren Temperaturen	• Prüfung mit Diagnosegerät • Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Funktion des Ventils mit Unterdruck-Handpumpe prüfen • Ventil reinigen, ggf. defektes Ventil ersetzen
AKF-Regenerierpumpe	• Tankbe- und -entlüftung (Außenbelüftung) unzureichend (verschmutzt, verstopft) • Leerlaufprobleme • Leerlaufregelung an der Regelgrenze	• Prüfung mit Diagnosegerät • Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Relais, Leitungen, Steckverbindungen prüfen • fehlerhafte Pumpe ersetzen
Leitungen (zu AKF-Regenerierventil oder Saugrohr)	• Tankbe- und -entlüftung (Außenbelüftung) unzureichend (verschmutzt, verstopft) • Leitungen verschmutzt, abgeknickt oder nicht mehr angeschlossen • durchhängende Leitungen durch Kondensat verschlossen	• defekte Bauteile reinigen oder erneuern • Leitungen überprüfen



4.3 TANKLECKDIAGNOSE

Bei Leckagen im Kraftstoffsystem oder einem fehlenden Tankdeckel würden durch das Ausdampfen von Kraftstoff schädliche Kohlenwasserstoffe (HC) in die Umwelt abgegeben.

Die Tankleckdiagnose (auch „Tankdiagnose“ oder „Leckdiagnose“ genannt) überwacht die Dichtheit des Tanksystems.



Für die Tankleckdiagnose sind neben den Bauteilen des Tankentlüftungssystems (siehe Kapitel 4.2) ein AKF-Absperrventil sowie je nach Prüfverfahren ein Tankdrucksensor oder eine Diagnosepumpe erforderlich. Das AKF-Regenerierventil wird auch als AKF-Ventil oder Regenerierventil bezeichnet.



4.3.1 ÜBERWACHUNG

Für die Prüfung kommen zwei unterschiedliche Verfahren zur Anwendung. Die beiden nachfolgend beschriebenen Arten der Tankleckdiagnose sind nur bei der OBD II (USA) vorgeschrieben. Im Rahmen der EOBD (Europa) sind ein „unverlierbarer“ Tankdeckel und eine elektrische Bauteilüberwachung ausreichend.

Prüfung mit Unterdruck

Das AKF-Absperrventil ist geschlossen, das AKF-Regenerierventil ist geöffnet. Somit wird das System mit dem Saugrohr-Unterdruck beaufschlagt. Baut sich innerhalb einer bestimmten Zeit kein Unterdruck auf, wird eine Undichtigkeit (Großleck, bis ca. 1 mm) als Fehler erkannt.

Wird ein vorgegebener Unterdruck innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne erreicht, schließt das AKF-Regenerierventil. Baut sich die Druckdifferenz in diesem geschlossenen System schneller ab als vorgegeben, wird ein Kleinleck (bis ca. 0,5 mm) als Fehler erkannt.

Prüfung mit Überdruck

Das AKF-Absperrventil und das AKF-Regenerierventil sind geschlossen.

Eine hier zusätzlich erforderliche Diagnosepumpe mit integriertem Absperrventil baut einen definierten Druck auf. Ist dieser Druck erreicht, schaltet die Pumpe selbstständig ab. Sinkt der Druck unter einen bestimmten Wert, schaltet sich die Pumpe wieder ein. In Abhängigkeit von der Größe der Undichtigkeit geschieht dies in kürzeren oder längeren Intervallen. Bei großen Lecks ist kein Druckaufbau möglich. Je nach Verfahren erfolgt die Bewertung der Leckage über die Stromaufnahme oder die Förderperiode der Diagnosepumpe.

4.3.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0440	Kraftstoff-Verdunstungssystem	Fehlfunktion
P0441	Kraftstoff-Verdunstungssystem	Entlüftungsfluss falsch
P0442	Kraftstoff-Verdunstungssystem	kleines Leck erkannt
P0443	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftung	Fehlfunktion
P0444	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftung	offen
P0445	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftung	Kurzschluss
P0446	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Entlüftungsventil	Fehlfunktion
P0447	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Entlüftungsventil	offen
P0448	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Entlüftungsventil	Kurzschluss
P0449	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Belüftungsventil/Magnet	Fehlfunktion
P0450	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Fehlfunktion
P0451	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0452	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Spannung zu niedrig
P0453	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Spannung zu hoch
P0454	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Aussetzer
P0455	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	erhebliches Leck erkannt
P0456	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	sehr kleines Leck erkannt
P0457	Kraftstoff-Verdunstungssystem – Drucksensor	Verschlusskappe (verloren/offen)
P0460	Kraftstoffbehälter-Füllhöhensonde	Fehlfunktion
P0464	Kraftstoffbehälter-Füllhöhensonde	Aussetzer
P0465	Kraftstoff-Verdunstungssystem	Fehlfunktion
P2400	Lecksuchpumpe des Kraftstoff-Verdunstungssystems	Unterbrechung
P2041	Lecksuchpumpe des Kraftstoff-Verdunstungssystems	Spannung zu niedrig
P2402	Lecksuchpumpe des Kraftstoff-Verdunstungssystems	Spannung zu hoch

4.3.3 DIAGNOSEHINWEISE

Neben den elektrischen Fehlern, die in jedem Fall gespeichert und als Fehlercode ausgegeben werden, können weitere Fehler Störungen verursachen. Bei diesen Fehlern werden nicht in jedem Fall die Fehlerursachen diagnostiziert.

Die nachfolgenden Hinweise sollen bei der Ermittlung solcher Fehlerursachen helfen.

Wird von der OBD eine Leckage angezeigt:

- Das gesamte Tanksystem mit allen Verbindungen zu den Tanksegmenten (bei Satteltanks) und zum Aktivkohlefilter auf Undichtigkeiten prüfen.
- Speziell das Absperrventil muss auf Dichtheit und auf Funktion geprüft werden.
- Weitere mögliche Fehler sind verklebte oder verschmutzte AKF-Regenerierventile und AKF-Absperrventile. Rührt diese Verschmutzung der Ventile vom Aktivkohlefilter her, muss dieser erneuert werden. Bei wiederholt verklebten Ventilen kann eine Reinigung des gesamten Systems notwendig werden



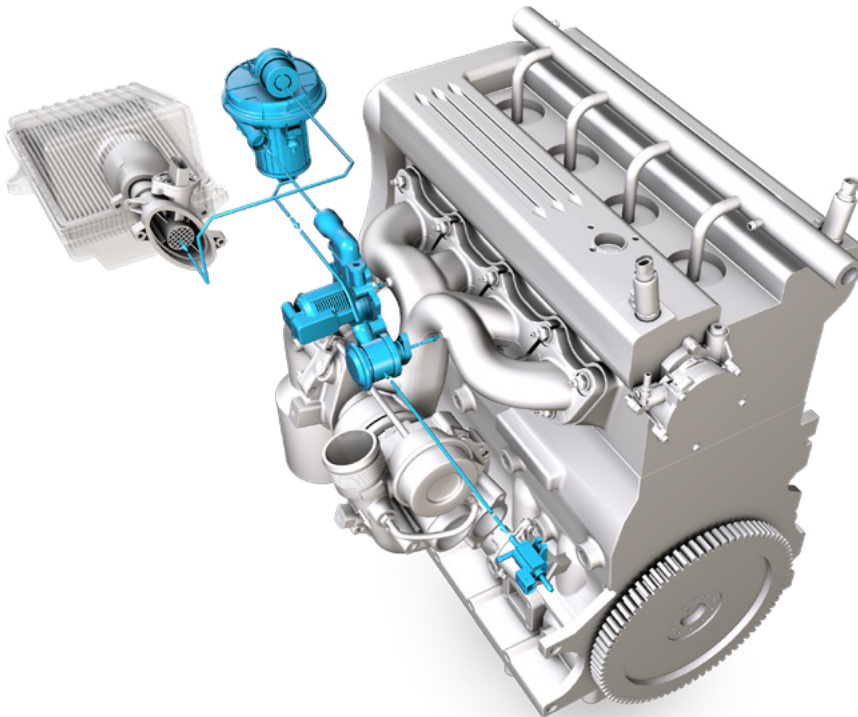
HINWEIS

Eine Fehlermeldung kann auch durch einen losen oder verlorengegangenen Tankdeckel ausgelöst werden!.



4.4 SEKUNDÄRLUFTSYSTEM

Für den sicheren Kaltstart eines Ottomotors wird ein fettes Gemisch (Kraftstoffüberschuss) benötigt. Aufgrund dieser Überfettung des Gemischs in der Kaltstartphase tritt im Abgas ein erhöhter Anteil an unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO) auf. Durch Einblasen von sauerstoffreicher Umgebungsluft (Sekundärluft) hinter den Auslassventilen in den Krümmer kommt es dort zu einer Nachverbrennung dieser Schadstoffe. Obwohl das Sekundärluftsystem nach einem Kaltstart nur für 20 bis 60 Sekunden eingeschaltet ist, wird der Ausstoß an Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid dadurch deutlich reduziert. Bei der Nachverbrennung wird Wärme frei, die den Katalysator zusätzlich aufheizt und schneller auf Betriebstemperatur bringt.



Die Sekundärluftpumpe ist das zentrale Bauteil des Sekundärluftsystems. Sekundärluftpumpen sind hochtourige, ein- oder zweistufige Gebläse. Wenn die Luft nicht aus dem Ansaugtrakt, sondern direkt aus dem Motorraum angesaugt wird, ist ein Luftfilter integriert. Sekundärluftpumpen, verschiedene Generationen



Sekundärluftpumpen, verschiedene Generationen

Zwischen der Sekundärluftpumpe und dem Abgaskrümmern ist ein Sekundärluftventil eingebaut. Dieses wird zeitabhängig nach dem Kaltstart vom Motorsteuergerät angesteuert. Das Sekundärluftventil hat mehrere Aufgaben:

- Die Rückschlagfunktion verhindert, dass Abgas, Kondensat oder Druckspitzen (z. B. durch Fehlzündungen) im Abgasstrang Schäden an der Sekundärluftpumpe verursachen.
- Die Abschaltfunktion sorgt dafür, dass die Sekundärluft nur in der Kaltstartphase zum Abgaskrümmern gelangt.

Im Laufe der Entwicklung gab es verschiedene Bauformen von Sekundärluftventilen:

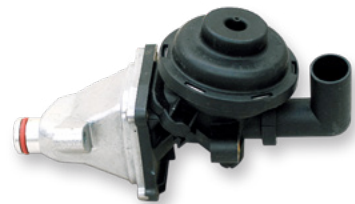
- Ältere Varianten bestanden aus je einem getrennten Abschaltventil und einem Rückschlagventil.
- Als „Kombiventile“ bestanden sie aus einem Abschaltventil mit angebautem Rückschlagventil.
- Heutige Sekundärluftventile beinhalten Rückschlag- und Abschaltfunktion in einem Bauteil.



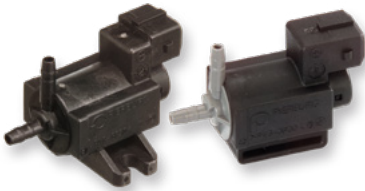
Sekundärluft-Rückschlagventil
(ca. 1993 - 1997)



Sekundärluft-Abschaltventil
(ca. 1993 - 1997)



Kombiventil



Umschaltventile
Umschaltventile sind 2/3-Wegeventile. Sie sind zur Ansteuerung pneumatischer Sekundärluftventile erforderlich.



Sekundärluftventile, pneumatisch
(ab ca. 1995)
Pneumatische Sekundärluftventile, die durch Unterdruck betätigt werden, haben sich seit Jahrzehnten bewährt. Sie werden über ein Umschaltventil angesteuert.



Sekundärluftventile, druckgesteuert
(ab ca. 1998)
Bei dieser Variante öffnet das Sekundärluftventil allein durch den Druck des Sekundärluftstroms – ein Umschaltventil zum Ansteuern entfällt.



Sekundärluftventile, elektrisch
(seit ca. 2007)
Elektrische Sekundärluftventile bieten alle Voraussetzungen für eine Überwachung durch die On-Board-Diagnose (OBD). Sie verfügen über kürzere Öffnungs- und Schließzeiten als pneumatisch angesteuerte Ventile. Aufgrund höherer Stellkräfte sind sie resistenter gegen Verklebungen durch Ruß oder Schmutz.

4.4.1 ÜBERWACHUNG

Das Sekundärluftsystem wird im Rahmen der OBD auf Funktion und Elektrik überwacht.

- Die Funktionsüberwachung erfolgt mit Hilfe der Lambdasonde durch Überwachung der Durchflussrate der Sekundärluft in bestimmten Betriebspunkten. Bei Überschreiten bestimmter Grenzwerte wird ein Fehler erkannt.
- Die Elektrik wird auf Kurzschluss gegen Masse, Kurzschluss gegen die Versorgungsspannung und Unterbrechung überwacht.
- In der EOBD wird das Sekundärluftsystem nur hinsichtlich des elektrischen Anschlusses der Sekundärluftpumpe überprüft, nicht aber auf seine Wirkung.

Zur Funktionsprüfung werden zwei unterschiedliche Verfahren angewendet.

Unmittelbar nach dem Kaltstart

Die Sekundärluftpumpe wird beim Kaltstart für ca. 90 Sekunden eingeschaltet. Die eingeblasene Sekundärluft wird nicht nachgeregelt. Sobald die Lambdasonde betriebsbereit ist und verwertbare Sondersignale abgibt, werden diese mit den Soll-Werten verglichen.

Bei Betriebstemperatur

Diese Überwachung erfolgt bei betriebswarmem Motor in einer Leerlaufphase. Zur Prüfung wird die Sekundärluftpumpe eingeschaltet. Dadurch registriert die Lambdasonde ein mageres Gemisch. Das Sondersignal wird im Steuergerät mit den Soll-Werten verglichen.

4.4.2 DIAGNOSEHINWEISE

Komponente	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
• Die Lambdasonde erkennt keine Sekundärluft (kein Magersignal).	• Die SLP arbeitet nicht.	• Sind die Fehlercodes P0418/0419 gespeichert, die SLP zur Prüfung fremdbestromen. • Arbeitet die SLP, alle Relais, Leitungen und Steckverbindungen prüfen. • Arbeitet die SLP nicht, muss diese ersetzt werden. • Ist die SLP durch Kondensat ausgefallen (erkennbar durch Schmutz im Pumpenausgang): Das abschaltbare Rückschlagventil sekundärluftseitig auf Dichtheit und das Elektroumschaltventil auf Funktion prüfen. • Findet sich Schmutz im sekundärluftseitigen Eingang des abschaltbaren Rückschlagventils: Das Ventil erneuern. • Überprüfen, ob die SLP durch Wasser ausgefallen ist (erkennbar durch Restwasser in der Pumpe). Saugleitung und Ventile auf Dichtheit prüfen.
• Soll-Werte werden nicht erreicht.	• Die erkannte Sekundärluft rate ist zu niedrig • (unzureichendes Magersignal). • Die SLP läuft, aber die Luft gelangt nicht in den Abgaskrümmer.	• Funktion des abschaltbaren Rückschlagventils (ARV) mit Unterdruck-Handpumpe prüfen. • Öffnet das ARV nicht, wenn Unterdruck anliegt, das ARV erneuern. • Öffnet das ARV, wenn Unterdruck anliegt, das Elektroumschaltventil und Unterdruckleitung prüfen. • Stromversorgung zum EUV prüfen. • Schaltet das EUV nicht, wenn es bestromt wird, das EUV erneuern. • Das EUV auf Durchgang prüfen, ggf. erneuern. Rückschlagventil und Sekundärluftleitungen auf freien Durchgang prüfen. • Dazu Leitung am Abgaskrümmer lösen und SLP laufen lassen und Luftaustritt kontrollieren oder Rückschlagventil abbauen und durch Durchblasen freien Durchgang prüfen. Es darf dabei kein wesentlicher Luftwiderstand erkennbar sein.
• Ansteuerung nicht in Ordnung.	• Das Elektroumschaltventil (EUV) schaltet nicht. • Das EUV wird nicht bestromt. • elektrischer Fehler	• Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Leitungen, Steckverbindungen und EUV prüfen
• Das Elektroumschaltventil (EUV) schaltet nicht.	• Das EUV wird nicht bestromt. • Ansteuerung nicht in Ordnung • elektrischer Fehler	• Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Leitungen, Steckverbindungen und EUV prüfen

Komponente	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
• Das Elektro-umschaltventil (EUV) schaltet nicht.	• Das Elektroumschaltventil (EUV) schaltet nicht. • Das EUV wird nicht bestromt. • Ansteuerung nicht in Ordnung • elektrischer Fehler • Kurzschluss	• Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Leitungen, Steckverbindungen und EUV prüfen
• Sekundärluftpumpe arbeitet nicht.	• Das SLP-Relais A oder B schalten nicht. • Ansteuerung nicht in Ordnung • elektrischer Fehler • Kurzschluss	• Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Relais, Leitungen, Steckverbindungen und Sekundärluftpumpe prüfen

4.4.3 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

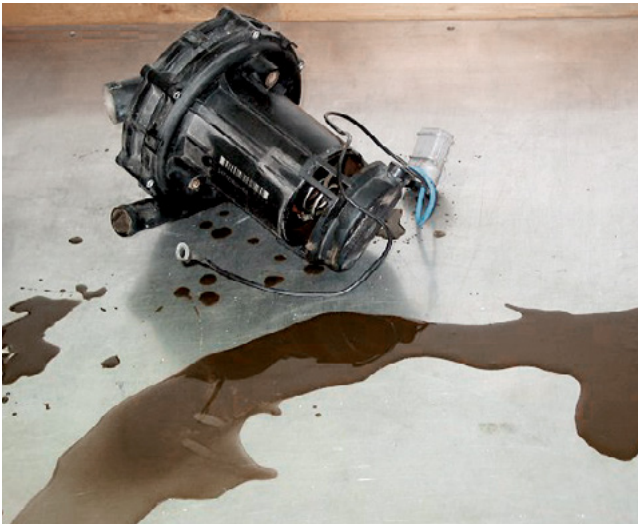
Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0410	Sekundärluftsystem	Fehlfunktion
P0411	Sekundärluftsystem	Durchfluss zu klein
P0412	Sekundärluftsystem-Schaltventil A	elektrischer Fehler
P0413	Sekundärluftsystem-Schaltventil A	Unterbrechung
P0414	Sekundärluftsystem-Schaltventil A	Kurzschluss
P0415	Sekundärluftsystem-Schaltventil B	elektrischer Fehler
P0416	Sekundärluftsystem-Schaltventil B	Unterbrechung
P0417	Sekundärluftsystem-Schaltventil B	Kurzschluss
P0418	Sekundärluftsystem Steuerkreis A	Fehlfunktion
P0419	Sekundärluftsystem Steuerkreis B	Fehlfunktion
P2257	Sekundärluftsystem Steuerkreis A	Spannung zu niedrig
P2258	Sekundärluftsystem Steuerkreis A	Spannung zu hoch
P2259	Sekundärluftsystem Steuerkreis B	Spannung zu niedrig
P2260	Sekundärluftsystem Steuerkreis B	Spannung zu hoch



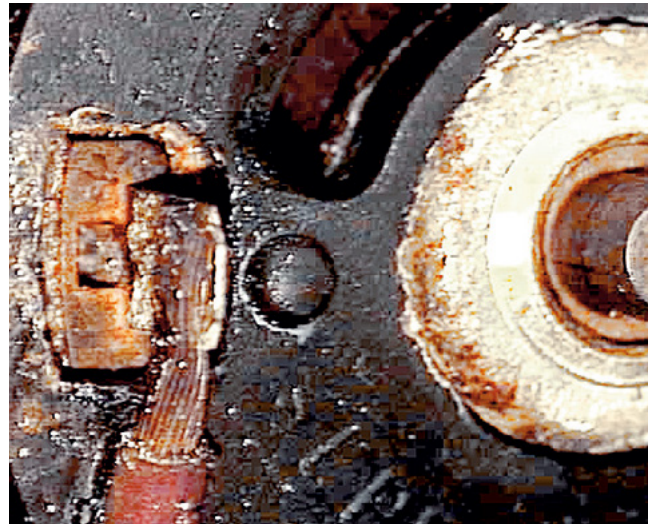
4.4.4 BAUTEILSCHÄDEN

Die Fehlfunktion eines Bauteils im Sekundärluftsystem verursacht oft Schäden an mehreren Komponenten. Ein häufig auftretender Fehler ist eine ausgefallene Sekundärluftpumpe. In fast allen Fällen wird der Schaden durch Abgaskondensat in der Pumpe verursacht. Bei der Reparatur wird die eigentliche Schadensursache jedoch oft nicht erkannt und lediglich die Sekundärluftpumpe erneuert. Der Auslöser des Schadens verbleibt im Fahrzeug und kann erneut zum Ausfall der Sekundärluftpumpe führen. Schäden an der Sekundärluftpumpe werden fast immer durch Funktionsfehler im Umfeld verursacht. Aus diesem Grund müssen im Schadensfall alle relevanten Komponenten geprüft werden. So werden z. B. verklebte Rückschlagventile von der OBD fälschlicherweise als Funktionsstörung der Sekundärluftpumpe zugeordnet, selbst wenn diese einwandfrei arbeitet.

Darüber hinaus können Schäden am Sekundärluftsystem Fehler verursachen, die bei der Fehlererkennung anderen Baugruppen zugeschrieben werden.



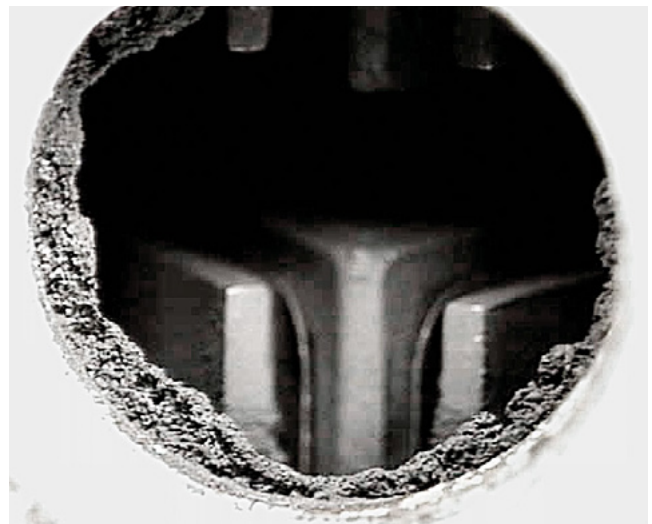
Kondensat in der Sekundärluftpumpe



Sekundärluftpumpe – korrodierte elektrische Anschlüsse



Ablagerungen am Rückschlagventil



Abschaltbares Rückschlagventil –
Schäden an Membran und Ventilteller durch Kondensat

Störung	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
• Lauter Pfeifton („Jaulen“) nach dem Kaltstart • Sekundärluftpumpe erzeugt Geräusche • Sekundärluftpumpe fällt wiederholt aus	• Lager durch Kondensat korrodiert • Leitungen und Isolierung durch Kondensat zerstört • vertauschte (falsch verkabelte) EU	• Wenn die Sekundärluftpumpe Geräusche verursacht, Sekundärluftpumpe ersetzen und die Schadensursache ermitteln. • ARV und EUV prüfen. • Sicherstellen, dass bei mehreren EUV im Fahrzeug deren Anschlüsse nicht vertauscht sind.
• Auspuffgeräusche oder Abgasgeruch im Motorraum	• Undichtigkeiten am Abgasstrang oder im Sekundärluftsystem, zwischen Abgaskrümmern und abschaltbarem Rückschlagventil	• Sekundärluftpumpe im eingebauten Zustand laufen lassen (fremdbestromt). • Undichte Stelle (z. B. mittels Lecksuchspray) ermitteln. • Fehlerhafte Leitung oder Dichtung ersetzen.

Häufige Schadensursachen:

Ungünstige Einbaulage des Elektromschaltventils (EUV)

EUV befinden sich häufig im Spritzwasserbereich. Beim Abschalten des EUV kann über die Belüftung Wasser in das Ventil eintreten und zu Korrosion führen. Das Ventil schaltet nicht mehr um und als Folge bleibt das Abgasrückführventil geöffnet. Abgas gelangt in das Sekundärluftsystem, kondensiert dort und führt zu Folgeschäden. In manchen Fällen gelangt dadurch auch Wasser in die Unterdruckseite des Abgasrückführventils, was dort ebenfalls zu Schäden führt. Schäden dieser Art werden bei der elektrischen Bauteilüberwachung im Rahmen der EOBD nicht als Fehler erkannt.

Ungünstige Einbaulage der Sekundärluftpumpe im Spritzwasserbereich

Sekundärluftpumpen, bei denen die Luftansaugung nicht aus dem Ansaugtrakt, sondern direkt aus dem Motorraum erfolgt, sind besonders gefährdet. Wasser kann hier von der Sekundärluftpumpe angesaugt werden.

Keine Ansteuerung des Abgasrückführventils

Die Unterdruckleitung zwischen EUV und Abgasrückführventil ist nicht aufgesteckt, abgequetscht oder abgeknickt.

Defektes, nicht angesteuertes oder undichtes Abgasrückführventil

Durch ein Leck gelangt Abgas in das Sekundärluftsystem und kondensiert dort. In beiden Fällen werden die Sekundärluftpumpe und das abschaltbare Rückschlagventil durch das aggressive, stark säurehaltige Kondensat zerstört.



Elektromschaltventil (EUV)

„Garagenfahrzeuge“

Besonders betroffen von Korrosion sind Fahrzeuge mit häufigen, langen Standzeiten. Hier können Wasser und Kondensat bereits nach kurzer Zeit Schäden verursachen. Bei Fahrzeugen die laufend benutzt werden, wird das System mit der Sekundärluft regelmäßig ausgeblasen. Schäden treten hier später ein.

Undichte Saugleitung zur Sekundärluftpumpe

Auch zwischen Luftfilter und Sekundärluftpumpe kann Spritzwasser eindringen, was zu Korrosion und nachfolgend zum Ausfall der Sekundärluftpumpe führen kann. Darum muss darauf geachtet werden, dass die Leitungen richtig gesteckt und nicht abgeknickt sind. Ältere Leitungen sind auf Risse zu prüfen. Dichtungen sind ebenfalls zu prüfen. Spritzwasser führt nicht so schnell zu Schäden wie Kondensat.

Mechanische Beschädigungen

Mechanische Beschädigungen an der Sekundärluftpumpe, den Leitungen und Kabeln können beispielsweise durch Unfälle oder auch Reparaturen verursacht werden.

Elektrische Störungen

Elektrische Störungen können durch Kurzschlüsse oder Unterbrechungen entstehen.

Verklebte Rückschlagventile (bei älteren Systemen mit separatem Rückschlagventil)

Gelangt hier Öldunst (Blow-by-Gase) aus dem Ansaugtrakt an das Rückschlagventil, kann das Ventil so verkleben, dass es auch bei laufender Sekundärluftpumpe geschlossen bleibt.

**HINWEIS**

Weitere Hinweise zu Fehlerdiagnose und Funktionsbeschreibung finden Sie in unseren Service Informationen.

Rückschlagventile können sehr einfach auf Undichtigkeit geprüft werden:

- Lösen Sie dazu den Verbindungsschlauch, der vom Rückschlagventil zur Sekundärluftpumpe führt.
- Sind auf dieser Seite des Ventils Ablagerungen vorhanden, ist das Rückschlagventil undicht und muss erneuert werden. In diesem Fall kann die Sekundärluftpumpe bereits geschädigt worden sein. Prüfen Sie die Sekundärluftpumpe und erneuern Sie sie gegebenenfalls.



Einfache Prüfung des Rückschlagventils

4.5 ABGASRÜCKFÜHRUNG (AGR)

Durch Zumischen von Abgas in die Ansaugluft wird der Sauerstoffanteil im Kraftstoff-Luft-Gemisch verringert. Dadurch sinkt die Verbrennungstemperatur in den Zylindern. Dies bewirkt je nach Betriebspunkt eine Reduzierung der Stickoxide (NOx) im Abgas um bis zu 50 %. Zusätzlich wird bei Dieselmotoren die Partikelbildung um ca. 10 % gesenkt sowie die Geräuschemissionen reduziert. Bei Ottomotoren ist ein geringerer Kraftstoffverbrauch feststellbar. Über eine geregelte Zumischung von Abgas kann so das Abgasverhalten des Fahrzeugs entsprechend den Lastbedingungen beeinflusst werden. Die Abgasrückführung (AGR) ist somit ein wirksames Verfahren zur Reduzierung der Stickoxidemissionen. Sie wird daher im Rahmen des OBD II-Standards auf ihre Funktion überwacht.

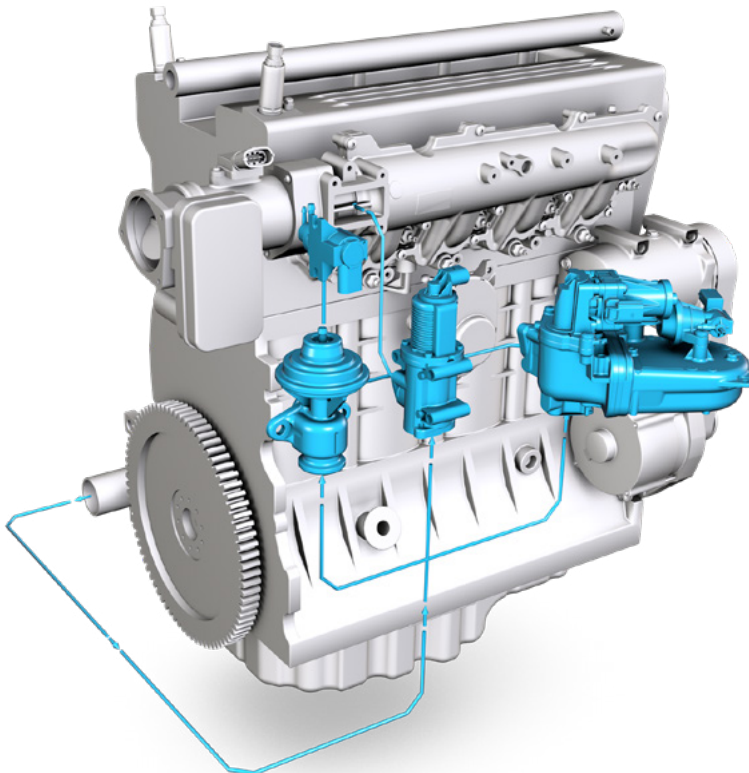
Bei der EOBD ist, ähnlich wie bei der Sekundärluft, eine Bauteilüberwachung ausreichend. Im englischsprachigen Raum wird die Abgasrückführung AGR als EGR (von „exhaust gas recirculation“) bezeichnet. Bis ca. 1998 wurden überwiegend pneumatische Ventile verwendet. Bei aktuellen Anwendungen kommen fast ausschließlich elektrische AGR-Ventile (EAGR) zum Einsatz.

Vorteile bei pneumatischen Ventilen:

- geringes Gewicht
- gute Stellkraft
- einfacher Aufbau

Vorteile bei elektrischen Ventilen:

- keine zusätzlichen Bauteile
- schnell in der Funktion, da direkt angesteuert
- gut zu überwachen
- unabhängig vom Unterdruck schaltbar



Die Abgasleitungen verbinden den Abgaskrümmer mit dem AGR-Ventil und das Ventil mit dem Ansaugtrakt/Saugrohr. Häufig sind AGR-Ventile direkt am Abgaskrümmer oder dem Ansaugtrakt angebaut. Das AGR-Ventil wird von einem elektropneumatischen Druckwandler (EPW) bzw. einem elektrischen Druckwandler (EDW) angesteuert.

Das AGR-Ventil wird mit Hilfe des Saugrohrunterdrucks betätigt. Das Ventil öffnet und eine bestimmte Menge Abgas wird in den Ansaugkrümmer und somit in die Verbrennung zurückgeführt. Zum Teil sind AGR-Ventile mit Potentiometern zur Lagerückmeldung ausgerüstet. Über die Lagerückmeldung ist sowohl eine Öffnungskorrektur als auch eine permanente Überwachung möglich. Andere AGR-Ventile sind für die Überwachung zusätzlich mit integrierten Temperaturfühlern ausgestattet. Da hohe Temperaturen bei elektrischen AGR-Ventilen Störungen verursachen können, sind diese bei bestimmten Anwendungen an den Kühlmittelkreislauf angeschlossen.

Der Luftmassensensor (LMS) im Ansaugtrakt misst kontinuierlich die dem Motor zugeführte Luftmasse. Das Signal des LMS wird bei Dieselfahrzeugen für die Steuerung der Abgasrückführung verwendet.

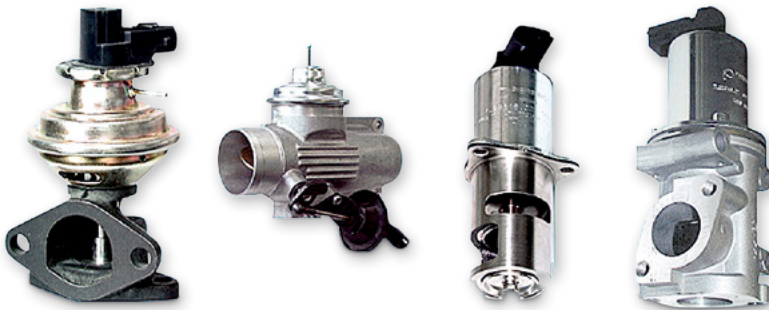
Die Aktivierung der Abgasrückführung erfolgt sowohl bei pneumatischen als auch bei elektrischen Ventilen durch das Steuergerät – abhängig von Temperatur, Luftmasse (Last) und Drehzahl.

Die Stellung des AGR-Ventils wird über einen Sensor (im Allgemeinen ein Potentiometer) erkannt.

- Bei einfacheren oder älteren Systemen werden pneumatisch betätigte AGR-Ventile mittels Unterdruck durch ein Elektromechanisches Ventil (EUV) betätigt. Bei diesem einfachen Systemaufbau hat das AGR-Ventil nur eine Auf-/Zu-Funktion.
- Bei neueren Systemen erfolgt die Ansteuerung über einen elektropneumatischen Wandler (EPW), über den das AGR-Ventil stufenlos eingestellt werden kann. So sind schnelle und sehr genaue Anpassungen an die jeweiligen Betriebspunkte möglich.
- Vor dem Einsatz von EPW wurden dazu elektrische Druckwandler (EDW) eingesetzt.
- Elektrische AGR-Ventile werden direkt vom Steuergerät angesteuert.

Die Abgasrückführung findet nur im Teillastbereich statt. Dies gilt sowohl für Diesel- als auch für Ottomotoren. Die AGR-Rate (Abgas-zu-Frischluft-Verhältnis) beträgt bei:

- Dieselmotoren ca. 60 %,
- Direkteinspritzer-Ottomotoren ca. 50 % und
- Saugrohr-Ottomotoren ca. 20 %.



AGR-Ventile für Dieselanwendungen haben aufgrund der hohen Rückföhraten große Öffnungsquerschnitte. Sie sind häufig in ein Gehäuse mit Drosselklappe („AGR-Mischgehäuse“) integriert.

AGR-Ventile für Dieselanwendungen



Bei Ottomotoranwendungen sind die Querschnitte deutlich kleiner.

AGR-Ventile für Ottomotoren



Druckwandler

Mit einem Druckwandler, auch als elektropneumatischer Druckwandler (EPW) bezeichnet, können pneumatische Steller (Unterdruckdosen) stufenlos verstellt werden.

Neben pneumatischen AGR-Ventilen werden sie z. B. zum Ansteuern von Drosselklappen und für die Verstellung der Ladedrucksteuerung bei Turboladern eingesetzt.



Luftmassensensor

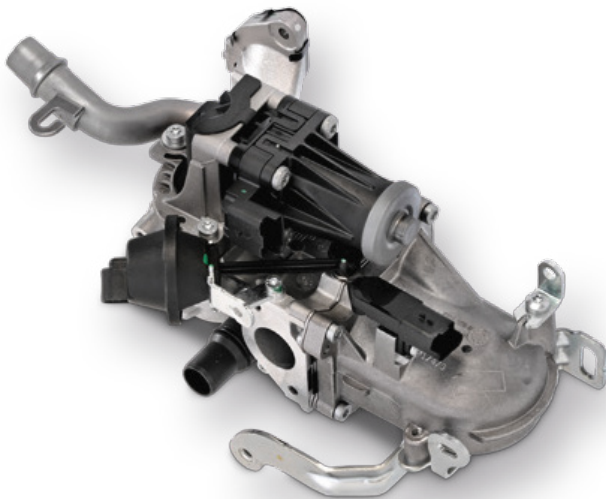
Der Luftmassensensor im Ansaugtrakt misst kontinuierlich die dem Motor zugeführte Luftmasse. Sein Ausgangssignal wird vom Steuergerät zur korrekten Gemischbildung verwendet.



Regelklappe (Diesel)

Bei modernen Dieselmotoren reicht die Druckdifferenz zwischen Abgas- und Saugseite nicht aus, um die erforderlichen hohen Abgasrückführraten (bis 60 %) zu realisieren.

Deshalb werden Regelklappen im Saugrohr zur Steigerung und zur genauen Regelung des zurückgeführten Abgases verwendet.



AGR-Kühler

Der AGR-Kühler ist ein essenzielles Bauteil des Abgasrückführsystems (AGR). Seine Hauptaufgabe besteht darin, die heißen Abgase vor ihrer Rückführung in den Ansaugtrakt des Motors abzukühlen. Dadurch wird die Verbrennungstemperatur gesenkt, wodurch weniger Stickoxide entstehen.

Viele AGR-Kühler verfügen heute über eine elektrisch oder pneumatisch geschaltete Bypassklappe. Durch die Bypassklappe können die Abgase in der Warmlaufphase am AGR-Kühler vorbei geleitet werden, um den Motor und den Katalysator schnell auf Betriebstemperatur zu bringen. Ein Bypass ist auch möglich, wenn hohe Abgastemperaturen benötigt werden, z. B. zur Regeneration von Dieselpartikelfiltern.

4.5.1 ÜBERWACHUNG

Im Rahmen der OBD II (USA) wird das AGR-System auf Funktion und Wirkung überwacht. Bei der EOBD (Europa) hingegen ist eine elektrische Überwachung der Komponenten und eine Überwachung auf Funktion ausreichend. Eine Prüfung auf Wirksamkeit ist in der EOBD nicht vorgeschrieben. Bei verschiedenen Herstellern werden auch EU-Fahrzeuge nach OBD II-Standard ausgeliefert.

Die Abgasrückführung kann durch verschiedene Verfahren überwacht werden:

Messen des Saugrohrdrucks

In der Schubphase wird das AGR-Ventil kurzzeitig geöffnet, wodurch der Druckanstieg vom Saugrohrdrucksensor erfasst wird. Durch kurzzeitiges Schließen des AGR-Ventils und dem damit verbundenen Druckabfall im Teillastbetrieb wird die Dichtheit des AGR-Ventils überwacht.

Messen der Saugrohrtemperatur

In der Schubphase wird das AGR-Ventil kurzzeitig geöffnet. Der Temperaturfühler für die Ansaugluft erfasst den Temperaturanstieg, der durch das einströmende warme Abgas verursacht wird.

Messen der Temperatur auf der Kaltseite des AGR-Ventils

Wenn das Ventil geöffnet ist, steigt die Temperatur auf der Kaltseite durch das Abgas an. Die Temperaturerhöhung wird über einen Sensor erfasst. Zusätzlich werden die Signale des Potentiometers erfasst.

Erfassung des AGR-Potentiometersignals

Elektrische AGR-Ventile (EAGR) und zum Teil auch mechanische AGR-Ventile verfügen über ein Potentiometer, über das die Stellung des Ventils erkannt wird. Es gibt Anwendungsfälle mit zusätzlicher Überwachung von Saugrohrdruck oder Saugrohrtemperatur.

Plausibilitätsprüfung (speziell bei Dieselmotoren)

Bei einer weiteren Art der Überwachung wird die Luftmasse im Verhältnis zur Motordrehzahl mit und ohne Abgasrückführung erfasst.

Überwachung der Luftmasse (speziell bei Dieselmotoren)

Bei der Abgasrückführung reduziert sich die angesaugte Luftmasse um die Menge der zugeführten Abgase. Der Luftmassensensor erfasst diese Verringerung der Luftmasse. Zusätzlich werden die Potentiometersignale überwacht.

Überwachung der Laufunruhe

Das AGR-Ventil wird im Leerlauf um einen geringen Wert geöffnet. Dadurch gelangt Abgas in das Leerlaufgemisch, was zu einem unruhigen Leerlauf führt. Diese Laufunruhe wird erkannt und für die Diagnose genutzt.

4.5.2 DIAGNOSEHINWEISE

Störung	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
• Es erfolgt keine Abgasrückführung oder Abgasrückführung wird nicht erkannt. • Die Endleistung wird nicht erreicht. • Der Motor geht in den Notlauf. • Das Fahrverhalten ist mangelhaft. • unruhiger Leerlauf	• Das AGR-Ventil öffnet nicht.	• Prüfung mit Diagnosegerät • Funktion des pneumatischen AGR-Ventils mit Unterdruckhandpumpe prüfen. • Öffnet es nicht, wenn Unterdruck anliegt, das AGR-Ventil auf Verklebungen oder Verkokungen prüfen. • Wird der Unterdruck nicht gehalten, das AGR-Ventil erneuern. • Wenn ein pneumatisches Ventil nicht angesteuert wird, die Unterdruckleitungen auf Durchgang prüfen. • Bei Verklebungen das AGR-Ventil erneuern sowie das Einspritzsystem und den Ölnebelabscheider (Blow-by-Abscheider) überprüfen. • Das AGR-Ventil auf sichtbare Schäden oder Verfärbungen untersuchen. • In diesem Fall könnte der Abgasgegendruck zu hoch oder die Ansteuerung fehlerhaft sein. • Abgasanlage auf freien Durchgang und Ladedruckregelventil auf Funktion sowie elektrische Ansteuerung prüfen. • Stromversorgung zum AGR-Ventil (Anschlüsse, Kabel, Steckverbindungen und elektrische Ansteuerung) prüfen sowie elektropneumatischer Wandler bzw. elektrischer Druckwandler oder elektronisches Umschaltventil prüfen. Defekte Teile erneuern. • Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen
• Es wird zu wenig Abgas zurückgeführt.	• Das AGR-Ventil öffnet nicht weit genug. • verengter Querschnitt durch Verunreinigungen (Verkokung) • zu geringe Öffnungszeit des AGR-Ventils • Luftmassensensor defekt oder verschmutzt	• Prüfung mit Diagnosegerät • Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • elektrische Ansteuerung prüfen • pneumatische Ansteuerung (Unterdruck) prüfen • Ventil ausbauen und Zustand überprüfen • bei Verklebungen das AGR-Ventil erneuern und das Einspritzsystem und den Ölnebelabscheider (Blow-by-Abscheider) überprüfen • speziell bei elektrischen AGR-Ventilen, Ansteuerung und Sensoren überprüfen • Luftmassensensor prüfen und ggf. austauschen
• Es wird zu viel Abgas zurückgeführt.	• Das AGR-Ventil öffnet abweichend von den Soll-Werten. • Das Ventil schließt nicht vollständig. • Luftmassensensor defekt oder verschmutzt	• Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Sensoren und Ansteuerung überprüfen • Ventil ausbauen und Zustand überprüfen • bei Verklebungen das AGR-Ventil erneuern und das Einspritzsystem und des Ölnebelabscheider (Blow-by-Abscheider) überprüfen • Luftmassensensor prüfen und ggf. austauschen • Fremdkörper im AGR-Ventil
• AGR-Signale falsch oder unplausibel	• Verschleiß/Verschmutzung des Potentiometers am AGR-Ventil • Temperatursensor defekt	• Prüfung mit Diagnosegerät • Signale prüfen und mit Soll-Werten vergleichen • elektrische Verbindungen und Leitungen prüfen
• Abgasrückführung außer Soll-Bereich • AGR-Signale falsch oder unplausibel	Verschleiß/Verschmutzung an • Potentiometer AGR-Ventil, • Drucksensor • Temperatursensor • Luftmassensensor • elektrischen Steckverbindungen und Leitungen	• Prüfung mit Diagnosegerät • Signale prüfen und mit Soll-Werten vergleichen • elektrische Verbindungen und Leitungen prüfen
• AGR-Signale falsch oder unplausibel	Verschleiß/Verschmutzung an • Potentiometer AGR-Ventil • Drucksensor • Temperatursensor • Luftmassensensor • elektrischen Steckverbindungen und Leitungen	• Prüfung mit Diagnosegerät • Signale prüfen und mit Soll-Werten vergleichen • elektrische Verbindungen und Leitungen prüfen

 HINWEIS

Bei einer Fehlfunktion des AGR-Systems oder bei Schäden an dessen Komponenten muss auch immer das Umfeld überprüft werden. Ablagerungen können durch Fehler im Einspritzsystem oder zu hohem Ölanteil in der Ansaugluft verursacht werden. Fehler dieser Art werden im Rahmen der OBD nur zum Teil erkannt und teilweise fehlerhaft zugeordnet.

 HINWEIS

Weitere Einzelheiten zu AGR-Ventilen und zu den Prüfmöglichkeiten finden Sie in unseren Service Informationen. Die SI 0100 enthält umfangreiche Fehlersuchtabellen.

Weitere Fehlercodes, die im Zusammenhang mit der Abgasrückführung von Bedeutung sind:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0401	Abgasrückführungsdurchfluss	zu gering
P0402	Abgasrückführungsdurchfluss	zu hoch
P0403	Abgasrückführung-Steuerkreis	Fehlfunktion
P0404	Abgasrückführung-Steuerkreis	außerhalb Sollbereich
P0487	Abgasrückführung Drosselsteuerungsschaltkreis A	offen
P0488	Abgasrückführung Drosselsteuerungsschaltkreis A	außerhalb Sollbereich
P0489	Abgasrückführung-Steuerkreis A	Signal zu klein
P0490	Abgasrückführung-Steuerkreis A	Signal zu groß
P213A	Steuerkreis B der Abgasrückführung	Unterbrechung
P213B	Steuerkreis B der Abgasrückführung	Leistungsproblem
P213C	Steuerkreis B der Abgasrückführung	Spannung zu niedrig
P213D	Steuerkreis B der Abgasrückführung	Spannung zu hoch
P2141	Steuerkreis A der Abgasrückführung	Spannung zu niedrig
P2142	Steuerkreis A der Abgasrückführung	Spannung zu hoch
P2143	Entlüftungssteuerkreis der Abgasrückführung	Unterbrechung
P2144	Entlüftungssteuerkreis der Abgasrückführung	Spannung zu niedrig
P2145	Entlüftungssteuerkreis der Abgasrückführung	Spannung zu hoch

 HINWEIS

Fehler an den Sensoren beeinflussen die Funktion der Abgasrückführung. Die Folgen können speziell bei Dieselanwendungen Leistungsmangel oder Motor-Notlauf sein.

4.5.3 BAUTEILSCHÄDEN

AGR-Ventil

Die häufigsten Störungsursachen sind Ablagerungen am Ventilteller oder am Ventilsitz. Die Folgen sind:

- Das Ventil ist verklebt und öffnet nicht.
- Durch Ablagerungen ist der Öffnungsquerschnitt verringert.
- Das Ventil schließt nicht vollständig.

Ungewöhnlich starke Ablagerungen können durch Fehler in der Einspritzung oder durch eine stark ölhaltige Ansaug- oder Ladeluft verursacht werden. Bei Dieselmotoren kommen zusätzlich Ablagerungen durch Ruß hinzu.



HINWEIS

Ursachen für eine stark ölhaltige Ansaug- oder Ladeluft können zum Beispiel sein:

- Störungen in der Kurbelgehäuseentlüftung (z. B. Ölabscheider, Motorentlüftungsventil)
- erhöhter Blow-by-Gasaustoss durch erhöhten Verschleiß an Kolben und Zylindern
- Störungen am Turbolader (z. B. verschlissene Lager, verstopfte Ölrücklaufleitung)
- Überschreiten der Wartungsintervalle (mangelhafter Öl- und Ölfilterwechsel)
- Verwendung von für den Anwendungszweck ungeeigneten Motorölqualitäten
- häufiger Kurzstreckenbetrieb (besonders in der kalten Jahreszeit Bildung von Öl-Wasser-Emulsion, welche in die Motorentlüftung gelangt)
- zu hoher Motorölstand
- verschlissene Ventilschaftdichtungen bzw. -führungen und dadurch erhöhter Öltransfer in den Ansaugkanal



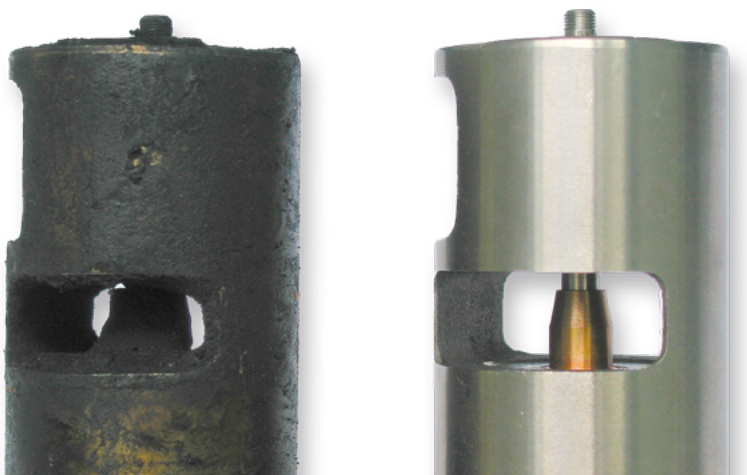
Weitere Störungen bei AGR-Ventilen:

- Potentiometer können bei größerer Laufleistung fehlerhafte Signale ausgeben oder ausfallen.
- Bei zu starkem Abgasgegendruck in Dieselfahrzeugen (Auspuff teilweise zugesetzt) kann das AGR-Ventil bei höherer Last aufgedrückt werden. Die Membrane wird dabei „verbrannt“ und damit das Ventil zerstört. Dies ist erkennbar an einer Blaufärbung des Ventilgehäuses.



HINWEIS

Mit einer Unterdruckhandpumpe kann die Funktion von pneumatischen AGR-Ventilen einfach überprüft werden.



AGR-Ventil (Diesel) mit starken Ablagerungen und im Neuzustand

AGR-Kühler

Häufige Symptome eines defekten AGR-Kühlers sind:

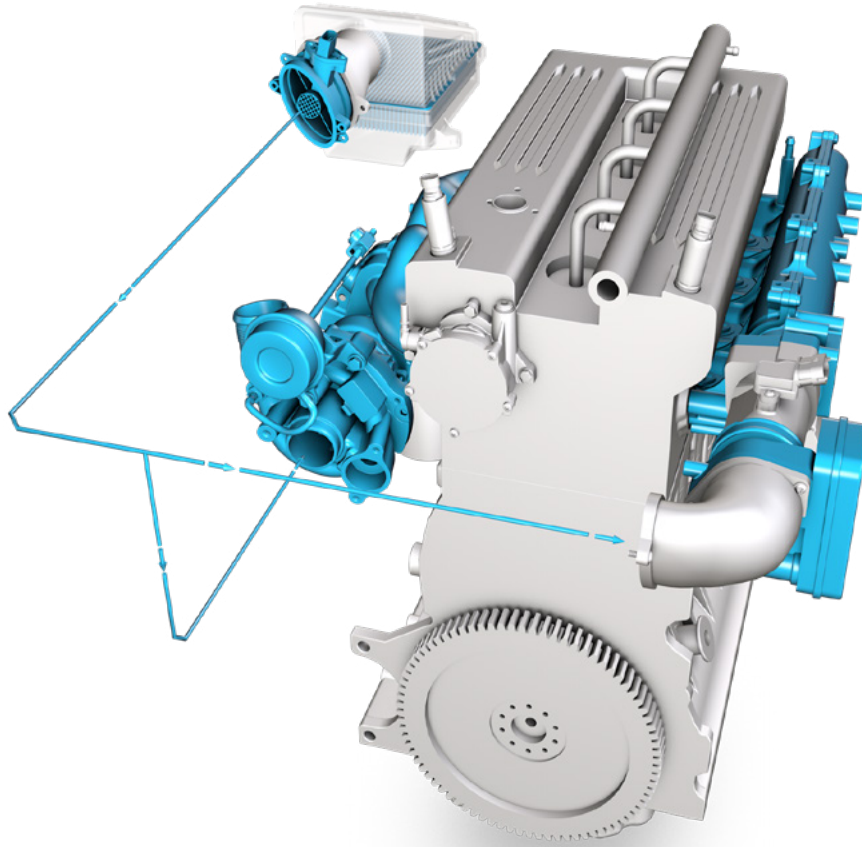
- Verlust von Kühlflüssigkeit
- abfallender Ladedruck
- Abgasgeruch
- Dampf- oder Rauchentwicklung

Ein defekter AGR-Kühler zeigt sich durch eindeutige Symptome. Ein sicheres Anzeichen für einen Defekt am Abgaskühler ist ein schleichender Verlust von Kühlwasser in Verbindung mit einer höheren Motortemperatur. Meist bleibt dieser Verlust zunächst unentdeckt, da bei einem laufenden Motor der Abgasgegendruck höher ist als der Druck im Kühlsystem. Sobald der Motor abgestellt wird, sinkt der Druck und die Kühlflüssigkeit gelangt in den Motor. Beim erneuten Starten des Motors können Zylinder, Kolben und Pleuel beschädigt werden. Ein weiteres Symptom ist Abgasgeruch im Fahrzeuginnenraum.

Magnetventile (EUV, EDW, EPW)

Die häufigsten Störungsursachen sind Wasser oder Schmutz oder undichte Schlauchverbindungen. Diese Fehler werden bei der Bauteildiagnose nicht sicher erkannt. Hohe Umgebungstemperaturen können sporadische Störungen verursachen. In seltenen Fällen kommt es zu Störungen durch verwechselte Anschlussschläuche.

4.6 LUFTVERSORGUNG



Luftmassensensoren (LMS)

Luftmassensensoren messen kontinuierlich die dem Motor zugeführte Luftmasse. Das Signal des LMS wird zur Berechnung der Einspritzmenge verwendet. Bei Dieselmotoren wird es zusätzlich zur Steuerung der Abgasrückführung genutzt.



Drosselklappenstutzen (DKS)



Der vom Motor angesaugte Luftstrom wird durch Drosselklappen gesteuert. Je nach Drosselung der Ansaugluft ergibt sich daraus die Zylinderfüllung. Drosselklappenstutzen wurden in der Vergangenheit meist nur bei Ottomotoren eingesetzt. Im Zusammenhang mit der Schadstoffreduzierung werden sie zunehmend auch bei Dieselmotoren verwendet.

Bei neueren Dieselmotoren reicht die Druckdifferenz zwischen Abgas- und Saugseite alleine nicht aus, um große Abgasrückführaten (bis 60 %) zu erzielen. Deshalb werden zur Steigerung und genauen Regelung der Abgasrückführaten hier Regelklappen im Saugrohr eingesetzt, um den Unterdruck zu erhöhen. Diese Regelklappe ist meist in das AGR-Mischgehäuse integriert.

Während die Leerlaufdrehzahl bis ca. 1995 durch separate Steller (z. B. am Saugrohr) geregelt wurde, verfügen neuere mechanische DKS über einen integrierten Leerlauffüllungsregler als Anbauteil.

Über einen Luftkanal, als Bypass zur Drosselklappe, regelt der Leerlauffüllungsregler je nach Betriebszustand die Luftmenge, die für den Warmlauf und das Einhalten der Leerlaufdrehzahl notwendig ist. Die Ansteuerung erfolgt direkt vom Steuergerät.

Bei neueren Anwendungen werden die Leerlaufregelung und die Startanhebung über das Verstellen der Drosselklappe bewirkt. Die Drosselklappe wird dabei elektromotorisch verstellt. Dieses Verfahren ist schneller, es ermöglicht kleinere Luftdurchsätze für den Leerlaufbetrieb und ein Verstellen der Drosselklappe ohne eine mechanische Verbindung zum Gaspedal (E-Gas, elektronisches Gaspedal; „Drive by wire“).

Damit das Kraftstoff-Luft-Gemisch bei Common-Rail-Motoren möglichst schnell und optimal verbrennt, wird die Luft über zwei getrennte Ansaugkanäle für jeden Kolben mit einem Drall versehen. Jeweils einer dieser Ansaugkanäle ist zusätzlich mit einer verstellbaren Drallklappe („Tumble-Klappe“) ausgestattet, die über ein Gestänge vom EAM-i (Elektrisches Antriebs-Modul mit integrierter „Intelligenz“) betätigt wird.

Schaltsaugrohre

Im Allgemeinen kommen bei Ottomotoren komplette Saugrohre mit Drosselklappenstutzen zum Einsatz.

Anstelle von Saugrohren mit fester Länge werden bei Ottomotoren auch „Schaltsaugrohre“ eingesetzt. Mit Schaltsaugrohren kann die wirksame Länge der Ansaugwege verändert werden. Damit werden deutliche Verbesserungen bei den Drehmomenten und im Kraftstoffverbrauch erzielt. Für das Verändern der Längen („Schalten“) werden pneumatische Steller (Unterdruckdosen) oder elektromotorische Steller („Elektrische Antriebsmodule“, „EAM“) verwendet.

Die pneumatischen Steller werden über pneumatische Ventile (z. B. EUV) betätigt. Die elektrischen Antriebsmodule (EAM) werden direkt vom Motorsteuergerät angesteuert.



Darüber hinaus sind Direkteinspritzer häufig mit zusätzlichen Klappen zwischen dem eigentlichen Saugrohr und den Einlasskanälen im Zylinderkopf ausgerüstet („Einlasskanalabschaltung“, „Tumbleklappen“). Durch Verstellen der Klappen kann die Luftzuführung (Strömungsgeschwindigkeit und -richtung) geändert werden.

Saugrohr mit Drallklappen und elektrischem Antriebsmodul

Bei Motoren mit Drallklappen wird die Luft für jeden Zylinder durch zwei getrennte Kanäle im Saugrohr zugeführt. Einer dieser Kanäle kann durch eine Drallklappe (auch „Swirlklappe“ oder „Einlasskanalabschaltung“) verschlossen werden. Dadurch wird im Brennraum ein Wirbel um die Einspritzdüse erzeugt, der die Durchmischung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bei niedrigen Drehzahlen verbessert. Tumbleklappen (auch „Ladungsbewegungsklappen“) erzeugen einen Wirbel senkrecht zur Achsrichtung des Kolbens. Dadurch „fällt“ (englisch: to tumble) die Luft definiert in den Zylinder. Tumbleklappen werden bei Fahrzeugen mit Otto-Direkteinspritzung (z. B. bei FSI-Motoren) und bei Dieselmotoren verwendet.

Elektropneumatischer Druckwandler (EPW) zur Ansteuerung eines Turboladers

Das erreichbare Motordrehmoment eines Fahrzeuges hängt vom Frischgasanteil der Zylinderfüllung ab. Abgasturbolader nutzen die Energie der Abgase in einer Turbine, um über einen angeschlossenen Verdichter die Füllung der Zylinder zu erhöhen. Turbolader variieren den geforderten Ladedruck durch das Verstellen der Leitschaufeln in der Turbine oder das Wastegate. Diese Verstellung muss sehr exakt erfolgen. Der EPW wird vom Motorsteuergerät über ein entsprechendes Kennfeld angesteuert. Je nach Tastverhältnis des Signals wird der Steuerdruck eingestellt, mit dem die Leitschaufeln der Turbine oder das Wastegate durch eine Unterdruckdose verstellt werden.

4.6.1 ÜBERWACHUNG

Die elektrischen Bauteile werden auf Durchgang, Kurzschluss und Masseschluss überwacht. Bei Stellern wird die Stellposition (Endstellung auf/zu) erfasst. Durch Potentiometer bzw. berührungslose Messwertaufnehmer wird die Position erfasst. Zum Teil wird auch die Verstellzeit überwacht (z. B. bei Tumbleklappen).

4.6.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehler an Komponenten der Luftversorgung werden mit folgenden Fehlercodes angezeigt:

Luftmassensensoren:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0100	Luftmassen- oder Luftmengen-Messer-Kreis	Fehlfunktion
P0101	Luftmassen- oder Luftmengen-Messer-Kreis	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0102	Luftmassen- oder Luftmengen-Messer-Kreis	zu klein
P0103	Luftmassen- oder Luftmengen-Messer-Kreis	zu groß
P0104	Luftmassen- oder Luftmengen-Messer-Kreis	Aussetzer
P0110	Ansaugluft-Temperatur	Fehlfunktion
P0111	Ansaugluft-Temperatur	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0112	Ansaugluft-Temperatur	zu klein
P0113	Ansaugluft-Temperatur	zu groß
P0114	Ansaugluft-Temperatur	Aussetzer

Saugrohr:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0105	Saugrohr, absoluter oder barometrischer Druck	Fehlfunktion
P0106	Saugrohr, absoluter oder barometrischer Druck	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0107	Saugrohr, absoluter oder barometrischer Druck	zu klein
P0108	Saugrohr, absoluter oder barometrischer Druck	zu groß
P0109	Saugrohr, absoluter oder barometrischer Druck	Aussetzer

Drosselklappenstutzen:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0120	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter – Kreis A	Fehlfunktion
P0121	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter – Kreis A	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0122	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter – Kreis A	zu klein
P0123	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter – Kreis A	zu groß
P0124	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter – Kreis A	Aussetzer
P0220	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter Kreis B	Fehlfunktion
P0229	Drosselklappen-Positionsgeber/-schalter Kreis C	Aussetzer
P0510	Drosselklappen-Schalter	geschlossen
P0638	Drosselklappen-Stellglied (Bank 1)	Leistungsproblem

Leerlaufüllungsregelung:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0505	Leerlauf-Regelsystem	Fehlfunktion
P0506	Leerlauf-Regelsystem	Drehzahl niedriger als erwartet
P0507	Leerlauf-Regelsystem	Drehzahl höher als erwartet
P0508	Leerlauf-Regelsystem	zu klein
P0509	Leerlauf-Regelsystem	zu groß

Elektropneumatischer Wandler:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0033	Ladedruck-Regelventil	Fehlfunktion Stromkreis
P0034	Ladedruck-Regelventil	Signal zu niedrig
P0035	Ladedruck-Regelventil	Signal zu hoch
P0234	Motoraufladung	Grenzwert überschritten
P0235	Motoraufladung	Grenzwert nicht erreicht
P0243	Ladedruck-Regelventil A	Fehlfunktion Stromkreis
P0244	Ladedruck-Regelventil A	Bereichs-/Funktionsfehler
P0245	Ladedruck-Regelventil A	Signal zu niedrig
P0246	Ladedruck-Regelventil A	Signal zu hoch
P0247	Ladedruck-Regelventil B	Fehlfunktion Stromkreis
P0250	Ladedruck-Regelventil B	Signal zu hoch

4.6.3 DIAGNOSEHINWEISE

Wenn es zu Störungen kommt, werden diese in fast allen Fällen durch Ablagerungen und Verkleben verursacht. Ein Verschleiß ist in der Regel erst bei hohen Laufleistungen feststellbar.

Luftmassensensoren (LMS)

Die häufigste Störungsursache bei Luftmassensensoren ist Schmutz. Dies gilt insbesondere für die neueren LMS mit Rückströmungserkennung. So kann ölhaltige Ansaugluft zu einem Belag auf dem Sensor führen. Die Folgen sind fehlerhafte Signale. Mögliche Folgen sind „Klopfen“ und Leistungsmangel.

Bei Undichtigkeiten im Ansaugtrakt können Schmutzpartikel mit der Ansaugluft eintreten, die dann mit hoher Geschwindigkeit auf den Luftmassensensor treffen und ihn zerstören. Auch Fehler beim Service, z. B. Unsauberkeit beim Filterwechsel oder der Verwendung falscher Filter können die Ursache für Schmutzeintrag und Schäden am Luftmassensensor sein.

Speziell bei Turbomotoren ist die Belastung für den Luftmassensensor groß, da sowohl Luftdurchsatz als auch Luftgeschwindigkeit sehr hoch sind.

Zur Fehlerdiagnose

- Spannungssignal,
- Massenverbindung und
- Spannungsversorgung prüfen

Dazu Fehlerspeicher auslesen und die Ist-Werte mit den Soll-Werten vergleichen. Stehen die Soll-Werte nicht zur Verfügung, kann es hilfreich sein, diese Werte an einem baugleichen Fahrzeug im fehlerlosen Zustand auszulesen.

Drosselklappenstutzen

Häufige Störungen an Drosselklappenstutzen:

Schmutzablagerungen an der Drosselklappe können sich so stark aufbauen, dass eine Leerlaufregelung nicht mehr möglich ist.

Schmutz im Leerlauffüllungsregler kann zum Verkleben führen oder den Querschnitt so weit verkleinern, dass der Motor „abstirbt“.



HINWEIS

Fehler am Drosselklappenstutzen werden häufig durch eine stark ölhaltige Ansaug- oder Ladeluft verursacht. Ursachen für eine stark ölhaltige Ansaug- oder Ladeluft können zum Beispiel sein:

- Störungen in der Kurbelgehäuseentlüftung (z. B. Ölabscheider, Motorentlüftungsventil)
- erhöhter Blow-by-Gasaustoß durch erhöhten Verschleiß an Kolben und Zylindern
- Störungen am Turbolader (z. B. verschlissene Lager, verstopfte Ölrücklaufleitung)
- Überschreiten der Wartungsintervalle (mangelhafter Öl- und Ölfilterwechsel)
- Verwendung von für den Anwendungszweck ungeeigneten Motorölqualitäten
- häufiger Kurzstreckenbetrieb (besonders in der kalten Jahreszeit: Bildung von Öl-Wasser-Emulsion, welche in die Motorentlüftung gelangt)
- zu hoher Motorölstand
- verschlissene Ventilschaftdichtungen bzw. -führungen und dadurch erhöhter Öltransfer in den Ansaugkanal

Weitere Störungsursachen sind (insbesondere bei hoher Laufleistung):

- Abrieb oder Ablagerungen am Potentiometer
- Verschleiß an der Drosselklappe
- Ausfall der Stellmotoren für die Drosselklappe
- defekte Mikroschalter am Drosselklappenstutzen

Bei Verschleiß und Schäden an Potentiometern oder Mikroschaltern sollte der Drosselklappenstutzen ersetzt werden. Eine Reparatur ist im Service wegen fehlender Justiermöglichkeiten nicht möglich. Nach dem Einbau eines neuen Drosselklappenstutzens kann es erforderlich sein, das Steuergerät „anzulernen“:

Moderne Motorsteuergeräte verfügen über „adaptive Speichermodule“, d. h. einige der für den Betrieb notwendigen Kennfelddaten müssen „erlernt“ werden. Die Kennfelddaten werden erst im Fahrbetrieb erfasst und im Speicher abgelegt. Dies kann einige Minuten dauern. Deshalb sollte eine Probefahrt durchgeführt werden und erst danach die Funktion erneut geprüft werden.

Zur Fehlerdiagnose

- Spannungssignal,
- Massenverbindung und
- Spannungsversorgung prüfen

Dazu den Fehlerspeicher auslesen und die Ist-Werte mit den Soll-Werten vergleichen. Stehen die Soll-Werte nicht zur Verfügung, kann es hilfreich sein, diese Werte an einem baugleichen Fahrzeug im fehlerlosen Zustand auszulesen.

Saugrohre



ACHTUNG

Gehen Sie bei der Demontage des Saugrohres sorgfältig vor, damit z. B. keine losen Teile in den Motor gelangen und dort Folgeschäden verursachen! Moderne (geklebte) Saugrohre können nicht zerlegt werden.

Typische Fehler an Saugrohren sind:

- Saugrohr ist gebrochen oder hat Risse.
Schäden an Saugrohren sind meist Gewaltschäden als Folge unsachgemäßer Arbeiten am Motor oder starker Druckschläge (Fehlzündungen).
- Steller arbeitet nicht oder gibt falsches Signal.
Bei pneumatischen Stellern: Prüfen ob Unterdruck anliegt, das Elektromschaltventil elektrisch angesteuert wird und funktionsfähig ist.
Bei elektrischen Stellern: Elektrische Ansteuerung und Potentiometersignal prüfen.
In beiden Fällen zusätzlich prüfen, ob das Saugrohr durch Ablagerungen verklebt ist.
- Saugrohr macht Geräusche.
Hier ist für eine genauere Diagnose die Demontage des Saugrohres erforderlich. Mögliche Ursachen können Fremdkörper, wie z. B. lose Teile im Saugrohr, verschobene Dichtungen (werden unter Umständen nicht erkannt) und fehlende oder beschädigte Schlauchverbindungen sein.

Tumbleklappen

Bei Tumbleklappen bzw. Einlasskanalabschaltung ist das Verkleben infolge von Ablagerungen, speziell bei Dieselanwendungen, die häufigste Ausfallursache. Im Rahmen der Diagnose wird die Verstellzeit überwacht. Sind die Klappen verklebt, werden sie nicht verstellt oder die Stellzeit wird überschritten. In der Diagnose wird dann der Steller, meist ein EAM-i, als fehlerhaft erkannt. Allein durch das Ersetzen des Stellers ist dieser Fehler jedoch nicht zu beheben.



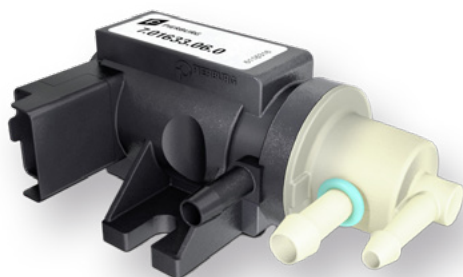
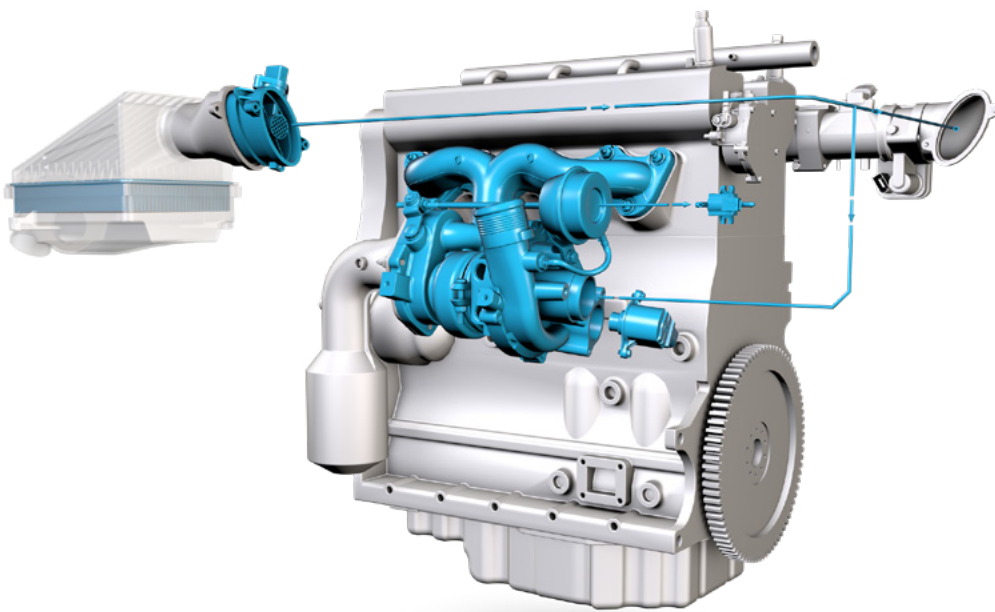
Tumbleklappen, ausgefallen wegen starker Ablagerungen

4.7 LADEDRUCKSTEUERUNG

Unter den bekannten Verfahren zur Aufladung von Verbrennungsmotoren findet die Abgasturboaufladung die breiteste Anwendung. Sie ermöglicht bereits bei Motoren mit kleinem Hubraum hohe Drehmomente und Leistungen bei guten Motorwirkungsgraden.

Während die Abgasturboaufladung noch vor wenigen Jahren vor allem zur Steigerung des Leistungsgewichts eingesetzt wurde, findet sie heute zunehmend Anwendung zur Steigerung des maximalen Drehmoments bei niedrigen und mittleren Drehzahlen. Dies gilt insbesondere in Verbindung mit der elektronischen Ladedruckregelung.

Die Ladedrucksteuerung sorgt dafür, dass der Turbolader in einem Verbrennungsmotor den optimalen Druck liefert, um die Leistung zu maximieren, den Motor zu schützen und die Effizienz zu steigern.



Elektropneumatischer Druckwandler (EPW)

Der Elektropneumatische Druckwandler ist ein entscheidendes Bauteil zur präzisen Steuerung des Ladedrucks und der Abgasrückführung (AGR) in modernen Turbomotoren. Seine Hauptaufgabe besteht darin, den Steuerdruck für die pneumatische Ansteuerung wie z. B. das Wastegate oder die Variable-Turbinen-Geometrie zu regulieren.

Schubumluftventil (SUV)

Das Schubumluftventil ist entscheidend für die Effizienz und Leistung eines Turbomotors. Es sorgt dafür, dass überschüssiger Ladedruck beim Gaswegnehmen kontrolliert abgeleitet wird, um den Turbolader zu schützen und das Turboloch zu minimieren.



Schubumluftventil

4.7.1 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Elektropneumatischer Wandler:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0243	Ladedruck-Regelventil A	Fehlfunktion Stromkreis
P0244	Ladedruck-Regelventil A	Bereichs-/Funktionsfehler
P0245	Ladedruck-Regelventil A	Signal zu niedrig
P0246	Ladedruck-Regelventil A	Signal zu hoch
P0247	Ladedruck-Regelventil B	Fehlfunktion Stromkreis
P0248	Ladedruck-Regelventil B	Bereichs-/Funktionsfehler
P0249	Ladedruck-Regelventil B	Signal zu niedrig
P0250	Ladedruck-Regelventil B	Signal zu hoch

Schubumluftventil:

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0033	Turbolader Bypassventil	Fehlfunktion Stromkreis
P0034	Turbolader Bypassventil	Signal zu niedrig
P0035	Turbolader Bypassventil	Signal zu hoch
P0039	Turbolader Bypassventil	Grenzwert überschritten

4.7.2 DIAGNOSEHINWEISE

Elektropneumatischer Druckwandler (EPW)

Die häufigsten Störungsursachen sind Wasser, Schmutz oder undichte Schlauchverbindungen.

Diese Fehler werden bei der Bauteildiagnose nicht sicher erkannt. Hohe Umgebungstemperaturen können sporadische Störungen verursachen. In einigen Fällen kommt es zu Störungen durch verwechselte Anschlussschläuche.

Weitere typische Anzeichen sind:

- Leistungsmangel
- Geräusche
- erhöhte Stickoxidwerte
- Fehlermeldung im OBD-System

Schubumluftventil (SUV)

Die häufigsten Störungen an Schubumluftventilen sind mechanischer Verschleiß, Undichtigkeiten oder Risse am Ventil. Zusätzlich kann die Funktion durch Verschmutzung oder Ablagerungen am Ventil beeinträchtigt werden. Hohe Umgebungstemperaturen können sporadische Fehler verursachen.

Weitere typische Anzeichen sind:

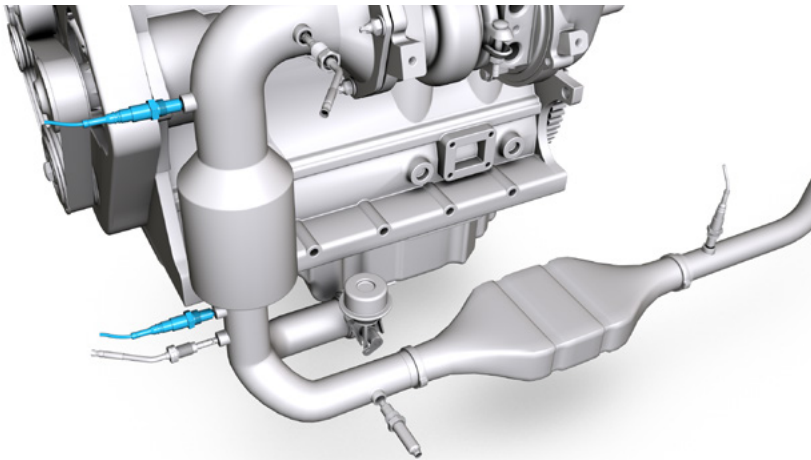
- Leistungsmangel
- Ruckeln beim Beschleunigen
- erhöhter Kraftstoffverbrauch
- Geräusche (Zischgeräusche)
- Fehlermeldung im OBD-System

Zur Fehlerdiagnose

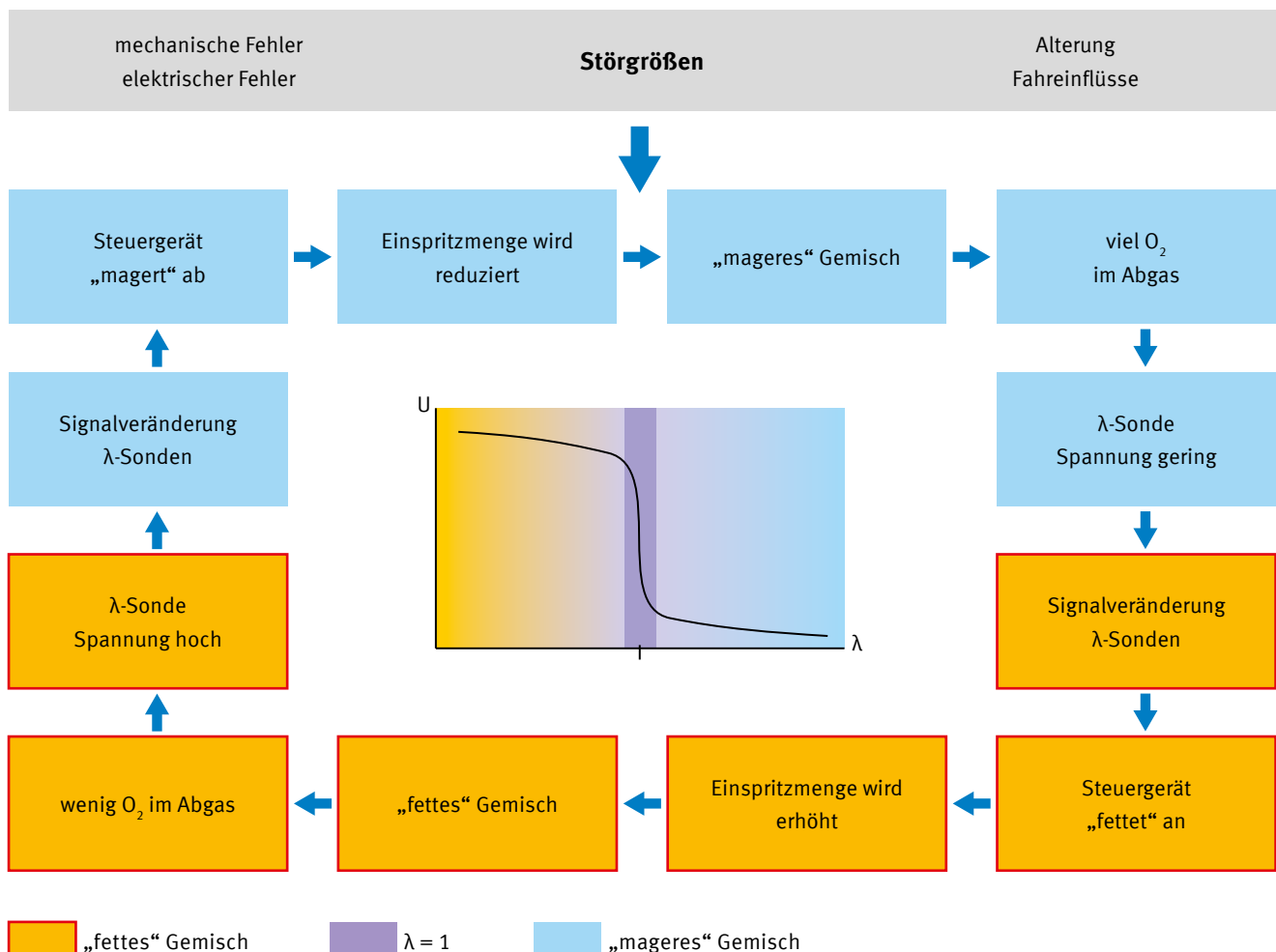
- Spannungssignal,
- Massenverbindung und
- Schlauchverbindung (EPW) prüfen.

Dazu den Fehlerspeicher auslesen und die Ist-Werte mit den Soll-Werten vergleichen. Stehen die Soll-Werte nicht zur Verfügung, kann es hilfreich sein, diese Werte an einem baugleichen Fahrzeug im fehlerlosen Zustand auszulesen. Wenn möglich, sollte ein Stellgliedertest durchgeführt werden.

4.8 LAMBDA-SONDEN



Lambdasonden messen den Sauerstoffanteil im Abgasgemisch. Sie sind Bestandteil eines Regelkreises, der dauerhaft die richtige Zusammensetzung des Kraftstoff-Luftgemisches sicherstellt. Das Mischverhältnis von Luft zu Kraftstoff, bei dem die maximale Umsetzung der Schadstoffe im Katalysator erreicht wird, liegt bei $\text{Lambda } (\lambda) = 1$ (stöchiometrisches Mischungsverhältnis = 14,7 kg Luft zu 1 kg Kraftstoff) in Volumen ausgedrückt: 1 l Kraftstoff auf ca. 9.500 l Luft.

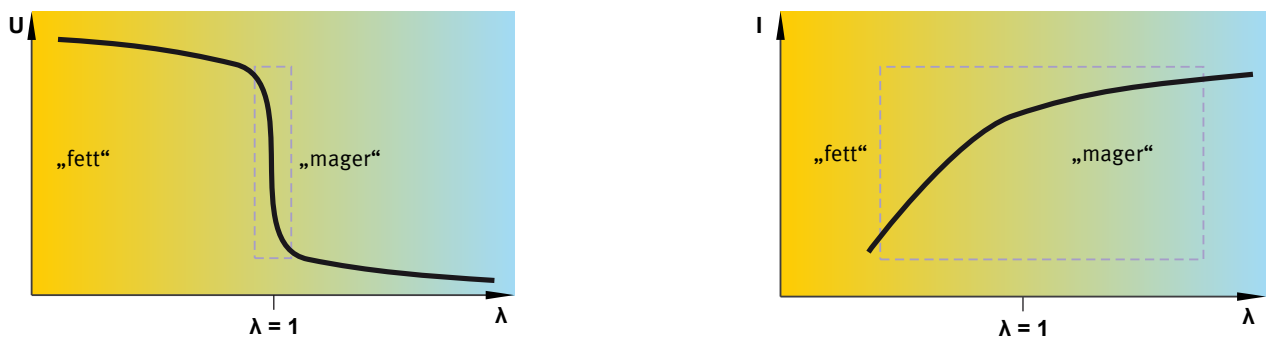


Regelkreis mit Lambdasprungsonde

Das Motorsteuergerät nutzt das Signal der Lambdasonde zum Steuern der Einspritzzeiten. Zur Regelung wird nur eine Sonde vor dem Katalysator (Vorkat- oder Regelsonde) benötigt. Im Rahmen der OBD II wurde eine zusätzliche Lambdasonde in das System integriert, die sich hinter dem Katalysator befindet (Nachkatsonde, Korrektur- oder Monitorsonde). Sie dient zur Prüfung des Katalysators und kann baugleich mit der Vorkatsonde sein. Ein versehentliches Vertauschen der Steckverbindungen beider Sonden wird meist durch unterschiedliche Steckerarten und Farben verhindert.

Lambdasonden arbeiten ab einer Temperatur von 350 °C. Ihr Betriebspunkt liegt bei etwa 600 °C. Eine Temperatur von 850 °C sollte nicht überschritten werden, da es ab 930 °C zu Schäden kommt.

Man unterscheidet zwischen Sprung- und Breitbandsonde.



Regelverhalten von Sprungsonde (links) und Breitbandsonde (rechts)

Sprungsonden

Das Ausgangssignal der Lambdasonde („Sondenspannung“) ist abhängig vom Kraftstoff-Luftverhältnis.

Bei der Sprungsonde ändert sich die Spannung bei einem Wert von $\lambda = 1$ sprunghaft. Deshalb kann das Signal nur im Bereich $\lambda = 1 \pm 0,03$ verwendet werden. Bei Motoren im mageren Bereich $\lambda > 1,03$ ist eine Signalverarbeitung nicht möglich.

Mit dieser Sonde ist daher nur eine Zweipunktregelung möglich. Vor- und Nachkatsonden sind baugleich.

- Ein fettes Gemisch ($\lambda < 1$) erzeugt eine Sondenspannung von ca. 800 mV.
- Zur Regelung werden die Einspritzzeiten verkürzt.
- Ein mageres Gemisch ($\lambda > 1$) ergibt eine Sondenspannung von ca. 20 mV.
- Zur Regelung werden die Einspritzzeiten verlängert.

Sprungsonden gibt es in verschiedenen Ausführungen.

Die Titandioxid-Lambdasonde reagiert auf Veränderung der Gemischzusammensetzung durch eine Änderung des elektrischen Widerstandes. Sie arbeitet mit einer höheren Sondenspannung von bis zu 5 Volt. Mit dieser Sonde können kritische Abgas-temperaturen erkannt werden.

Die potentialfreie Lambdasonde verfügt über ein separates Massekabel am Steuergerät. Die Spannung des Regelbereichs wird um 700 mV angehoben. So ergibt sich eine Regelspannung zwischen 700 - 1.700 mV (gemessen gegen Fahrzeugmasse). Diese technische Änderung wurde für die Eigendiagnose und die EOBD notwendig.



HINWEIS

Änderungen in der Abgaszusammensetzung werden bei der Steuerung zahlreicher Funktionen vom Motormanagement berücksichtigt und dienen oft als erster Hinweis auf mögliche Fehler.

Breitbandsonden

Im Gegensatz zu den Sprungsonden misst die Breitbandsonde kontinuierlich über einen weiten Lambdabereich von „fett“ bis „mager“. Bei $\lambda = 1$ erfolgt keine sprunghafte Änderung. Damit ist eine Lambdaeegelung sowohl bei fetten als auch bei mageren Luftkraftstoffgemischen von ca. $\lambda 0,7 - 3,0$ möglich. Sie ist somit auch bei Direkteinspritzung und für zukünftige „Mager-Konzepte“ einsetzbar.

Realisiert wird dieses Verfahren durch eine Pumpzelle (Miniaturpumpe), welche die Elektrode auf der Abgasseite mit so viel Sauerstoff versorgt, dass die Spannung zwischen den beiden Elektroden konstant 450 mV beträgt. Der Stromverbrauch der Pumpe wird vom Steuergerät in einen Lambdawert umgerechnet.



HINWEIS

Herkömmliche Lambdasonden sind als sogenannte „Fingersonden“ ausgeführt. Neuere Sprung- und Breitbandsonden werden dagegen zunehmend in planarer Bauform („Planarsonden“) gefertigt. Planarsonden sind weiterentwickelte beheizte Lambdasonden. Durch das Beheizen sind diese Sonden bereits kurz nach dem Kaltstart funktionsbereit. Dadurch setzt die Gemischregelung früher ein.

4.8.1 ÜBERWACHUNG

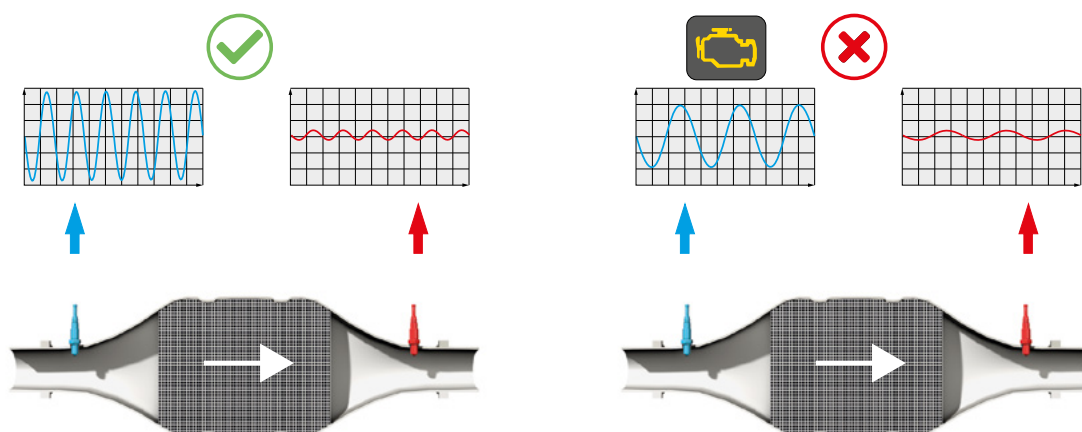
Bedingungen für die Überwachung von Lambdasonden:

- Lambdaeegelung arbeitet im Regelbereich.
- Das Fahrzeug befindet sich im Fahrbetrieb bei Geschwindigkeiten zwischen ca. 5 - 80 km/h.
- Der Motor hat Betriebstemperatur erreicht.
- Der Katalysator hat Temperaturen von 350 - 650 °C.
- Die Drehzahl und die Gaspedalstellung sind weitgehend konstant.
- Die Überwachung erfolgt bei jedem konstanten Betrieb von mehr als 20 Sekunden.

Regelsonde (Sprungsonde)

Das Ansprechverhalten einer Lambdasonde kann durch Alterung oder Vergiftung beeinflusst werden. Eine Verschlechterung kann sich in einer Verlängerung der Reaktionszeit (Periodendauer) oder einer Verschiebung des Messbereichs (Sonden-Shift) äußern. Beides führt zu einer Verkleinerung des λ -Fensters und damit zu einer schlechteren Abgaskonvertierung des Katalysators.

Zur Überwachung wird das Signal der Nachkatsonde ausgewertet.

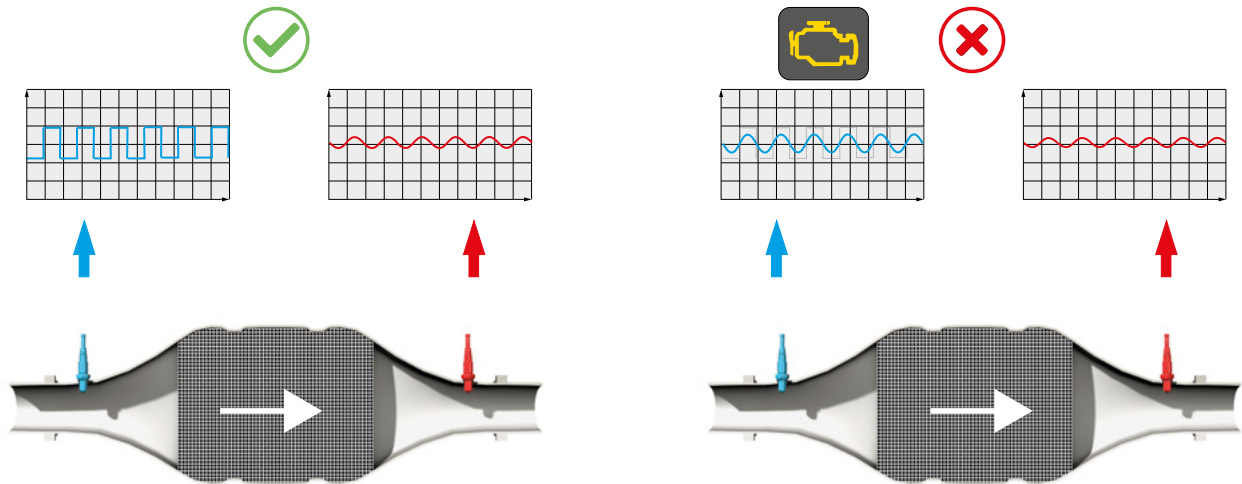


Prüfung der Regelfrequenz (Trägheit der Regelsonde – Sprungsonde)

Regelsonde (Breitbandsonde)

Da eine Breitbandsonde kein ausgeprägtes Sprungverhalten um $\lambda = 1$ zeigt, muss das Kraftstoff-Luftgemisch „moduliert“ werden: Das Steuergerät erzeugt einen leichten Wechsel zwischen magerem und fettem Gemisch.

Die Reaktionszeit der Breitbandsonde auf diese aufgebrauchten Schwankungen wird überwacht. Dabei werden die aktuellen Ist-Werte mit den festgelegten Soll-Werten verglichen.



Reaktionszeitdiagnose der Regelsonde (Breitbandsonde)

Nachkatsonde

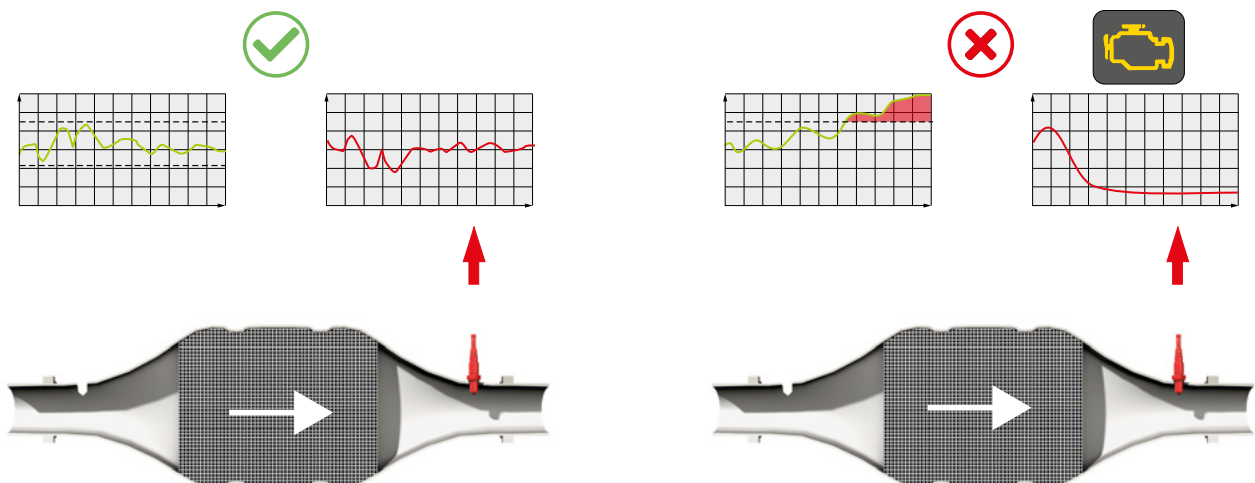
Die Einhaltung der festgelegten Regelgrenzen des Lambdaregelwertes wird überwacht.

Wenn sich z. B. das Luftkraftstoffverhältnis im Betrieb in Richtung „mager“ verändert, meldet die Nachkatsonde dem Steuergerät durch eine Spannungsabsenkung einen Sauerstoffanstieg im Abgas. Durch die Lambdaregelung wird das Gemisch wieder „angefettet“. Die Nachkatsondenspannung steigt und das Steuergerät kann den Lambdaregelwert wieder senken.

Bleibt die SONDENSPIGUNG trotz einer „Anfettung“ niedrig, wird weiter „angefettet“, bis die Regelgrenze überschritten ist.

Dies wird als Fehler erkannt. Diese Regelung erstreckt sich über einen längeren Fahrbetrieb.

Eine weitere Möglichkeit zur Überwachung ist die Diagnose des Regelverhaltens bei der Beschleunigung oder im Schubbetrieb. Auch hierbei werden die Auswirkungen der „Anfettung“ bei der Beschleunigung und der „Abmagerung“ im Schubbetrieb für die Bewertung der Sonde genutzt.



Regelgrenzdiagnose der Nachkatsonde

4.8.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0036	O ₂ -Sonde beheizt (Bank 1 Sonde 2)	Fehlfunktion
P0037	O ₂ -Sonde beheizt (Bank 1 Sonde 2)	zu klein
P0038	O ₂ -Sonde beheizt (Bank 1 Sonde 2)	zu groß
P0042	O ₂ -Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 1 Sonde 3)	Fehlfunktion
P0043	O ₂ -Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 1 Sonde 3)	zu klein
P0044	O ₂ -Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 1 Sonde 3)	zu groß
P0064	O ₂ -Sonde beheizt – Heizsteuerkreis (Bank 2 Sonde 3)	zu groß
P0130	O ₂ -Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Fehlfunktion
P0131	O ₂ -Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Spannung zu niedrig
P0132	O ₂ -Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Spannung zu hoch
P0133	O ₂ -Sonde (Bank 1, Sonde 1)	langsame Reaktion
P0134	O ₂ -Sonde (Bank 1, Sonde 1)	keine Aktivität festzustellen
P0135	O ₂ -Sonde (Bank 1, Sonde 1)	Fehler im Heizkreis
P0167	O ₂ -Sonde (Bank 2, Sonde 3)	Fehler im Heizkreis

4.8.3 DIAGNOSEHINWEISE

Fehler	Ursachen
• erhöhter Kraftstoffverbrauch • Ruckeln im Schiebebetrieb • Motor "sägt" im Leerlauf	• Die Lambdasonde ist verschmutzt oder hat Ablagerungen als Folge von schlechter Verbrennung oder bleihaltigem Kraftstoff. • Die Lambdasonde reagiert zu träge, d. h., die Lambdaregelung tendiert zu „fett“. • Die Lambdasonde ist durch zu hohe Abgastemperaturen geschädigt, als Folge von fehlerhafter Gemischbildung oder Zündaussetzern. • Die elektrische Masseverbindung ist nicht in Ordnung.

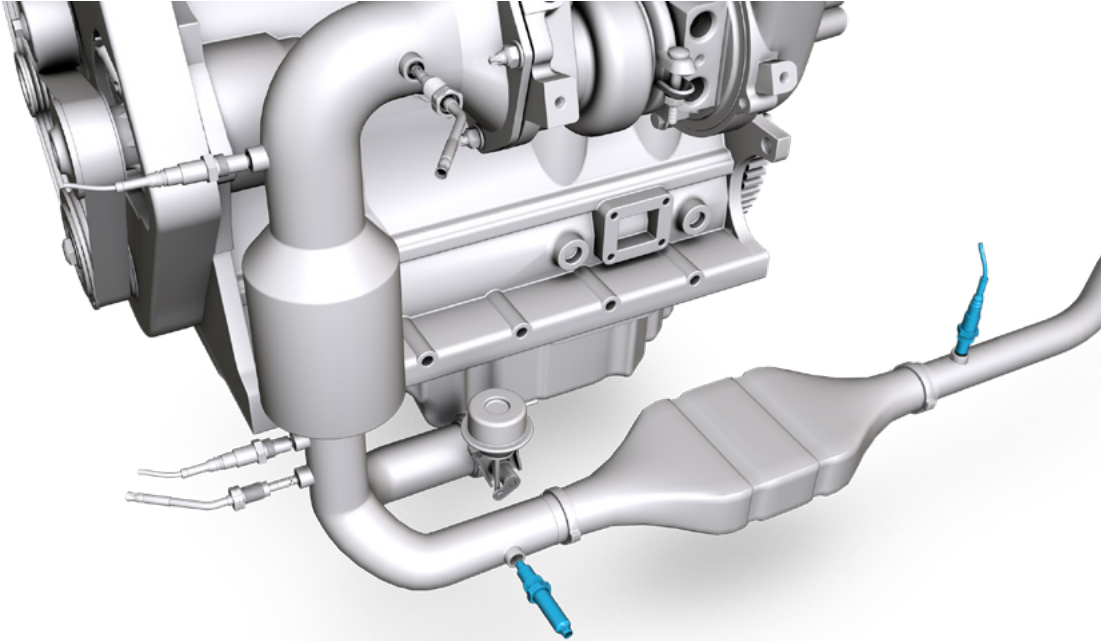
Zur Fehlerdiagnose

- Spannungssignal,
- Massenverbindung und
- Sondenheizung (falls vorhanden) prüfen.

Dazu den Fehlerspeicher auslesen und die Ist-Werte mit den Soll-Werten vergleichen. Stehen die Soll-Werte nicht zur Verfügung, kann es hilfreich sein, diese Werte an einem baugleichen Fahrzeug im fehlerlosen Zustand auszulesen.

4.9 NOx-SENSOREN

Die Sammelbezeichnung „Stickoxide“ umfasst die gasförmigen Schadstoffe Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Distickstoffmonoxid (N₂O). Diese Stoffe entstehen vermehrt bei hohen Verbrennungstemperaturen und bei Sauerstoffüberschuss ($\lambda > 1$).



Bei Dieselmotoren dienen NOx-Sensoren zur Dosierung der Harnstoffeinspritzung im SCR-Katalysator (SCR = selektive katalytische Reduktion). Falls zwei NOx-Sensoren verbaut sind, überwacht der zweite NOx-Sensor die Wirkungsweise des SCR-Katalysators.

Bei Nutzfahrzeugen sind NOx-Sensoren ab EURO VI standardmäßig verbaut.

Bei direkteinspritzenden Ottomotoren überwacht der NOx-Sensor den Beladezustand des NOx-Katalysators.

Arbeitsweise

Der NOx-Sensor funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip wie die Breitband-Lambdasonde und benötigt wie diese eine Sondenheizung, die den Sensor auf Betriebstemperatur (ca. 700 °C) bringt.

Der NOx-Sensor besteht aus zwei hintereinander angeordneten Kammern:

In der ersten Kammer wird die Menge des Restsauerstoffs im Abgas ermittelt. Dies geschieht durch Anlegen einer Spannung, die den Sauerstoff aus der Zelle „pumpt“.

Je nach Fahrzeugtyp und Position des Sensors kann es daher sein, dass der NOx-Sensor die Funktion einer Lambdasonde mit übernimmt und diese ersetzt.

In der zweiten Kammer wird das NOx in seine Bestandteile Stickstoff und Sauerstoff zerlegt. Die Menge des dabei entstehenden Sauerstoffs wird durch eine weitere Pumpelektrode gemessen.

Der dazu aufgewandte „Pumpstrom“ ist proportional zur NOx-Konzentration im Abgas. Er wird vom Steuergerät am NOx-Sensor ausgewertet und per CAN-Bus an das Motorsteuergerät gemeldet.

Hinweise für die Werkstatt

- Achten Sie auf die korrekte Funktion und Positionierung des NOx-Sensors und des NOx-Katalysators.
- Vermeiden Sie Überhitzung oder Beschädigung des NOx-Sensors oder des NOx-Katalysators.
- Wenn ein NOx-Sensor alertet, kann es vorkommen, dass er falsche Signale an das Steuergerät sendet. Dies kann dazu führen, dass der Motor in den Notlauf mit erhöhtem Kraftstoffverbrauch geht.
- Es kann vorkommen, dass der NOx-Sensor fälschlicherweise als defekt im Fehlerspeicher hinterlegt ist, obwohl die Ursache ein fehlerhafter NOx-Katalysator ist.
- Aufgrund des aggressiven Abgases haben NOx-Sensoren nur eine begrenzte Lebensdauer. Falls zwei NOx-Sensoren verbaut sind, empfehlen wir daher, dass bei einem Austausch beide Sensoren getauscht werden.
- Beachten Sie die Anzugsdrehmomente für den Sensorkopf am Abgasstrang: 50 Nm $\pm$ 10 Nm.
- Lesen Sie die zum Sensor zugehörige Dokumentation für weitere Informationen.

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P2000	NOx-Falleffizienz (Bank 1)	unterhalb des Schwellenwerts
P2001	NOx-Falleffizienz (Bank 2)	unterhalb des Schwellenwerts
P2200	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 1)	Fehlfunktion
P2201	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 1)	Bereichs-Fehler
P2202	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 1)	Spannung zu niedrig
P2203	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 1)	Spannung zu hoch
P2204	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 1)	intermittierende Störung
P2205	Steuerkreis der NOx-Sensorheizung (Bank 1)	Fehlfunktion
P2206	Steuerkreis der NOx-Sensorheizung (Bank 1)	Spannung zu niedrig
P2207	Steuerkreis der NOx-Sensorheizung (Bank 1)	Spannung zu hoch
P2213	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 2)	Fehlfunktion
P2214	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 2)	Bereichs-Fehler
P2215	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 2)	Spannung zu niedrig
P2216	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 2)	Spannung zu hoch
P2217	NOx-Sensorschaltkreis (Bank 2)	intermittierende Störung
P2218	Steuerkreis der NOx-Sensorheizung (Bank 2)	Fehlfunktion
P2219	Steuerkreis der NOx-Sensorheizung (Bank 2)	Spannung zu niedrig
P2220	Steuerkreis der NOx-Sensorheizung (Bank 2)	Spannung zu hoch

Fehler	Ursachen
• Aufleuchten der Fehlerlampe (MIL) • Warnhinweis SCR-System • Fehlfunktion bzw. Notlauf • erhöhter Kraftstoffverbrauch oder schlechte Motorleistung	• Der NOx-Sensor ist verschmutzt oder hat Ablagerungen als Folge von schlechter Verbrennung oder bleihaltigem Kraftstoff. • Der NOx-Sensor verliert durch Alterung an Effizienz. • Der NOx-Sensor ist durch zu hohe Abgastemperaturen geschädigt, als Folge von fehlerhafter Gemischbildung oder Zündaussetzern. • Die Verbindung zwischen NOx-Sensor und dem Motorsteuergerät ist gestört. • Die elektrischen Leitungen sind defekt. • Die elektrische Masseverbindung ist nicht in Ordnung.

Zur Fehlerdiagnose

- Spannungssignal,
- Massenverbindung
- Sensorheizung (falls vorhanden) prüfen.

Dazu den Fehlerspeicher auslesen und die Ist-Werte mit den Soll-Werten vergleichen. Stehen die Soll-Werte nicht zur Verfügung, kann es hilfreich sein, diese Werte an einem baugleichen Fahrzeug im fehlerlosen Zustand auszulesen.

5. WEITERE SYSTEME UND DIAGNOSEN

5.1 KATALYSATOR

Katalysatoren sind chemische Stoffe, die eine chemische Reaktion beeinflussen, ohne dabei selbst verändert zu werden. Der Katalysator im Fahrzeug wird zur Reinigung der Abgase eingesetzt:

- Stickoxide (NOx) werden zu Kohlendioxid (CO₂) und Stickstoff (N₂) reduziert.
- Kohlenmonoxid (CO) wird zu Kohlendioxid (CO₂) oxidiert.
- Kohlenwasserstoffe (HC) werden zu Kohlendioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) oxidiert.

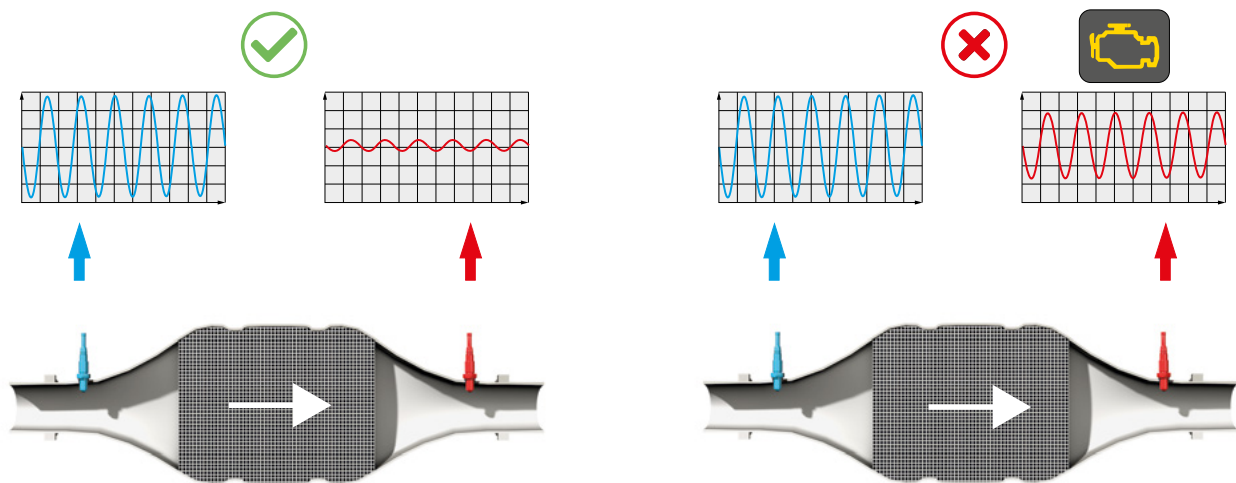
Er ist damit eines der wichtigsten Bauteile zur Schadstoffreduzierung. Stand der Technik bei heutigen Ottomotoren ist der sogenannte „geregelter“ Katalysator. Hierbei wird dem Motor ein geregeltes Kraftstoff-Luft-Gemisch zugeführt, dessen Mischungsverhältnis um Lambda (λ) = 1 schwankt.

Die Gemischregelung erfolgt durch das Motorsteuergerät. Eine Lambdasonde vor dem Katalysator misst den Restsauerstoff im Abgas. Das entsprechende Spannungssignal dient dem Motorsteuergerät als Regelwert. Der Katalysator erreicht seine volle Wirkung bei Temperaturen zwischen 350 - 700 °C. Bleihaltiger Kraftstoff und Temperaturen über 1.000 °C können einen Katalysator zerstören. Da der Katalysator großen Einfluss auf die Schadstoffemissionen hat, wird er im Rahmen der OBD überwacht.



5.1.1 ÜBERWACHUNG

Der Katalysator wird auf Wirksamkeit und Alterung überwacht. Dazu wird der Restsauerstoff im Abgas mit einer zweiten Lambdasonde hinter dem Katalysator gemessen. Diese Sonde wird auch als Sekundär-, Monitor- oder Nachkatsonde bezeichnet. Dabei wird das Spannungssignal der Lambdasonde vor dem Katalysator (Regelsonde) mit dem Signal der Nachkatsonde verglichen. Das Signal der Regelsonde schwankt stark (große Regelschwingungen). Diese Schwankungen werden durch den unterschiedlichen Restsauerstoffanteil im Abgas verursacht, der sich aus der Lambda-Regelung („fett“ – „mager“) ergibt. Ein funktionierender Katalysator speichert große Mengen an Sauerstoff. Dadurch schwankt der messbare Sauerstoffanteil hinter dem Katalysator nur geringfügig. Infolge dessen ist das Spannungssignal relativ konstant. Die Regelschwingungen der Nachkatsonde sind gering.



Überwachung der Wirksamkeit des Katalysators

Bedingungen der Überwachung:

- Das Fahrzeug bewegt sich im Fahrbetrieb bei Geschwindigkeiten zwischen ca. 5 und 80 km/h.
- Der Motor hat Betriebstemperatur erreicht.
- Der Katalysator hat Temperaturen von 350 - 650 °C erreicht.
- Die Drehzahl und die Gaspedalstellung sind weitgehend konstant.

Der Katalysator wird als fehlerhaft erkannt, wenn der 1,5-fache Schadstoffgrenzwert überschritten wird.

5.1.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0420	Katalysatorsystem (Bank 1)	Wirksamkeit unter Schwellwert
P0421	Katalysator Aufwärmung (Bank 1)	Wirksamkeit unter Schwellwert
P0422	Hauptkatalysator (Bank 1)	Wirksamkeit unter Schwellwert
P0423	beheizter Katalysator (Bank 1)	Wirksamkeit unter Schwellwert
P0424	beheizter Katalysator (Bank 1)	Temperatur unter Schwellwert
P0425	Temperatursensor Katalysator (Bank 1)	Fehlfunktion
P0426	Temperatursensor Katalysator (Bank 1)	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0427	Temperatursensor Katalysator (Bank 1)	zu klein
P0428	Temperatursensor Katalysator (Bank 1)	zu groß
P0429	Katalysatorheizung (Bank 1)	Fehlfunktion
P0430	Katalysatorsystem (Bank 2)	Wirksamkeit unter Schwellwert
P0439	Katalysatorheizung (Bank 2)	Fehlfunktion

5.1.3 DIAGNOSEHINWEISE

Fehler	Ursachen
Unzureichende Wirkung durch Ablagerungen auf der katalytisch wirksamen Oberfläche	- Bleihaltiger Kraftstoff hat den Katalysator „vergiftet“, d. h., die aktive Oberfläche ist zugesetzt. - Ölablagerung auf der aktiven Oberfläche - Vorzeitige Alterung durch hohe Temperaturen; in diesen Fällen lässt die katalytische Wirkung nach.
- Leistungsmangel, durch erhöhten Abgasgegendruck - Laufunruhe erkannt, durch erhöhten Abgasgegendruck	- Der Monolith (Keramikelement im Katalysator) ist infolge übermäßiger mechanischer Belastungen gebrochen (es sind Geräusche zu hören, wenn man den Katalysator bewegt/schüttelt). - Durch sehr hohe Temperaturen ist der Monolith geschmolzen oder angeschmolzen. - Der Monolith ist durch „Wasserschlag“ zerstört. In diesen Fällen kann der Katalysator so sehr geschädigt sein, dass der freie Querschnitt nicht mehr ausreichend ist. Der Abgasgegendruck steigt, die Leistung lässt spürbar nach. Zur Fehlerdiagnose: prüfen, ob der Gegendruck im Abgassystem erhöht ist. Zur Messung die Vorkatsonde entfernen und dort mit einem Feinmanometer den Druck messen. Der Abgasgegendruck beträgt normalerweise ca. 0,2 bar.

5.2 VERBRENNUNGS AUSSETZER (LAUFUNRUHEN-ERKENNUNG)

„Ruckeln“ oder Leistungsabfall sind die spürbaren Folgen von Störungen im Laufverhalten des Motors. Verursacht werden diese Störungen durch Fehler im Zündsystem und in der Gemischaufbereitung, aber auch durch mechanische Schäden im Motor. Die Folgen von Verbrennungsstörungen und Zündaussetzern sind:

- Der Motor verliert an Leistung.
- Die Abgasqualität verschlechtert sich.
- Unverbrannter Kraftstoff gelangt in den Abgastrakt, überhitzt und beschädigt den Katalysator.
- Der unverbrannte Kraftstoff kann zu einer Kraftstoffüberschwemmung im Zylinder führen. Der Ölfilm wird dadurch geschwächt oder gänzlich abgewaschen. Es kommt zu Mischreibung, erhöhtem Verschleiß und somit zu Schäden an Kolben, Kolbenringen und Zylindern.

Aus diesem Grund wird der Motorlauf im Rahmen der OBD permanent auf Aussetzer und Laufunruhe überwacht.

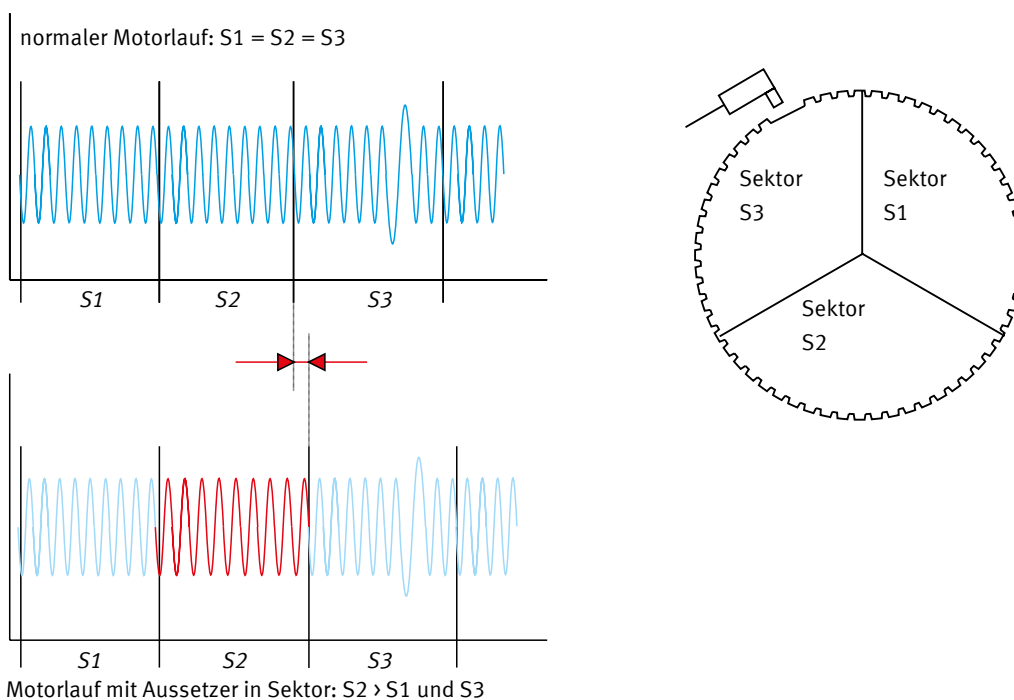
Überwachung

Zur Erkennung von Aussetzern wird die Laufruhe des Motors überwacht, indem die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle erfasst wird. Über einen Zahnkranz auf der Kurbelwelle („Inkrementenrad“, „Kurbelmarkenscheibe“) und der Position der Nockenwelle ist es möglich, Zündaussetzer den einzelnen Zylindern zuzuordnen („zylinderselektiv“).

Dieser Zahnkranz ist in Sektoren aufgeteilt. Die Aufteilung entspricht den Arbeitstakten pro Kurbelwellenumdrehung. Beim 4-Zylinder sind es zwei, beim 6-Zylinder drei und beim 8-Zylinder vier Sektoren. Unter Berücksichtigung von Drehzahl und Zündzeitpunkt wird die Durchlaufzeit für jeden Sektor erfasst.

- Ohne Aussetzer sind die Zeiten für alle Sektoren gleich.
- Treten bei einem Zylinder Aussetzer auf, verringert sich die Drehgeschwindigkeit im zugeordneten Sektor und die Durchlaufzeit dieses Sektors wird länger.

Um kleine Fehler/Toleranzen am Zahnkranz zu kompensieren, findet während des Fahrbetriebs in der Schubphase eine Geberadaption statt. Erkannte und bestätigte Fehler werden gespeichert und über die Fehlerlampe (MIL) angezeigt.



Nicht jeder Aussetzer führt direkt zum Aufleuchten der Fehlerlampe.

Deshalb wird die Anzahl der hintereinander auftretenden Aussetzer gezählt und entsprechend ihrer Schädlichkeit bewertet.

Aussetzer, die den Katalysator schädigen

Dazu werden alle Aussetzer bewertet, die innerhalb von 200 Umdrehungen auftreten. Die Fehlerlampe blinkt. Das Fahrzeug kann dann nur noch mit geringer Leistung zur nächsten Werkstatt gefahren werden.

Beachten Sie dazu auch die Hinweise des Fahrzeugherstellers in der Bedienungsanleitung des Fahrzeugs.

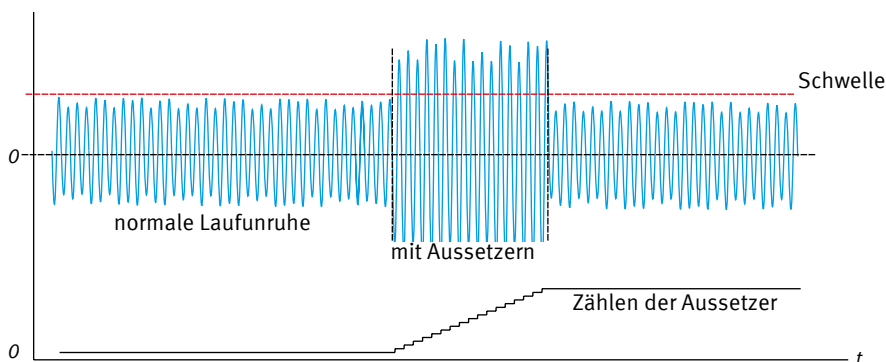
Aussetzer, die dazu führen, dass die Abgasgrenzwerte um mehr als das 1,5-fache ansteigen

Dies ist ab einer Aussetzerrate von 2 % der Fall. Bewertet werden dazu alle Aussetzer, die innerhalb von 1.000 Umdrehungen auftreten. Die Fehlerlampe leuchtet erst dann auf (Dauerlicht), wenn im folgenden Fahrzyklus der Fehler erneut erkannt wird. Der Fehler wird dadurch bestätigt („entprellt“).



HINWEIS

Bei einer Variante der Überwachung werden die aktuellen Drehzahlkurven mit den gespeicherten charakteristischen Kurven des Motors verglichen. Eine plötzliche Veränderung dieser Kurven und ein Überschreiten der Abgasgrenzwerte wird als Aussetzer erkannt und angezeigt.



Zählen der Aussetzer für die Bewertung

5.2.1 ÜBERWACHUNG

Die Überwachung erfolgt permanent.

Einflüsse von außen können zu einer Fehlinterpretation als Verbrennungsaussetzer führen. Um dies zu vermeiden, werden Fahrgeschwindigkeit und Karosseriebeschleunigung mit berücksichtigt. So werden Drehgeschwindigkeitsänderungen der Kurbelwelle, die über den Antriebsstrang kommen, erkannt und nicht als Fehler erfasst.

Deshalb kann die Erkennung von Verbrennungsaussetzern beim Auftreten bestimmter Bedingungen vom Motormanagement ausgeblendet werden:

- Unter-/Überschreiten einer bestimmten Drehzahlschwelle (Abstellen, Abregeln, Schubbetrieb)
- hohe Drehzahlsprünge (Schaltvorgänge)
- Zeit nach dem Motorstart (bis zu 5 Sekunden)
- Zeit nach dem Einschalten der Klimaanlage (bis zu 5 Sekunden)
- unterhalb einer Lastschwelle (Fahrwiderstand)
- Schlechtwegerkennung (Schlaglöcher, Durchdrehen der Räder)
- externe zylinderselektive Zündungseingriffe (Klopfgelung)

5.2.2 BEISPIELHAFTE FEHLERCODES

Fehlercode	Was ist betroffen?	Bedeutung
P0300	ein oder mehrere Zylinder	Zündaussetzer
P0301	Zylinder 1	Zündaussetzer
P0312	Zylinder 12	Zündaussetzer
P0313	Zündaussetzer erkannt bei Kraftstoff niedrig	
P0314	Einzelzylinder (Zylinder nicht definiert)	Zündaussetzer
P0320	Zündung/Verteiler, Motordrehzahl-Eingangskreis	Fehlfunktion
P0321	Zündung/Verteiler, Motordrehzahl-Eingangskreis	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0322	Zündung/Verteiler, Motordrehzahl-Eingangskreis	kein Signal
P0323	Zündung/Verteiler, Motordrehzahl-Eingangskreis	Aussetzer
P0324	Klopfsensor Fehler im Steuersystem	
P0325	Klopfsensor 1 (Bank 1 oder Einzelsensor)	Fehlfunktion
P0326	Klopfsensor 1 (Bank 1 oder Einzelsensor)	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0327	Klopfsensor 1 (Bank 1 oder Einzelsensor)	zu klein
P0328	Klopfsensor 1 (Bank 1 oder Einzelsensor)	zu groß
P0329	Klopfsensor 1 (Bank 1 oder Einzelsensor)	Aussetzer
P0334	Klopfsensor 2 (Bank 2)	Aussetzer
P0335	Kurbelwellen-Positionsgeber Kreis A	Fehlfunktion
P0336	Kurbelwellen-Positionsgeber Kreis A	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0337	Kurbelwellen-Positionsgeber Kreis A	zu klein
P0338	Kurbelwellen-Positionsgeber Kreis A	zu groß
P0339	Kurbelwellen-Positionsgeber Kreis A	Aussetzer
P0340	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis A (Bank 1)	Fehlfunktion
P0341	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis A (Bank 1)	Messbereichs- oder Leistungsproblem
P0342	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis A (Bank 1)	zu klein
P0343	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis A (Bank 1)	zu groß
P0344	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis A (Bank 1)	Aussetzer
P0349	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis A (Bank 2)	Aussetzer
P0350	Zündspule, Primär-/Sekundärkreis	Fehlfunktion
P0351	Zündspule A, Primär-/Sekundärkreis	Fehlfunktion
P0362	Zündspule L, Primär-/Sekundärkreis	Fehlfunktion
P0365	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis B (Bank 1)	Fehlfunktion
P0369	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis B (Bank 1)	Aussetzer
P0370	hochauflösendes Zeitgebersignal Kreis A	Fehlfunktion
P0371	hochauflösendes Zeitgebersignal Kreis A	zu viel Impulse
P0372	hochauflösendes Zeitgebersignal Kreis A	zu wenig Impulse
P0373	hochauflösendes Zeitgebersignal Kreis A	Impulse unstetig
P0374	hochauflösendes Zeitgebersignal Kreis A	keine Impulse
P0379	hochauflösendes Zeitgebersignal Kreis B	keine Impulse
P0385	Kurbelwellen-Positionsgeber Kreis B	Fehlfunktion
P0394	Nockenwellen-Positionsgeber Kreis B	Aussetzer

5.2.3 DIAGNOSEHINWEISE

Aussetzer können vielfältige Ursachen haben. Bei der Fehlersuche muss deshalb zunächst der Fehlerspeicher ausgelesen werden.

Störung	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
Kraftstoffsystem/Gemischbildung		
Kraftstoff	• mangelnde Kraftstoffqualität, Kraftstoffmangel • Verschmutzung, Vermengung mit Fremdstoffen z. B. Diesel im Ottokraftstoff	• Sichtprüfung, Geruchsprüfung • Reinigung der Kraftstoffanlage • Austausch des Kraftstoffs • Ersetzen des Kraftstofffilters und eventuell der Einspritzventile
Kraftstoffpumpen	• Förderleistung der Kraftstoffpumpen (Vorförder- und Hauptpumpe) zu gering • Kraftstoffdruck zu niedrig	• Fehlerspeicher auslesen • Stellgliedtest durchführen • Relais, Leitungen, Steckverbindungen prüfen • Druck und Fördermenge messen, wenn vorhanden auch an der Vorförderpumpe • fehlerhafte Pumpe ersetzen
Druckregler	• Druckregler defekt, Druck zu hoch, zu niedrig – Einspritzmenge damit abweichend	• Druck und Regelfunktion prüfen • fehlerhaften Druckregler ersetzen • Kraftstoffsystem prüfen
Kraftstofffilter	• Kraftstofffilter zugesetzt; Durchfluss zu gering	• Fördermenge hinter dem Filter messen • Filter erneuern
Kraftstoffleitungen	• Kraftstoffleitungen abgeknickt • im Vorlauf – Kraftstoffversorgung unzureichend • im Rücklauf – Kraftstoffdruck zu hoch	• bei unzureichender Fördermenge und abweichendem Druck, Sichtprüfung • Leitungen richten, ggf. erneuern
Einspritzventile	• Funktionsfehler • falsche Einspritzzeiten • falsche Einspritzrichtung • undichte Einspritzventile	• Bei abgestelltem Motor mit einem geeigneten Gerät den HC-Wert im Saugrohr überprüfen. • Einspritzzeiten, Einspritzsignal und Dichtheit prüfen • Ventile reinigen oder ggf. erneuern.
Sekundärluftsystem		
Sekundärluftsystem	• Schäden an der Sekundärluftpumpe, den Leitungen oder dem Abschaltventil, dadurch Falschluf im Abgaskrümmer	• siehe Kapitel 4.4.2 und 4.4.3
Motorsteuerung		
Sensoren für • Drehzahl • Nockenwellenposition	• Signale unzureichend oder Abstände falsch, Sensoren lose oder verschmutzt	• Prüfung mit Diagnosegerät • Sensoren reinigen und ggf. nachjustieren • Falls Sensoren fehlerhaft, diese ersetzen
Inkrementenrad	• lose oder beschädigt	• befestigen, falls fehlerhaft, ersetzen • Position von Inkrementenrad und Kurbel-/Nockenwellensensor, sowie Steuerzeiten prüfen. Dazu den OT von Zylinder 1 ermitteln.
Katalysator	• zugesetzt/verstopft • Druck im Krümmer zu hoch (Abgasstau)	• Prüfung mit Diagnosegerät (Spannungskurve messen) • Abgasgegendruck messen • falls fehlerhaft, ersetzen
Lambdasonde	• Alterung, Kurzschluss, fehlerhaftes Signal	• Prüfung mit Diagnosegerät • Leitungs-/Massefehler beseitigen • falls Sonde fehlerhaft, ersetzen
Temperatursensor	• sporadisch fehlerhaftes Signal	• Prüfung mit Diagnosegerät • Leitungen und Kontaktierung prüfen • Falls fehlerhaft, Sensor ersetzen
Motorsteuergerät	• interner Fehler	• Steuergerätediagnose, Prüfung mit Diagnosegerät • Datenstand prüfen, ggf. durch Vertragswerkstatt neu aufspielen

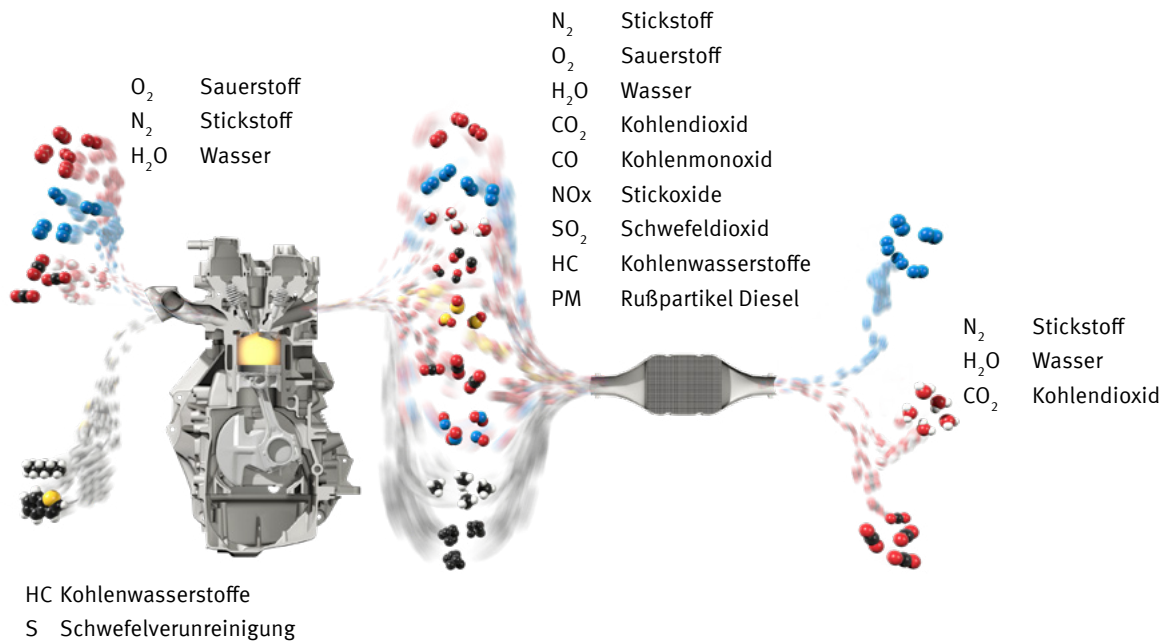
Störung	Mögliche Ursachen/Fehler	Mögliche Abhilfen/Maßnahmen
Motor		
Kolben, Kolbenringe	• schadhaft, verschlissen	• Kompressionstest • Druckverlustprüfung • fehlerhafte Teile ersetzen
Ein-/Auslassventile	• schadhaft, schließen nicht • falsche Einstellung • Steuerung fehlerhaft	• Kompressionstest • Druckverlustprüfung • Grundeinstellung der Ventile prüfen • Steuerzeiten prüfen • fehlerhafte Einstellungen korrigieren • fehlerhafte Teile ersetzen
Zündsystem		
Zündkerzen	• falsche Kerzen • Elektrodenabstand falsch • Abbrand • Kerzen verölt, verkocht • Riss im Isolator • Oxidation am Stecker	• Prüfung von Primär- und Sekundärkreis mit Diagnosegerät, Zündungstester, Oszilloskop • Sichtprüfung und Widerstandsmessungen • Fehler beseitigen • fehlerhafte Teile ersetzen
Bauteile im Sekundärkreis	• durch Feuchtigkeit • Korrosion • Kontakt- und Isolationsfehler	• Prüfung von Primär- und Sekundärkreis mit Diagnosegerät, Zündungstester, Oszilloskop • Sichtprüfung und Widerstandsmessungen • Fehler beseitigen • fehlerhafte Teile ersetzen
Zündspulen, Stecker und Kabelbaum	• Spannungsversorgung fehlerhaft • Kurzschluss gegen „Plus“ (+)/gegen „Masse“ • Kontaktfehler • Isolationsschäden • Scheuerstellen und Unterbrechung im Kabelbaum • Signalfehler	• Prüfung von Primär- und Sekundärkreis mit Diagnosegerät, Zündungstester, Oszilloskop • Sichtprüfung und Widerstandsmessungen • Fehler beseitigen • fehlerhafte Teile ersetzen



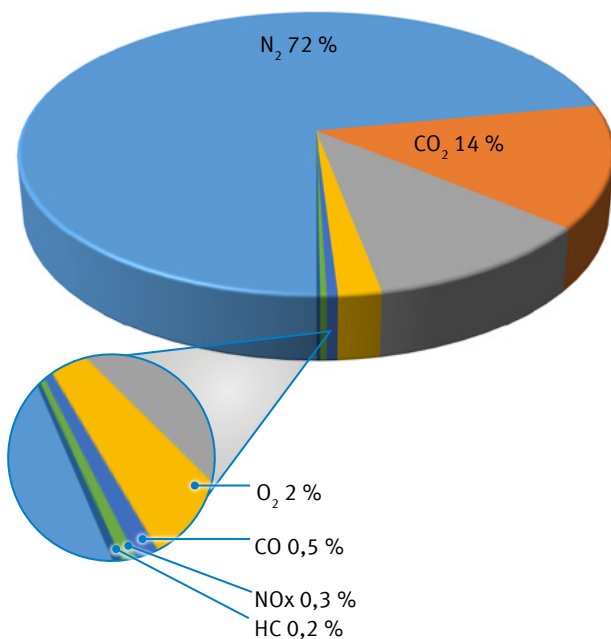
6. GRUNDLAGEN

6.1 ENTSTEHUNG VON ABGAS

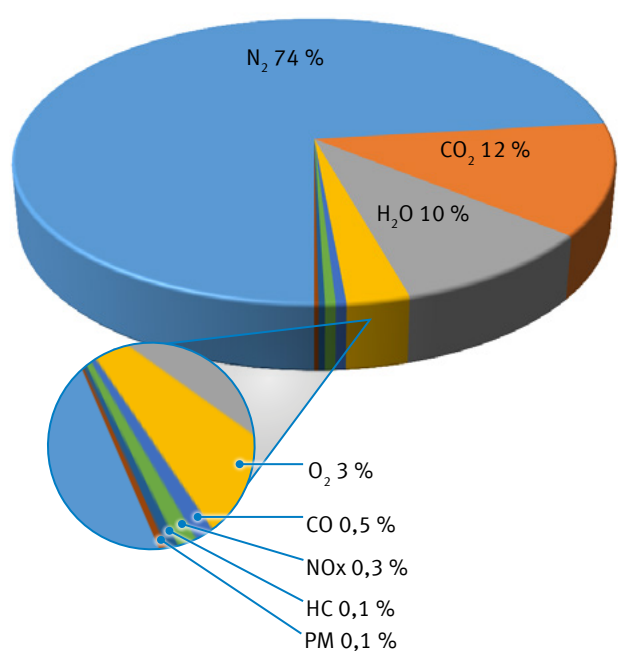
Bei der motorischen Verbrennung entstehen Abgase. Ein Teil dieser Abgase sind Schadstoffe.



OTTO



DIESEL



6.2 WESENTLICHE SCHADSTOFFE IM ABGAS

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid entsteht bei der unvollständigen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe, besonders nach dem Start und im Leerlauf. Es ist ein farb- und geruchloses, hochgiftiges Gas, das bereits in kleinsten Mengen tödlich wirkt, da es als Atemgift den Sauerstofftransport im Blut behindert. In Verbindung mit Sauerstoff oxidiert es in kurzer Zeit zu CO₂.

Schwefeldioxid (SO₂)

Schwefeldioxid ist eine chemische Verbindung aus Schwefel und Sauerstoff. Es ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das Erkrankungen der Atemwege begünstigt. Schwefeldioxid ist Hauptverursacher des „sauren Regens“, da es sich in der Feuchtigkeit der Luft zu schwefliger Säure löst, die wiederum Bauwerke aus Naturstein zerfrisst. Es ist nur in geringen Mengen im Abgas enthalten und kann durch Senkung des Schwefelanteils im Kraftstoff weiter verringert werden.

Stickoxide (NOx)

Stickoxide sind Verbindungen aus Stickstoff (N₂) und Sauerstoff (O₂). Sie entstehen in unterschiedlicher Form, z. B. als NO, NO₂, oder N₂O, bei hohem Druck, hoher Temperatur und Sauerstoffüberschuss während der Verbrennung im Motor.

Verbrauchsenkende Maßnahmen, die zu einer effektiveren Verbrennung führen, verursachen häufig einen Anstieg der Stickoxide.

Die Stickoxide sind starke Atemgifte. Sie reizen Augen und Schleimhäute und können zu Lungenfunktionsstörungen führen. Zudem sind sie für die Entstehung des „sauren Regens“ und des damit verbundenen Waldsterbens mitverantwortlich.

Außerdem sind sie an der Bildung des Atemgiftes Ozon in der Atmosphäre beteiligt.

Kohlenwasserstoffe (HC)

Kohlenwasserstoffe sind unverbrannte Kraftstoffanteile, z. B. Benzol, die nach einer unvollständigen Verbrennung im Abgas enthalten sind. Sie kommen in unterschiedlicher Form vor und wirken unterschiedlich auf den Organismus. Zum Teil sind sie krebserregend.

Rußpartikel (Pm)

Rußpartikel (Pm, „Particulate matter“) bestehen aus mikroskopisch kleinen Kohlenstoffkügelchen, an denen sich die aus Kraft- und Schmierstoff stammenden Kohlenwasserstoffe anlagern. Diese sind krebserregend. Rußpartikel entstehen vorwiegend bei Dieselfahrzeugen. Auch bei Benzinfahrzeugen entsteht Ruß. Die Menge liegt allerdings 20 bis 200 Mal niedriger als bei Dieselfahrzeugen.

Kohlendioxid (CO₂)

Kohlendioxid ist ein farbloses, nicht brennbares Gas, das bei der Verbrennung von Kraftstoffen entsteht, wenn Kohlenstoff aus dem Kraftstoff mit Sauerstoff aus der Verbrennungsluft reagiert. Es ist unerwünscht, da es zu Klimaveränderungen („Treibhauseffekt“) beiträgt. In Wasser gelöst, bildet es Kohlensäure, wie sie beispielsweise in Mineralwasser vorkommt. Kohlendioxid ist nicht direkt giftig. Seine giftige Wirkung beruht darauf, dass es den zum Atmen notwendigen Sauerstoff verdrängt, besonders in geschlossenen Räumen.

SCHADSTOFFGRENZWERTE

Ab 1970 wurden Grenzwerte für die Schadstoffemissionen von Pkw festgelegt. Diese Grenzwerte mussten ab 01.10.1971 für alle neu entwickelten Fahrzeuge bei der Typprüfung eingehalten werden.

Die Prüfung der Abgaswerte erfolgte dabei nach dem neu eingeführten europäischen Fahrzyklus, kurz „Europatest“ genannt. Beim Europatest wurde ein reiner Stadtverkehr in 4 Zyklen nachgefahren.

Für die USA und andere Länder wurden zum Teil wesentlich schärfere Tests vorgeschrieben. Im Laufe der Entwicklung und des immer größer werdenden Fahrzeugbestandes wurden auch die Grenzwerte des Europatestes immer weiter herabgesetzt und die Prüfkriterien verschärft.



KNOW-HOW TRANSFER FACHWISSEN VOM EXPERTEN

WELTWEITE SCHULUNGEN

Jährlich profitieren rund 4.500 Mechaniker und Techniker von unseren Schulungen und Seminaren, die wir weltweit vor Ort oder auch in unseren Schulungszentren in Neuenstadt, Dormagen und Tamm (Deutschland) durchführen.

TECHNISCHE INFORMATIONEN

Mit unseren Produkt Informationen, Service Informationen, technischen Broschüren und Postern sind Sie immer auf dem neuesten Stand der Technik.

TECHNISCHE VIDEOS

In unseren Videos finden Sie praxisbezogene Einbauhinweise und Systemerklärungen rund um unsere Produkte.

 **YouTube**

ONLINESHOP

Bestellen rund um die Uhr. Schnelles Prüfen der Verfügbarkeit. Umfangreiche Produktsuche über Motor, Fahrzeug, Abmessungen usw.

NEWS

Melden Sie sich jetzt online zu unserem kostenlosen Newsletter an und Sie erhalten regelmäßige Informationen über Produktneuaufnahmen, technische Publikationen und vieles mehr.

INDIVIDUELLE INFORMATIONEN

Von uns erhalten Sie umfangreiche Informationen und Services zu unserem breiten Leistungsspektrum: wie z. B. personalisierte Verkaufsförderungsmaterialien, Verkaufsunterstützungen, technischen Support und vieles mehr.

 **myMOTORservice**

TECHNIPEDIA

In unserer Technipedia teilen wir unser Know-how mit Ihnen. Hier finden Sie Fachwissen direkt vom Experten.

MOTORSERVICE APP

Hier erhalten Sie schnell und einfach die aktuellsten Informationen und Services rund um unsere Produkte.

SOCIAL MEDIA

Immer aktuell



HEADQUARTERS:**MS Motorservice International GmbH**

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18
74196 Neuenstadt, Deutschland
www.ms-motorservice.com

MS Motorservice Deutschland GmbH

Rudolf-Diesel-Straße 9
71732 Tamm, Deutschland
Telefon: +49 7141 8661-455
Telefax: +49 7141 8661-450
www.ms-motorservice.de

www.ms-motorservice.com

© MS Motorservice International GmbH – BR 50003960-01 – DE – 09/26



4 028977 498015