Service Training

Selbststudienprogramm 336

Der katalytisch beschichtete Dieselpartikelfilter

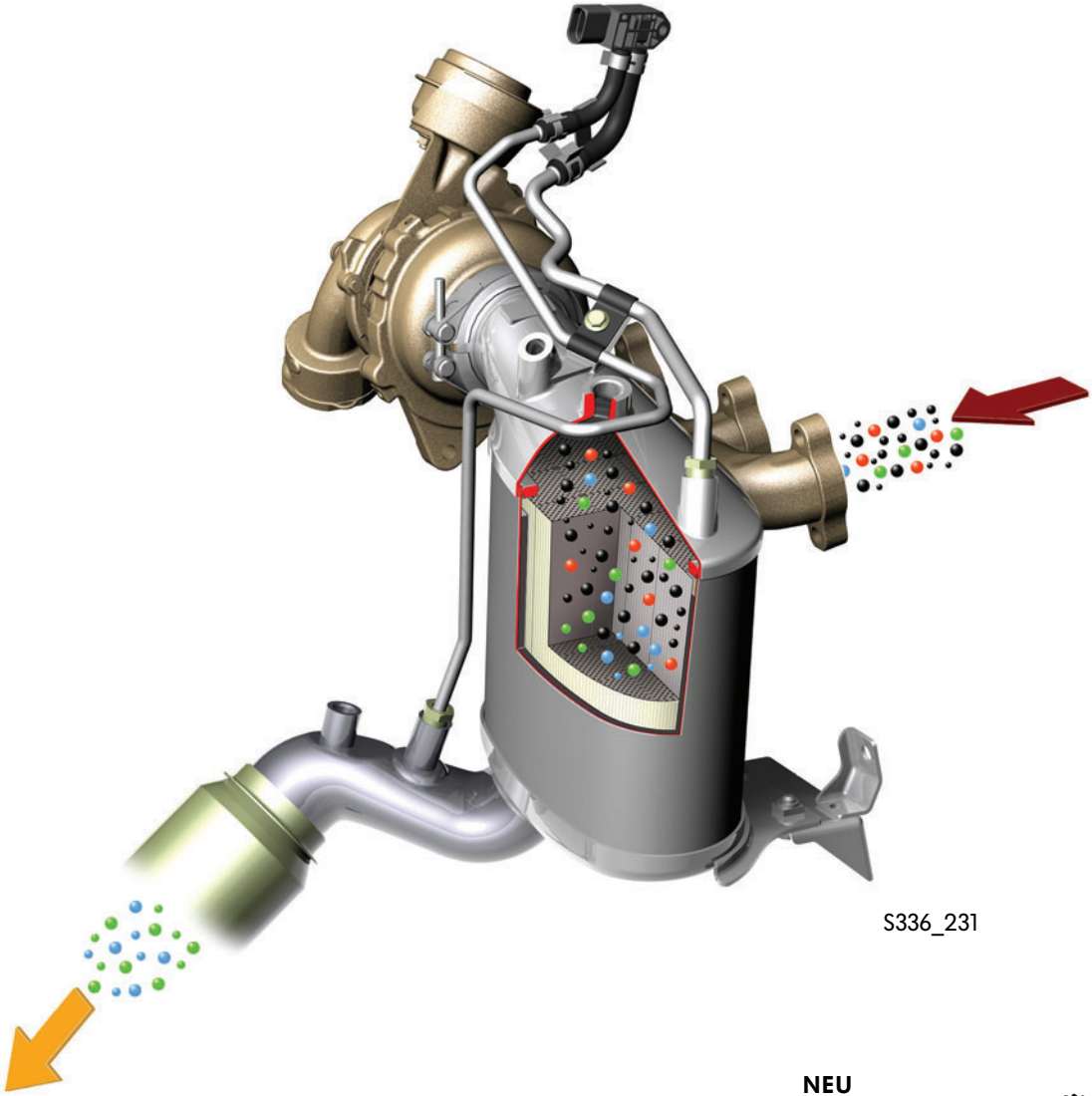
Konstruktion und Funktion



Die Minderung von Partikelemissionen stellt heute eine große Herausforderung für die Emissionen von Dieselfahrzeugen dar.
Neben motorischen Maßnahmen kommt der Abgasnachbehandlung in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu.

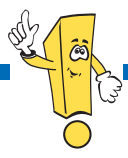
Um die Rußpartikel zu entfernen, die systembedingt im Dieselabgas enthalten sind, ist der Partikelfilter eine wirksame Methode.

Die gebräuchlichsten Filtersysteme bestehen aus dem Oxidationskatalysator und dem Partikelfilter. Bei dem katalytisch beschichteten Partikelfilter von Volkswagen wurden Katalysator und Filter zu einer einzigen Einheit kombiniert. Beim diesem Partikelfiltersystem können aufgrund seiner Konstruktion sowie seiner motornahen Einbaulage die Partikel kontinuierlich ohne Zusatz eines Kraftstoffadditivs verbrannt werden.



S336_231

NEU



Achtung Hinweis



Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und Funktion von Neuentwicklungen dar! Die Inhalte werden nicht aktualisiert.

Aktuelle Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen KD-Literatur.

Auf einen Blick

Einleitung 4

Konstruktion und Funktion 12

Systemübersicht 23

Sensoren und Aktoren 24

Funktionsplan 32

Systemgrenzen 33

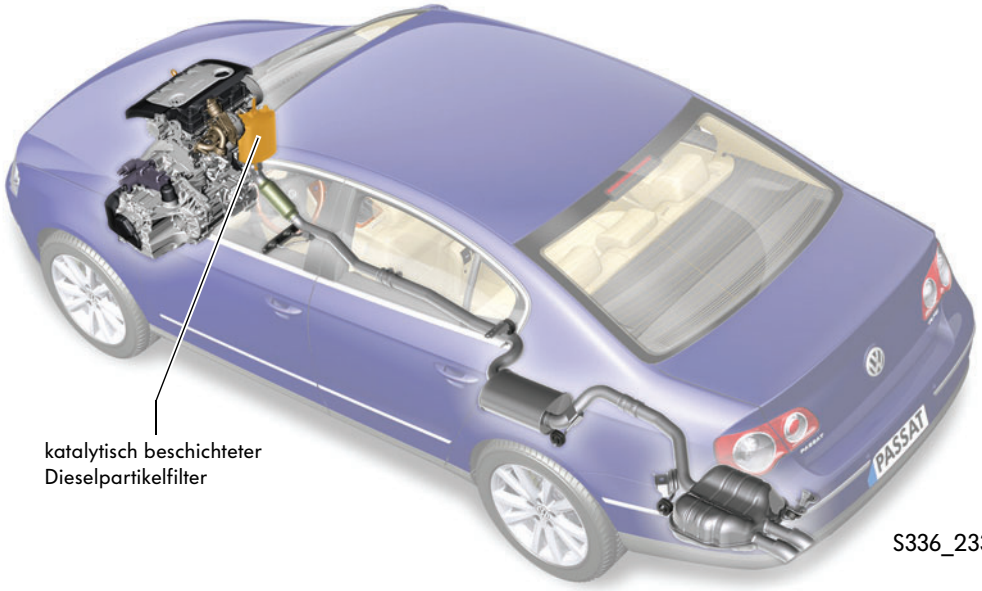
Prüfen Sie Ihr Wissen 35

Einleitung

Allgemeines

Bei der Verbrennung von Dieselkraftstoff bilden sich Rückstände unterschiedlichster Art. Als direkt wahrnehmbare Abgaskomponenten sind bei kaltem Motor nicht oder nur teilweise oxidierte Kohlenwasserstoffe in Tröpfchenform als Weiß- oder Blaurauch und geruchsintensive Aldehyde festzustellen.

Bei Dieselmotoren werden neben den gasförmigen Schadstoffen auch staubförmige Feststoffe mit dem Abgas ausgestoßen, welche unter dem Oberbegriff „Partikel“ ebenfalls in die Diskussion über gesundheitsgefährdende und umweltschädliche Stoffe geraten sind.



S336_233

Volkswagen verfolgt bei der Reduzierung von Abgasemissionen eine langfristige Strategie – nicht nur im Bereich der Dieselpartikel, sondern auch bei allen anderen Abgaskomponenten wie Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden. Schon vor Jahren hat Volkswagen große Anstrengungen unternommen, die innermotorischen Verbrennungsprozesse zu optimieren und den Rußausstoß der Dieselmotoren zu senken. Mit Erfolg: Bereits 1999 konnte Volkswagen als erster Automobilhersteller mit dem Lupo 3L TDI ein Fahrzeug anbieten, das die strenge Euro 4-Abgasnorm erfüllt – sechs Jahre vor Inkrafttreten dieser Vorschrift im Jahr 2005.

Volkswagen hat die Entwicklung des sauberen Dieselmotors maßgelblich vorangetrieben und sich damit der Verantwortung für den Schutz der Umwelt gestellt. Beispiele sind die effiziente, sparame und geräuscharme TDI-Technologie sowie das Pumpe-Düse-Einspritzsystem. Volkswagen wird auch zukünftig schwerpunktmäßig die innermotorische Verbrennung weiter verbessern, um den Kraftstoffverbrauch weiter zu senken und die Emissionen direkt an der Quelle zu reduzieren. Zusätzlich wird Volkswagen diese Anstrengungen Schritt für Schritt durch den Einsatz von Dieselpartikelfilter-Systemen ergänzen.

Das Abgas

Abgasnormen

In der Bundesrepublik Deutschland, europa- und weltweit wurden in den vergangenen Jahren Beschlüsse und Gesetze verfasst, die die Reduzierung des Ausstoßes von Luftschadstoffen zum Ziel haben. Es gibt die europäischen Abgasnormen EU1 bis EU4. Sie schreiben der Automobilindustrie die Abgas-Grenzwerte für die Typprüfung von neuen Fahrzeug-Modellen vor.

EU3

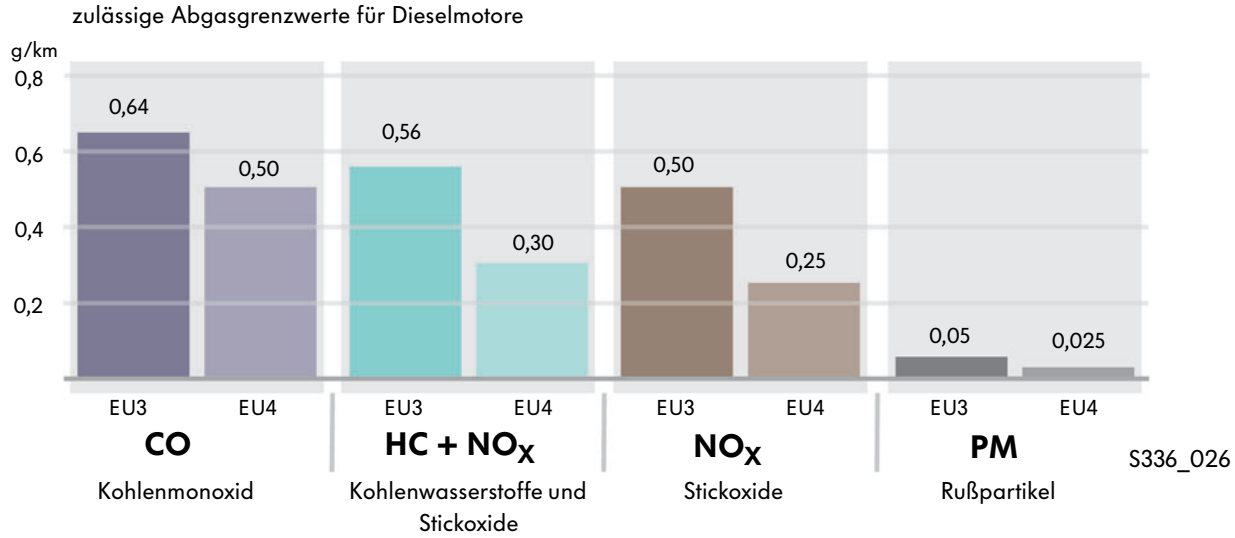
Seit dem Jahr 2000 gilt für neu zugelassene Fahrzeuge die Abgasnorm EU3.

Sie unterscheidet sich von ihrer Vorgängerin EU2 durch eine Verschärfung der Bedingungen auf dem Rollenprüfstand und durch eine Senkung der Grenzwerte.

EU4

Die EU4-Norm wird ab 2005 gültig und löst EU3 ab. Sie bedeutet eine weitere Verringerung der Zulassungs-Grenzwerte.

Bereits heute erfüllen über 65 Prozent aller neu zugelassenen Volkswagen mit Dieselmotor in Deutschland die Abgasnorm EU4.

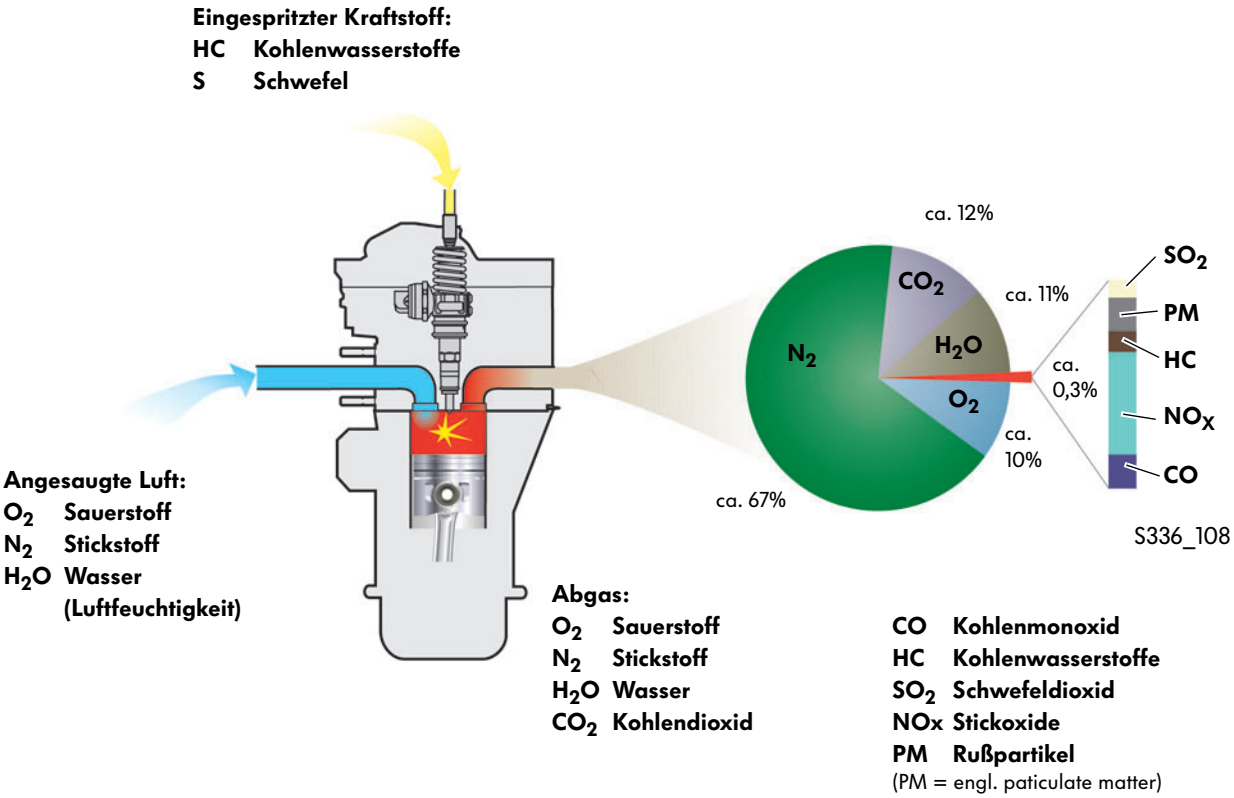


Ausblick

Zukünftig soll die noch strengere EU5 in Kraft treten. Die Grenzwerte für diese Norm stehen zwar noch nicht fest, aber die Abgaslimits werden noch einmal herabgesetzt. Der Partikelgrenzwert für Diesel-Pkw soll danach deutlich weiter reduziert werden. Deshalb müssen zukünftig alle Diesel-Pkw mit einem Rußfilter ausgestattet werden.

Die Schadstoffentstehung beim Verbrennungsablauf

Die Schadstoffentstehung und insbesondere die Rußpartikelemissionen werden vom Verbrennungsprozess im Dieselmotor beeinflußt. Dieser ist von vielen konstruktiven, kraftstoffeigenen und atmosphärischen Faktoren abhängig.
Die folgende Darstellung zeigt einen Überblick über die Ein- und Ausgangskomponenten des Dieselmotors beim Verbrennungsablauf.



Hinsichtlich der schädlichen Wirkung auf Umwelt und Gesundheit beinhaltet das Abgas des Dieselmotors unterschiedlich zu bewertende Bestandteile.
Als unschädlich sind die bereits in der Atmosphäre vorhandenen Komponenten Sauerstoff, Stickstoff und Wasser einzustufen.

Das Kohlendioxid, in der Atmosphäre als natürliches Gas enthalten, befindet sich bezüglich seiner Einstufung in einem Grenzbereich. Es ist zwar nicht giftig, gilt aber mit steigender Konzentration als einer der Verursacher des Treibhauseffektes.
Schädlich sind dagegen Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid, Stickoxide und Rußpartikel.

Schadstoffe im Abgas

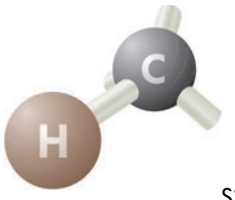
CO
Kohlenmonoxid



S336_014

Kohlenmonoxid (CO) entsteht bei Sauerstoffmangel infolge unvollständiger Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe. Es ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas.

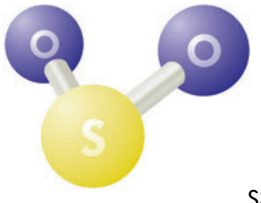
HC
Kohlenwasserstoffe



S336_016

Als Kohlenwasserstoffe werden eine Vielzahl von verschiedenen Verbindungen (zum Beispiel C_6H_6, C_8H_{18}) bezeichnet, die nach einer unvollständigen Verbrennung auftreten.

SO_2
Schwefeldioxid



S336_018

Schwefeldioxid entsteht durch die Verbrennung von schwefelhaltigem Kraftstoff. Es ist ein farbloses Gas mit stechendem Geruch. Der Anteil des Schwefels im Kraftstoff ist rückläufig.

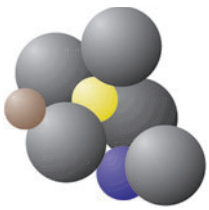
NO_x
Stickoxide



S336_020

Stickoxide (zum Beispiel NO, NO_2, . . .) entstehen durch hohen Druck, hohe Temperatur und Sauerstoffüberschuss während der Verbrennung im Motor.

Rußpartikel



S336_022

Bei Sauerstoffmangel kommt es infolge unvollständiger Verbrennung zur Bildung von Rußpartikeln.

Einleitung

Die Partikel

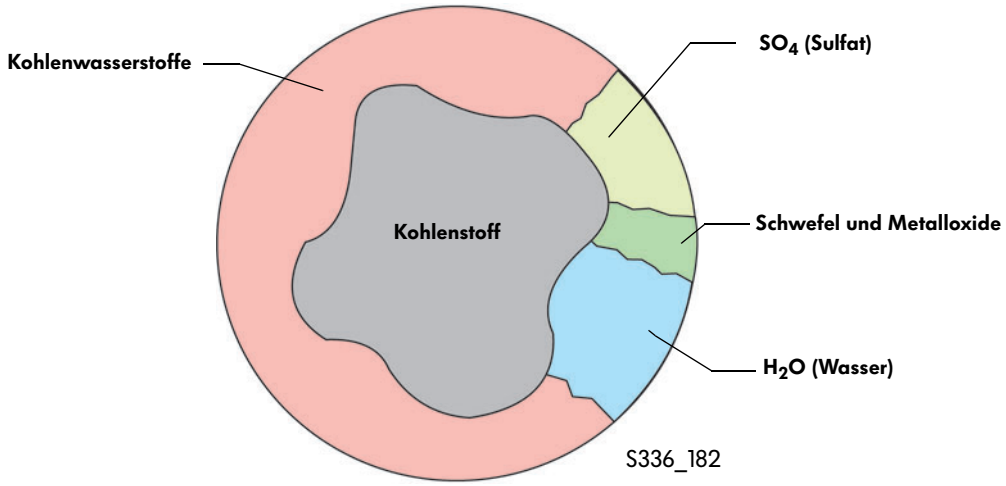
Partikel ist ein Überbegriff für alle kleinen Teilchen, fest oder flüssig, die durch Abrieb, Zerkleinerung, Erosion, Kondensation sowie durch eine unvollständige Verbrennung entstehen.
Diese Prozesse erzeugen Partikel mit unterschiedlichen Formen, Größen und Strukturen.

Partikel erhalten den Charakter von Luftschadstoffen, wenn sie so klein sind, dass sie in Gasen schweben und dem Organismus schaden können.

Die Rußpartikel

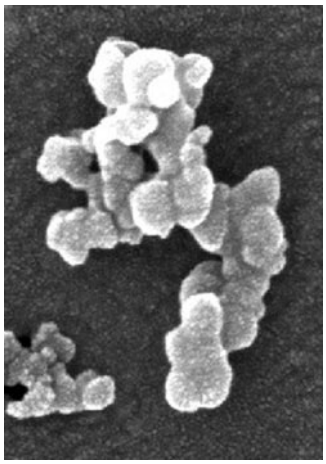
Beim Verbrennungsprozess eines Dieselmotors entstehen Rußpartikel. Rußpartikel sind mikroskopisch kleine Kohlenstoffkügelchen mit einem Durchmesser von ungefähr 0,05 µm. Sie bestehen im Kern aus reinem Kohlenstoff. An diesem Kern lagern sich verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen, Metalloxide und Schwefel an.

Einige Kohlenwasserstoffverbindungen werden als gesundheitlich bedenklich eingestuft.
Die genaue Zusammensetzung der Rußpartikel hängt von der Motortechnologie, den Einsatzbedingungen und dem Kraftstoff ab.



Rußpartikelentstehung

Die Rußpartikelbildung im Dieselmotor ist von den einzelnen Vorgängen der dieselmotorischen Verbrennung, wie Luftzufuhr, Einspritzung, Flammenausbreitung abhängig.
Die Verbrennungsgüte hängt davon ab, wie das Gemisch aus Luft und Kraftstoff gebildet wird.
Das Gemisch kann in einigen Bereichen des Brennraums zu fett sein, weil nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist.
Die Verbrennung bleibt dann unvollständig und es kommt zur Bildung von Rußpartikeln.



S336_013

Typisches Rußpartikel, das bei der dieselmotorischen Verbrennung entsteht

Die Masse und die Anzahl der Partikel hängen also grundsätzlich von der Qualität der motorischen Verbrennung ab. Das Pumpe-Düse-Einspritzsystem sorgt durch den hohen Einspritzdruck und einen Einspritzverlauf, der den Anforderungen des Motors entspricht, für eine effiziente Verbrennung und vermindert dadurch die Enstehung von Rußpartikeln beim Verbrennungsprozess.
Ein hoher Einspritzdruck und die damit verbundene feine Zerstäubung des Kraftstoffes führt aber nicht notwendigerweise zu kleineren Partikeln.
Messungen haben ergeben, dass die Größenverteilung der Partikel im Abgas unabhängig vom Verbrennungsprinzip des Motors, ob Wirbelkammer-, Common-Rail- oder Pumpe-Düse-Motoren, einander sehr ähneln.

Die Maßnahmen zur Partikelverringerung

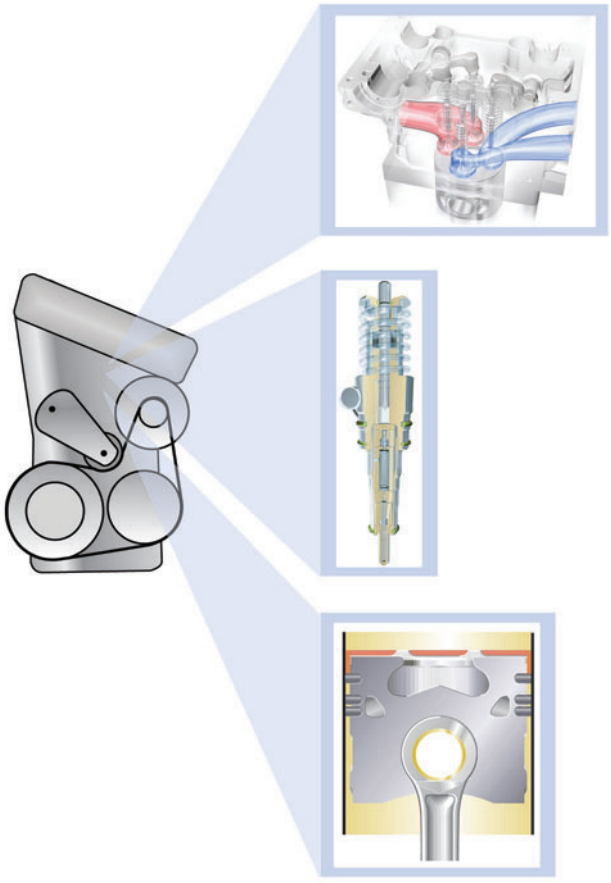
Die Verringerung der Abgasemission des Dieselmotors ist ein wichtiges Ziel bei dessen Weiterentwicklung.
Für die Senkung der Abgasemission gibt es eine Reihe verschiedener technischer Lösungen.
Dabei werden innermotorische und außermotorische Maßnahmen unterschieden.

Innermotorische Maßnahmen

Eine Emissionsreduzierung kann durch innermotorischen Maßnahmen erreicht werden.

Eine wirkungsvolle Optimierung der Verbrennung sorgt dafür, dass Schadstoffe erst gar nicht entstehen.

Zu den innermotorischen Maßnahmen zählen:



S336_045

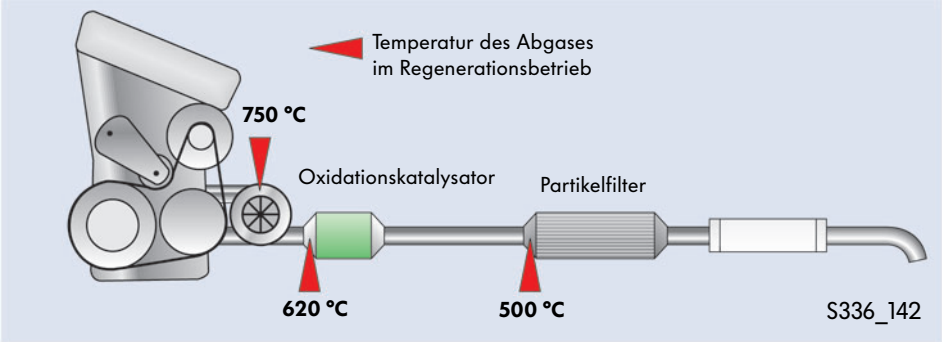
- die Gestaltung der Ein- und Auslasskanäle für optimale Strömungsverhältnisse,
- hohe Einspritzdrücke, zum Beispiel durch Pumpe-Düse-Technik,
- die Brennraumgestaltung, zum Beispiel die Verringerung des Schadraumes, Gestaltung der Kolbenmulde.

Außermotorische Maßnahmen

Die Freisetzung der bei der Verbrennung entstandenen Rußpartikel kann durch außermotorische Maßnahmen verhindert werden. Darunter versteht man die Reduktion der Rußpartikel durch ein Partikelfiltersystem.
Dabei werden zwei Systeme unterschieden – der Dieselpartikelfilter mit Additiv und der katalytisch beschichtete Dieselpartikelfilter. Auf den nachfolgenden Seiten wird Ihnen ausschließlich der Aufbau und die Funktionsweise des katalytisch beschichteten Dieselpartikelfilters erläutert.

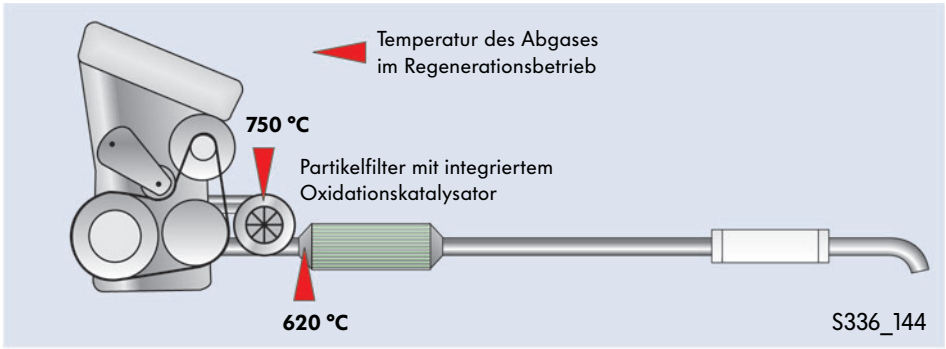
System mit Additiv

Dieses System kommt bei Fahrzeugen mit motorfernen Partikelfilter zum Einsatz. Aufgrund der langen Wegstrecke des Abgases vom Motor zum Partikelfilter, kann die erforderliche Zündtemperatur zur Verbrennung der Partikel nur mit der Zugabe eines Additivs erreicht werden.



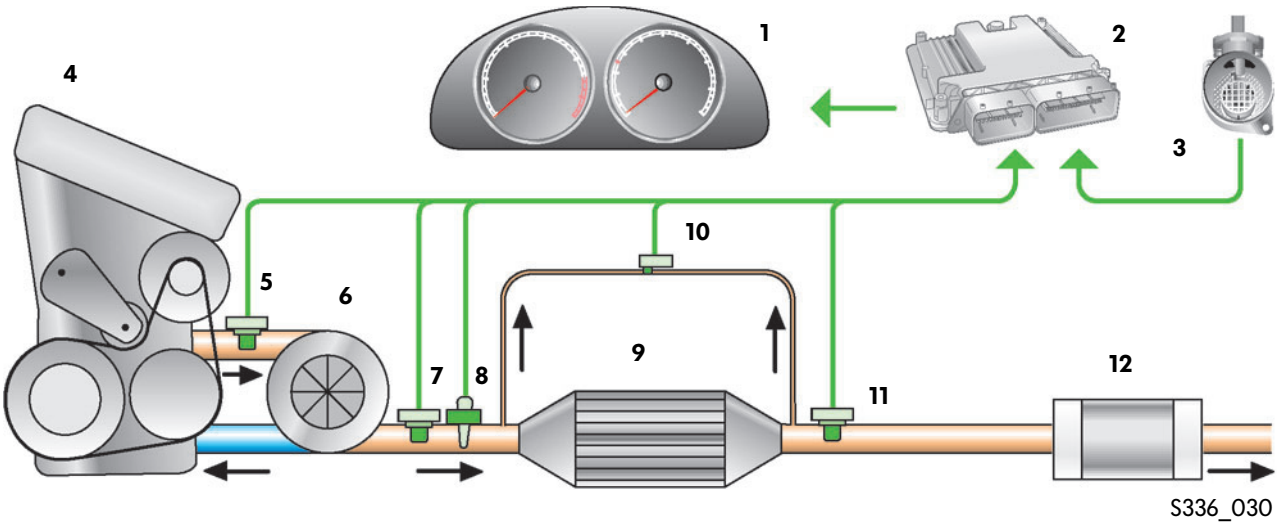
Katalytisch beschichtetes System

Dieses System kommt bei Fahrzeugen mit motornahem Partikelfilter zum Einsatz. Durch die kurze Wegstrecke des Abgases vom Motor zum Partikelfilter ist die Temperatur des Abgases zur Verbrennung der Partikel ausreichend hoch.



Das System des katalytisch beschichteten Dieselpartikelfilters

In der unten stehenden Übersicht sind die Komponenten des Dieselpartikelfilter-Systems dargestellt.



1 Steuergerät im Schalttafeleinsatz J285
2 Motorsteuergerät
3 Luftmassenmesser
4 Dieselmotor
5 Temperaturgeber vor Turbolader G507
6 Turbolader
7 Temperaturgeber vor Partikelfilter G506
8 Lambdasonde G39
9 Partikelfilter
10 Drucksensor 1 für Abgas G450
11 Temperaturgeber nach Partikelfilter G527
12 Schalldämpfer



Die Übersicht zeigt ein System mit einflutiger Abgasanlage. Bei mehrflutigen Abgasanlagen sind der Partikelfilter sowie die Sensoren an der Abgasanlage einmal je Abgasstrang vorhanden.

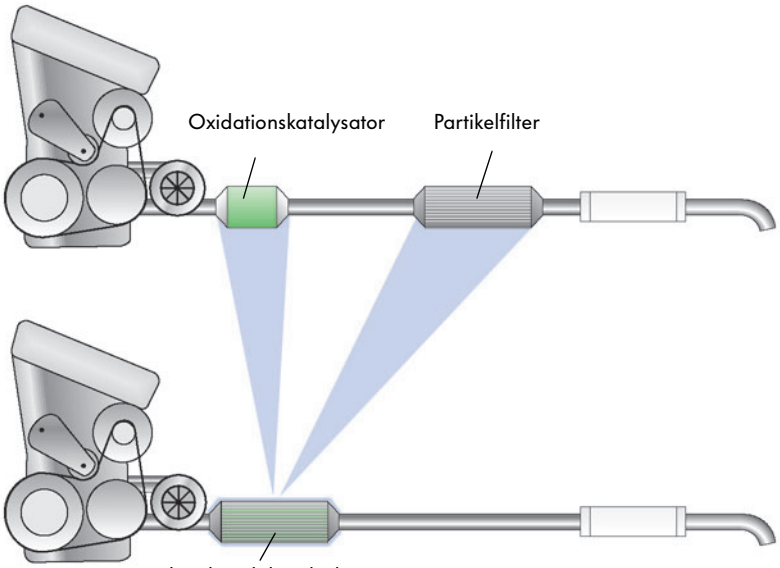
Der Partikelfilter



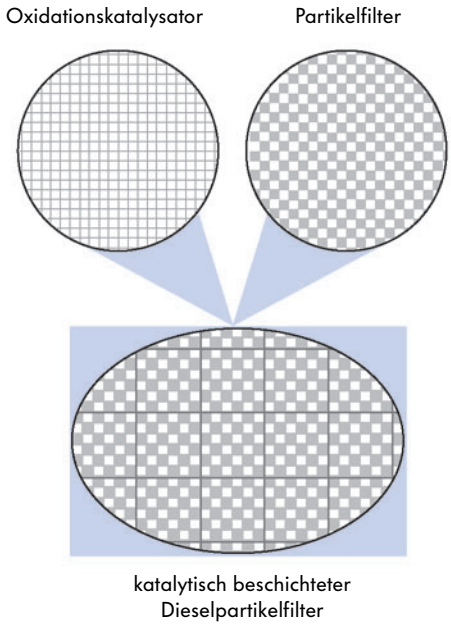
S336_039

Der katalytisch beschichtete Dieselpartikelfilter ist im Abgasstrang motornah nach dem Turbolader angeordnet.

Zwei Bauteile, der Oxidationskatalysator und der Partikelfilter, wurden zu einer Einheit kombiniert, dem katalytisch beschichteten Dieselpartikelfilter. Er vereint die Funktion des Oxidationskatalysators und des Dieselpartikelfilters in einem einzigen Bauteil.



S336_212



Als Dieselpartikelfilter filtert er die Rußpartikel aus dem Abgas. In der Funktion des Oxidationskatalysators reinigt er aus dem Abgas die Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO). Sie werden in Wasser (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2) umgewandelt.

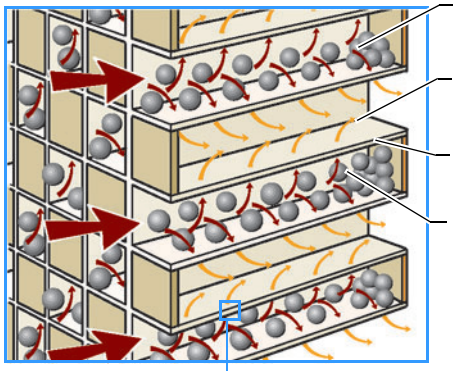


Detaillierte Informationen zum Thema Oxidationskatalysator finden Sie im Selbststudienprogramm Nr. 124 „Kat. - Dieselmotor“.

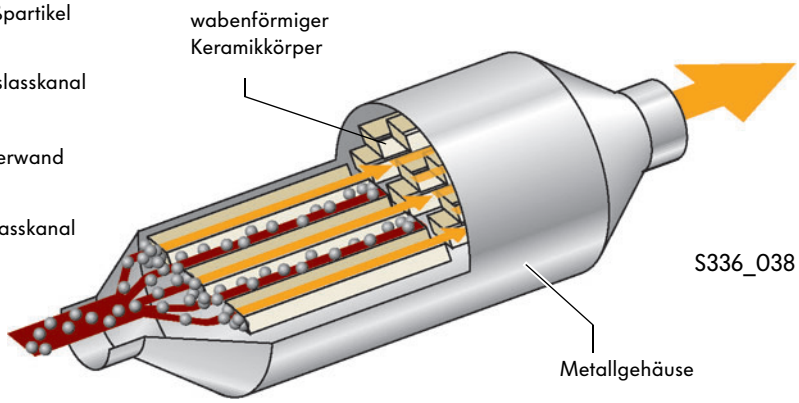
Konstruktion und Funktion

Aufbau

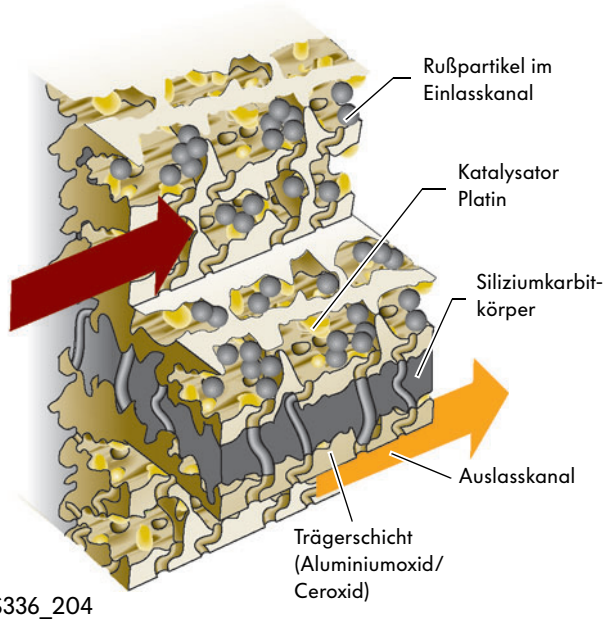
Der Dieselpartikelfilter besteht aus einem wabenförmigen Keramikkörper aus Siliziumcarbid, der sich in einem Metallgehäuse befindet. Der Keramikköper ist in eine Vielzahl von parallel angeordneten, kleinen Kanälen unterteilt, die wechselseitig verschlossen sind. Dadurch ergeben sich Einlass- und Auslasskanäle, die durch die Filterwände getrennt sind.



S336_154



S336_038



S336_204

Die Filterwände aus Siliziumkarbit sind porös.
Der Siliziumkarbitkörper ist mit einem Gemisch aus Aluminiumoxid und Ceroxid beschichtet.
Dieses Gemisch dient als Trägerschicht für den Katalysator. Die Trägerschicht ist mit dem Edelmetall Platin, welches als Katalysator dient, beschichtet.

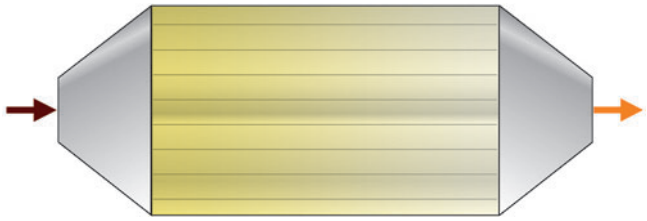
Ein Katalysator ist ein Stoff, der eine chemische Reaktion fördert oder hemmt, ohne sich dabei selbst zu verändern.

Funktion

Da die Kanäle abwechselnd in Einström- und Ausströmrichtung verschlossen sind, muss das rußbeladene Abgas durch die porösen Filterwände aus Siliziumkarbit strömen. Dabei werden die Rußpartikel im Gegensatz zu den gasförmigen Bestandteile in den Eingangskanälen zurückgehalten.

Die Beschichtungszonen im Dieselpartikelfilter

Der Dieselpartikelfilter benötigt eine bestimmte Länge, um ein großes Rußspeichervolumen zu erreichen. Weiterhin muß er mit einer bestimmten Menge Platin beschichtet werden, um den gewünschten katalytischen Effekt zu erreichen. Die katalytische Beschichtung des Dieselpartikelfilters ist über die Länge des Filters in Zonen aufgeteilt.



In der vorderen Zone befindet sich viel Platin in der hinteren Zone befindet sich wenig Platin.
Durch die zonenartige Beschichtung ergeben sich folgende Vorteile:

- Im Normalbetrieb des Motors erwärmt sich der Dieselpartikelfilter im vorderen Bereich schnell. Durch die hohe Konzentration des Katalysators Platin in dieser vorderen Zone hat der Filter eine schnelle katalytische Wirkung. Man spricht hier auch vom schnellen Anspringverhalten des Dieselpartikelfilters.

- Im Regenerationsbetrieb wird durch die Rußverbrennung der hintere Bereich des Dieselpartikelfilters sehr heiß. Durch diese hohen Temperaturen wird das Platin auf Dauer angegriffen. Deshalb wird in der hinteren Zone auf eine starke Beschichtung mit dem kostenintensiven Rohstoff Platin verzichtet.

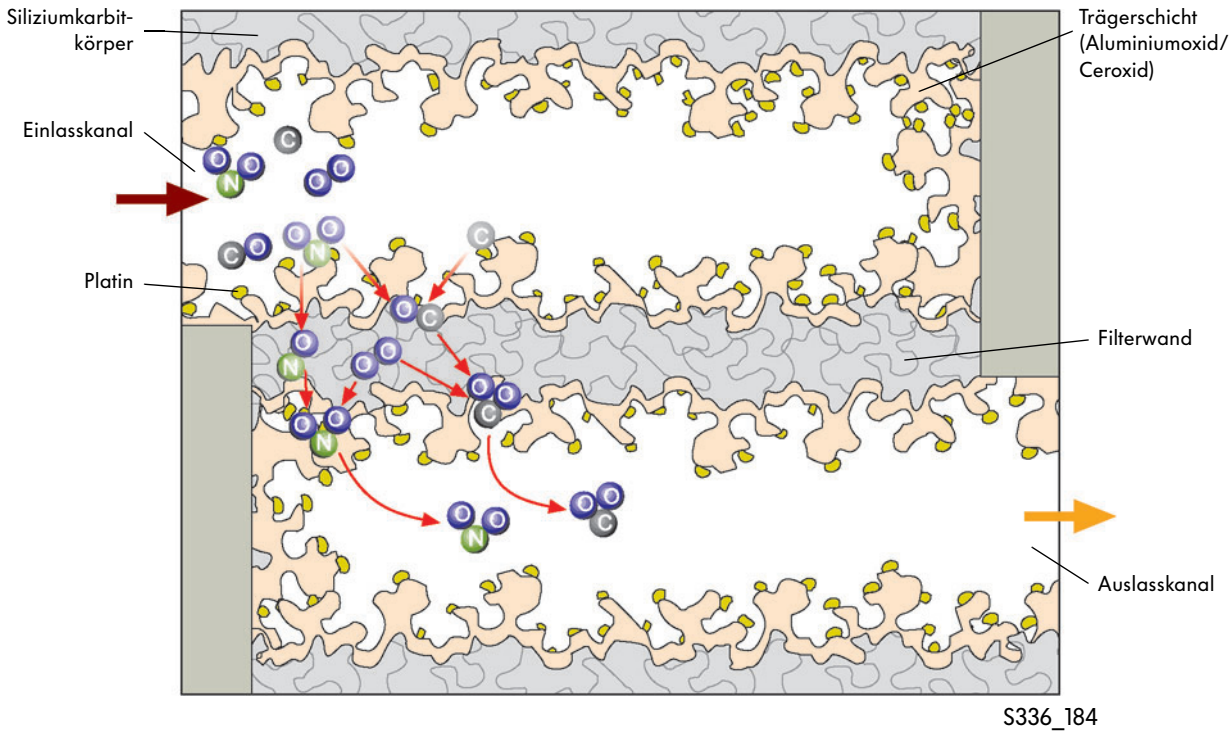
- Ein weiterer Grund für die geringe Platinmenge in der hinteren Zone ist die Alterung des Dieselpartikelfilters. Während seiner Laufzeit lagern sich immer mehr Verbrennungsrückstände im hinteren Bereich an, so dass hier die katalytische Wirkung des Platins beeinträchtigt wird.

Die Regeneration

Der Dieselpartikelfiter muss regelmäßig von den Rußpartikeln befreit werden, damit er nicht verstopft und in seiner Funktion nicht beeinträchtigt wird. Beim Regenerationsvorgang werden die im Partikelfilter gesammelten Partikel verbrannt (oxidiert). Bei der Regeneration des katalytisch beschichteten Partikelfilter wird die passive Regeneration und die aktive Regeneration unterschieden. Der Regenerationsvorgang wird vom Fahrer nicht bemerkt.

Passive Regeneration

Bei der passiven Regeneration werden die Rußpartikel, ohne Eingriff der Motorsteuerung, kontinuierlich verbrannt. Die motornahe Position des Partikelfilters sorgt dafür, dass beispielsweise bei Autobahnbetrieb Abgastemperaturen von 350-500 °C erreicht werden. Dabei werden die Rußpartikel durch eine Reaktion mit Stickstoffdioxid in Kohlendioxid umgewandelt. Dieser schrittweise Vorgang geschieht langsam und kontinuierlich über die Beschichtung aus Platin, das hierbei als Katalysator dient.



Funktion

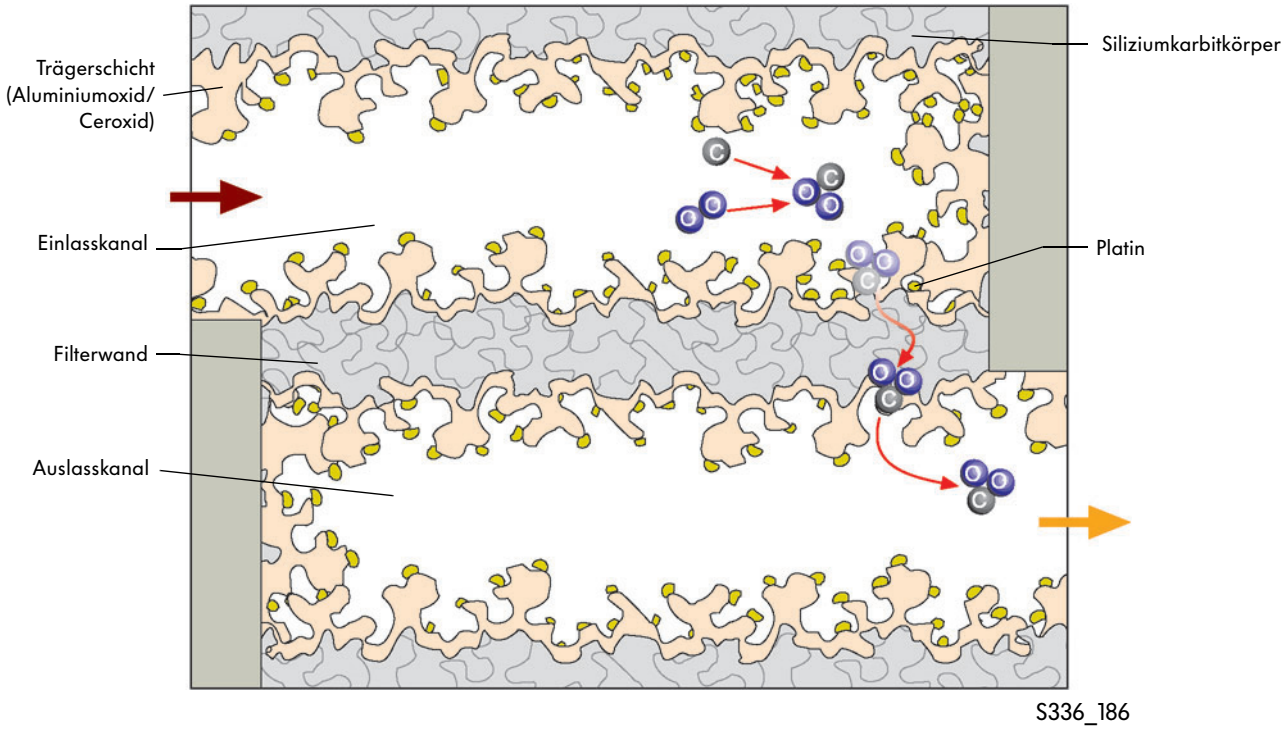
Aus dem im Abgas enthaltenen Stickoxiden (NO_X) und Sauerstoff (O_2) wird über die Plantinbeschichtung Stickstoffdioxid (NO_2) erzeugt.
$NO_X + O_2$ reagiert zu NO_2

Das Stickstoffdioxid (NO_2) reagiert mit dem Kohlenstoff (C) der Rußpartikel. Dabei entsteht Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffmonoxid (NO).
NO_2 + C reagiert zu CO + NO

Das Kohlenmonoxid (CO) und das Stickstoffmonoxid (NO) verbinden sich mit Sauerstoff (O_2) zu Stickstoffdioxid (NO_2) und Kohlendioxid (CO_2).
CO + NO + O_2 reagiert zu NO_2 + CO_2

Aktive Regeneration

Bei der aktiven Regeneration werden die Rußpartikel durch eine gezielte Anhebung der Abgastemperatur, über die Motorsteuerrung, verbrannt. Bei Stadtverkehr mit geringer Motorlast sind die Abgastemperaturen für eine passive Regeneration des Partikelfilters zu niedrig. Da keine Rußpartikel mehr abgebaut werden können, kommt es zu einer Rußanhäufung im Filter. Sobald eine bestimmte Rußbeladung im Filter erreicht ist, wird über die Motorsteuerung eine aktive Regeneration eingeleitet. Dieser Vorgang dauert etwa 10 Minuten.
Die Rußpartikel werden bei einer Abgastemperatur von 600-650 °C zu Kohlendioxid verbrannt.



Funktion

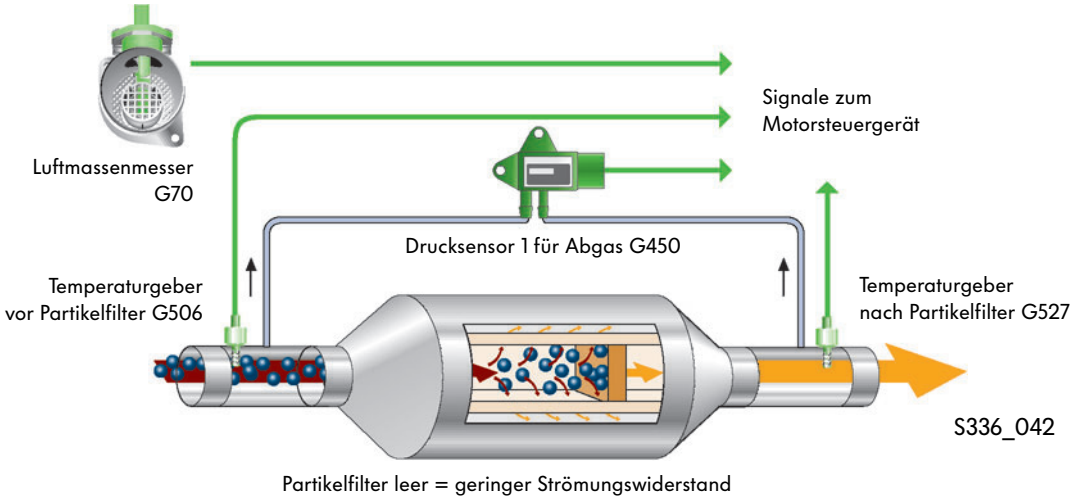
Bei der aktiven Regeneration werden die Rußpartikel durch die hohe Abgastemperatur verbrannt. Dabei oxidiert der Kohlenstoff der Rußpartikel mit Sauerstoff zu Kohlendioxid.
C + O_2 reagiert zu CO_2

Konstruktion und Funktion

Funktion der aktiven Regeneration

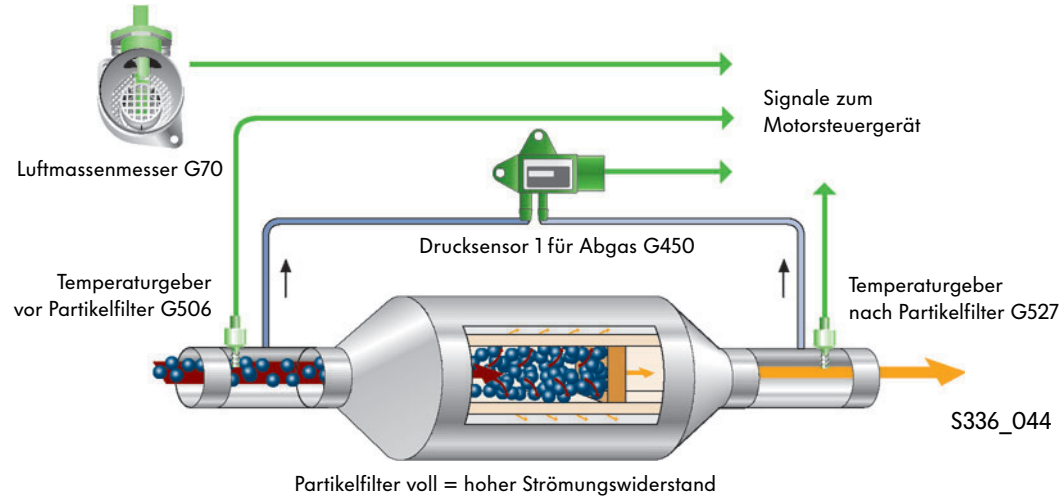
Die Rußpartikel werden in den Eingangskanälen zurückgehalten. Das Motorsteuergerät kann durch Auswertung der Signale des Luftmassenmessers, der Temperaturgeber vor und nach Partikelfilter sowie des Drucksensors 1 für Abgas die Rußbeladung des Dieselpartikelfilters erkennen.

Partikelfilter leer



Partikelfilter leer = geringer Strömungswiderstand

Partikelfilter voll



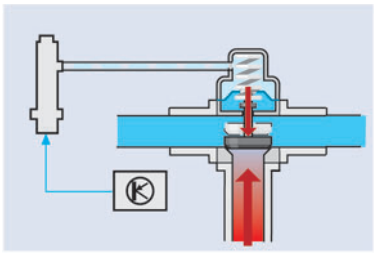
Partikelfilter voll = hoher Strömungswiderstand

Hat die Rußbeladung einen Grenzwert erreicht, wird durch die Motorsteuerung die aktive Regeneration eingeleitet.

Motorsteuerung bei der Einleitung der aktiven Regeneration

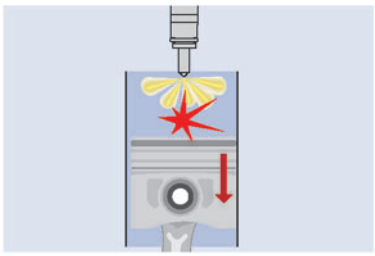
Aus dem Strömungswiderstand des Filters schließt das Motorsteuergerät auf den Beladungszustand des Filters. Ein hoher Strömungswiderstand deutet darauf hin, dass der Filter zu verstopfen droht. Das Motorsteuergerät leitet den aktiven Regenerationsvorgang ein. Dazu wird:

- die Abgasrückführung abgeschaltet, um die Verbrennungstemperatur zu erhöhen,



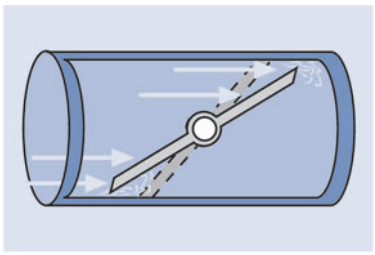
S336_124

- nach einer mengenreduzierten Haupteinspritzung, 35° Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Kolbens, eine Nacheinspritzung eingeleitet, um die Abgastemperatur zu erhöhen,



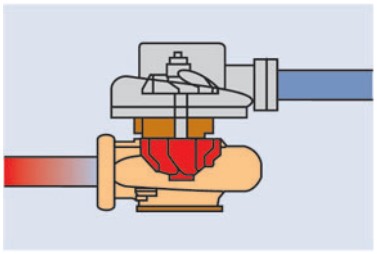
S336_126

- die Ansaugluftzufuhr durch die elektrische Drosselklappe geregelt und



S336_120

- der Ladedruck angepasst, damit sich das Drehmoment während des Regenerationsvorgangs für den Fahrer nicht spürbar verändert.



S336_122

Diese Maßnahmen führen zu einer gezielten, kurzzeitigen Erhöhung der Abgastemperatur auf etwa 600 °C bis 650 °C. In diesem Temperaturbereich oxidiert der gesammelte Ruß zu Kohlendioxid. Nach dieser aktiven Regeneration ist der Partikelfilter wieder einsatzbereit und kann erneut den Ruß aus dem Abgas filtern.

Die Rußbeladung des Partikelfilters

Die Rußbeladung des Partikelfilters wird ständig vom Motorsteuergerät durch die Berechnung des Strömungswiderstandes des Filters überwacht. Zur Ermittlung des Strömungswiderstandes wird der Abgasvolumenstrom vor dem Partikelfilter mit der Druckdifferenz vor und nach dem Partikelfilter ins Verhältnis gesetzt.

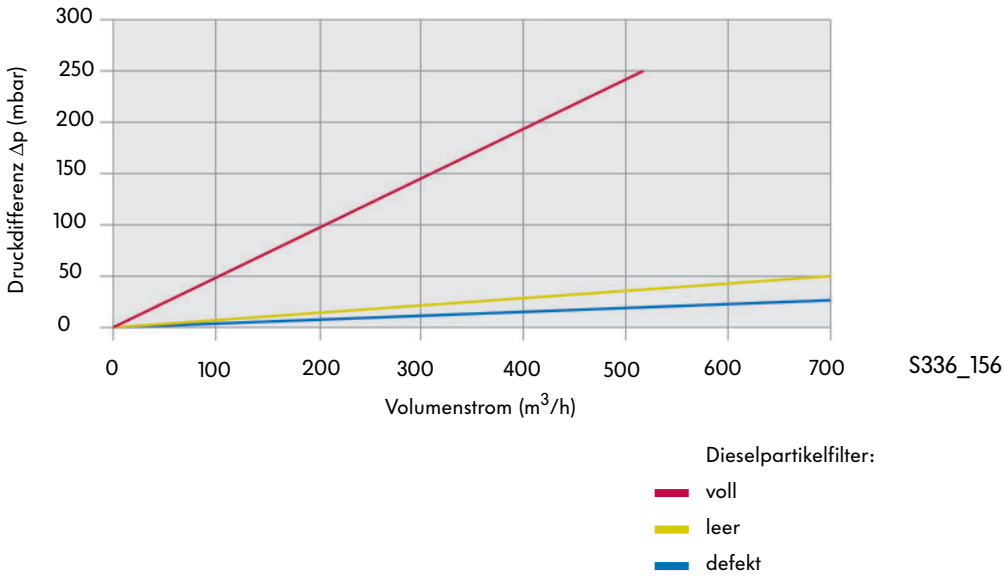
Druckdifferenz

Die Druckdifferenz des Luftstromes vor und nach dem Partikelfilter wird vom Drucksensor 1 für Abgas ermittelt.

Abgasvolumenstrom

Der Abgasvolumenstrom wird vom Motorsteuergerät aus dem Luftmassenstrom im Abgaskanal und der Abgastemperatur vor dem Partikelfilter errechnet. Der Massenstrom des Abgases entspricht in etwa dem Luftmassenstrom im Ansaugkanal, der vom Luftmassenmesser ermittelt wird. Das Volumen der Abgasmasse hängt von der jeweiligen Temperatur ab. Diese wird von den Temperaturgebern vor und nach Partikelfilter ermittelt. Unter Berücksichtigung der Abgastemperatur, kann das Motorsteuergerät aus dem Massenstrom des Abgases den Abgasvolumenstrom errechnen.

Strömungswiderstand des Partikelfilters

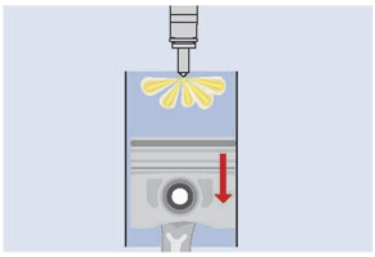


Das Motorsteuergerät setzt die Druckdifferenz mit dem Abgasvolumenstrom ins Verhältnis und erhält daraus den Strömungswiderstand des Partikelfilters. Aus dem Strömungswiderstand erkennt das Motorsteuergerät die Rußbeladung.

Die Nacheinspritzung im Schubbetrieb

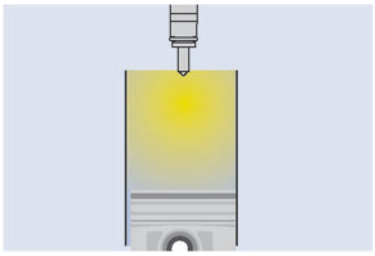
Bei extremen Stadtverkehr mit stark wechselnder Motorlast und einem hohen Anteil an Schubbetrieb sind besondere Maßnahmen zur Filterreinigung notwendig. Da im Schubbetrieb normalerweise kein Kraftstoff mehr in die Zylinder eingespritzt wird, erreicht das Abgas nicht die notwendige Temperatur zur Regeneration des Partikelfilters.

In der Schubphase wird, bei ca. 35° Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Kolbens, eine geringe Kraftstoffmenge eingespritzt.



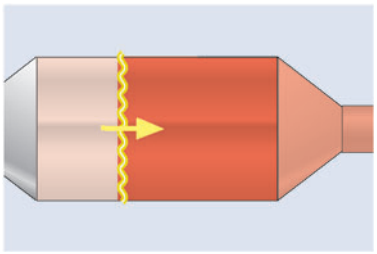
S336_128

Da keine Haupteinspritzung beim oberen Totpunkt des Kolbens erfolgt, verbrennt der Kraftstoff nicht im Zylinder, sondern er verdampft.



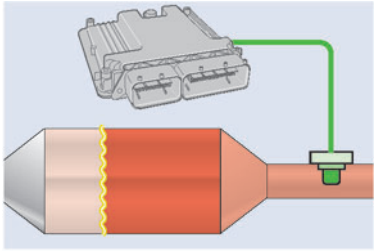
S336_130

Dieser Kraftstoffdampf verbrennt im Partikelfilter. Durch die dabei entstehende Wärme erreicht das Abgas die notwendige Temperatur zur Regeneration des Partikelfilters.



S336_202

Der Temperaturgeber nach Partikelfilter überwacht dabei die Abgastemperatur nach dem Partikelfilter. Damit wird die Nacheinspritzmenge im Schubbetrieb reguliert.

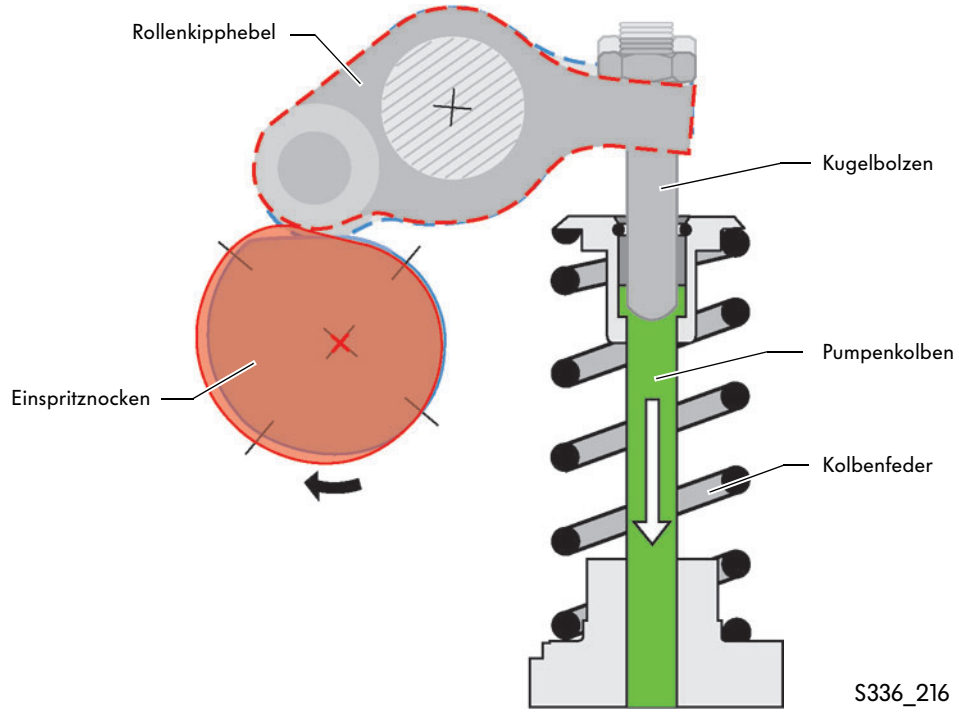


S336_200

Die Einspritznocken

Bei den Dieselmotoren mit Pumpe-Düse-Einspritzsystem und Dieselpartikelfilter ist die Kontur des Einspritznockens auf die Nacheinspritzung abgestimmt.

Im Vergleich zum Motor ohne Dieselpartikelfilter ist der Einspritznocken so gestaltet, dass die Abwärtsbewegung des Pumpenkolbens später beendet wird. Dadurch bleibt auch zu einem späten Zeitpunkt noch genügend Hub für die Nacheinspritzung zur Verfügung.

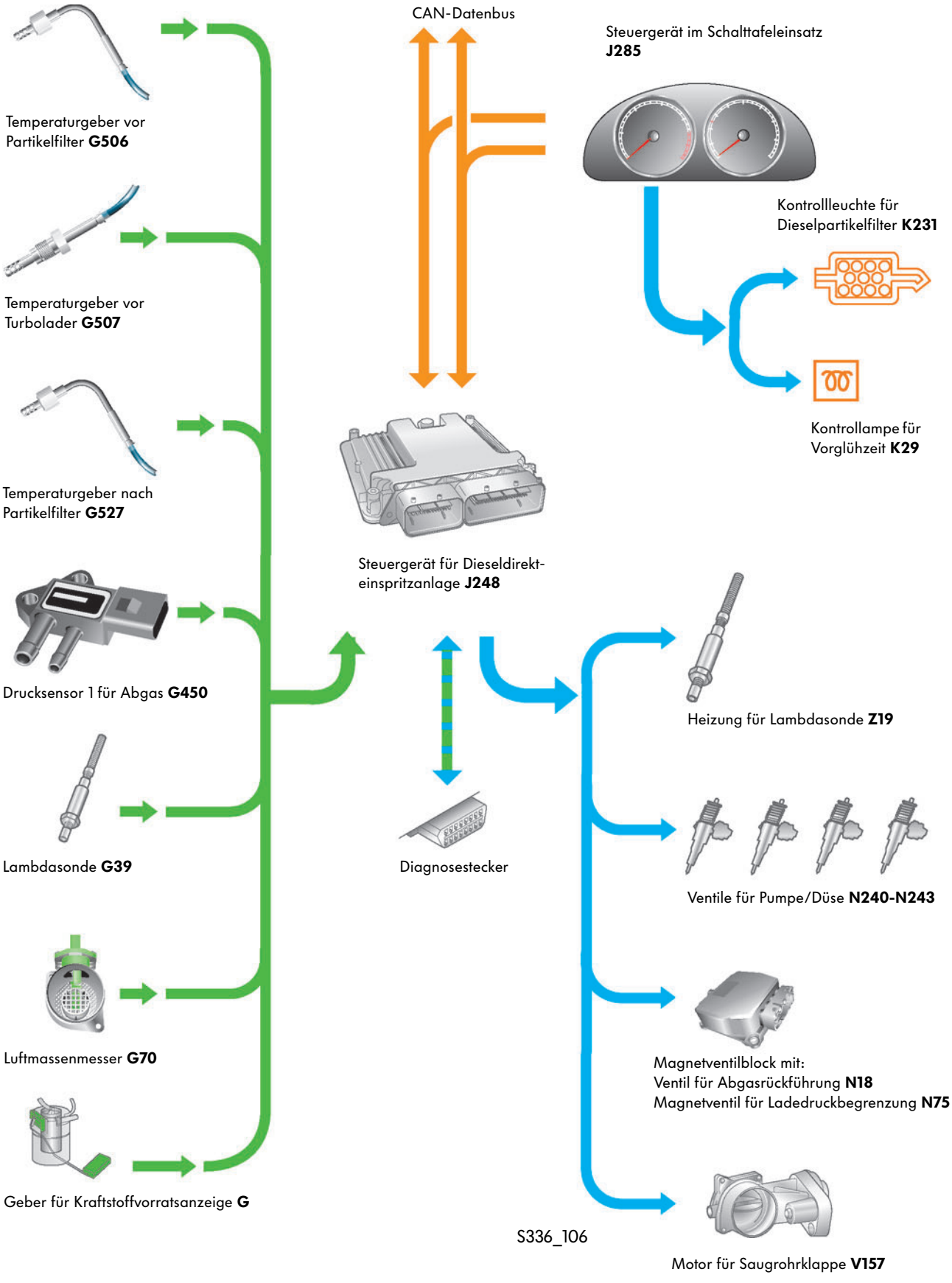


Kontur des Nockens bei Dieselmotoren mit Pumpe-Düse-Einspritzsystem ohne Dieselpartikelfilter

Kontur des Nockens bei Dieselmotoren mit Pumpe-Düse-Einspritzsystem mit Dieselpartikelfilter



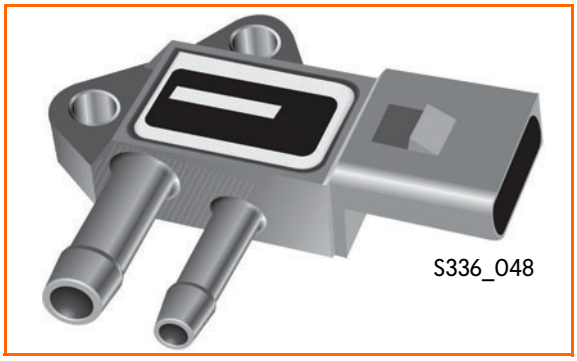
Bitte beachten Sie im Reparaturleitfaden die Einstellvorschriften beim Einbau der Pumpe-Düse-Einheit.


CAN-Datenbus
Steuergerät im Schalttafeleinsatz **J285**
Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter **K231**
Kontrollampe für Vorglühzeit **K29**
Temperaturgeber vor Partikelfilter **G506**
Temperaturgeber vor Turbolader **G507**
Temperaturgeber nach Partikelfilter **G527**
Drucksensor 1 für Abgas **G450**
Lambdasonde **G39**
Luftmassenmesser **G70**
Geber für Kraftstoffvorratsanzeige **G**
Steuergerät für Dieseldirekteinspritzanlage **J248**
Diagnosestecker
Heizung für Lambdasonde **Z19**
Ventile für Pumpe/Düse **N240-N243**
Magnetventilblock mit:
Ventil für Abgasrückführung **N18**
Magnetventil für Ladedruckbegrenzung **N75**
Motor für Saugrohrklappe **V157**
S336_106

Der Drucksensor 1 für Abgas G450

Signalverwendung

Der Drucksensor 1 für Abgas misst den Druckunterschied des Abgasstromes vor und nach dem Partikelfilter. Das Signal des Drucksensors für Abgas, die Signale der Temperaturgeber vor und nach Partikelfilter sowie das Signal des Luftmassenmessers bilden bei der Ermittlung des Beladungszustandes des Partikelfilters eine untrennbare Einheit.



Auswirkungen bei Signalausfall

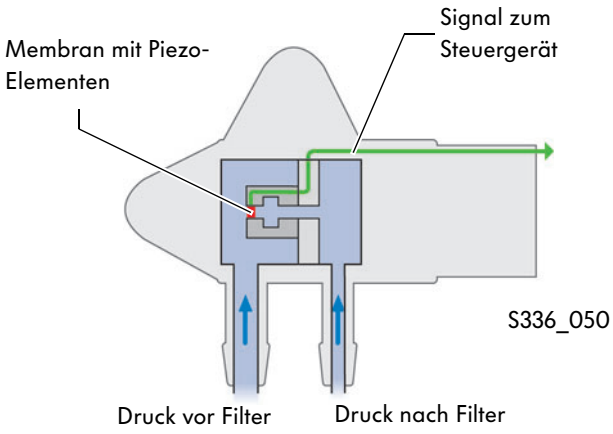
Fällt das Signal des Drucksenors für Abgas aus, erfolgt die Regeneration des Partikelfilters zunächst zyklisch nach gefahrener Strecke oder Betriebsstunden. Dauerhaft kann der Partikelfilter auf diese Weise aber nicht betriebssicher regeneriert werden.

Nach einer festgelegten Zyklenzahl wird zunächst die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter und nachfolgend die blinkende Kontrolllampe für Vorglühzeit im Schalttafeleinsatz angezeigt. Damit wird der Fahrer aufgefordert eine Werkstatt aufzusuchen.

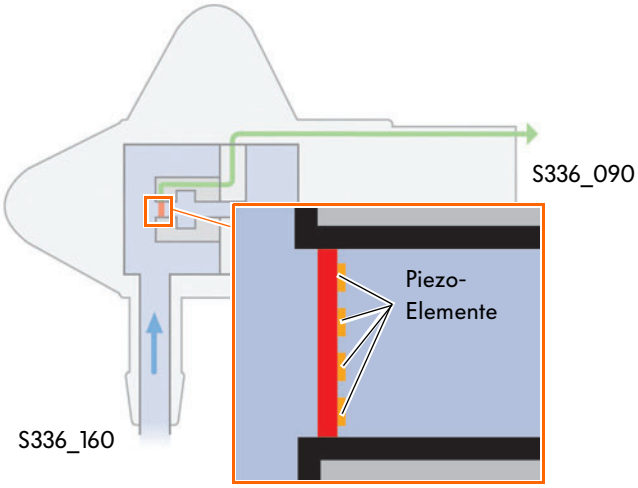
Aufbau

An dem Drucksensor 1 für Abgas befinden sich zwei Druckanschlüsse. Von einem führt eine Druckleitung zum Abgasstrom vor dem Partikelfilter und vom anderen zum Abgasstrom hinter dem Partikelfilter.

In dem Geber befindet sich eine Membran mit Piezo-Elementen, auf die die jeweiligen Abgasdrücke wirken.



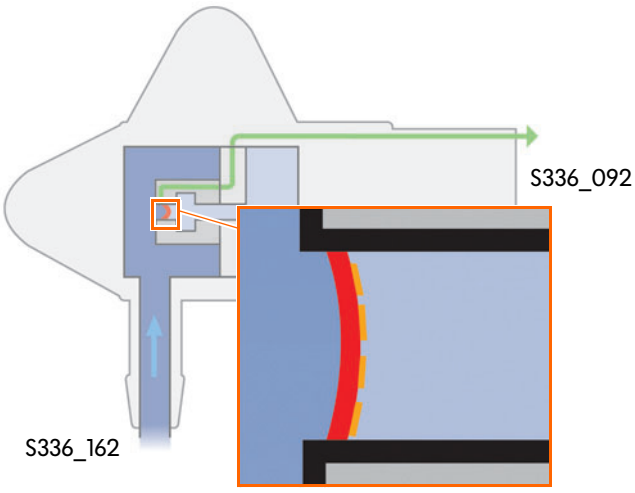
So funktioniert es:



Druck vor Filter = Druck nach Filter

Partikelfilter leer

Bei einem Partikelfilter mit sehr geringer Partikelbeladung ist der Druck vor und hinter dem Filter nahezu gleich.
Die Membran mit den Piezo-Elementen befindet sich in Ruhelage.



Druck vor Filter > Druck nach Filter

Partikelfilter voll

Hat sich Ruß im Partikelfilter angesammelt, steigt der Abgasdruck vor dem Filter durch ein verringertes Strömungsvolumen an.
Der Abgasdruck hinter dem Filter bleibt nahezu gleich. Die Membran verformt sich entsprechend dem Druckunterschied.
Diese Verformung verändert den elektrischen Widerstand der Piezo-Elemente, die zu einer Messbrücke verschaltet sind. Die Ausgangsspannung dieser Messbrücke wird durch die Sensor-Elektronik aufbereitet, verstärkt und dem Motorsteuergerät als Signalspannung gesendet. Aus diesem Signal ermittelt das Motorsteuergerät den Beladungszustand des Partikelfilters und leitet einen Regenerationsvorgang zur Reinigung des Filters ein.



Der Beladungszustand des Partikelfilters kann mit dem Fahrzeugdiagnose-, Mess- und Informationssystem VAS 5051 in einem Messwerteblock als „Partikelbeladungskoeffizient“ ausgelesen werden.

Sensoren und Aktoren

Der Temperaturgeber vor Partikelfilter G506





Der Temperaturgeber vor Partikelfilter ist ein PTC-Sensor. Bei einem Sensor mit PTC (Positiver Temperatur Coeffizient) steigt der Widerstand bei steigender Temperatur.

Er befindet sich im Abgasstrang vor dem Dieselpartikelfilter und misst dort die Temperatur des Abgases.

Signalverwendung

Aus dem Signal der Temperaturgeber vor und nach Partikelfilter errechnet das Motorsteuergerät den Abgasvolumenstrom, um daraus den Beladungszustand des Partikelfilters bestimmen zu können.

Die Signale der Temperaturgeber vor und nach Partikelfilter, das Signal des Luftmassenmessers sowie das Signal des Drucksensors für Abgas bilden bei der Ermittlung des Beladungszustandes des Partikelfilters eine untrennbare Einheit.

Außerdem wird das Signal als Bauteilschutz verwendet, um den Partikelfilter vor zu hohen Abgastemperaturen zu schützen.

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal des Temperaturgebers vor Partikelfilter aus, erfolgt die Regeneration des Partikelfilters zunächst zyklisch nach gefahrener Strecke oder Betriebsstunden.

Dauerhaft kann der Partikelfilter auf diese Weise aber nicht betriebssicher regeneriert werden. Nach einer festgelegten Zyklenzahl wird zunächst die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter und nachfolgend die blinkende Kontrolllampe für Vorglühzeit im Schalttafeleinsatz angezeigt. Damit wird der Fahrer aufgefordert, eine Werkstatt aufzusuchen.

Der Temperaturgeber nach Partikelfilter G527



S336_100



S336_189

Der Temperaturgeber nach Partikelfilter ist ein PTC-Sensor.

Er befindet sich im Abgasstrang nach dem Dieselpartikelfilter und misst dort die Temperatur des Abgases.

Signalverwendung

Das Motorsteuergerät verwendet das Signal des Temperaturgebers nach Partikelfilter, um damit die Einspritzmenge für die Nacheinspritzung im Schub zu regulieren.

Je höher die Abgastemperatur nach Partikelfilter ist, desto geringer ist die Einspritzmenge.

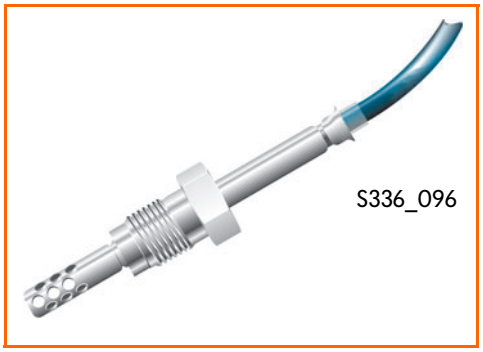
Das Signal des Temperaturgebers nach Partikelfilter wird als Bauteilschutz verwendet, um den Partikelfilter vor zu hohen Abgastemperaturen zu schützen.

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal des Temperaturgebers nach Partikelfilter aus, erfolgt die Regeneration des Partikelfilters zunächst zyklisch nach gefahrener Strecke oder Betriebsstunden.

Dauerhaft kann der Partikelfilter auf diese Weise aber nicht betriebssicher regeneriert werden. Nach einer festgelegten Zyklenzahl wird zunächst die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter und nachfolgend die blinkende Kontrolllampe für Vorglühzeit im Schalttafeleinsatz angezeigt. Damit wird der Fahrer aufgefordert, eine Werkstatt aufzusuchen.

Der Temperaturgeber vor Turbolader G507


S336_096


S336_215

Der Temperaturgeber vor Turbolader ist ein PTC-Sensor. Er befindet sich im Abgasstrang vor dem Turbolader und misst dort die Temperatur des Abgases.

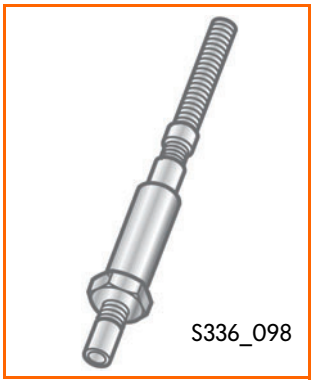
Signalverwendung

Das Motorsteuergerät benötigt das Signal des Temperaturgebers vor Turbolader zur Berechnung des Einspritzzeitpunktes und der Einspritzmenge für die Nacheinspritzung beim Regenerationsvorgang. Dadurch wird die nötige Temperaturerhöhung des Abgases zur Verbrennung der Rußpartikel erreicht. Außerdem wird durch das Signal der Turbolader vor unzulässig hohen Temperaturen während der Regeneration geschützt.

Auswirkungen bei Signalausfall

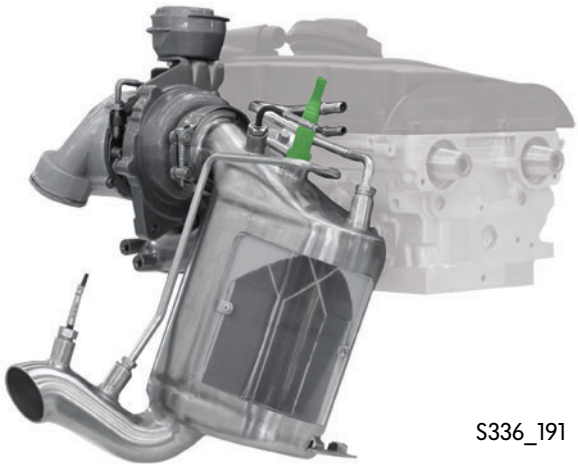
Bei Ausfall des Temperaturgebers vor Turbolader kann der Turbolader nicht mehr vor unzulässig hohen Temperaturen geschützt werden. Eine Regeneration des Dieselpartikelfilters findet nicht mehr statt.
Der Fahrer wird durch die Kontrollleuchte für Vorglühzeit aufgefordert eine Werkstatt aufzusuchen.
Um die Rußemissionen zu reduzieren, wird die Abgasrückführung abgeschaltet.

Die Lambdasonde G39



S336_098

Die Lambdasonde ist eine Breitband-Lambda-Sonde. Sie befindet sich im Abgaskrümmer vor dem Oxidationskatalysator.



S336_191

Signalverwendung

Mit der Lambdasonde kann der Sauerstoffanteil im Abgas über einen großen Messbereich bestimmt werden. Im Zusammenhang mit dem Dieselpartikelfilter-System verwendet das Motorsteuergerät das Signal der Lambdasonde zur genauen Berechnung der Menge und des Zeitpunktes für die Nacheinspritzung beim Regenerationsvorgang. Für eine wirkungsvolle Regeneration des Partikelfilters wird ein minimaler Sauerstoffgehalt im Abgas bei einer gleichbleibend hohen Abgastemperatur benötigt. Diese Regelung wird durch das Signal der Lambdasonde im Zusammenhang mit dem Signal des Temperaturgebers vor Turbolader ermöglicht.

Auswirkungen bei Signalausfall

Die Regeneration des Partikelfilters ist ungenauer, bleibt aber weiterhin betriebssicher.
Durch den Ausfall der Lambdasonde kann es zu erhöhten Stickoxidemissionen kommen.



Detaillierte Informationen zur Breitband-Lambda-Sonde finden Sie im Selbststudienprogramm Nr. 231 „Euro-On-Board-Diagnose für Ottomotore“.

Der Luftmassenmesser G70

Der Heißfilm-Luftmassenmesser ist im Ansaugkanal verbaut. Durch den Luftmassenmesser bestimmt das Motorsteuergerät die tatsächlich angesaugte Luftmasse.


S336_220

Signalverwendung

Im Zusammenhang mit dem Dieselpartikelfilter-System wird das Signal zur Berechnung des Abgasvolumenstroms verwendet, um daraus den Beladungszustandes des Partikelfilters bestimmen zu können.

Das Signal des Luftmassenmessers, die Signale der Temperaturgeber vor und nach Partikelfilter sowie das Signal des Drucksensors für Abgas bilden bei der Ermittlung des Beladungszustandes des Partikelfilters eine untrennbare Einheit.

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal des Luftmassenmessers aus, erfolgt die Regeneration des Partikelfilters zunächst zyklisch nach gefahrener Strecke oder Betriebsstunden.

Dauerhaft kann der Partikelfilter auf diese Weise aber nicht betriebssicher regeneriert werden. Nach einer festgelegten Zyklenzahl wird zunächst die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter und nachfolgend die blinkende Kontrolllampe für Vorglühzeit im Schalttafeleinsatz angezeigt. Damit wird der Fahrer aufgefordert, eine Werkstatt aufzusuchen.

Die Abgaswarnleuchte K83 (MIL)

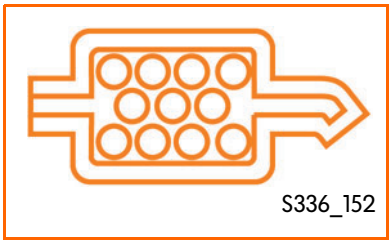
Die abgasrelevanten Bauteile des Dieselpartikelfilter-Systems werden im Rahmen der Euro-On-Board-Diagnose (EOBD) auf Ausfall und Fehlfunktionen überprüft.
Die Abgaswarnleuchte (MIL=Malfunktion Indicator light) zeigt von dem EOBD-System erkannte Fehler an.


S336_188



Detaillierte Informationen zur Abgaswarnleuchte und zum EOBD-System finden Sie im Selbststudienprogramm Nr. 315 „Euro-On-Board-Diagnose für Dieselmotore“.

Die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter V231


S336_152

Die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter befindet sich im Schalttafeleinsatz. Sie leuchtet auf, wenn der Dieselpartikelfilter durch extremen Kurzstreckenbetrieb nicht regenerieren kann.

Aufgabe

Bei längerem Kurzstreckenbetrieb kann die Regeneration des Dieselpartikelfilters beeinträchtigt werden, weil die Abgastemperatur nicht den notwendigen Temperaturwert erreicht. Da die Regeneration nicht stattfinden kann, ist eine Schädigung oder Blockade des Filters durch Russüberladung möglich. Um diese Fälle zu vermeiden, leuchtet die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter im Schalttafeleinsatz, wenn die Russbeladung einen bestimmten Grenzwert erreicht hat.

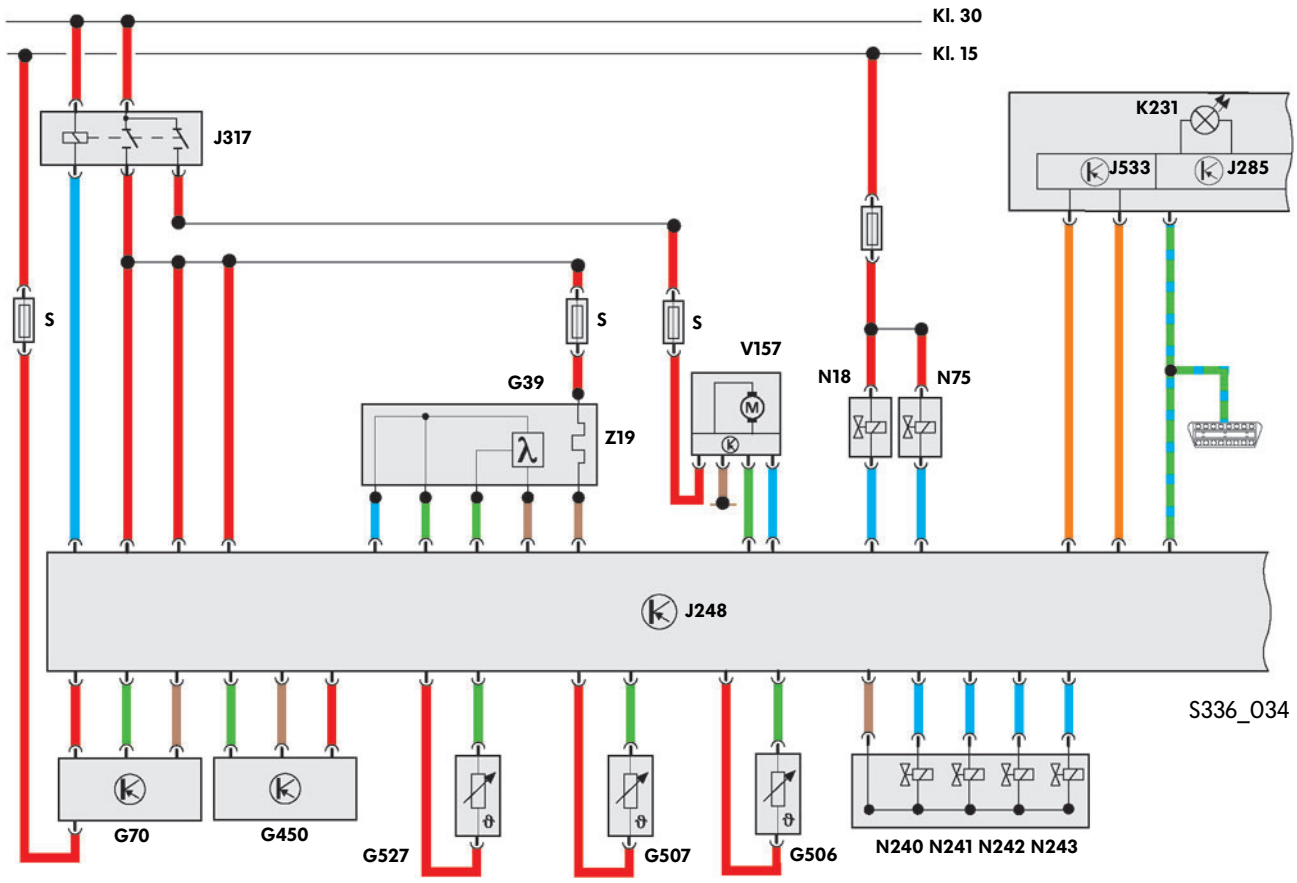
Mit diesem Signal wird der Fahrer aufgefordert, über einen Zeitraum von ca. 15 Minuten eine Geschwindigkeit von über 60 km/h möglichst gleichmäßig zu fahren. Die effektivste Reinigung des Filters lässt sich erzielen, wenn das Fahrzeug im 4. oder 5. Gang in einem Drehzahlbreich von ungefähr 2000 1/min betrieben wird.
Die Kontrollleuchte muss nach dieser Maßnahme erlöschen.

Erlischt die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter trotz dieser Maßnahme nicht, leuchtet die Kontrollampe für Vorglühzeit und im Display des Schalttafeleinsatzes erscheint der Text „Motorstörung Werkstatt“. Damit wird der Fahrer aufgefordert, die nächste Werkstatt aufzusuchen.



Die genauen Angaben zum Fahrverhalten bei aufleuchtender Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter entnehmen Sie bitte der Bedienungsanleitung des Fahrzeugs! In jedem Fall sind die Verkehrsvorschriften und die Geschwindigkeitsbegrenzungen zu beachten!

Funktionsplan



G39 Lambdasonde
G70 Luftmassenmesser
G450 Drucksensor 1 für Abgas
G506 Temperaturgeber vor Partikelfilter
G527 Temperaturgeber nach Partikelfilter
G507 Temperaturgeber vor Turbolader
J248 Steuergerät für Dieseldirekteinspritzanlage
J285 Steuergerät im Schalttafeleinsatz
J317 Relais für Spannungsversorgung Kl. 30
J533 Diagnose-Interface für Datenbus
K231 Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter
N240-N243 Ventile für Pumpe/Düse

N18 Ventil für Abgasrückführung
N75 Magnetventil für Ladedruckbegrenzung
V135 Pumpe für Additiv-Partikelfilter
V157 Motor für Saugrohrklappe
Z19 Heizung für Lambdasonde

Farbcodierung/Legende

= Eingangssignal
= Ausgangssignal
= Plus
= Masse
= CAN-Datenbus

Der Kurzstreckenbetrieb

Um den Regenerationsprozess im Dieselpartikelfilter einzuleiten, wird die Abgastemperatur durch eine gezielte Motorsteuerung erhöht.
Bei dauerhaften Kurzstreckenfahrten ist es nicht möglich, die Abgastemperatur in ausreichendem Maß anzuheben. Die Regeneration kann nicht erfolgreich stattfinden. Nachfolgende Regenerationen mit dann zu hoher Rußbeladung des Filters können bei der Verbrennung des Rußes zu Übertemperaturen und zur Schädigung des Partikelfilters führen. Oder der Filter kann bei zu hoher Beladung verstopfen. Diese Blockade des Filters kann zum Motorstillstand führen.
Um diese Fälle zu vermeiden, wird ab einem bestimmten Grenzwert der Filterbeladung oder ab einer bestimmten Anzahl erfolgloser Regenerationen die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter im Schalttafeleinsatz aktiviert.
Damit wird der Fahrer aufgefordert, für einen kurzen Zeitpunkt mit einer erhöhten Geschwindigkeit zu fahren, um somit die notwendige Abgastemperatur zur Regeneration des Dieselpartikelfilters zu erhöhen.

Die Kraftstofftauglichkeit

Es sollte darauf geachtet werden, dass der Kraftstoff der in der Bedienungsanleitung angegebenen DIN-Norm entspricht.

Ein Betrieb mit Biodiesel ist nicht möglich. Durch die Nacheinspritzung zur Regeneration des Dieselpartikelfilters kann es dazu kommen, dass an der Zylinderwand haftender, unverbrannter Kraftstoff durch die Kolbenbewegung in das Motoröl gelangt. Normaler Dieselkraftstoff dampft im Normalbetrieb weitgehend wieder aus dem Öl aus. Biodiesel kann aufgrund seiner höheren Siedetemperatur nicht vollständig ausdampfen. Dadurch kommt es zu einer Ölverdünnung, die zu einer Schädigung des Motors führen kann.

Enthält der Kraftstoff einen sehr hohen Schwefelgehalt, führt dies zu einer schlechteren Funktion des Partikelfiltersystems mit höherem Kraftstoffverbrauch durch vermehrte Regeneration.

Systemgrenzen

Die Emissionen

Bei dem Fahrzyklus mit Regeneration kann es zu erhöhten Emissionen kommen. Während der Regeneration findet eine Oxidation von Ruß zu Kohlendioxid (CO_2) statt. Steht nicht genügend Sauerstoff bei diesem Prozess zur Verfügung, entsteht auch Kohlenmonoxid (CO).

Durch Abschaltung der Abgasrückführung kommt es zu leicht erhöhten Stickoxid-Emissionen.

Zur Ermittlung der Abgasemission wird ein Emissionstest (NEFZ - Neuer Europäischer Fahrzyklus) durchgeführt. Dabei werden die Werte aus einem Zyklus ohne sowie mit Regenerationsprozess ausgewertet. Mit den gemittelten Werten muss das Fahrzeug die Abgasnorm EU4 erfüllen.

Prüfen Sie Ihr Wissen

1. Was ist unter dem Begriff „passive Regeneration“ des Dieselpartikelfilters zu verstehen?

☐ a) Die Rußpartikel werden im Dieselpartikelfilter gesammelt und beim nächsten Service-Intervall durch eine gezielt eingeleitete Verbrennung über das VAS 5051 verbrannt.

☐ b) Die Rußpartikel werden durch eine gezielte Anhebung der Abgastemperatur, über die Motorsteuerung, verbrannt.

☐ c) Die Rußpartikel werden ohne Eingriff der Motorsteuerung, kontinuierlich verbrannt.

2. Welche Aufgabe hat der Temperaturgeber nach Partikelfilter G527?

☐ a) Das Motorsteuergerät verwendet das Signal des Temperaturgebers nach Pratikelfilter, um damit die Einspritzmenge für die Nacheinspritzung im Schubbetrieb zu regulieren.

☐ b) Aus dem Signal des Temperaturgebers errechnet das Motorsteuergerät den Druckunterschied vor und nach Partikelfilter.

☐ c) Das Signal des Temperaturgebers dient dem Motorsteuergerät zur Bestimmung der Abgasrückführungsrate.

3. Welcher Stoff bewirkt die Verbrennung der Rußpartikel im katalytisch beschichteten Dieselpartikelfilter bei der passiven Regeneration?

☐ a) Additiv

☐ b) Platin

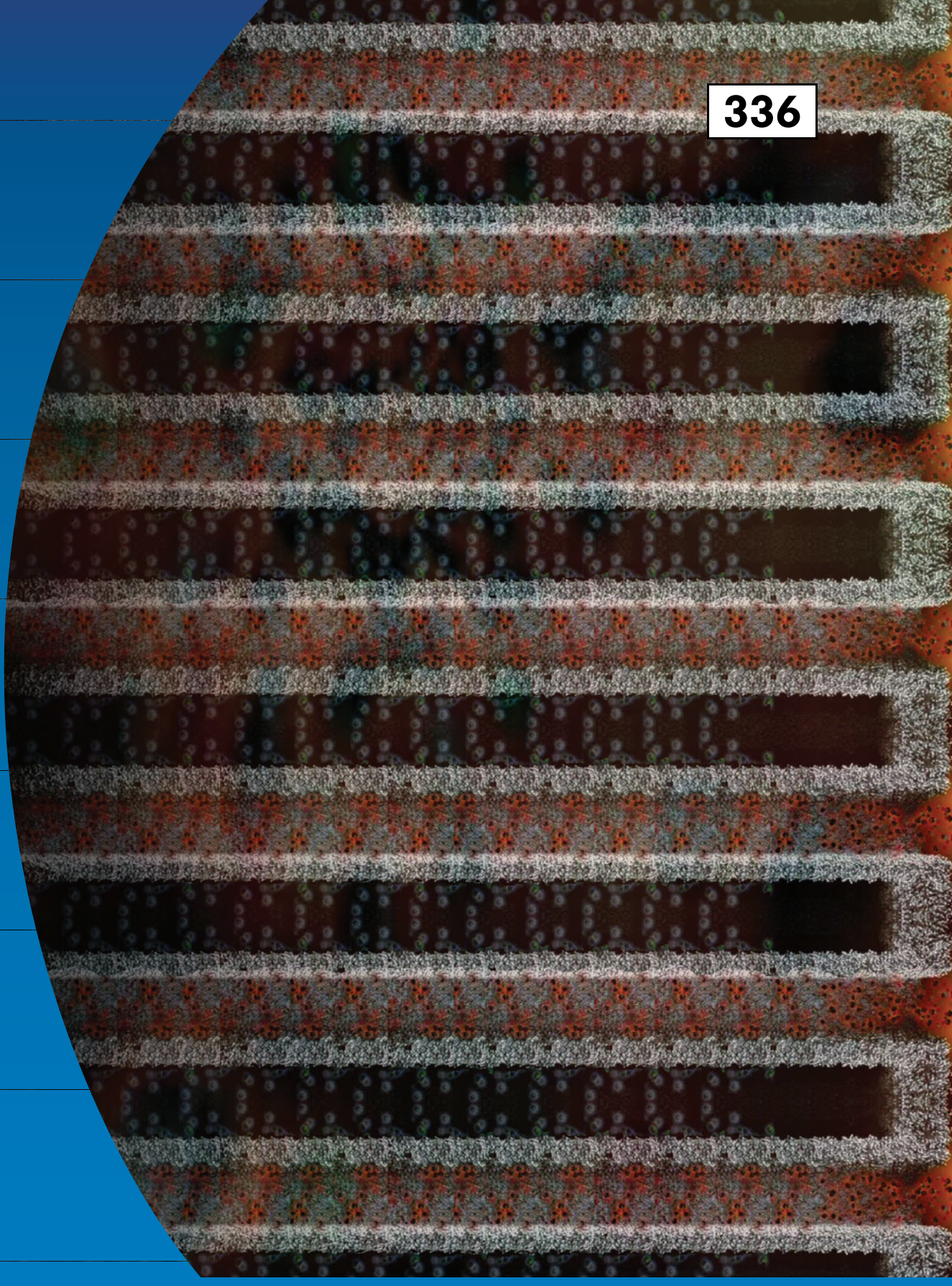
☐ c) Aluminiumoxid

☐ d) Schwefeldioxid

☐ e) Siliziumkarbit

Lösungen

1.) c; 2.) a; 3.) b



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg, VK-21 Service Training
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten
000.2811.51.00 Technischer Stand 02/05

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei
gebleichtem Zellstoff hergestellt.