Service Training

Selbststudienprogramm 514

Die neue Dieselmotoren-Baureihe EA288

Konstruktion und Funktion

Die neue Motoren-Baureihe EA288 für Dieselmotoren

Im Golf 2013 setzt bei Volkswagen eine neue Motoren-Baureihe für Dieselmotoren ein. Die Motoren-Baureihe hat die Bezeichnung EA288 (EA = Entwicklungsauftrag).

Die neue Motorengeneration wurde hinsichtlich des Stichmaßes für den Zylinderabstand sowie des Hub-/ Bohrungsverhältnisses auf der Grundlage der bisherigen Motoren-Baureihe EA189 entwickelt und ist die Basis für alle zukünftigen Reihen-Dieselmotoren bei Volkswagen.

Bereits im Hinblick auf zukünftige Abgasnormen wurde bei den neuen 4-Zylinder-Dieselmotoren der Motoren-Baureihe EA288 eine Vielzahl von Baugruppen überarbeitet und neu entwickelt.

In diesem Selbststudienprogramm können Sie sich über den Aufbau und die Konstruktion der neuen Motorengeneration EA288 sowie über die Funktionsweise der einzelnen Teilsysteme des Motors informieren.

S514_001

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 Service-Literatur.

Achtung Hinweis

Auf einen Blick

Einleitung **4**
Der Modulare Dieselbaukasten 4
Technische Daten 5

Motormechanik **6**
Zylinderblock 6
Kurbeltrieb 7
Zahnriementrieb 9
Zylinderkopf 10
Ölkreislauf 13
Thermomanagement 20
Kraftstoffsystem 32

Motormanagement **42**
Systemübersicht 42
Luftregelsystem 44
Abgasrückführung 52
Abgasreinigungssystem für EU5-Abgasnorm 57
Vorglühanlage 65
Der EA288-Motor mit der Abgasnorm EU4 67

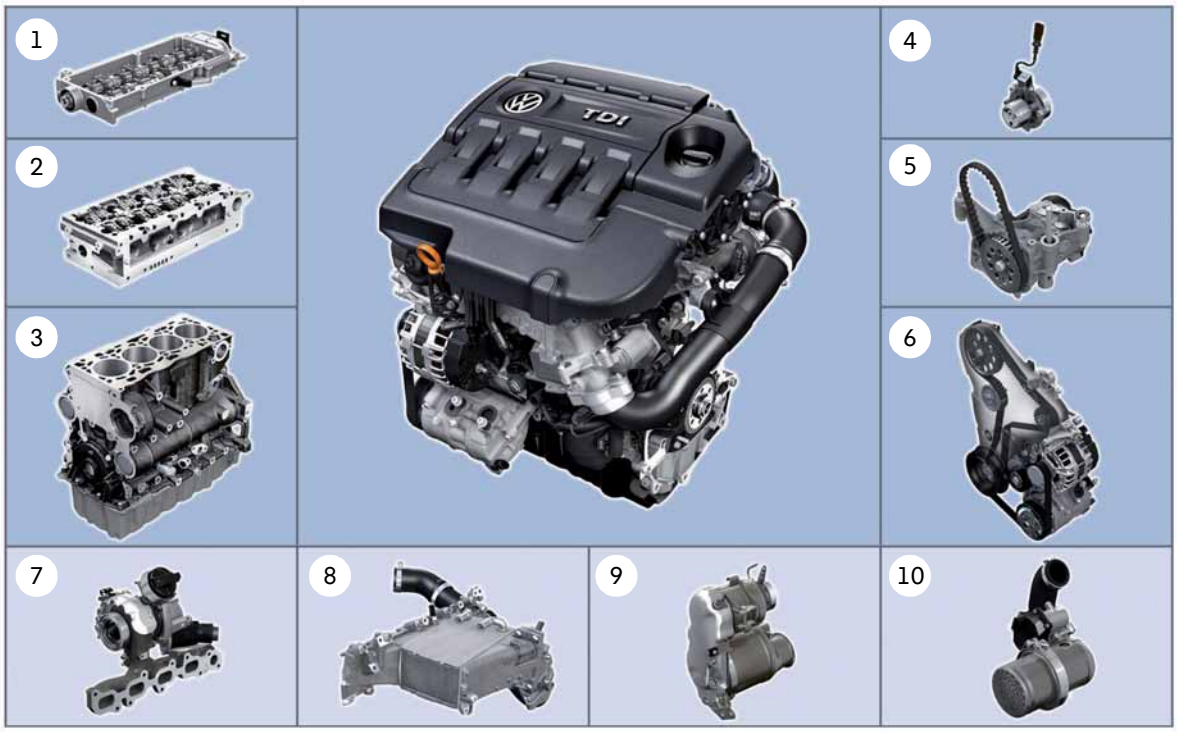
Service **71**

Prüfen Sie Ihr Wissen **74**

Der Modulare Dieselbaukasten (MDB)

Die neue Dieselmotoren-Baureihe-EA288 wird auch als Modularer Dieselbaukasten, kurz MDB, bezeichnet.
Der modulare Dieselbaukasten schafft eine einheitliche Basis für zukünftige Reihen-Dieselmotoren im Volkswagen-Konzern, die fahrzeugklassenübergreifend eingesetzt werden können.

Das Konzept des Modularen Dieselbaukastens basiert darauf, dass die Funktionseinheiten des Motors in Module unterteilt sind. Je nach Anforderung an Hubraum, Leistung, Abgasnorm und Fahrzeugklasse können die Motoren aus gleichen und bei Bedarf aus abgewandelten Aggregate-Modulen des Grundtriebwerks und der Anbauteile konfiguriert werden.



S514_104

Grundtriebwerk	
1	Nockenwellengehäuse in Modulbauweise
2	Zylinderkopf
3	Zylinderblock
4	Schaltbare Kühlmittelpumpe
5	Öl-/Unterdruckpumpe
6	Steuertrieb und Antrieb für Nebenaggregate

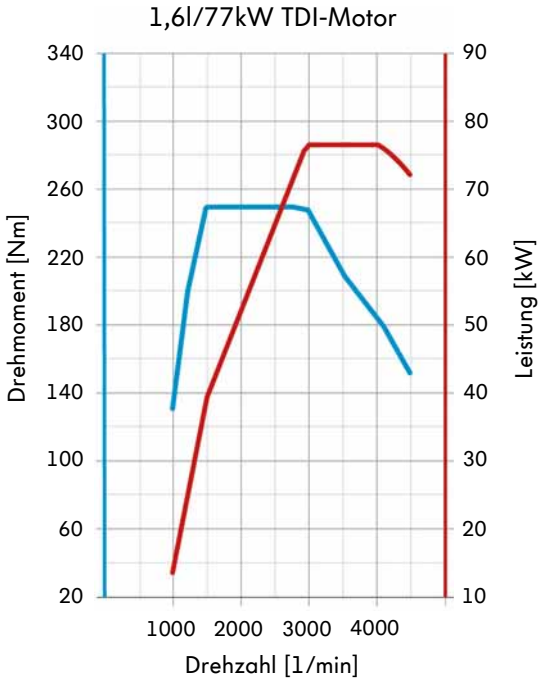
Anbauteile	
7	Abgaskrümmermodul mit Turbolader
8	Saugrohrmodul mit wassergekühltem Ladeluftkühler
9	Abgasreinigungsmodul
10	Abgasrückführungsmodul

Durch die Modulbauweise ist es möglich, die bestehenden Anforderungen an Kraftstoffverbrauch, Abgasemissionen und Leistungsentfaltung zu erfüllen und auch zukünftige Herausforderungen wie die Erfüllung länder- und regionsspezifischer Gesetzesanforderungen wirtschaftlich umzusetzen.

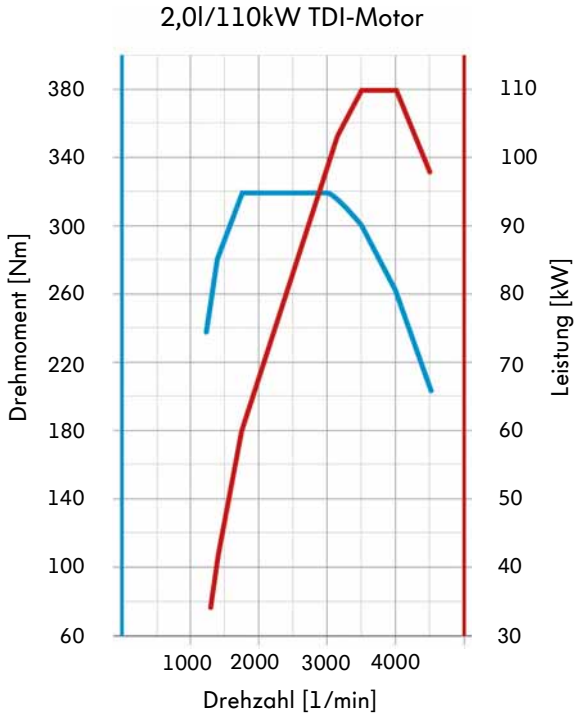
Technische Daten

Motorkennbuchstabe	CLHA	CRBC
Bauart	Vierzylinder-Reihenmotor	Vierzylinder-Reihenmotor
Hubraum	1598 cm^3	1968 cm^3
Bohrung	79,5 mm	81,0 mm
Hub	80,5 mm	95,5 mm
Ventile pro Zylinder	4	4
Verdichtungsverhältnis	16,2 : 1	16,2 : 1
max. Leistung	77 kW bei 3000 bis 4000 1/min	110 kW bei 3500 bis 4000 1/min
max. Drehmoment	250 Nm bei 1500 bis 2750 1/min	320 Nm bei 1750 bis 3000 1/min
Motormanagement	Bosch EDC 17	Bosch EDC 17
Kraftstoff	Diesel nach EN 590	Diesel nach EN 590
Abgasnachbehandlung	Abgasrückführung, Oxidationskatalysator, Dieselpartikelfilter	Abgasrückführung, Oxidationskatalysator, Dieselpartikelfilter
Abgasnorm	EU 5	EU 5

Drehmoment- und Leistungsdiagramm



S514_099



S514_100

Zylinderblock

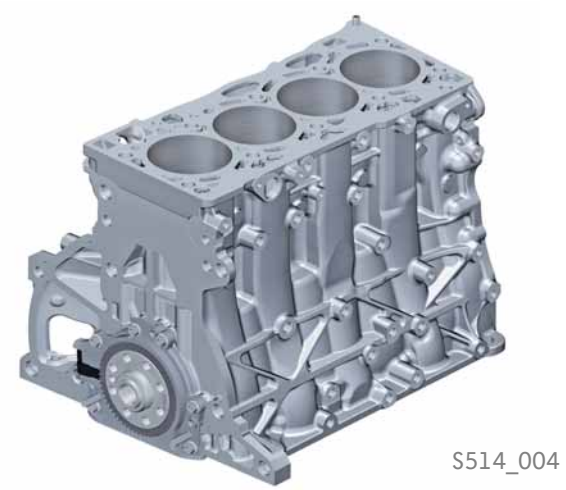
Der Zylinderblock des EA288-Motors ist aus Grauguss gefertigt. Dabei handelt es sich um eine Legierung aus Gusseisen mit Lamellengraphit.

Technische Merkmale des Zylinderblocks

Der Zylinderblock hat tief sitzende Schraubengewinde für lange Zylinderkopfschrauben. Dadurch wird eine gute Kraftflussverteilung in der Struktur des Zylinderblocks sowie eine ausgeglichene Druckverteilung über den gesamten Umfang der Zylinderkopfdichtung erreicht. Der Aufbau der Kühlkanäle im Zylinderblock sorgt für eine gute Kühlung der Stege zwischen den Zylindern.

Zylinderblock 1,6l-TDI-Motor

Den Zylinderblock des 1,6l-TDI-Motors gibt es ausschließlich ohne Ausgleichswellen. Der im Vergleich zum 2,0l-Motor geringere Hubraum des 1,6l-TDI-Motors ergibt sich aus einem um 1,5 mm kleineren Zylinderdurchmesser und einem um 15 mm kürzerem Hub.



S514_004

Zylinderblock 2,0l-TDI-Motor

Der Zylinderblock des 2,0l-TDI-Motors wird mit und ohne Ausgleichswelle gefertigt. Ob ein Motor mit oder ohne Ausgleichswellen verbaut wird hängt vom Fahrzeugmodell ab, in welcher der Motor zum Einsatz kommt.

S514_005

Kurbeltrieb

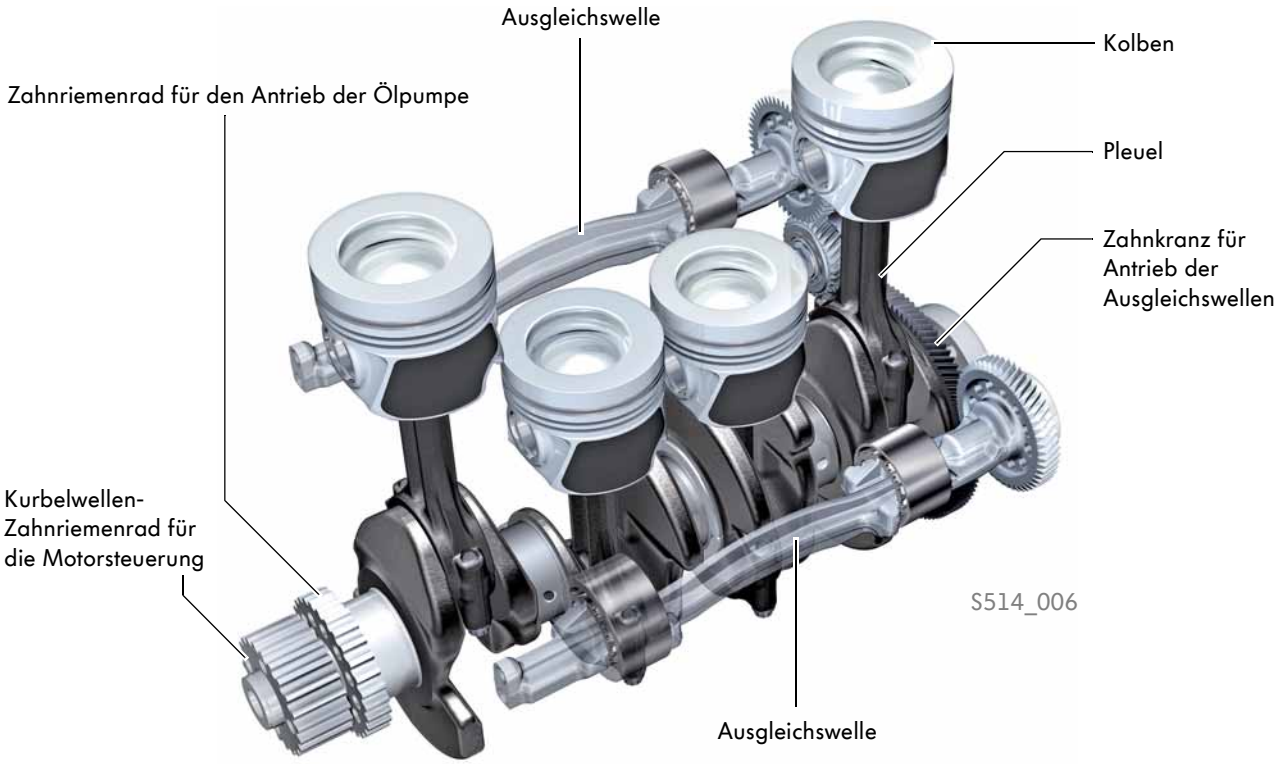
Kurbelwelle

Aufgrund der hohen mechanischen Belastung kommt beim EA288-Motor eine fünffach gelagerte, geschmiedete Kurbelwelle zum Einsatz. Anstelle der üblichen acht Gegengewichte verfügt diese Kurbelwelle lediglich über vier Gegengewichte zum Ausgleich der rotierenden Massenkräfte. Dadurch wird die Belastung der Kurbelwellenlager gesenkt. Außerdem werden die Geräuschemissionen verringert, die durch Eigenbewegungen und Schwingungen des Motors entstehen können.

Das Zahnriemenrad zum Antrieb der Ölpumpe und der Zahnkranz zum Antrieb der Ausgleichswellen sind auf der Kurbelwelle aufgeschrumpft.

Kolben und Pleuel

Die Kolben des EA288-Motors haben keine Ventiltaschen. Durch diese Gestaltungsform der Kolben wird der Schadraum verringert und die Drallbildung der angesaugten Luft im Zylinder verbessert.
Für die Kühlung der Kolbenringzone verfügen die Kolben über einen ringförmigen Kühlkanal, in den über Kolbenspritzdüsen Öl eingespritzt wird. Die Pleuel sind als gecrackte Trapezpleuel ausgeführt.



Ausgleichswellen

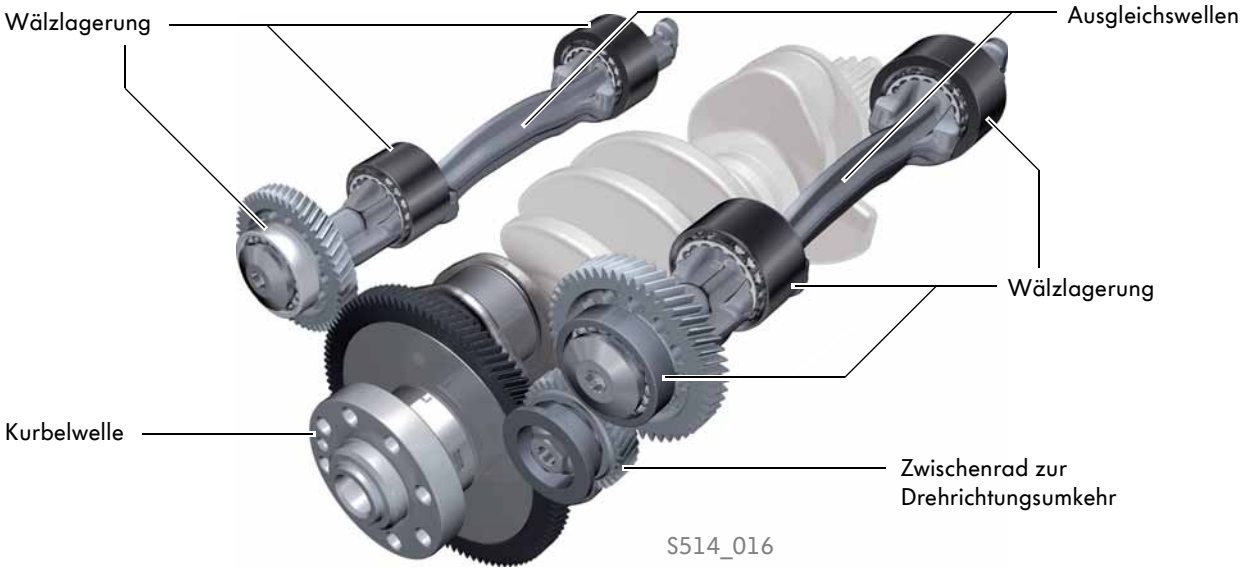
Eine Ausführung des 2,0l-TDI-Motors hat ein Ausgleichswellensystem, um Schwingungen des Kurbeltriebs zu veringern und dadurch einen ruhigeren Motorlauf zu erzielen.
Das Ausgleichswellensystem besteht aus zwei gegenläufigen Ausgleichswellen mit entsprechenden Gegengewichten und einem Zahnradantrieb mit schrägverzahnten Zahnrädern.

S514_007

Funktion

Durch die Auf- und Abwärtsbewegung von Kolben und Pleuel sowie durch die Drehbewegung der Kurbelwelle entstehen Kräfte, die Schwingungen verursachen. Um diesen Schwingungen entgegenzuwirken, rotieren zwei Ausgleichswellen gegenläufig mit doppelter Motordrehzahl. Der Antrieb erfolgt von der Kurbelwelle über einen Zahnradtrieb. Für einen reibungsarmen Antrieb sind die Ausgleichswellen sowie das Zwischenrad des Zahnradtriebs axial und radial mit Wälzlagern im Zylinderblock gelagert. Die Wälzlager werden durch den Ölnebel im Zylinderblock geschmiert. Die Drehrichtungsumkehr der einen Ausgleichswelle in Motordrehrichtung wird durch ein Zwischenrad erreicht.

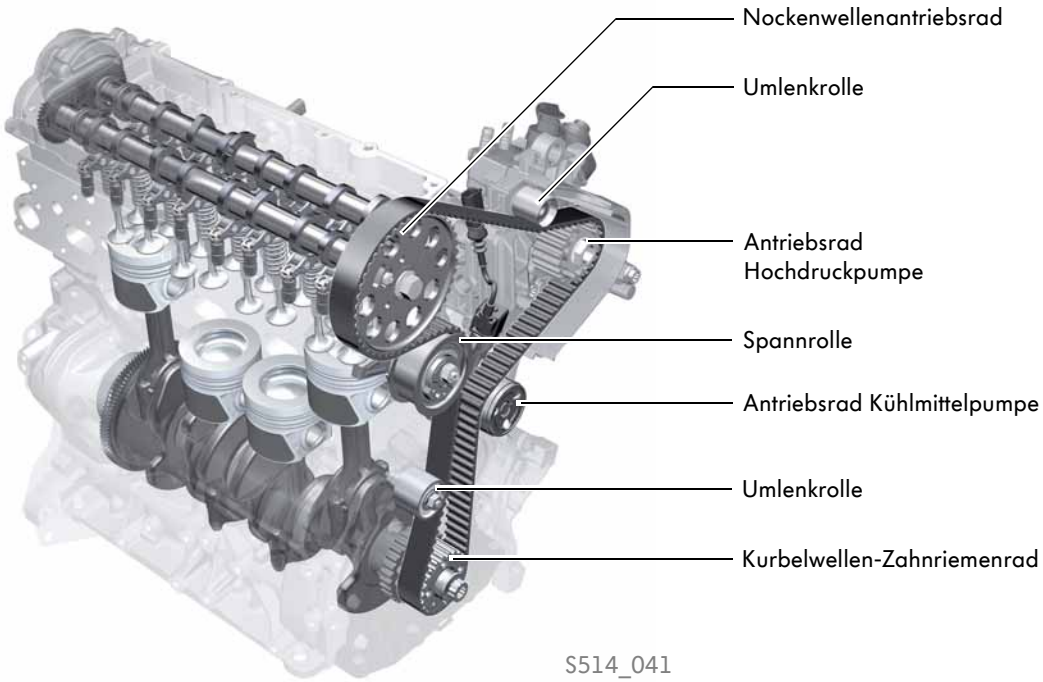
Ein Austausch der Bauteile des Ausgleichswellensystems ist in der Werkstatt nicht möglich, da das Zahnflankenspiel des Zahnradtriebs nicht mit Werkstattmitteln eingestellt werden kann.
Beachten Sie die Angaben im Reparaturleitfaden!



S514_016

Zahnriementrieb

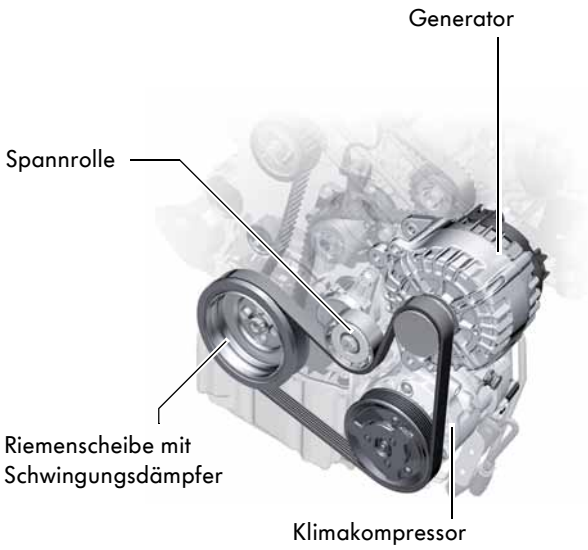
Die Bauteile des Steuertriebs werden über einen Zahnriemen durch die Kurbelwelle angetrieben. Ausgehend von der Kurbelwelle läuft der Zahnriemen zur Spannrolle, über das Nockenwellenantriebsrad zum Antriebsrad der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems und dem Antriebsrad der Kühlmittelpumpe. Die Umlenkrollen sorgen für eine größere Umschlingung der Zahnräder durch den Zahnriemen.



S514_041

Antrieb der Nebenaggregate

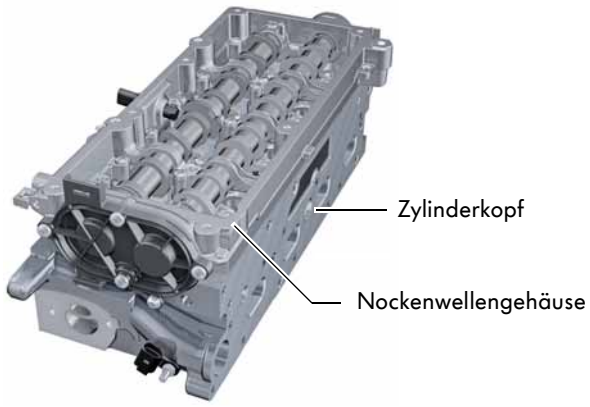
Die beiden Nebenaggregate Drehstromgenerator und Klimakompressor werden von der Kurbelwelle über die Riemenscheibe mit Schwingungsdämpfer und einem Keilrippenriemen angetrieben. Der Keilrippenriemen wird durch eine federbelastete Spannrolle gespannt.



S514_008

Zylinderkopf

Der Zylinderkopf des EA288-Motors ist ein Querstrom-Zylinderkopf aus einer Aluminium-Legierung. Die Ventile werden durch zwei oben liegende, fest in einem Nockenwellengehäuse integrierte Nockenwellen betätigt. Bedingt durch die Anordnung der Ein- und Auslasskanäle werden je Nockenwelle sowohl Ein- als auch Auslassventile gesteuert. Der Antrieb der Nockenwellen erfolgt von der Kurbelwelle über einen Zahnriemen und das Nockenwellenrad der einen Nockenwelle. Beide Nockenwellen sind über eine Stirnradverzahnung verbunden.

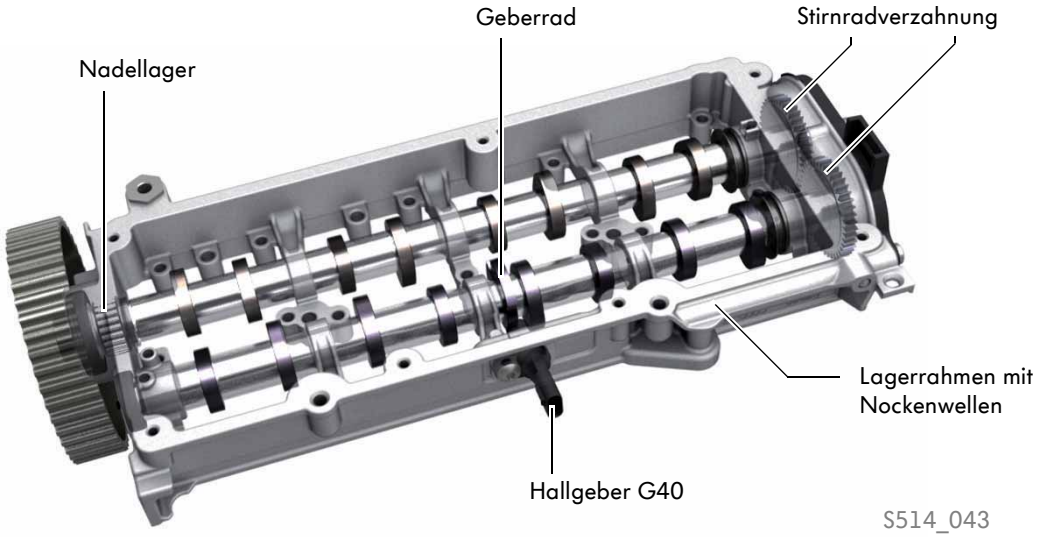


S514_042

Nockenwellengehäuse

Die Nockenwellen sind durch ein thermisches Fügeverfahren fest und untrennbar in einem geschlossenen Lagerrahmen integriert. Durch dieses Verfahren wird eine sehr steife Ausführung der Nockenwellenlagerung bei gleichzeitig geringem Gewicht ermöglicht. Um Reibung zu verringern, ist das vom Zahnriementrieb am höchsten belastete erste Lager ein Nadellager.

Auf einer Nockenwelle befindet sich das Geberrad für den Hallgeber G40. Durch das Signal des Hallgebers kann das Motorsteuergerät die aktuelle Position der Nockenwellen erfassen.

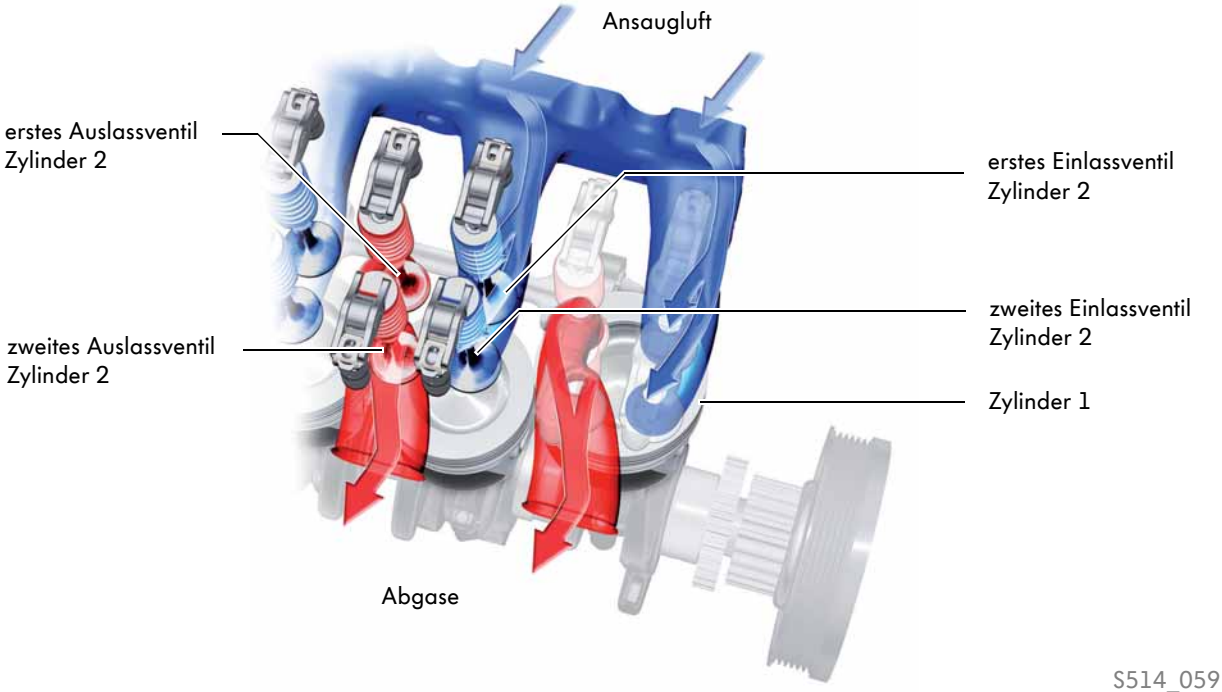


S514_043

Im Reparaturfall wird das Nockenwellengehause gemeinsam mit den Nockenwellen getauscht.

Anordnung der Ventile

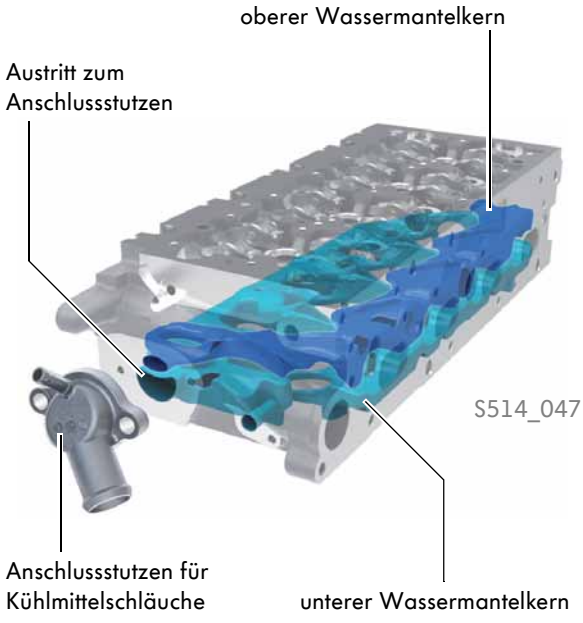
Im Hinblick auf die Erfüllung von zukünftigen Abgasnormen ist, bereits bei der EU5-Motorvariante, der Ventilstern zur Motorlängsachse gedreht. Dadurch ergibt sich, dass die Ein- und Auslasskanäle für jeden Zylinder in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind. Die Nockenwellen betätigen somit je ein Einlass- und ein Auslassventil pro Zylinder. Die Ein- und Auslasskanäle sind durch die Ventilanordnung so gestaltet, dass ein maximaler Durchfluss bei guter Drallwirkung erzielt wird.



S514_059

Kühlwassermantel

Der Kühlwassermantel im Zylinderkopf ist in einen oberen und einen unteren Wassermantelkern aufgeteilt. Der untere Wassermantelkern hat ein größeres Volumen, um eine hohe Wärmeabfuhr im brennraumnahen Bereich des Zylinderkopfs zu erzielen. Beide Kerne sind im Gussteil des Zylinderkopfs voneinander getrennt. Erst auf der Stirnradseite des Zylinderkopfs werden der obere und der untere Wasserstrom durch einen gemeinsamen Austritt zusammengeführt.
Bei kaltem Motor wird das Kühlmittel aus dem oberen und unteren Kern durch den Anschlussstutzen in Richtung Heizungswärmetauscher geleitet.



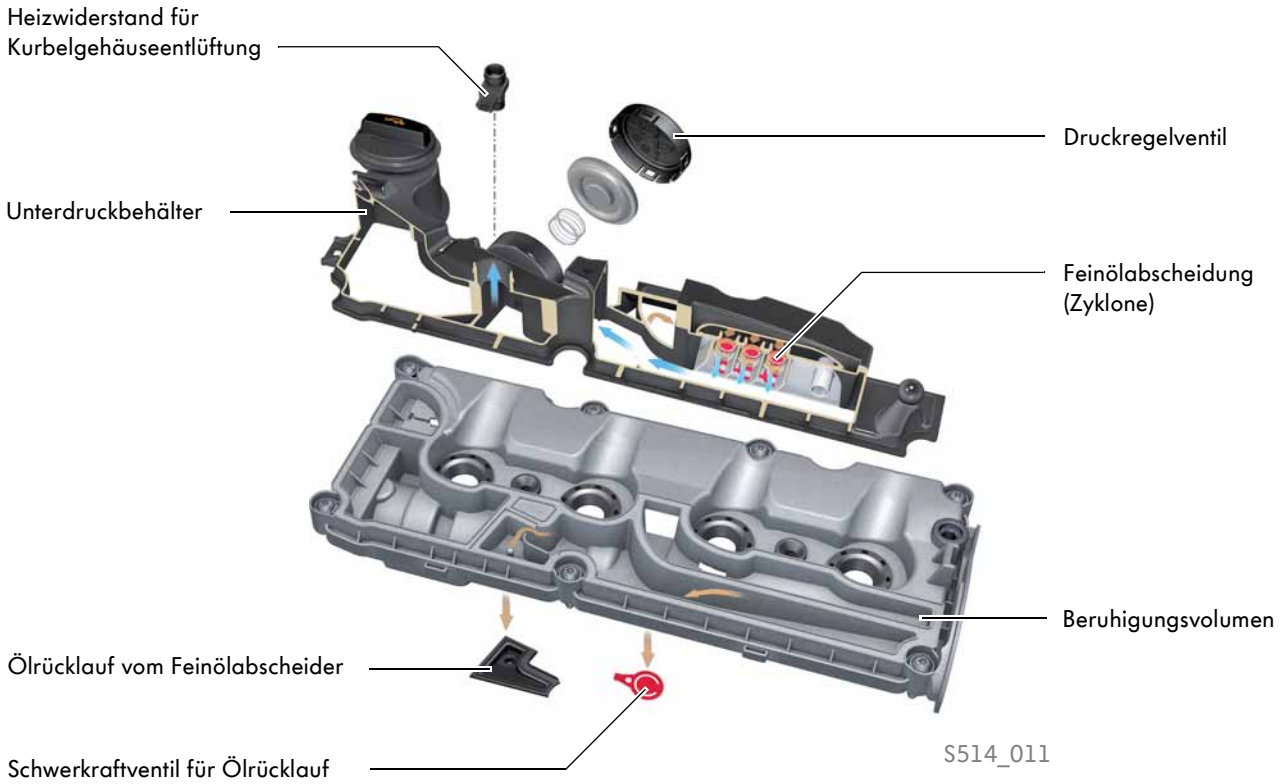
S514_047

Kurbelgehäuseentlüftung

Die Komponenten der Kurbelgehäuseentlüftung sind, neben dem Öleinfüllstutzen und dem Druckspeicher für das Unterdrucksystem des Motors, in der Zylinderkopfhaube integriert.
Die bei Verbrennungsmotoren auftretenden Luftströmungen zwischen Kolbenringen und Zylinderwänden, die so genannten „Blow-by-Gase“, werden über die Kurbelgehäuseentlüftung in den Ansaugbereich zurückgeführt. Dadurch wird eine Umweltbelastung durch ölhaltige Gase vermieden.

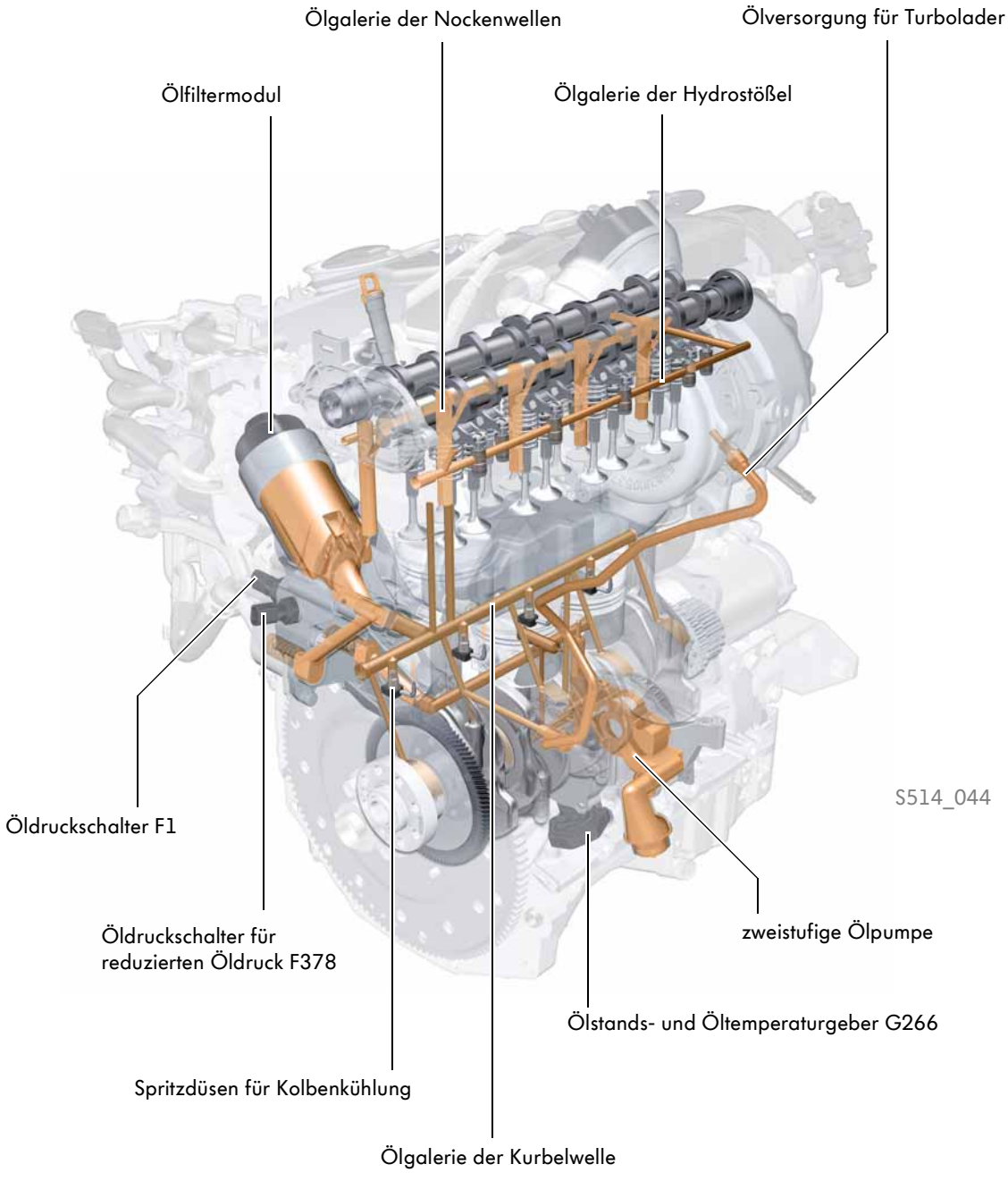
Für eine wirkungsvolle Ölabscheidung erfolgt die Kurbelgehäuseentlüftung in mehreren Stufen. Zunächst gelangen die Blow-by-Gase aus dem Kurbelwellen- und Nockenwellenraum in ein Beruhigungsvolumen des Zylinderkopfdeckels. Dort setzen sich die größeren Öltropfen an den Wänden ab und tropfen in den Zylinderkopf. Im Anschluss erfolgt eine Feinabscheidung der ölhaltigen Gase über einen Zyklonabscheider. Die gereinigten Gase werden über das Druckregelventil dem Saugrohr und in der Folge der Verbrennung zugeführt.

Für Länder mit kaltem Klima kommt ein Heizwiderstand für die Kurbelgehäuseentlüftung zum Einsatz. Der Heizwiderstand verhindert das Einfrieren der Leitungsverbindung vom Zylinderkopfdeckel zum Ansaugrohr bei tiefen Außentemperaturen.



Ölkreislauf

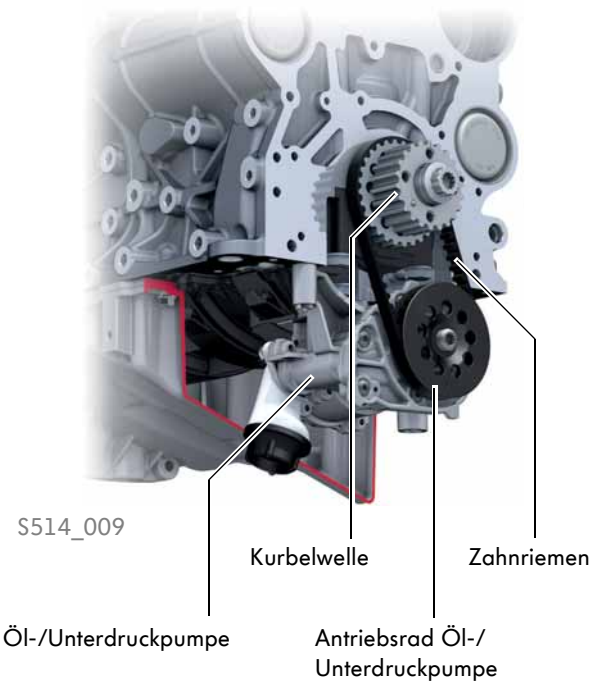
Der erforderliche Öldruck für den Motor wird durch eine volumenstromgeregelte Ölpumpe erzeugt. Sie wird über einen separaten Zahnriemen von der Kurbelwelle angetrieben. Der Öldruck kann über die Ölpumpe in eine hohe und eine niedrige Druckstufe geschaltet werden.



Öl- und Unterdruckpumpe

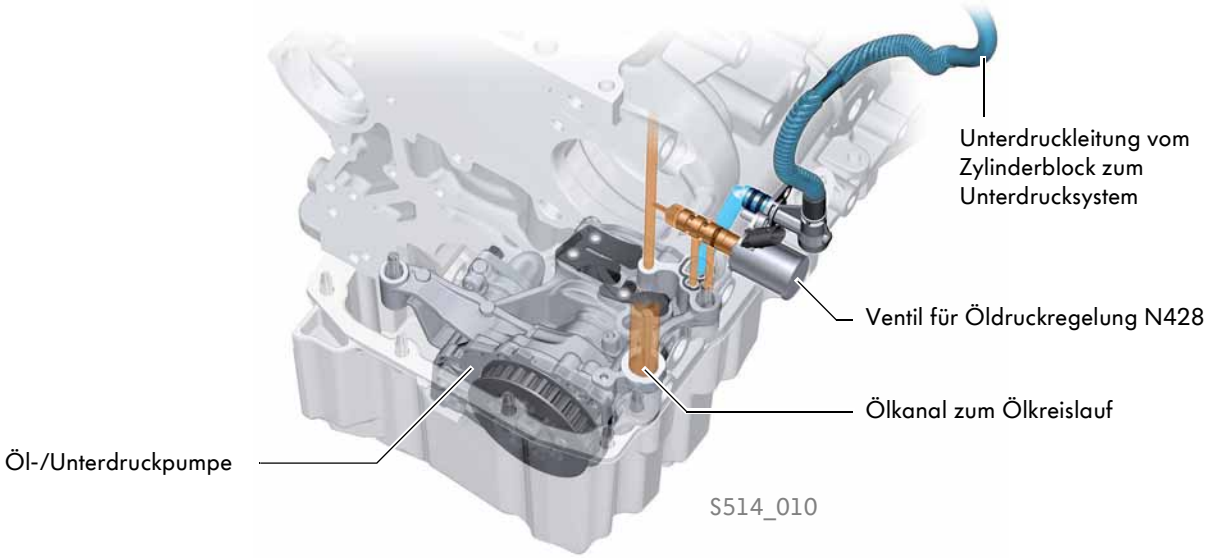
Einbauort und Antrieb

Die Ölpumpe und die Unterdruckpumpe sind zusammen in einem Gehäuse integriert.
Das Pumpengehäuse ist mit der Unterseite des Zylinderblocks verschraubt. Die Pumpen haben eine gemeinsame Antriebswelle und werden über einen Zahnriemen von der Kurbelwelle angetrieben. Der wartungsfreie Zahnriemen läuft direkt im Öl und wird ausschließlich durch den Achsabstand der Zahnriemenräder gespannt.



Pumpenanschlüsse

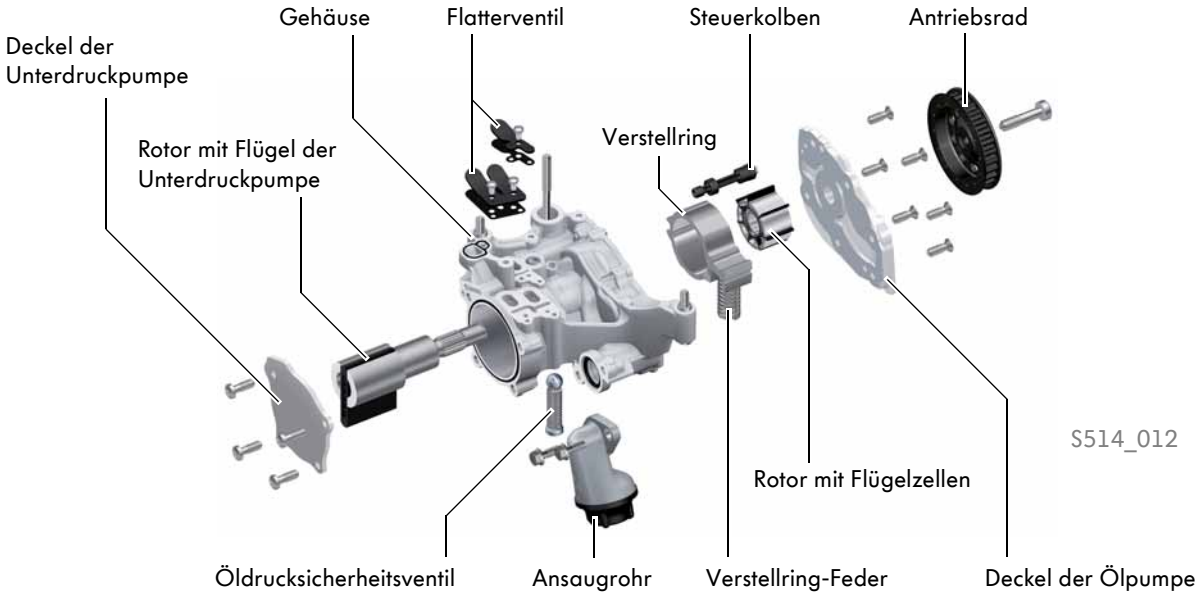
Das Ventil für Öldruckregelung N428 ist über der Ölwanne im Zylinderblock verbaut. Direkt daneben befindet sich der Anschluss für die Unterdruckleitung, die zum Unterdrucksystem des Motors führt. Die Unterdruckleitung ist über eine Bohrung im Zylinderblock mit der Vakuumpumpe verbunden.



Unterdruckpumpe

Die Unterdruckpumpe saugt über Unterdruckleitungen die Luft aus dem Bremskraftverstärker sowie dem Unterdrucksystem des Motors und leitet sie über die Flatterventile in den Zylinderblock. Die abgesaugte Luft gelangt anschließend als Blow-by-Gas über die Kurbelgehäuseentlüftung in das Ansaugrohr und wird der Verbrennung zugeführt. Das zum Schmieren der Unterdruckpumpe verwendete Öl gelangt über die Flatterventile aus dem Arbeitsraum der Unterdruckpumpe in die Ölwanne.

Aufbau

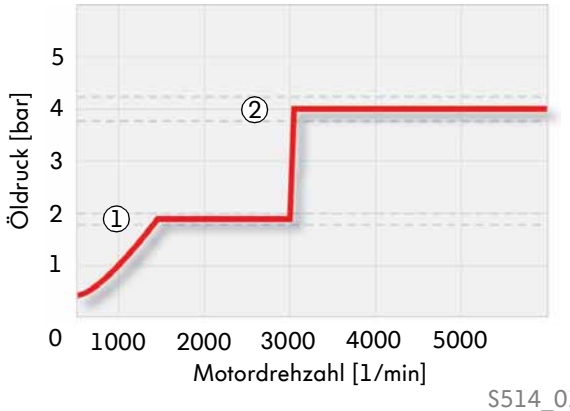


Ölpumpe

Die Ölpumpe ist eine volumenstromgeregelte Flügelzellenpumpe, bei der durch einen exzentrisch gelagerten Verstellring die Fördercharakteristik der Pumpe verändert werden kann. Durch die Position des drehbaren Verstellrings wird das Fördervolumen der Pumpe verändert und somit die Antriebsleistung der Pumpe den Betriebsbedingungen des Motors angepasst.

Öldrucksteuerung

Die Ölpumpe wird in Abhängigkeit von Motorlast, Drehzahl und Öltemperatur zwischen zwei Druckstufen geschaltet. Dadurch wird in Lastzyklen wie Stadt- und Überlandbetrieb die Antriebsleistung der Pumpe deutlich verringert.



① Niedrige Druckstufe: Öldruck 1,8 bis 2,0 bar

② Hohe Druckstufe: Öldruck 3,8 bis 4,2 bar

Steuerung der Druckstufen

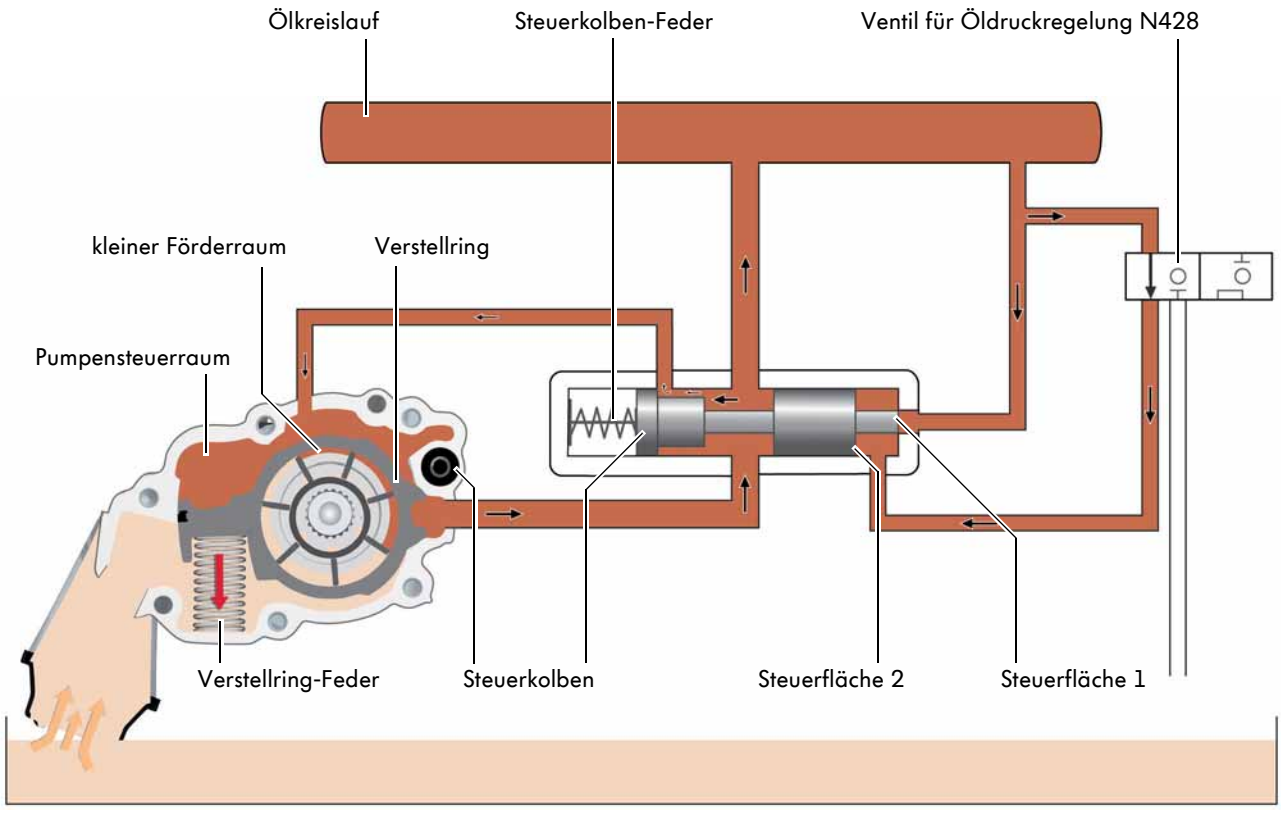
Niedrige Druckstufe - Kleine Fördermenge

Im unteren Motorlast- und Drehzahlbereich genügt ein niedriges Druckniveau im Ölkreislauf, um die Bauteile des Motors ausreichend mit Öl zu versorgen. In diesem Betriebsbereich wird die Fördermenge der Pumpe verringert, um die Antriebsleistung der Ölpumpe zu reduzieren.

Funktion

Das Motorsteuergerät schaltet das Ventil für Öldruckregelung N428 indem es das unter Spannung (Klemme 15) stehende Ventil mit Masse beaufschlagt. Das Ventil öffnet dadurch den Steuerkanal vom Ölkreislauf zur Steuerfläche 2 des Steuerkolbens. Der Öldruck wirkt nun auf beide Flächen des Steuerkolbens und vergrößert dadurch die Kraft die den Steuerkolben gegen die Steuerkolben-Feder bewegt.

Die Steuerkante des Kolbens lässt einen größeren Querschnitt frei und steuert eine große Menge Öl zum Pumpensteuerraum. Sobald der Öldruck im Pumpensteuerraum größer ist als die Kraft der Verstellring-Feder, schwenkt der Verstellring gegen den Uhrzeigersinn. Dadurch wird der Förderraum zwischen den Flügelzellen verringert und weniger Öl in den Ölkreislauf gefördert.



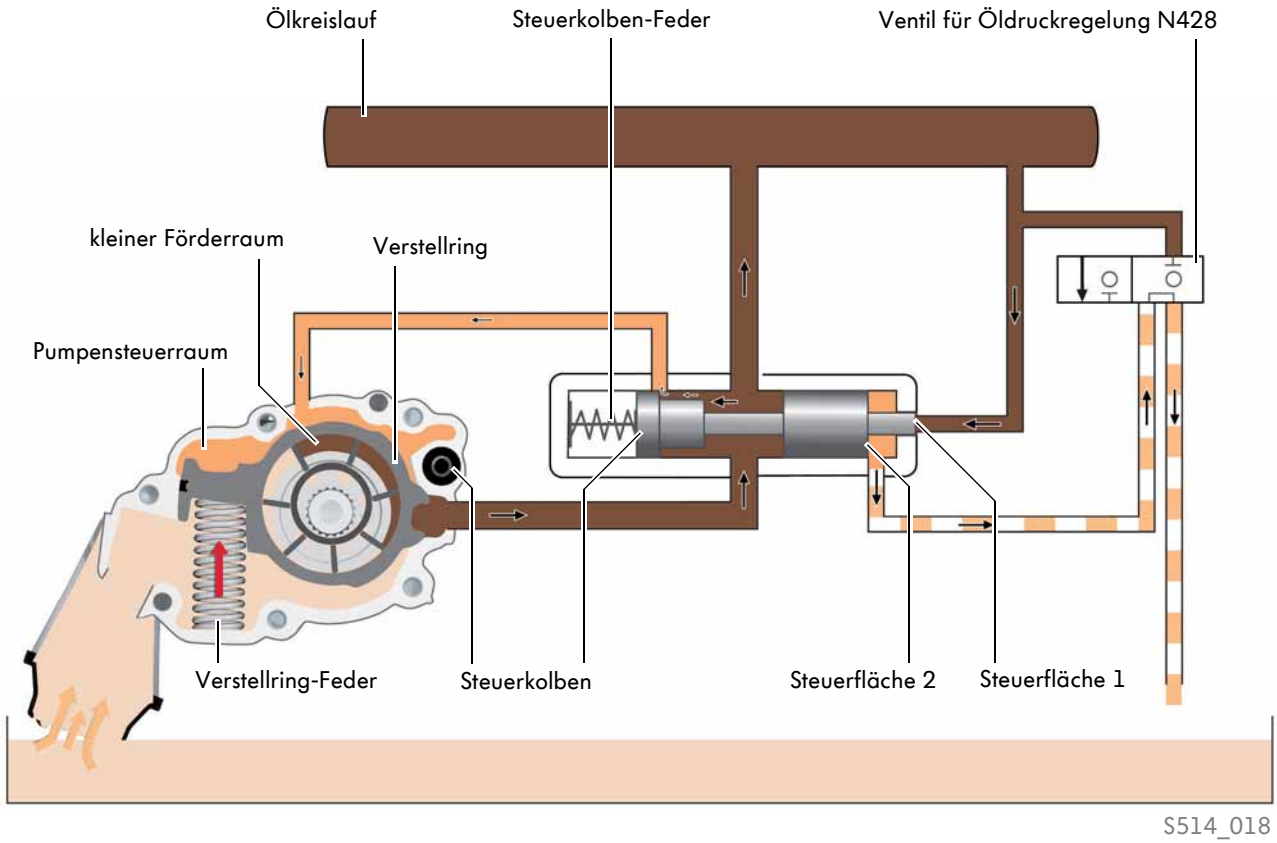
Hohe Druckstufe - Große Fördermenge

Im oberen Drehzahlbereich oder bei hoher Motorlast (z. B. Volllastbeschleunigung) wird ein hohes Druckniveau zur Schmierung der Bauteile des Motors benötigt. In diesen Betriebsbereichen erzeugt die Ölpumpe eine größere Fördermenge.

Funktion

Das Ventil für Öldruckregelung N428 wird nicht vom Motorsteuergerät angesteuert. Der Öldruck des Ölkreislaufs wirkt nur auf die Steuerfläche 1 des Steuerkolbens. Die Kraft, die den Steuerkolben gegen die Steuerkolben-Feder drückt ist geringer. Somit gibt die Steuerkante des Kolbens nur einen kleinen Querschnitt zum Pumpensteuerraum frei und in den Pumpensteuerraum gelangt nur eine geringe Menge Öl. Der Öldruck, der auf die Steuerfläche des Verstellrings wirkt ist kleiner als die Kraft der Verstellring-Feder.

Der Verstellring schwenkt im Uhrzeigersinn und vergrößert damit den Förderraum zwischen den Flügelzellen.
Durch den größeren Förderraum wird mehr Öl in den Ölkreislauf gefördert. Leckage-Öl aus dem Steuerraum 2 des Steuerkolbens gelangt über den Steuerkanal und das Ventil für Öldruckregelung in die Ölwanne.



Ölfiltermodul

Das Kunststoffgehäuse des Ölfilters und der Ölkühler aus Aluminium sind zum Ölfiltermodul zusammengefügt. Das Modul ist an den Zylinderblock geschraubt. Der Kühlmittelzulauf zum Ölkühler erfolgt direkt über den Zylinderblock. In das Ölfiltermodul ist ein Ölfilterumgehungsventil integriert. Ist der Ölfilter verstopft öffnet sich dieses Ventil und sichert dadurch die Schmierung des Motors.

Öldruckschalter

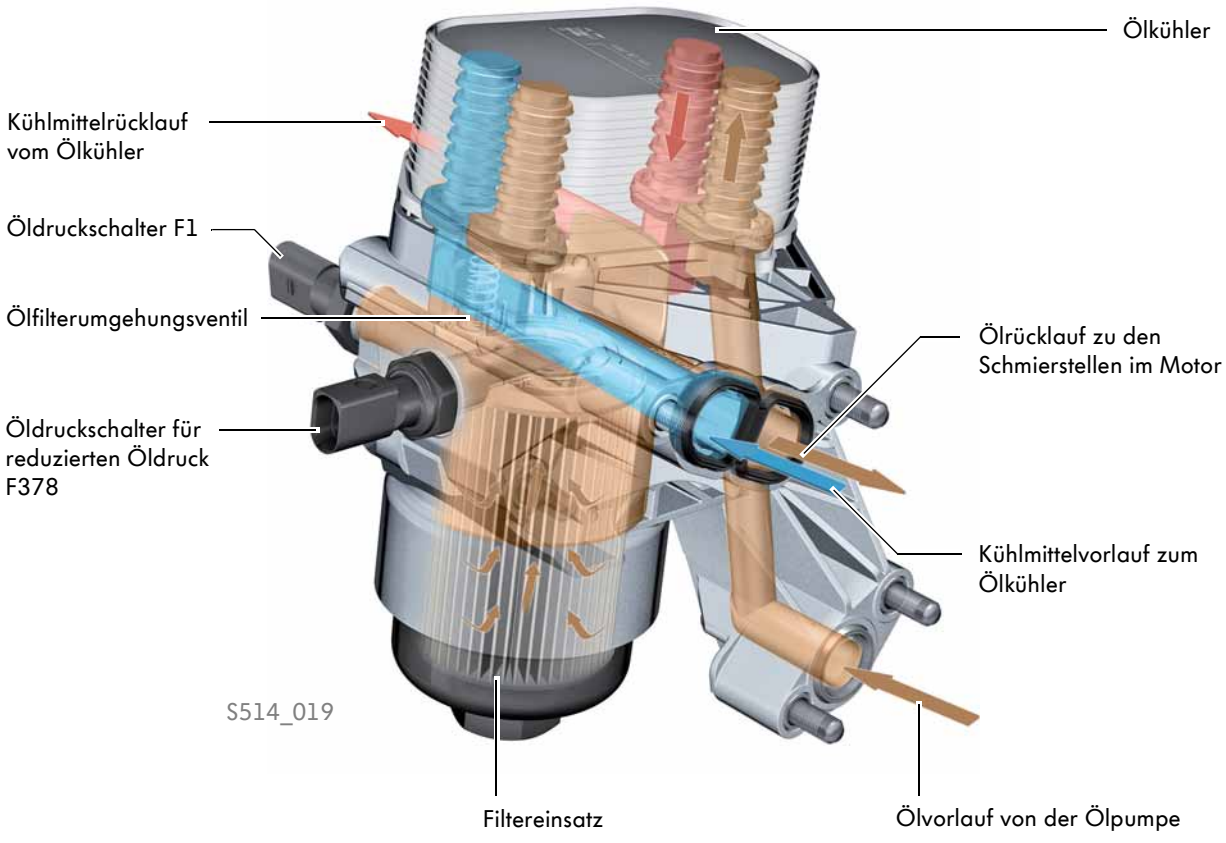
Die Öldruckschalter dienen zur Überwachung des Öldrucks im Motor. Der Öldruck kann über die Ölpumpe in zwei Druckstufen geschaltet werden. Die Auswertung der Öldruckschalter erfolgt direkt vom Motorsteuergerät.

Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

Das Signal des Öldruckschalters für reduzierten Öldruck F378 dient dazu den Fahrer auf einen zu niedrigen Öldruck im Motor hinzuweisen. Der Schalter öffnet wenn der Öldruck den Bereich von 0,3 - 0,6 bar unterschritten hat. Daraufhin steuert das Motorsteuergerät die Kontrollleuchte für Öldruck im Schalttafeleinsatz an.

Öldruckschalter F1

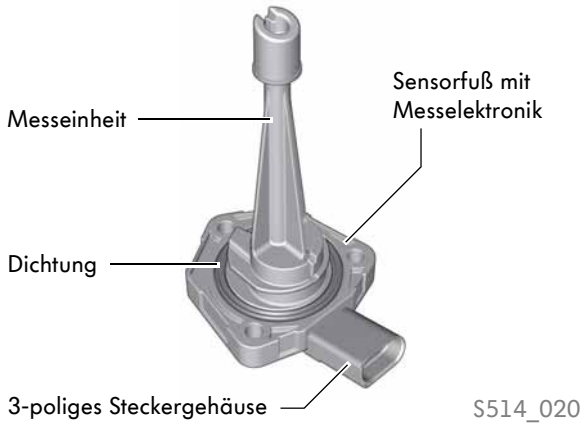
Der Öldruckschalter F1 dient zur Überwachung des Öldrucks oberhalb der Umschaltschwelle des Ventils für Öldruckregelung N428.
Der Schalter schließt bei einem Öldruck in einem Toleranzbereich von 2,3 - 3,0 bar. Durch das Signal wird vom Motorsteuergerät erkannt, dass sich das Öldruckniveau über der niedrigen Druckstufe befindet.



Ölstands- und Öltemperaturgeber G266

In der Ölwanne des EA288-Motors befindet sich ein elektronischer Ölstands- und Öltemperaturgeber. Der aktuelle Ölstand in der Ölwanne wird nach dem Ultraschallprinzip ermittelt. Ultraschall sind Schallfrequenzen die über dem Bereich liegen, der von Menschen wahrgenommen werden kann. Je nach Material/Dichte eines Hindernisses breiten sich Ultraschall unterschiedlich in diesem aus oder werden reflektiert. Öl und Luft weisen unterschiedliche Dichten auf. Im Öl breiten sich Ultraschallwellen dämpfungsarm aus. In der Luft dagegen ist die Ausbreitung der Utraschallwellen wesentlich höheren Dämpfungen ausgesetzt. An der Grenzschicht zwischen Öl und Luft kommt es daher zu einer Reflektion der Ultraschallwellen. Anhand dieser Reflektion wird der Ölstand ermittelt.

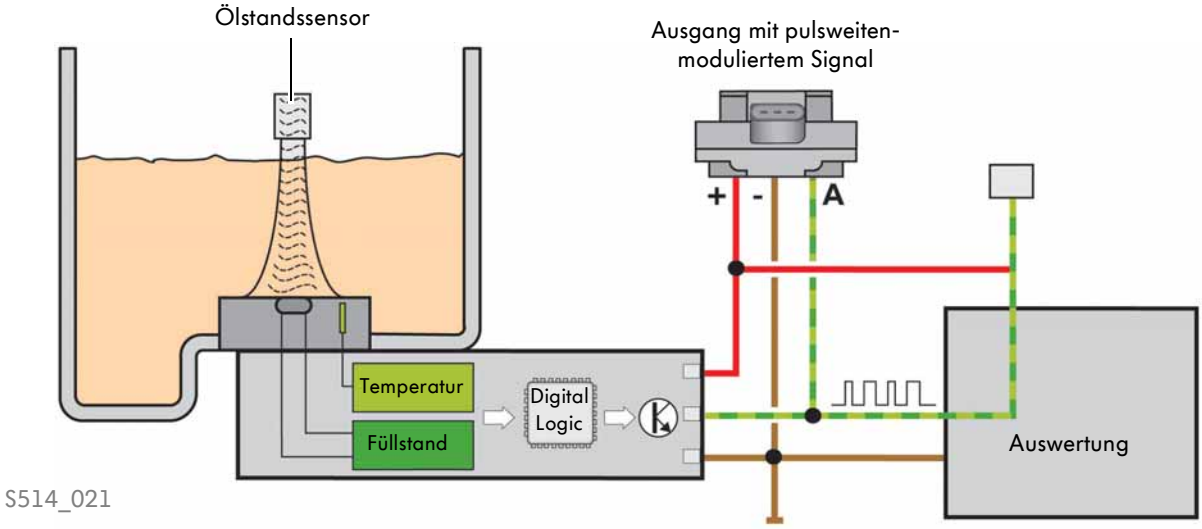
Die aktuelle Öltemperatur wird von einem im Bauteil integrierten PTC-Temperatursensor erfasst.



S514_020

Aufbau und Funktionsprinzip

Im Sensorfuß ist die Messelektronik für den Ölstand und die Öltemperatur sowie eine Elektronik zur Auswertung dieser Daten integriert. Die Messelektronik für den Ölstand sendet Ultraschallwellen in den Ölsumpf der Ölwanne. Die Ultraschallwellen werden an der Grenzschicht von Öl zu Luft reflektiert und von der Messelektronik wieder empfangen. Aus dem Zeitunterschied zwischen dem gesendeten und dem reflektierten Signal errechnet die Auswertelektronik den Ölstand. Parallel zum Ölstand wird die Öltemperatur durch den PTC-Temperatursensor erfasst. Beide Werte werden durch ein gemeinsames Pulsweitenmodulations-Signal (PWM-Signal) an das Motorsteuergerät geleitet.



S514_021

Thermomanagement

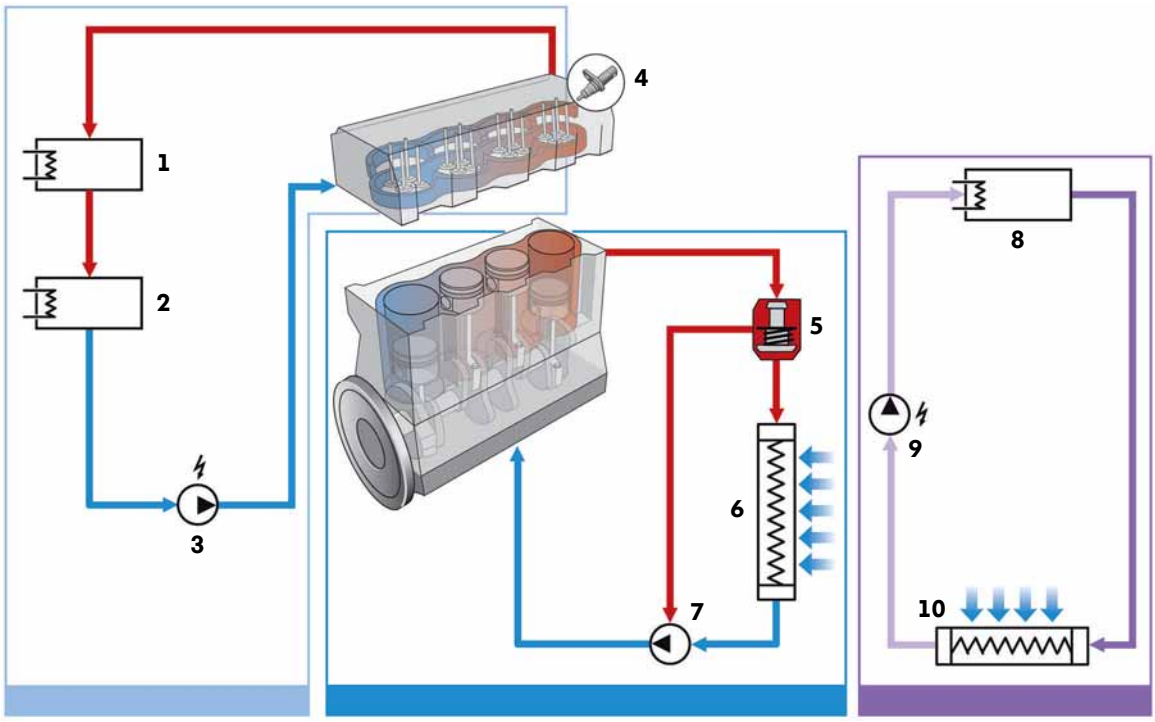
Das Kühlsystem des EA288-Motors wird durch ein Thermomanagement gesteuert.

Das Thermomanagement dient der optimalen Verteilung der zur Verfügung stehenden Motorwärme unter Berücksichtigung der Wärme- bzw. Kühlanforderungen von Innenraum, Motor und Getriebe.
Durch das Thermomanagement wird der Motor in der Warmlaufphase nach Kaltstart schnell erwärmt.

Die im Motor erzeugten Wärmeströme werden gezielt und bedarfsgerecht an die Komponenten des Kühlsystems geleitet. Durch die schnelle Erwärmung des Kühlmittels und die optimale Nutzung der zur Verfügung stehenden Wärme im Kühlsystem wird hauptsächlich die innermotorische Reibung verringert, was zur Reduzierung von Kraftstoffverbrauch und Abgasemission beiträgt. Zusätzlich wird eine komfortable Klimatisierung des Fahrzeuginnenraums erreicht.

Kühlkreisläufe

Für eine bedarfsgerechte Wärmeverteilung setzt sich der Kühlmittelkreislauf aus drei Teilkühlkreisläufen zusammen.



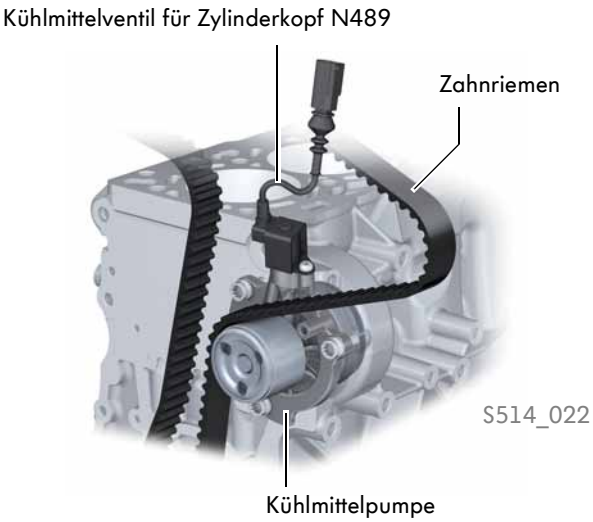
S514_082

Legende

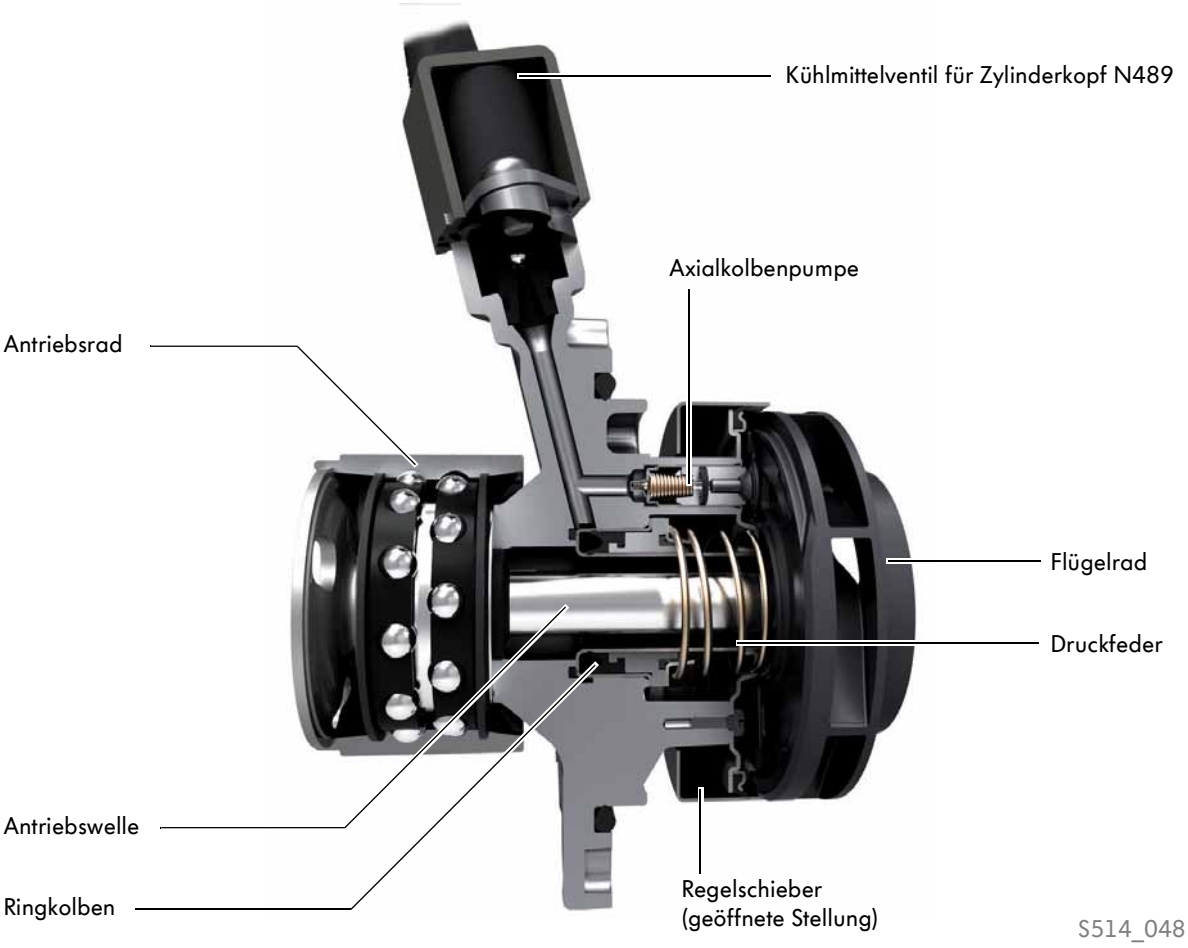
1 Kühler für Abgasrückführung
2 Wärmetauscher für Heizung
3 Heizungsunterstützungspumpe V488
4 Kühlmitteltemperaturgeber G62
5 Kühlmittelregler
6 Kühler für Kühlmittel
7 Kühlmittelpumpe
8 Ladeluftkühler
9 Pumpe für Ladeluftkühlung V188
10 Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf

Schaltbare Kühlmittelpumpe

Für das Thermomanagement des EA288-Motors kommt eine schaltbare Kühlmittelpumpe zum Einsatz. Mit der schaltbaren Kühlmittelpumpe kann über das Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 die Zirkulation des Kühlmittels im großen Kühlkreislauf ab- und zugeschaltet werden. Bei kaltem Motor wird ein Regelschieber in Form einer Blende über das drehende Flügelrad der Pumpe geschoben und dadurch die Zirkulation des Kühlmittels verhindert. Dieser Zustand wird auch als „stehendes Kühlmittel“ bezeichnet. „Stehendes Kühlmittel“ erwärmt sich schneller und verkürzt somit die Warmlaufphase des Motors.



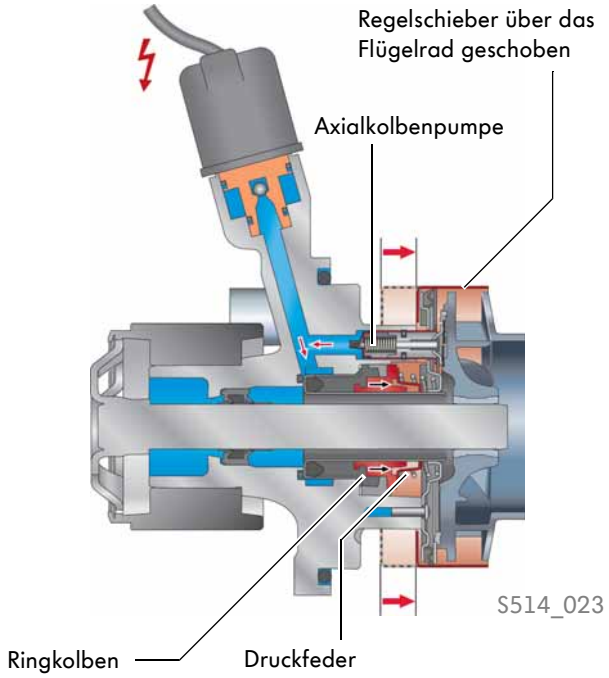
Aufbau



Stehendes Kühlmittel

Um den Zustand „Stehendes Kühlmittel“ zu erzeugen wird der Regelschieber hydraulisch über einen pumpeninternen Kreislauf durch das Kühlmittel betätigt. Der hydraulische Druck dafür wird durch eine Axialkolbenpumpe erzeugt.
Die Axialkolbenpumpe wird permanent durch eine Hubkontur auf der Rückseite des Flügelrads angetrieben. Sobald das Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 vom Motorsteuergerät angesteuert wird, ist der pumpeninterne Hydraulikkreislauf geschlossen. Dadurch baut sich Druck am Ringkolben auf. Dieser Druck wirkt gegen die Kraft der Druckfeder und schiebt den Regelschieber über das Flügelrad der Kühlmittelpumpe.

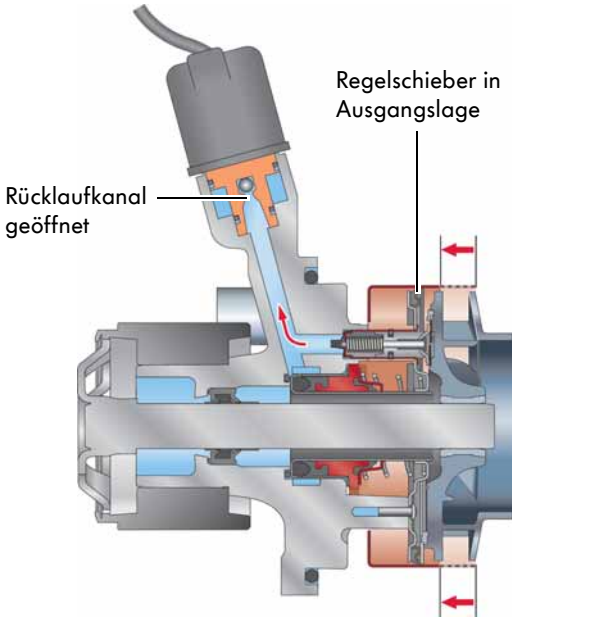
Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 geschaltet



Kühlmittel zirkuliert

Ist das Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 stromlos geschaltet, wirkt kein hydraulischer Druck auf den Ringkolben, da der Kanal vom pumpeninternen Kreislauf zum Motor-Kühlkreislauf geöffnet ist. Der Regelschieber wird durch die Kraft der Druckfeder in die Ausgangslage geschoben.
Das Flügelrad ist freigegeben und sorgt dafür, dass das Kühlmittel im Motor-Kühlkreislauf zirkuliert.

Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 nicht geschaltet



Auswirkungen bei Ausfall

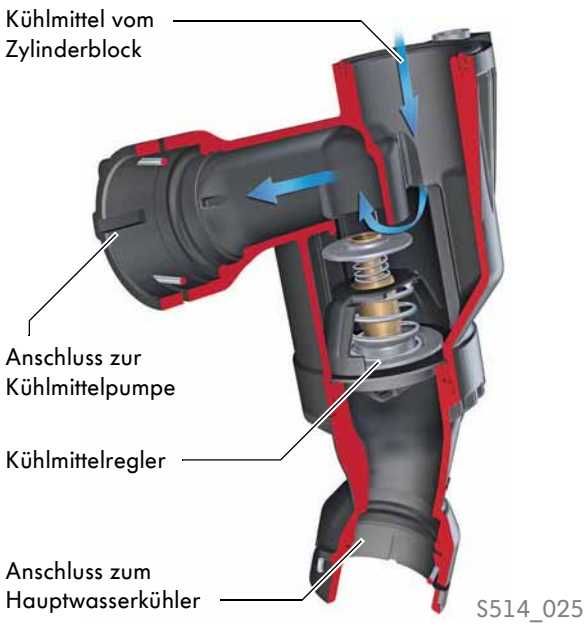
Ist das Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 defekt, bleibt der Regelschieber in seiner Ausgangslage, das Kühlmittel zirkuliert im Kühlmittelkreislauf.

Kühlmittelregler

Der Kühlmittelregler ist ein 3/2-Wegeventil und wird über ein Wachsdehnelement betätigt. In Abhängigkeit der Kühlmitteltemperatur schaltet der Kühlmittelregler zwischen großem und kleinem Kühlkreislauf um. Damit erreicht der Motor schneller seine Betriebstemperatur.

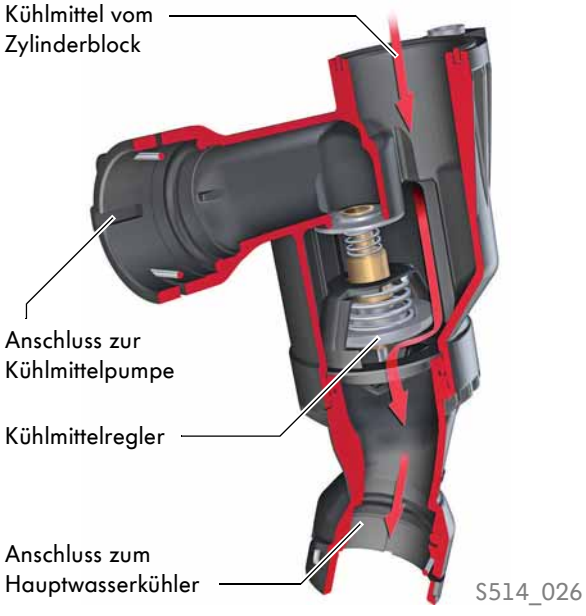
Warmlaufphase

In der Warmlaufphase des Motors ist der Weg des Kühlmittels vom Zylinderblock zum Hauptwasserkühler durch den großen Teller des Kühlmittelreglers versperrt. Das Kühlmittel gelangt direkt über die Kühlmittelpumpe in den kleinen Kühlkreislauf.
In Verbindung mit dem, durch die abgeschaltete Kühlmittelpumpe, stehenden Kühlmittel erreicht der Motor schneller seine Betriebstemperatur. Bei zugeschalteter Kühlmittelpumpe wird sichergestellt, dass in der Warmlaufphase des Motors eine ausreichende Menge Kühlmittel durch den Zylinderkopf und den Abgasrückführungskühler fließt.

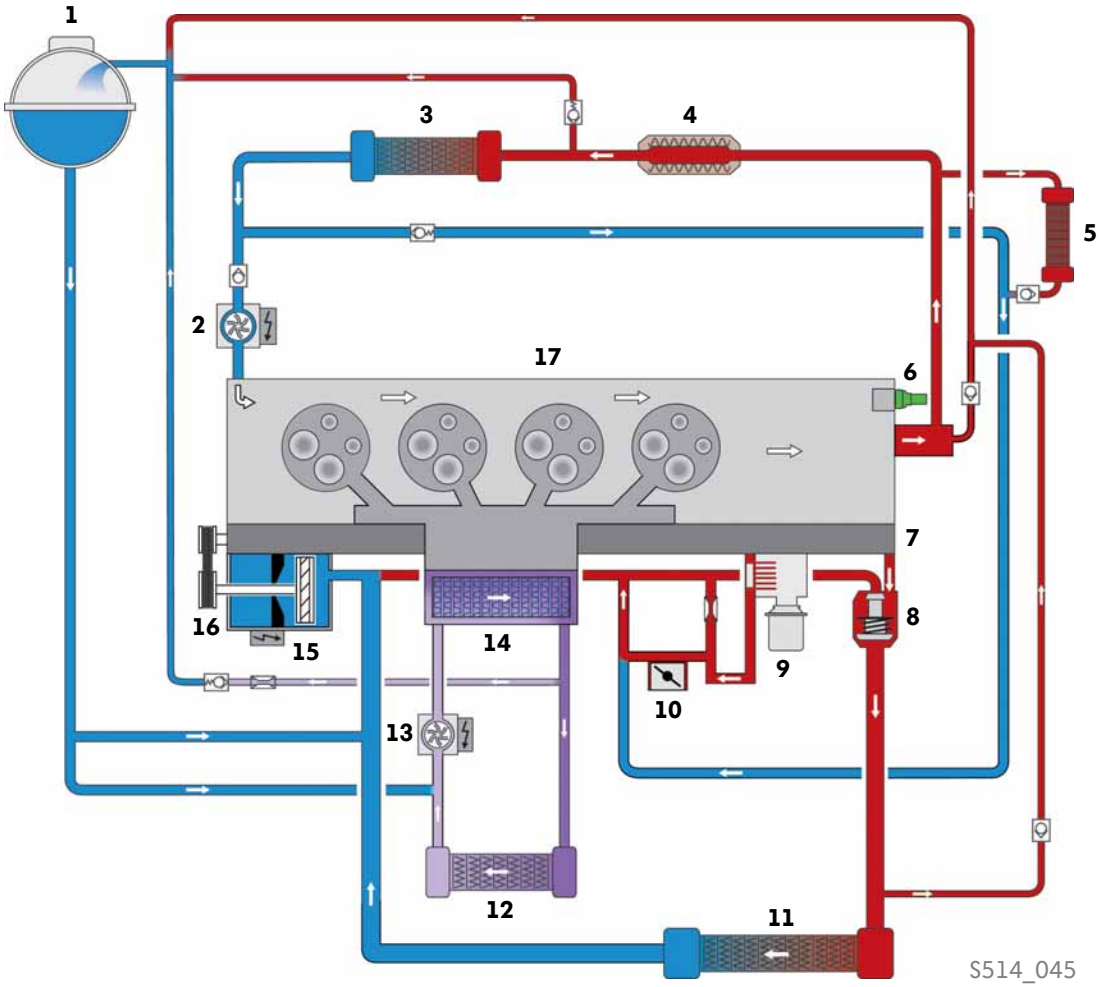


Betriebstemperatur

Bei einer Kühlmitteltemperatur von ca. 87 °C beginnt der große Teller des Kühlmittelreglers zu öffnen und bindet damit den Hauptwasserkühler in den großen Kühlkreislauf mit ein. Gleichzeitig versperrt der kleine Teller des Kühlmittelreglers den direkten Weg zur Kühlmittelpumpe.



Kühlmittelkreislauf - Gesamtübersicht



Legende

1 Kühlmittelausgleichsbehälter
2 Heizungsunterstützungspumpe V488
3 Wärmetauscher für Heizung
4 Kühler für Abgasrückführung
5 Getriebeölkühler
6 Kühlmitteltemperaturgeber G62
7 Zylinderblock
8 Kühlmittelregler
9 Motorölkühler
10 Drosselklappensteuereinheit J338
11 Kühler für Kühlmittel
12 Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf
13 Pumpe für Ladeluftkühlung V188
14 Ladeluftkühler
15 Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489
16 Kühlmittelpumpe
17 Zylinderkopf

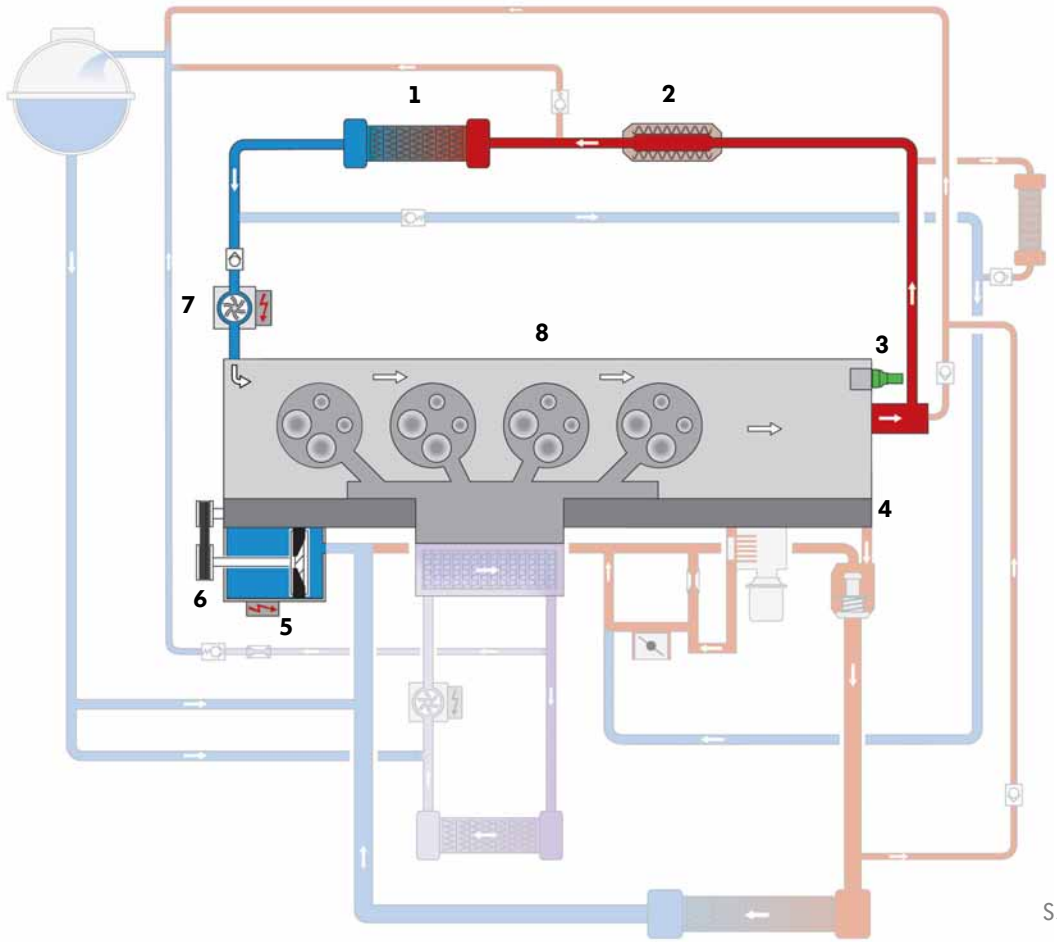
Bei Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten am Kühlsystem sind unbedingt die Anweisungen und Hinweise im Reparaturleitfaden zu beachten! Das Entlüften des Kühlsystems muss in jedem Fall mit Hilfe der „Geführten Funktionen“ im Fahrzeugdiagnosetester durchgeführt werden!

Microkreislauf

Ist der Motor kalt, startet das Thermomanagement mit dem Microkreislauf. Damit wird eine schnelle Erwärmung des Motors und des Fahrgastraums erreicht. Für die schnelle Erwärmung des Kühlmittels bleibt das Kühlmittelthermostat in Richtung Hauptwasserkühler geschlossen. Die Zirkulation des Kühlmittels im großen Kreislauf wird verhindert, indem der Regelschieber der schaltbaren Kühlmittelpumpe über das Flügelrad der Pumpe geschoben wird. Das dadurch erzeugte „stehende Kühlmittel“ erwärmt sich schnell und sorgt für ein schnelles Aufheizen des Motors.

Das Kühlmittel im Microkreislauf wird durch die Heizungsunterstützungspumpe V488 in Bewegung gesetzt. Diese wird, abhängig von der Kühlmitteltemperatur im Zylinderkopf, bedarfsgerecht vom Motorsteuergerät angesteuert.

Der Temperaturwunsch für den Fahrgastraum wird durch das Steuergerät der Klimaanlage erfasst und bei der Ansteuerung der Heizungsunterstützungspumpe V488 berücksichtigt.



S514_071

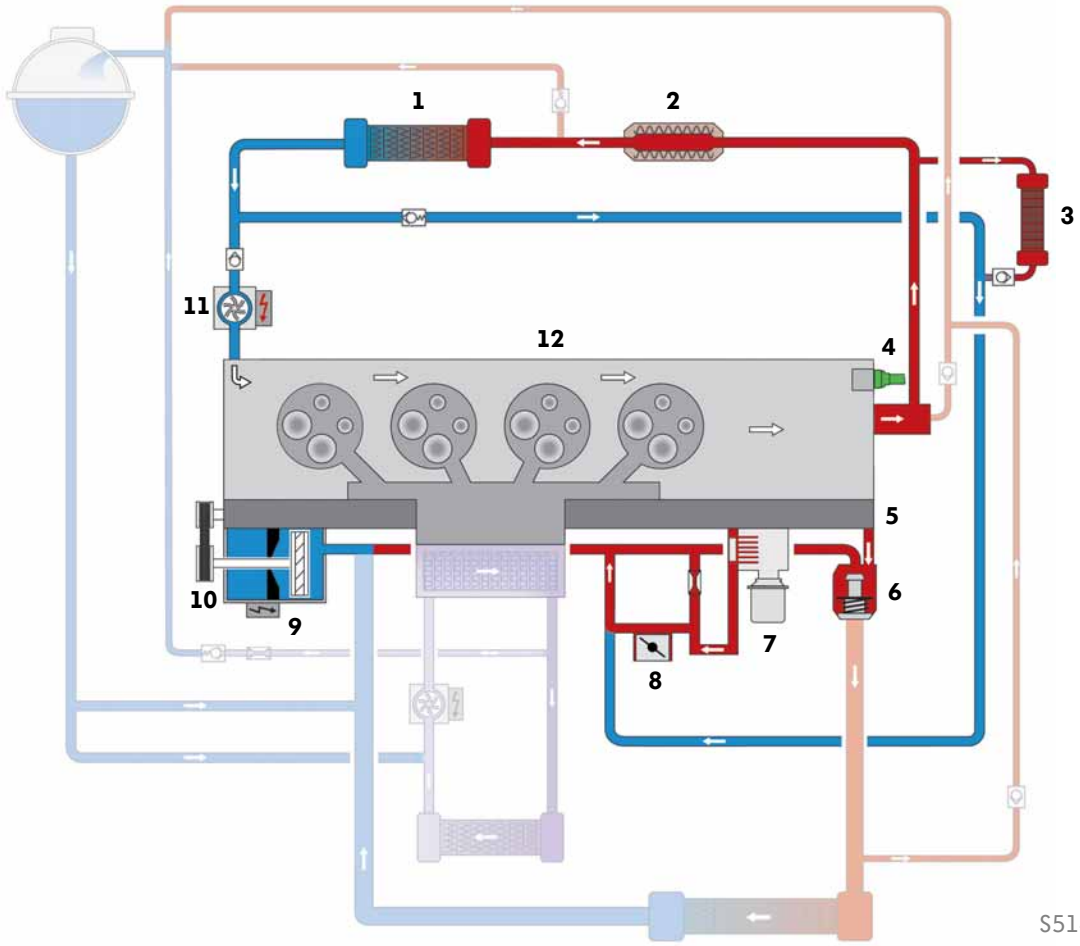
Legende

1 Wärmetauscher für Heizung
2 Kühler für Abgasrückführung
3 Kühlmitteltemperaturgeber G62
4 Zylinderblock
5 Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489
6 Kühlmittelpumpe
7 Heizungsunterstützungspumpe V488
8 Zylinderkopf

Microkreislauf bei hoher Motorlast

Steigt die Motorlast oder die Motordrehzahl über einen Grenzwert, wird die schaltbare Kühlmittelpumpe zugeschaltet, um die Kühlung des Motors sicherzustellen. Die Kühlmittelpumpe wird wieder abgeschaltet, wenn eine definierte Motordrehzahlgrenze unterschritten wird und der Motor noch nicht ausreichend warm ist.

Sobald die Kühlmitteltemperatur am Zylinderkopf einen Wert erreicht hat, der auf einen durchgewärmten Motor schließen lässt, bleibt die schaltbare Kühlmittelpumpe dauerhaft zugeschaltet. Dadurch wird sichergestellt, dass eine ausreichende Menge an Kühlmittel durch den Zylinderkopf fließt.

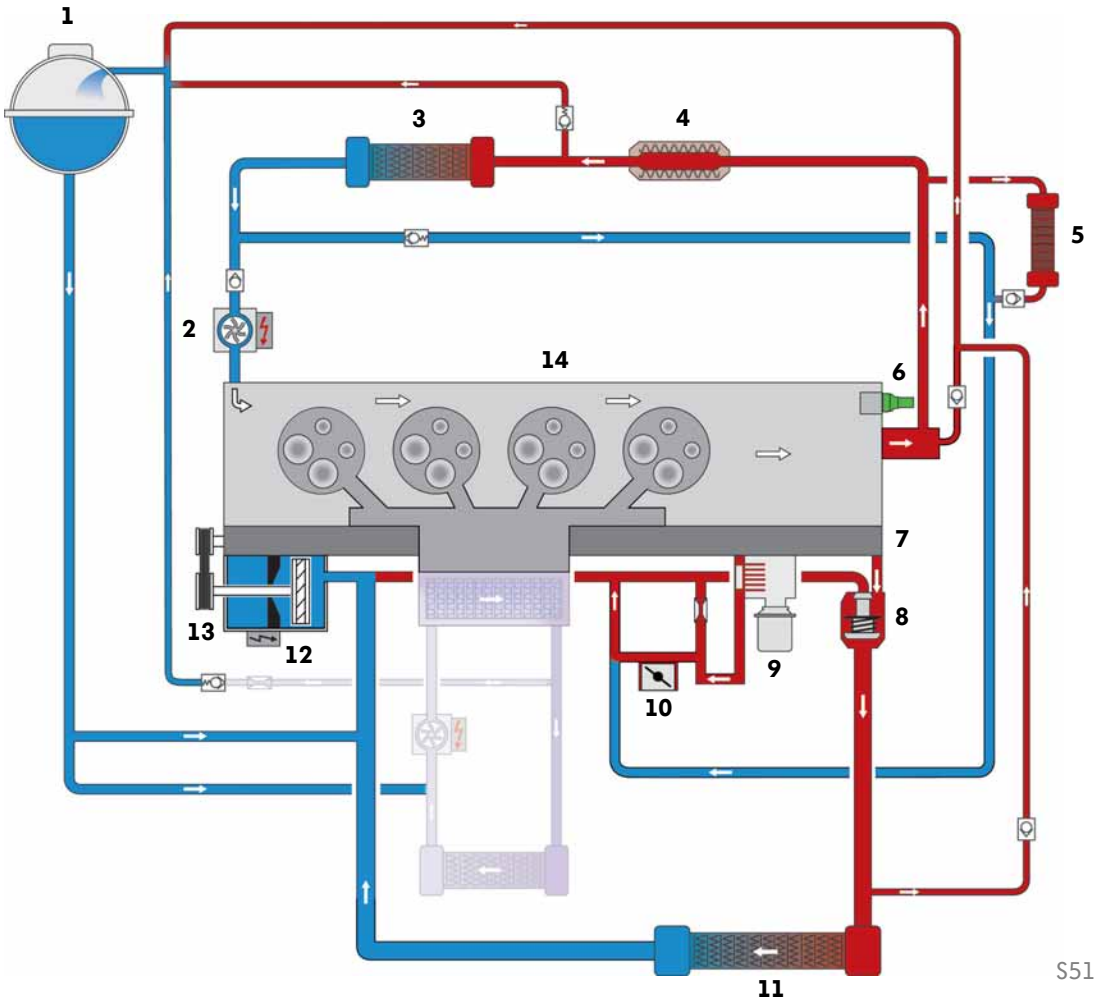


Legende

1	Wärmetauscher für Heizung
2	Kühler für Abgasrückführung
3	Getriebeölkühler
4	Kühlmitteltemperaturgeber G62
5	Zylinderblock
6	Kühlmittelregler
7	Motorölkühler
8	Drosselklappensteuereinheit J338
9	Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489
10	Kühlmittelpumpe
11	Heizungsunterstützungspumpe V488
12	Zylinderkopf

Großer Kühlkreislauf (Hochtemperatur-Kreislauf)

Hat das Kühlmittel die Betriebstemperatur erreicht, öffnet der Kühlmittelregler und bindet den Kühler für Kühlmittel (Hauptwasserkühler) in den Kühlkreislauf ein.



S514_073

Legende

1	Kühlmittelausgleichsbehälter
2	Heizungsunterstützungspumpe V488
3	Wärmetauscher für Heizung
4	Kühler für Abgasrückführung
5	Getriebeölkühler
6	Kühlmitteltemperaturgeber G62
7	Zylinderblock
8	Kühlmittelregler
9	Motorölkühler
10	Drosselklappensteuereinheit J338
11	Kühler für Kühlmittel
12	Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489
13	Kühlmittelpumpe
14	Zylinderkopf

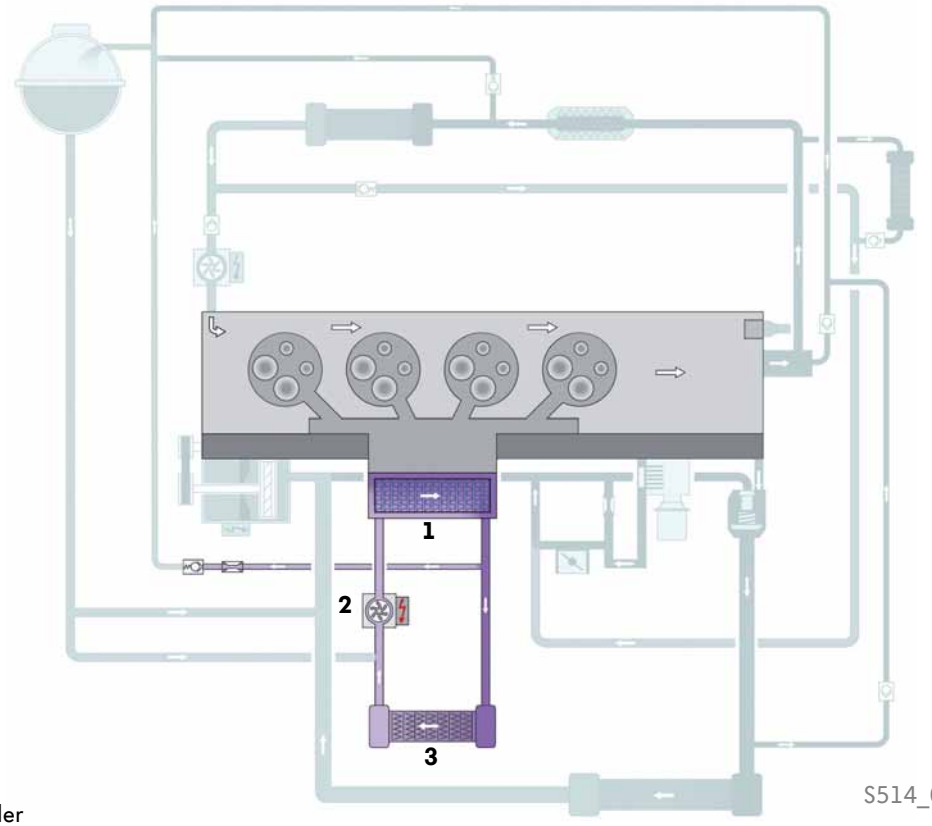
Kühlmittelkreislauf für Ladeluftkühlung (Niedertemperatur-Kreislauf)

Durch die flüssigkeitsgekühlte Ladeluftkühlung ist es möglich, die Lufttemperatur im Ansaugrohr auf einen bedarfsgerechten Sollwert zu regeln. Die Regelung der Ladelufttemperatur erfolgt durch das Motorsteuergerät, über die Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung V188. Führungsgröße für die Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung V188 ist die Saugrohrtemperatur nach Ladeluftkühler.

Der Kühlmittelkreislauf für Ladeluftkühlung ist zum Befüllen und Entlüften über ein Rückschlagventil und einer Drossel mit dem Motor-Kühlkreislauf verbunden. Während des Betriebes besteht keine Verbindung zum Motor-Kühlkreislauf.

Ansteuerbedingungen der Pumpe für Ladeluftkühlung V188:

- Liegt die Ladelufttemperatur unter dem Sollwert, wird oder bleibt die Pumpe abgeschaltet.
- Ist die Saugrohrtemperatur gleich oder etwas größer dem Sollwert, wird die Pumpe getaktet angesteuert. Die Ein- und Ausschaltzeiten (Taktzeiten) sind abhängig von der Ladelufttemperatur und der Umgebungstemperatur.
- Ist die Ladelufttemperatur deutlich größer als die Solltemperatur, wird die Pumpe für Ladeluftkühlung kontinuierlich mit voller Leistung angesteuert.



S514_074

Legende

1 Ladeluftkühler
2 Pumpe für Ladeluftkühlung V188
3 Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf

Kühlmitteltemperaturgeber G62

Der Kühlmitteltemperaturgeber ist im brennraumnahen Bereich in den Zylinderkopf eingeschraubt. Durch diese Anordnung kann das Motorsteuergerät die Motortemperatur, unabhängig von den betriebspunktabhängigen Kühlmittelvolumenströmen, ermitteln.

Signalverwendung

Das Motorsteuergerät benötigt das Signal des Kühlmitteltemperaturgebers als Korrekturwert für die Berechnung der Einspritzmenge, des Ladedrucks und der Abgasrückführmenge. Außerdem wird mit Hilfe des Signals die schaltbare Kühlmittelpumpe zu- und abgeschaltet.

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt das Signal aus rechnet das Motorsteuergerät mit einem festen Ersatzwert. Die schaltbare Kühlmittelpumpe bleibt dauerhaft zugeschaltet.

Elektronisch geregelte Kühlmittelpumpen

Heizungsunterstützungspumpe V488

Die Heizungsunterstützungspumpe ist eine elektronisch geregelte Kreiselpumpe mit bürstenlosem Antrieb. Sie dient als Umwälzpumpe für den Microkreislauf. Dazu wird die Pumpe mit einem PWM-Signal bedarfsabhängig vom Motorsteuergerät angesteuert.

Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Die Pumpe für Ladeluftkühlung ist eine elektronisch geregelte Kreiselpumpe mit bürstenlosem Antrieb. Sie saugt das Kühlmittel vom Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf an und fördert es zum Ladeluftkühler. Dazu wird die Pumpe mit einem PWM-Signal bedarfsabhängig vom Motorsteuergerät angesteuert.

S514_102

Funktion der Kühlmittelpumpensteuerung

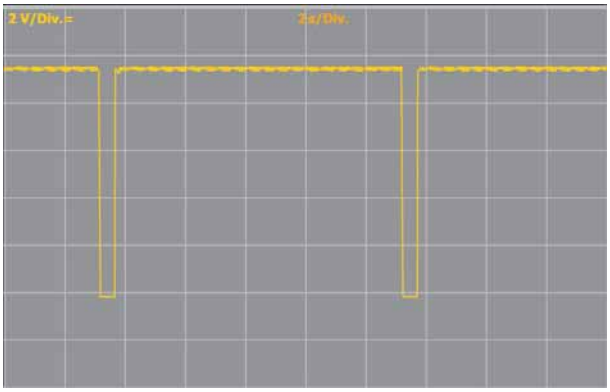
Beide elektronisch geregelten Kühlmittelpumpen sind mit einer Regelelektronik ausgestattet.
Die Regelelektronik berechnet aus dem PWM-Signal des Motorsteuergerätes die Drehzahl für die Pumpe und steuert den Elektromotor an. Gleichzeitig wird die Stromaufnahme des Elektromotors von der Regelelektronik überwacht. Die Regelelektronik meldet den Ist-Zustand der Pumpe an das Motorsteuergerät, indem das PWM-Signal in gleichmäßigen Zeitintervallen auf Masse geschaltet wird. Dieser Vorgang wird während des gesamten Pumpenbetriebs zyklisch durchgeführt.

Erkennung „Pumpe in Ordnung“

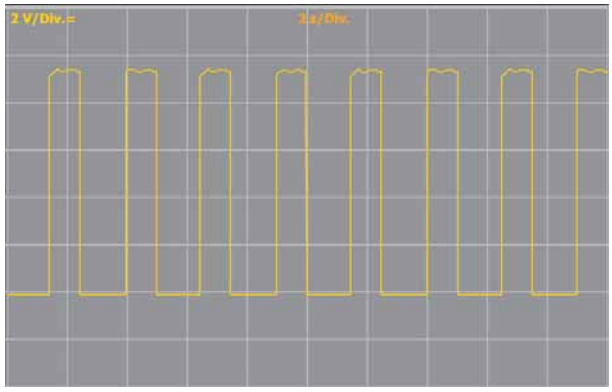
Während des Pumpenbetriebs schaltet die Regelelektronik das PWM-Signal vom Motorsteuergerät, im Abstand von 10 Sekunden, für eine Dauer von 0,5 Sekunden auf Masse. Daraus erkennt das Motorsteuergerät die Betriebsbereitschaft der Pumpe.

Erkennung „Pumpe nicht in Ordnung“

Wird durch die Eigendiagnose ein Fehler erkannt, zum Beispiel durch eine blockierte Pumpe oder eine im Trockenen laufenden Pumpe, verändert die Regelelektronik, je nach Fehlerursache, die Dauer der Masseschaltung des PWM-Signals.



S514_105



S514_106

Auswirkungen von Fehlern der elektronisch geregelten Kühlmittelpumpen

Fehlerursache	Auswirkung
elektrischer Fehler oder mechanischer Fehler	• Ereignisspeichereintrag im Motorsteuergerät • Abgaswarnleuchte K83 leuchtet
Unterbrechung der Signalleitung	• Ereignisspeichereintrag im Motorsteuergerät • Abgaswarnleuchte K83 leuchtet • Pumpe läuft mit maximaler Drehzahl
Unterbrechung einer Versorgungsleitung der Pumpe	• Ereignisspeichereintrag im Motorsteuergerät • Abgaswarnleuchte K83 leuchtet • Pumpe fällt aus

Kühlmittelausgleichsbehälter mit Silikatdepot

Im Kühlmittelausgleichsbehälter befindet sich ein Silikatdepot. Das Silikat dient dazu, die Aluminiumbauteile im Kühlmittelkreislauf vor Korrosion zu schützen. Die im Kühlmittel G13 befindlichen Silikate werden bei thermisch hoch beanspruchten Motoren über die Laufzeit verbraucht.

Um den Silikatverbrauch auszugleichen, werden aus dem Depot Silikate gelöst und dem Kühlmittel beigemengt. Das Silikatdepot dient somit als zusätzlicher Korrosionsschutz für die Aluminiumbauteile im Kühlmittelkreislauf über die gesamte Motorlebensdauer.

S514_079

Kraftstoffsystem

1 - Steuergerät für Kraftstoffpumpe J538

Das Steuergerät für Kraftstoffpumpe steuert bedarfsgerecht den Druck im Kraftstoffvorlauf und überwacht die Funktion der Kraftstoffpumpe.

2 - Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Die Kraftstoffpumpe erzeugt den Kraftstoffdruck im Kraftstoffvorlauf.

3 - Kraftstofffilter

Der Kraftstofffilter hält Verunreinigungen im Dieselkraftstoff von den Bauteilen des Einspritzsystems fern. Die mit hoher Präzision gefertigten Bauteile, wie zum Beispiel die Hochdruckpumpe und die Einspritzventile, können bereits durch kleinste Schmutzpartikel beschädigt oder in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.

4 - Kraftstofftemperaturgeber G81

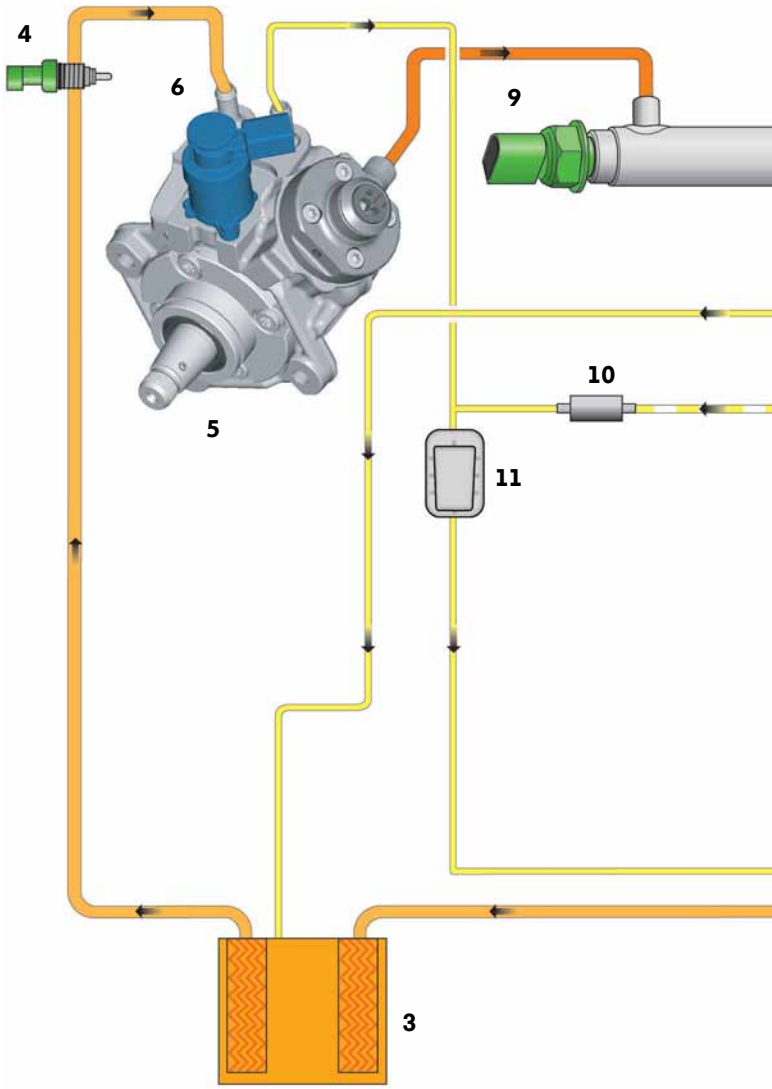
Der Kraftstofftemperaturgeber ermittelt die aktuelle Kraftstofftemperatur.

5 - Hochdruckpumpe

Die Hochdruckpumpe erzeugt den zur Einspritzung erforderlichen Kraftstoffhochdruck.

6 - Ventil für Kraftstoffdosierung N290

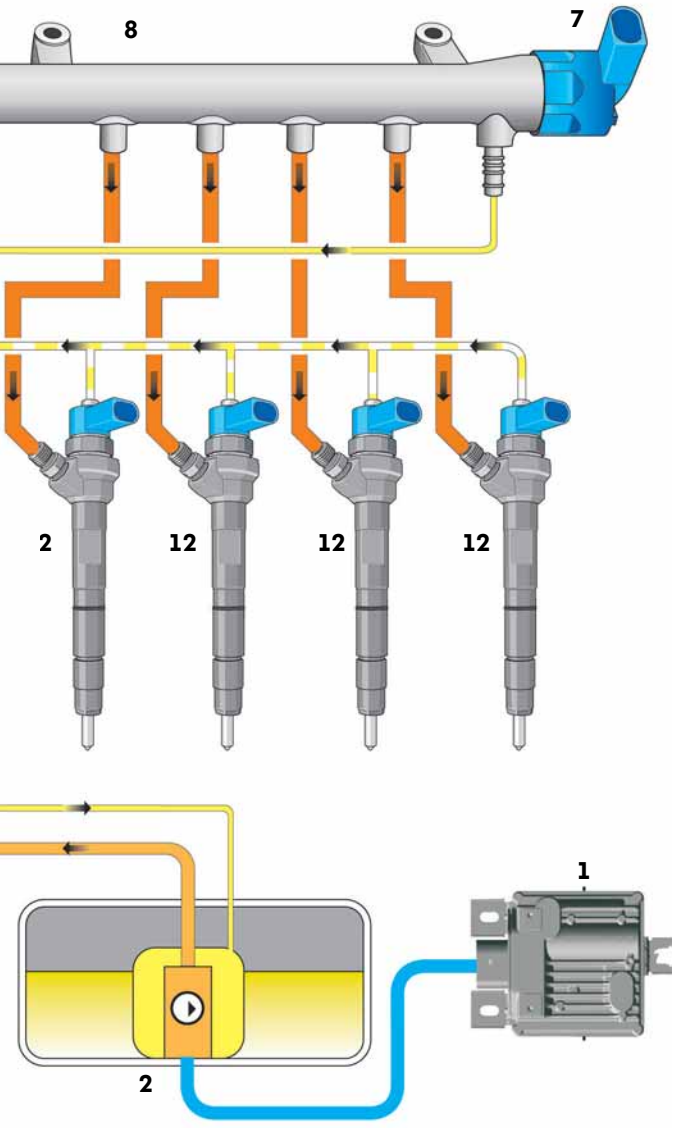
Mit dem Ventil für Kraftstoffdosierung wird die zur Hochdruckerzeugung benötigte Kraftstoffmenge bedarfsgerecht geregelt.



Legende

Kraftstoff-Hochdruck max. 1800 bar

Kraftstoff-Rücklauf 0 - 1,0 bar



S514_027

7 - Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Mit dem Regelventil für Kraftstoffdruck wird der Kraftstoffdruck im Hochdruckbereich eingestellt.

8 - Hochdruckspeicher (Rail)

Der Hochdruckspeicher speichert für alle Zylinder den zur Einspritzung benötigten Kraftstoff unter hohem Druck.

9 - Kraftstoffdruckgeber G247

Der Kraftstoffdruckgeber ermittelt den aktuellen Kraftstoffdruck im Hochdruckbereich.

10 - Druckhalteventil

Das Druckhalteventil sorgt für einen gleichbleibenden Druck von etwa 1 bar im Rücklauf der Einspritzventile. Dadurch werden Druckschwankungen vermieden und somit eine präzise Steuerung der Einspritzventile ermöglicht.

11 - Pulsationsdämpfer

Der Pulsationsdämpfer hat die Aufgabe störende Geräusche zu verringern, die durch pulsierenden Kraftstoff in der Kraftstoffrücklaufleitung verursacht werden.

12 - Einspritzventile N30, N31, N32, N33

Die Einspritzventile spritzen den Kraftstoff in die Brennräume ein.

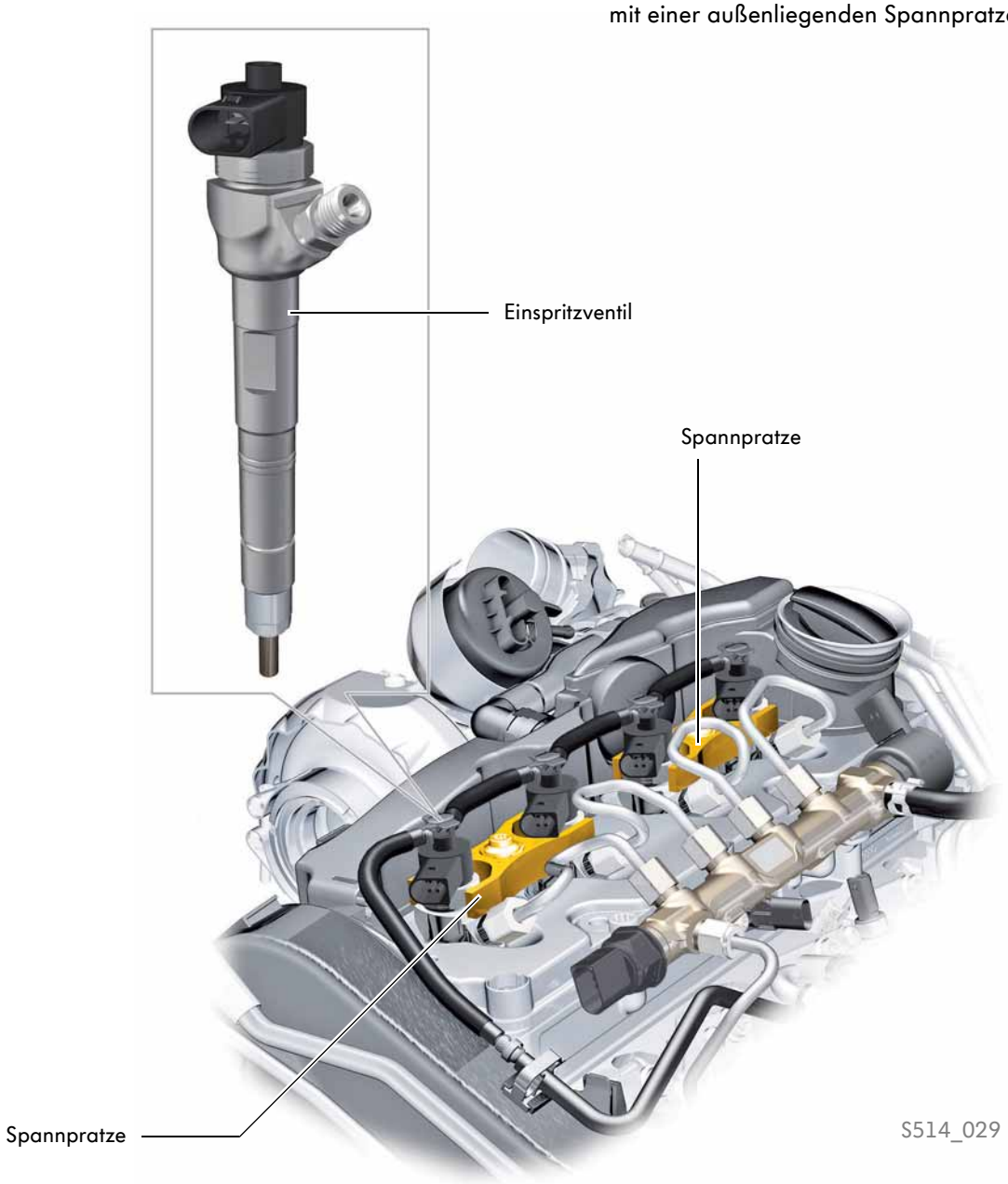
Kraftstoff-Vorlaufdruck bedarfsgeregelt 3,5 -5,0 bar

Kraftstoff-Rücklauf von den Einspritzventilen 0,4 - 1,0 bar

Einspritzventil

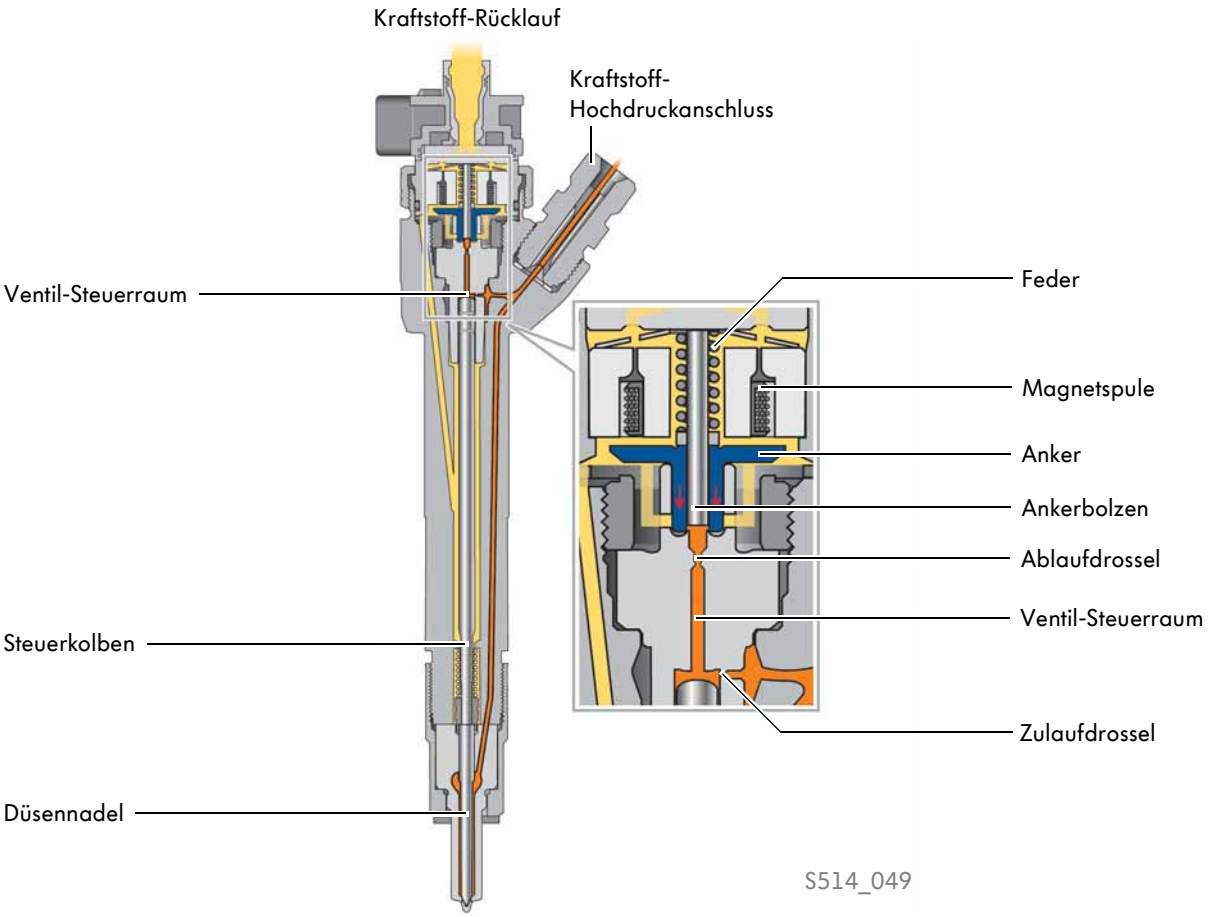
Die Einspritzventile im EA288 werden über einen Magnetventil-Aktor gesteuert.

Die Firma Bosch hat ein Einspritzventil mit Magnetventil-Technologie entwickelt, welches den Anforderungen an hohe Einspritzdrücke und der Fähigkeit zur Mehrfacheinspritzung je Arbeitstakt entspricht. Magnetventil gesteuerte Einspritzventile haben den Vorteil, dass sie einfacher herzustellen sind als Einspritzventile mit Piezo-Aktor. Im Zylinderkopfdeckel sind jeweils zwei Einspritzventile mit einer außenliegenden Spannpratze befestigt.



Einspritzventil in Ruhelage

Aufbau



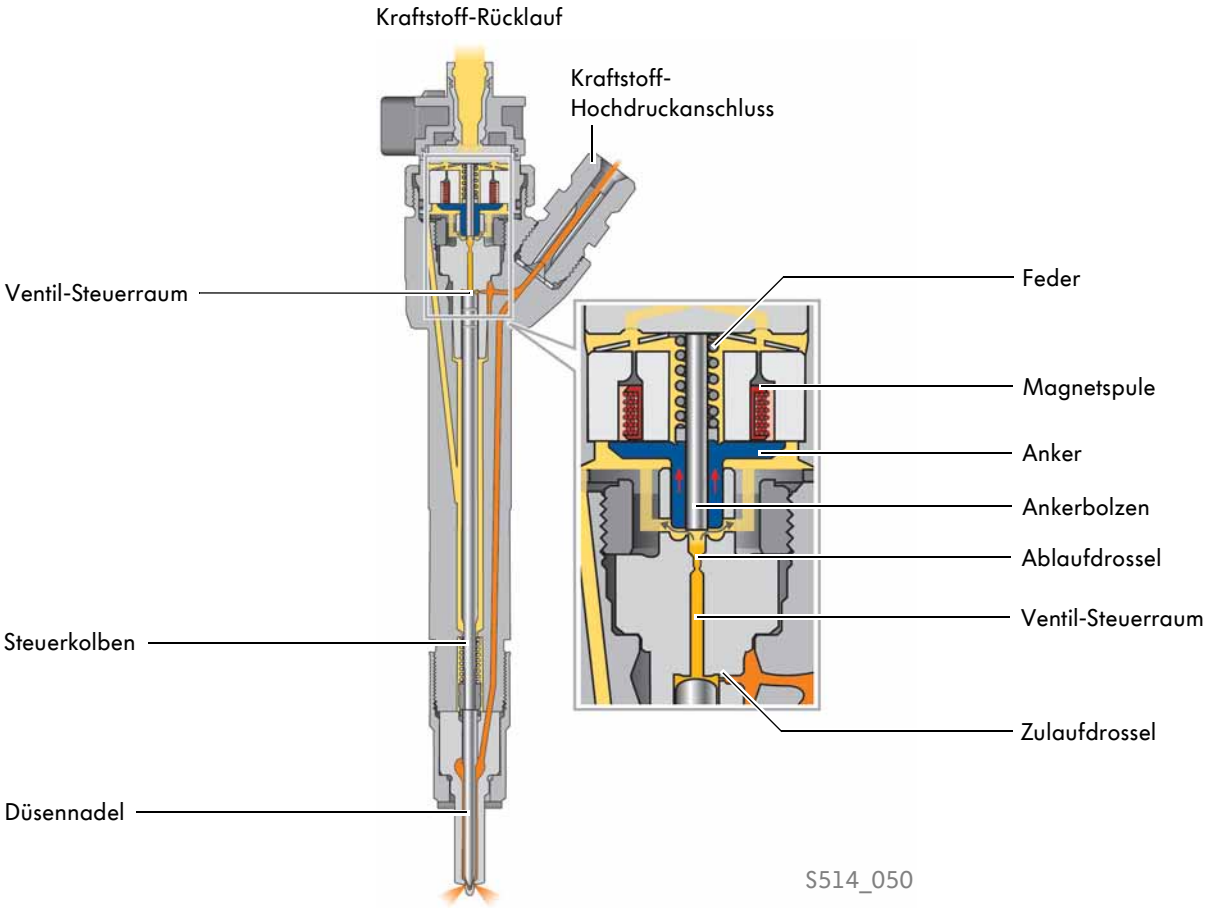
Legende

Hochdruck

Rücklaufdruck

In der Ruhelage ist das Einspritzventil geschlossen. Die Magnetspule wird nicht angesteuert. Der Magnetventil-Anker wird durch die Kraft der Magnetventil-Feder in den Sitz gedrückt und verschließt den Ventil-Steuerraum zum Kraftstoff-Rücklauf. Im Ventil-Steuerraum befindet sich der Kraftstoff unter Hochdruck. Aufgrund des größeren Druckflächenverhältnisses der Steuerkolbenoberfläche zur Düsennadel wird die Düsennadel in ihren Sitz gedrückt und schließt die Einspritzdüse.

Einspritzventil schließt (Einspritzbeginn)



Legende

Hochdruck

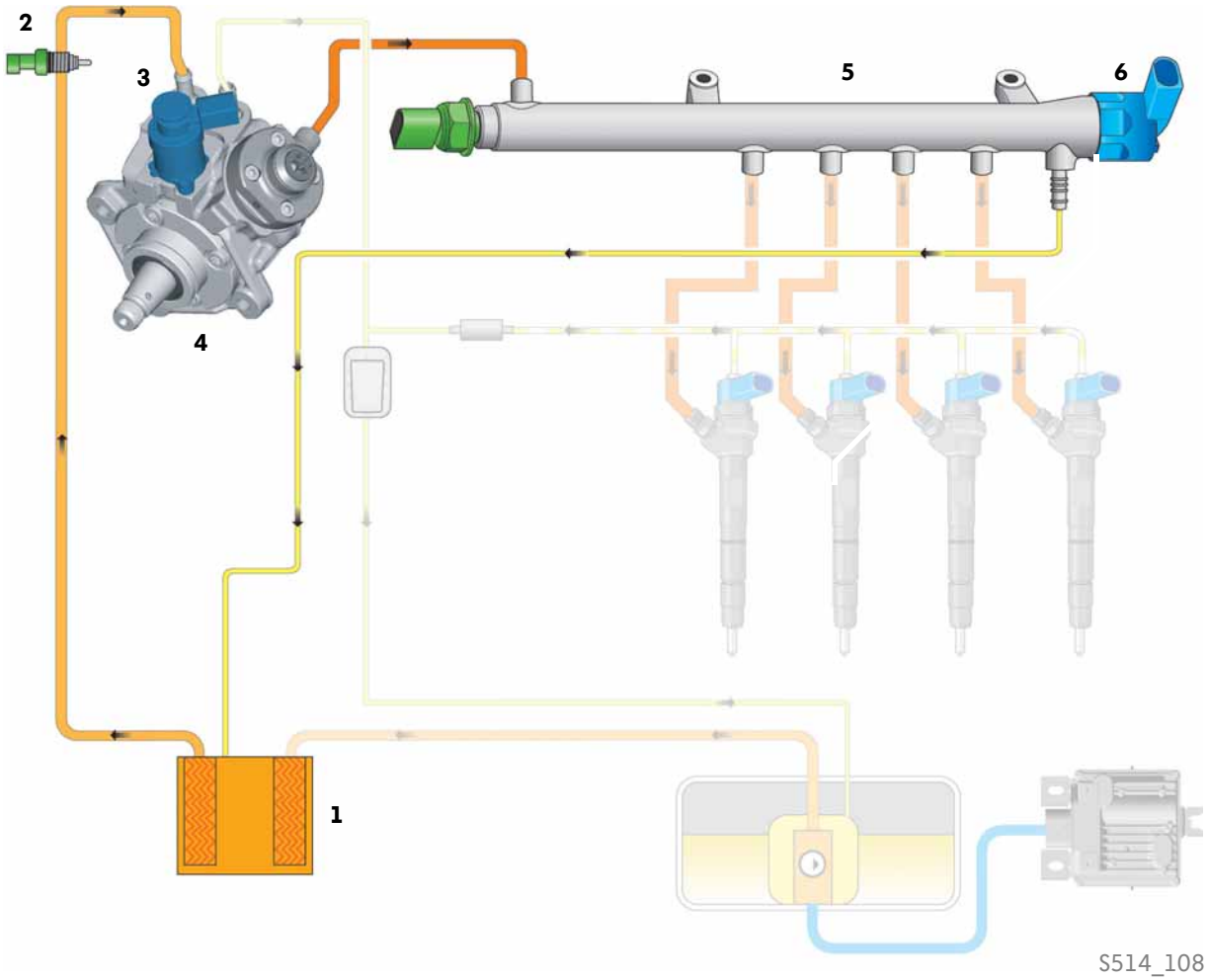
Rücklaufdruck

Der Einspritzvorgang wird eingeleitet, indem die Magnetspule vom Motorsteuergerät angesteuert wird. Sobald die Magnetkraft die Schließkraft der Magnetventil-Feder übersteigt, bewegt sich der Magnetventil-Anker nach oben und öffnet die Ablaufdrossel. Der Kraftstoff im Ventil-Steuerraum fließt über die geöffnete Ablaufdrossel in den Kraftstoffrücklauf. Der Kraftstoffdruck im Ventil-Steuerraum sinkt. Die Zulaufdrossel verhindert einen raschen Druckausgleich zwischen dem Kraftstoff-Hochdruckbereich und dem Ventil-Steuerraum. Die Düsennadel wird durch den Kraftstoffdruck angehoben und die Einspritzung beginnt.

Vorwärmung des Kraftstofffilters

Um bei kalten Kraftstofftemperaturen zu verhindern, dass der Kraftstofffilter durch auskristallisierende Parafine verstopft, wird gezielt erwärmter Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher (Rail) in die Vorlaufleitung vor den Kraftstofffilter gesteuert.

Damit der Kraftstoff bei kaltem Motor schnell erwärmt werden kann, gelangt durch die Regelung des Ventils für Kraftstoffdosierung N290 mehr Kraftstoff in den Druckraum der Hochdruckpumpe als zur Einspritzung notwendig ist. Der bei der Druckerzeugung erwärmte Kraftstoff wird aus dem Hochdruckspeicher (Rail) über das Regelventil für Kraftstoffdruck N276 in die Rücklaufleitung von den Kraftstofffilter geleitet.



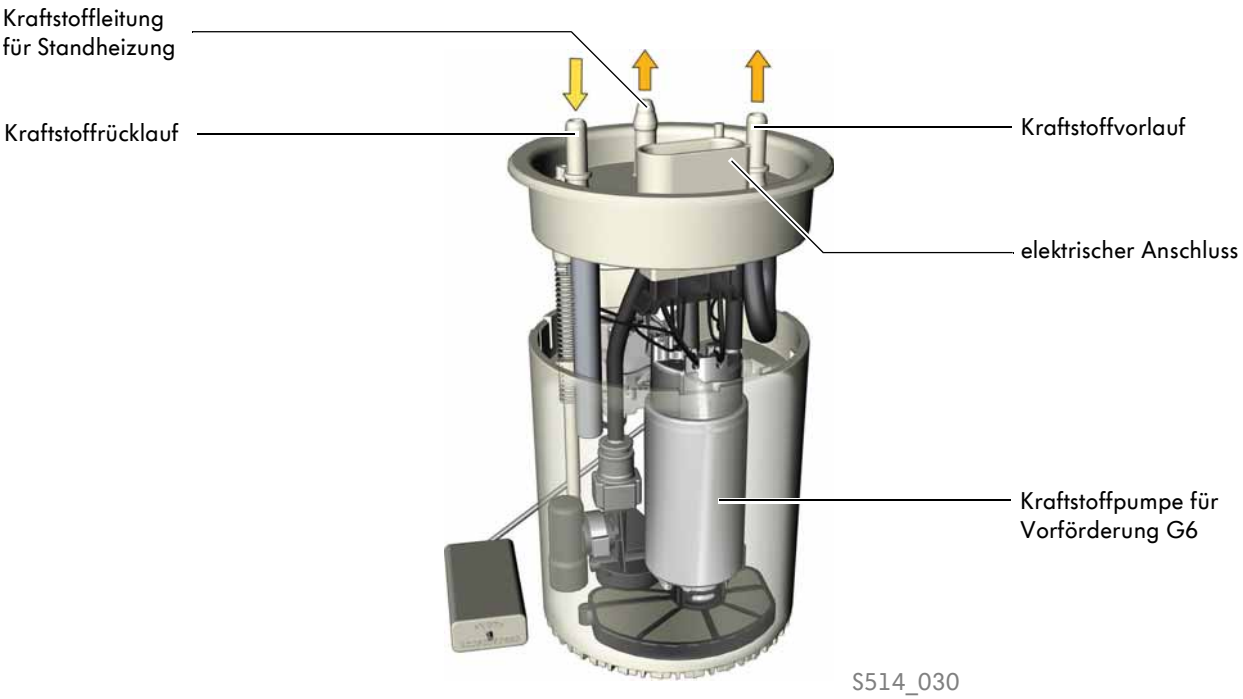
Legende

1 Kraftstofffilter
2 Kraftstofftemperaturgeber G81
3 Ventil für Kraftstoffdosierung N290
4 Hochdruckpumpe
5 Hochdruckspeicher (Rail)
6 Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Die Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6 ist eine elektrisch angetriebene Innenzahnradpumpe. Sie befindet sich in der Kraftstoffördereinheit GX1. Je nach Betriebszustand des Motors erzeugt die Pumpe im Vorlauf des Kraftstoffsystems einen Druck von 3,5 bis 5 bar.
Die bedarfsgeregelte Leistung der Pumpe hat den Vorteil, dass nur soviel Druck im Vorlauf des Kraftstoffsystems erzeugt werden muss, wie es die Betriebssituation erfordert.

Aufbau Kraftstoffördereinheit GX1



Funktion

Das Motorsteuergerät errechnet aus verschiedenen Signalen, wie zum Beispiel der Gaspedalstellung, dem Drehmoment und der Kraftstofftemperatur, den momentanen Kraftstoffbedarf.
Anschließend sendet es ein PWM-Signal an das Steuergerät für Kraftstoffpumpe J538.
Das Steuergerät für Kraftstoffpumpe steuert das benötigte Kraftstoffvolumen, indem es die Pumpe schneller oder langsamer laufen lässt.

Auswirkungen bei Ausfall

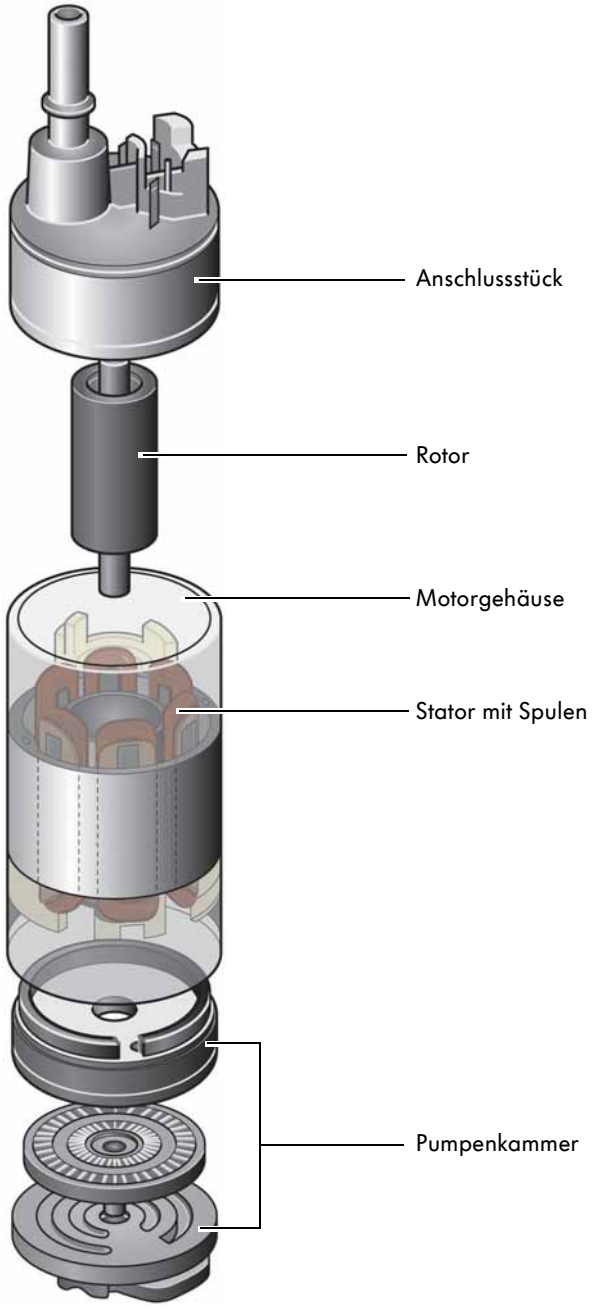
Bei Ausfall der Kraftstoffpumpe ist kein Motorlauf möglich.

Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Der elektrische Motor der Kraftstoffpumpe ist ein EC-Motor (EC = electronically commutated). Der EC-Motor ist ein bürstenloser, permanent erregter Synchronmotor. Aufgrund des bürstenlosen Aufbaus und der spezifischen Funktionsweise des Motors entsteht kein Kontakt zwischen den bewegten Teilen. Dadurch ist der Motor, abgesehen von den Lagern, vollkommen verschleißfrei.

Aufbau

Im Anschlussstück der Kraftstoffpumpe befinden sich der Anschluss für die elektrische Verbindung zum Steuergerät für Kraftstoffpumpe und der Anschluss für die Kraftstoffförderung. Der elektrische Motor der Kraftstoffpumpe besteht aus einem Rotor mit zwei Permanentmagnetpaaren und einem Stator mit sechs Spulen als Elektromagnete. Die Pumpenkammer ist mit der Rotorwelle verbunden.



S514_031

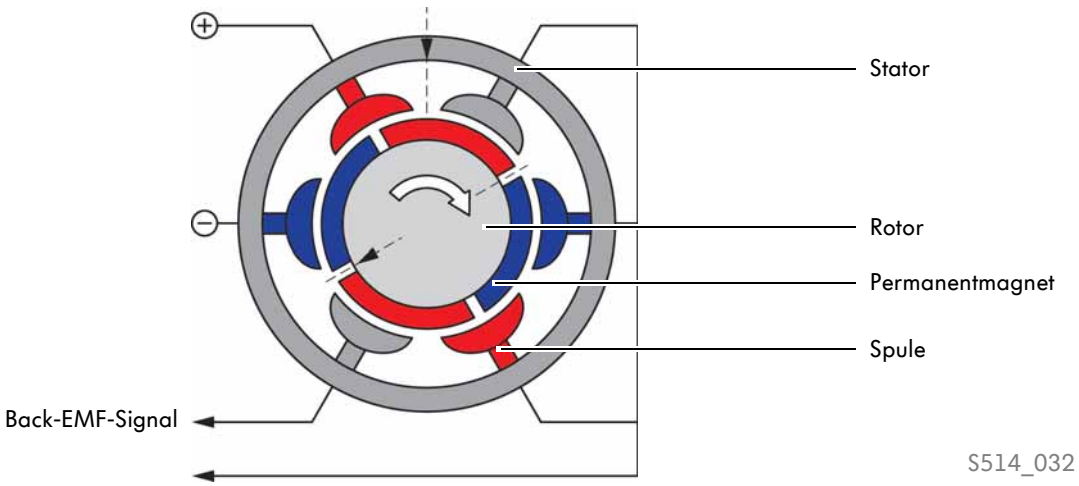
Funktion der Kraftstoffpumpe

Um den Rotor in eine Drehbewegung zu versetzen, schaltet das Steuergerät für Kraftstoffpumpe die Stromrichtung der Elektromagnete phasenweise um. Dies Umkehrung der Stromrichtung wird als „Kommutierung“ bezeichnet. Dabei verändern sich die Magnetfelder der Statorspulen abwechselnd.

Die Ansteuerung der Statorspulen erfolgt so, dass in den Statorspulen ein rotierendes Magnetfeld erzeugt wird. Der Rotor ist durch die Permanentmagnetpaare gezwungen, sich ständig neu auszurichten und so dem Magnetfeld zu folgen. Dadurch entsteht die Drehbewegung des Rotors.

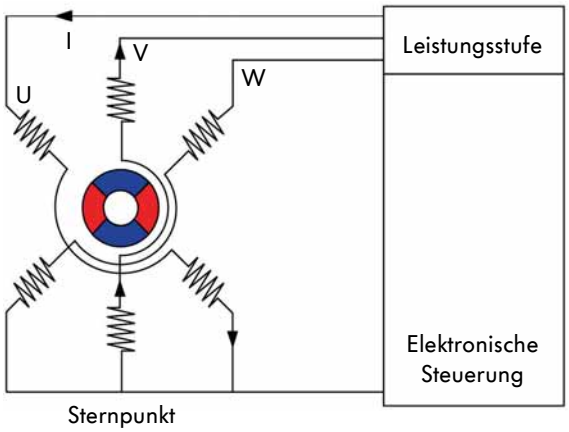
Die Position des Rotors wird vom Steuergerät für Kraftstoffpumpe über das jeweils unbestromte Spulenpaar erkannt. Dieses Rückmeldesignal wird auch als Back-EMF-Signal (EMF = ElektroMotive Force) bezeichnet.

Funktionsprinzip



S514_032

Schaltungen der Spulenwicklungen

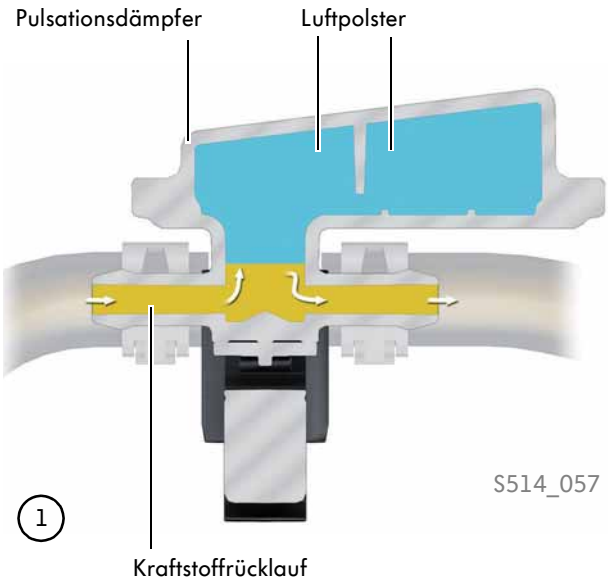


S514_033

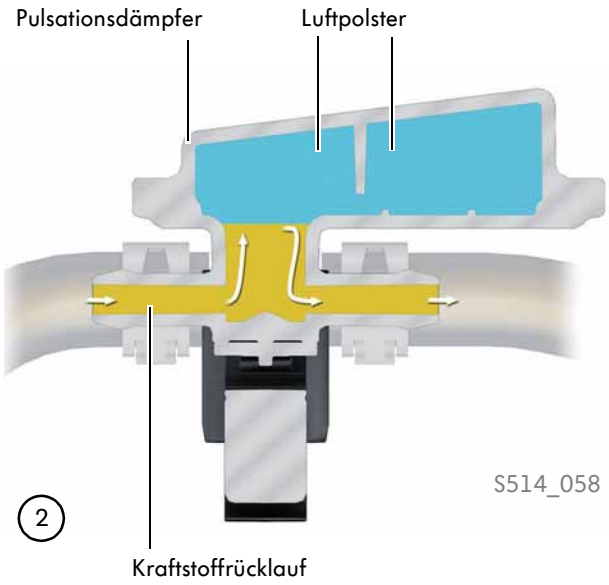
Pulsationsdämpfer

Im Bereich der Spritzwand ist in der Kraftstoffrückleitung ein Pulsationsdämpfer integriert. Er hat die Aufgabe störende Geräusche zu verringern, die durch pulsierenden Kraftstoff in der Kraftstoffrücklaufleitung verursacht werden.
Beim Betrieb der 1-Kolben-Hochdruckpume wird durch die Pumpwirkung beim Ansaugen und Ausschieben des Kraftstoffs aus dem Verdichtungsraum eine Druckpulsation im Kraftstoff-Niederdruckbereich der Hochdruckpumpe erzeugt. Dies führt dazu, dass die Rücklaufleitung zum Schwingen angeregt wird. Diese Schwingungen können sich bis in den Fahrzeugunterboden übertragen und verursachen Störgeräusche. Um die Pulsation im Kraftstoffrücklauf zu verringern, bildet sich bei Betrieb des Motors ein Luftpolster im Pulsationsdämpfer. Das Luftpolster gleicht die Druckpulsation in der Kraftstoffrückleitung aus und verringert dadurch die Schwingungen.

S514_052



S514_057



S514_058

Systemübersicht

Sensoren

Motordrehzahlgeber G28

Hallgeber G40

Fahrpedalgeber mit Gaspedalstellungsgeber G79 und G185

Bremslichtschalter F
Bremspedalschalter F63

Kraftstoffdruckgeber G247

Kraftstofftemperaturgeber G81

Kühlmitteltemperaturgeber G62

Luftmassenmesser G70

Ansauglufttemperaturgeber G42

Ladelufttemperaturgeber nach Ladeluftkühler G811

Positionsgeber für Ladedrucksteller G581

Ladedruckgeber G31

Potenziometer 2 für Abgasrückführung G466

Lambdasonde G39

Abgastemperaturgeber 1 G235

Abgastemperaturgeber 3 G495

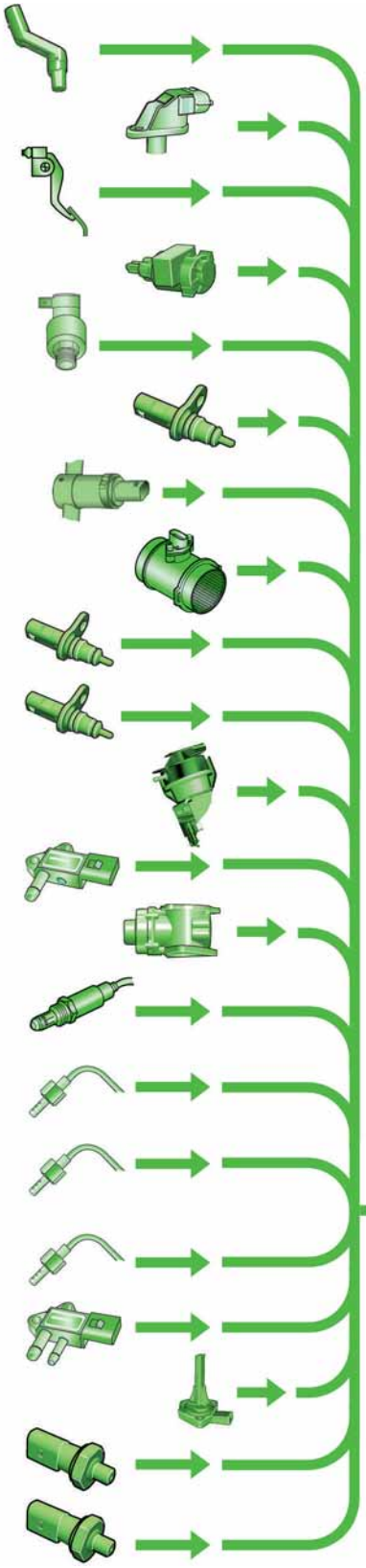
Abgastemperaturgeber 4 G648

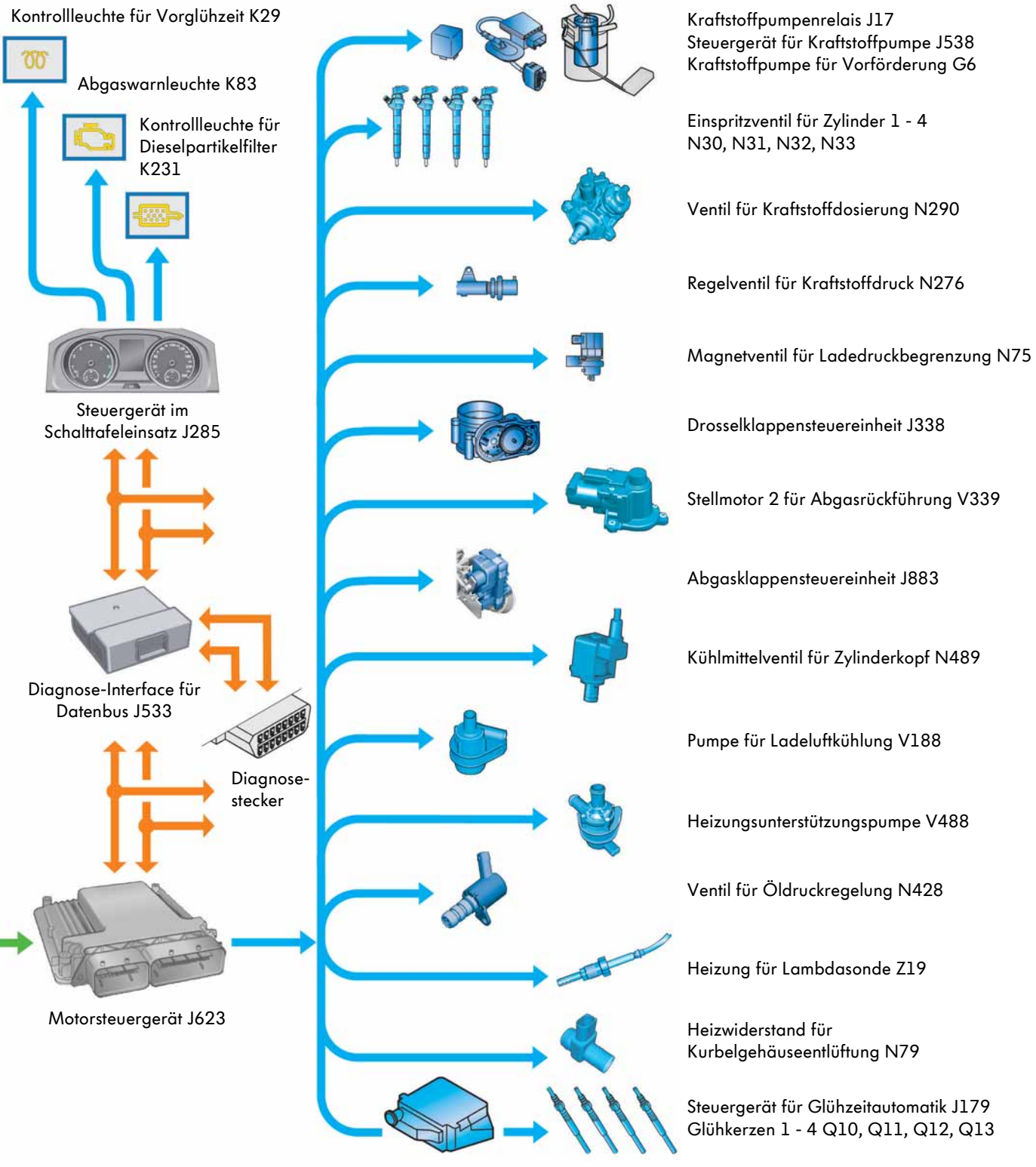
Differenzdruckgeber G505

Ölstands- und Öltemperaturgeber G266

Öldruckschalter F1

Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378





Aktoren

Kraftstoffpumpenrelais J17
Steuergerät für Kraftstoffpumpe J538
Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Einspritzventil für Zylinder 1 - 4
N30, N31, N32, N33

Ventil für Kraftstoffdosierung N290

Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Magnetventil für Ladedruckbegrenzung N75

Drosselklappensteuereinheit J338

Stellmotor 2 für Abgasrückführung V339

Abgasklappensteuereinheit J883

Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489

Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Heizungsunterstützungspumpe V488

Ventil für Öldruckregelung N428

Heizung für Lambdasonde Z19

Heizwiderstand für Kurbelgehäuseentlüftung N79

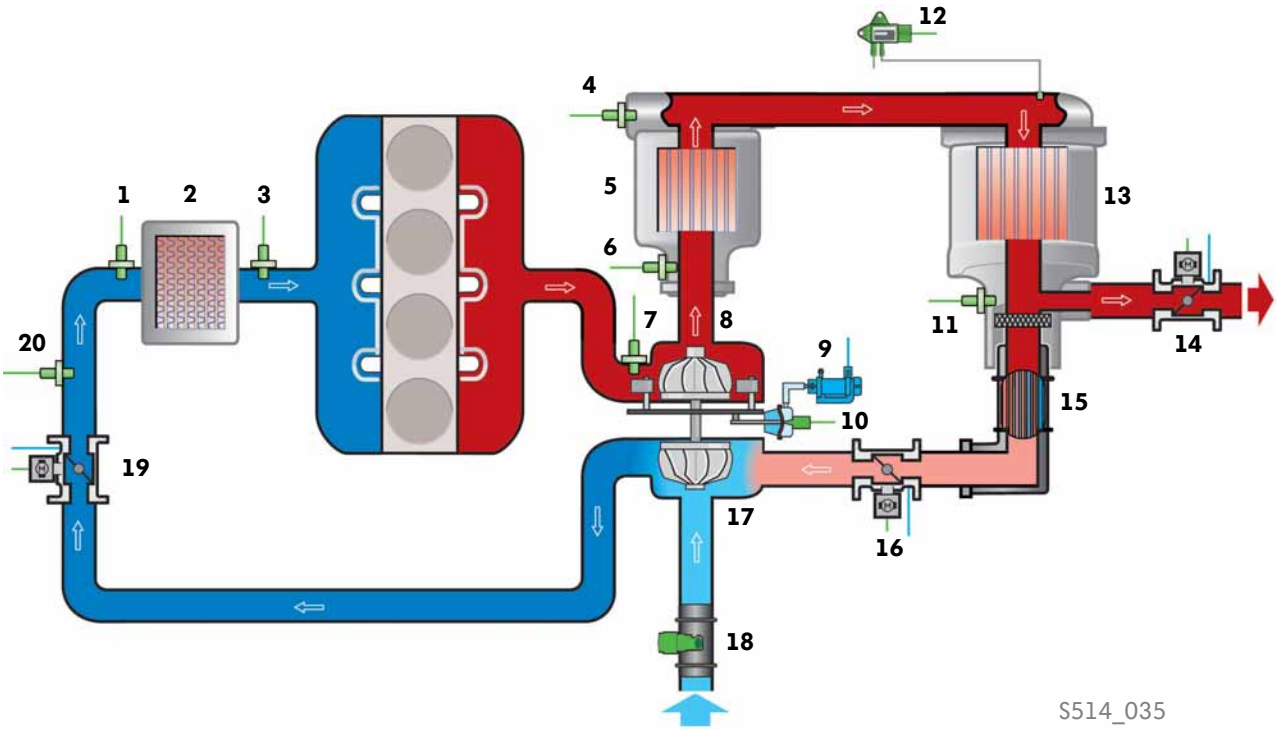
Steuergerät für Glühzeitautomatik J179
Glühkerzen 1 - 4 Q10, Q11, Q12, Q13

S514_080

Luftregelsystem

Die zukünftig höheren Anforderungen an die Abgasnachbehandlung erfordern eine erweiterte Steuerungs- und Regelstruktur für das Luftsystem des Motors. Das Motormanagementsystem des EA288-Dieselmotors wird durch das Luftregelsystem des Motors unterstützt. Das Luftregelsystem basiert auf einem Modell, mit dem die Zustände des Luftsystems in sämtlichen Betriebszuständen des Motors berechnet werden.

Dabei werden alle Druckwerte, Temperaturwerte und Massenströme in der Ansaugluft-, Ladeluft- und Abgasstrecke des Motors ermittelt. Diese Größen werden für die Regelungen des Ladedrucks, der Zylinderfüllung und der Abgasrückführungsrate verwendet. Vorteil dieses Modells ist es, dass das komplexe Luftregelsystem des Motors, trotz einer Vielzahl von Aktoren, mit einer begrenzten Anzahl von Sensoren auskommt.



Legende

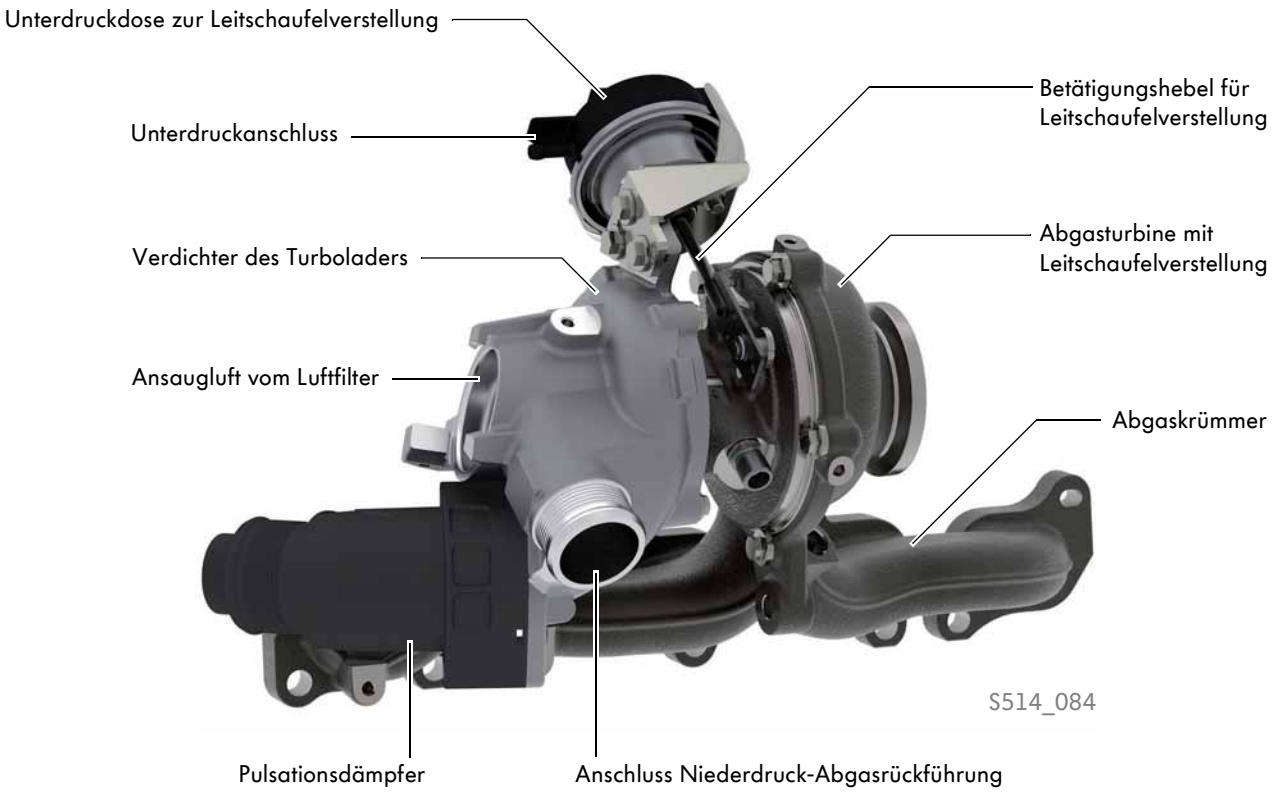
1	Ansaugluftemperaturgeber G42
2	Ladeluftkühler
3	Ladelufttemperaturgeber nach Ladeluftkühler G811
4	Abgastemperaturgeber 3 G495
5	Oxidationskatalysator
6	Lambdasonde G39
7	Abgastemperaturgeber 1 G235
8	Abgasturbine mit Leitschaufelverstellung
9	Magnetventil für Ladedruckbegrenzung N75
10	Positionsgeber für Ladedrucksteller G581
11	Abgastemperaturgeber 4 G648
12	Differenzdruckgeber G505
13	Dieselpartikelfilter
14	Abgasklappensteuereinheit J883
15	Abgaskühler
16	Stellmotor 2 für Abgasrückführung V339
17	Verdichter des Turboladers
18	Luftmassenmesser G70
19	Drosselklappensteuereinheit J338
20	Ladedruckgeber G31

Abgasturbolader

Der Abgasturbolader ist in einem Abgaskrümmer-Modul integriert. Der Turbolader hat verstellbare Leitschaufeln, durch die der Abgasstrom auf das Turbinenrad beeinflusst werden kann. Dies hat den Vorteil, dass über den gesamten Drehzahlbereich des Motors ein optimaler Ladedruck erreicht werden kann. Die Leitschaufeln werden über ein Gestänge durch Unterdruck verstellt. Der Unterdruck wird durch ein elektro-pneumatisches Ventil, dem Ventil für Ladedruckbegrenzung, gesteuert.

In der Unterdruckdose des Turboladers ist der Positionsgeber für Ladedrucksteller G581 integriert. Er ist ein Wegsensor, der es dem Motorsteuergerät ermöglicht, die Stellung der Leitschaufeln des Turboladers zu ermitteln.

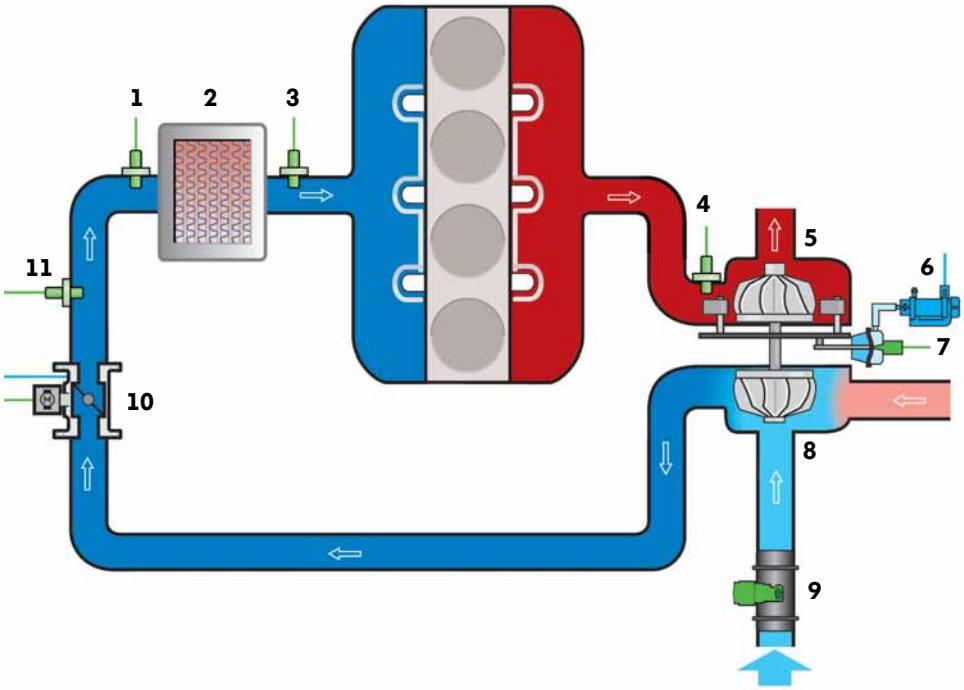
Der EA288-TDI-Motor mit EU5-Abgasnorm hat ein Niederdruck-Abgasrückführungssystem. Dabei wird das Abgas erst nach dem Dieselpartikelfilter entnommen und vor das Verdichterrad des Turboladers geleitet. Somit wird der gesamte Abgasmassenstrom vor dem Turbinenrad des Turboladers beibehalten. Dadurch spricht der Turbolader besser an und insbesondere im Teillastbetrieb sind höhere Ladedrücke und damit größere Zylinderfüllungen möglich.



Der in Strömungsrichtung zum Ladeluftkühler angeordnete Pulsationsschalldämpfer verringert störende Geräusche in der Ladeluftstrecke.

Ladedruckregelung

Die Ladedruckregelung steuert die Luftmenge, die vom Abgasturbolader verdichtet wird.



S514_107

Legende

1 Ansauglufttemperaturgeber G42
2 Ladeluftkühler
3 Ladelufttemperaturgeber nach Ladeluftkühler G811
4 Abgastemperaturgeber 1 G235
5 Abgasturbine mit Leitschaufelverstellung
6 Magnetventil für Ladedruckbegrenzung N75
7 Positionsgeber für Ladedrucksteller G581
8 Verdichter des Turboladers
9 Luftmassenmesser G70
10 Drosselklappensteuereinheit J338
11 Ladedruckgeber G31

Magnetventil für Ladedruckbegrenzung N75

Das Magnetventil für Ladedruckbegrenzung wird vom Motorsteuergerät getaktet angesteuert. Es schaltet den Steuerdruck in der Unterdruckdose für den Abgasturbolader.

Auswirkungen bei Ausfall

Die Leitschaufeln des Turboladers werden durch eine Feder, welche sich in der Unterdruckdose befindet, in einen steilen Anstellwinkel gebracht. Diese Position wird als Notlaufposition bezeichnet. Dies hat zur Folge, dass bei niedriger Motordrehzahl nur ein geringer Ladedruck vorhanden ist. Damit hat der Motor weniger Leistung und eine aktive Regeneration des Dieselpartikelfilters ist nicht möglich.

Ladedruckgeber G31

Signalverwendung

Durch das Signal des Ladedruckgebers wird der Luftdruck im Saugrohr ermittelt. Das Motorsteuergerät benötigt das Signal zur Regelung des Ladedrucks.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Signals gibt es keine Ersatzfunktion. Die Ladedruckregelung wird abgeschaltet und die Motorleistung nimmt deutlich ab. Der Partikelfilter kann nicht aktiv regeneriert werden.

Ansauglufttemperaturgeber G42

Signalverwendung

Das Signal des Ansauglufttemperaturgebers wird vom Motorsteuergerät für die Regelung des Ladedrucks verwendet. Da die Temperatur die Dichte der Ladeluft beeinflusst, nutzt das Motorsteuergerät das Signal als Korrekturwert.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Gebers rechnet das Motorsteuergerät mit einem festen Ersatzwert.

Geber für Umgebungsluftdruck

Der Geber für Umgebungsluftdruck ist im Motorsteuergerät verbaut. Er misst den Umgebungsluftdruck. Da die Dichte der angesaugten Luft mit zunehmender Höhe abnimmt, dient der Umgebungsluftdruck als Korrekturwert für die Ladedruckregelung.

Positionsgeber für Ladedrucksteller G581

Signalverwendung

Das Signal des Sensors teilt dem Motorsteuergerät die aktuelle Stellung der Leitschaufeln des Turboladers mit. In Verbindung mit dem Signal des Ladedruckgebers G31 kann somit auf den Zustand der Ladedruckregelung geschlossen werden.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Sensors werden das Signal des Ladedruckgebers und die Motordrehzahl verwendet, um auf die Stellung der Leitschaufeln zu schließen.

Drosselklappensteuereinheit J338

Im Ansaugbereich vor dem Ladeluftkühler ist die Drosselklappensteuereinheit montiert. In der Drosselklappensteuereinheit befindet sich ein Elektromotor, der über ein Getriebe die Drosselklappe betätigt (Drosselklappenantrieb für elektrische Gasbetätigung G186). Die Verstellung der Drosselklappe ist stufenlos und kann an die jeweilige Betriebssituation des Motors angepasst werden. Über die Position der Drosselklappe wird der Luftdruck und die Ansaugluftmenge im Saugrohr geregelt.

Bei der Regeneration des Dieselpartikelfilters wird durch die Drosselklappe die Menge der Ansaugluft und damit die Sauerstoffzufuhr geregelt. Beim Abstellen des Motors wird die Klappe geschlossen. Dadurch wird weniger Luft angesaugt und verdichtet, wodurch der Motor weich ausläuft.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall der Drosselklappensteuereinheit ist keine korrekte Regelung des Saugrohrdrucks mehr möglich. Eine aktive Regeneration des Dieselpartikelfilters findet nicht statt.

Winkelgeber 1 für Drosselklappenantrieb bei elektrischer Gasbetätigung G187

Der Winkelgeber 1 für Drosselklappenantrieb bei elektrischer Gasbetätigung ist in der Drosselklappensteuereinheit integriert. Die Sensorelemente erfassen die aktuelle Stellung der Drosselklappe.

Signalverwendung

Anhand des Signals erkennt das Motorsteuergerät die aktuelle Stellung der Drosselklappe im Saugrohr. Diese Information wird für die Regelung des Saugrohrdrucks und die Regeneration des Partikelfilters benötigt.

Auswirkungen bei Ausfall

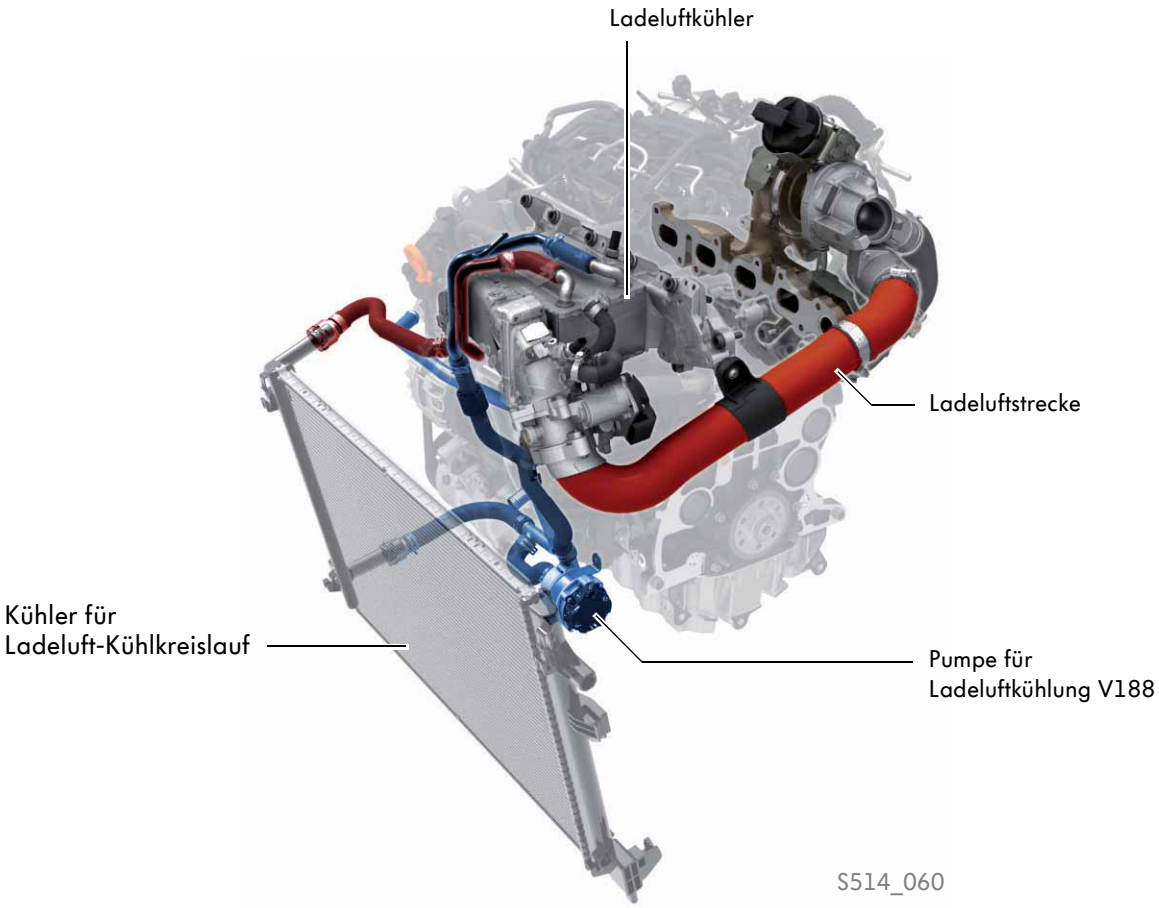
Fällt der Geber aus, wird der Motor im Notlauf mit verringerter Leistung betrieben. Es findet keine aktive Regeneration des Dieselpartikelfilters statt.

Ladeluftkühlung

Für die Kühlung der aufgeladenen Luft wird ein Ladeluftkühler mit Flüssigkeitskühlung verwendet. Die flüssigkeitsgekühlte Ladeluftkühlung hat im Vergleich zur luftgekühlten Ladeluftkühlung den Vorteil, dass sich die Saugrohrtemperatur weitgehend unabhängig von der Ansaugluftttemperatur und der Temperatur des zurückgeführten Abgases regeln lässt. Somit kann die Saugrohrtemperatur dem jeweiligen Betriebszustand des Motors angepasst werden. Außerdem hat die Ladeluftstrecke im Vergleich zum luftgekühlten Ladeluftkühler ein kleineres Volumen.

Der Abgasturbolader muss dadurch ein geringeres Luftvolumen verdichten und der erforderliche Ladedruck wird schneller erreicht. Um die Ladeluft abzukühlen wird die Pumpe für Ladeluftkühlung bedarfsabhängig vom Motorsteuergerät angesteuert. Sie saugt das Kühlmittel aus dem Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf und pumpt es zum Ladeluftkühler.

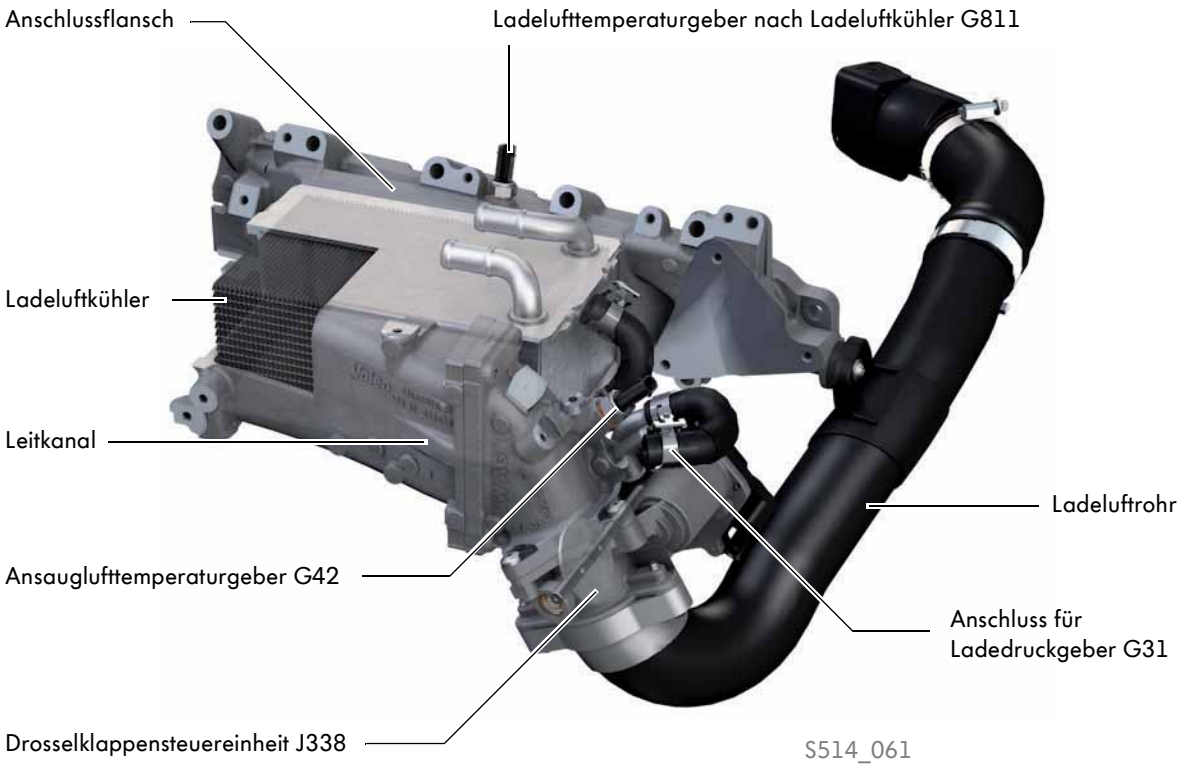
Eine schematische Übersicht des Kühlmittelkreislaufs für Ladeluftkühlung finden Sie auf Seite 28 in diesem Selbststudienprogramm.



Ladeluftkühler

Der Ladeluftkühler ist mit dem „Leitkanal“ und dem „Anschlussflansch“ verschweißt und bildet eine Einheit als Saugrohr.
Der Kühlkörper des Ladeluftkühlers besteht aus den Kühlmittelplatten mit W-förmigen Lamellen, den Deck-/Boden- und Seitenplatten sowie den Kühlmittelanschlüssen. Sämtliche Bauteile des Ladeluftkühlers sind aus Aluminium gefertigt.

Der Ladeluftkühler funktioniert nach dem Prinzip eines Wärmetauschers. Die warme Luft im Saugrohr wird über die Lamellen an die mit Kühlmittel durchströmten Kühlmittelplatten geleitet. Das Kühlmittel wird anschließend zum Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf gepumpt.



Saugrohrtemperaturregelung

Um die Saugrohrtemperatur auf den erforderlichen Sollwert einzustellen, wird die Pumpe für Ladeluftkühlung V188 bedarfsabhängig vom Motorsteuergerät angesteuert. Das Tastverhältnis für die Ansteuerung der Pumpe hängt dabei von der gemessenen Lufttemperatur nach Ladeluftkühler und dem Kennfeld im Motorsteuergerät ab.

Ladelufttemperaturgeber nach Ladeluftkühler G811

Signalverwendung

Das Signal des Temperaturgebers nach Ladeluftkühlung wird benötigt:

- für die Berechnung des erforderlichen Tastverhältnis für die Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung und somit zur Regelung der Saugrohrtemperatur.
- zum Bauteilschutz. Steigt die Lufttemperatur im Saugrohr über einen kritischen Wert, wird die Motorleistung reduziert.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Gebers rechnet das Motorsteuergerät mit einem festen Wert.

Ansauglufttemperaturgeber G42

Signalverwendung

Während der Ladeluftkühlung wird das Signal des Ansauglufttemperaturgebers vom Motorsteuergerät verwendet, um den Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers zu überwachen. Dazu wird der Temperaturunterschied der Luft vor und nach dem Ladeluftkühler verglichen.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Gebers rechnet das Motorsteuergerät mit einem festen Wert.

Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Verwendung

Die Pumpe für Ladeluftkühlung wird bedarfsabhängig vom Motorsteuergerät mit einem PWM-Signal angesteuert. Sie saugt das Kühlmittel aus dem Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf und pumpt es zum Ladeluftkühler.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall der Pumpe erfolgt ein Eintrag im Ereignisspeicher des Motorsteuergeräts und die Abgaswarnleuchte K83 leuchtet. Falls die Saugrohrtemperatur einen kritischen Wert übersteigt, wird zum Bauteilschutz die Motorleistung reduziert.

Abgasrückführung

Die Abgasrückführung ist eine Maßnahme zur Verringerung der Stickoxidemissionen. Durch die Abgasrückführung wird ein Teil der Abgase dem Verbrennungsprozess erneut zugeführt.
Dabei wird der Sauerstoffanteil des Kraftstoff-Luft-Gemischs verringert, was eine langsamere Verbrennung bewirkt. Dadurch sinkt die Verbrennungsspitzentemperatur und die Stickoxidemission wird verringert.

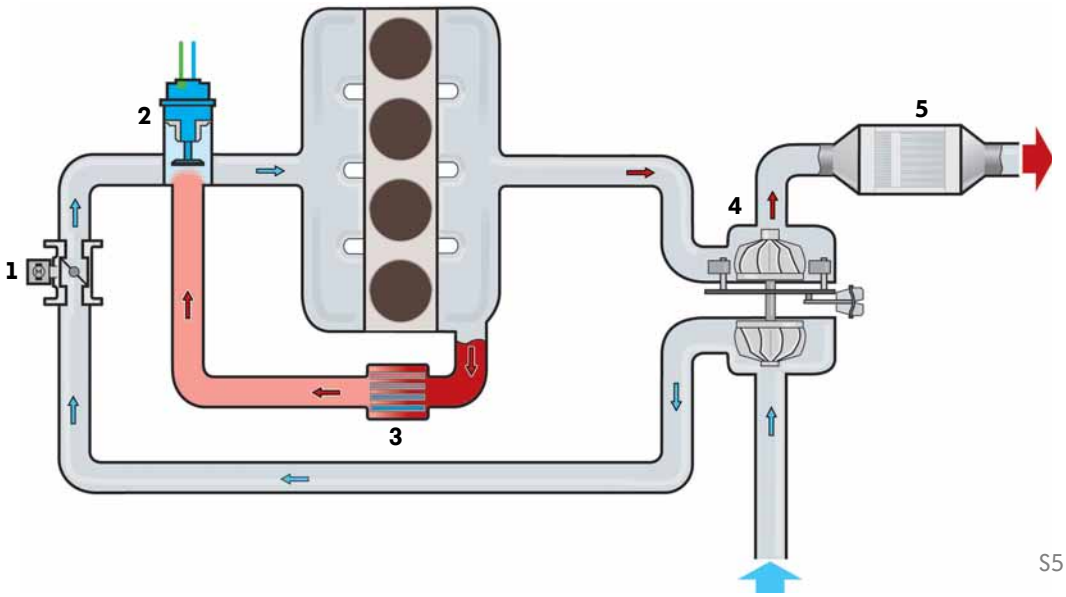
Für die externe Abgasrückführung bei Dieselmotoren gibt es derzeit zwei Systemkonzepte. Die Hochdruck-Abgasrückführung und die Niederdruck-Abgasrückführung. Der wesentliche Unterschied der beiden Konzepte besteht darin, an welcher Stelle die zurückgeführten Abgase aus dem Abgasstrom entnommen werden und wo die Abgase wieder der Ansaugluft zugeführt werden.

Hochdruck-Abgasrückführung

Bisher wurden Dieselmotoren bei Volkswagen mit einer Hochdruck-Abgasrückführung ausgestattet. Hierbei wird das Abgas vor der Turbine des Turboladers aus dem Abgaskrümmer abgezweigt und dem Ansaugluftstrom vor dem Ansaugrohr zugeführt. Die Rückführung der Abgase ist abhängig vom Druckgefälle zwischen Abgas- und Ansaugseite. Das Druckgefälle kann bei Bedarf über die Drosselklappensteuereinheit reguliert werden.

Dabei bewirkt ein Androsseln auf der Ansaugseite hohe Abgasrückführungsraten. Mit zunehmender Abgasrückführungsrate sinkt auch der Abgasmassenstrom vor der Turbine des Turboladers. In der Folge spricht der Turbolader schlechter an und der für eine optimale Leistung erforderliche Ladedruck kann nicht eingestellt werden.

Funktionsprinzip



S514_075

Legende

1 Drosselklappensteuereinheit J338
2 Abgasrückführungsventil N18
3 Kühler für Abgasrückführung
4 Turbolader
5 Dieselpartikelfilter

Niederdruck-Abgasrückführung

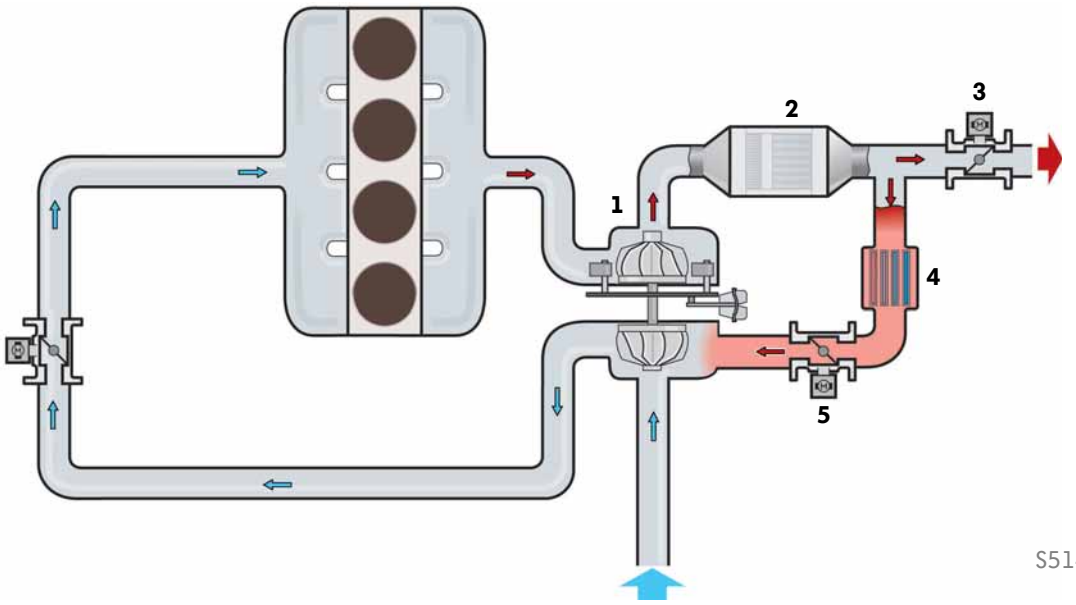
Im Gegensatz zu den bisher in VW-TDI-Motoren eingesetzten Hochdruck-Abgasrückführungssystemen, kommt beim EA288-EU5-Motor ein Niederdruck-Abgasrückführungssystem zum Einsatz.

Bei diesem System wird das Abgas hinter dem motornahen Dieselpartikelfilter entnommen und über den Kühler für Abgasrückführung sowie dem Stellmotor für Abgasrückführung, direkt vor dem Verdichter des Abgasturboladers in den Ansaugluftstrom geleitet.

Vorteile im Vergleich zur Hochdruck-Abgasrückführung:

- Die Abgase sind kühler und frei von Partikeln.
- Der gesamte Abgasmassenstrom vor der Turbine des Turboladers wird beibehalten. Dadurch spricht der Turbolader besser an. Vor allem im Teillastbetrieb sind höhere Ladedrücke möglich.
- Keine Versottung des Kühlers für Abgasrückführung, da das Abgas von Rußpartikeln gereinigt wird.

Funktionsprinzip



S514_076

Legende

1 Turbolader
2 Dieselpartikelfilter
3 Abgasklappensteuereinheit J883
4 Kühler für Abgasrückführung
5 Stellmotor 2 für Abgasrückführung V339

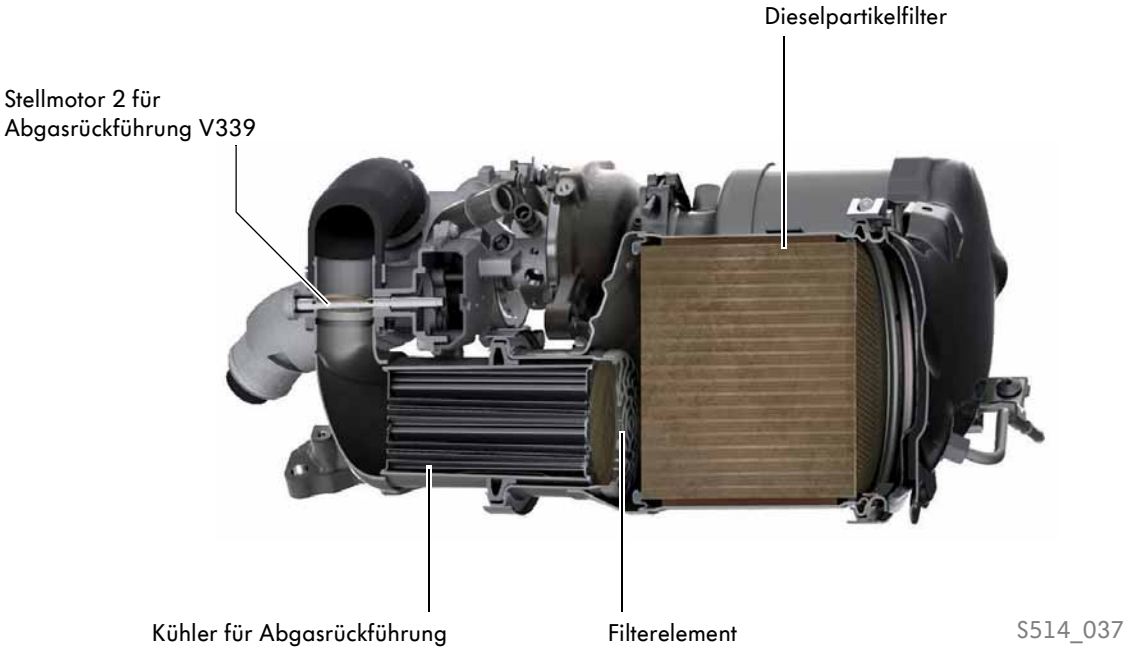
Regelung der Abgasrückführung

Die Abgasrückführungsmenge in der Niederdruck-Abgasrückführungsstrecke wird entsprechend der Betriebssituation über die Abgasklappensteuereinheit und den Stellmotor für Abgasrückführung eingeregelt.

Die erforderlichen Werte zur Ansteuerung der Regelklappen werden von der modellbasierten Luftsystemregelung aus den kennfeldbasierten Sollwerten der Zylinderfüllung, des Ladedrucks und der Abgasrückführungsrate berechnet.

Abgasrückführungsmodul

Das Abgasrückführungsmodul besteht aus dem Kühler für Abgasrückführung und dem Stellmotor 2 für Abgasrückführung V339. Es ist zwischen Dieselpartikelfilter und der Verdichterseite des Turboladers angeordnet. Durch die motornahe Anordnung und kompakte Bauweise werden die Strömungsverluste in der Abgasrückführungsstrecke gering gehalten.



Kühler für Abgasrückführung

Sämtliche zurückgeführten Abgase werden durch den Kühler für Abgasrückführung geleitet. Aufgrund der kälteren Abgase kann eine größere Menge an Abgasen der Ansaugluft zugeführt werden und dadurch die Verbrennungstemperatur im Zylinder gesenkt werden. Zusätzlich werden die Bauteile in der Ladeluftstrecke vor zu hohen Abgastemperaturen geschützt.

Filterelement

Im Gehäuse des Dieselpartikelfilters befindet sich zwischen dem Dieselpartikelfilter und Abgasrückführungskühler ein Filterelement aus einem Edelstahlgewebe. Das Filterelement verhindert, dass fertigungsbedingte Restschmutzpartikel aus dem Abgastrakt zum Turbolader gelangen.

Stellmotor 2 für Abgasrückführung V339

Der Stellmotor für Abgasrückführung wird vom Motorsteuergerät mit einem PWM-Signal angesteuert und betätigt die Drosselklappe der Abgasrückführung. Durch die Position der Drosselklappe wird, in Verbindung mit der Position der Abgasklappe in der Abgasklappensteuereinheit, das Druckgefälle von Abgastrakt zum Ansaugtrakt eingestellt.

Durch das Druckgefälle wird die Menge der zurückgeführten Abgase geregelt. Die Menge der zurückgeführten Abgase ist größer, je höher das Druckgefälle ist. Da bei hoher Motorlast ein hohes Druckgefälle entsteht, wird die Abgasrückführungsrate in diesem Betriebszustand durch den Stellmotor für Abgasrückführung geregelt. Die Abgasklappe bleibt dabei geöffnet.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Stellmotors für Abgasrückführung wird die Drosselklappe der Abgasrückführung durch eine Feder geschlossen. Es findet keine Abgasrückführung statt.

Potenziometer 2 für Abgasrückführung G466

Signalverwendung

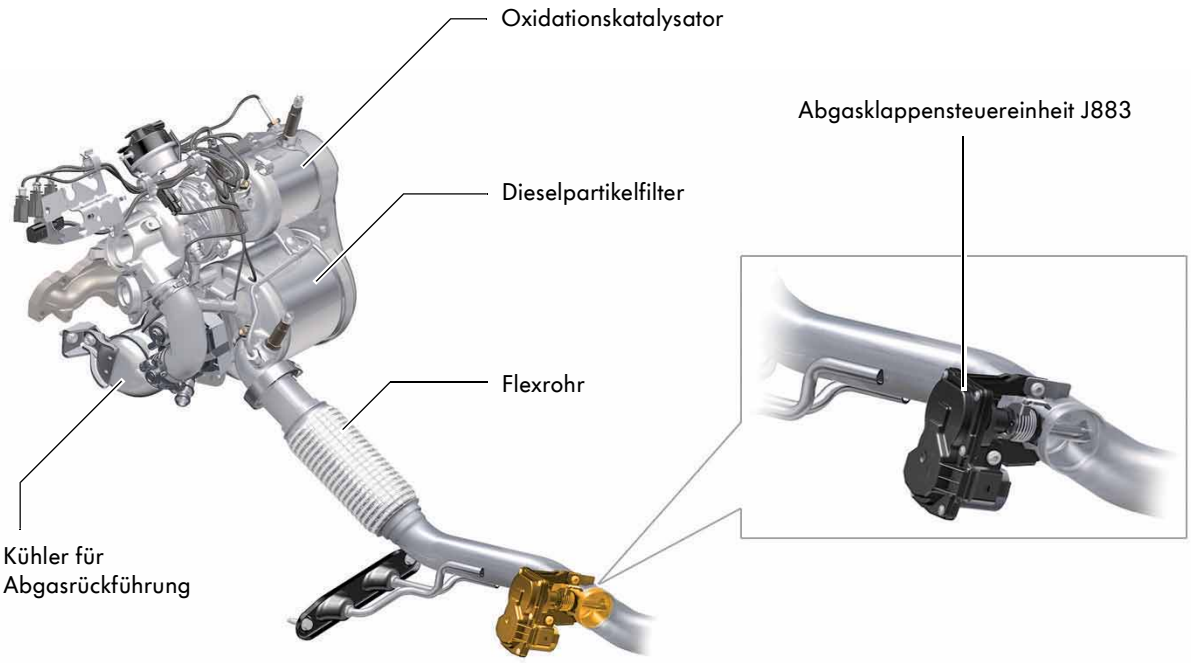
Das Potenziometer 2 für Abgasrückführung ist im Stellmotor für Abgasrückführung integriert.
Durch das Signal wird die Position des Stellmotors für Abgasrückführung ermittelt. Diese Information dient dem Motorsteuergerät zur Berechnung und Regelung des zurückgeführten Abgasvolumens.

Auswirkungen bei Ausfall

Fällt das Signal des Potenziometers 2 für Abgasrückführung aus, wird die Abgasrückführung deaktiviert. Der Stellmotor für Abgasrückführung wird nicht mehr vom Motorsteuergerät angesteuert und die Drosselklappe der Abgasrückführung wird durch eine Feder geschlossen.

Abgasklappensteuereinheit J883

Die Abgasklappensteuereinheit besteht aus einer Drosselkappe mit einem elektromotorischen Antrieb. Sie befindet sich in der Abgasanlage in Strömungsrichtung hinter dem Dieselpartikelfilter. Durch die Abgasklappensteuereinheit kann der Abgasstrom aufgestaut werden, was die Regelung der Abgasrückführung ermöglicht. Dazu wird die Abgasklappensteuereinheit vom Motorsteuergerät mit einem PWM-Signal angesteuert.



S514_062

Funktion

Bedingt durch die unterschiedlichen Drücke vor dem Verdichter des Turboladers und nach dem Partikelfilter, besteht bei der Niederdruck-Abgasrückführung in einem großen Kennfeldbereich ein ausreichendes Druckgefälle, um die erforderliche Abgasrückführrate einzustellen. In Bereichen, in denen das Druckgefälle nicht ausreichend ist, kann die Druckdifferenz durch Betätigen der Abgasklappe eingestellt werden. Dazu wird der gesamte Abgasstrom aus dem Dieselpartikelfilter aufgestaut. Dies hat zur Folge, dass der Abgasdruck im Bereich vor der Abgasklappe um etwa 10 mbar höher ist als nach der Abgasklappe.

Dieser Überdruck erzeugt ein Druckgefälle von der Abgasklappe über das nachfolgend angeordnete Abgasrückführungsmodul zur Verdichterseite des Turboladers. Somit wird eine ausreichend hohe Abgasrückführungsrate im gesamten Kennfeldbereich ermöglicht.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei einem Ausfall der Abgasklappensteuereinheit wird die Abgasklappe durch eine Rückstellfeder in die Position „Offen“ gestellt. In diesem Fall findet keine Abgasrückführung statt.

Das Abgasreinigungssystem für EU5-Abgasnorm

Die 1,6l- und 2,0l-TDI-Motoren der Motoren-Baureihe EA288 sind mit einem neu entwickelten motornahen Abgasreinigungssystem ausgestattet. Für die Motoren mit der EU5-Abgasnorm besteht dieses aus einem Oxidationskatalysator und einem Dieselpartikelfilter, die in dem Abgasreinigungsmodul integriert sind.

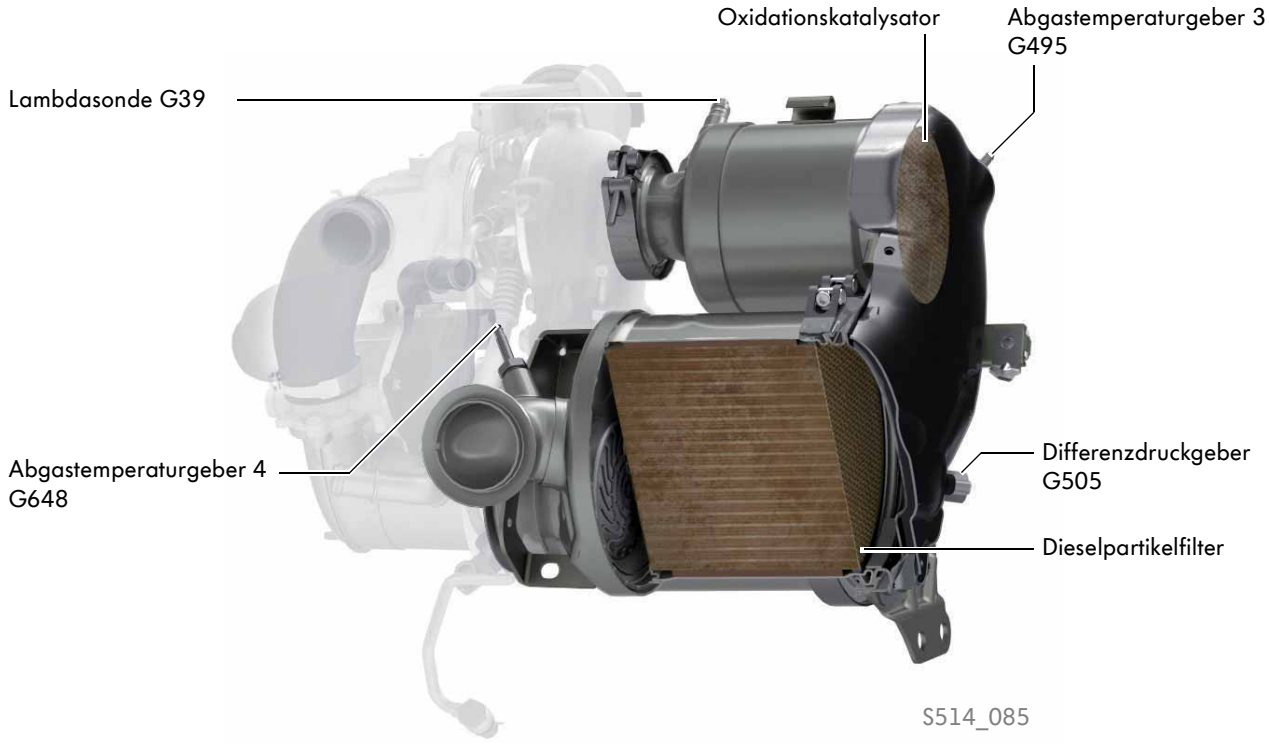
Die motornahe Anordnung hat den Vorteil, dass sich Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter schnell erwärmen und somit frühzeitig die Katalysator-Betriebstemperaturen erreicht werden.

Abgasreinigungsmodul

Aufbau

Der im Abgasreinigungsmodul integrierte Oxidationskatalysator und der ebenfalls integrierte Dieselpartikelfilter sind in kompakter Bauweise, in horizontal übereinanderliegender Position und direkt am Motor angeordnet.

Dabei ist der Oxidationskatalysator mit dem darunterliegenden Dieselpartikelfilter verbunden. Der in Strömungsrichtung nachgelagerte Kühler für Abgasrückführung wird direkt mit gereinigtem Abgas bestromt.



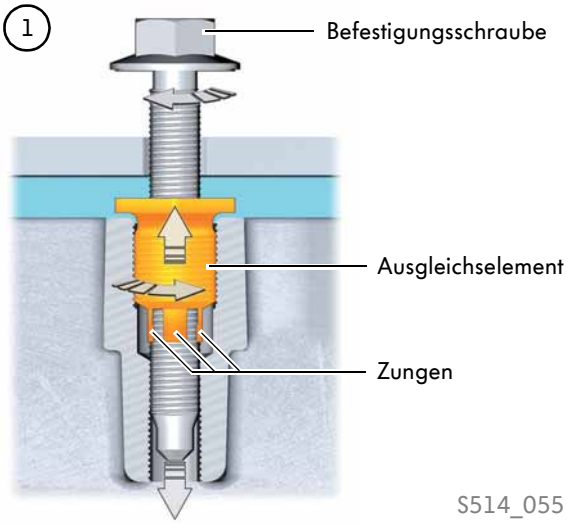
Ausgleichselemente

Das Abgasreinigungsmodul ist an vier Stellen über Ausgleichselemente am Motorblock und Zylinderkopf befestigt. Durch die Ausgleichselemente werden die Fertigungstoleranzen der Bauteile im eingebauten Zustand ausgeglichen. Sie sorgen somit für einen spannungsfreien Sitz des Abgasreinigungsmoduls am Motor. An einer Stelle ist das Abgasreinigungsmodul ohne Ausgleichselement am Motorblock befestigt.

S514_054

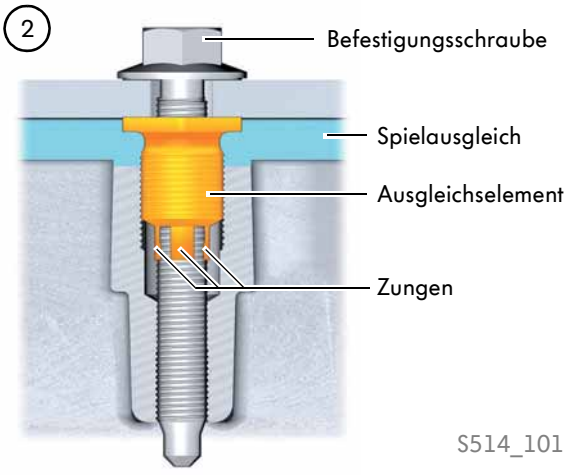
Funktion

Das Außengewinde der Ausgleichselemente ist ein Linksgewinde. Wird die Befestigungsschraube in das Gewinde der jeweiligen Befestigungsstelle geschraubt, nimmt die Schraube, bedingt durch die Reibung an den Zungen, das Ausgleichselement in ihrer Drehbewegung zunächst mit. Aufgrund des Linksgewindes dreht sich das Ausgleichselement, beim Eindrehen der Befestigungsschraube in den Halter, entgegengesetzt zur Drehrichtung der Befestigungsschraube. Das Ausgleichselement bewegt sich dem Schraubenkopf entgegen und gleicht somit das Spiel zwischen Befestigungsstellen des Abgasreinigungsmoduls und des Motors aus.



S514_055

Beachten Sie beim Ein- und Ausbau des Abgasreinigungsmoduls die Angaben und Hinweise im Reparaturleitfaden.



S514_101

Oxidationskatalysator

Das Trägermaterial des Oxidationskatalysators besteht aus Metall. Dadurch kann die Betriebstemperatur schneller erreicht werden. Auf diesem Metallkörper befindet sich eine Trägerschicht aus Metalloxiden wie zum Beispiel Aluminiumoxid. Auf dieser Trägerschicht sind Schichten aus Platin und Palladium aufgebracht. Diese Edelmetalle dienen als Katalysatoren für Kohlenwasserstoff und Kohlenmonoxid.

Funktion

Die katalytische Beschichtung des Oxidationskatalysators wandelt einen großen Teil des Kohlenwasserstoffs und des Kohlenmonoxids in Wasserdampf und Kohlendioxid um.

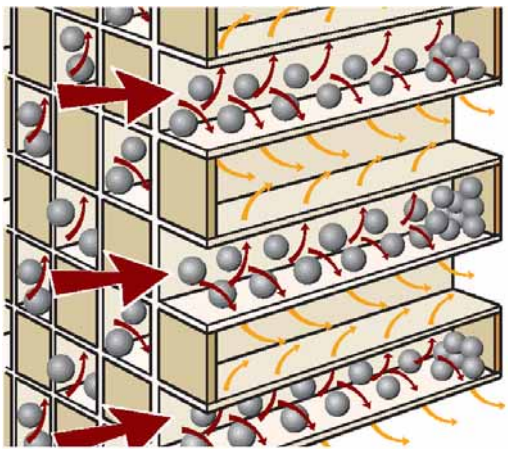
Der Aufbau und die Funktionsweise des Oxidationskatalysators sind im Selbststudienprogramm Nr. 124 „Kat.-Dieselmotor“ näher beschrieben.

Dieselpartikelfilter

Der Dieselpartikelfilter besteht aus einem wabenförmigen Keramikkörper, welcher mit Aluminiumtitanat oder Siliziumcarbid bedampft wurde. Der Keramikkörper enthält viele kleine Kanäle. Diese sind wechselseitig geöffnet bzw. verschlossen. Bedingt durch diesen Aufbau entstehen Ein- und Auslasskanäle, welche durch Filterwände voneinander getrennt sind. Die Filterwände sind porös und mit einer Trägerschicht aus Metalloxid, z. B. Aluminiumoxid, beschichtet. Auf dieser Trägerschicht befindet sich eine Schicht aus den Edelmetallen Platin und Palladium. Diese Schicht fungiert als Katalysator.

Funktion

Das rußhaltige Abgas strömt durch die porösen Filterwände der Eingangskanäle. Dabei werden die Rußpartikel, im Gegensatz zu den gasförmigen Bestandteilen des Abgases, in den Eingangskanälen zurückgehalten.



S514_089

Im Selbststudienprogramm Nr. 336 „Der katalytisch beschichtete Dieselpartikelfilter“ finden Sie grundlegende Informationen zum Dieselpartikelfiltersystem.

Regeneration

Damit sich der Partikelfilter nicht mit Rußpartikeln zusetzt und in seiner Funktion beeinträchtigt wird, muss er regelmäßig regeneriert werden. Beim Regenerationsvorgang werden die im Partikelfilter gesammelten Rußpartikel verbrannt (oxidiert).

Die Regeneration des Partikelfilters erfolgt in folgenden Stufen:

- Passive Regeneration
- Aufheizphase
- Aktive Regeneration
- Regenerationsfahrt durch den Kunden
- Service-Regeneration

Passive Regeneration

Während der passiven Regeneration werden die Rußpartikel, ohne Eingriff der Motorsteuerung, kontinuierlich verbrannt. Dies geschieht überwiegend bei hoher Motorlast. Eine hohe Motorlast kommt zum Beispiel bei einer Autobahnfahrt zu Stande. Dabei werden Abgastemperaturen von 350 °C bis 500 °C erreicht. Die Rußpartikel reagieren dann mit dem Stickstoffdioxid und werden zu Kohlendioxid umgewandelt.

Aufheizphase

Sind Oxidationskatalysator und Partikelfilter noch kalt, löst das Motormanagement, direkt nach der Haupteinspritzung, gezielt bis zu zwei Nacheinspritzungen aus. Damit werden Oxidationskatalysator und Partikelfilter in möglichst in kurzer Zeit auf Betriebstemperatur gebracht.
Der Kraftstoff, welcher bei der Nacheinspritzung eingebracht wird, verbrennt im Zylinder und erhöht das Temperaturniveau der Verbrennung. Die dabei entstehende Wärme gelangt durch den Luftstrom im Abgastrakt zum Oxidationskatalysator sowie zum Partikelfilter und heizt diese auf.
Die Aufheizphase ist abgeschlossen, sobald die Betriebstemperatur des Oxidationskatalysators und des Partikelfilters für einen bestimmten Zeitraum erreicht ist.

Aktive Regeneration

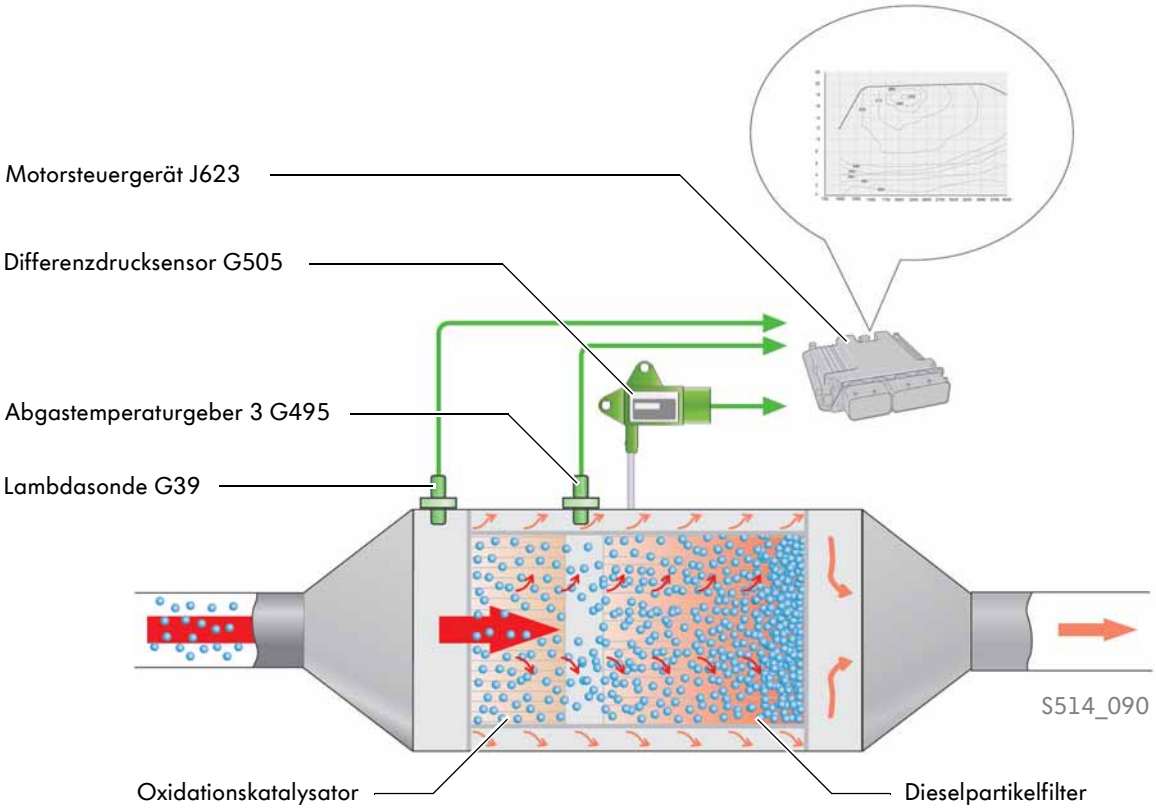
In den meisten Betriebsbereichen des Motors sind die Abgastemperaturen für eine passive Regeneration zu niedrig. Da passiv keine Rußpartikel mehr abgebaut werden können, kommt es zu einer Rußanhäufung im Filter. Sobald eine bestimmte Rußbeladung im Filter erreicht ist, wird über die Motorsteuerung eine aktive Regeneration eingeleitet. Die Rußpartikel werden bei einer Abgastemperatur von 550 °C bis 650 °C zu Kohlendioxid verbrannt.

Funktion der aktiven Regeneration

Die Rußbeladung des Partikelfilters wird durch zwei im Motorsteuergerät vorprogrammierte Beladungsmodelle berechnet.

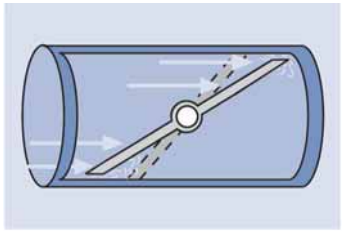
Das eine Beladungsmodell wird aus dem Fahrprofil des Benutzers sowie aus den Signalen der Abgastemperatursensoren und der Lambdasonde ermittelt.

Ein weiteres Rußbeladungsmodell ist der Strömungswiderstand des Partikelfilters. Er wird aus den Signalen des Drucksensors 1 für Abgas G450, der Abgastemperatursensoren und des berechneten Abgasmassenstroms aus dem Motorsteuergerät errechnet.



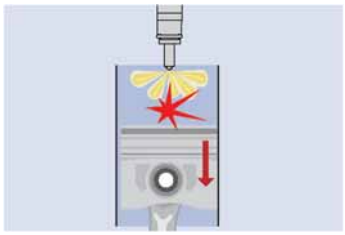
Aktionen des Motorsteuergeräts zur Hebung der Abgastemperatur während der aktiven Regeneration:

- Die Ansaugluftzufuhr wird durch die Drosselklappensteuereinheit geregelt.



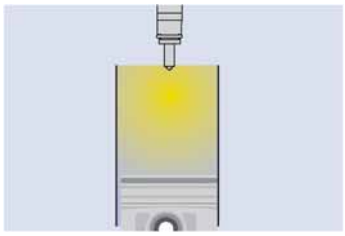
S514_091

- Kurz nach einer auf „spät“ verschobenen Haupteinspritzung werden ein bis zwei Nacheinspritzungen eingeleitet, um die Verbrennungstemperatur zu erhöhen.



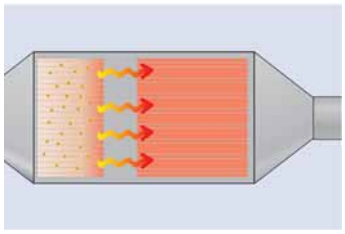
S514_093

- Spät nach der Haupteinspritzung wird eine weitere Nacheinspritzung eingeleitet. Der eingespritzte Kraftstoff verbrennt dabei nicht im Zylinder, sondern er verdampft im Brennraum.



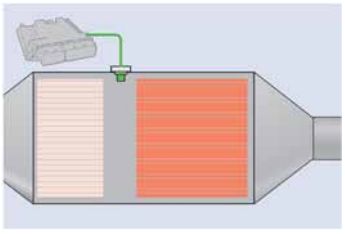
S514_094

- Die unverbrannten Kohlenwasserstoffe des Kraftstoffdampfes werden im Oxidationskatalysator oxidiert. Die dabei entstehende Wärme gelangt durch den Luftstrom zum Partikelfilter und sorgt für eine Erhöhung der Abgastemperatur vor dem Partikelfilter auf etwa 620 °C.



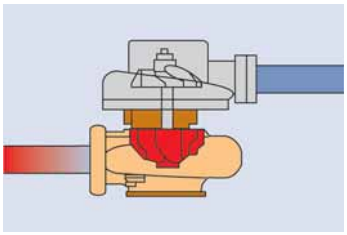
S514_095

- Zur Berechnung der Einspritzmenge für die späte Nacheinspritzung wird vom Motorsteuergerät das Signal des Abgastemperaturgebers 3 G495 vor Partikelfilter verwendet.



S514_096

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



S514_097

Regenerationsfahrt durch den Kunden

Bei extremem Kurzstreckenverkehr werden keine Abgastemperaturen erreicht, welche ausreichend hoch wären, um den Filter zu regenerieren. Erreicht der Beladungszustand des Dieselpartikelfilters einen Grenzwert, leuchtet im Schalttafeleinsatz die Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter. Mit diesem Signal wird der Fahrer aufgefordert, eine Regenerationsfahrt durchzuführen.

Dabei muss das Fahrzeug bei möglichst gleichmäßiger Fahrweise und ohne Abstellen des Motors über einen kurzen Zeitraum gefahren werden. Dadurch wird eine ausreichend hohe Abgastemperatur erreicht und die Betriebsbedingungen für eine erfolgreiche Regeneration bleiben über den Zeitraum gleich.

Die genauen Angaben zum Fahrverhalten bei aufleuchtender Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter entnehmen Sie bitte der Betriebsanleitung des Fahrzeugs.

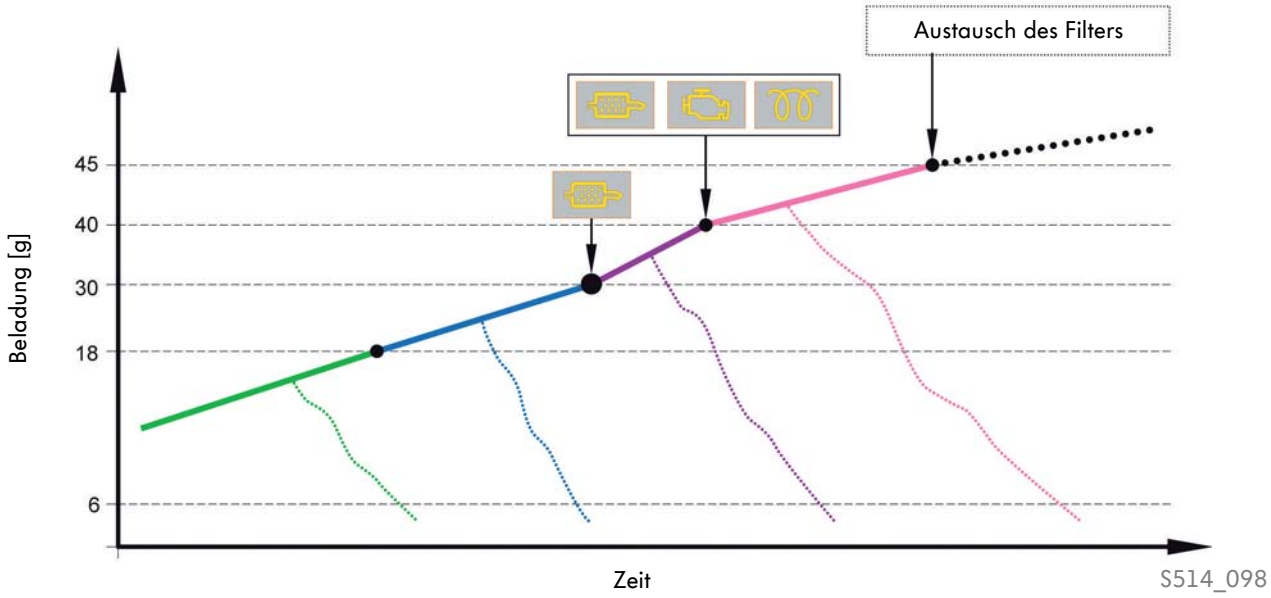
Service-Regeneration

Wenn die Regenerationsfahrt nicht erfolgreich verlaufen ist und der Beladungszustand des Dieselpartikelfilters 40 Gramm erreicht hat, leuchtet zusätzlich zur Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter noch die Kontrollleuchte für Vorglühzeit. Im Display des Schalttafeleinsatzes erscheint der Text „Motorstörung Werkstatt“.

Damit wird der Fahrer aufgefordert die nächste Werkstatt aufzusuchen. Um eine Beschädigung des Partikelfilters zu vermeiden ist in diesem Fall die aktive Regeneration des Dieselpartikelfilters im Motorsteuergerät gesperrt. Der Partikelfilter kann dann nur in der Werkstatt, durch eine Service-Regeneration mit dem Fahrzeugdiagnosetester regeneriert werden.

Ab einem Beladungszustand von 45 Gramm ist eine Service-Regeneration nicht mehr möglich, da die Gefahr für eine Zerstörung des Filters zu groß ist. In diesem Fall ist der Filter zu ersetzen.

Regenerationsstufen des EA288-TDI-Motors im Golf 2013



Legende

Beispiel:
Steigerung der Rußbeladung

Beispiel:
Verlauf bei erfolgreicher Regeneration in der jeweiligen Stufe:

passive Regeneration

aktive Regeneration

Regenerationsfahrt durch den Kunden

Service-Regeneration

„Kilometer-Regeneration“

Die „Kilometer-Regeneration“ ist eine fahrstreckenabhängige Regeneration des Partikelfilters. Das Motorsteuergerät leitet automatisch eine aktive Regeneration ein, wenn in den letzten 750 km keine erfolgreiche oder gar keine Regeneration stattgefunden hat, unabhängig vom Beladungszustand des Dieselpartikelfilters.
Die „Kilometer-Regeneration“ dient als zusätzliche Sicherheit, um den Beladungszustand des Dieselpartikelfilters gering zu halten.

Während des Motorbetriebs wird immer eine kleine Menge Motoröl verbrannt. Ein Teil des verbrannten Motoröls sammelt sich als Asche im Partikelfilter. Diese Ölasche kann auch bei einer aktiven Regeneration nicht abgebaut werden. Um eine wirkungsvolle Funktion des Dieselpartikelfilters zu gewährleisten, muss im Rahmen des Inspektionsservice der Grenzwert für die Aschemasse mit dem Fahrzeugdiagnosetester überprüft werden. Wird dieser Grenzwert überschritten, ist der Dieselpartikelfilter zu ersetzen. Beachten Sie dazu die Angaben in „Instandhaltung genau genommen“ im ELSA.

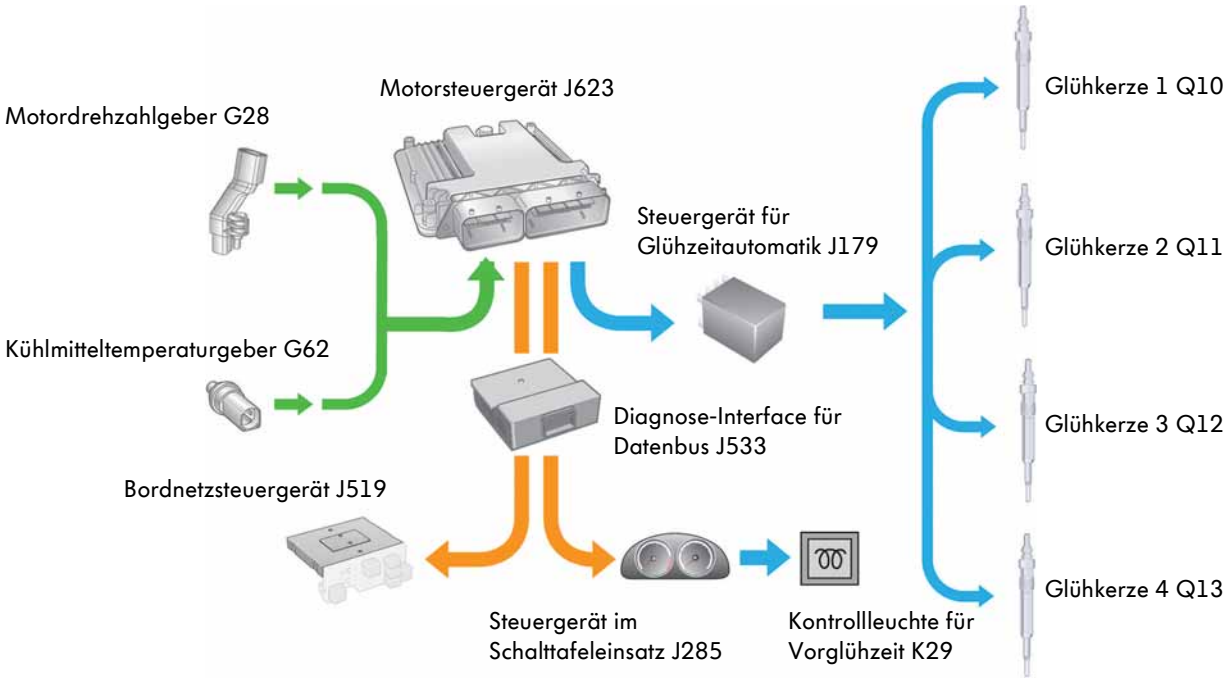
Vorglühanlage

Der 2,0l-TDI-Motor mit Common-Rail-Einspritzsystem hat eine Diesel-Schnellstart-Vorglühanlage. Dieses System ermöglicht einen Sofortstart des Dieselmotors unter allen klimatischen Bedingungen. Lange Vorglühzeiten entfallen und der Startvorgang ist mit dem eines Ottomotors vergleichbar.

Vorteile des Glühsystems

- Motorstart vergleichbar mit dem eines Ottomotors bei Temperaturen bis -24 °C
- Extrem kurze Aufheizzeit. Innerhalb von 2 Sekunden werden Temperaturen von bis zu 1000 °C an der Glühkerze erreicht.
- Steuerbare Temperaturen für Vor- und Nachglühen.
- Fähigkeit zur Eigendiagnose.
- Bestandteil der Euro-On-Board-Diagnose-Vorglühanlage

Systemübersicht



S514_081

Funktion

Vorglühen

Die Stahl-Glühkerzen werden vom Motorsteuergerät über das Steuergerät für Glühzeitautomatik J179, mit Hilfe eines pulsweitenmodulierten Signals (PWM), phasenversetzt angesteuert. Dabei wird die Spannung an der einzelnen Glühkerze über das Tastverhältnis der PWM-Impulse eingestellt. Für einen Schnellstart, bei einer Außentemperatur von unter 24 °C, liegt eine Maximalspannung von 11,5 V an. Dies gewährleistet, dass sich die Glühkerze innerhalb kürzester Zeit (max. 2 Sekunden) auf über 1000 °C aufheizt. Damit verringert sich die Vorglühzeit für den Startvorgang des Motors.

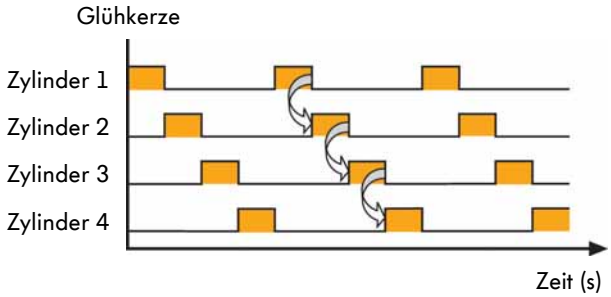
Nachglühen

Zum Nachglühen wird die Einschaltzeit der Bordnetzspannung im PWM-Tastverhältnis so eingestellt, dass sich eine effektive Spannung von 4,4 V ergibt. Das Nachglühen wird bis zu einer Kühlmitteltemperatur von 24 °C nach dem Motorstart und für max. 5 Minuten durchgeführt. Das Nachglühen trägt dazu bei, die Kohlenwasserstoff-Emission und die Verbrennungsgeräusche in der Warmlaufphase zu verringern.

Bei Fahrzeugen mit Start-Stopp-Anlage wird der Nachglühvorgang bei einer aktiven Motor-Stop-Funktion nicht unterbrochen. Dadurch wird ein häufiger Temperaturwechsel vermieden und somit das Material der Stahl-Glühkerze geschont.

Phasenversetzte Ansteuerung der Glühkerzen

Um die Bordnetzspannung während der Glühphasen zu entlasten, werden die Glühkerzen phasenversetzt angesteuert. Die fallende Signalflanke steuert dabei immer die nächste Glühkerze an.



S514_040

Der EA288-Motor mit der Abgasnorm EU4

Für einige Märkte wird der EA288-Motor mit der Abgasnorm EU4 angeboten. In diesen Märkten kann, aufgrund einer als kritisch zu betrachtenden Kraftstoffqualität, kein EU5-Abgasreinigungssystem mit geschlossenem Dieselpartikelfiltersystem und Niederdruck-Abgasrückführung verbaut werden.

Im Zusammenhang mit der Kraftstoffqualität wird der Anteil der Katalysatorgifte, insbesondere der hohe Schwefelgehalt im Dieselkraftstoff, als kritisch betrachtet.

Das motornahe Abgasreinigungssystem für EU4-Motoren

Als technische Lösung kommt für die Motoren mit EU4-Abgasnorm ein Abgasreinigungssystem zum Einsatz, das aus einem Oxidationskatalysator und einem Partikelminderungssystem besteht. Das Partikelminderungssystem wird auch als offenes Dieselpartikelfiltersystem bezeichnet.

Aufbau

Das Partikelminderungssystem und der Oxidationskatalysator sind getrennt voneinander in einem gemeinsamen Gehäuse verbaut.
Der Oxidationskatalysator ist dabei in Strömungsrichtung vor dem Partikelminderungssystem angeordnet.

S514_087

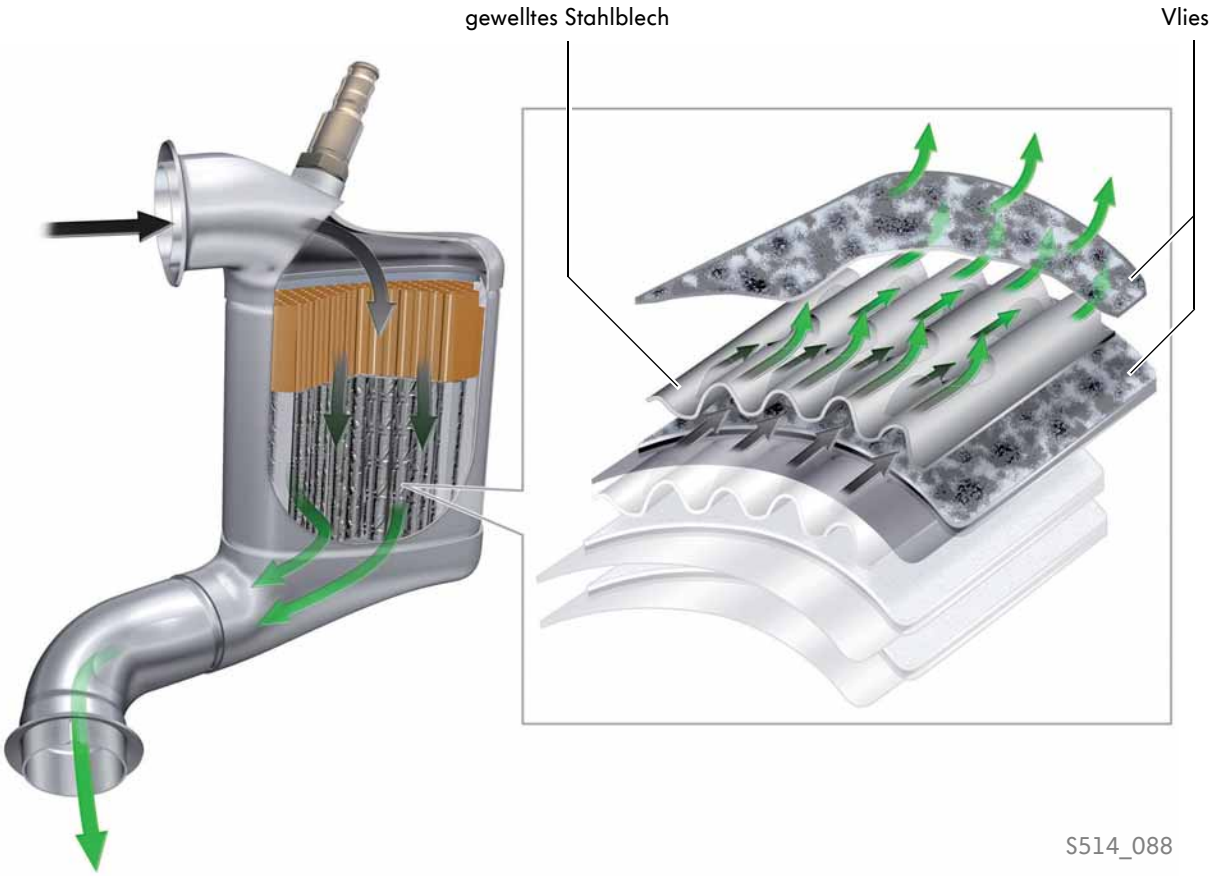
Oxidationskatalysator

Der Aufbau und die Funktionsweise des Oxidationskatalysators sind identisch mit denen der EU5-Variante. In Kombination mit einem Partikelminderungssystem wandelt der Katalysator nicht nur Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff, er oxidiert außerdem auch Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid. Das Stickstoffdioxid wird für die passive Regeneration des Partikelminderungssystems benötigt.

Partikelminderungssystem

Aufbau

Das Partikelminderungssystem besteht aus dünnen, gewellten Stahlblechen mit schaufelförmigen Strukturen. Dazwischen sind Lagen aus einem Vlies mit metallischen Fasern angeordnet.



Funktion

Die schaufelförmigen Strukturen der gewellten Stahlbleche bewirken, dass ein Teil des Abgasstroms umgelenkt wird und dabei durch das metallische Faservlies strömt. An diesem Vlies werden die Rußpartikel abgeschieden und aus dem Abgasstrom gefiltert. Das System wird als offen bezeichnet, da der Abgasstrom nicht gezwungen durch das Faservlies strömt. Er kann auch ungefiltert an den Umlenkschaufeln vorbeiströmen.

Die Regeneration des Partikelminderungssystems erfolgt ausschließlich über passive Regeneration. Während der passiven Regeneration werden die am Metallvlies abgeschiedenen Rußpartikel, ohne Eingriff der Motorsteuerung, kontinuierlich verbrannt.
Die Rußpartikel werden dabei durch eine Reaktion mit Stickstoffdioxid in einem Abgastemperaturbereich von 350 °C bis 500 °C in Kohlendioxid umgewandelt.

Entschwefelung

In einigen Märkten sind Kraftstoffe im Umlauf, die als durchaus kritisch eingestuft werden müssen. Diese weisen zum Teil sehr hohe Schwefelgehalte von bis zu 5000 ppm auf (ppm = Parts per Million).
Zum Vergleich: in Europa ist der Schwefelgehalt auf 10 ppm reglementiert. Der Schwefel wirkt nach der Verbrennung im Abgas als Katalysatorgift und reduziert die Wirkungsweise des Oxidationskatalysators. Die Verschwefelung hat dabei zur Folge, dass die Bildung des Stickstoffdioxids am Oxidationskatalysator verringert wird und damit die passive Regeneration des Partikelminderungssystems abgeschwächt wird.

Zur erneuten Aktivierung des Oxidationskatalysators ist eine Entschwefelung notwendig. Hierbei wird der im Oxidationskatalysator eingelagerte Schwefel bei einer Abgastemperatur zwischen 450 °C und 600 °C wieder ausgelagert.
Die Erhöhung der Abgastemperatur für die aktive Entschwefelung des Oxidationskatalysators erfolgt dabei durch innermotorische Maßnahmen, wie zum Bespiel Nacheinspritzungen. Diese Maßnahmen werden vom Motorsteuergerät ausgelöst.

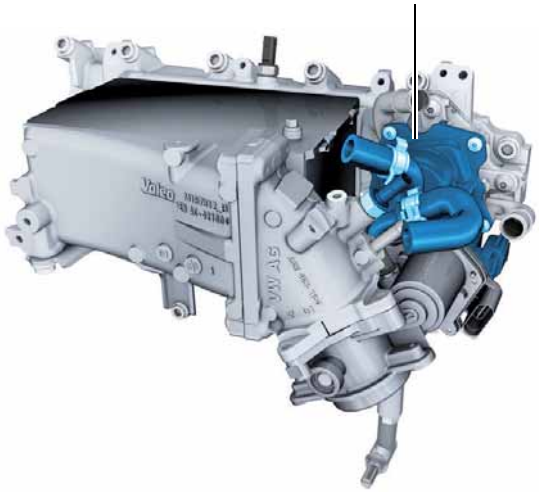
Hochdruck-Abgasrückführung

Aufgrund des offenen Partikelminderungssystem verfügen die EU4-Motoren ausschließlich über eine gekühlte Hochdruck-Abgasrückführung. Dabei wird das Abgas aus dem Abgaskrümmer vor der Turbine des Turboladers abgezweigt und über einen im Zylinderkopf geführten Kanal, dem Kühler für Abgasrückführung sowie dem Abgasrückführungsventil zum Ansaugluftstrom geleitet.

Abgasrückführungsventil

Das Abgasrückführungsventil ist ein elektromotorischer Ventilteller. Das Ventil ist an der Verteilerleiste des Ansaugrohrs montiert und hat die Bezeichnung Stellmotor für Abgasrückführung V338. Es wird vom Motorsteuergerät angesteuert und kann von einem Elektromotor stufenlos verstellt werden. Durch den Hub des Ventiltellers wird die Menge an zurückgeführtem Abgas gesteuert. Zum Schutz vor zu hohen Abgastemperaturen wird das Abgasrückführungsventil durch Kühlmittel gekühlt.

Stellmotor für Abgasrückführung V338

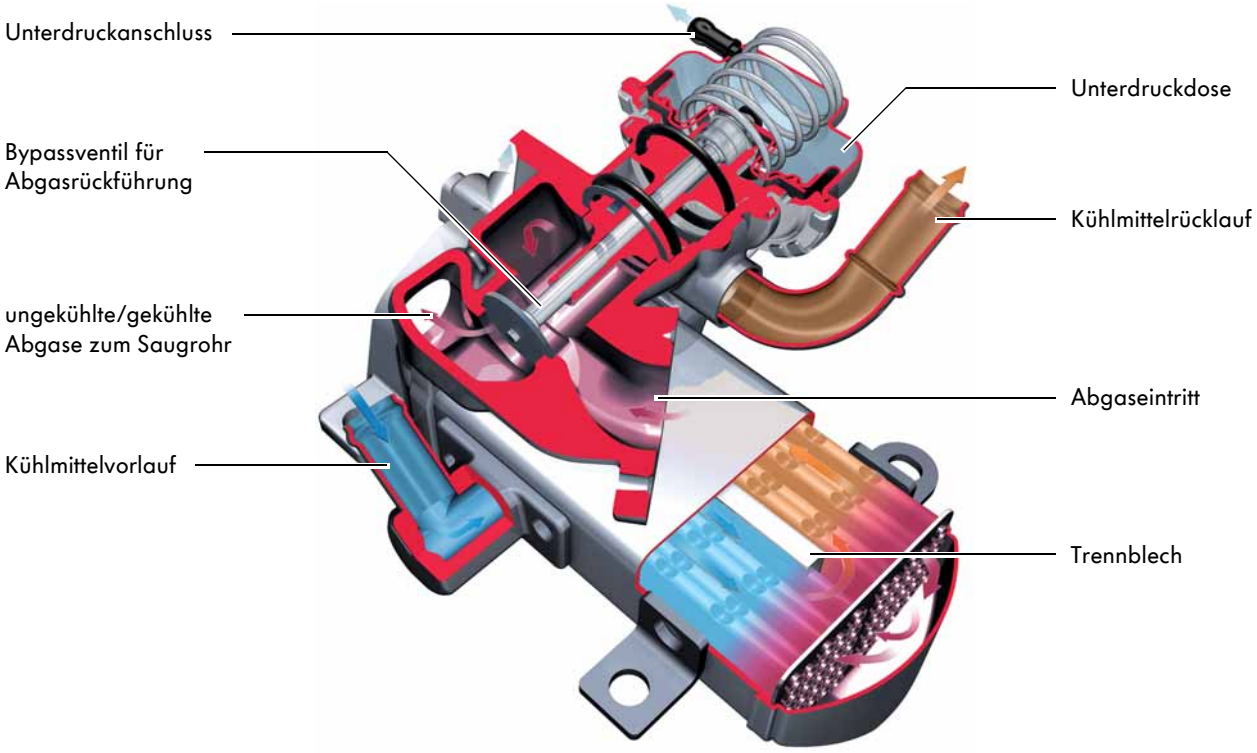


S514_086

Kühler für Abgasrückführung

Der Kühler für Abgasrückführung hat ein Bypassventil. Damit ist es möglich, die zurückgeführten Abgase, je nach Betriebstemperatur, durch den Kühler oder am Kühler vorbei zu leiten.

Das Bypassventil wird elektropneumatisch über das Umschaltventil für Kühler der Abgasrückführung N345 vom Motorsteuergerät geschaltet.

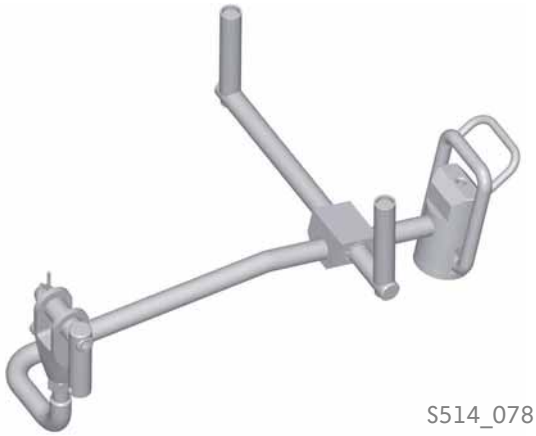
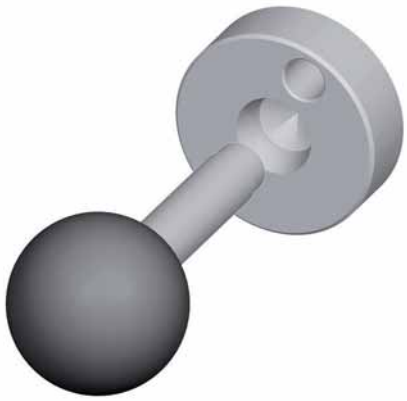


S514_036

Spezialwerkzeuge und Betriebseinrichtungen

Bezeichnung	Werkzeug	Verwendung
T10172/11 Adapter	S514_063	Adapter für den Gegenhalter des Nockenwellen-Zahnriemenrads.
T10489 Abzieher	S514_064	Abzieher zum Ausbau der Nabe der Hochdruckpumpe.
T10490 Kurbelwellenstopp	S514_065	Kurbelwellenstopp zum Fixieren der Kurbelwelle beim Einstellen der Steuerzeiten.

Bezeichnung	Werkzeug	Verwendung
T10491 Steckeinsatz SW22	S514_066	Steckeinsatz zum Ein- und Ausbau der Lambdasonde.
T10492 Absteckstift	S514_067	Absteckstift zum Abstecken des Hochdruckpumpen-rades.
T10493 Montagevorrichtung	S514_068	Montagevorrichtung zur Montage des Wellendichtrings der Nokkenwelle.
T10497 Motorhalter	S514_070	Motorhalter zum Ein- und Ausbau des Motors in Verbindung mit dem Motor- und Getriebeheber V.A.G. 1383 A

Bezeichnung	Werkzeug	Verwendung
T10501 Steckeinsatz XZN 10	S514_077	Steckeinsatz zum Ein- und Ausbau des Saugrohrs.
T10511 Montagehilfe	 S514_078	Montagehilfe zum Ein- und Ausbau des Abgasreinigungsmoduls.
T10512 Kalibrier-Werkzeug	 S514_069	Kalibrier-Werkzeug zum Einstellen der Ausgleichselemente beim Einbau des Abgasreinigungsmoduls.

Prüfen Sie Ihr Wissen

Welche Antwort ist richtig?

Bei den vorgegebenen Antworten können eine oder auch mehrere Antworten richtig sein.

1. Welche Aussage zum Nockenwellengehäuse ist richtig?

❒ a) Das Nockenwellengehäuse ist untrennbar in den Zylinderkopf integriert.

❒ b) Die Nockenwellen können einzeln ersetzt werden.

❒ c) Die Nockenwellen sind untrennbar in einen geschlossenen Lagerrahmen integriert. Die Nockenwellen können nicht einzeln ersetzt werden.

2. Welche Aussage zur Abgasrückführung beim EA288-Dieselmotor mit EU5 Abgasnorm ist richtig?

❒ a) Das Abgas wird hinter dem Dieselpartikelfilter entnommen und über den Kühler für Abgasrückführung sowie dem Stellmotor für Abgasrückführung, direkt vor dem Verdichter des Turboladers, in den Ansaugluftstrom geleitet.

❒ b) Das Abgas wird aus dem Abgaskrümmer vor der Turbine des Turboladers abgezweigt und über einen im Zylinderkopf geführten Kanal, dem Kühler für Abgasrückführung sowie dem Abgasrückführungsventil zum Ansaugluftstrom geleitet.

❒ c) Durch eine variable Ventilsteuerung wird mittels Ventilüberschneidung eine interne Abgasrückführung erreicht.

3. Welche Aufgabe hat die Abgasklappensteuereinheit J883?

❒ a) Die Drosselklappe der Abgasklappensteuereinheit wird bei der Regeneration des Dieselpartikelfilters geschlossen, um die Abgastemperatur zu erhöhen.

❒ b) Durch die Drosselklappe der Abgasklappensteuereinheit kann der Abgasstrom nach dem Dieselpartikelfilter aufgestaut werden, was die Regelung der Abgasrückführung ermöglicht.

❒ c) Die Abgasklappensteuereinheit dient dazu das Motorgeräusch bei hohen Drehzahlen zu reduzieren.

4. Welches Ladeluft-Kühlsystem ist im EA288-Dieselmotor verbaut?

❒ a) Luftgekühlte Ladeluftkühlung.

❒ b) Flüssigkeitsgekühlte Ladeluftkühlung.

❒ c) Ladeluftkühlung durch Abgasrückführungs-Kühlsystem.

5. Welche Aussage zum Thermomanagement des EA288-Dieselmotors bei kaltem Motor ist richtig?

❒ a) Bei kaltem Motor ist die schaltbare Kühlmittelpumpe deaktiviert und die Zirkulation des Kühlmittels im großen Kühlkreislauf wird verhindert. Die Heizungsunterstützungspumpe V488 wird bedarfsgerecht vom Motorsteuergerät angesteuert. Der Kühlmittelregler verschließt den Weg zum Kühler für Kühlmittel.

❒ b) Bei kaltem Motor ist die schaltbare Kühlmittelpumpe deaktiviert und die Zirkulation des Kühlmittels im großen Kühlkreislauf wird verhindert. Die Heizungsunterstützungspumpe V488 bleibt ausgeschaltet bis der Motor die Betriebstemperatur erreicht hat. Der Kühlmittelregler verschließt den Weg zum Kühler für Kühlmittel.

❒ c) Bei kaltem Motor ist die schaltbare Kühlmittelpumpe aktiv und sorgt für die Zirkulation des Kühlmittels im großen Kühlkreislauf. Die Heizungsunterstützungspumpe V488 bleibt ausgeschaltet. Der Kühlmittelregler öffnet den Weg zum Kühler für Kühlmittel.

Lösung:
1.) c)
2.) a)
3.) b)
4.) b)
5.) a)

© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.
000.2812.71.00 Technischer Stand 05/2013

Volkswagen AG
After Sales Qualifizierung
Service Training VSQ/2
Brieffach 1995
D-38436 Wolfsburg

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.