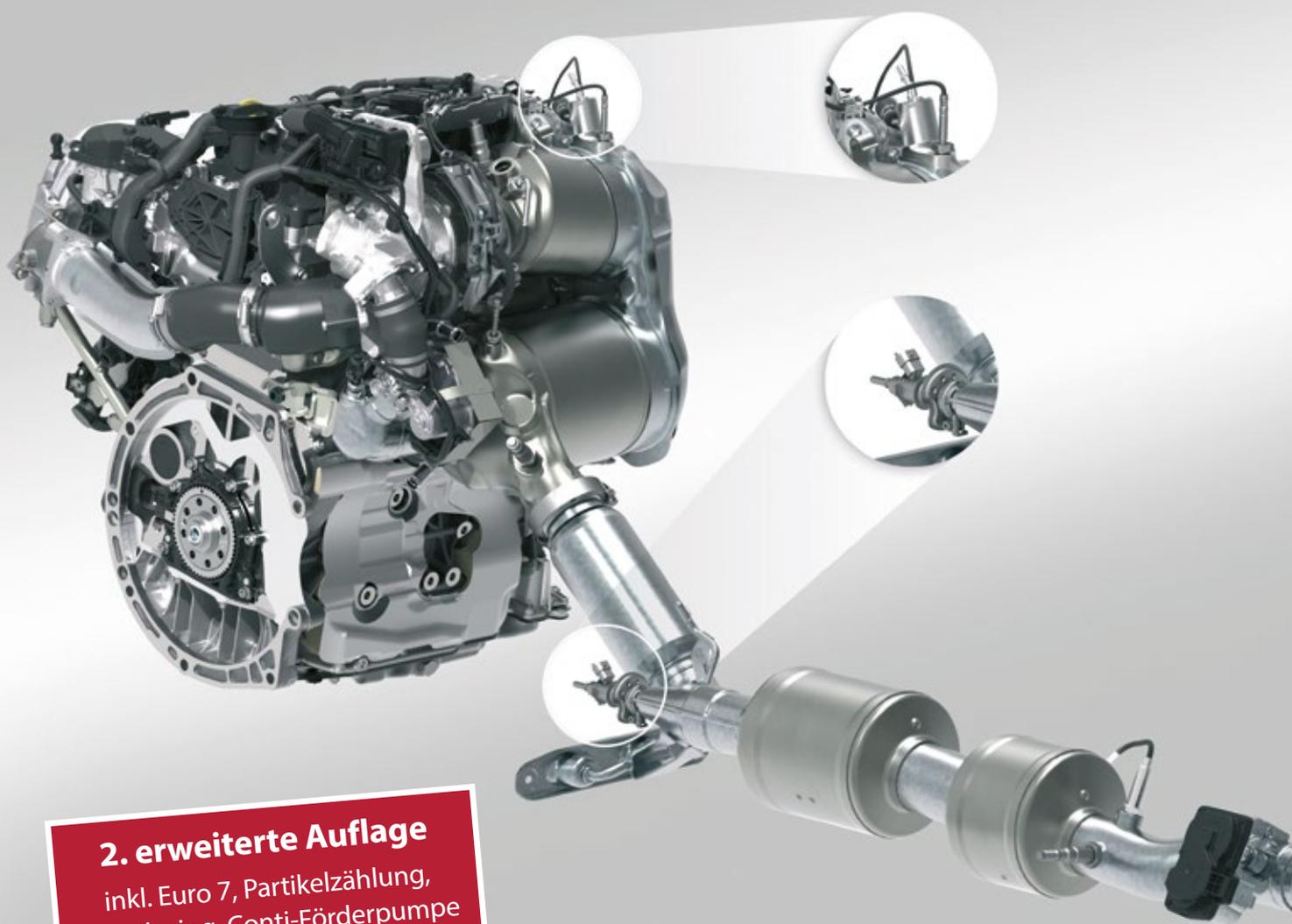


Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren

Partikelfilter, (SCR-)Katalysatoren, Systemprüfung



2. erweiterte Auflage

inkl. Euro 7, Partikelzählung,
Twindosing, Conti-Förderpumpe

Hubertus Günther

Krafthand Medien GmbH

ISBN 978-3-87441-196-7

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie.
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://portal.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-196-7

Band 16
aus der Reihe
KRAFTHAND-Praxiswissen

2. erweiterte Auflage, August 2025

Autor: Hubertus Günther

Realisierung/Lektorat: Georg Blenk

Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler

Titelbild: Daimler AG

Bilder/Grafiken: ADAC, Audi AG, AVL Deutschland, Barten, BMZ, Robert Bosch, DAF-Trucks Deutschland, Delphi Deutschland, HJS Emission Technology, Mennen, Mercedes-Benz, Daimler AG, OMG DMC2 Division, Peugeot Deutschland, Renault Deutschland, Scania Deutschland, Dr. Daniel Struckmeier, Volkswagen AG, Volvo Deutschland, Volvo Group Trucks Central Europe.

Druck und buchbinderische Verarbeitung: WIRmachenDRUCK GmbH, 71522 Backnang
Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten

© Krafthand Medien GmbH

Walter-Schulz-Straße 1 · 86825 Bad Wörishofen

Telefon 0 82 47/30 07-0 · Telefax 0 82 47/30 07-70

info@krafthand.de · www.krafthand.de · www.krafthand-medien.de

Geschäftsleitung: Steffen Karpstein, Gottfried Karpstein

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

*Bild- und Grafikmaterial – insbesondere grafische Darstellungen –, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Hubertus Günther zuzuordnen.

Inhalt

Vorwort	5
1. Abgasnormen und Prüftechniken	7
1.1 Abgasnormen für Dieselmotoren	7
1.2 Prüfzyklen für Pkw (NEFZ, WLTP)	7
1.3 Die OBD für Pkw	8
1.4 Die WWH-OBD	9
2. Maßnahmen zur Abgasminderung	13
2.1 Die Hochdruck-Abgasrückführung.....	13
2.2 Die Niederdruck-AGR	15
3. Die Abgasrückführung in der Werkstattpraxis	19
3.1 Die Prüfung der Hochdruck-AGR.....	19
3.2 Die Prüfung von elektrischen AGR-Ventilen.....	22
3.3 Die Prüfung des Niederdruck-AGR.....	26
4. Die Abgasrückführung bei Nutzfahrzeugen	27
5. Der Partikelfilter	31
5.1 Der Aufbau des Partikelfilters.....	31
5.2 Die Sensorik des Vollstromfilters	33
5.3 Die Regeneration des DPF	33
5.4 Der DPF in Euro-6-Systemen.....	37
6. Der DPF in der Werkstattpraxis	39
6.1 Die Wartung des DPF (additivgestützt)	39
6.2 Die Prüfung des DPF	40
6.3 Die chemische Reinigung des DPF	42
6.4 Die Aufbereitung von Partikelfiltern.....	42
6.5 Sensorik und Fehlerquellen am DPF.....	43
7. Der Speicherkatalysator	45
7.1 Die Reduzierung der NO _x -Werte bei der Abgasnachbehandlung.....	45
7.2 Der Speicherkatalysator in der Werkstattpraxis.....	47
8. Der SCR-Katalysator	49
8.1 Der Aufbau der SCR-Anlage	50
8.2 Der SCR-Katalysator in der Werkstattpraxis	53
8.3 Die Fehlersuche an der SCR-Anlage	54
8.4 Das Twindosing-System von Volkswagen	59
8.4.1 Die AdBlue-Fördereinheit.....	60
8.5 Das Fördermodul von Continental	70
8.6 Der SCR-Katalysator bei Nutzfahrzeugen	76

Vorwort

Der Dieselmotor ist aufgrund hoher Abgasemissionen ins Gerede gekommen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass durch den Einsatz entsprechender Technik die geforderten Grenzwerte ohne Probleme eingehalten werden können.

Diese Broschüre ist für Betreiber von Kfz-Werkstätten und Service-Profis geschrieben worden und stellt eine Hilfe zum Gesamtverständnis und zur Fehlersuche bei Abgasminderungssystemen dar.

Im Zusammenhang wichtig: Ein Kfz-Profi kann keine Fehler oder Manipulationen aufdecken, die bei der Typzulassung der Fahrzeuge gemacht wurden. Dies ist die Aufgabe der Fahrzeughersteller und der Zulassungsbehörden, die dafür die entsprechende Ausrüstung besitzen.

An dieser Stelle darf ich mich bei Herrn Georg Blenk von der Krafthand Medien GmbH für die allzeit gute Zusammenarbeit bedanken. Gerne nehme ich Lob und Tadel entgegen, unter dem Motto: „Das Bessere ist des Guten Feind.“

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre!

Ihr



Hubertus Günther

2. Maßnahmen zur Abgasminderung

2.1 Die Hochdruck-Abgasrückführung

Die Abgasrückführung wird zur Verminderung des Stickoxydausstoßes eingesetzt. Stickoxyde bilden sich bei hohen Brennraumtemperaturen und Sauerstoffüberschuss. Durch die Beimischung von Abgas wird der Sauerstoffanteil der Ansaugluft verringert. Das hohe Wärmeaufnahmevermögen des Abgases, besonders des Kohlendioxids, bewirkt eine Absenkung der Verbrennungstemperatur. Die Abgasrückführrate kann bei Pkw-Direkteinspritzern bis zu 60 Prozent betragen.

Bei hohen Drehzahlen und bei Volllast muss die Abgasrückführungsrate verringert werden, weil sonst der Rußausstoß durch den Frischluftmangel zu groß wäre.

Die Abgasrückführrate kann vom Steuergerät über ein unterdruckbetätigtes Ventil (Nr. 3 in Bild 14 und Nr. 1 in Bild 15) oder einen elektrischen Stellmotor gesteuert werden (Bild 16). Der Stellmotor ermöglicht eine schnelle Anpassung der

Bild 14

AGR-System mit pneumatisch betätigten Stellgliedern. (1) elektropneumatischer Druckwandler (EPW), (2) Ladedrucksensor, (3) AGR-Ventil, (4/5) Drosselklappe, (6) AGR-Kühlstrecke, (7) Zylinderkopf, (8) Abgaskrümmen, (9) Luftmassenmesser. Grafik: Daimler AG

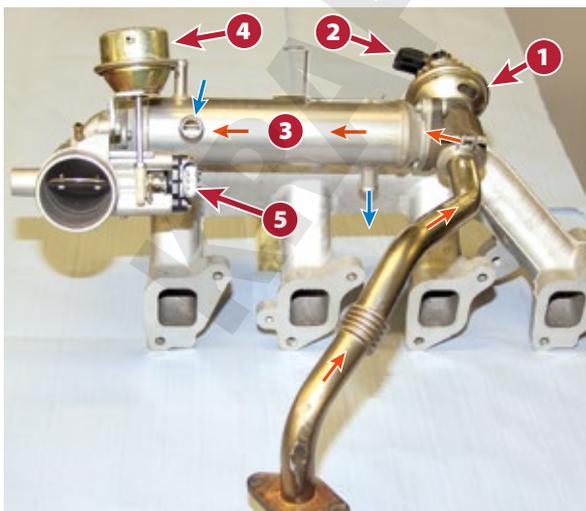
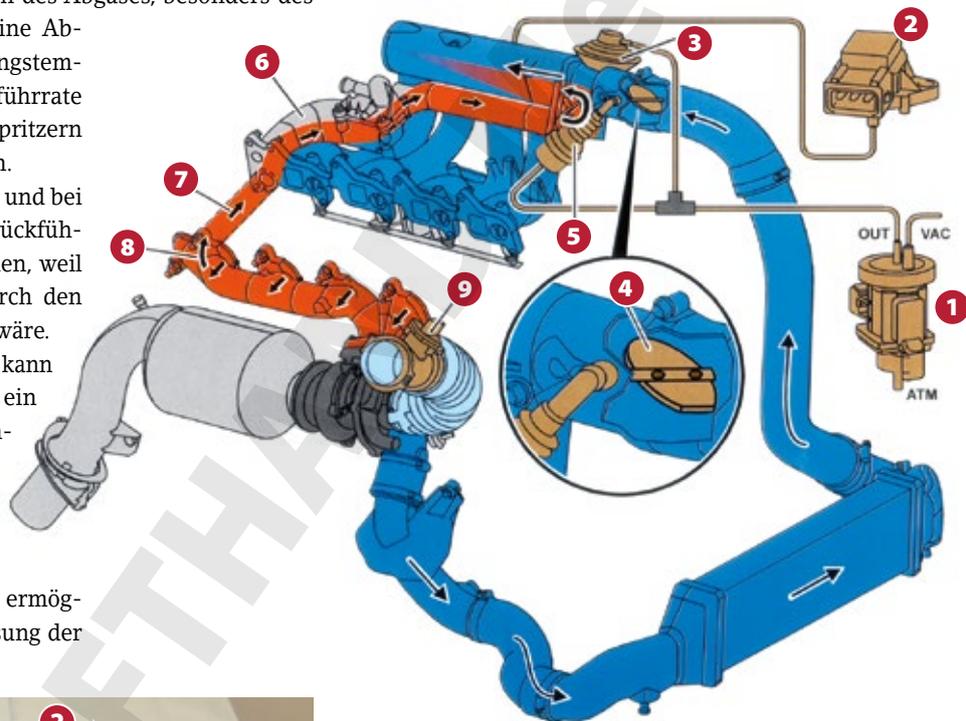


Bild 15

Bei Motoren ohne Luftmassenmesser muss ein AGR mit überwachten Stellgliedern eingesetzt werden. (1) AGR-Ventil mit elektrischem Weggeber (2), (3) AGR-Kühler, (4) Drosselklappe mit Weggeber (5).

AGR-Rate an veränderte Betriebszustände. Mit dem eingebauten Weggeber ist eine Überwachung des Bauteils nach OBD-Vorschriften möglich.

Durch die Drosselklappe im Ansaugrohr (Nr. 4, Bild 14 und Bild 17) kann die Abgasrückführrate erhöht und exakter gesteuert werden. Sie erhöht das Druckgefälle zwischen dem Auspuffkrümmer und dem Ansaugrohr. Auch bei diesem Bauteil ist eine pneumatische oder eine elektrische Betätigung möglich.

Wenn die zurückgeführten Abgase über einen Wärmetauscher gekühlt werden, erhöht sich die Dichte und damit die Masse der rückgeführten Abgase. Die kühleren Abgase bewirken eine Absenkung der Verbrennungstemperatur und tragen zusätzlich zu einer Verringerung der Stickoxidemissionen bei.

Maßnahmen zur Abgasminderung

2



Bild 16
Elektrisch betätigtes AGR-Ventil mit integriertem Weggeber (Renault).



Bild 17
Elektrisch betätigte Drosselklappe mit Weggeber (BMW).

Bei niedrigen Motortemperaturen bis 40 °C wird der AGR-Kühler durch eine Bypass-Klappe umgangen (Bild 18 und 19). Bei steigender Motortemperatur wird der AGR-Kühler durch Umstellen der Klappe eingeschaltet (Bild 20). Mit der schaltbaren Kühlung wird bei niedriger Motortemperatur eine Versottung des AGR-Kühlers vermieden und ein schnelleres Ansprechen des nachgeschalteten Oxidationskatalysators erreicht. Die Kühlung

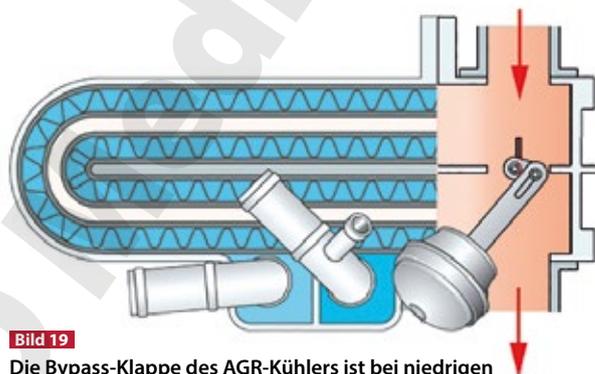


Bild 19
Die Bypass-Klappe des AGR-Kühlers ist bei niedrigen Motortemperaturen geöffnet.

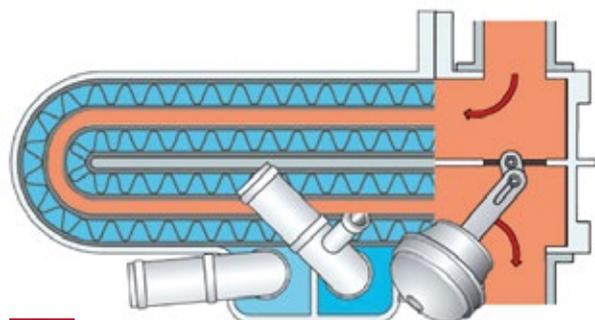


Bild 20
Bei Erreichen einer Temperatur von ungefähr 60 °C wird die Bypass-Klappe geschlossen.



Bild 18
AGR-Einheit mit Ventil, Kühler und Bypass-Klappe eines 1,6-l-Euro-5-Motors von Volkswagen.

Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren

der Abgase kann bei Querstrommotoren auch mit einer Führung der Abgase durch den flüssigkeitsgekühlten Zylinderkopf (Bild 14, Nr. 6 und 7) erreicht werden.

Das AGR-System wird durch den Weggeber am Stellmotor und einen Luftmassenmesser überwacht. Mit einem Luftmassenmesser ist eine geregelte Abgasrückführung möglich. Aus der Motordrehzahl, dem Ladedruck und der Ladelufttemperatur errechnet das Steuergerät die Gasmasse im Ansaugrohr, aus dem Signal des Luftmassenmessers die angesaugte Frischluft. Aus diesen beiden Größen lässt sich die AGR-Rate berechnen und mit den Sollwerten, die im Steuergerät abgespeichert sind, vergleichen. Bei entsprechenden Abweichungen können über die Steuereinrichtungen der AGR Korrekturen vorgenommen werden.

Die Mengennittelwertadaption

Mit einer Breitband-Lambdasonde kann über die sogenannte Mengennittelwertadaption das AGR-Kennfeld an Veränderungen des Motors während der Fahrzeuglebensdauer angepasst werden. Aus den gemessenen Werten der Lambdasonde und der gemessenen Luftmasse errechnet das Steuergerät eine durchschnittliche Einspritzmenge. Stimmt diese nicht mit der im Steuergerät abgelegten Sollmenge überein, verändert das Steuergerät das AGR-Kennfeld, bis die beiden Werte übereinstimmen. Die Lernwerte im Steuergerät müssen zurückgesetzt werden, wenn der Luftmassenmesser, einer oder mehrere Injektoren, der

Raildrucksensor oder bei einigen Fahrzeugen der Luftfilter, erneuert werden.

2.2 Die Niederdruck-AGR

Mit der Einführung der Euro-5-Norm reicht die Hochdruck-Abgasrückführung, bei der das rückgeführte Abgas vor dem Turbolader entnommen wird, nicht mehr aus. Bei der Niederdruck-AGR (Bilder 21 und 22) wird hingegen das Abgas hinter dem Partikelfilter entnommen und vor dem Verdichterrad des Turboladers der Frischluft beigemischt. Die Abgastemperatur wird durch einen AGR-Kühler gesenkt.

Das Niederdruck-AGR-Ventil steuert die Abgasrückführungsrate. Bei niedrigem Abgasdruck kann die AGR-Rate durch das Schließen der Abgasklappe (Bild 23) hinter dem Speicherkatalysator erhöht werden. Das eingeleitete Abgas wird in der Verdichterturbine des Turboladers und im Ladeluftkühler intensiv mit der angesaugten Frischluft vermischt und gekühlt dem Ansaugrohr zugeführt.

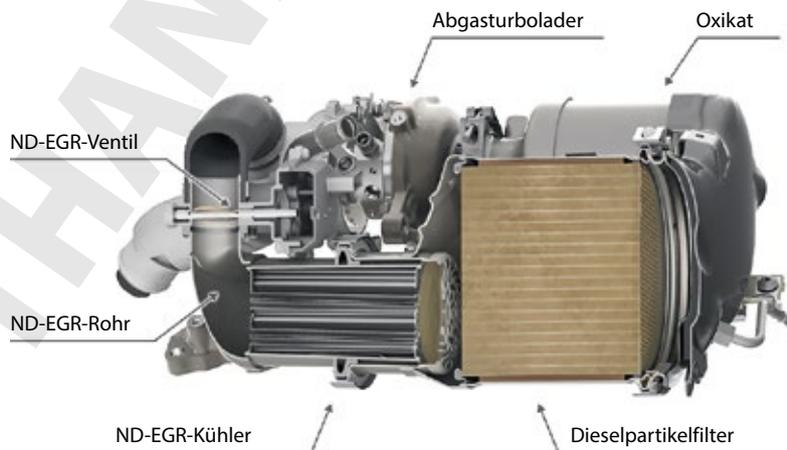


Bild 21
Eine Niederdruck-Abgasrückführung im Schnitt. Die Anlage ist nahe am Turbolader verbaut, damit die Bauteile schnell ihre Betriebstemperatur erreichen. Bild: Volkswagen

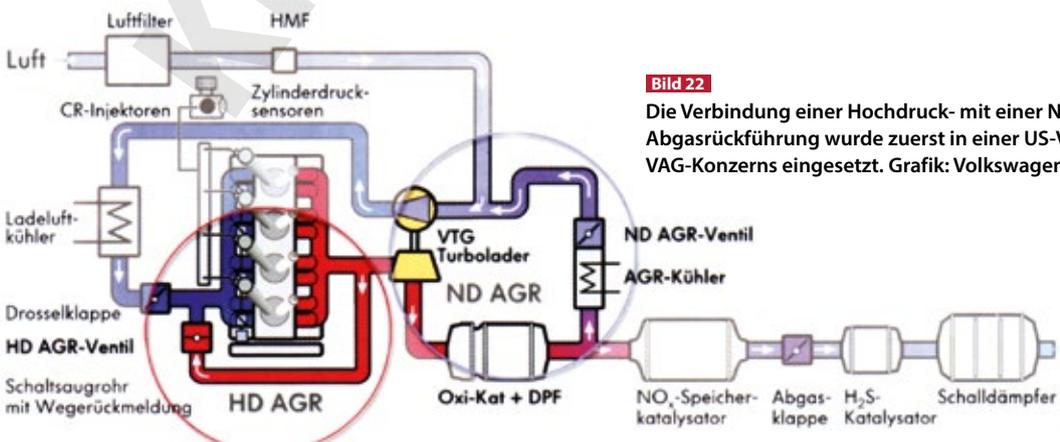


Bild 22
Die Verbindung einer Hochdruck- mit einer Niederdruck-Abgasrückführung wurde zuerst in einer US-Variante des VAG-Konzerns eingesetzt. Grafik: Volkswagen

Maßnahmen zur Abgasminderung

2



Bild 23

Die Abgasklappe zur Regelung der Niederdruck-AGR befindet sich unter dem Wagenboden.



Bild 24

Die Abgasdrucksensoren eines 1,6-l-Euro-6-VW-Motors. Links der Drucksensor vor dem Partikelfilter, rechts der Drucksensor hinter dem Filter (ND-AGR-Sensor).

Die Niederdruck-AGR bietet folgende Vorteile:

- Das Abgas wird hinter dem Turbolader entnommen. Dem Turbolader steht die gesamte Abgasenergie zur Verfügung. Dadurch wird das Ansprechverhalten des Turboladers verbessert.
- Das rückgeführte Abgas wird durch den Oxidationskatalysator und den Partikelfilter gereinigt. So vermeidet man die Versottung des Ansaugtrakts und des AGR-Kühlers. Die Partikel ungereinigter Abgase würden das Verdichterrad des Turboladers beschädigen.
- Die intensive Vermischung von Frischluft und Abgas auf der Verdichterseite des Turboladers stellt eine Gleichverteilung der rückgeführten Abgase auf die einzelnen Zylinder sicher und ermöglicht höhere AGR-Raten (Bild 24b).
- Durch die Kombination von Hochdruck- und Niederdruck-AGR kann in jedem Betriebszustand des Motors die gewünschte AGR-Rate sichergestellt werden.
- Die Hochdruck-AGR wird in der Warmlaufphase zur Anhebung der Saugrohrtemperatur eingesetzt.
- Zusätzlich kann die Hochdruck-AGR wegen ihrer kürzeren Gaslaufzeiten besser auf schnelle Lastwechsel reagieren.

Als Nachteile verbleiben der größere Bau- und Regelaufwand.

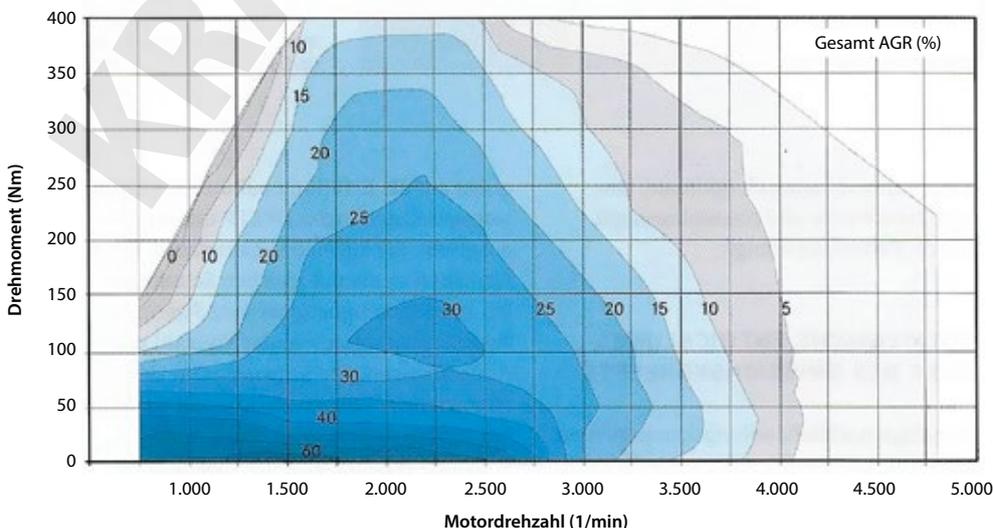


Bild 24b

Das AGR-Kennfeld eines Mercedes-Dieselmotors (OM654) mit einer Hochdruck- und einer Niederdruck-AGR. Quelle: Mercedes Benz

Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren

Das Bild 21 zeigt eine Niederdruck-AGR eines Euro-5-Fahrzeugs. Um eine möglichst schnelle Erwärmung des Abgasnachbehandlungssystems in der Warmlaufphase zu erreichen, wurden die Komponenten so nah wie möglich am Motor verbaut. Bei der Niederdruck-AGR werden je ein Drucksensor vor dem Partikelfilter und ein Drucksensor hinter dem Partikelfilter eingesetzt. Mit dem Drucksensor hinter dem Partikelfilter (Bild 24) wird die Funktion der Abgasklappe überwacht und die AGR-Rate der Niederdruck-AGR ermittelt.

Die Messung der Partikelzahl bei der Abgasuntersuchung

Bei Fahrzeugen, die eine Zulassung nach Euro 6 haben, wird während der AU die Partikelzahl gemessen. Der Grenzwert liegt bei 250.000. Nach der Einführung der Messung fielen einige Fahrzeuge durch Überschreiten des Grenzwerts auf, obwohl die Eigendiagnose keinen Fehler anzeigte. Wenn die Anzahl der ausgestoßenen Partikel zu hoch ist, ist der Partikelfilter nicht feinmaschig genug. Die Eigendiagnose ist aber eher darauf ausgelegt, verstopfte Partikelfilter zu erkennen. Der Differenzdrucksensor und auch der Rußsensor erkennen zwar eine Verstopfung, bei einer erhöhten Durchlässigkeit zeigen sie häufig keinen Fehler an. Die Partikel, die den DPF passieren, haben häufig einen kleinen Durchmesser und sind keine Rußpartikel.

Viele Werkstätten versuchten durch Regenerieren oder Reinigen des Partikelfilters das Fahrzeug durch die Abgasuntersuchung zu bringen. Diese Maßnahme war aber selten von Erfolg gekrönt, weil der Partikelfilter nicht verstopft, sondern zu durchlässig war. Im Extremfall musste der Partikelfilter schon nach kurzer Laufleistung erneuert werden. Schon ein kleiner Riss in der Keramik kann die Partikelwerte über den zulässigen Wert ansteigen lassen, ohne dass die Eigendiagnose über den Differenzdruck oder den Rußsensor das bemerkt.

Wenn ein Fahrzeug wegen zu hoher Partikelzahlen die Abgasuntersuchung nicht besteht, beachten Sie bitte nachfolgenden Tipp.

Tipp

Fahren Sie nicht mit einem Fahrzeug zur Abgasuntersuchung, bei dem der Partikelfilter erneuert oder frisch regeneriert wurde. Ein Partikelfilter kann erst die kleineren Partikel zurückhalten, wenn sich ein so genannter Rußkuchen gebildet hat. Vor der Fahrt zur Abgasuntersuchung sollte das Fahrzeug eine Strecke von ungefähr 200 km zurückgelegt haben, damit sich dieser Rußkuchen bilden kann.

Wenn Sie bei der Abgasuntersuchung den Grenzwert nur knapp verfehlt haben, kann es sich lohnen, bei einer anderen Prüfstation vorzufahren. Partikelzählgeräte haben eine große Messtoleranz, die bei dem großzügigen Grenzwert normalerweise keine Rolle spielt. Wenn Sie aber den Wert nur knapp verfehlt haben, kann die Messtoleranz des anderen Gerätes eventuell zum Bestehen der AU führen. Bei einem deutlichen Überschreiten des Grenzwertes im Bereich von mehreren Millionen Partikeln bleibt Ihnen nichts anderes übrig, als den Partikelfilter zu erneuern.

Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren

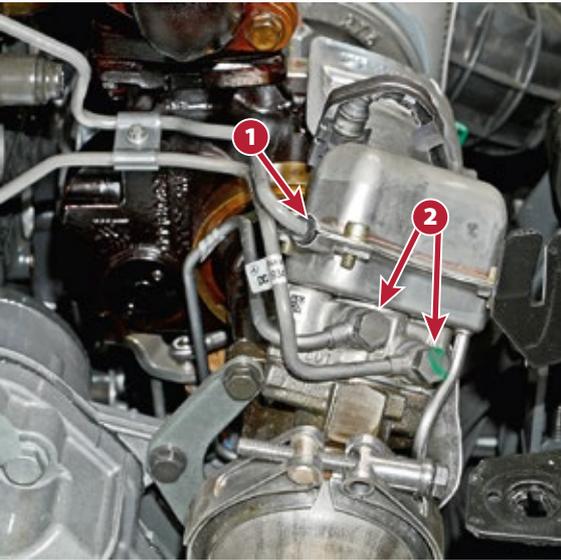


Bild 66
Die wassergekühlte Einspritzeinheit der DeaPartronic. (1) Kraftstoffleitung von der Dosiereinheit, (2) Kühlwasseranschlüsse.

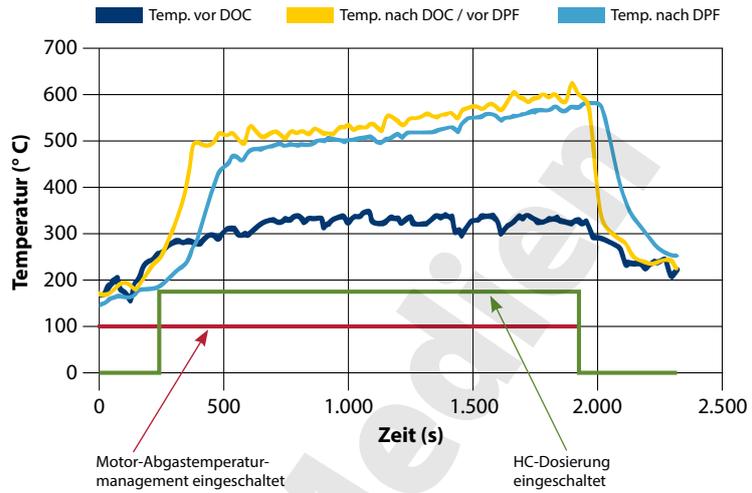


Bild 67
Temperaturverlauf im DPF während des Regenerationsprozesses bei einem Nutzfahrzeugmotor (MB-OM936). Mit den motorseitigen Maßnahmen zur Erhöhung der Abgastemperatur, der Nacheinspritzung und der Nockenwellenverstellung, wird eine Abgastemperatur von 300 °C erreicht. Erst mit der Kraftstoffeinspritzung hinter dem Turbolader steigt die Abgastemperatur über 500 °C. Grafik: Daimler AG

5.4 Der DPF in Euro-6-Systemen

Mit strengeren Abgasbestimmungen rücken die Abgassysteme immer näher an die Turbine des Abgasturboladers heran. Die Entwickler möchten mit dieser Maßnahme eine schnellere Erwärmung der Abgasnachbehandlungssysteme in der Warmlaufphase erzielen.

Der DPF muss durch eine katalytische Beschichtung auf der Reinseite des Filters gleichzeitig die Aufgabe des SCR-Kats übernehmen. Die Beschichtung muss den hohen Temperaturen bei der Regenerierung des Dieselpartikelfilters gewachsen sein.

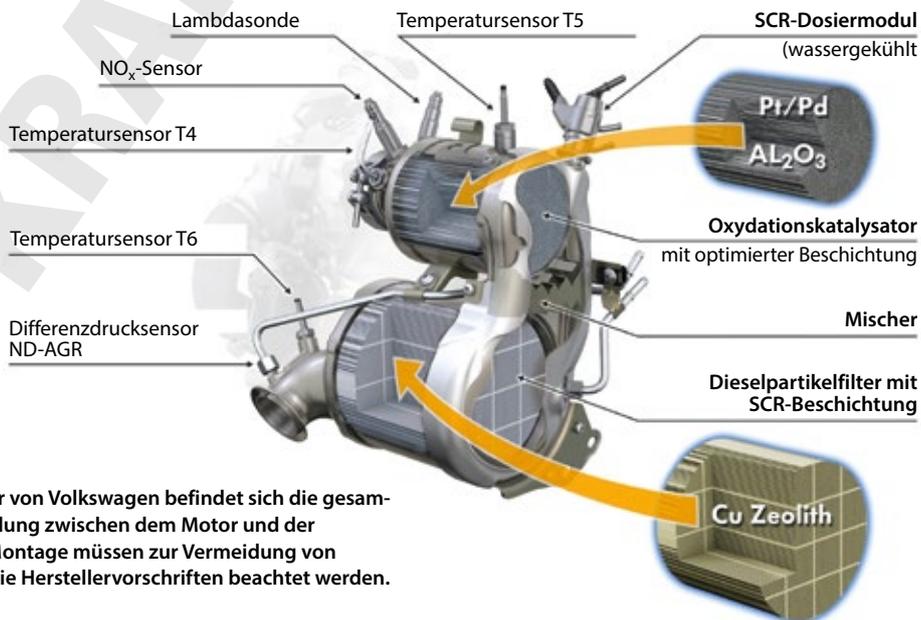


Bild 68
Bei dem Euro-6-Motor von Volkswagen befindet sich die gesamte Abgasnachbehandlung zwischen dem Motor und der Spritzwand. Bei der Montage müssen zur Vermeidung von Wärmespannungen die Herstellervorschriften beachtet werden. Grafik: Volkswagen

Der Partikelfilter

5



Bild 69

Beim neuen 654-Motor von Mercedes befindet sich die Abgasnachbehandlung nahe am Ausgang des Turboladers. Durch die kurzen Wege wird die Aufheizzeit der Abgasnachbehandlung in der Warmlaufphase verkürzt.
 (1) Oxydationskatalysator,
 (2) Anschluss AdBlue-Dosierventil,
 (3) Mischer,
 (4) DPF mit SCR-Beschichtung,
 (5) SCR-Katalysator.
 Bild: Daimler AG

Tipp

Der Dieselpartikelfilter ist manipulationsicher, weil man seine Funktion nicht wie bei den NO_x-relevanten Systemen steuern kann. Er arbeitet in allen Betriebszuständen.



Bild 70

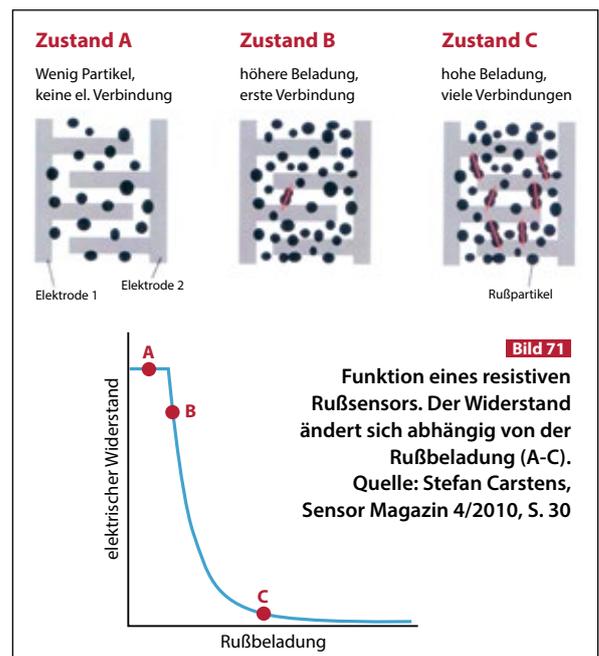
Endkontrolle: Mit Temperatursensor, einem NO_x-Sensor und einem Rußsensor am Ende des Abgasstrangs dürften die Manipulationen schwieriger werden.

Manipulationen – Fahren ohne DPF

Im Internet finden sich häufig illegale Angebote, die ein Fahren ohne Dieselpartikelfilter anbieten. Dazu wird der DPF ausgebaut und durch ein Stück Rohr ersetzt. Dem Steuergerät wird mit einer Software vorgegaukelt, das im DPF alles in Ordnung ist. Solche Fahrzeuge erkennt man an der Rußfahne und an den erhöhten Trübungswerten.

Kommt bei Euro-6-Fahrzeugen ein Rußsensor zur Funktionskontrolle des DPF zum Einsatz, werden unzulässige Manipulationen erheblich erschwert.

Ein Rußsensor arbeitet nach dem Widerstandsprinzip. Wenn sich zwischen den verschränkten Elektroden Ruß abgelagert, verändert sich der Widerstand abhängig von der Rußbeladung der Messstrecke. Der Sensor kann nur in größeren Zeitabständen ein Messergebnis zum Steuergerät senden und muss ebenfalls regelmäßig freigebrannt werden.



8.4 Das Twindosing-System von Volkswagen

Im 2.0 l Dieselmotor von VW, dem EA 288 evo wird ein SCR-System mit zwei Katalysatoren und zwei AdBlue-Dosierventilen eingesetzt (Bild 121). Damit sollen die NO_x-Grenzwerte zur Erfüllung der Norm Euro 6e und später der Euro 7 eingehalten werden.

Bild 121
Das Twindosing-System des EA 288 evo-Motors.
Bild: Volkswagen

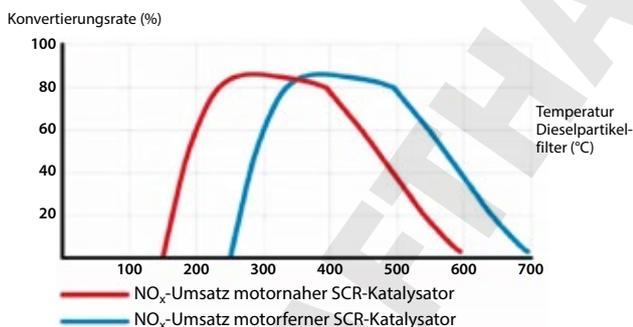
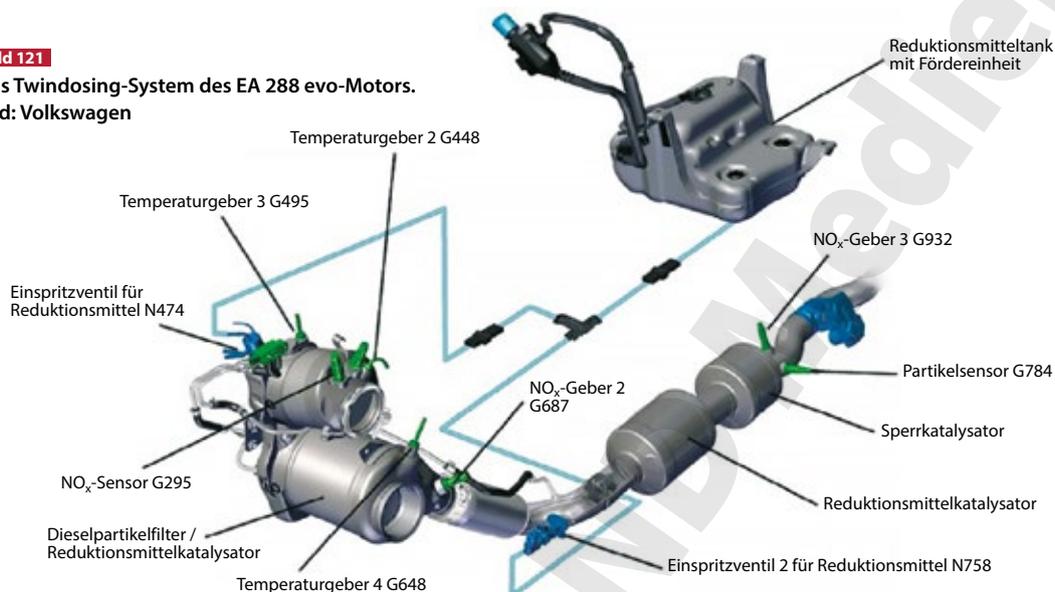


Bild 122
Die Konvertierungsrate der beiden SCR-Katalysatoren.
Bild: Volkswagen

Wie aus Bild 122 zu erkennen ist, erreicht der motor-nahe SCR-Katalysator 1 (rote Linie) seine höchste Umwandlungsrate bei einer Partikelfiltertemperatur von 220 °C. Er ist also schon nach kurzer Fahrstrecke aktiv. Sowie das Steuergerät erkennt, dass der SCR-Kat 1 seine Betriebstemperatur von über 160 °C erreicht hat, wird der Katalysator durch Einspritzen von AdBlue (Bild 123) aktiviert. Bei hoher Last, zum Beispiel bei einer Autobahnfahrt, kann die Temperatur des Partikelfilters 400 °C überschreiten. Dann sinkt der Wirkungsgrad des motornahen Katalysators. Ab ungefähr 240 °C wird der motorferne Katalysator (blaue Linie) durch die Ansteuerung des zweiten AdBlue-Ventils (Bild 124) aktiviert und kann so bei Temperaturen bis über 500 °C für



Bild 123
Das motornahe AdBlue-Ventil 1 ist wassergekühlt und vom Motorraum aus zu erreichen. Nach dem Lösen der Klemmschelle kann das Ventil mit angeschlossenen Leitungen zu Testzwecken ausgebaut werden.

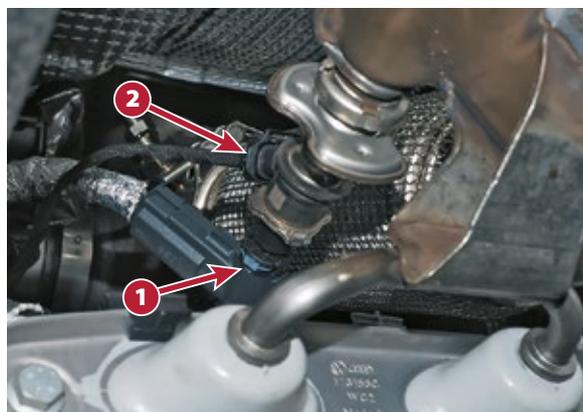


Bild 124
Das motorferne AdBlue-Ventil 2 ist luftgekühlt und vom Wagenboden aus zugänglich.
1) AdBlue-Anschluss 2) Elektrischer Anschluss.

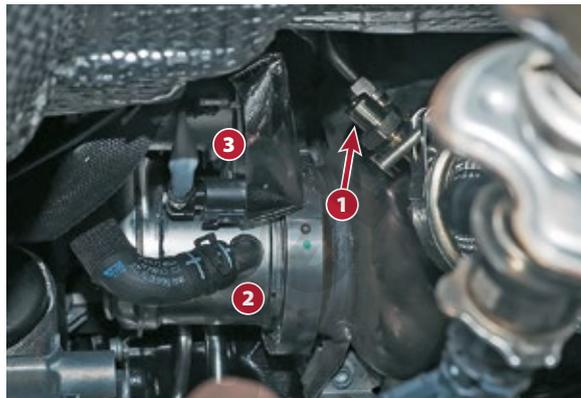
Der SCR-Katalysator

eine wirkungsvolle Umwandlung der NO_x -Emissionen in Wasser und Stickstoff sorgen.

Als Sensoren sind drei (Bild 121) oder zwei NO_x -Sensoren (Bild 125) installiert, die die beiden SCR-Katalysatoren überwachen. Zusätzlich ist hinter dem Sperrkatalysator ein Partikelsensor installiert, der den Partikelfilter in regelmäßigen Abständen auf seine Funktion prüft.

Bild 125

Bei diesem Fahrzeug (Golf) ist der NO_x -Sensor 2 nicht verbaut. Der Pfeil zeigt auf den Verschlussstopfen 1. Links der Niederdruck-AGR-Kühler (2) mit dem AGR-Ventil (3)



8.4.1 Die AdBlue-Fördereinheit

Die Harnstoffförderung

8

Im Tank befindet sich das Fördermodul Denoxtronic 5 der Firma Bosch mit der Vor- und der Rückförderpumpe, der Tankheizung, dem Temperaturfühler und dem Füllstandsensoren. Die Vor- und Rückförderpumpe sind Magnet-Membranpumpen und liefern einen Druck von $6,5 \pm 2$ bar. Den Förderdruck ermittelt das Steuergerät aus dem Stromverlauf des Elektromagneten während des Förderhubs. Ein Drucksensor ist deshalb nicht eingebaut. Der Harnstoff gelangt über die beheizte Leitung zum AdBlue-Ventil, das ab ungefähr 180°C SCR-Kat-

Temperatur einspritzt. Das Fördermodul ist fest in den Harnstofftank eingeschweißt. Nach dem Motorstopp wird die Leitung zu den AdBlue-Ventilen entleert. Dazu werden für fünf Sekunden die Rückförderpumpe eingeschaltet und die AdBlue-Ventile geöffnet. Die Förderpumpe ist das einzige Bauteil der Fördereinheit, das getauscht werden kann (Bild 129). Bei Schäden an der Tankheizung, dem Temperaturfühler, dem Füllstandsensor und dem Sensor für die Harnstoffqualität muss der komplette Tank getauscht werden.

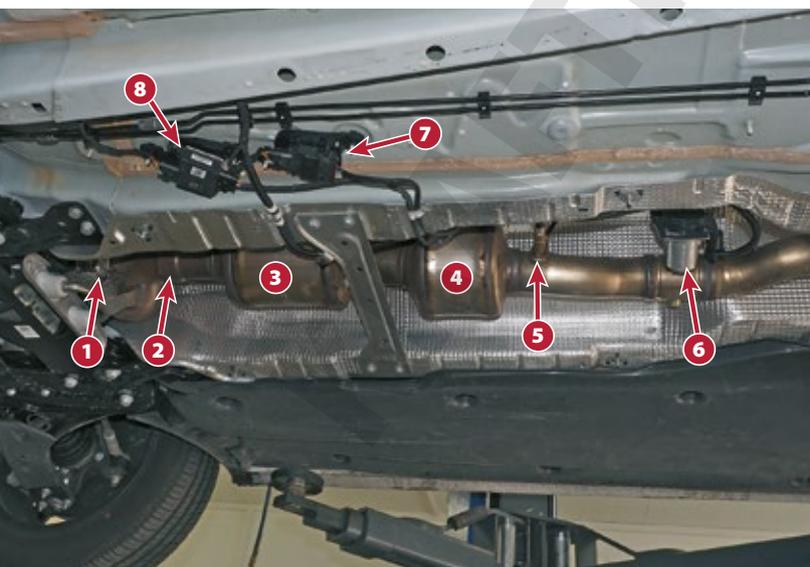


Bild 126

Blick unter den Wagenboden: (1) AdBlue-Ventil. (2) Mischer. Man erkennt den 2. SCR-Katalysator (3), dahinter den Sperrkatalysator (4), gefolgt vom Partikelsensor (5) mit dem Steuergerät (7) und dem 3. NO_x -Sensor mit dem Steuergerät (8). Die Abgasklappe (6) mit Stellmotor ist Bestandteil der Niederdruck-AGR.

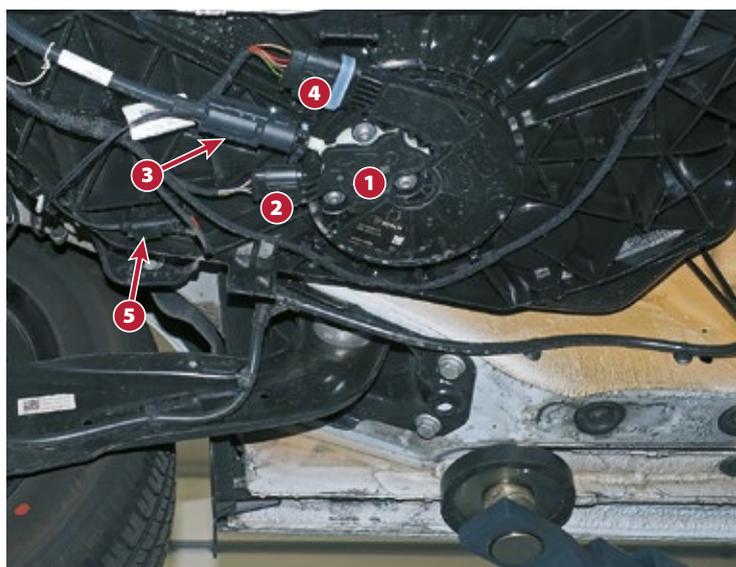


Bild 127

Der Harnstofftank mit eingeschweißter Fördereinheit befindet sich vor dem linken Hinterrad: (1) Vor- und Rückförderpumpe (2) Elektrischer Anschluss der Vor- und Rückförderpumpe (3) Harnstoffleitung zu den AdBlue-Ventilen (4) Stecker für Tankheizung und Elektronik (5) Anschlussstecker für die Tankheizung.

Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren

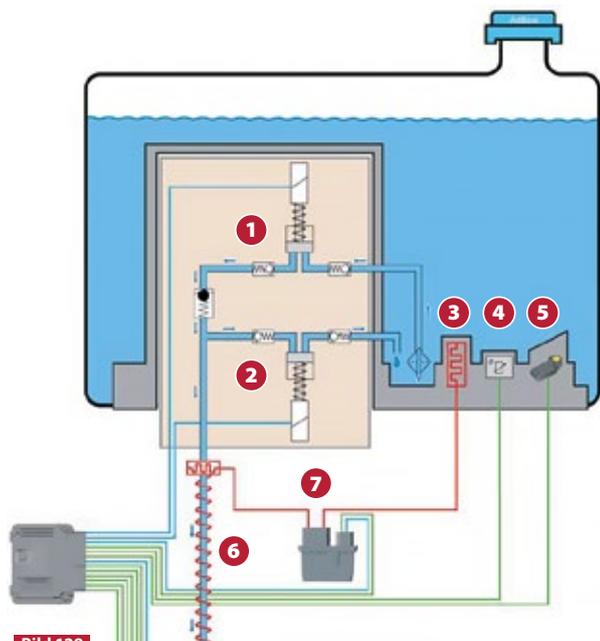


Bild 128

1) Vorförderpumpe, 2) Rückförderpumpe, 3) Tankheizung, 4) Temperaturfühler für den Harnstoff, 5) Füllstandsgeber für den Harnstoff und AdBlue-Qualitätssensor, 6) Beheizte Leitung zu den AdBlue-Ventilen, 7) Steuergerät für die Harnstoffheizung. Grafik: Volkswagen

Die Harnstoffheizung

Harnstoff, der unter dem Namen AdBlue verkauft wird, wird in einer Mischung ausgeliefert, die aus 32,5 Prozent Harnstoff und 67,5 Prozent Wasser besteht. Bei diesem Mischungsverhältnis wird der niedrigste Gefrierpunkt von -11 °C erreicht. Damit die Anlage bei tieferen Temperaturen nicht einfriert, werden ab -5 °C die Tank- und die Leitungsheizungen vom Heizungssteuergerät eingeschaltet. Die Harnstoffpumpe wird durch Bestromen der Pumpenmagneten beheizt. Die Heizungen können mit einem Stellgliedtest und einer Stromzange geprüft werden.

Die AdBlue-Ventile

Das motornahе AdBlue-Ventil ist eine elektromagnetische Düse mit drei Spritzlöchern (Bild 123) und wird vom Steuergerät ab 160 °C Kattemperatur angesteuert. Es wird mit Kühlflüssigkeit aus dem Niedertemperaturkreislauf des Ladeluftkühlers gekühlt. Das motorferne AdBlue-Ventil ist ebenfalls eine elektromagnetische Düse mit drei Spritzlöchern (Bild 124) und wird vom Steuergerät ab 240 °C Kattemperatur angesteuert. Es ist luftgekühlt.



Bild 129

Der Ausbau der Förderpumpe ist nach dem Lösen der Harnstoffleitung, des elektrischen Anschlusses und der drei Befestigungsschrauben möglich. Bild: Volkswagen

Die Twindosing-Anlage in der Werkstatt

Die SCR-Anlage wird durch die Eigendiagnose überwacht. Bei schweren Fehlern wird nach einer Vorwarnung im Display eine Startsperrе verhängt. Der Motor kann nach dem Abstellen nicht mehr gestartet werden. Bei den schweren Fehlern unterscheidet das System zwischen „Harnstoffmangel“ und „SCR-Systemstörung“. Beim Fehler „Harnstoffmangel“ wird die Startsperrе aufgehoben, wenn mindestens 5 l Harnstoff eingefüllt werden. Nach einer Wartezeit von zwei Minuten kann das Fahrzeug wieder gestartet werden.

Der Fehler „SCR-Systemstörung“ wird angezeigt, wenn das System durch Defekte außer Funktion gesetzt wird. Solche Fehler können zum Beispiel durch eine zu große Abweichung zwischen dem Soll- und dem Ist-Verbrauch an Harnstoff oder durch ein verstopftes Dosierventil entstehen. Auch eine Falschbetankung oder eine schlechte Qualität des Harnstoffs kommen infrage. Bei letzterem kann die Startsperrе nicht durch Nachtanken von Harnstoff aufgehoben werden. Sie kann jedoch mit dem Tester im Menü „Grundeinstellungen“ für 50 km aufgehoben werden (zum Beispiel vom ADAC), damit eine Fahrt zur nächsten Werkstatt möglich ist, die das ‚schlechte‘ AdBlue abpumpt und den Tank neu befüllt.

Der SCR-Katalysator

Die Betankung der Anlage mit AdBlue

Die Betankung der AdBlue-Anlage sollte nach den Vorstellungen der Hersteller bei den üblichen Inspektionen erfolgen. Bei Fahrzeugen mit hohem Kraftstoffverbrauch kann auch ein Nachfüllen zwischen den Inspektionen erforderlich sein. Achten Sie beim Nachfüllen darauf, dass der Tank höchstens zu 85 Prozent gefüllt ist, damit er bei Temperaturen unter -11 °C nicht durch gefrorenen Harnstoff (durch entsprechende Ausdehnung) beschädigt wird. Im Display werden die vorhandene Menge und die nachzutankende Menge angezeigt (Bild 130). Der Tank fasst normalerweise 13 Liter.

Bild 130
Anzeige der Nachfüllmenge bei AdBlue-Mangel.
Bild: Volkswagen



Harnstoff sollte kühl unter 20 °C und dunkel gelagert werden und in kurzer Zeit verbraucht werden. Harnstoff, der älter als ein Jahr ist, darf nicht mehr in das Fahrzeug eingefüllt werden. Harnstoff, der sich länger als zwei Jahre im Fahrzeug befindet, muss gewechselt werden, weil sonst die Gefahr der Bildung von Ammoniakkristallen besteht, die die Anlage verstopfen.

Harnstoff ist extrem kriechfähig. Tauschen Sie alle einmal gelösten Dichtungen. Harnstoff bildet beim Trocknen weiße Kristalle, die Sie mit Wasser entfernen können. Bauteile, die mit Kristallen verstopft sind, können Sie durch längeres Einlegen in warmes Wasser



Bild 131
Mit dem Refraktometer wird das Alter des Harnstoffs überprüft. Der linke Teststreifen weist auf eine Verunreinigung mit Öl oder Kraftstoff hin.

funktionstüchtig machen. Vermeiden Sie unbedingt den Kontakt von Harnstoff mit elektrischen Steckern! Sie können die Qualität von Harnstoff mit einem Refraktometer überprüfen. Die Anzeige muss genau bei 32,5 Prozent stehen (Bilder 131 und 132). Mit den Teststreifen wird der Harnstoff auf Verunreinigungen mit Öl oder Kraftstoff geprüft.

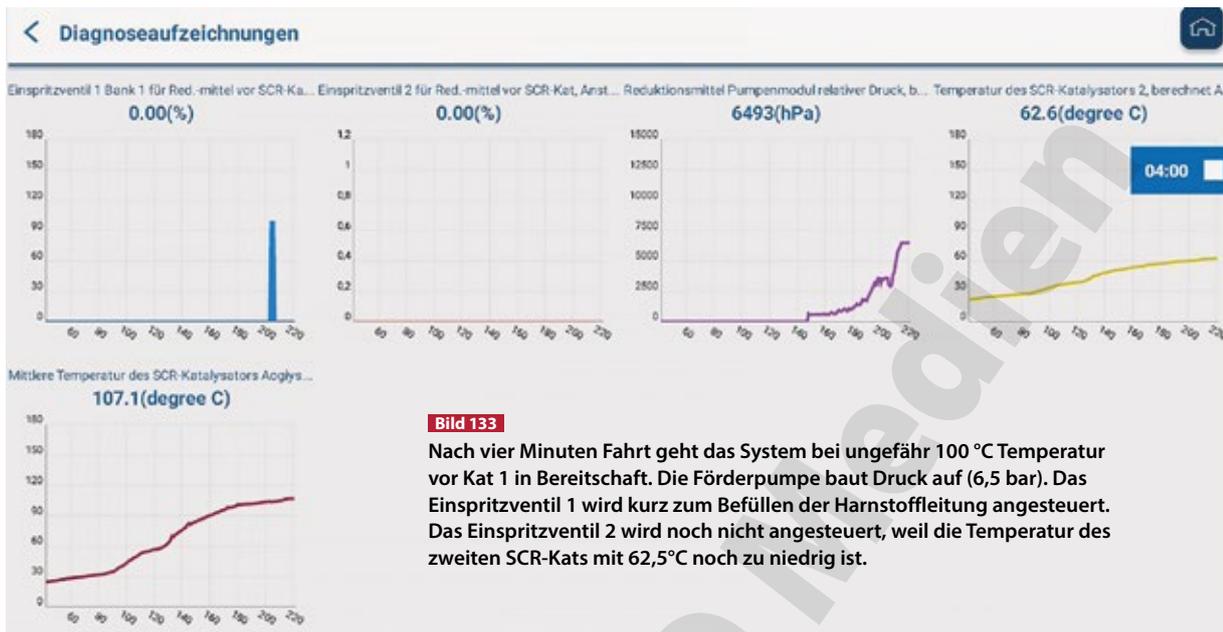
Fehlersuche an der Twindosing-Anlage

Bei der Eigendiagnose ist das Steuergerät durch eine Firewall geschützt, das heißt der Zugriff von außen ist gesperrt und muss vom Hersteller freigegeben werden. Sie können keine Befehle an das Steuergerät wie „Fehler löschen“, „Stellgliedtest“ usw. geben. Bei manchen Fahrzeugen reicht es, die Motorhaube zu öffnen. Der Tester fordert Sie bei einem entsprechenden Befehl dazu auf. Bei anderen Modellen muss eine Freigabe durch den Hersteller erfolgen. Einige Tester reagieren nicht auf den Befehl „Grundeinstellung/SCR-Gesamtprüfung“. Auf den Befehl „Grundeinstellung/SCR-Mengenprüfung“ haben nach der Erfahrung des Autors alle benutzten Tester reagiert, ebenso auf den Befehl „Stellgliedtest/Heizer 1 oder Heizer 2“ (Softwarestand der Tester: Januar 2025).

Abtastrate: 0,6		VCDS	
		Erweiterte Messwerte	
<input type="checkbox"/> Alternative Zeitmessung		Turbo!	
<input type="checkbox"/> Abfragen zusammenfassen			
Loc.	Beschreibung	Wert	
IDE00...	Motordrehzahl	841 /min	
IDE03...	NOx Sensor 1: NOx Konzentration	88 ppm	
IDE03...	NOx Sensor 2: NOx Konzentration	0 ppm	
IDE04...	Mittlere Temperatur des SCR-Katalysators	170,4 °C	
IDE07...	Einspritzventil 1 Bank 1 für Red.-mittel vor SCR-Kat: Anstg.	0,00 %	
IDE10...	Geber für Reduktionsmittelqualität: Harnstoffkonzentration	33,3 %	
IDE10...	Reduktionsmittel Pumpenmodul relativer Druck: berechnet	6208 hPa	
IDE13...	NOx Sensor 3: NOx Konzentration	42 ppm	
IDE14...	Einspritzventil 2 für Red.-mittel vor SCR-Kat: Anstg.	0,00 %	
IDE15...	Einspritzventil 2 für Reduktionsmittel: Widerstand	12741 mOhm	
IDE15...	Wirkungsgrad des SCR-Katalysator 2	0,30209	
IDE15...	Temperatur des SCR-Katalysators 2: berechnet	136,1 °C	

Bild 132
Die Datenliste des SCR-Systems nach 15 Minuten Leerlauf. Das System ist bei 170 °C Kattemperatur in Bereitschaft. Die Förderpumpe hat Druck aufgebaut und der NO_x -Sensor 1 und 3 liefern Messwerte. Der NO_x -Sensor 2 ist bei diesem Fahrzeug (Golf) nicht verbaut. Wegen zu niedriger Kat-Temperaturen werden beide AdBlue-Ventile nicht angesteuert. Der Wirkungsgrad beider Katalysatoren beträgt deshalb nur 0,3 (30 Prozent).

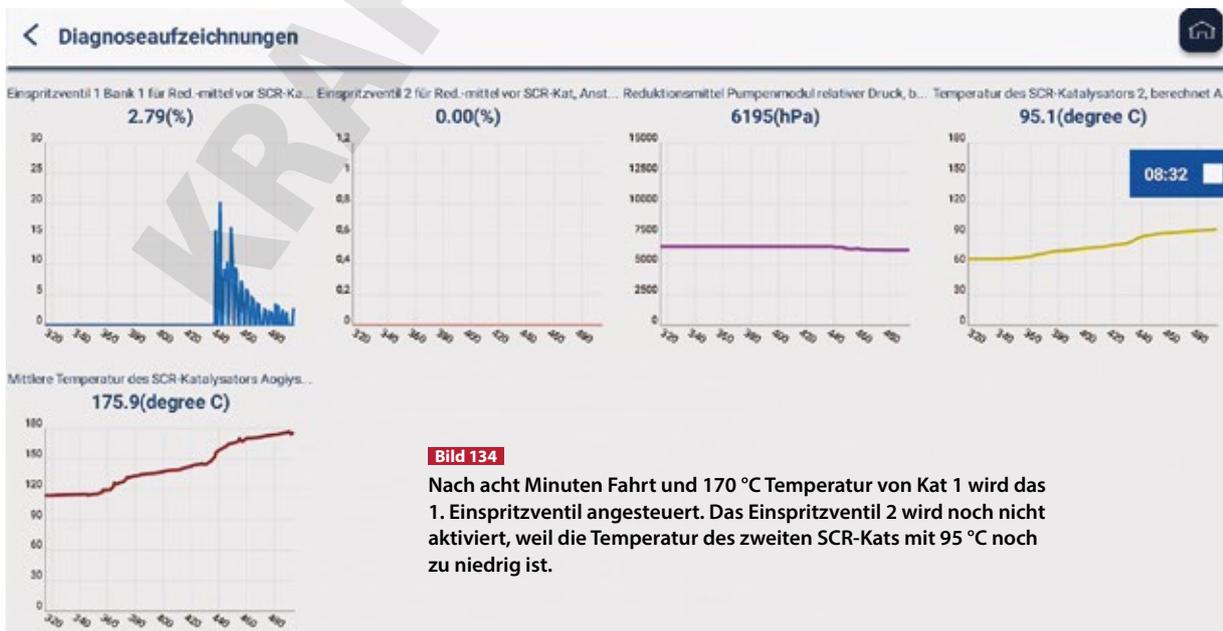
Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren



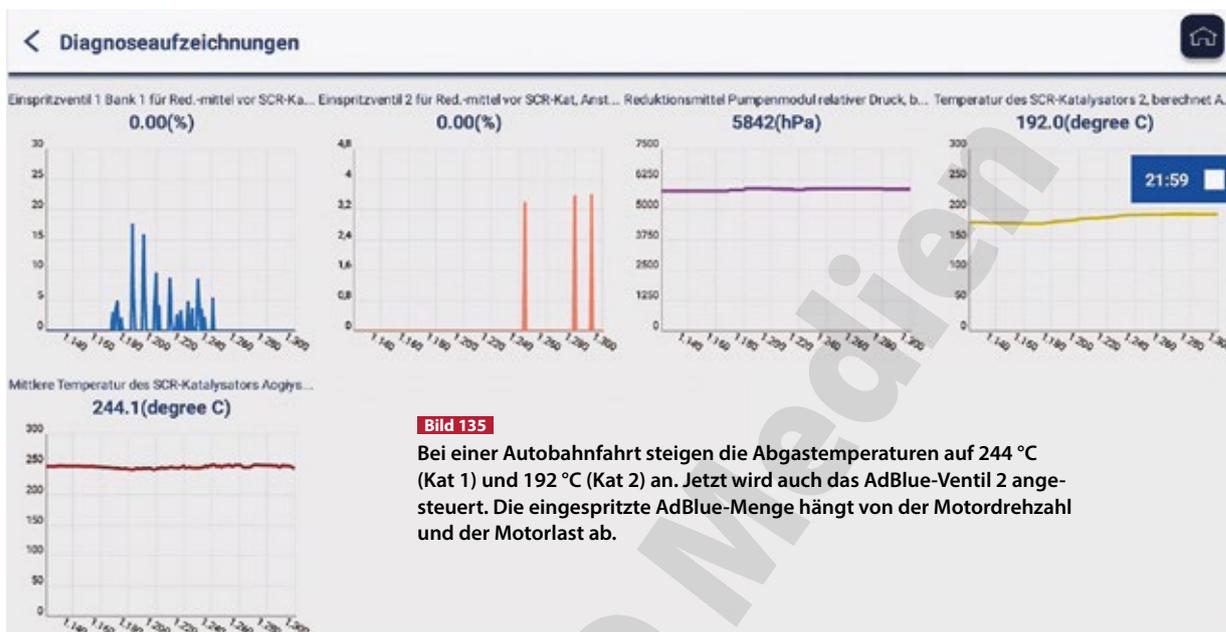
Die Datenliste

Wenn ein Fehler in der Anlage angezeigt wird, hilft eine umfangreiche Datenliste weiter (Bild 132). Beachten Sie bitte, dass das SCR-System erst ab einer Katalysatortemperatur von 160 °C aktiv wird. Diese Temperatur erreichen Sie im Stand erst nach einer längeren Laufzeit mit erhöhter Drehzahl. Auch der NO_x-Sensor und die Breitbandsonden werden erst nach einigen Minuten durch die Einschaltung der Sondenheizung aktiviert.

Die Aktivierung des Systems erreichen Sie am schnellsten bei einer Probefahrt (Bild 133 bis 135). Das motorferne AdBlue-Ventil können Sie am besten durch eine Fahrt mit höherer Last, zum Beispiel einer Autobahnfahrt aktivieren.



Der SCR-Katalysator



8

Die Prüfung der Harnstoffförderung

Das Steuergerät überwacht die Funktion der Harnstoffpumpen nicht mit einem Drucksensor, sondern durch die Auswertung des Stromverlaufs der entsprechenden Hubmagnete. Es ist nicht sicher, ob das Steuergerät mit dieser Methode alle Fehlfunktionen ermitteln kann. Wenn die Messwerte nicht sinnvoll erscheinen, sollten sie mit einem Manometer überprüft und mit den Werten der Datenliste verglichen werden. Dazu wird an einem AdBlue-Ventil oder an der Fördereinheit, ein Manometer mit einem T-Stück angeschlossen (Bild 136) und mit dem Tester im Menü „Grundeinstellungen“ die Funktion „SCR-Dosiermengenprüfung“ gestartet.

Der Druck sollte zwischen 4,5 und 8,5 bar liegen. Wenn am Ende des Tests die Rückförderpumpe arbeitet, muss der Druck wieder auf 0 bar abfallen.

Entspricht der Druck nicht den Sollwerten, wird die Pumpe elektrisch geprüft. Dazu schließt man am vierpoligen Stecker der Harnstoffpumpe eine Stromzange (Bild 137) an und startet die Funktion „SCR-Gesamtprüfung“ oder „SCR-Mengenprüfung“ mit dem Tester.

Im ersten Teil des Tests wird die Vorförderpumpe eingeschaltet (Bild 138), im zweiten Teil die Rückförderpumpe (Bild 139). Beim Arbeiten der Pumpe ist ein leises Ticken zu hören.

Wenn kein Strom messbar ist, zieht man den vierpoligen Stecker ab und misst den Widerstand der Pumpen (Vorförderpumpe Pin 1 und 2, Rückförderpumpe Pin 3 und 4). Der Widerstand sollte bei beiden Pumpen $4 \Omega \pm 0,4 \Omega$ und gegen Masse unendlich betragen. Weichen



Bild 136
Die Druckprüfung der Harnstoffpumpe am 1. AdBlue-Ventil. Der Mindestdruck von 4,5 bar (Sollwert $6,5 \pm 2$ bar) wurde gerade erreicht.



Bild 137
Strommessung der Vorförderpumpe an Pin 1 des Steckers. Anschluss der Vorförderpumpe: Pin 1(+), Pin 2 Schaltleitung zum Steuergerät. Anschluss der Rückförderpumpe: Pin 4(+), Pin 3 Schaltleitung zum Steuergerät.

KRAFTHAND

PRAXISWISSEN

Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren

Partikelfilter, (SCR-)Katalysatoren,
Systemprüfung

2. erweiterte Auflage

Mit der Fachbroschur Abgasnachbehandlung bei modernen Dieselmotoren, liefert Erfolgsautor Hubertus Günther einen Überblick über die aktuelle Technik und die Diagnose in der Werkstattpraxis.

Günther leitet mit den Auswirkungen der Euro-6d und Euro-7-Norm in die Thematik ein. In nachfolgenden Kapiteln beschreibt er entsprechende Prüfzyklen (NEFZ, WLTP sowie WHSC, WHTC für Pkw und Lkw und widmet sich der (WWH-) OBD.

Im Nachgang geht er im Detail auf die Abgasrückführung, beziehungsweise die Nieder- und Hochdruck-AGR sowie die Prüfung der Systeme ein. Ein weiteres Kapitel beschäftigt sich mit der Abgasrückführung bei Nutzfahrzeugen.

Dem Partikelfilter, der Partikelmessung sowie dem Speicherkatalysator sind weitere Abschnitte gewidmet. Günther beschreibt den technischen Aufbau und skizziert die Überprüfung in der Kfz-Werkstatt sowie die typischen Fehler.

Neu hinzugekommen sind Kapitel zum Twin-dosing-System von Volkswagen und zu AdBlue-Fördermodulen von Continental. Abgeschlossen wird die Broschur mit SCR-Katalysatoren bei Pkw und Lkw. Der Autor erklärt die Technik und die werkstattpraktischen Anforderungen.

Der Autor

Hubertus Günther hat nach seiner Ausbildung zum Kfz-Mechaniker und dem Studium an der RWTH Aachen als Kfz-Mechaniker und anschließend als Vertriebsingenieur bei einem Hersteller von Werkstattdiagnosegeräten gearbeitet. Zuletzt war er als Lehrer und AU-Trainer in einem Berufsbildungszentrum tätig.

Günther ist Buchautor und Verfasser zahlreicher Fachbeiträge und Schulungsunterlagen und unter anderem Autor des Fachbuches ‚Common-Rail-Systeme in der Werkstattpraxis‘.

„Hubertus Günther bestätigt mit der vorliegenden Publikation erneut seine Expertise im Bereich Dieselmotorentechnik. So aktuell wie nie ist dabei das Thema Abgasnachbehandlung. Ich empfehle die Broschur jedem Kfz- und Nfz-Profi“.

Thomas Schneider, Kfz-Meister,
Inhaber von Kfz-Service Thomas Schneider,
Neuenstadt