Service.

Selbststudienprogramm 253

Die Benzin-Direkteinspritzung mit der Bosch Motronic MED 7

Konstruktion und Funktion



Bei der Motorenentwicklung ist das oberste Entwicklungsziel, den Kraftstoffverbrauch und damit auch die Abgasemissionen zu verringern.

Die Emissionen von Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Kohlenmonoxid werden durch einen Drei-Wege-Katalysator um bis zu 99% verringert.

Das bei der Verbrennung entstehende Kohlendioxid (CO_2), das für den Treibhauseffekt verantwortlich ist, kann jedoch nur durch die Senkung des Kraftstoffverbrauches verringert werden.

Das ist jedoch bei Systemen mit äußerer Gemischbildung (Saugrohreinspritzung) kaum noch möglich.

Deswegen werden beim Lupo FSI und beim Golf FSI erstmalig Motoren mit der Benzin-Direkteinspritzung Bosch Motronic MED 7 eingesetzt.

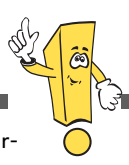
Mit ihr wird ein Einsparpotential von bis zu 15% gegenüber einem vergleichbaren Motor mit Saugrohreinspritzung erreicht.



253_135

In diesem Selbststudienprogramm zeigen wir Ihnen die Komponenten der Benzin-Direkteinspritzung mit der Bosch Motronic MED 7 im Lupo FSI und Golf FSI.

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**

Grundlagen 8

Motormanagement **16**

Systemübersicht 16

Motorsteuergerät. 18

Ansaugsystem 21

Kraftstoffsystem 31

Zündsystem 40

Abgassystem 41

Funktionsplan. 54

Eigendiagnose. 56

Prüfen Sie Ihr Wissen **58**

Einleitung

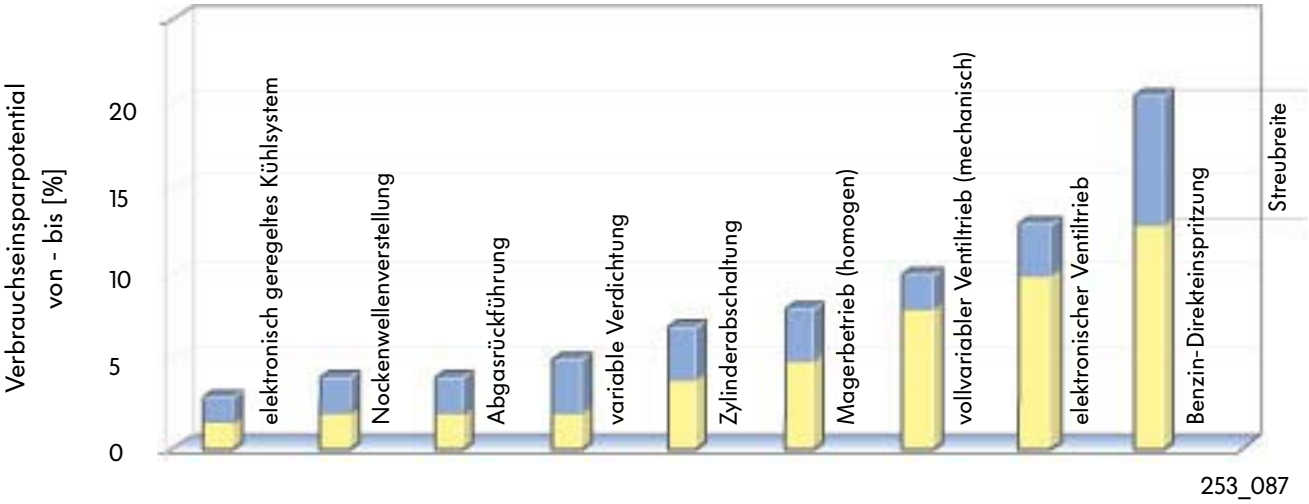
Warum die Benzin-Direkteinspritzung?

Das oberste Ziel bei der Motorenentwicklung ist es, den Kraftstoffverbrauch und die Abgasemissionen so gering wie möglich zu halten.

Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- Die Fahrzeugkosten werden durch den niedrigeren Kraftstoffverbrauch und die steuerliche Förderung von Fahrzeugen mit geringen Abgasemissionen verringert,
- eine geringere Umweltbelastung durch weniger ausgestoßene Schadstoffe und
- die Rohstoffreserven werden geschont.

In der Grafik sehen Sie Maßnahmen mit denen der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden kann.



- Das elektronisch geregelte Kühlsystem, die Nockenwellenverstellung und die Abgasrückführung werden bereits bei vielen Motoren eingesetzt.

- Die Zylinderabschaltung ist wegen der Laufruhe nur bei Mehrzylindermotoren sinnvoll. Bei Vierzylindermotoren müssen für eine verbesserte Laufruhe Ausgleichswellen eingesetzt werden.

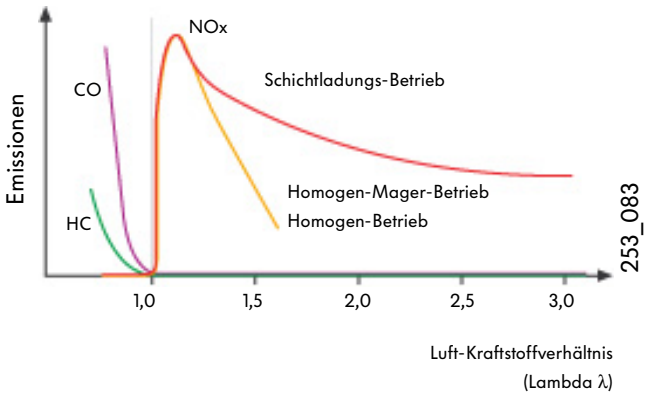
- Für die variable Verdichtung und die variablen Steuerzeiten sind sehr leistungsfähige mechatronische Bauteile mit einer entsprechenden Aktuatorik und Ansteuerung erforderlich.

- Die magerbetriebenen Motorenkonzepte wurden zu Gunsten der Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung aufgegeben.

- Die Benzin-Direkteinspritzung wird von Volkswagen favorisiert und ist die Einzelmaßnahme mit dem größten Einsparpotential, von bis zu 20%.

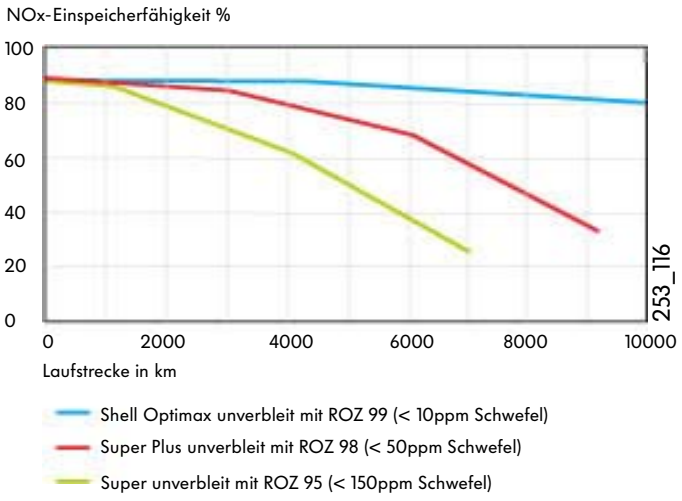
Warum setzt die Benzin-Direkteinspritzung bei Volkswagen erst jetzt ein?

Eines der Hauptprobleme bei der Benzin-Direkteinspritzung ist die Abgasnachbehandlung. Im Schichtladungs- und im Homogen-Mager-Betrieb können die bei der Verbrennung entstehenden Stickoxide durch einen herkömmlichen Drei- Wege-Katalysator nicht ausreichend in Stickstoff umgewandelt werden. Erst durch die Entwicklung des NOx-Speicherkatalysators wird auch in diesen Betriebsarten die Abgasnorm EU4 erfüllt. Dort werden die Stickoxide zwischengespeichert und durch gezielte Maßnahmen in Stickstoff umgewandelt.



Ein weiterer Grund ist die Schwefelproblematik im Kraftstoff. Wegen der chemischen Ähnlichkeit zu den Stickoxiden wird der Schwefel ebenfalls im NOx-Speicherkatalysator gespeichert und belegt die Plätze für die Stickoxide. Je mehr Schwefel im Kraftstoff ist, umso öfter muss der Speicherkatalysator regeneriert werden, was zusätzlich Kraftstoff kostet.

In der nebenstehenden Grafik sehen Sie den Einfluss des Schwefelgehaltes auf die Einspeicherungsfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators.



Wie geht es weiter mit der Benzin- Direkteinspritzung bei Volkswagen?

- Im Jahr 2000 Einsatz des 1,4l-77kW FSI-Motor im Lupo FSI
- Im Jahr 2002 Einsatz des 1,6l-81kW FSI-Motor im Golf FSI
- Im Jahr 2002 Einsatz des 1,4l-63kW FSI-Motor im Polo FSI
- Im Jahr 2003 Einsatz des 2,0l-105kW FSI-Motor im Passat FSI

Es ist das Ziel bis zum Jahr 2005 alle Ottomotoren auf die Benzin-Direkteinspritzung umzustellen.

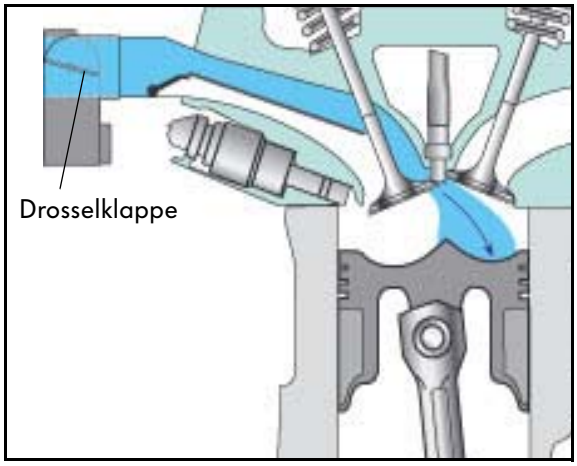
Einleitung

Die Vorteile der Benzin-Direkteinspritzung

Bei Volkswagen wird eine Kraftstoffersparnis von bis zu 15% erzielt. Auf den beiden folgenden Seiten sehen Sie die Einzelfaktoren mit denen das erreicht wird.

Entdrosselung im Schichtladungs- und im Homogen-Mager-Betrieb

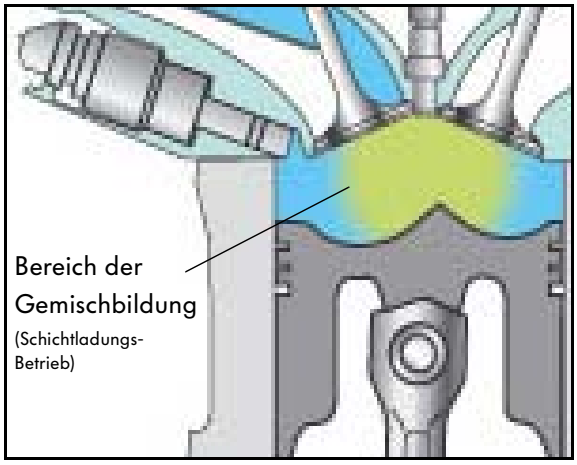
In diesen Betriebsarten wird mit einem Lambda zwischen 1,55 und 3 gefahren. Dadurch kann die Drosselklappe weiter geöffnet werden und die Luft wird gegen einen geringeren Widerstand angesaugt.



253_037

Magerbetrieb

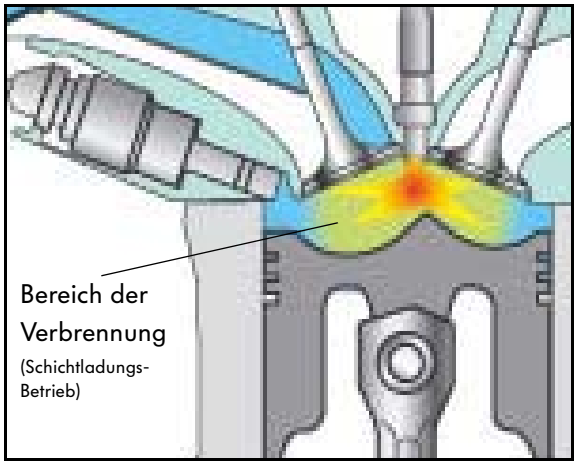
Der Motor wird im Schichtladungs-Betrieb mit einem Lambda zwischen 1,6 bis 3 und im Homogen-Mager-Betrieb mit einem Lambda von circa 1,55 betrieben.



253_040

Geringere Wandwärmeverluste

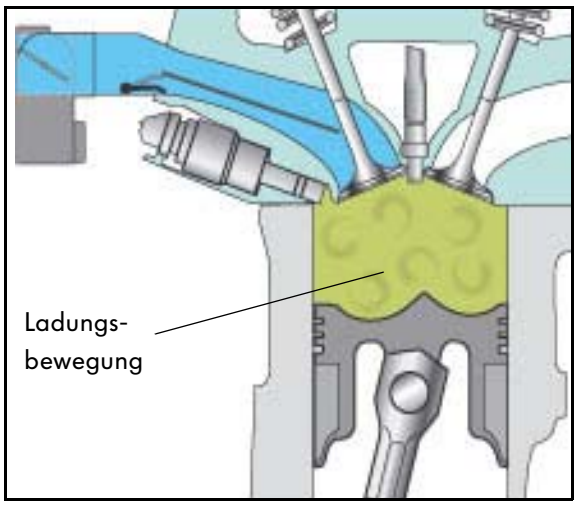
Da die Verbrennung im Schichtladungs-Betrieb nur im Bereich der Zündkerze stattfindet, treten an der Zylinderwand geringere Wärmeverluste auf und der thermische Wirkungsgrad steigt.



253_041

Homogen-Betrieb mit hohen Abgasführungsraten

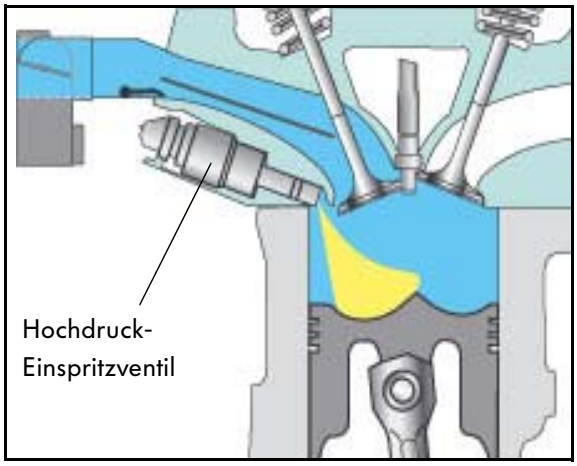
Durch die intensive Ladungsbewegung besitzt der Motor im Homogen-Betrieb eine hohe Abgasrückführungs-Verträglichkeit von bis zu 25%.
Um die gleiche Frischluftmenge anzusaugen wie bei geringen Abgasführungsraten, wird die Drosselklappe weiter geöffnet. Dadurch wird die Luft gegen einen geringen Widerstand angesaugt und die Drosselverluste nehmen ab.



253_044

Verdichtungsverhältnis

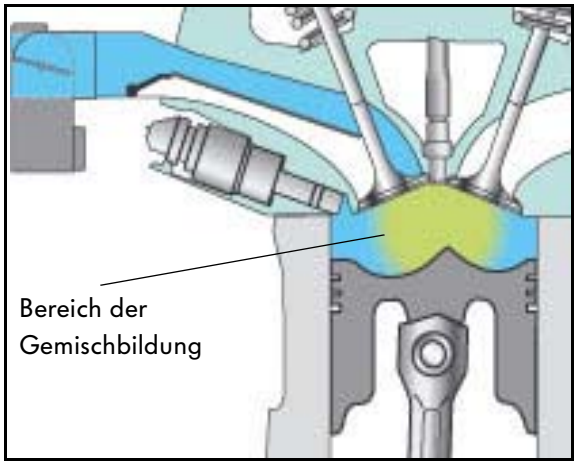
Durch das direkte Einspritzen des Kraftstoffes in den Zylinder wird der Ansaugluft Wärme entzogen und damit abgekühlt. Dadurch wird die Klopfneigung verringert und die Verdichtung kann erhöht werden. Ein höheres Verdichtungsverhältnis führt zu einem höheren Verdichtungsenddruck und steigert den thermischen Wirkungsgrad.



253_043

Erweiterte Schubabschaltung

Die Wiedereinsetzdrehzahl kann abgesenkt werden, weil sich beim Wiedereinsetzen kein Kraftstoff an den Brennraumwänden absetzt. Der Großteil des eingespritzten Kraftstoffes kann sofort in nutzbare Energie umgewandelt werden. Damit läuft der Motor auch bei geringeren Wiedereinsetzdrehzahlen sehr stabil.



253_040

Die Betriebsarten

Zu den beiden Betriebsarten "Schichtladungs-Betrieb" und "Homogen-Betrieb" ist beim 1,6l - 81kW FSI-Motor eine dritte Betriebsart hinzugekommen. Hierbei handelt es sich um den Homogen-Mager-Betrieb. Mit ihm wird der Kraftstoffverbrauch gegenüber dem Lambda=1-Betrieb mit Abgasrückführung weiter gesenkt.
Die jeweilige Betriebsart wählt das Motorsteuergerät je nach Drehmoment-/Leistungs-/Abgas- und Sicherheitsanforderungen aus.

Schichtladungs- Betrieb

Bis in den mittleren Last- und Drehzahlbereich läuft der Motor im Schichtladungs-Betrieb.

Durch die Gemischschichtung im Brennraum kann der Motor mit einem Gesamtlambda von etwa 1,6 bis 3 betrieben werden.

- Im Brennraumzentrum um die Kerze befindet sich ein gut zündfähiges Gemisch.
- Dieses Gemisch ist von einer äußeren Schicht umgeben, die sich idealerweise aus Frischluft und rückgeführtem Abgas zusammensetzt.

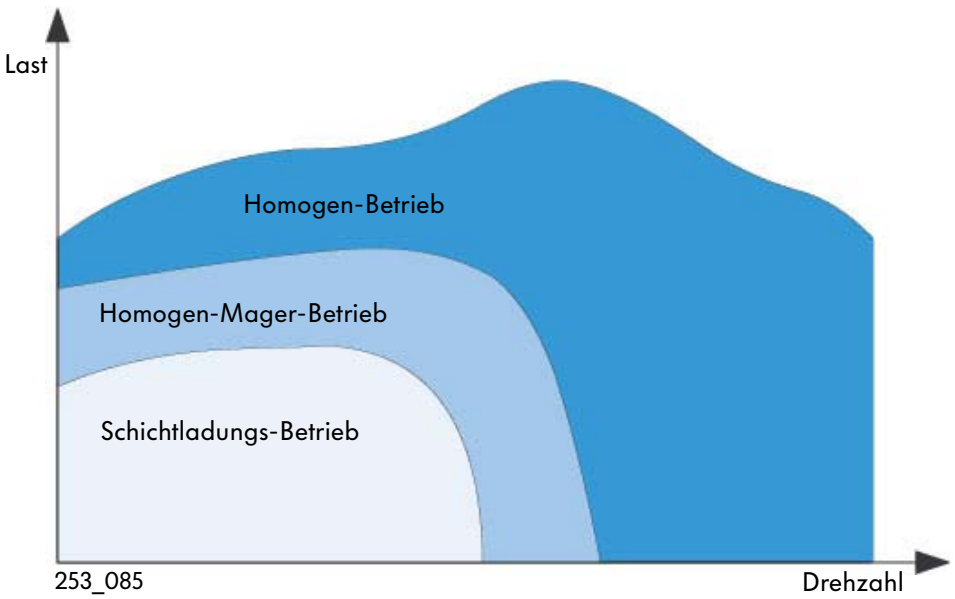
Homogen- Mager- Betrieb

Im Übergangsbereich zwischen dem Schichtladungs- und dem Homogen-Betrieb läuft der Motor im Homogen-Mager-Betrieb.

Das magere Gemisch ist homogen (gleichmäßig) im Brennraum verteilt. Das Luft- Kraftstoffverhältnis beträgt ungefähr Lambda 1,55.

Homogen- Betrieb

Bei höheren Lasten und Drehzahlen läuft der Motor im Homogen-Betrieb.
Das Luft-Kraftstoffverhältnis beträgt in dieser Betriebsart Lambda=1.



Das Brennverfahren

Das Brennverfahren beschreibt die Art und Weise mit der die Gemischbildung und die Energieumsetzung im Brennraum stattfindet.

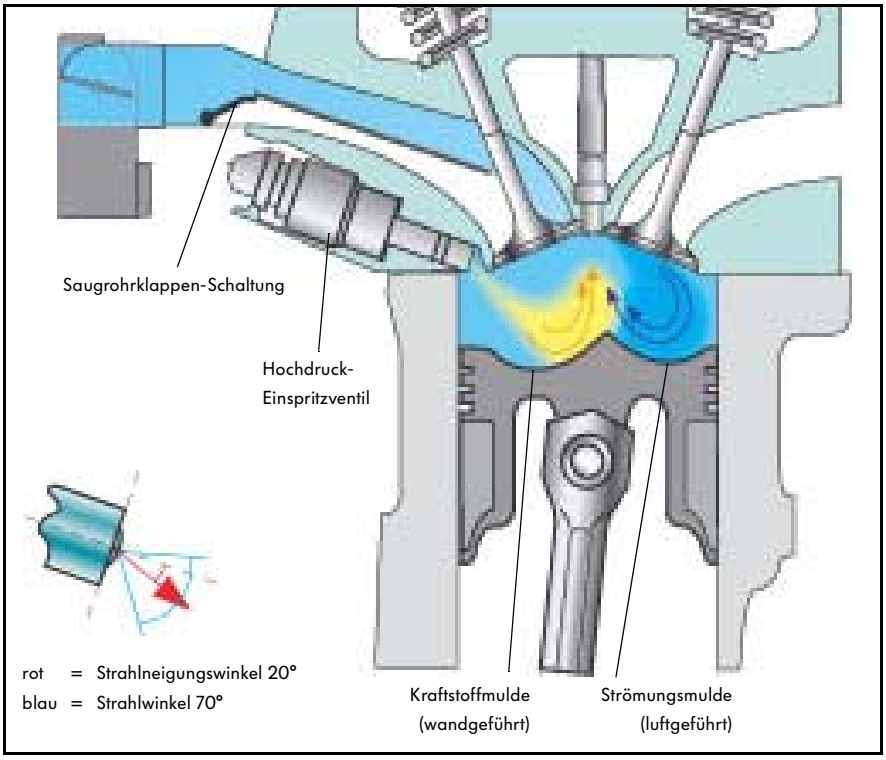
Im Homogen- und Homogen-Mager-Betrieb

wird der Kraftstoff während des Ansaugtaktes in den Zylinder eingespritzt und vermischt sich dort gleichmäßig mit der angesaugten Luft.

Beim Schichtladungs-Betrieb

wird das Luft-Kraftstoffgemisch durch das wand-luftgeführte Tumble-Brennverfahren im Bereich der Zündkerze positioniert. Das Einspritzventil ist so angeordnet, dass der Kraftstoff auf die Kraftstoffmulde (wandgeführt) gespritzt und von dort in Richtung Zündkerze geleitet wird.

Durch die Saugrohrklappen-Schaltung und die Strömungsmulde entsteht im Zylinder eine walzenförmige (tumble) Luftströmung. Mit dieser Luftströmung (luftgeführt) wird der Transport des Kraftstoffes zur Zündkerze unterstützt. Auf dem Weg dorthin erfolgt bereits die Gemischbildung.



253_039

Der Schichtladungs-Betrieb

Damit das Motormanagement in den Schichtladungs-Betrieb schaltet, müssen unter anderem einige wichtige Vorraussetzungen erfüllt sein:

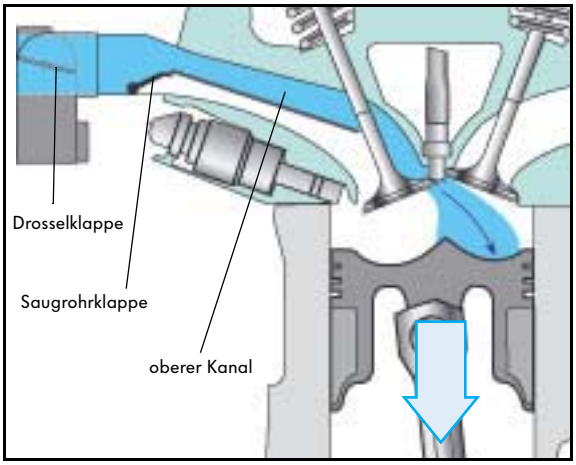
- Der Motor befindet sich im entsprechenden Last- und Drehzahlbereich,
- im System liegt kein abgasrelevanter Fehler vor,
- die Kühlmitteltemperatur beträgt über 50 °C,
- der NOx-Sensor ist betriebsbereit und
- die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators liegt zwischen 250 °C und 500 °C.

Sind die Vorraussetzungen erfüllt, kann in den Schichtladungs-Betrieb geschaltet werden.

Die Ansaugung

Im Schichtladungs-Betrieb wird die Drosselklappe möglichst weit geöffnet, um die Drosselverluste so gering wie möglich zu halten.

Die Saugrohrklappe verschließt den unteren Kanal im Zylinderkopf. Dadurch wird die Ansaugluft beschleunigt und strömt walzenförmig (tumble) über den oberen Kanal in den Zylinder.



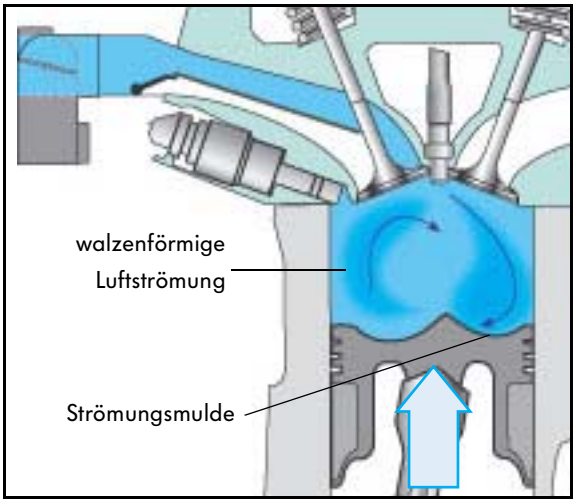
253_037



Die Drosselklappe kann nicht ganz geöffnet werden, da wegen der Aktivkohlebehälter-Anlage und wegen der Abgasrückführung ein gewisser Unterdruck immer vorhanden sein muss.

Die Luftströmung

Die walzenförmige Luftströmung wird im Zylinder durch die besondere Form des Kolbenbodens unterstützt und verstärkt.

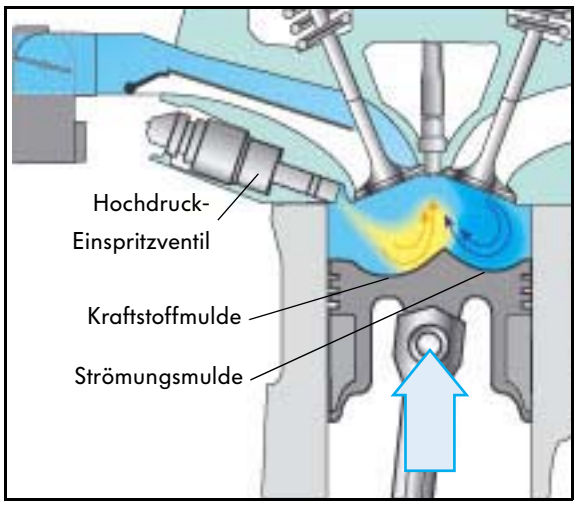


253_038

Die Einspritzung

Der Einspritzvorgang erfolgt im letzten Drittel des Verdichtungstaktes. Er beginnt circa 60° und endet circa 45° vor Zünd-OT.

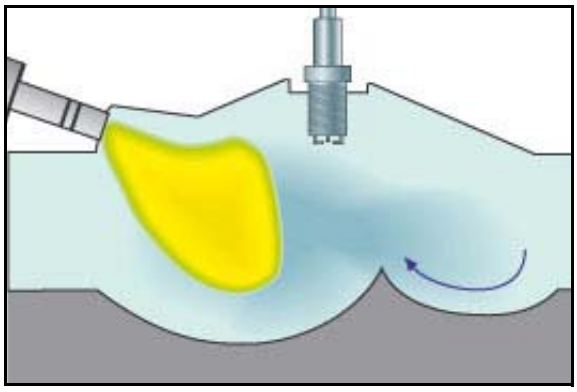
Der Einspritzzeitpunkt hat einen großen Einfluss auf die Lage der Gemischwolke im Bereich der Zündkerze.



253_039

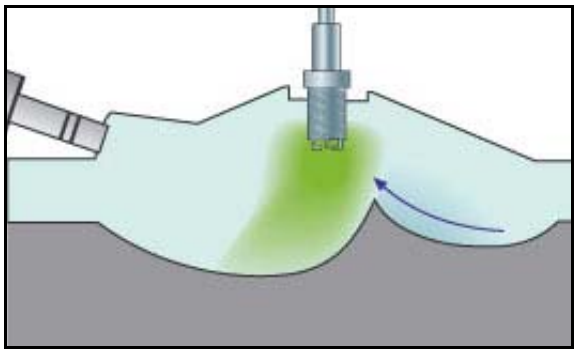
Der Kraftstoff wird in Richtung Kraftstoffmulde gespritzt.

Die gewünschte Ausbreitung der Gemischwolke wird durch die Geometrie des Einspritzventils erreicht.



253_086

Durch die Kraftstoffmulde und die aufwärtsgerichtete Kolbenbewegung wird der Kraftstoff in Richtung Zündkerze geleitet. Unterstützt wird dieser Vorgang durch die walzenförmige Luftströmung die den Kraftstoff ebenfalls zur Zündkerze leitet. Auf dem Weg zur Zündkerze vermischt sich der Kraftstoff mit der angesaugten Luft.



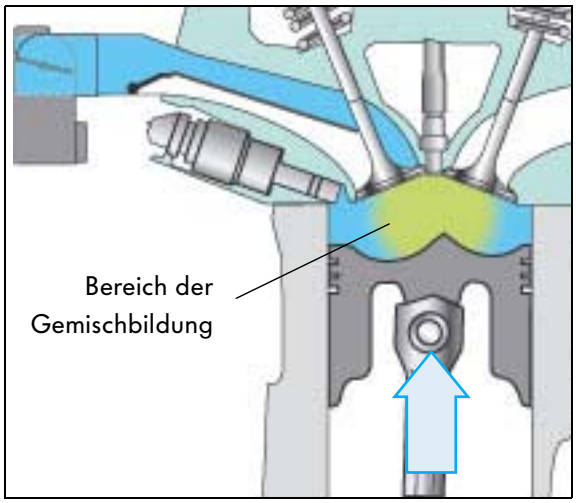
253_086

Die Gemischbildung

Für die Gemischbildung stehen im Schichtladungs-Betrieb nur 40° - 50° Kurbelwinkel zur Verfügung. Dies ist entscheidend für die Zündfähigkeit des Gemisches. Bei einer kürzeren Zeit zwischen Einspritzung und Zündung ist das Gemisch aufgrund einer nicht ausreichenden Aufbereitung noch nicht zündfähig. Eine längere Zeit würde zu einer weiteren Homogenisierung im gesamten Brennraum führen.

Deshalb entsteht im Brennraumzentrum um die Zündkerze eine gut zündfähige Gemischwolke. Sie ist umgeben von einer äußeren Schicht, die sich idealerweise aus Frischluft und rückgeführtem Abgas zusammensetzt.

Das Luft-Kraftstoffverhältnis liegt im gesamten Brennraum zwischen λ=1,6 und 3.

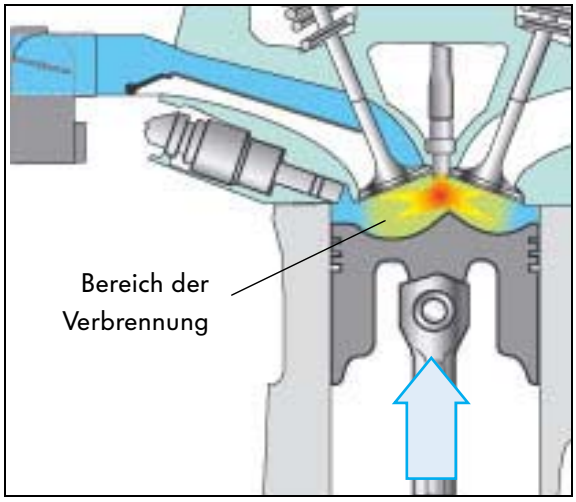


253_040

Die Verbrennung

Nach der genauen Positionierung des Luft-Kraftstoffgemisches im Bereich der Zündkerze erfolgt die Zündung.
Dabei wird nur die Gemischwolke entzündet, während die restlichen Gase als isolierende Hülle wirken. Dadurch werden die Wandwärmeverluste reduziert und der thermische Wirkungsgrad des Motors erhöht.

Der Zündzeitpunkt liegt durch das späte Einspritzende und die Zeit für die Gemischbildung zum Ende des Verdichtungstaktes in einem engen Kurbelwinkelfenster.



253_041



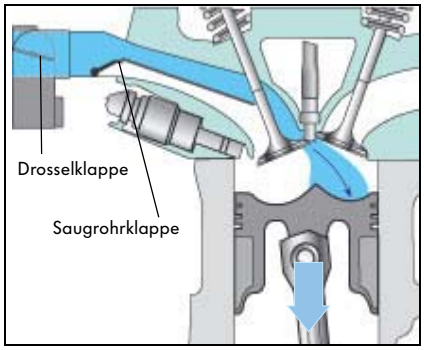
Das Drehmoment, das der Motor erzeugt, wird in dieser Betriebsart nur über die eingespritzte Kraftstoffmenge bestimmt. Die angesaugte Luftmasse und der Zündwinkel haben hier nur eine geringe Bedeutung.

Der Homogen-Mager-Betrieb

befindet sich im Kennfeld zwischen Schichtladungs- und Homogen-Betrieb. Dabei liegt im gesamten Brennraum ein homogenes mageres Gemisch vor. Das Luft-Kraftstoffverhältnis beträgt hierbei circa $\lambda = 1{,}55$. Es gelten die gleichen Voraussetzungen wie beim Schichtladungs-Betrieb.

Die Ansaugung

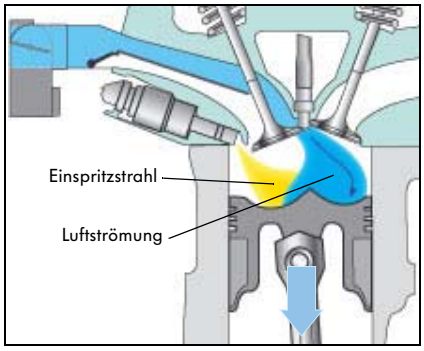
Wie beim Schichtladungs-Betrieb ist die Drosselklappe möglichst weit geöffnet und die Saugrohrklappe geschlossen. Dadurch werden zum einen die Drosselverluste verringert und zum anderen eine intensive Luftströmung im Zylinder erreicht.



253_037

Die Einspritzung

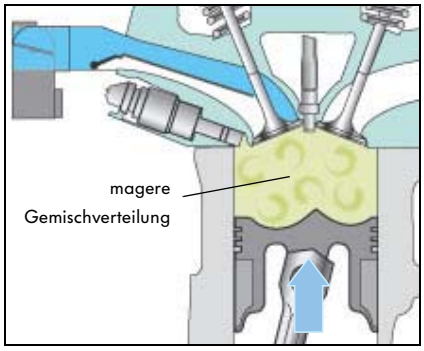
Der Kraftstoff wird circa 300° vor Zünd-OT während des Ansaugtaktes direkt in den Zylinder eingespritzt.
Die Einspritzmenge wird vom Motorsteuergerät so geregelt, dass das Luft-Kraftstoffverhältnis ungefähr $\lambda = 1{,}55$ beträgt.



253_106

Die Gemischbildung

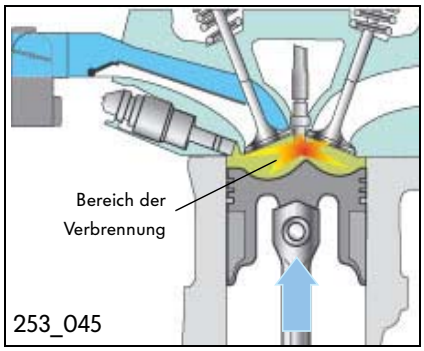
Durch den frühen Einspritzzeitpunkt steht mehr Zeit für die Gemischbildung bis zur Zündung zur Verfügung. Dadurch kommt es im Brennraum zu einer homogenen (gleichmäßigen) Gemischverteilung.



253_138

Die Verbrennung

Wie im Homogen- Betrieb kann der Zündzeitpunkt durch die homogene Gemischverteilung frei gewählt werden.
Die Verbrennung findet im gesamten Brennraum statt.



253_045

Der Homogen- Betrieb

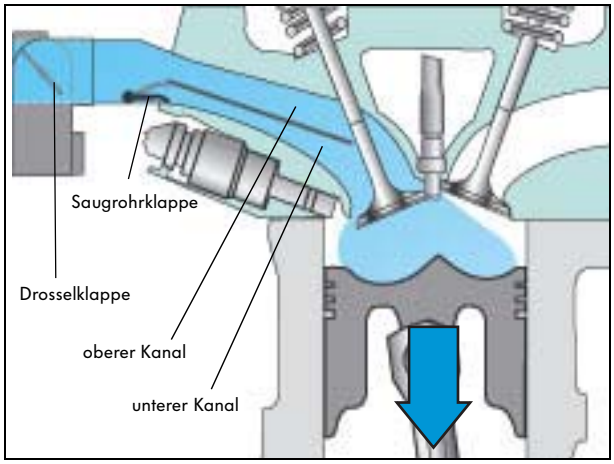
Der Homogen-Betrieb ist mit dem Betrieb eines Motors mit Saugrohreinspritzung vergleichbar.
Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass der Kraftstoff beim Benzin-Direkteinspritzer direkt in den Zylinder eingespritzt wird.
Das Motordrehmoment wird durch den Zündzeitpunkt (kurzfristig) und über die angesaugte Luftmasse (langfristig) bestimmt. Für diese Luftmasse wird die erforderliche Einspritzmenge (Lambda=1) gewählt.

Die Ansaugung

Die Drosselklappe wird entsprechend der Gaspedalstellung geöffnet.

Die Saugrohrklappe ist je nach Betriebspunkt geöffnet oder geschlossen.

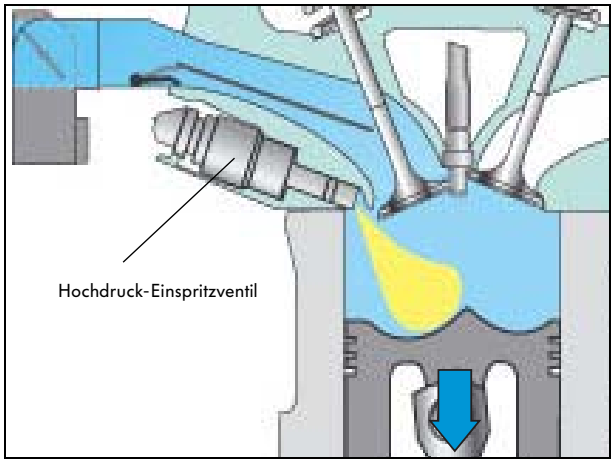
- Im mittleren Last- und Drehzahlbereich ist die Saugrohrklappe geschlossen, dadurch strömt die Ansaugluft walzenförmig in den Zylinder, was sich positiv auf die Gemischbildung auswirkt.
- Mit weiter steigender Last und Drehzahl würde die Luftmasse, die nur über den oberen Kanal angesaugt werden kann, nicht mehr ausreichen. Dann wird auch der untere Kanal von der Saugrohrklappe freigegeben.



253_042

Die Einspritzung

Der Kraftstoff wird ungefähr 300° vor Zünd-OT während des Ansaugtaktes direkt in den Zylinder eingespritzt.



253_117

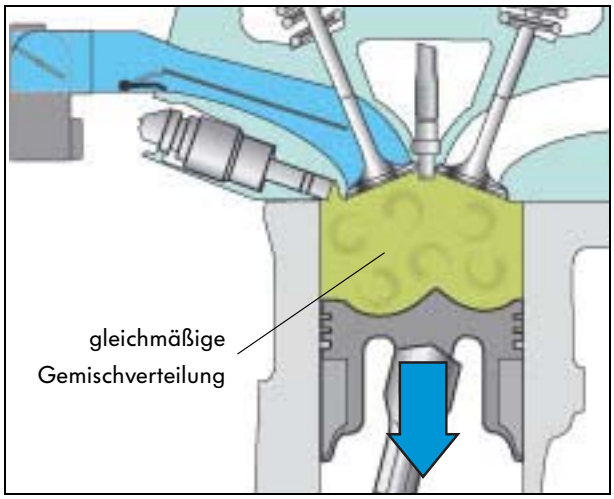


Die für die Verdampfung des Kraftstoffes erforderliche Energie wird der im Brennraum eingeschlossenen Luft entzogen und sie kühlt ab. Dadurch kann das Verdichtungsverhältnis gegenüber einem Motor mit Saugrohreinspritzung angehoben werden.

Die Gemischbildung

Durch das Einspritzen des Kraftstoffes in den Ansaugtakt verbleibt relativ viel Zeit für die Gemischbildung. Dadurch entsteht im Zylinder ein homogen (gleichmäßig) verteiltes Gemisch aus eingespritztem Kraftstoff und angesaugter Luft.

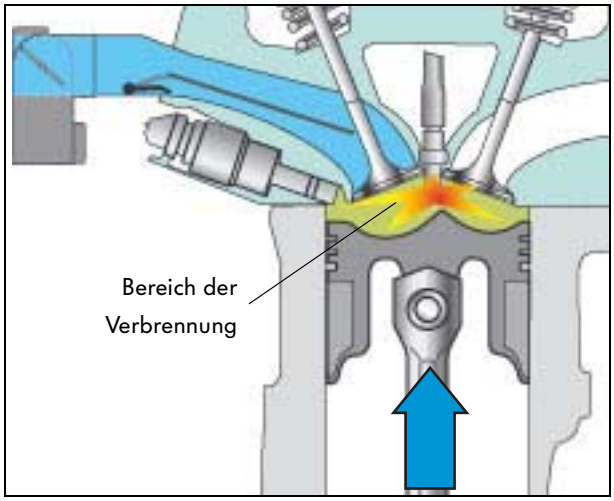
Das Luft-Kraftstoffverhältnis beträgt im Brennraum $\lambda = 1$.



253_044

Die Verbrennung

Im Homogen-Betrieb wird durch den Zündzeitpunkt maßgeblich das Motordrehmoment, der Verbrauch und das Emissionsverhalten beeinflusst.



253_126

Motormanagement

Systemübersicht

Luftmassenmesser **G70,**
Geber für Ansauglufttemperatur **G42**

Geber für Saugrohrdruck **G71**

Geber für Motordrehzahl **G28**

Hallgeber **G40** (Nockenwellenposition)

Drosselklappen-Steuereinheit **J338,**
Winkelgeber1 + 2 **G187, G188**

Geber Gaspedalstellung **G79,**
Geber 2 für Gaspedalstellung **G185**

Bremslichtschalter **F,**
Bremspedalschalter **F47**

Kupplungspedalschalter **F36***

Geber für Kraftstoffdruck **G247**

Potenziometer für Saugrohrklappe **G336**

Klopfsensor **G61**

Geber für Kühlmitteltemperatur **G62**

Geber für Kühlmitteltemperatur-Kühlerausgang **G83**

Potenziometer, Drehknopf-Temperaturwahl **G267***

Potenziometer für Abgasrückführung **G212**

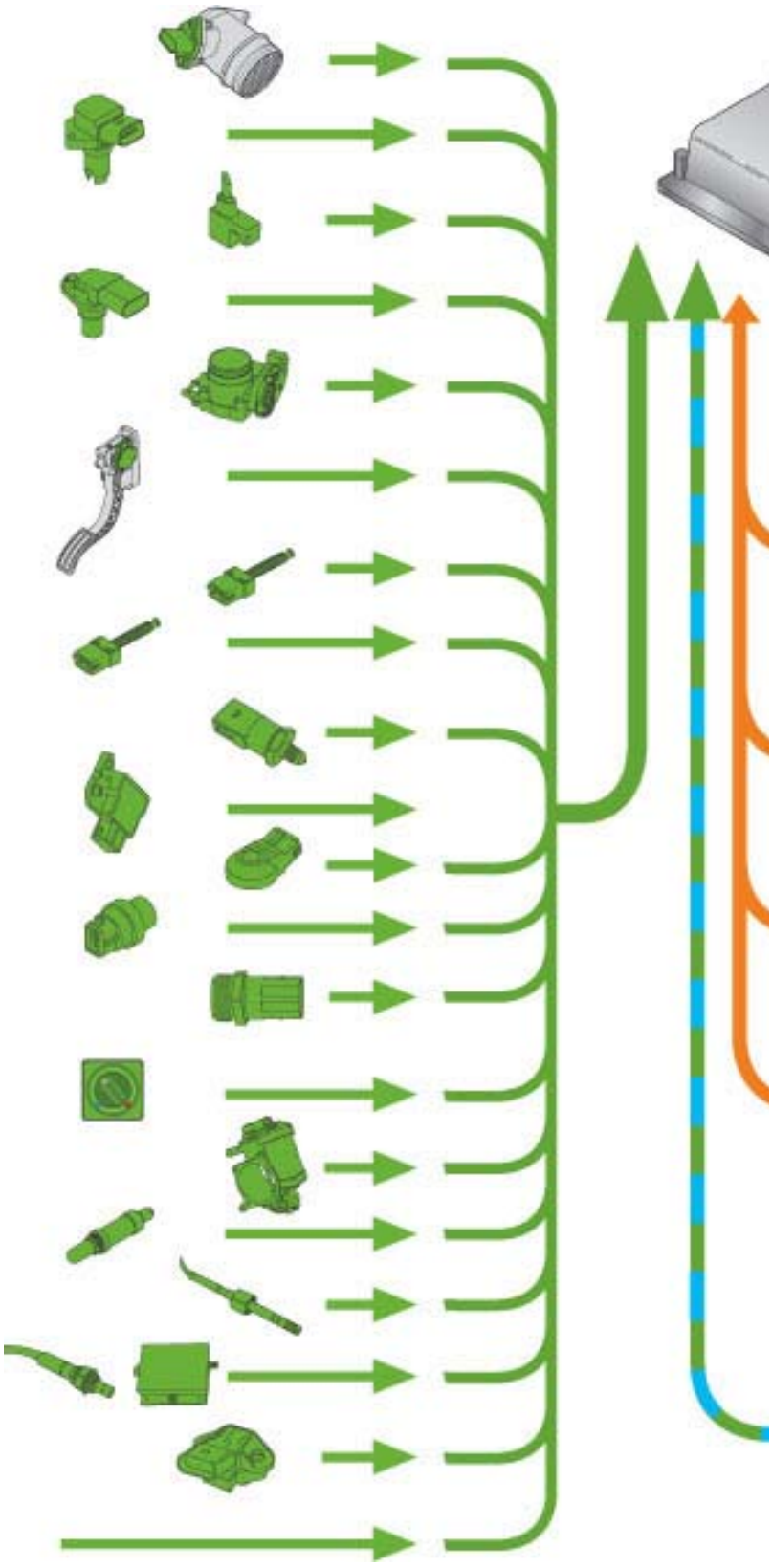
Lambdasonde **G39**

Geber für Abgastemperatur **G235**

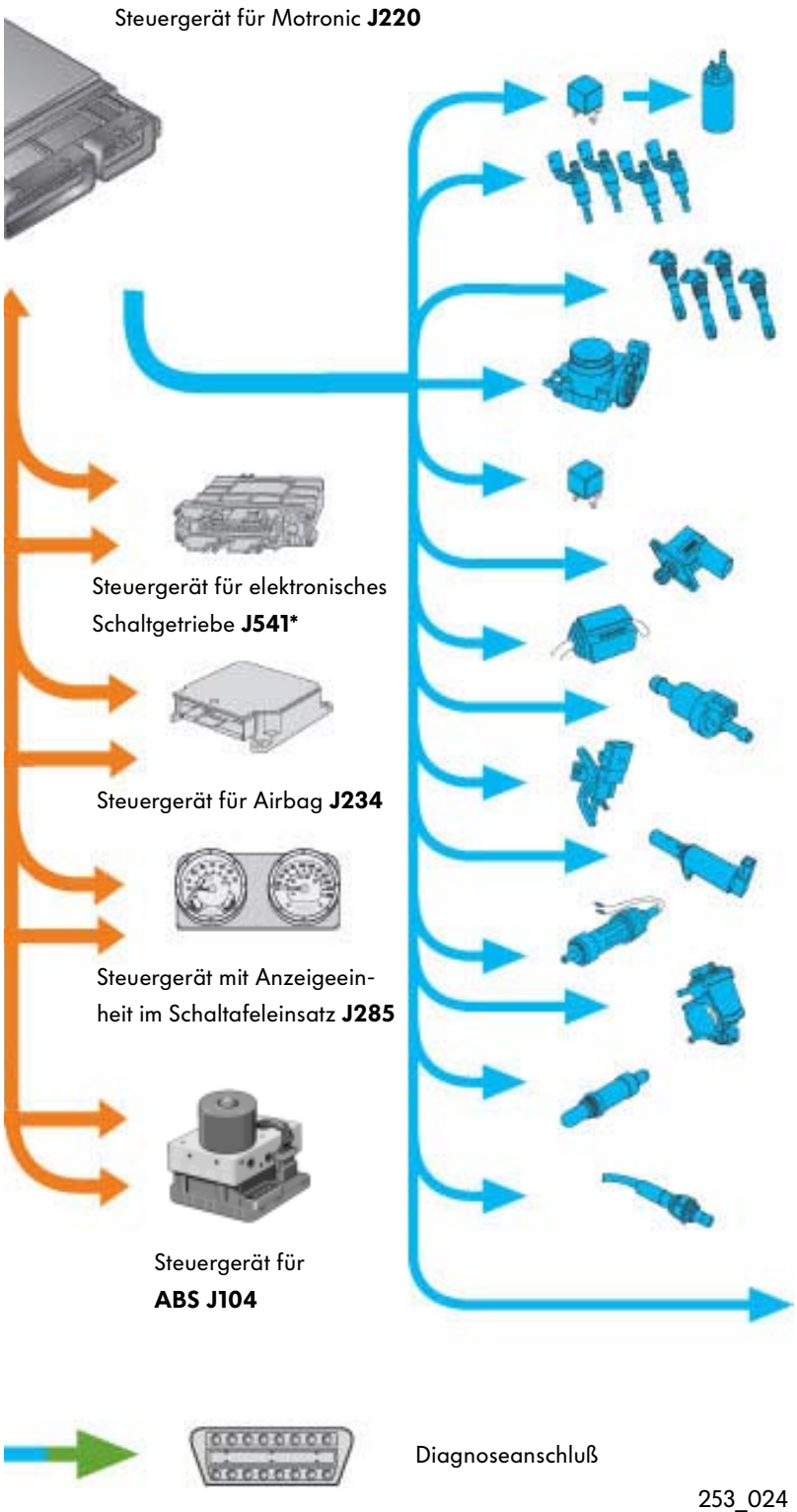
Geber für NOx **G295,**
Steuergerät für NOx-Sensor **J583**

Drucksensor für Bremskraftverstärkung **G294**

Zusatz-Eingangssignale



253_023



253_024

Kraftstoffpumpenrelais **J17**
Kraftstoffpumpe **G6**

Einspritzventile Zylinder 1-4 **N30, N31, N32, N33**

Zündspulen 1 - 4 **N70, N127, N291, N292**

Drosselklappen-Steuereinheit **J338**
Drosselklappenantrieb **G186**

Stromversorgungsrelais für Motronic **J271**

Regelventil für Kraftstoffdruck **N276**

Ventil für Kraftstoffdosierung **N290**

Magnetventil für Aktivkohlebehälter-Anlage **N80**

Ventil für Saugrohrklappe Luftsteuerung **N316**

Ventil für Nockenwellenverstellung **N205**

Thermostat für kennfeldgesteuerte Motorkühlung **F265**

Ventil für Abgasrückführung **N18**

Heizung für Lambdasonde **Z19**

Heizung für Geber für NOx **Z44**

Zusatz-Ausgangssignale

* fahrzeugspezifisch

253_024

Motormanagement

Motorsteuergerät

Das Motorsteuergerät ist im Wasserkasten verbaut und hat 121 Pins.

Als Motormanagement wird beim

- 1,4l-77kW-Motor die Bosch Motronic MED 7.5.10 und beim

- 1,6l-81 kW-Motor die Bosch Motronic MED 7.5.11 eingesetzt

Der wichtigste Unterschied zwischen beiden Systemen ist, dass die Bosch Motronic MED 7.5.11 einen schnelleren Rechner besitzt.

Der Unterschied zur Bosch Motronic ME 7.5.10 ist, dass beide Motormanagementsysteme als zusätzliche Funktion die Benzin-Direkteinspritzung beinhalten.

Außerdem wurde die On-Board-Diagnose um folgende Komponenten erweitert:

- Geber für NOx (G295)
- Geber für Abgastemperatur (G235)
- Potenziometer für Abgasrückführung (G212)
- Potenziometer für Saugrohrklappe (G336)
- Geber für Kraftstoffdruck (G247)
- Ventil für Nockenwellenverstellung (N205)
- Diagnose im Magerbetrieb



253_067

Die Bezeichnung MED 7.5.10/11 steht für:

M = Motronic

E = Elektrische Gasbetätigung

D = Direkteinspritzung

7. = Ausführung

5.10/11=Entwicklungsstufe

Das drehmomentbasierte Motormanagement

Wie schon die Bosch Motronic ME 7.5.10 besitzt auch die Bosch Motronic MED 7.5.10/11 ein drehmomentbasiertes Motormanagement. Das bedeutet, dass sämtliche Drehmomentanforderungen gesammelt, ausgewertet und koordiniert umgesetzt werden.

Drehmomentanforderungen durch

innere Anforderungen sind:

- Motorstart
- Aufheizen des Katalysators
- Leerlaufregelung
- Leistungsbegrenzung
- Drehzahlbegrenzung
- Lambdaregelung

äußere Anforderungen sind:

- Fahrerwunsch
- Automatikgetriebe (Schaltzeitpunkt)
- Bremssystem (Antriebs-Schlupf-Regelung, Motor-Schleppmomenten-Regelung)
- Klimaanlage (Klimakompressor ein/aus)
- Geschwindigkeits-Regelanlage

Nach der Berechnung des Soll-Motordrehmomentes erfolgt die Umsetzung auf zwei Wegen:

Auf dem ersten Weg wird die Füllung beeinflusst. Sie dient für langfristige Drehmoment-Anforderungen.
Im Schichtladungs-Betrieb hat sie eine geringe Bedeutung, weil dabei die Drosselklappe sehr weit geöffnet wird, um die Drosselverluste zu reduzieren.

Auf dem zweiten Weg wird das Drehmoment kurzfristig und unabhängig von der Füllung beeinflusst. Im Schichtladungs-Betrieb wird das Drehmoment nur über die Kraftstoffmenge und beim Homogen-Mager- sowie beim Homogen-Betrieb nur über den Zündzeitpunkt bestimmt.



253_082

Die Umsetzung des Motordrehmomentes bei der Benzin-Direkteinspritzung

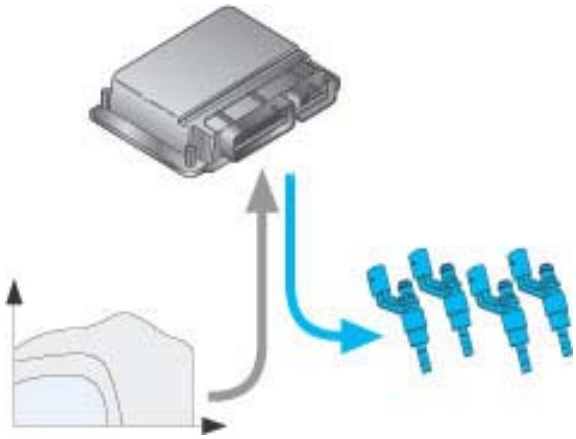
Aus den inneren und äußeren Drehmomentanforderungen berechnet das Motorsteuergerät das Soll-Drehmoment und wie es umgesetzt wird.

Die Umsetzung im Schichtladungs-Betrieb

Im Schichtladungs-Betrieb wird das Soll-Drehmoment über die Einspritzmenge umgesetzt.

Die Luftmasse spielt eine untergeordnete Rolle, weil die Drosselklappe weit geöffnet ist, um die Drosselverluste zu reduzieren.

Der Zündzeitpunkt hat wegen des späten Einspritzzeitpunktes ebenfalls eine geringe Bedeutung.

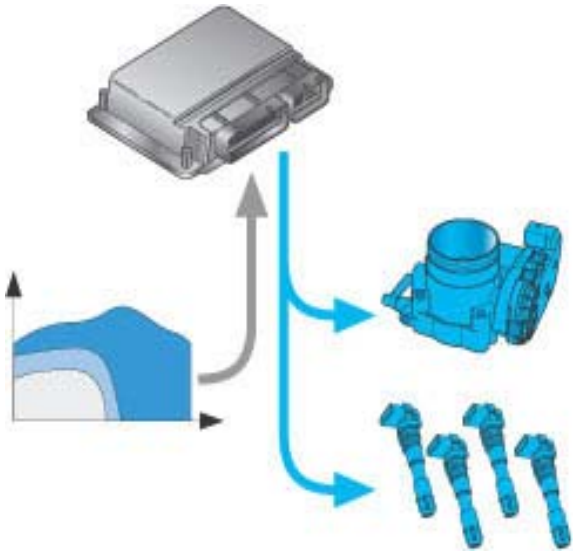


253_110

Die Umsetzung im Homogen-Mager- und im Homogen-Betrieb

Bei beiden Betriebsarten werden die Drehmomentanforderungen kurzfristig über den Zündzeitpunkt und langfristig über die Luftmasse umgesetzt.

Da das Luft-Kraftstoffgemisch bei beiden Betriebsarten ein festgelegtes Lambda von 1,55 beziehungsweise 1 hat, ist die Einspritzmenge durch die Luftmasse vorgegeben. Deshalb erfolgt mit ihr keine Regelung des Drehmomentes.



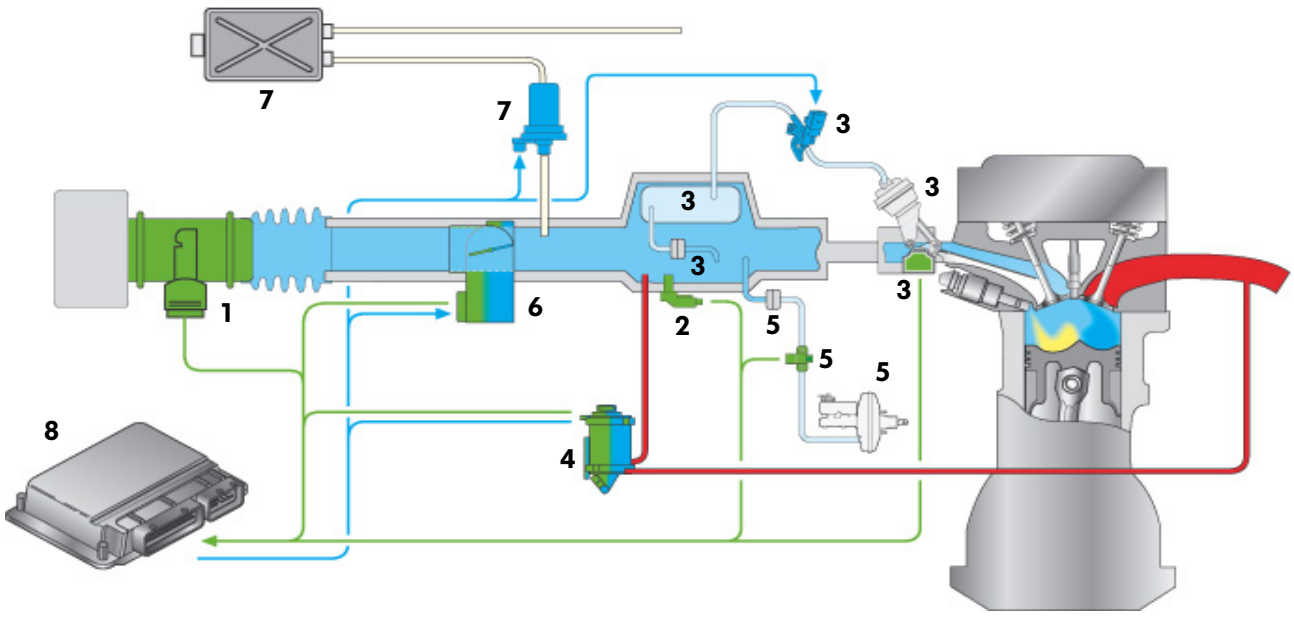
253_109

Das Ansaugsystem

wurde gegenüber der Bosch Motronic ME 7.5.10 an die Anforderungen eines Benzin-Direkteinspritzers angepasst. Das Besondere ist, dass die Luftströmung im Zylinder je nach Betriebsart gezielt beeinflusst wird.

Zu den Änderungen gehören:

1 ein Heißfilm-Luftmassenmesser (G70) mit dem Geber für Ansauglufttemperatur (G42) zur genaueren Lasterfassung
2 ein Geber für Saugrohrdruck (G71) zur Berechnung der Abgasrückführungsmenge
3 eine Saugrohrklappen-Schaltung (N316, G336) für eine gezielte Luftströmung im Zylinder
4 ein elektrisches Abgasrückführungsventil (G212, N18) mit großem Querschnitt für hohe Abgasrückführungsraten
5 ein Drucksensor für Bremskraftverstärkung (G294) für die Bremsunterdruckregelung



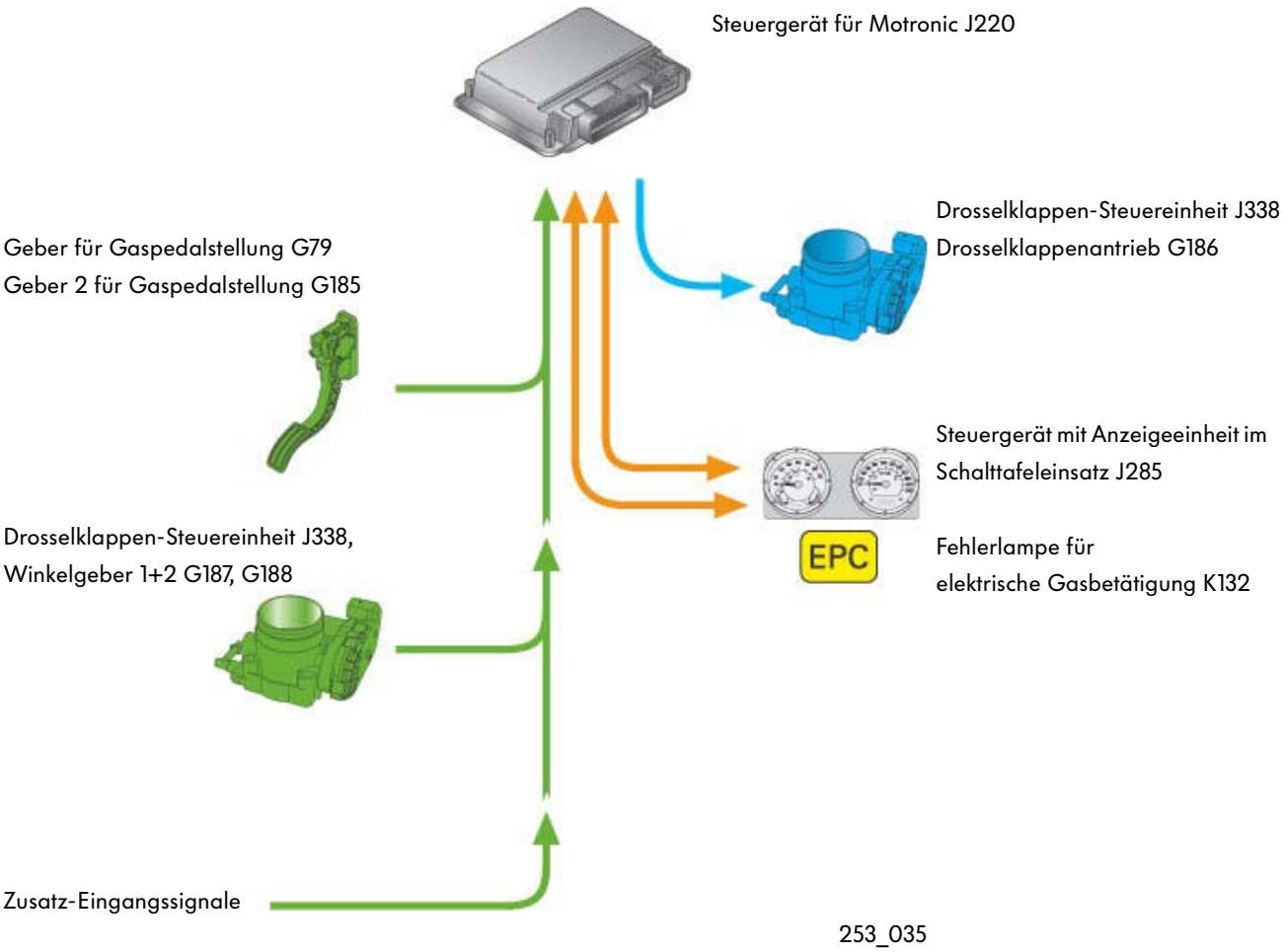
253_079

6 Drosselklappen-Steuereinheit (J338)
7 Aktivkohlebehälter-Anlage (N80)
8 Steuergerät für Motronic (J220)

Die elektrische Gasbetätigung

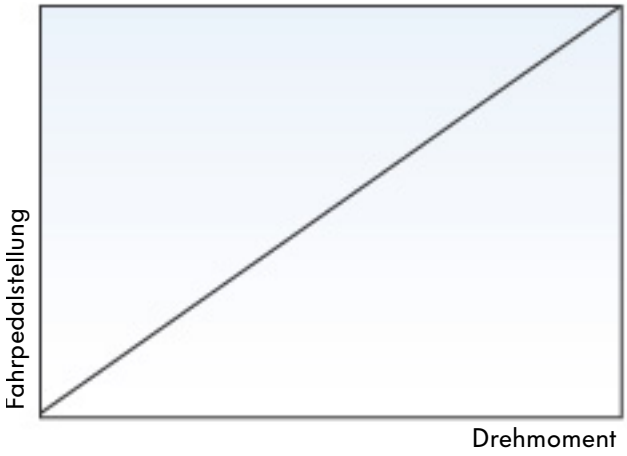
Sie ist eine Grundvoraussetzung für die Benzin-Direkteinspritzung. Mit ihr kann die Drosselklappe unabhängig von der Gaspedalstellung verstellt und im Schichtladungs-, sowie im Homogen-Mager-Betrieb weiter geöffnet werden.

Der Vorteil ist ein annähernd drosselfreier Motorbetrieb. Das bedeutet, dass der Motor die Luft gegen einen geringeren Widerstand ansaugen muss und dadurch der Kraftstoffverbrauch sinkt.

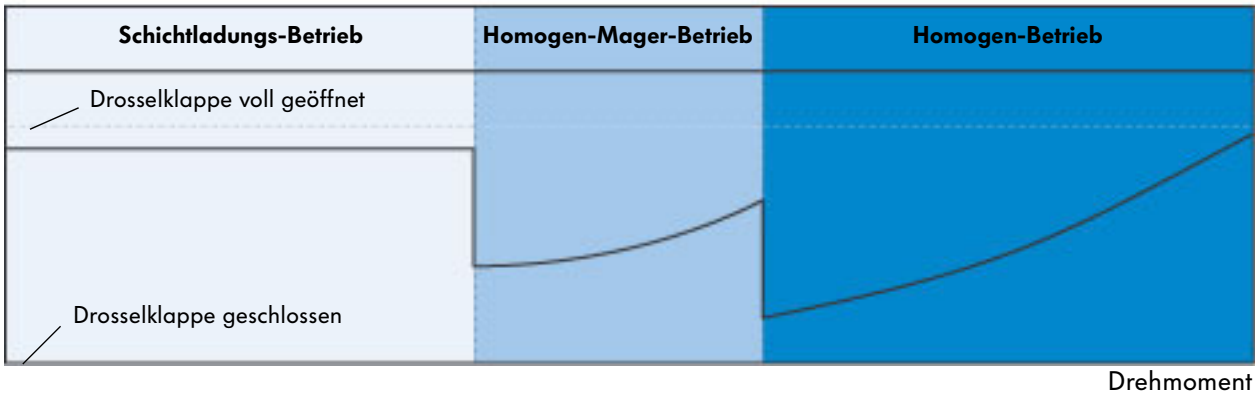


So funktioniert es

Der Fahrerwunsch wird durch die Geber für Gaspedalstellung (G79, G185) erkannt und an das Motorsteuergerät gesendet. Aus diesem Signal und weiteren Zusatzsignalen berechnet es das erforderliche Motordrehmoment und setzt es durch die Aktoren um.



253_034



253_034

Im Schichtladungs-Betrieb wird das Motordrehmoment durch die Kraftstoffmenge bestimmt.

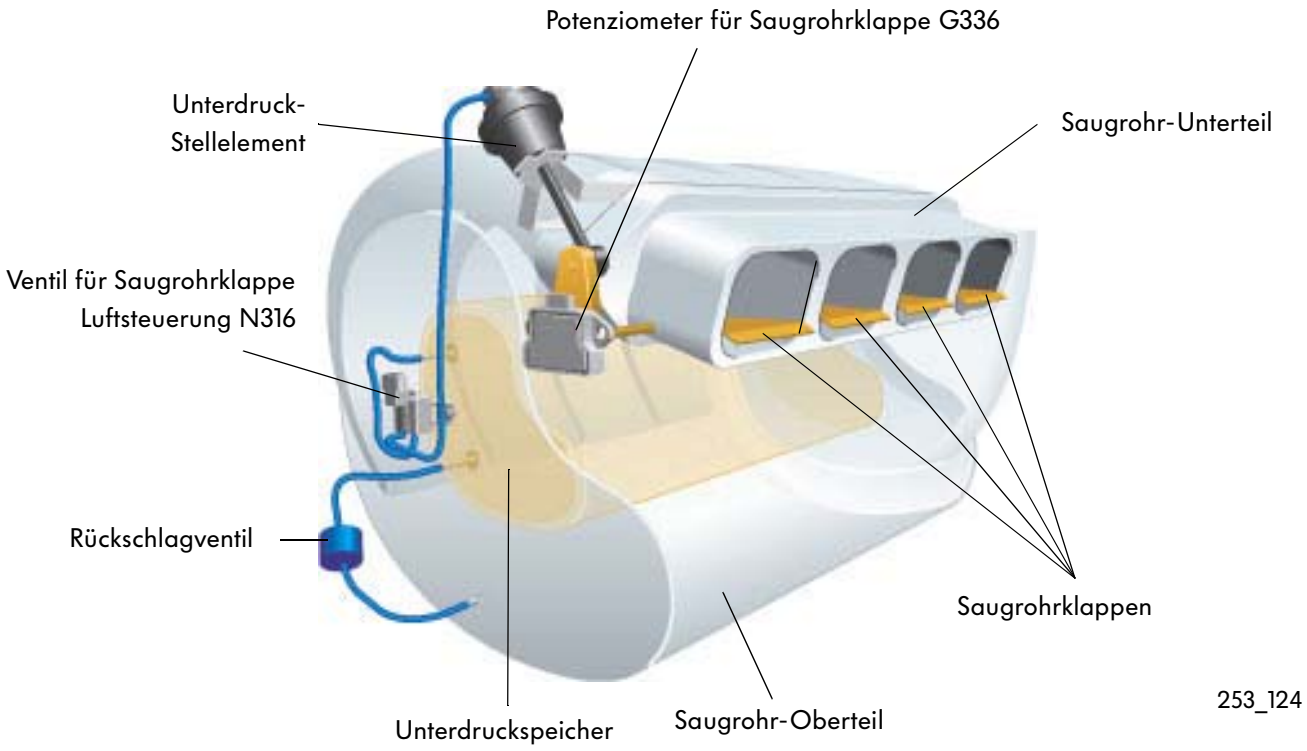
Die Drosselklappe ist dabei, bis auf eine erforderliche Androsselung für die Aktivkohlebehälter-Anlage, die Abgasrückführung und eventuell die Bremsunterdruckregelung, fast vollständig geöffnet.

Im Homogen-Mager- und im Homogen-Betrieb wird das Motordrehmoment durch den Zündwinkel und die angesaugte Luftmasse bestimmt.

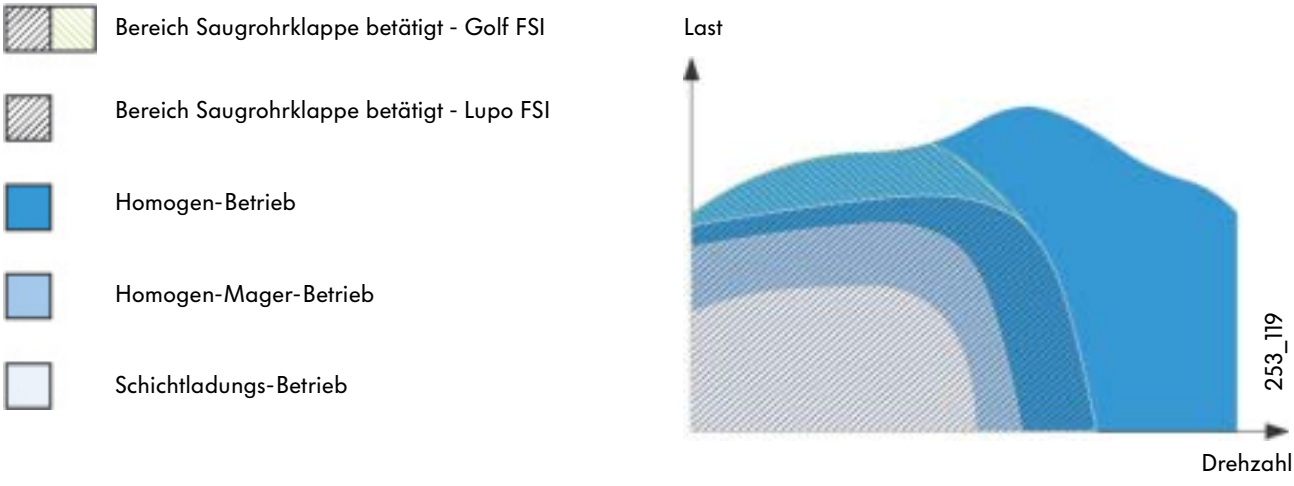
Die Drosselklappe wird entsprechend dem erforderlichen Motordrehmoment geöffnet.

Die Saugrohrklappen-Schaltung

befindet sich am Saugrohr-Oberteil und im Saugrohr-Unterteil. Mit ihr wird die Luftströmung im Zylinder je nach Betriebsart gesteuert.

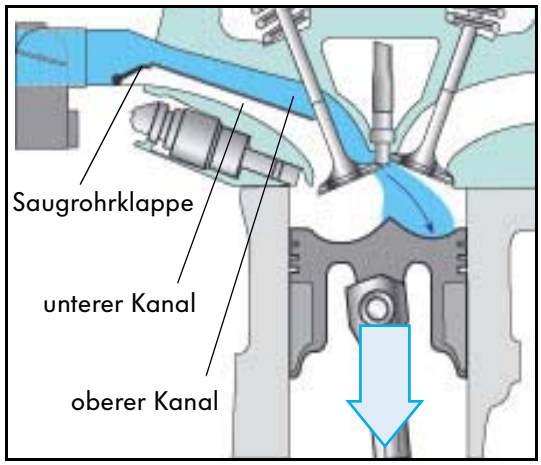


Im Diagramm sehen Sie den Bereich, in dem die Saugrohrklappe betätigt ist.



Saugrohrklappe betätigt

Im Schichtladungs-Betrieb, im Homogen-Mager-Betrieb und in Teilen des Homogen-Betriebes wird die Saugrohrklappe betätigt und der untere Kanal im Zylinderkopf geschlossen.
Dadurch strömt die Ansaugluft nur über den oberen Kanal in den Zylinder. Dieser Kanal ist so gestaltet, dass die Ansaugluft walzenförmig hineinströmt. Zusätzlich steigt die Strömungsgeschwindigkeit durch den engen oberen Kanal und unterstützt die Gemischbildung.



253_037

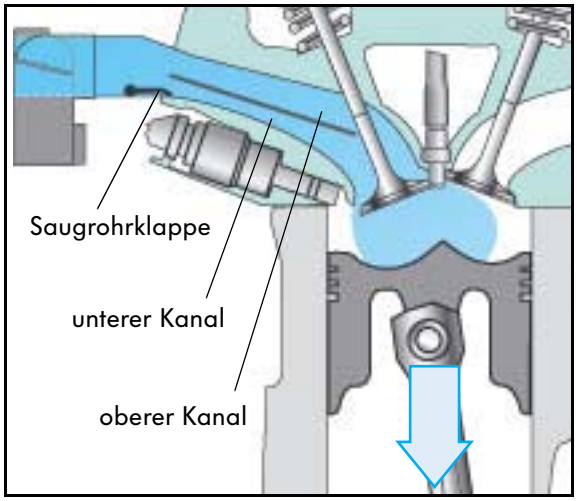
Das hat zwei Vorteile:

- Im Schichtladungs-Betrieb transportiert die walzenförmige Luftströmung den Kraftstoff zur Zündkerze.
  Auf dem Weg dorthin erfolgt bereits die Gemischbildung.

- Im Homogen-Mager-Betrieb und in Bereichen des Homogen-Betriebes unterstützt die walzenförmige Luftströmung die Gemischbildung. Dadurch wird eine hohe Zündfähigigkeit und eine stabile Verbrennung erreicht, sowie ein Magerbetrieb ermöglicht.

Saugrohrklappe nicht betätigt

Im Homogen-Betrieb bei höheren Lasten und Drehzahlen wird die Saugrohrklappe nicht betätigt und beide Kanäle sind offen. Durch den größeren Querschnitt des Ansaugkanals kann der Motor die erforderliche Luftmasse für ein hohes Motordrehmoment und eine hohe Leistung ansaugen.



253_127

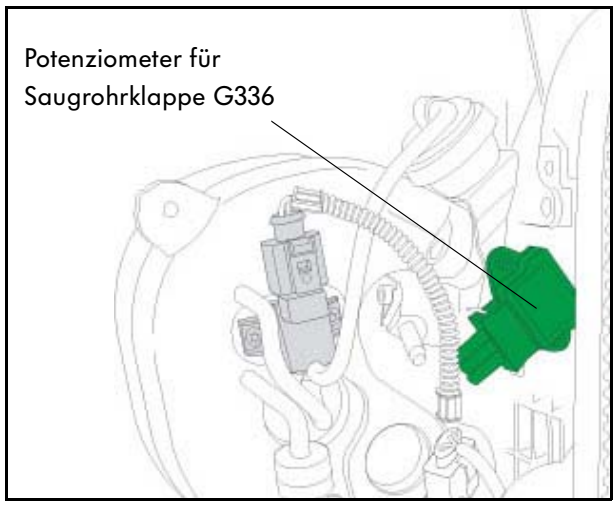
Potenziometer für Saugrohrklappe G336

Einbauort

Es ist am Saugrohr-Unterteil befestigt und mit der Welle für die Saugrohrklappen verbunden.

Aufgabe

Es erkennt die Stellung der Saugrohrklappen und sendet diese Information an das Motorsteuergerät. Das ist notwendig, weil sich die Saugrohrklappen-Schaltung auf die Zündung, den Restgasanteil und die Pulsationen im Saugrohr auswirkt. Dadurch ist die Stellung der Saugrohrklappen abgasrelevant und muss durch die Eigendiagnose überprüft werden.



253_154

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal vom Potenziometer aus, wird nur noch der Homogen-Betrieb zugelassen.

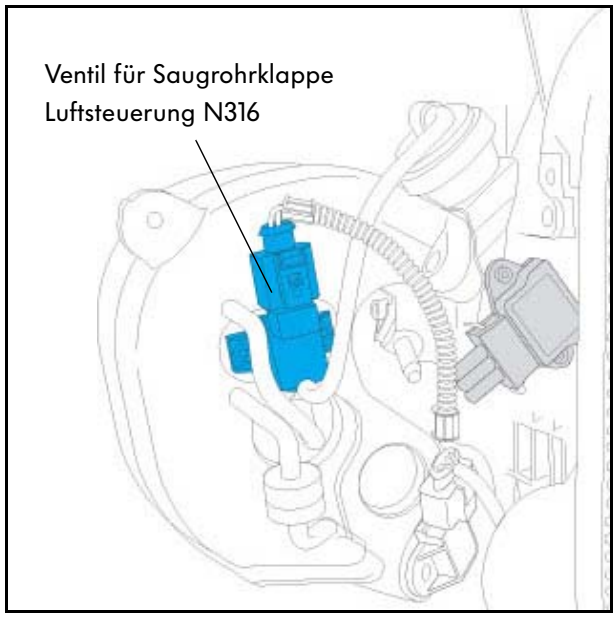
Ventil für Saugrohrklappe Luftsteuerung N316

Einbauort

Es ist am Saugrohr-Oberteil befestigt.

Aufgabe

Es wird vom Motorsteuergerät angesteuert und gibt den Weg vom Unterdruckreservoir zum Unterdruck-Stellelement frei.
Daraufhin werden die Saugrohrklappen vom Unterdruck-Stellelement betätigt.



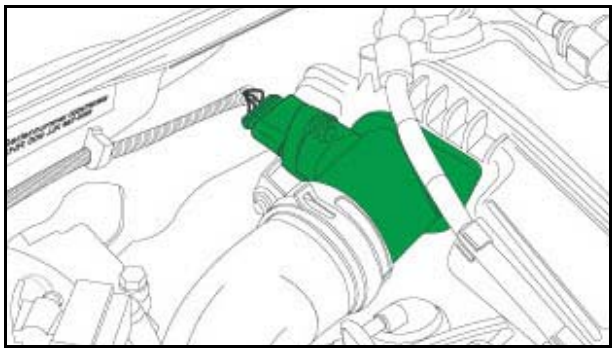
253_153

Auswirkungen bei Ausfall

Fällt das Ventil aus, wird nur noch der Homogen-Betrieb zugelassen.

Der Luftmassenmesser G70 mit dem Geber für Ansauglufttemperatur G42

Beide Sensoren sind in einem Gehäuse und befinden sich im Ansaugweg vor der Drosselklappen-Steuereinheit.
Für ein möglichst genaues Motorlastsignal wird ein Heißfilm-Luftmassenmesser mit Rückströmerkennung verwendet. Er misst nicht nur die angesaugte Luft, sondern erkennt auch wie viel Luft vom Öffnen und Schließen der Ventile zurückströmt.
Die Ansauglufttemperatur dient als Korrekturwert.



253_060

Signalverwendung

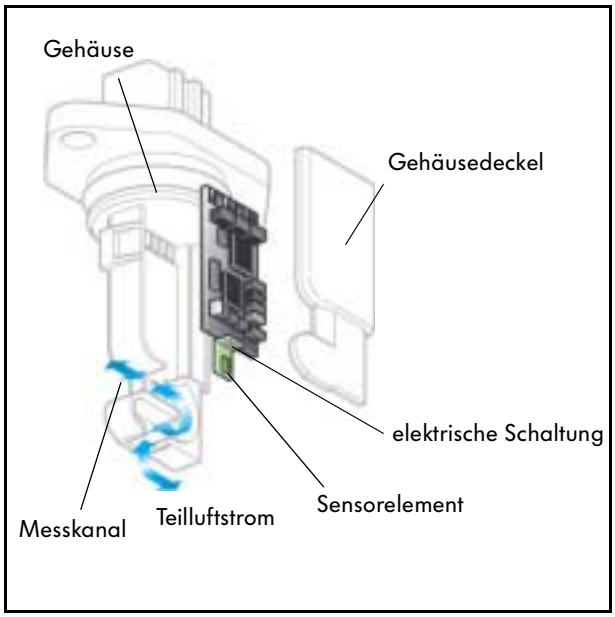
Die Signale werden zur Berechnung aller lastabhängigen Funktionen genutzt. Das ist zum Beispiel die Einspritzzeit, der Zündzeitpunkt und die Aktivkohlebehälter-Anlage.

Auswirkungen bei Signalausfall

Bei Ausfall des Luftmassenmessers wird das Signal des Gebers für Saugrohrdruck G71 als Lastsignal verwendet.

Aufbau

Der Heißfilm-Luftmassenmesser besteht aus einem Kunststoffgehäuse mit einem Messkanal und einer elektrischen Schaltung mit einem Sensorelement. Der Messkanal ist so geformt, dass ein Teil der angesaugten, wie auch der zurückströmenden Luft am Sensorelement vorbeigeführt wird.
Am Sensorelement entsteht dadurch ein Signal, das von der elektrischen Schaltung bearbeitet und an das Motorsteuergerät gesendet wird.



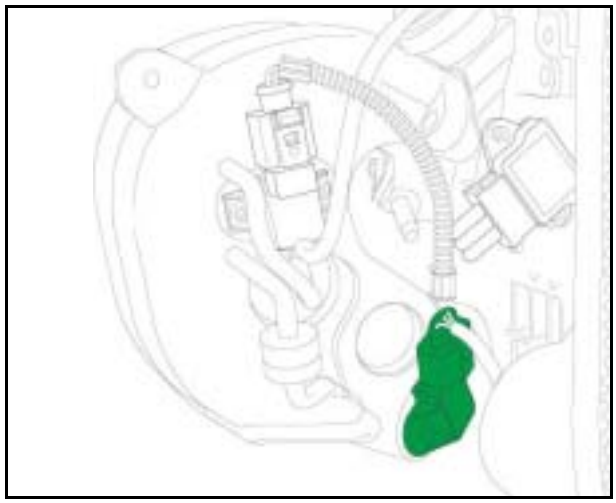
253_076



Weitere Informationen über die Funktion finden Sie im Selbststudienprogramm Nummer 195 "2,3l-V5-Motor".

Der Geber für Saugrohrdruck G71

Er ist am Saugrohr-Oberteil befestigt. Er misst den Druck im Saugrohr und gibt ein entsprechendes Signal an das Motorsteuergerät.



253_061

Signalverwendung

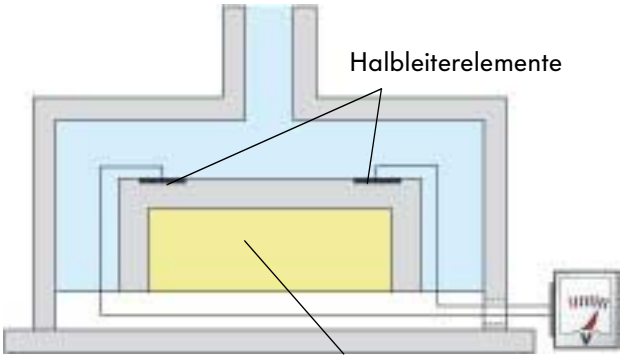
Mit diesem und mit dem Signal des Luftmassenmessers und des Gebers für Ansaugluftttemperatur berechnet das Motorsteuergerät die genaue Abgasrückführungsmenge.
Desweiteren erfolgt mit dem Geber für Saugrohrdruck die Lasterfassung beim Motorstart, da die Signale des Luftmassenmessers wegen der Ansaugpulsationen zu ungenau sind.

So funktioniert es

Die Saugrohrdruckmessung erfolgt über eine Siliziumkristall-Membrane. Auf dieser Membrane befinden sich Dehnwiderstände, die bei Verformung der Membrane ihren Widerstand ändern. Das Referenzvakuum dient als Druckvergleich.

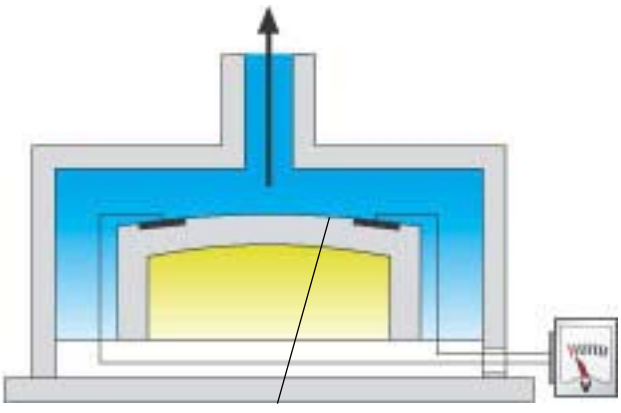
Je nach Saugrohrdruck verformt sich die Membrane und durch die Widerstandsänderung entsteht eine unterschiedliche Signalspannung. Anhand dieser Signalspannung erkennt das Motorsteuergerät den Druck im Saugrohr.

geringer Unterdruck = hohe Ausgangsspannung



253_141

hoher Unterdruck = geringe Ausgangsspannung



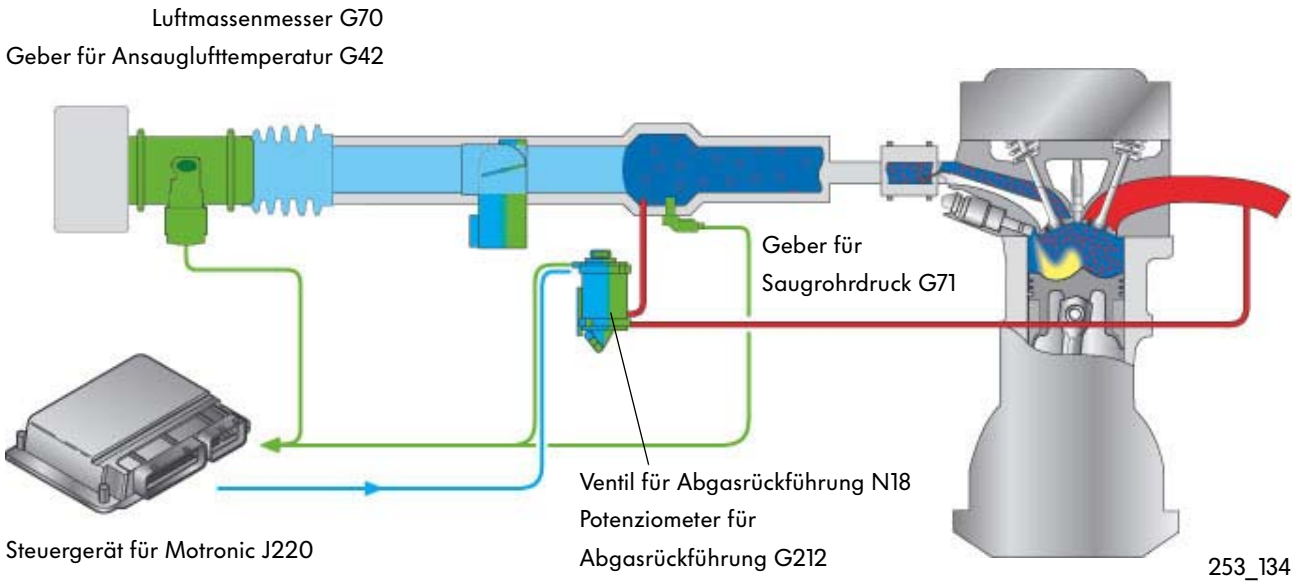
253_142

So wird die Abgasrückführungsmenge bestimmt

Mit dem Luftmassenmesser misst das Motorsteuergerät die angesaugte Frischluftmasse und berechnet daraus den entsprechenden Saugrohrdruck. Wird über die Abgasrückführung Abgas zugeführt, dann erhöht sich die Frischluftmasse um die zugeführte Abgasmenge und der Saugrohrdruck steigt. Der Geber für Saugrohrdruck misst diesen Druck und sendet ein entsprechendes Spannungssignal an das Motorsteuergerät.

Aus diesem Signal wird die Gesamtmenge (Frischluft+Abgas) bestimmt.
Von dieser Gesamtmenge zieht es die Frischluftmasse ab und erhält die Abgasmenge.

Der Vorteil ist, dass die Abgasrückführungsmenge erhöht und dichter an die Laufgrenze herangeführt werden kann.

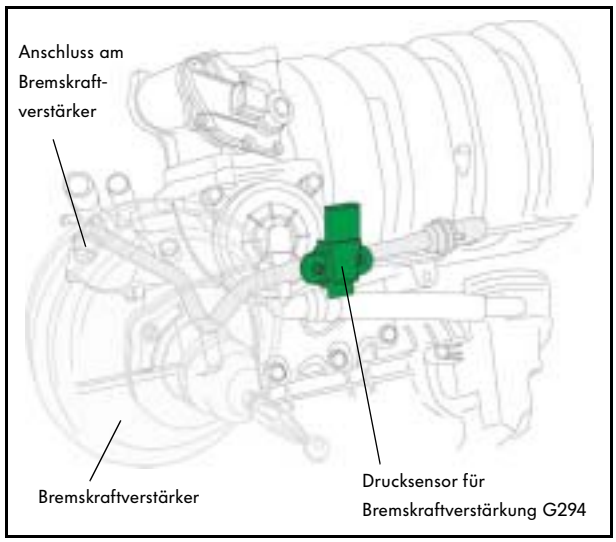


Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt der Geber für Saugrohrdruck aus, dann wird die Abgasmenge vom Motorsteuergerät berechnet und die Abgasrückführungsmenge gegenüber dem Kennfeld reduziert.

Der Drucksensor für Bremskraftverstärkung G294

Er befindet sich in der Leitung zwischen dem Saugrohr und dem Bremskraftverstärker.
Er misst den Druck in der Leitung beziehungsweise im Bremskraftverstärker.



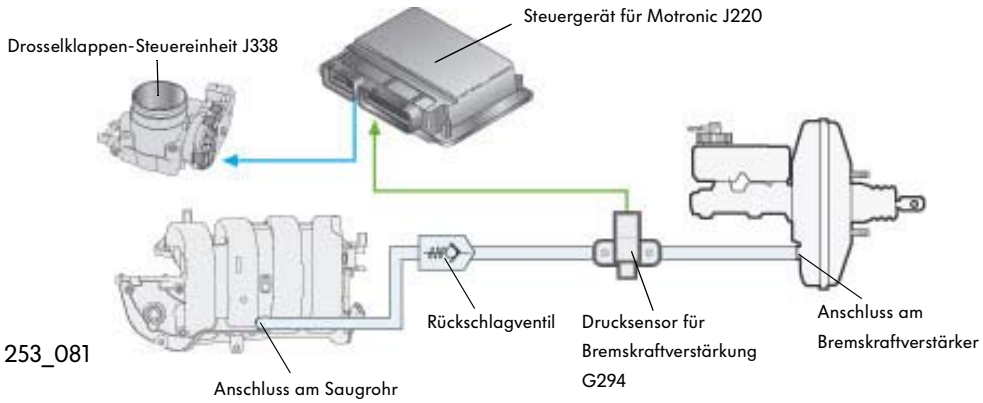
253_059

Signalverwendung

Am Spannungssignal des Drucksensors erkennt das Motorsteuergerät ob der Unterdruck für die Funktion des Bremskraftverstärkers ausreicht.

So funktioniert es

Der Bremskraftverstärker benötigt einen bestimmten Unterdruck, um die volle Bremskraft schnellstmöglich zu erreichen.
Im Schichtladungs- und im Homogen-Mager-Betrieb ist die Drosselklappe weiter geöffnet und im Saugrohr herrscht ein geringer Unterdruck. Wird jetzt die Bremse mehrmals hintereinander betätigt, reicht der gespeicherte Unterdruck im Bremskraftverstärker nicht mehr aus. Um das zu verhindern, wird die Drosselklappe etwas weiter geschlossen und der Unterdruck steigt. Reicht der Unterdruck noch immer nicht, wird die Drosselklappe noch weiter geschlossen und notfalls in den Homogen-Betrieb geschaltet.



253_081

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal des Drucksensors aus, wird nur noch der Homogen-Betrieb zugelassen.

Das Kraftstoffsystem

Es ist in ein Niederdruck- und ein Hochdruck-Kraftstoffsystem unterteilt. Zusätzlich wird Kraftstoff über die Aktivkohlebehälter-Anlage der Verbrennung zugeführt.

Im Niederdruck- Kraftstoffsystem

wird der Kraftstoff von der elektrischen Kraftstoffpumpe im Kraftstoffbehälter zur Hochdruck-Kraftstoffpumpe gefördert.
Der Kraftstoffdruck beträgt im Normalbetrieb 3 bar und beim Heißstart maximal 5,8 bar.

Es besteht aus:

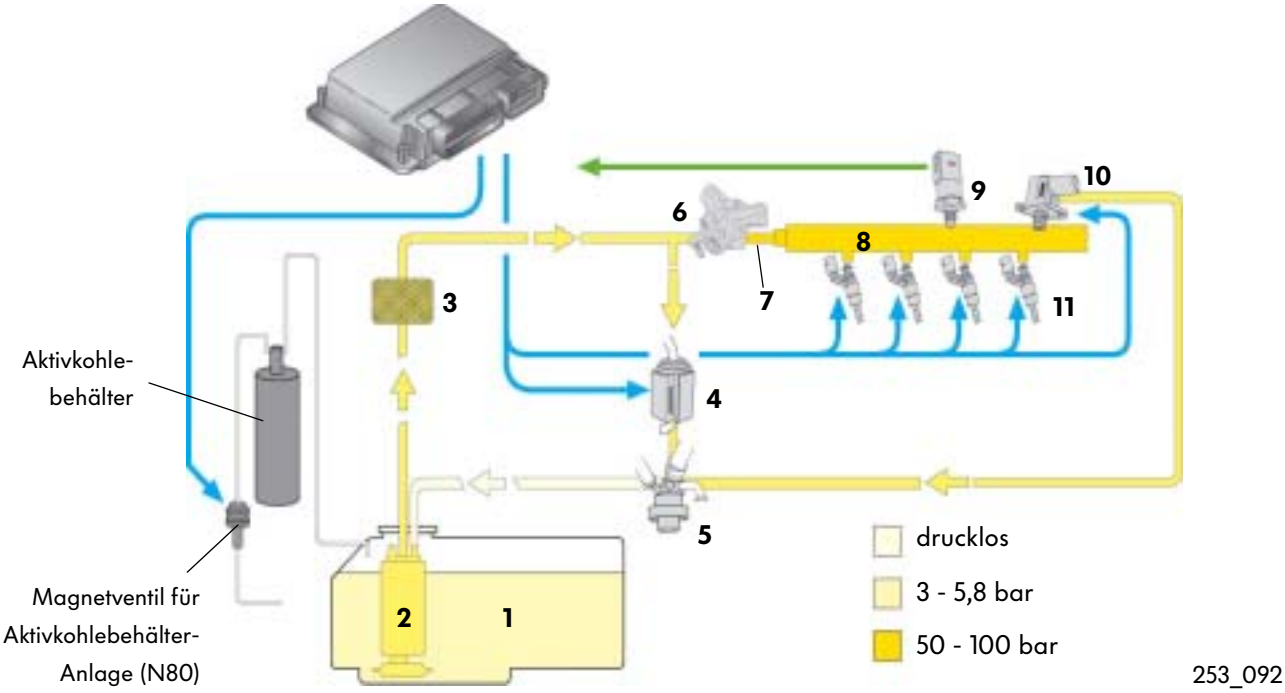
1 dem Kraftstoffbehälter
2 der elektrischen Kraftstoffpumpe (G6)
3 dem Kraftstofffilter
4 dem Ventil für Kraftstoffdosierung (N290)
5 dem Kraftstoff-Druckregler

Im Hochdruck- Kraftstoffsystem

wird der Kraftstoff von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe in das Kraftstoffverteilerrohr gepumpt. Dort wird der Druck vom Geber für Kraftstoffdruck gemessen und durch das Regelventil für Kraftstoffdruck auf 50 bis 100 bar geregelt.
Die Einspritzung erfolgt durch die Hochdruck-Einspritzventile.

Es besteht aus:

6 der Hochdruck-Kraftstoffpumpe
7 einer Hochdruck-Kraftstoffleitung
8 dem Kraftstoffverteilerrohr
9 dem Geber für Kraftstoffdruck (G247)
10 dem Regelventil für Kraftstoffdruck (N276)
11 den Hochdruck-Einspritzventilen (N30-N33)



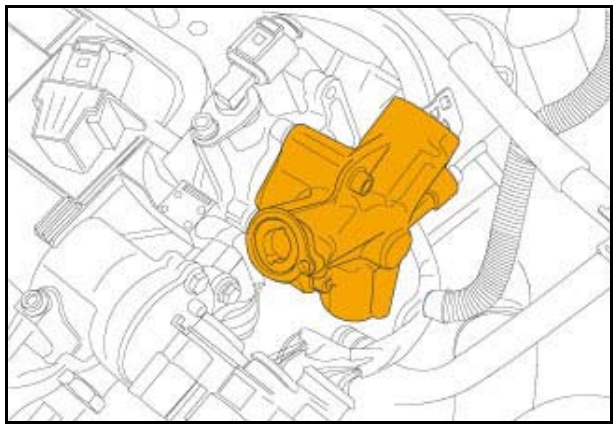
253_092

Die Hochdruck-Kraftstoffpumpe

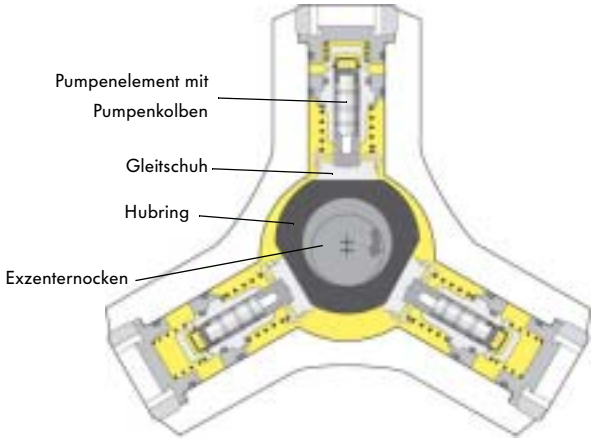
ist am Nockenwellengehäuse angeschraubt.

Es ist eine 3-Zylinder-Radialkolbenpumpe die von der Einlassnockenwelle angetrieben wird. Durch die drei im Abstand von 120° angeordneten Pumpenelemente werden die Druckschwankungen im Kraftstoffverteilerrohr gering gehalten.

Sie hat die Aufgabe, einen Kraftstoffdruck im Hochdruck-Kraftstoffsystem von bis zu 100 bar aufzubauen.



253_058

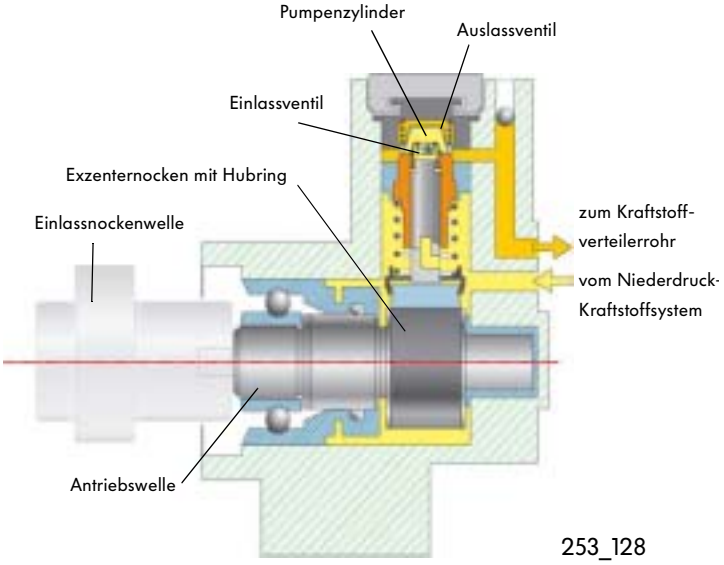


253_030

Antrieb

Die Antriebswelle der Hochdruck-Kraftstoffpumpe wird von der Einlassnockenwelle angetrieben.
An der Antriebswelle ist ein Exzenternocken auf dem ein Hubring gelagert ist. Dreht sich die Antriebswelle, dann sorgt der Exzenternocken mit dem Hubring für eine Auf- und Abwärtsbewegung des Pumpenkolbens.

- Bei der Abwärtsbewegung wird der Kraftstoff aus dem Niederdruck-Kraftstoffsystem angesaugt.
- Bei der Aufwärtsbewegung wird der Kraftstoff in das Kraftstoffverteilerrohr gepumpt.



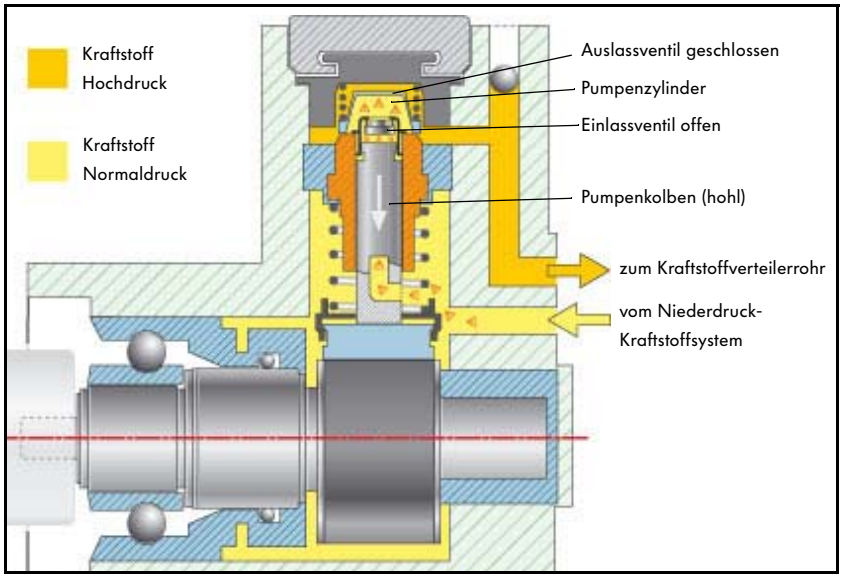
253_128

So funktioniert es

Der Kraftstoff kommt aus dem Niederdruck-Kraftstoffsystem in die Hochdruck-Kraftstoffpumpe. Dort strömt er durch den hohlen Pumpenkolben zum Einlassventil.

Der Saughub

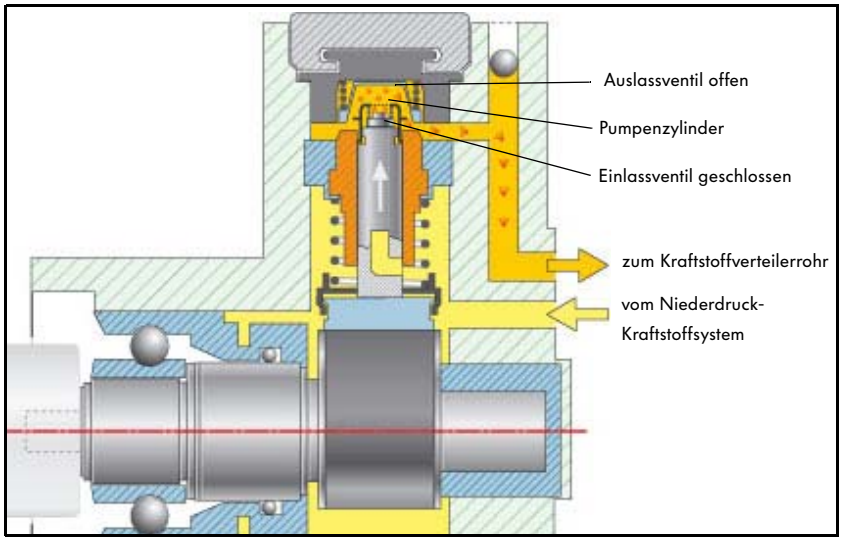
Bei der Abwärtsbewegung des Pumpenkolbens entsteht im Pumpenzylinder eine Volumenvergrößerung und der Druck sinkt. Sowie der Druck im hohlen Pumpenkolben größer ist als der Druck im Pumpenzylinder, öffnet das Einlassventil und Kraftstoff strömt nach.



253_096

Der Förderhub

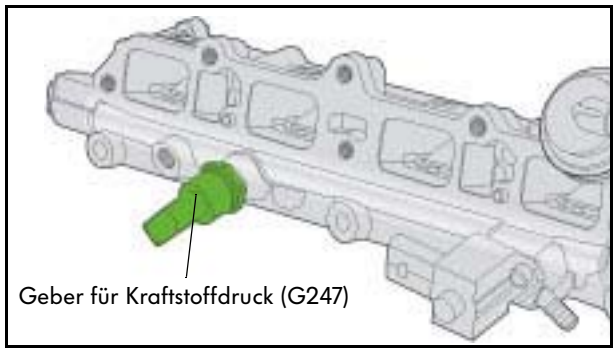
Mit Beginn der Aufwärtsbewegung des Pumpenkolbens steigt der Druck im Pumpenzylinder und das Einlassventil schließt. Ist der Druck im Pumpenzylinder größer als der Druck im Kraftstoffverteilerrohr, öffnet das Auslassventil und der Kraftstoff wird zum Kraftstoffverteilerrohr gepumpt.



253_026

Der Geber für Kraftstoffdruck (G247)

befindet sich am Saugrohr-Unterteil und ist in das Kraftstoffverteilerrohr eingeschraubt.
Er misst den Kraftstoffdruck im Kraftstoffverteilerrohr.



253_046

Signalverwendung

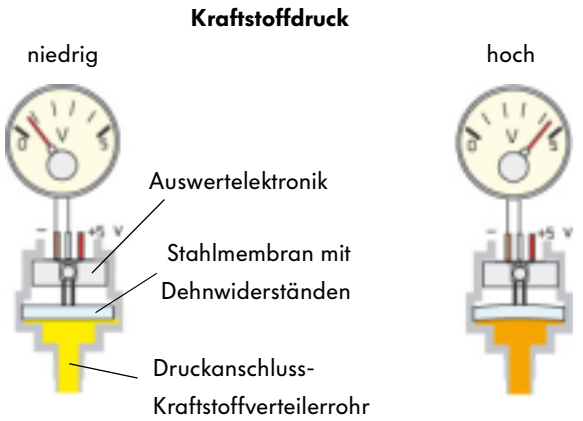
Mit dem Signal regelt das Motorsteuergerät kennfeldabhängig den Kraftstoffdruck im Hochdruck-Kraftstoffsystem.

So funktioniert es

Aus dem Kraftstoffverteilerrohr strömt Kraftstoff in den Geber für Kraftstoffdruck.

- Bei niedrigem Kraftstoffdruck wird die Stahlmembran nur geringfügig verformt. Dadurch ist der Widerstand in den Dehnwiderständen groß und die Signalspannung klein.
- Bei hohem Kraftstoffdruck wird die Stahlmembran stark verformt. Dadurch ist der Widerstand in den Dehnwiderständen klein und die Signalspannung groß.

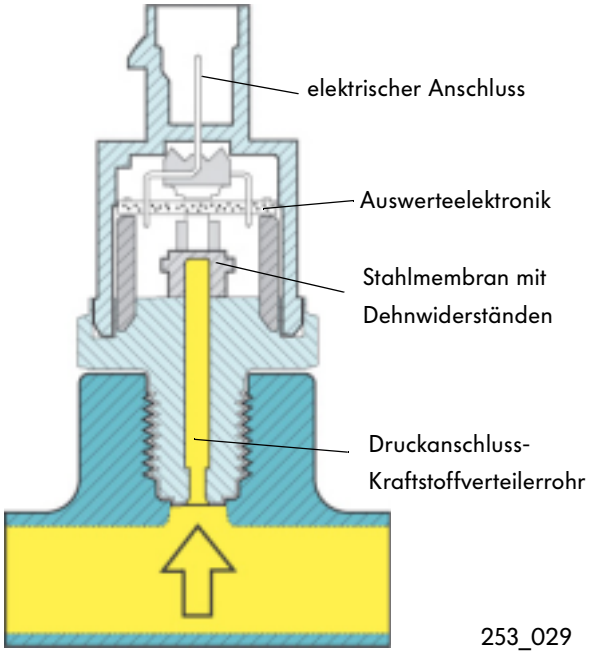
Die Signalspannung wird von der Elektronik verstärkt und an das Motorsteuergerät gesendet. Die Regelung des Kraftstoffdruckes erfolgt mit dem Regelventil für Kraftstoffdruck.



253_091

Auswirkungen bei Signalausfall

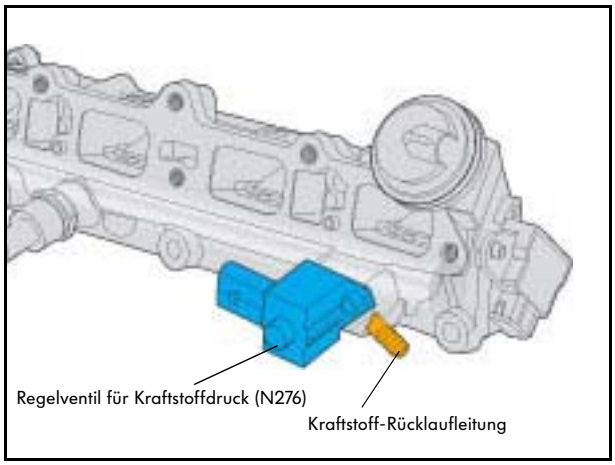
Fällt das Signal vom Geber für Saugrohrdruck aus, wird das Regelventil für Kraftstoffdruck mit einem festen Wert vom Motorsteuergerät angesteuert.



253_029

Das Regelventil für Kraftstoffdruck (N276)

befindet sich am Saugrohr-Unterteil und ist zwischen dem Kraftstoffverteilerrohr und der Rücklaufleitung zum Kraftstoffbehälter eingeschraubt.



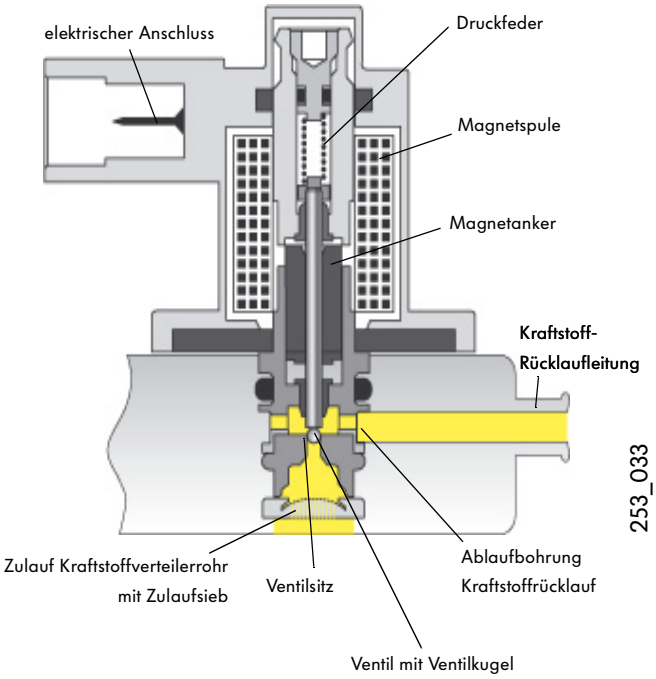
253_129

Aufgabe

Es hat die Aufgabe den Kraftstoffdruck im Kraftstoffverteilerrohr, unabhängig von der Einspritz- und der Pumpenfördermenge, einzustellen.

So funktioniert es

Bei Abweichungen vom Solldruck, wird das Regelventil für Kraftstoffdruck vom Motorsteuergerät mit einem pulsweitenmoduliertem Signal angesteuert. Daraufhin entsteht in der Magnetspule ein Magnetfeld und das Ventil mit der Ventilkugel hebt vom Ventilsitz ab. Je nach Signalgröße wird so der Durchflussquerschnitt zur Rücklaufleitung und damit die Ablaufmenge verändert und der Kraftstoffdruck geregelt.



253_033

Auswirkungen bei Ausfall

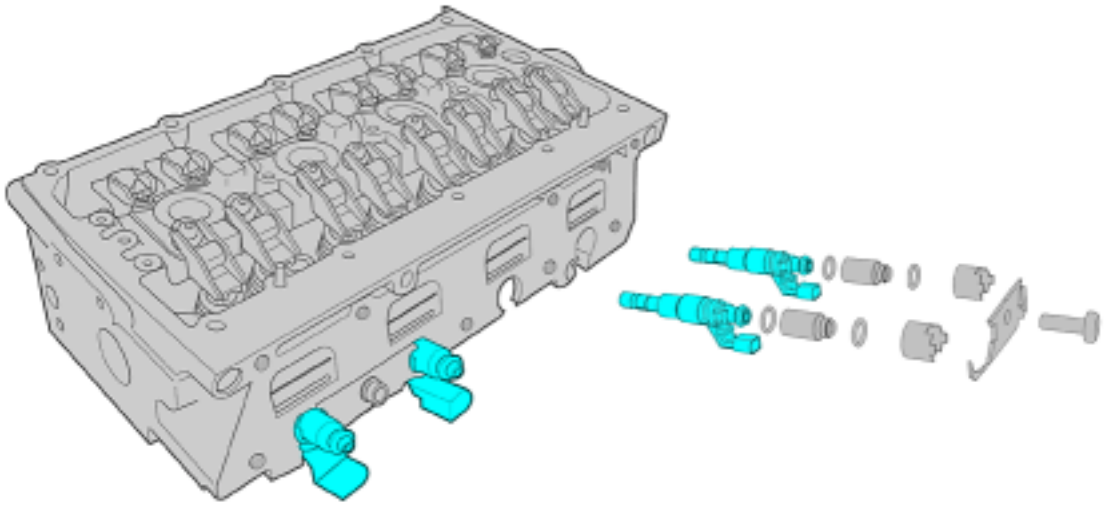
Das Regelventil ist stromlos geschlossen. Dadurch wird sichergestellt, dass immer ein ausreichender Kraftstoffdruck vorhanden ist. Zum Schutz der Bauteile vor zu hohen Drücken, ist im Regelventil für Kraftstoffdruck eine mechanische Druckbegrenzung über ein Federsystem eingebaut. Es öffnet bei einem Kraftstoffdruck von 120 bar.

Die Hochdruck-Einspritzventile (N30-N33)

sind am Zylinderkopf befestigt und spritzen den Kraftstoff mit hohem Druck direkt in den Zylinder ein.

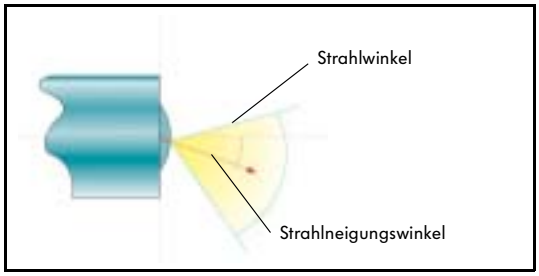
Aufgabe

Die Einspritzventile müssen den Kraftstoff in kürzester Zeit gut zerstäuben und je nach Betriebsart gezielt einspritzen.
So wird der Kraftstoff im Schichtladungs-Betrieb konzentriert im Bereich der Zündkerze positioniert und im Homogen-Mager-Betrieb sowie im Homogen-Betrieb gleichmäßig im gesamten Brennraum zerstäubt.



253_149

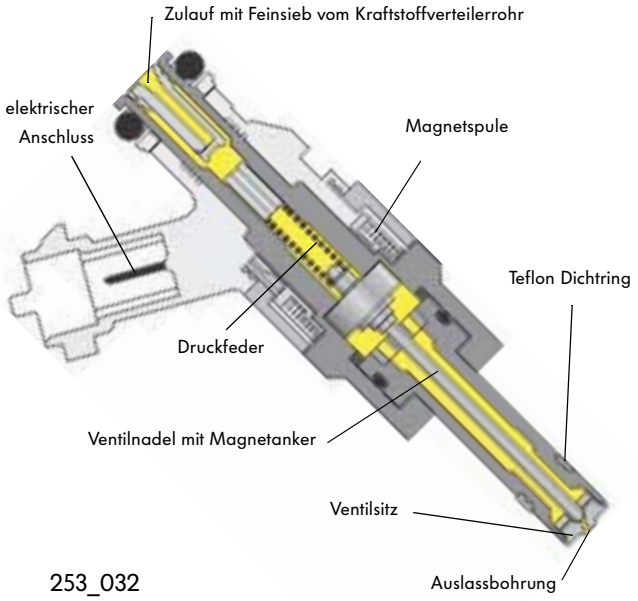
Durch einen Strahlwinkel von 70° und einem Strahlneigungswinkel von 20° ist eine genaue Positionierung des Kraftstoffes, vor allem im Schichtladungs-Betrieb, möglich.



253_056

So funktioniert es

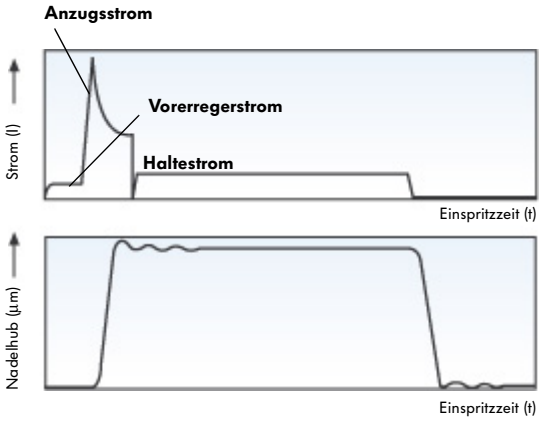
Während der Einspritzung wird die Magnetspule im Einspritzventil angesteuert und ein Magnetfeld entsteht. Dadurch wird der Magnetanker mit der Ventilnadel angezogen, das Ventil öffnet und der Kraftstoff wird eingespritzt.
Wird die Spule nicht mehr angesteuert, bricht das Magnetfeld zusammen und die Ventilnadel wird durch die Druckfeder in den Ventilsitz gedrückt. Der Kraftstofffluss ist unterbrochen.



253_032

Die Ansteuerung der Hochdruck-Einspritzventile

Die Hochdruck-Einspritzventile werden durch eine elektronische Schaltung im Motorsteuergerät angesteuert.
Damit das Einspritzventil möglichst schnell öffnet, wird es nach einer kurzen Vormagnetisierung mit einer Spannung von circa 90 Volt beaufschlagt. Daraus resultiert eine Stromstärke von bis zu 10 Ampere. Ist das Ventil voll geöffnet, reicht eine Spannung von 30 Volt und eine Stromstärke von 3-4 Ampere aus um das Ventil voll geöffnet zu halten.



253_028

Auswirkungen bei Ausfall

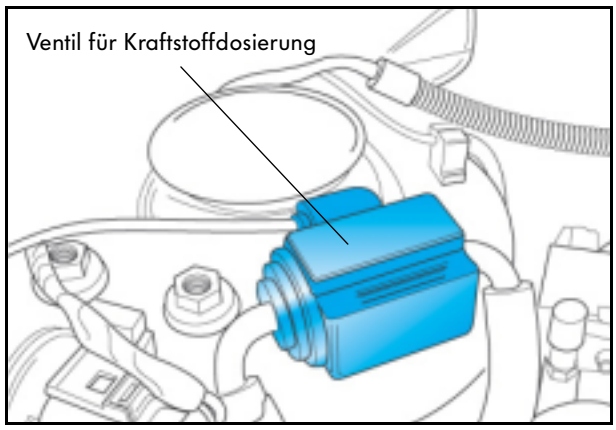
Ein defektes Einspritzventil wird durch die Aussetzererkennung erkannt und nicht mehr angesteuert.



Nach dem Austausch eines Einspritzventils müssen die Lernwerte gelöscht und an das Motorsteuergerät neu angepasst werden. Bitte beachten Sie den entsprechenden Reparaturleitfaden.

Das Ventil für Kraftstoffdosierung (N290)

befindet sich in der Vorlaufleitung zur Hochdruck-Kraftstoffpumpe und zum Kraftstoff-Druckregler. Es ist auf dem Federbeindom befestigt.



253_049

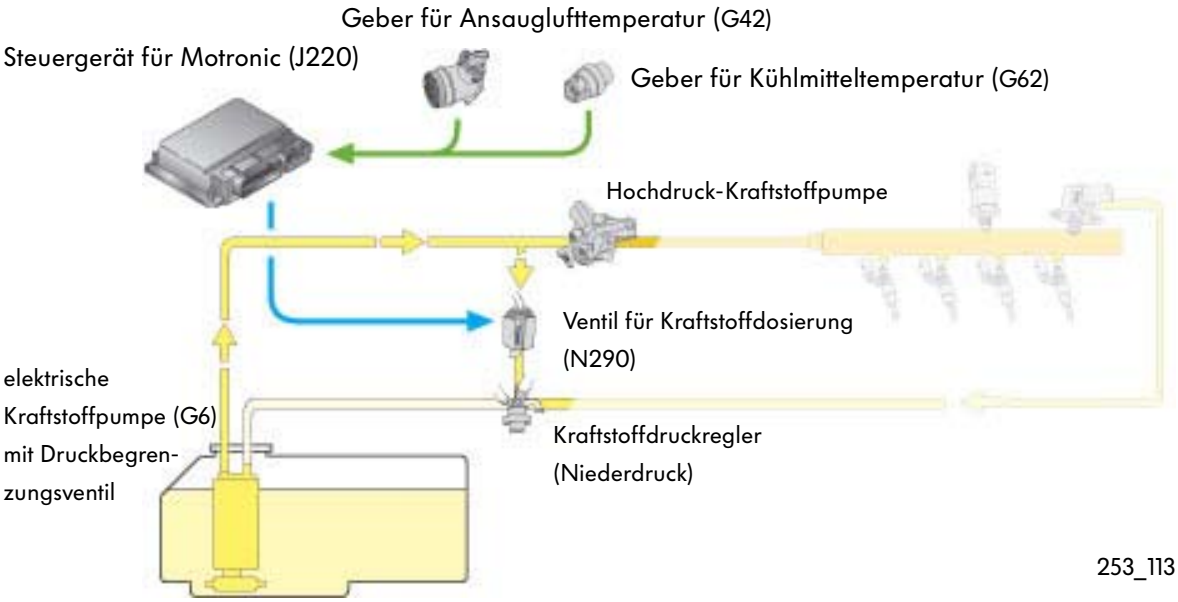
Aufgabe

Im Normalbetrieb ist das Ventil offen und gibt den Weg zum Kraftstoff-Druckregler frei.

Beträgt beim Motorstart die Kühlmitteltemperatur mehr als 110° C und die Ansaugluftttemperatur mehr als 50° C, handelt es sich um einen Heißstart.
Dann wird das Ventil vom Motorsteuergerät für ca. 50 Sekunden angesteuert und verschließt den Weg zum Kraftstoff-Druckregler.

Dadurch steigt der Druck im Niederdruck-Kraftstoffsystem auf den maximalen Förderdruck der elektrischen Kraftstoffpumpe. Dieser beträgt durch ein internes Druckbegrenzungsventil maximal 5,8 bar.

Diese Druckerhöhung verhindert eine Dampfblasenbildung auf der Saugseite der Hochdruck-Kraftstoffpumpe und garantiert einen sicheren Hochdruckaufbau.



253_113

Auswirkungen bei Ausfall

Fällt das Ventil für Kraftstoffdosierung aus, wird es durch eine Druckfeder ständig geschlossen. Damit steigt der Druck im Niederdruck-Kraftstoffsystem auf bis zu 5,8 bar an und ein Liegenbleiben des Fahrzeugs beim Heißstart wird verhindert.

Die Aktivkohlebehälter-Anlage

ist erforderlich, um die gesetzlichen Forderungen an die Kohlenwasserstoff-Emissionen (HC) zu erfüllen. Mit ihr wird verhindert, dass Kraftstoffdämpfe aus dem Kraftstoffbehälter in die Umwelt gelangen. Die Kraftstoffdämpfe werden im Aktivkohlebehälter gespeichert und regelmäßig der Verbrennung zugeführt.

Beim Homogen-Mager und Homogen-Betrieb

ist das zündfähige Gemisch im Brennraum gleichmäßig verteilt. So findet die Verbrennung im gesamten Brennraum statt und der Kraftstoff aus der Aktivkohlebehälter-Anlage wird mit verbrannt.

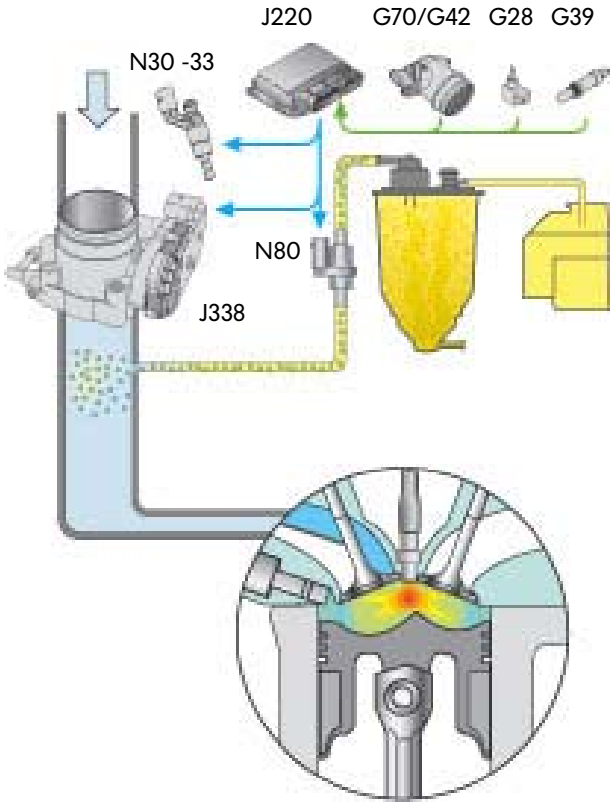
Beim Schichtladungs-Betrieb

ist das zündfähige Gemisch nur im Bereich der Zündkerze. Ein Teil des Kraftstoffes aus der Aktivkohlebehälter-Anlage ist jedoch im äußeren nicht zündfähigen Bereich. Dadurch kann es zu einer unvollständigen Verbrennung kommen und die HC-Emissionen im Abgas steigen. Deshalb wird der Schichtladungs-Betrieb nur freigegeben, wenn ein niedriger Beladungszustand des Aktivkohlebehälters errechnet wird.

Das Motorsteuergerät errechnet wie viel Kraftstoff aus der Aktivkohlebehälter-Anlage zugeführt werden darf. Danach erfolgt die Ansteuerung des Magnetventils, eine Anpassung der Einspritzmenge und die Verstellung der Drosselklappe.

Dazu benötigt es folgende Informationen:

- die Motorlast vom Heißfilm-Luftmassenmesser (G70),
- die Motordrehzahl vom Geber für Motordrehzahl (G28),
- die Ansauglufttemperatur vom Geber für Ansauglufttemperatur (G42) und
- den Beladungszustand des Aktivkohlebehälters von der Lambdasonde (G39).



253_077

Das Zündsystem

hat die Aufgabe, das Luft-Kraftstoffgemisch zum richtigen Zeitpunkt zu entzünden. Um das zu erreichen, muss der Zündzeitpunkt, die Zündenergie und die Zündfunkendauer in allen Betriebspunkten vom Motorsteuergerät bestimmt werden. Mit dem Zündzeitpunkt wird das Drehmoment, das Abgasverhalten und der Kraftstoffverbrauch des Motors beeinflusst.

Beim Schichtladungs-Betrieb

muss der Zündzeitpunkt aufgrund der besonderen Gemischbildung in einem engen Kurbelwinkelfenster liegen. Nur so wird das Gemisch sicher entzündet.

Beim Homogen-Mager- und beim Homogen-Betrieb

gibt es keine Unterschiede zu einem Motor mit Saugrohreinspritzung. Durch die gleichartige Gemischverteilung werden bei beiden Einspritzsystemen vergleichbare Zündzeitpunkte verwendet.

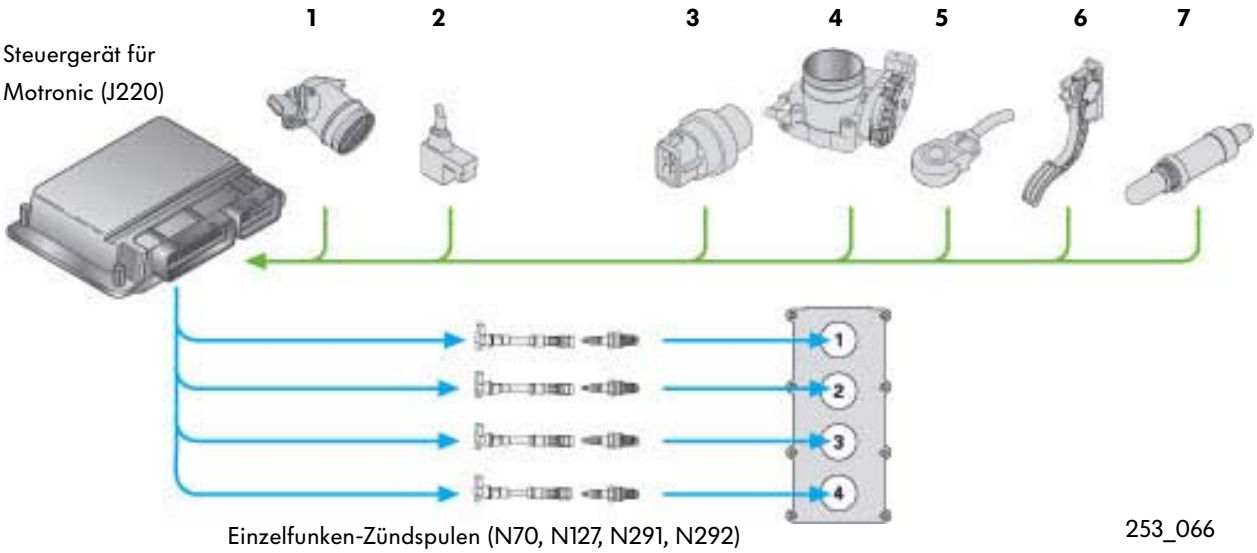
Die Berechnung des optimalen Zündzeitpunktes erfolgt aus den

Hauptinformationen:

1 Motorlast vom Luftmassenmesser (G70) und vom Geber für Ansauglufttemperatur (G42)
2 Motordrehzahl vom Geber für Motordrehzahl (G28)

Korrekturinformationen:

3 Geber für Kühlmitteltemperatur (G62)
4 Drosselklappen-Steuereinheit (J338)
5 Klopfsensor (G61)
6 Geber für Gaspedalstellung (G79, G185)
7 Lambdasonde (G39)

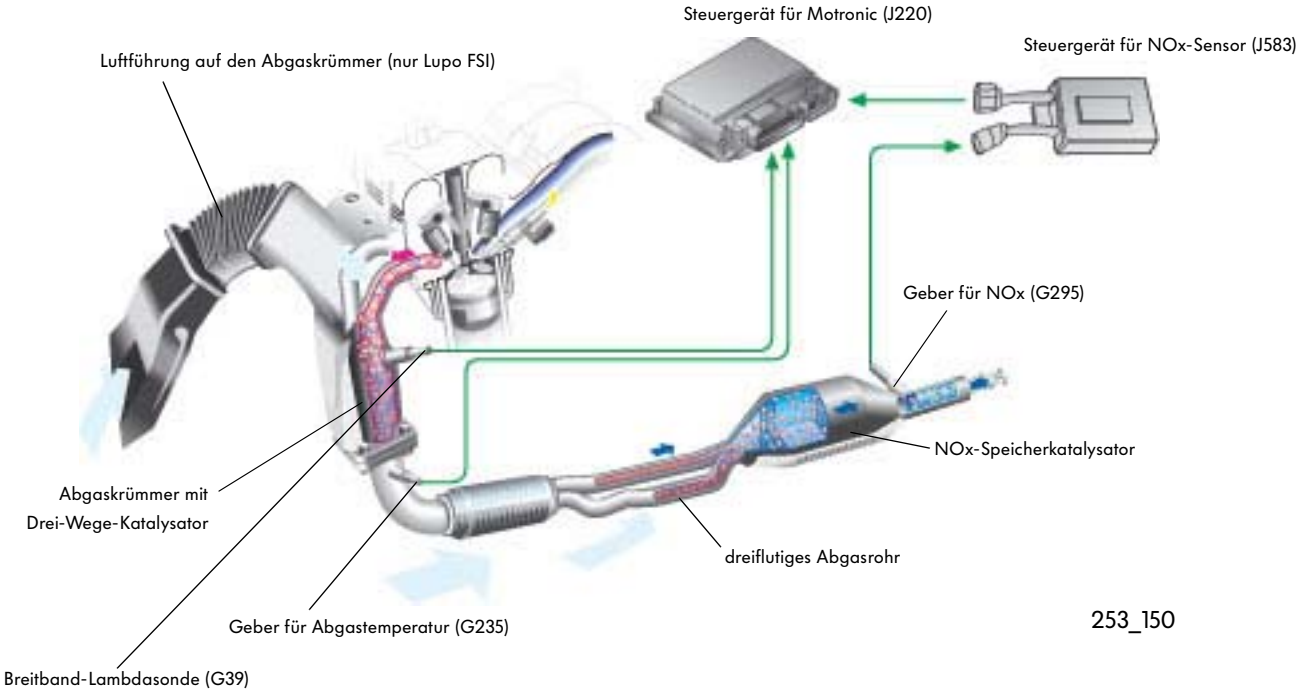


Einzelfunken-Zündspulen (N70, N127, N291, N292)

253_066

Das Abgassystem

wurde an die Anforderungen eines Benzin-Direkteinspritzers angepasst. Bisher war die Abgasnachbehandlung bei Motoren mit einer Benzin-Direkteinspritzung ein großes Problem. Das liegt daran, dass mit einem herkömmlichen Drei-Wege-Katalysator die gesetzlich vorgeschriebenen Stickoxid-Grenzwerte im mageren Schichtladungs- und Homogen-Mager-Betrieb nicht erreicht werden können. Deshalb wird bei diesen Motoren ein NOx-Speicherkatalysator verbaut, der die Stickoxide (NOx) in diesen Betriebsarten speichert. Wenn der Speicher voll ist, wird in einen Regenerationsmodus geschaltet, die Stickoxide aus dem Speicherkatalysator gelöst und in Stickstoff umgewandelt.





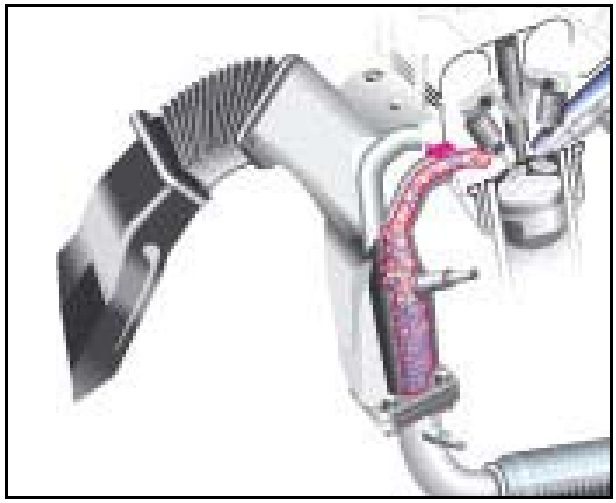
Durch die Abgasrückführung und die Nockenwellenverstellung werden die Stickoxid-Emissionen bereits bei der Verbrennung verringert.

Die Abgaskühlung

Das Ziel ist es das Abgas soweit abzukühlen, dass die Temperatur im NOx-Speicherkatalysator möglichst oft und lange im Bereich von 250 °C und 500 °C liegt. Denn nur in diesem Temperaturbereich kann der NOx- Speicherkatalysator die Stickoxide speichern.
Ein weiterer Grund ist die dauerhafte Abnahme der Speicherfähigkeit, wenn der NOx-Speicherkatalysator auf über 850 °C erhitzt wurde.

Die Abgaskrümmer- Kühlung (nur Lupo FSI)

Im Vorderwagen wird Frischluft gezielt auf den Abgaskrümmer gelenkt und damit die Abgastemperatur abgesenkt.



253_131

Das dreiflutige Abgasrohr

befindet sich vor dem NOx-Speicherkatalysator. Es ist die zweite Maßnahme, um die Temperatur der Abgase und damit des NOx-Speicherkatalysators zu senken. Durch die größere Oberfläche wird die Wärmeabfuhr an die Umgebungsluft erhöht, und die Abgastemperatur sinkt.

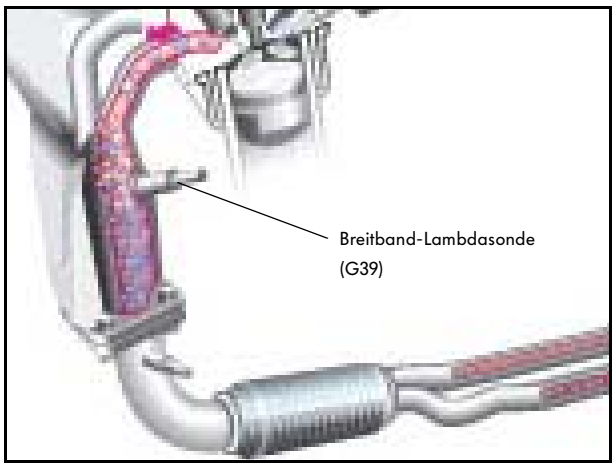


253_131

Beide Maßnahmen ergeben zusammen eine Absenkung der Abgastemperatur je nach Fahrzeuggeschwindigkeit von 30 °C bis 100 °C.

Die Breitband Lambdasonde (G39)

Die Breitband-Lambdasonde ist vor dem Katalysator in den Abgaskrümmer eingeschraubt.
Mit ihr wird der Restsauerstoffanteil im Abgas bestimmt.



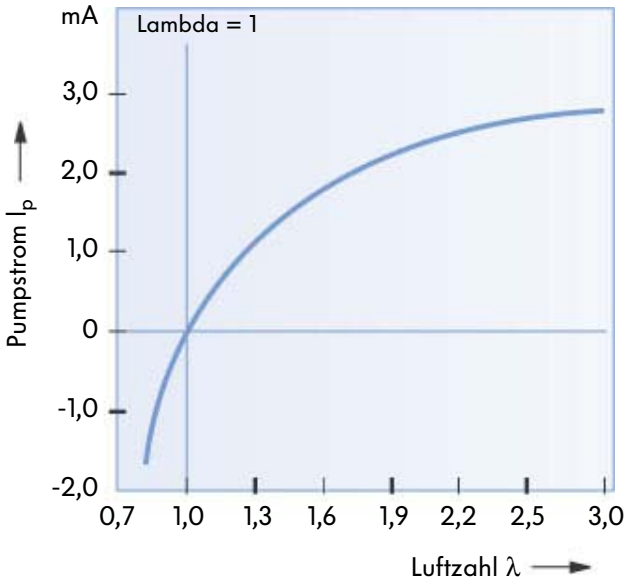
253_131

Signalverwendung

Mit der Breitband- Lambdasonde kann das Luft- Kraftstoff- Verhältnis auch abweichend von Lambda = 1 genau bestimmt werden.

Dadurch kann im Homogen-Mager-Betrieb ein mageres Lambda von 1,55 eingeregelt werden. Im Schichtladungs-Betrieb wird das Lambda berechnet, weil Breitband-Lambdasonden in diesem Bereich zu ungenau sind.

Anhand des Signals berechnet das Motorsteuergerät den Ist-Lambdawert und beginnt bei Abweichungen vom Soll-Lambdawert mit der Regelung. Die Regelung erfolgt über die Einspritzmenge.



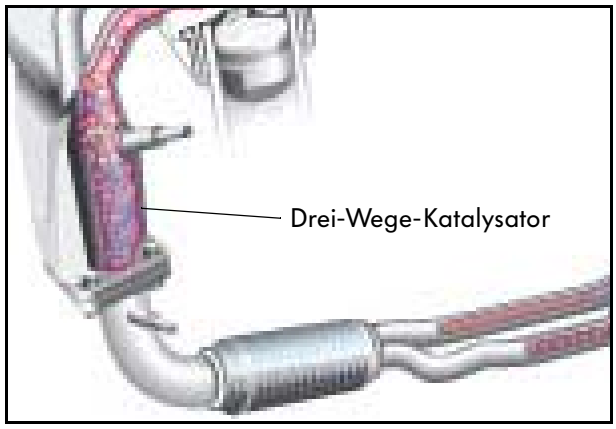
253_088

Auswirkungen bei Signalausfall

Bei Ausfall des Signals der Lambda-Sonde erfolgt keine Lambda-Regelung, sondern eine Vorsteuerung der Einspritzmenge. Weiterhin wird die Lambda-Adaption gesperrt und die Aktivkohlebehälter-Anlage geht in den Notlauf.

Der Drei-Wege Vorkatalysator

befindet sich im Abgaskrümmer.
Durch die motornahe Anordnung erreicht er schnell seine Betriebstemperatur und beginnt mit der Abgasreinigung. Dadurch können die strengen Abgasgrenzwerte eingehalten werden.



253_131

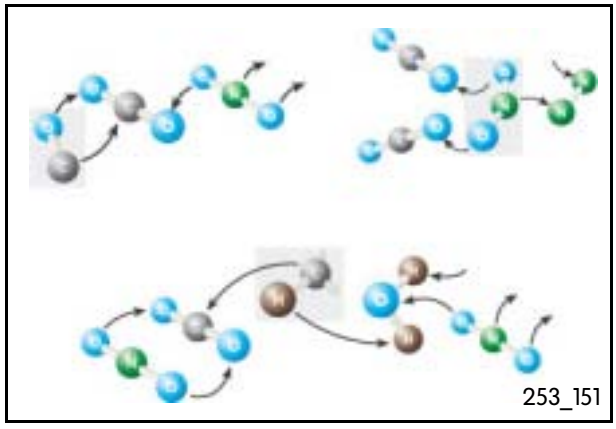
Aufgabe

Er wandelt die bei der Verbrennung entstehenden Schadstoffe katalytisch in unschädliche Stoffe um.

So funktioniert es

Homogen-Betrieb mit Lambda = 1

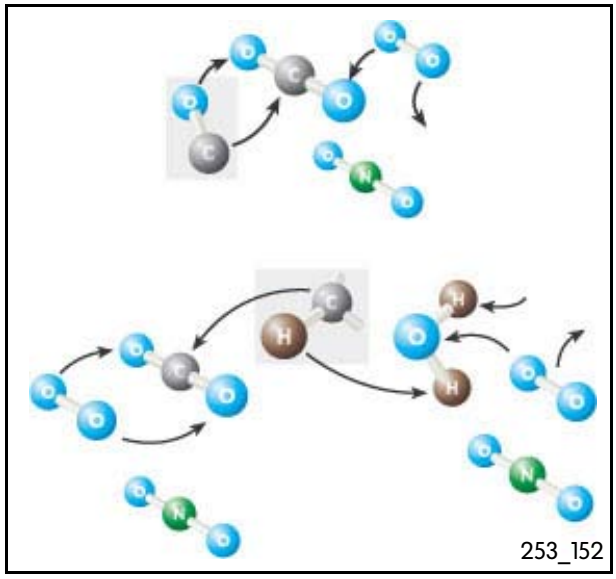
Die Kohlenwasserstoffe (HC) und die Kohlenmonoxide (CO) oxydieren mit dem Sauerstoff (O) der Stickoxide (NOx) zu Wasser (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2).
Gleichzeitig werden dadurch die Stickoxide zu Stickstoff (N_2) reduziert.



253_151

Beim Schichtladungs- und Homogen-Mager-Betrieb mit Lambda > 1

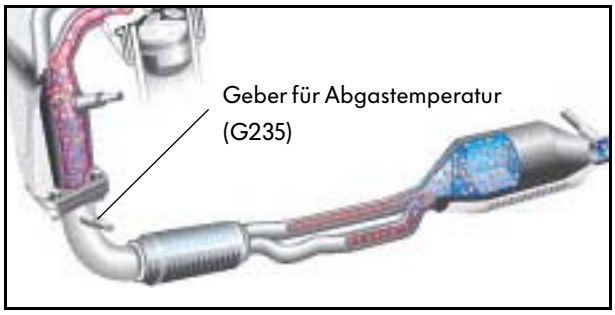
Die Kohlenwasserstoffe und die Kohlenmonoxide oxydieren vorzugsweise mit dem im Abgas reichlich vorhandenen Sauerstoff und nicht mit dem der Stickoxide. Deshalb werden die Stickoxide von einem Drei-Wege-Katalysator im Magerbetrieb nicht in Stickstoff umgewandelt. Sie strömen durch den Drei-Wege-Katalysator zum NOx-Speicherkatalysator.



253_152

Der Geber für Abgastemperatur (G235)

Der Geber für Abgastemperatur ist hinter dem Vorkatalysator in das Abgasrohr geschraubt. Er misst die Abgastemperatur und gibt diese Information an das Motorsteuergerät weiter.



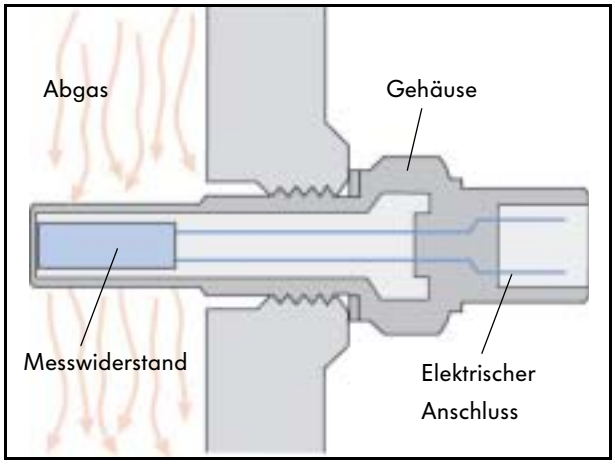
253_131

Signalverwendung

Anhand des Signals vom Geber für Abgastemperatur errechnet das Motorsteuergerät unter anderem die Temperatur im NOx-Speicherkatalysator.

Das ist erforderlich, weil:

- der NOx-Speicherkatalysator nur bei einer Betriebstemperatur zwischen 250 °C und 500 °C Stickoxide abspeichern kann. Deshalb darf auch nur in diesem Temperaturbereich in den Schichtladungs- und in den Homogen-Mager-Betrieb geschaltet werden.
- auch der Schwefel im NOx-Speicherkatalysator zwischengespeichert wird. Um den Schwefel wieder aus den Speicherplätzen zu lösen, muss die Temperatur im Speicherkatalysator mindestens 650 °C betragen.



253_089

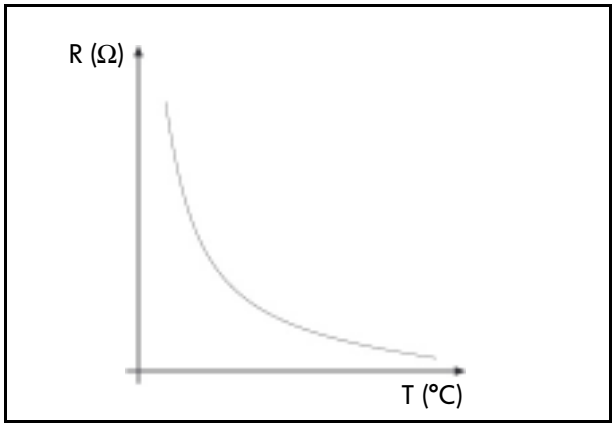
Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal aus, dann wird in den Notlauf geschaltet und die Abgastemperatur vom Motorsteuergerät berechnet. Weil diese Berechnung nicht so genau ist, wird früher in den Homogen-Betrieb geschaltet.

So funktioniert es

Im Geber ist ein Messwiderstand mit einem negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Das bedeutet, mit steigender Temperatur verringert sich sein Widerstand und die Signalspannung steigt. Dieser Signalspannung ist im Motorsteuergerät eine Temperatur zugeordnet.

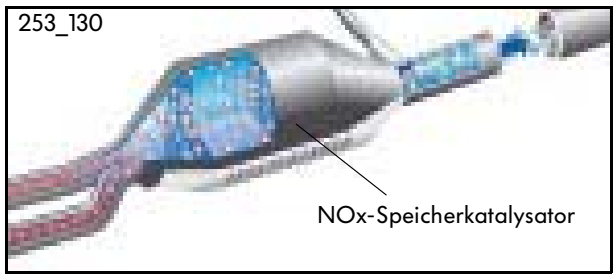
Kennlinie NTC-Widerstand



253_114

Der NOx- Speicherkatalysator

Er ist an der gleichen Stelle verbaut wie ein herkömmlicher Drei-Wege-Hauptkatalysator. Er beinhaltet die Funktion eines Drei-Wege-Katalysators und kann zusätzlich Stickoxide einspeichern.



Aufgabe

Im Homogen- Betrieb bei Lambda = 1 arbeitet der NOx-Speicherkatalysator wie ein herkömmlicher Drei-Wege-Katalysator.

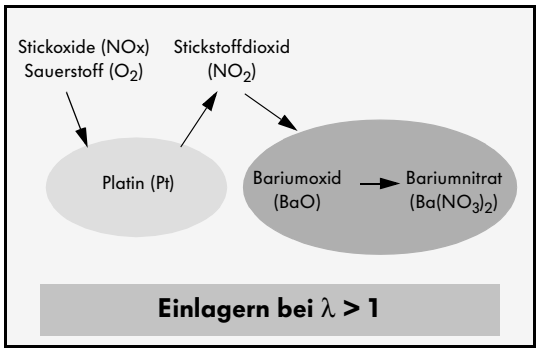
Im Schichtladungs- und Homogen-Mager-Betrieb bei Lambda > 1 kann er die Stickoxide nicht mehr umwandeln. Daher werden sie im NOx-Speicherkatalysator gespeichert. Ist die Speicherfähigkeit erschöpft, wird eine Regeneration eingeleitet. (S. 50/51) Wegen der chemischen Ähnlichkeit zu den Stickoxiden wird auch der Schwefel eingelagert.

So funktioniert es

Neben den drei Beschichtungen Platin, Rhodium und Palladium hat der NOx- Speicherkatalysator Bariumoxid als vierte Beschichtung. Damit können Stickoxide im Magerbetrieb zwischengespeichert werden.

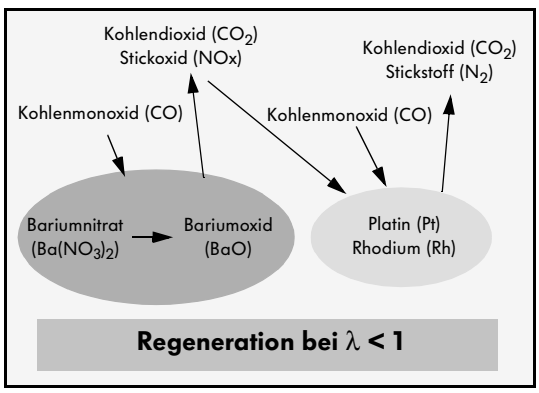
Die Einlagerung

Dabei werden die Stickoxide an der Platinbeschichtung zu Stickstoffdioxid oxydiert und reagieren dann mit dem Bariumoxid zu Bariumnitrat.



Die Auslagerung (Regeneration)

Die Auslagerung erfolgt im Beispiel durch die im fetten Abgas reichlich vorhandenen CO-Moleküle.
Zuerst wird das Bariumnitrat durch das Kohlenmonoxid wieder zu Bariumoxid reduziert. Dadurch wird Kohlendioxid und Stickstoffmonoxid freigesetzt. Durch das Rhodium und Platin werden die Stickoxide zu Stickstoff reduziert und das Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid oxydiert.

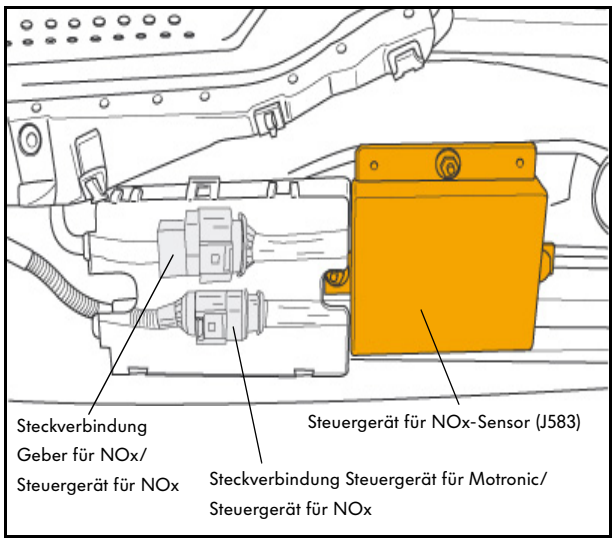


Das Steuergerät für NOx-Sensor (J583)

befindet sich am Unterboden in der Nähe des NOx-Sensors. Die nahe Anordnung verhindert, dass äußere Störeinflüsse die Signale des NOx-Sensors verfälschen.

Aufgabe

Im Steuergerät für NOx-Sensor werden die Signale des Geber für NOx aufbereitet und an das Motorsteuergerät weitergesendet.



253_103

Elektrische Schaltung

Vom NOx-Sensor zum Steuergerät für NOx-Sensor:

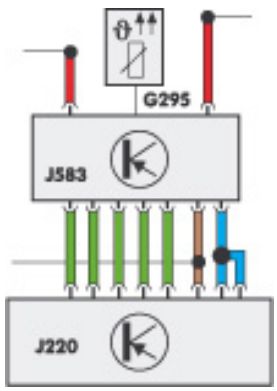
1-6 Kompensationswiderstände
(Über die Kompensationswiderstände werden die Signale des Gebers für NOx angepasst und Toleranzen aus der Sensor-Fertigung ausgeglichen.)
7-8 nicht belegt
9 Sensorsignal Masse
10 NOx-Pumpstrom (µA), Kammer 2
11 Lambda-Pumpstrom (mA), Kammer 1
12 Heizung (Minus)
13 Referenzzellen-Spannung
14 Heizung (Plus)

Vom Steuergerät für NOx-Sensor zum Steuergerät für Motronic:

1 NOx-Signal, Kammer 2
2 Sauerstoffanteil Lambda, Kammer 1
3 Temperatur Geber für NOx
4 Sprungsonden-Spannung
5 Referenzzellen-Spannung
6 nicht belegt
7 Versorgungsspannung
8 Heizung (Minus)
9 Masse
10 Heizung (Plus)

Auswirkung bei Ausfall

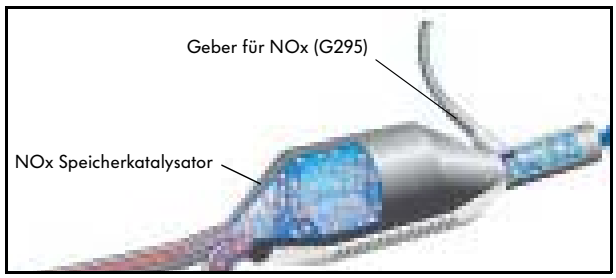
Fällt das Steuergerät für NOx-Sensor aus, wird von der Regelung in eine Steuerung umgeschaltet. Wegen der erhöhten Stickoxidemissionen wird der Schichtladungs- und der Homogen-Mager-Betrieb untersagt.



253_115

Der Geber für NOx (G295)

Er ist direkt hinter dem NOx-Speicherkatalysator in das Abgasrohr geschraubt. Mit ihm wird der Stickoxid-(NOx) und der Sauerstoffanteil im Abgas bestimmt und an das Steuergerät für NOx-Sensor (J583) gesendet.



253_130

Signalverwendung

Aus den Signalen wird erkannt und geprüft:

- ob die Katalysatorfunktion in Ordnung ist.
- ob der Lambda = 1-Regelpunkt der Vorkat-Breitband-Lambdasonde in Ordnung ist oder korrigiert werden muss. Das ist durch eine interne Schaltung im Steuergerät für NOx möglich. Mit ihr kann an den Elektroden des Gebers für NOx ein der Sprungsonde ähnliches Signal abgegriffen werden. Ein solches Signal ist im Bereich Lambda = 1 sehr genau.
- wann die Speicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators erschöpft ist und eine NOx- oder Schwefel-Regeneration eingeleitet werden muss.

Die Signale werden vom Geber für NOx an das Steuergerät für NOx-Sensor gesendet.

Der Aufbau

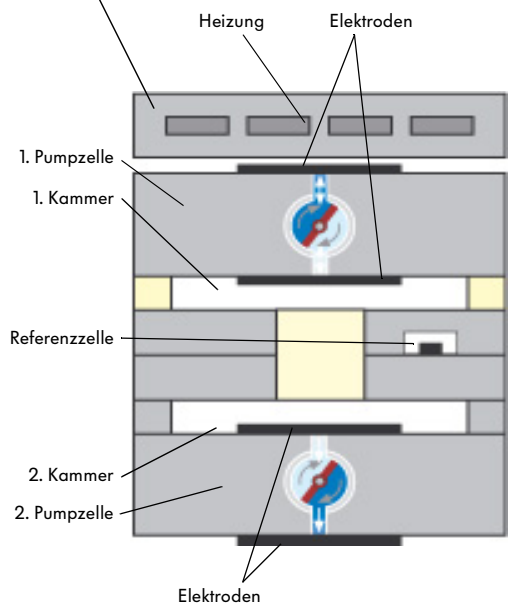
Er besteht aus zwei Kammern, zwei Pumpzellen, mehreren Elektroden und einer Heizung. Das Sensorelement besteht aus Zirkoniumdioxid. Dieser Stoff hat die Eigenschaft, dass bei einer angelegten Spannung die negativen Sauerstoff-ionen von der Minuselektrode zur Pluselektrode wandern.

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal des Gebers für NOx aus, wird nur noch der Homogen-Betrieb zugelassen.



253_098



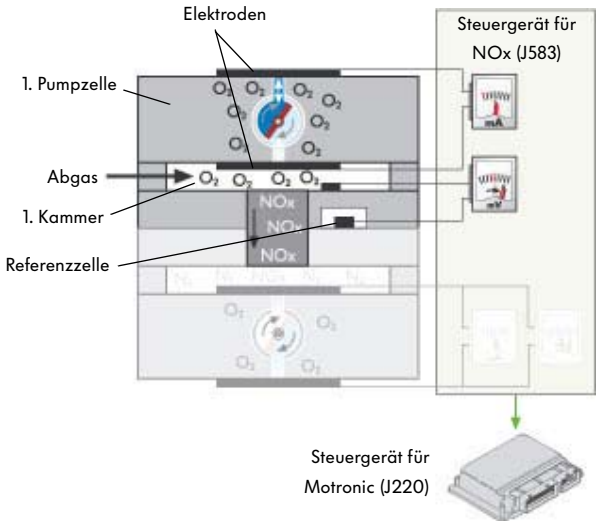
253_099

Die Funktion des Gebers für NOx

Die Funktionsweise des Gebers für NOx basiert auf der Sauerstoffmessung und lässt sich von einer Breitband-Lambdasonde ableiten.

Bestimmung des Lambdas in der ersten Kammer

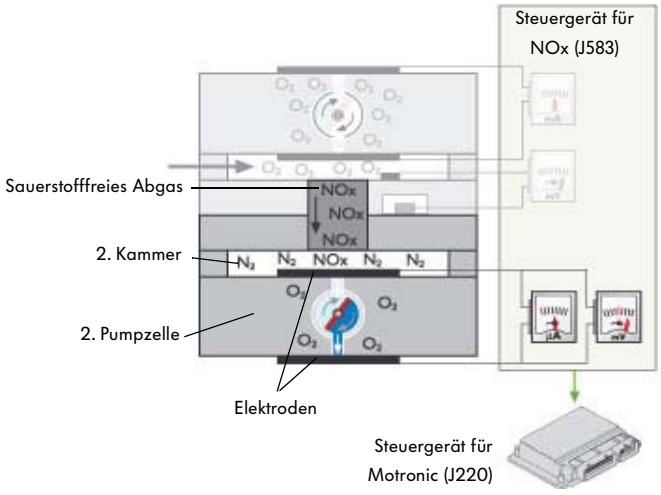
Ein Teil des Abgases strömt in die 1. Kammer. Aufgrund verschiedener Sauerstoffanteile im Abgas und der Referenzzelle ist an den Elektroden eine elektrische Spannung messbar. Das Steuergerät für NOx-Sensor regelt diese Spannung auf konstant 425 mV. Das entspricht einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis von Lambda = 1.
Bei Abweichungen wird Sauerstoff heraus- oder hineingepumpt. Der dazu notwendige Pumpstrom ist ein Maß für den Lambdawert.



253_101

Bestimmung des NOx-Anteils in der zweiten Kammer

Das sauerstofffreie Abgas strömt von der 1. in die 2. Kammer. Die NOx-Moleküle im Abgas werden an einer speziellen Elektrode in N_2 und O_2 aufgespalten. Da an der inneren und äußeren Elektrode auf eine gleichmäßige Spannung von 450 mV geregelt wird, wandern die Sauerstoffionen von der inneren zur äußeren Elektrode.
Der dabei fließende Sauerstoffpumpstrom ist ein Maß für den Sauerstoffanteil in der 2. Kammer. Da der Sauerstoffpumpstrom verhältnisgleich zum Stickoxidanteil im Abgas ist, kann die Stickoxidmenge bestimmt werden.



253_102

Wird eine bestimmte Schwelle an Stickoxiden überschritten, ist die Speicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators erschöpft und eine NOx-Regeneration wird eingeleitet.

Wird die Schwelle in immer kürzeren Zeitabständen überschritten, ist der Speicherkatalysator vom Schwefel belegt und es wird eine Schwefelregeneration eingeleitet.

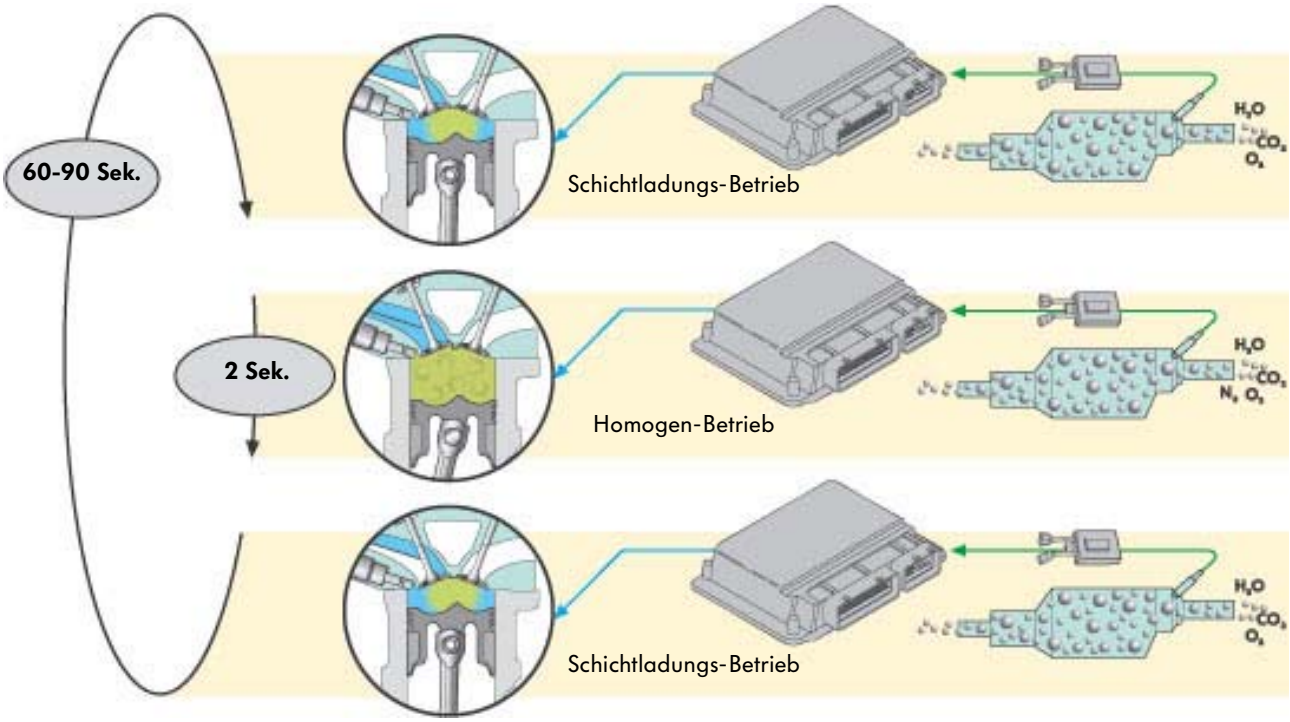
Der Regenerationsmodus

In diesem Modus werden die eingespeicherten Stickoxide und der Schwefel aus dem NOx-Speicherkatalysator herausgelöst und in ungiftigen Stickstoff beziehungsweise in Schwefeldioxid umgewandelt.

Die Regeneration von den Stickoxiden

erfolgt, wenn hinter dem Speicherkatalysator die Stickoxidkonzentration einen festgelegten Wert überschreitet. Daran erkennt das Motorsteuergerät, dass der Katalysator keine Stickoxide mehr speichern kann und die Speicherfähigkeit erschöpft ist. Der Regenerationsmodus wird eingeschaltet.

Dabei wird vom mageren Schichtladungs-Betrieb in einen leicht fetten Homogen-Betrieb umgeschaltet, wodurch der Anteil an Kohlenwasserstoff und Kohlenmonoxid im Abgas steigt. Im Speicherkatalysator verbinden sich beide mit dem Sauerstoff der Stickoxide und aus den Stickoxiden entsteht Stickstoff.



252_054

Der NOx-Speicherkatalysator kann im Schichtladungs-Betrieb bis zu 90 Sekunden Stickoxide speichern. Danach erfolgt eine circa 2 Sekunden dauernde Regeneration.

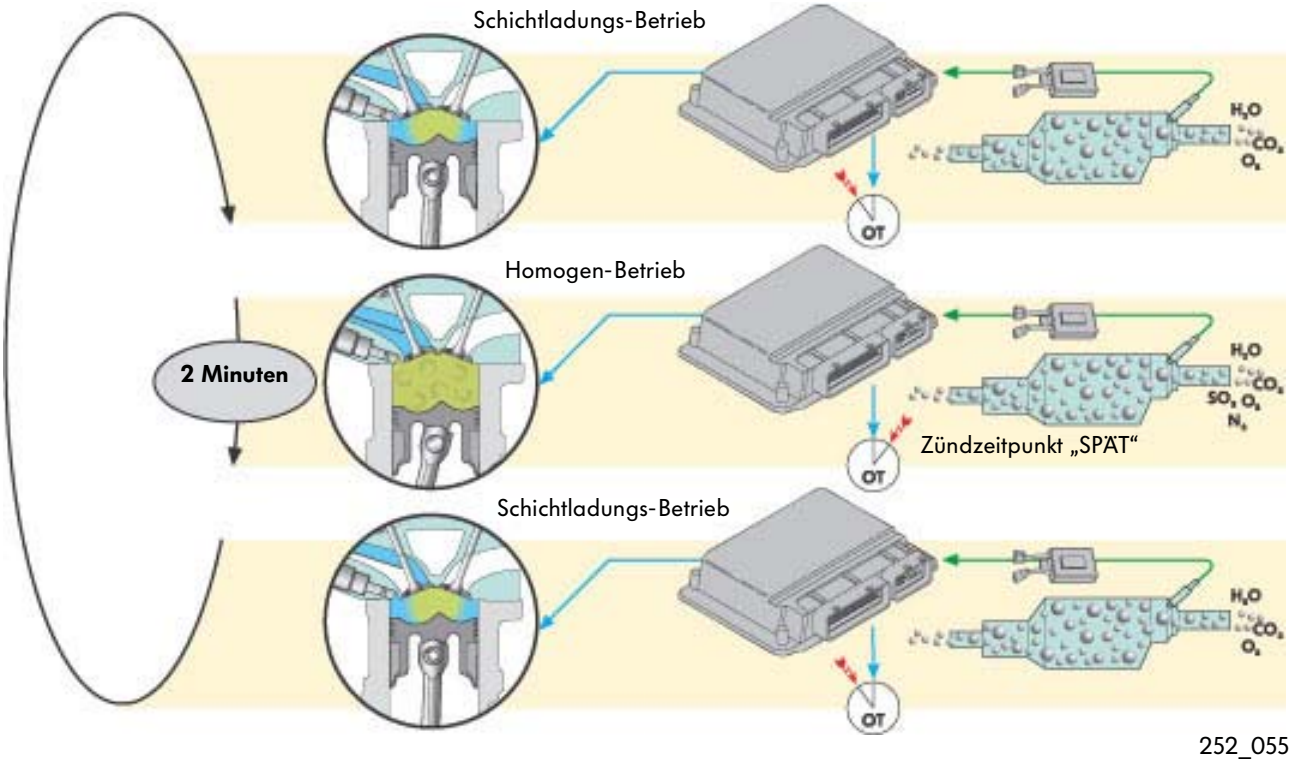
Die Regeneration vom Schwefel

ist aufwendiger, weil Schwefel temperaturbeständiger ist und bei der Stickoxid-Regeneration im Katalysator verbleibt.
Eine Entschwefelung wird vorgenommen, wenn die Speicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators in immer kürzeren Zeitabständen erschöpft ist.
Das Motorsteuergerät erkennt daraus, dass die Speicherplätze vom Schwefel belegt sind und Stickoxide nicht mehr gespeichert werden können.

Dann wird ab einer fahrzeugspezifischen Mindestgeschwindigkeit für ca. 2 Minuten:

- in den Homogen-Betrieb geschaltet und
- durch Zündzeitpunktverstellung in Richtung "spät" die Temperatur des Speicher-Katalysators auf über 650 °C erhöht.

Erst dann reagiert der eingespeicherte Schwefel zu Schwefeldioxid (SO_2).



252_055

Fahrten mit hoher Last- und Drehzahl führen automatisch zur Entschwefelung, weil dabei im Homogen-Betrieb gefahren und die notwendige Entschwefelungstemperatur im NOx-Speicherkatalysator erreicht wird.



Um den Kraftstoffverbrauch durch die Schwefel-Regeneration so gering wie möglich zu halten, sollte ein schwefelfreier Kraftstoff getankt werden. (z. B. Shell Optimax)

Die Abgasrückführung

macht den Einsatz eines NOx-Speicherkatalysators überhaupt erst sinnvoll. Denn durch die zugeführten Abgase wird die Verbrennungstemperatur gesenkt und es entstehen weniger Stickoxide.

Dadurch kann der Katalysator über einen längeren Zeitraum Stickoxide einspeichern und es kann länger im kraftstoffsparenden Schichtladungs-und Homogen-Mager-Betrieb gefahren werden.

Die rückgeführte Abgasmenge beträgt maximal 35% der gesamten angesaugten Gasmenge.

Die Abgasrückführung erfolgt

- im Schichtladungs- und im Homogen-MagerBetrieb immer und
- im Homogen-Betrieb bis 4000 1/min und mittlerer Last, jedoch nicht im Leerlauf.

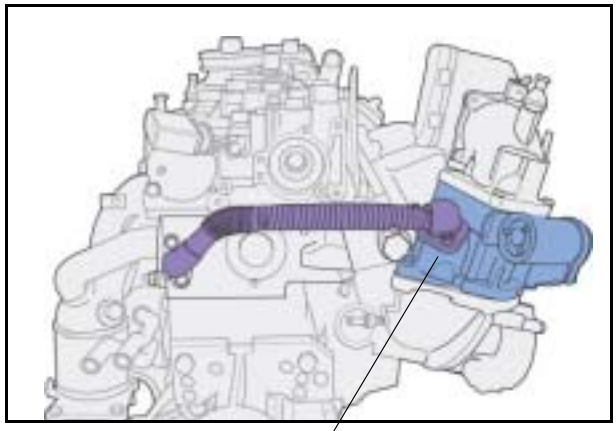
Das Ventil für Abgasrückführung (N18)

ist an das Saugrohr angeschraubt. Es wurde neu konstruiert, um hohe Abgasrückführungsraten zu ermöglichen.

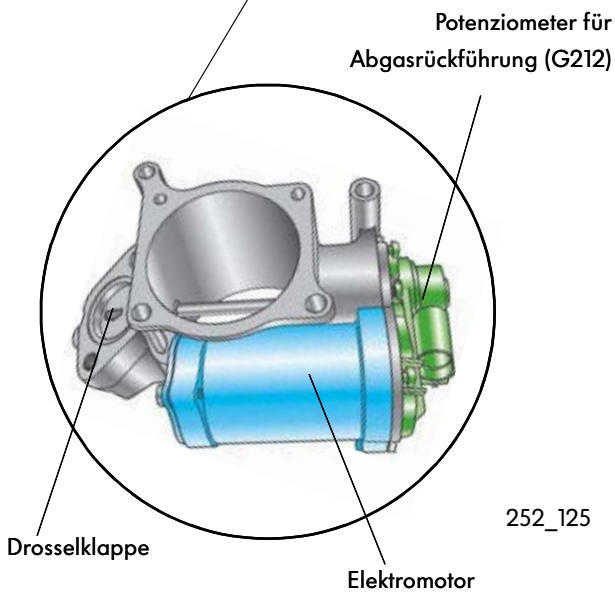
Es besteht aus einem Gehäuse mit einer Drosselklappe, einem Elektromotor und einem Potenziometer für Abgasrückführung (G212).

Die Entnahme des Abgases erfolgt über ein Verbindungsrohr am Zylinderkopf des vierten Zylinders.
Das Motorsteuergerät steuert den Elektromotor kennfeldabhängig an und betätigt eine Drosselklappe.
Je nach Drosselklappenstellung strömt jetzt eine bestimmte Menge Abgas in das Saugrohr und vermischt sich mit der angesaugten Frischluft.

Das Potenziometer für Abgasrückführung im Gehäusedeckel erkennt die Stellung der Drosselklappe. Dadurch ist eine Diagnose des Ventils für Abgasrückführung möglich.



253_052



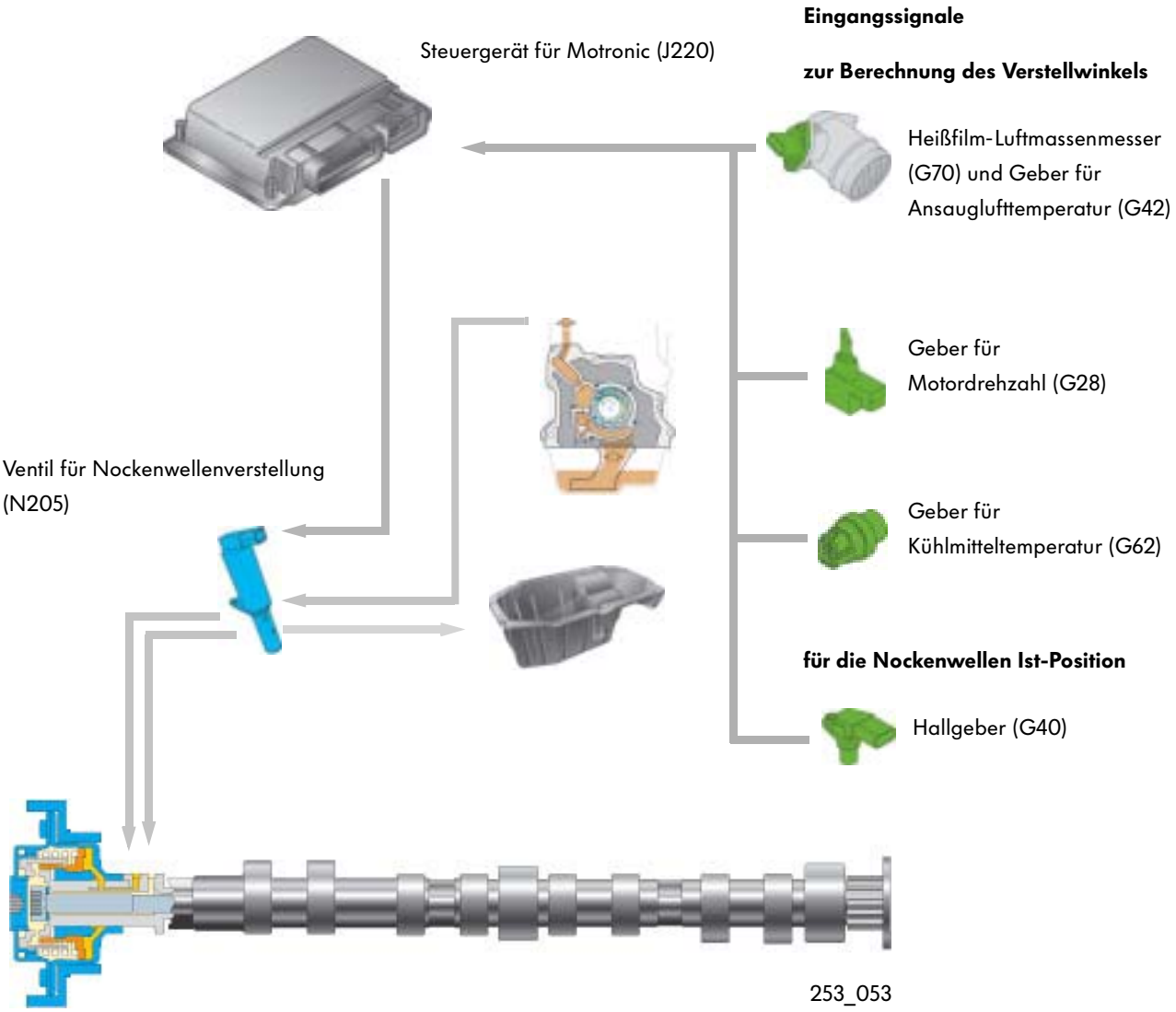
252_125

Die Nockenwellenverstellung

Die innere Abgasrückführung erfolgt durch eine stufenlose Einlass-Nockenwellenverstellung.
Die Verstellung erfolgt last- und drehzahlabhängig um maximal 40° Kurbelwinkel von der Grundstellung aus in Richtung früh.

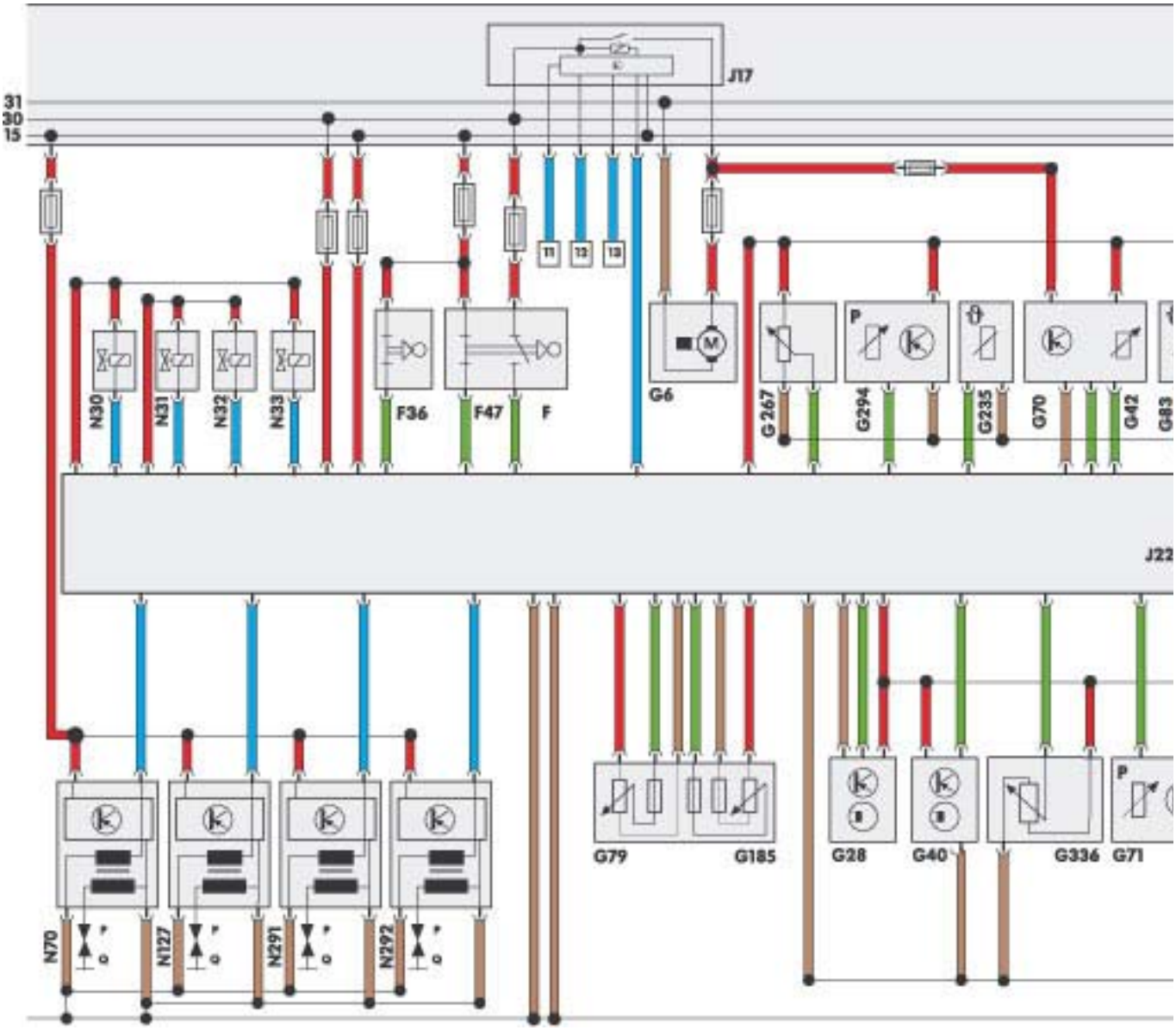
Sie führt zu:

- einer optimalen inneren Abgasrückführung bei der die Verbrennungstemperatur gesenkt und die Stickoxidemissionen verringert werden, sowie
- einem verbesserten Drehmomentverlauf.



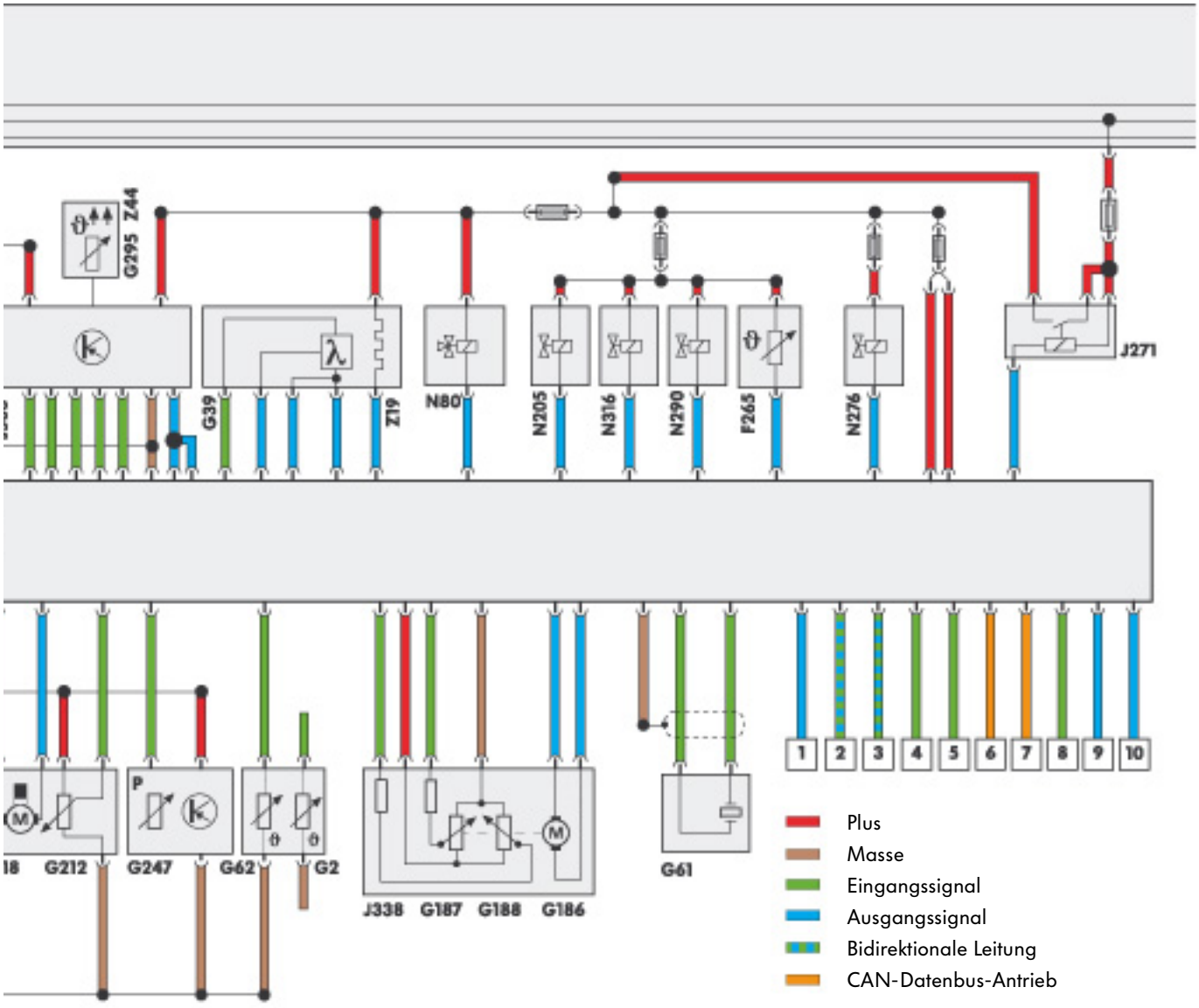
Motormanagement

Funktionsplan



252_050

F Bremslichtschalter
F36 Kupplungspedalschalter
F47 Bremspedalschalter für GRA
F265 Thermostat für kennfeldgesteuerte Motorkühlung
G2 Geber für Kühlmitteltemperatur
G6 Kraftstoffpumpe
G28 Geber für Motordrehzahl
G39 Lambdasonde
G40 Hallgeber
G42 Geber für Ansauglufttemperatur
G61 Klopfsensor 1
G62 Geber für Kühlmitteltemperatur
G70 Luftmassenmesser
G71 Geber für Saugrohrdruck
G79 Geber für Gaspedalstellung
G83 Geber für Kühlmitteltemperatur-Kühlerausgang
G185 Geber 2 für Gaspedalstellung
G186 Drosselklappenantrieb
G187 Winkelgeber 1 für Drosselklappenantrieb
G188 Winkelgeber 2 für Drosselklappenantrieb
G212 Potenziometer für Abgasrückführung
G235 Geber 1 für Abgastemperatur
G247 Geber für Kraftstoffdruck
G267 Potenziometer, Drehknopf Temperaturauswahl (entfällt bei Climatronic)
G294 Drucksensor für Bremskraftverstärkung
G295 Geber für NOx
G336 Potenziometer für Saugrohrklappe
J17 Kraftstoffpumpenrelais
J220 Steuergerät für Motronic
J271 Stromversorgungsrelais für Motronic
J338 Drosselklappen-Steuereinheit



252_051

J583	Steuergerät für NOx-Sensor
N70, N127,	
N291, N292	Zündspule 1 - 4 mit Leistungsendstufen
N18	Ventil für Abgasrückführung
N30-N33	Einspritzventil 1 - 4
N80	Magnetventil 1 für Aktivkohlebehälter-Anlage
N205	Ventil 1 für Nockenwellenverstellung
N276	Regelventil für Kraftstoffdruck
N290	Ventil für Kraftstoffdosierung
N316	Ventil für Saugrohrklappe Luftstromsteuerung
P	Zündkerzenstecker
Q	Zündkerzen
Z19	Heizung für Lambdasonde
Z44	Heizung für Geber für NOx

1	TD-Signal
2	K/W Leitung
3	Klimakompressor
4	Klimabereitschaft
5	Klima PWM
6	CAN-Datenbus-Antrieb
7	CAN-Datenbus-Antrieb
8	Generatorklemme Drehstromgenerator DFM
9	Lüftersteuerung 1
10	Lüftersteuerung 2
11	Leitung an Klemme 50
12	Leitung an Türkontaktschalter
13	Leitung an Airbag

Eigendiagnose

Die Sensoren und Aktoren werden im Rahmen der Eigendiagnose geprüft. Zur Diagnose verwenden Sie bitte die aktuelle Werkstattliteratur und das Fahrzeug-, Mess- und Informationssystem VAS 5051 oder das Fahrzeugdiagnose- und Service Informations System VAS 5052.



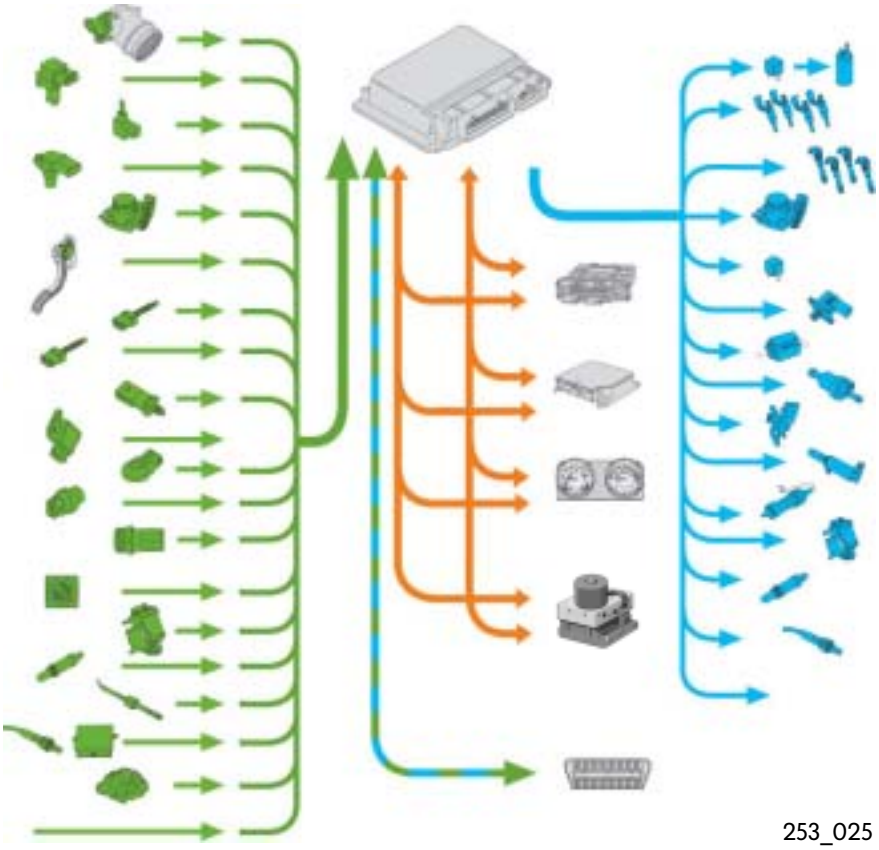
253_132



253_036

Beachten Sie bitte, dass die Reparaturgruppe 01 in der "geführten Fehlersuche" integriert ist. In ihr befinden sich auch die Funktionen "Messwerteblock lesen" und die "Stellglieddiagnose".

Die farbig dargestellten Sensoren und Aktoren werden im Rahmen der Eigendiagnose und der geführten Fehlersuche geprüft.



253_025

Notizen

Lösungen von Seite 58-59

1.) a,b,c

2.) c

3.) a,c

4.) b

5.) b,c

6.) a,b

7.) b,c

8.) c

Prüfen Sie Ihr Wissen

1. Welches sind die Vorteile der Benzin- Direkteinspritzung?

- ☐ In den mageren Betriebsarten wird die Drosselklappe weiter geöffnet und die Luft muss gegen einen geringeren Widerstand angesaugt werden.
- ☐ Durch direktes Einspritzen des Kraftstoffes in den Zylinder wird der Ansaugluft Wärme entzogen und das Verdichtungsverhältnis kann erhöht werden.
- ☐ Durch die Benzin- Direkteinspritzung kann der Motor mit einem Luft- Kraftstoffverhältnis von bis zu Lambda = 3 betrieben werden.

2. Wann wird im Schichtladungs-, im Homogen- Mager- und im Homogen- Betrieb eingespritzt?

- ☐ Bei allen drei Betriebsarten im Ansaugtakt.
- ☐ Im Schichtladungs- Betrieb im Ansaugtakt und im Homogen- Mager- sowie im Homogen- Betrieb im Verdichtungstakt.
- ☐ Im Schichtladungs- Betrieb im Verdichtungstakt und im Homogen- Mager- sowie im Homogen- Betrieb im Ansaugtakt.

3. Was bedeuten bei den Betriebsarten die Begriffe Schichtladung, Homogen- Mager und Homogen?

- ☐ Schichtladung bedeutet, dass sich das Gemisch im Bereich der Zündkerze befindet und von einer Schicht aus Frischluft und rückgeführtem Abgas umgeben ist.
- ☐ Homogen bedeutet, dass sich das Gemisch erst kurz vor der Zündung bildet.
- ☐ Homogen- Mager bedeutet, dass ein mageres Gemisch im gesamten Brennraum gleichmäßig verteilt ist.

4. Warum wird die Drosselklappe im Schichtladungs- Betrieb nicht voll geöffnet?

- ☐ Weil dabei die Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxid- Emissionen zu hoch wären.
- ☐ Weil für die Aktivkohlebehälter- Anlage und für die Abgasrückführung ein gewisser Unterdruck immer vorhanden sein muss.
- ☐ Weil das Motordrehmoment über die Frischluftmenge geregelt wird und der Motor bei niedrigen Lasten und Drehzahlen nicht soviel Luft benötigt.

5.Wofür wird das Signal des Gebers für Saugrohrdruck G71 verwendet?

- ☐ Als Lastsignal zum Umschalten zwischen den Betriebsarten.
- ☐ Zur Lasterfassung während des Motorstarts.
- ☐ Um die Abgasrückführungsmenge genauer bestimmen zu können.

6. Welche Drücke herrschen im Kraftstoffsystem?

- ☐ Im Hochdruck- Kraftstoffsystem sind es kennfeldabhängig zwischen 50 und 100 bar.
- ☐ Im Normalbetrieb sind es im Niederdruck- Kraftstoffsystem 3 bar.
- ☐ Im Normalbetrieb beträgt der Kraftstoffdruck im Niederdruck- Kraftstoffsystem maximal 7,5 bar.

7. Welche Aussagen zum NOx- Speicherkatalysator sind richtig?

- ☐ Er speichert Stickoxide beim Lambda = 1 um die Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxide im Magerbetrieb effektiver umwandeln zu können.
- ☐ Er speichert beim Lambda>1 Stickoxide, weil beim Magerbetrieb ein Drei- Wege- Katalysator die Stickoxide nicht mehr in Stickstoff umwandeln kann.
- ☐ Er beinhaltet die Funktion eines Drei- Wege- Katalysators und kann zusätzlich Stickoxide einspeichern.

8.Wann erfolgt die Regeneration von den Stickoxiden und vom Schwefel?

- ☐ Sie erfolgt in regelmäßigen Zeitabständen.
- ☐ Eine gesonderte Regeneration ist nicht erforderlich, weil sie bei höheren Lasten automatisch erfolgt.
- ☐ Sie erfolgt immer dann, wenn über den Geber für NOx ein bestimmter Anteil an Stickoxiden im Abgas festgestellt wird.



Nur für den internen Gebrauch © VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten
140.2810.72.00 Technischer Stand 06/02

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei
gebleichtem Zellstoff hergestellt.