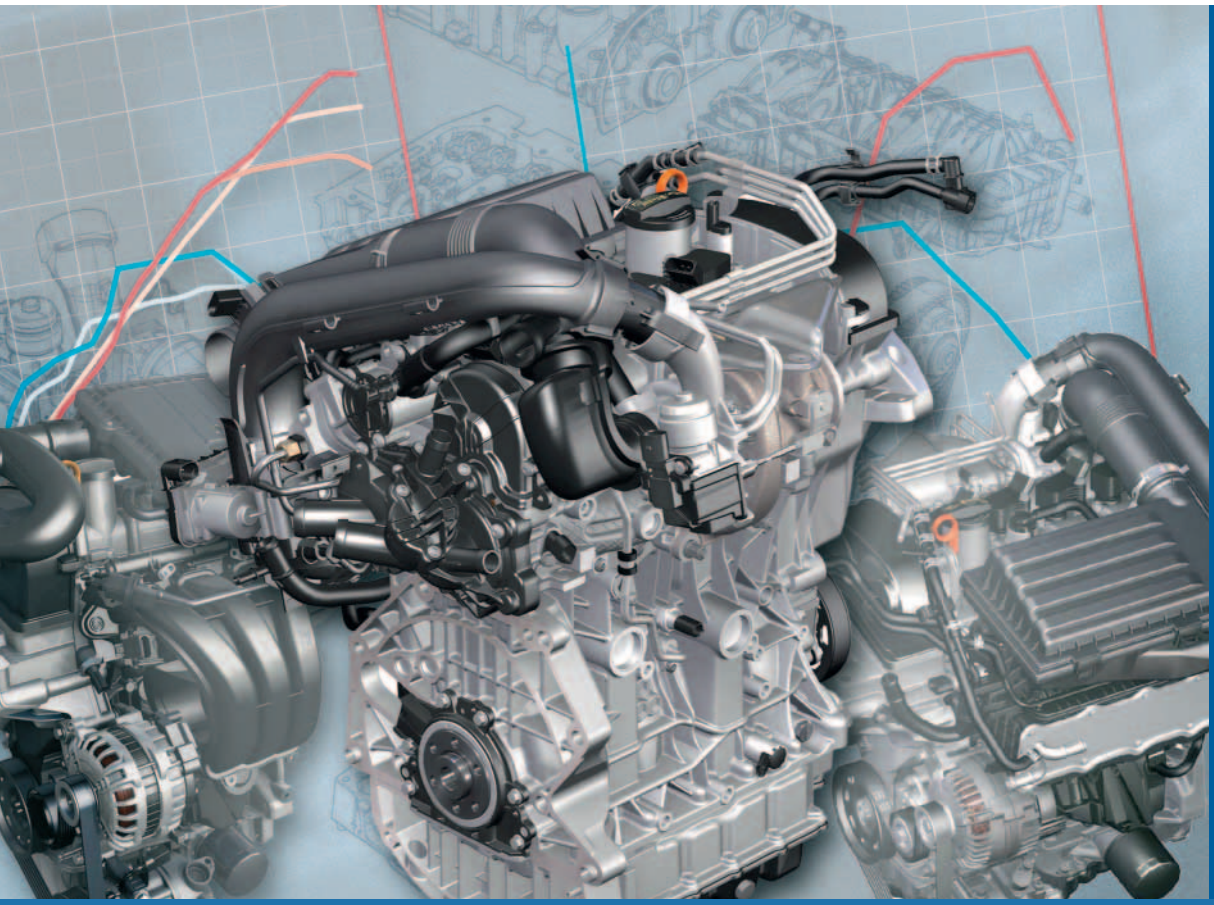
Service Training

Selbststudienprogramm 511

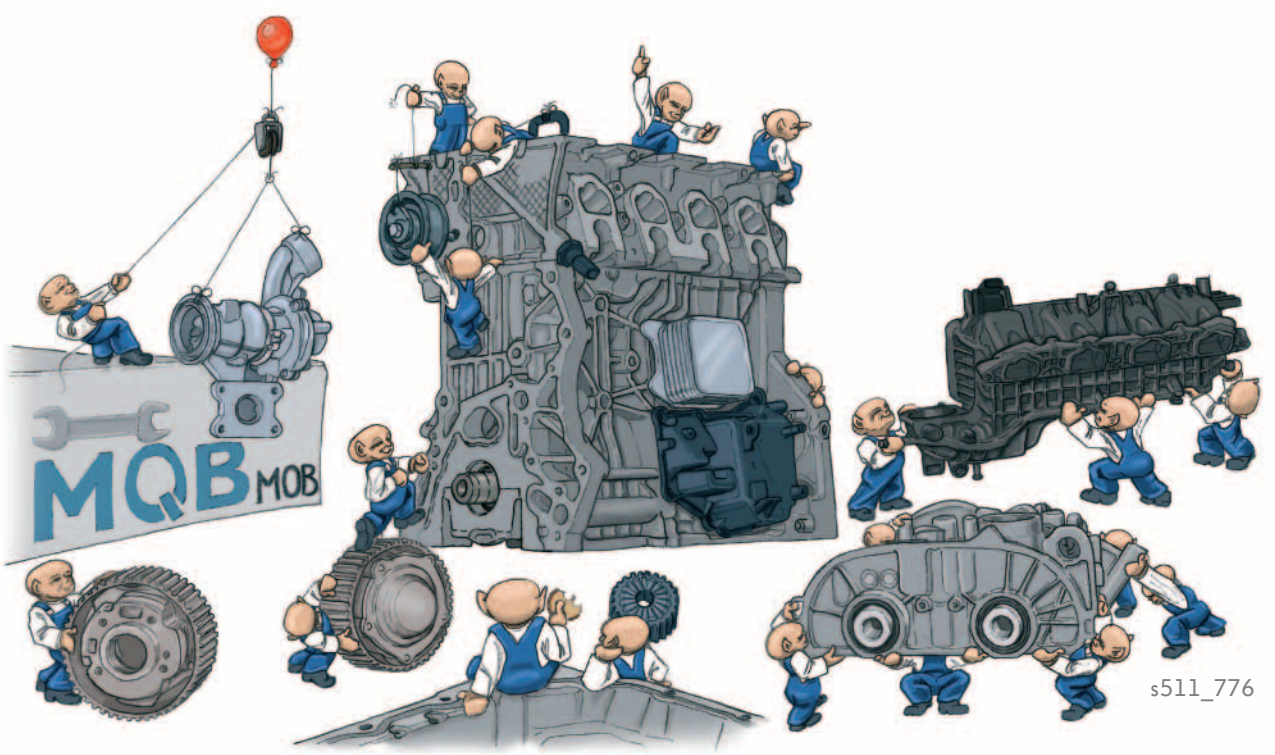
Die neue Ottomotoren-Baureihe EA211

Konstruktion und Funktion



Bei Volkswagen hat mit dem **M**odularen **Q**uer **B**aukasten, kurz **MQB**, eine neue Baukastenstrategie eingesetzt. Bei ihr verwenden alle Fahrzeugmodelle der Polo-, Golf- und Passat-Klasse gemeinsam standardisierte Komponenten und Module.

Bei den Ottomotoren setzt mit der neuen Ottomotoren-Baureihe EA211 eine ähnliche Modulstrategie ein. Hierbei heißt es der **M**odulare **O**ttomotoren **B**aukasten EA211. Die Motoren haben einen Hubraum von 1,0l bis 1,6l.
Ein 1,4l-103kW-TSI-Motor ist dabei der Basismotor.



In der Grafik sehen Sie einige Details der neuen Motoren, die Sie im Laufe des Selbststudienprogrammes wiedersehen werden und deren Konstruktion und Funktion vorgestellt wird.

In den Selbststudienprogrammen Nr. 508 „Der 1,0l-44/55kW-MPI-Motor mit Saugrohreinspritzung" und Nr. 510 „Das Aktive Zylindermanagement ACT beim 1,4l-103kW-TSI-Motor" finden Sie weitere Informationen zur neuen Motorenbaureihe.

**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 Ottomotoren Baukasten MOB 4
Übersicht Motorenbaureihe EA211 6

Motormechanik **12**
Der Keilrippenriementrieb 12
Der Zahnriementrieb 13
Der Zylinderblock 14
Der Kurbeltrieb 15
Der Zylinderkopf 16
Das Nockenwellengehäuse 17
Der Ventiltrieb 18
Die Nockenwellenverstellung 19
Die Luftführung 22
Die Abgas-Turboaufladung 23
Der Ölkreislauf 25
Die Kurbelgehäusebe- und entlüftung 34
Das Kühlsystem 36
Das Kraftstoffsystem 39
Das Abgassystem 41

Motormanagement **42**
Die Systemübersicht 42
Das Motorsteuergerät J623 44
Das Kraftstoffsystem 45
Die Sensoren 47
Die Aktoren 52

Service **59**
Die Spezialwerkzeuge 59
Technische Hinweise 60

Prüfen Sie Ihr Wissen! **62**

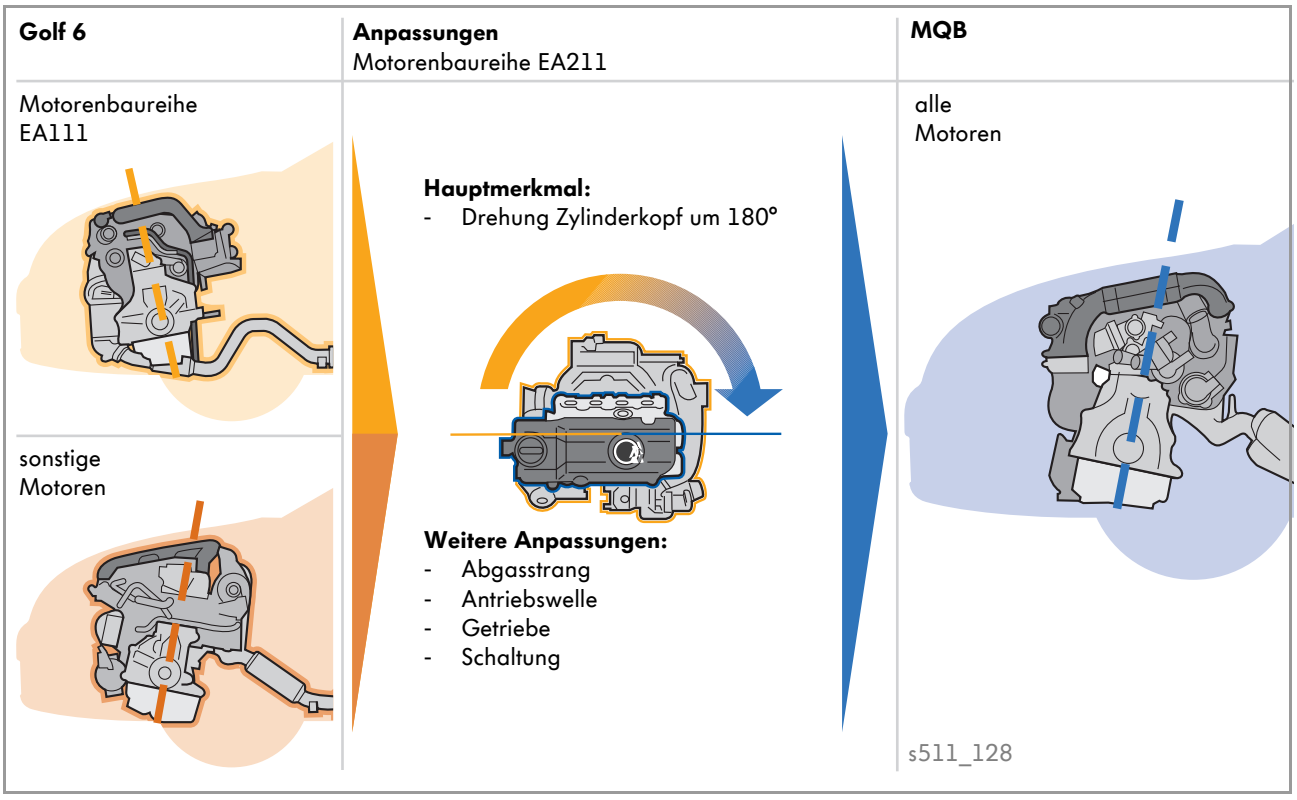
Der Modulare Ottomotoren Baukasten MOB

Die Einbaulagen der Motoren im Fahrzeug

Bislang war die Einbaulage der Motoren, zum Beispiel beim Golf Modelljahr 2009, sehr unterschiedlich. Während die bisherige Motorenfamilie EA111 mit den 1,4l-Motoren nach vorne geneigt und die Abgasanlage zum Kühler im Frontend gerichtet war, wurden die anderen Otto- und Dieselmotoren nach hinten geneigt eingebaut. Die Abgasanlage war zur Spritzwand hin verbaut.

Um das volle Einsparpotenzial zu nutzen, sollten alle Motoren mit Einsatz des Modularen Quer Baukastens eine einheitliche Einbaulage bekommen.
Die neue Einbaulage der EA211er Motoren erforderte eine Überarbeitung des Motor-Grundaufbaus.
In diesem Zuge wurde die Chance genutzt und eine neue Motorenbaureihe in Modulstrategie entwickelt.

Vorteile der neuen Modulstrategie:
- gleiche Einbaulage
- Vereinheitlichung z. B. der Getriebeanbindungen, der Kühlung und der Abgasanlage
- kompakte Motorabmessungen
- Verkürzung der vorderen Motorbaulänge um 50 mm durch eine um 12° nach hinten geneigte Einbaulage

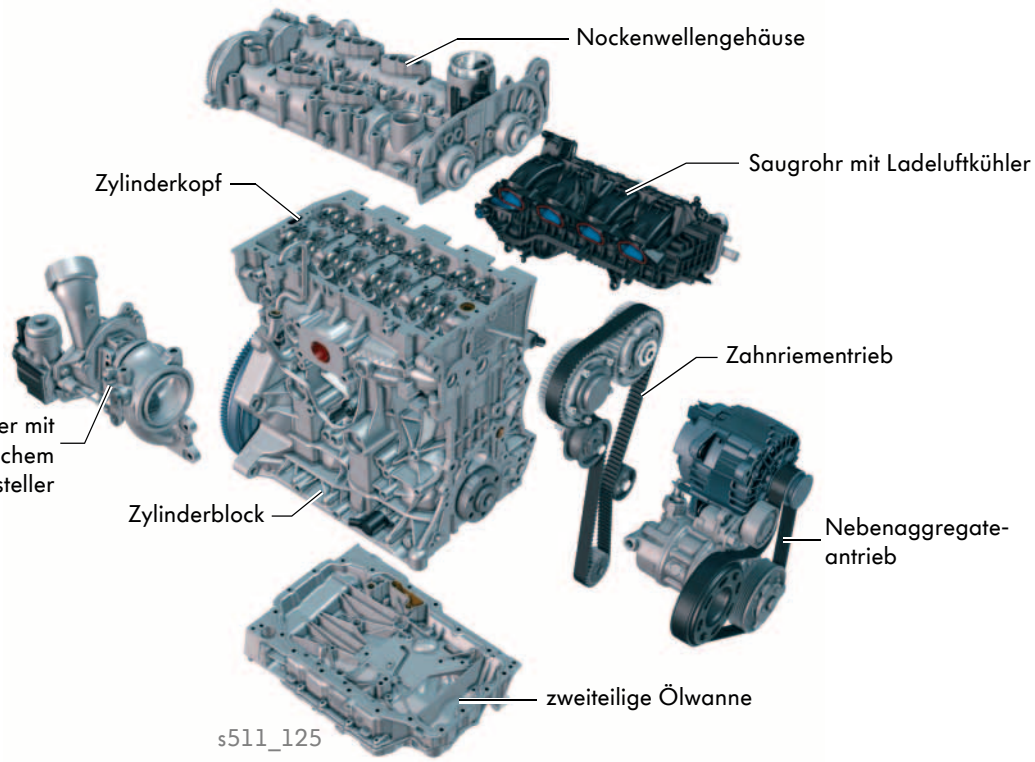


Die neu entwickelte Ottomotoren-Baureihe EA211

Bei der Neuentwicklung von Motoren muss eine Vielzahl von Anforderungen umgesetzt werden.
Gleichzeitig bietet sich aber auch die Chance, Techniken einzusetzen, deren Verwendung in bestehenden Motoren zu kostenaufwendig wären.

Die umgesetzten Anforderungen sind:
- modularer Aufbau
- gedrehte Einbaulage der Motoren
- kompakte Bauweise
- Reduzierung des Verbrauchs und damit der CO_2-Emissionen um 10-20%
- Verringerung des Motorgewichts um bis zu 30%
- Erfüllung der zukünftigen Abgasnorm EU6

Modulbauweise 1,4l-103kW-TSI-Motor mit aktivem Zylindermanagement



Die gemeinsamen Kennzeichen aller Motoren der Baureihe EA211 sind:

- gleiche Einbaulage
- Anordnung des Klimakompressors und des Generators ohne zusätzliche Halter direkt an der Ölwanne beziehungsweise am Motorblock verschraubt
- Vierventiltechnik
- Aluminium-Zylinderblock
- ein in den Zylinderkopf integrierter Abgaskrümmer
- Nockenwellenantrieb über einen Zahnriemen

Übersicht der neuen Ottomotoren-Baureihe EA211

Der 1,0l-44kW/50kW/55kW-MPI-Motor mit Saugrohreinspritzung

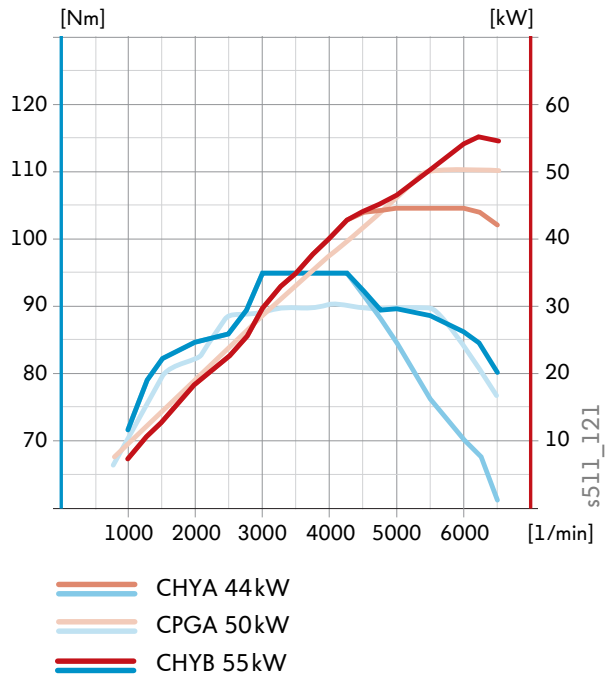
Dieser Motor wurde speziell für den up! entwickelt. Es gibt ihn in drei Leistungsvarianten mit 44kW (CHYA), 50kW (CPGA) und 55kW (CHYB). Die 50kW-Variante ist ein Motor mit Erdgasantrieb für den eco up!.



Technische Merkmale

- Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer
- Antrieb der Nockenwellen über einen Zahnriemen
- Kühlmittelpumpe im Kühlmittelreglergehäuse integriert
- Antrieb der Kühlmittelpumpe über einen Zahnriemen von der Auslass-Nockenwelle
- Einlass-Nockenwellenverstellung
- Kurbelwellenölpumpe
- einteilige Aluminium-Ölwanne
- Ventile und Ventilsitzringe für den Motor des eco up! an den Erdgaskraftstoff angepasst

Drehmoment- und Leistungsdiagramm



Technische Daten

Motorkennbuchstabe	CHYA	CPGA	CHYB
Bauart	3-Zylinder-Reihenmotor		
Hubraum	999cm^3		
Bohrung	74,5mm		
Hub	76,4mm		
Ventile pro Zylinder	4		
Verdichtungsverhältnis	10,5:1	11,5:1	10,5:1
max. Leistung	44kW bei 5000 1/min	50kW bei 6200 1/min	55kW bei 6200 1/min
max. Drehmoment	95Nm bei 3000-4250 1/min	90Nm bei 3000-4250 1/min	95Nm bei 3000-4250 1/min
Motormanagement	Bosch Motronic ME 17.5.20		
Kraftstoff	Super Bleifrei mit ROZ 95 (Normal Bleifrei ROZ 91 bei geringer Leistungsminderung)		
Abgasnachbehandlung	Drei-Wege-Katalysator, Sprung-Lambdasonde (44/55kW-Variante), Breitband- Lambdasonde (50kW-Variante) vor Katalysator und je eine Sprung-Lambdasonde nach Katalysator		
Abgasnorm	EU5		

Der 1,2l-63/77kW-TSI-Motor mit Turboaufladung

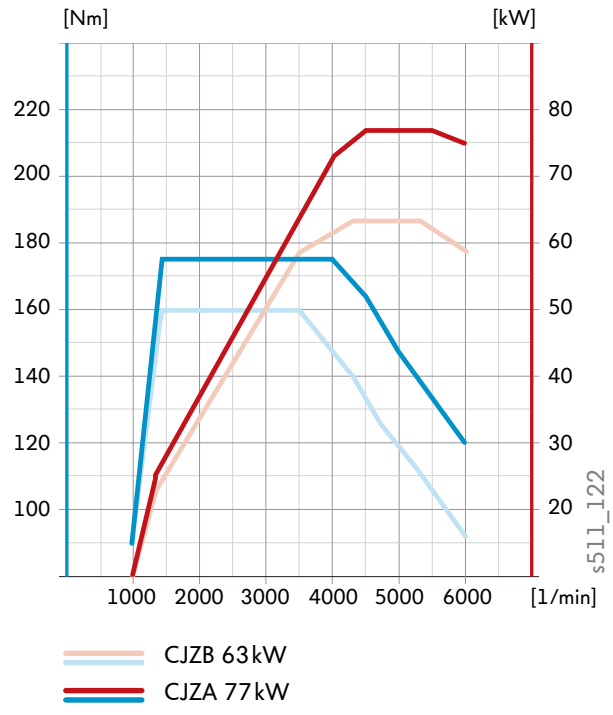
Den 1,2l-TSI-Motor aus der neuen Ottomotoren-Baureihe EA211 gibt es in zwei Leistungsvarianten mit 63kW und 77kW. Die Leistungsvarianten werden softwareseitig erreicht.



Technische Merkmale

- Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer
- Antrieb der Nockenwellen über einen Zahnriemen
- Kühlmittelreglergehäuse bildet mit der Kühlmittelpumpe eine Einheit
- Antrieb der Kühlmittelpumpe über einen Zahnriemen von der Auslass-Nockenwelle
- Abgas-Turboladermodul mit elektrischem Ladedrucksteller
- Einlass-Nockenwellenverstellung
- Kurbelwellenölpumpe
- zweiteilige Ölwanne (Ober- und Unterteil aus Aluminium)

Drehmoment- und Leistungsdiagramm



Technische Daten

Motorkennbuchstabe	CJZB	CJZA
Bauart	4-Zylinder-Reihenmotor	
Hubraum	1197cm^3	
Bohrung	71mm	
Hub	75,6mm	
Ventile pro Zylinder	4	
Verdichtungsverhältnis	10,5:1	
max. Leistung	63kW bei 4300-5300 1/min	77kW bei 4500-5500 1/min
max. Drehmoment	160Nm bei 1400-3500 1/min	175Nm bei 1400-4000 1/min
Motormanagement	Bosch Motronic MED 17.5.21	
Kraftstoff	Super Bleifrei mit ROZ 95	
Abgasnachbehandlung	Drei-Wege-Katalysator, je eine Sprung-Lambdasonde vor und nach dem Katalysator	
Abgasnorm	EU5	

Der 1,4l-90kW-TSI-Motor mit Turboaufladung

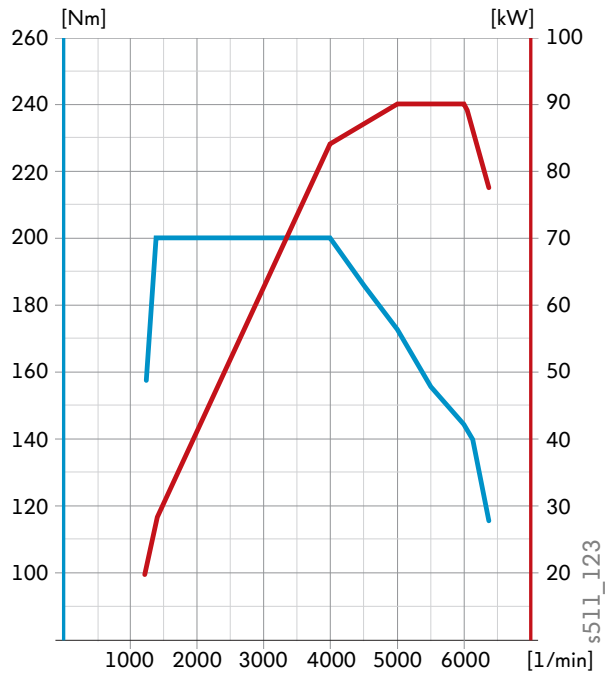
Der 1,4l-90kW-TSI-Motor unterscheidet sich äußerlich kaum vom 1,4l-103kW-TSI-Motor. Während jedoch beide Leistungsvarianten über eine Einlass-Nockenwellenverstellung verfügen, besitzt die 103kW-Variante zusätzlich eine Auslass-Nockenwellenverstellung.


s511_117

Technische Merkmale

- Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer
- Antrieb der Nockenwellen über einen Zahnriemen
- Kühlmittelreglergehäuse bildet mit der Kühlmittelpumpe eine Einheit
- Antrieb der Kühlmittelpumpe über einen Zahnriemen von der Auslass-Nockenwelle
- Abgas-Turboladermodul mit elektrischem Ladedrucksteller
- Einlass-Nockenwellenverstellung
- Außenzahnrad-Ölpumpe mit zweistufiger Öldruckregelung
- zweiteilige Ölwanne (Oberteil aus Aluminium, Unterteil aus Blech)

Drehmoment- und Leistungsdiagramm



Technische Daten

Motorkennbuchstabe	CMBA
Bauart	4-Zylinder-Reihenmotor
Hubraum	1395cm^3
Bohrung	74,5mm
Hub	80mm
Ventile pro Zylinder	4
Verdichtungsverhältnis	10,5:1
max. Leistung	90kW bei 5000-6000 1/min
max. Drehmoment	200Nm bei 1400-4000 1/min
Motormanagement	Bosch Motronic MED 17.5.21
Kraftstoff	Super Bleifrei mit ROZ 95
Abgasnachbehandlung	Drei-Wege-Katalysator, je eine Sprung-Lambdasonde vor und nach dem Katalysator
Abgasnorm	EU5

Der 1,4l-103kW-TSI-Motor mit Turboaufladung

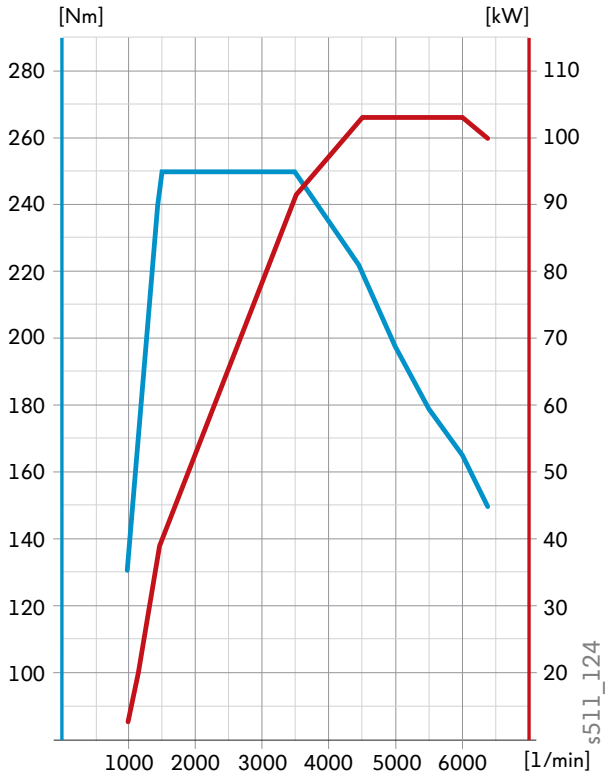
Der 1,4l-103kW-TSI-Motor ist der Basismotor dieser Ottomotoren-Baureihe. Es gibt ihn in zwei Varianten mit und ohne Aktivem Zylinder-management ACT. Die Leistung und das Drehmoment sind bei beiden Varianten gleich.



Technische Merkmale

- Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer
- Antrieb der Nockenwellen über einen Zahnriemen
- Kühlmittelreglergehäuse bildet mit der Kühlmittelpumpe eine Einheit
- Antrieb der Kühlmittelpumpe über einen Zahnriemen von der Auslass-Nockenwelle
- Abgas-Turboladermodul mit elektrischem Ladedrucksteller
- Einlass- und Auslass-Nockenwellenverstellung
- Außenzahnrad-Ölpumpe mit zweistufiger Öldruckregelung
- zweiteilige Ölwanne (Oberteil aus Aluminium, Unterteil aus Blech)

Drehmoment- und Leistungsdiagramm



Technische Daten

Motorkennbuchstabe	CHPA	CPTA mit ACT
Bauart	4-Zylinder-Reihenmotor	
Hubraum	1395cm^3	
Bohrung	74,5mm	
Hub	80mm	
Ventile pro Zylinder	4	
Verdichtungsverhältnis	10,0:1	
max. Leistung	103kW bei 4500-6000 1/min	
max. Drehmoment	250Nm bei 1500-3500 1/min	
Motormanagement	Bosch Motronic MED 17.5.21	
Kraftstoff	Super Bleifrei mit ROZ 95	
Abgasnachbehandlung	Drei-Wege-Katalysator, eine Breitband-Lambdasonde vor und eine Sprung-Lambda-sonde nach dem Katalysator	
Abgasnorm	EU5	EU6

Die EA211-Motoren mit Saugrohreinspritzung bzw. für Alternativantriebe

1,4l-66kW-/1,6l-81kW-MPI-Motor mit Saugrohreinspritzung

Diese Motoren mit den Motorkennbuchstaben CKAA (66kW) und CPDA (81kW) wurden für die außereuropäischen Märkte entwickelt.
Den Ersteinsatz hat der 1,6l-81kW-MPI-Motor in China.



Technische Merkmale

- Antrieb der Nockenwellen über einen Zahnriemen
- Nockenwellengehäuse in Modulbauweise
- Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer
- Kühlmittelpumpe im Kühlmittelreglergehäuse integriert
- Antrieb der Kühlmittelpumpe über einen Zahnriemen von der Auslass-Nockenwelle
- Einlass-Nockenwellenverstellung

1,4l-81kW-TGI-Motor (Erdgas)

Dieser Motor mit dem Motorkennbuchstaben CPWA setzt im Golf 2013 ein. Es ist ein bivalenter Erdgasantrieb. Er unterscheidet sich vom 1,4l-90kW-TSI-Motor nur durch die zusätzlichen Komponenten für den Erdgasantrieb.



Technische Merkmale

- ein Motorsteuergerät für Erdgas- und Benzinbetrieb
- elektronischer Gasdruckregler mit einer mechanischen Druckreduzierstufe
- optimierte Gaseinblasventile, wodurch ein Start im Erdgasbetrieb ab -10°C möglich ist
- Ventilsitzringe verstärkt, Einlassventile gepanzert, Ventilschaftabdichtungen mit zweiter Dichtlippe, die zu einer Zwangsschmierung des Ventilschaftes in den Ventilführungen führt

1,4l-90kW-TSI-Motor MultiFuel

Dieser Motor setzt im Golf 2013 mit dem Motorkennbuchstaben CPVA in Schweden und Finnland ein.

Technische Merkmale

- bioethanolverträglich bis 85%
- Geber für Kraftstoffqualität zum Erkennen des Bioethanolanteils im Kraftstoff
- elektrischer Motorvorwärmer im Kühlsystem
- Ventilsitzringe verstärkt, Einlassventile gepanzert, Ventilschaftabdichtungen mit zweiter Dichtlippe, die zu einer Zwangsschmierung des Ventilschaftes in den Ventilführungen führt


s511_117

1,4l-110kW-TSI-Motor Hybrid

Dieser Motor setzt im Jetta Hybrid mit den Motorkennbuchstaben CRJA (Europa) und CNLA (nordamerikanischer Raum NAR) ein. Der Basismotor ist der 1,4l-103kW-TSI-Motor.

Technische Merkmale

- Kurbelwelle mit einer Verzahnung zur Anbindung an den Drehstromantrieb VX54 (E-Maschine)
- Schwingungsdämpfer an der Kurbelwelle
- Zylinderblock und Dichtflansch Getriebeseite mit Durchführungen für Kühlmittel zur Kühlung des Fahrmotors für Elektroantrieb V141 sowie Hydrauliköl zum Betätigen der Trennkupplung K0
- elektrischer Klimakompressor
- Generator- und Anlasserfunktion werden vom Fahrmotor für Elektroantrieb V141 übernommen
- Sekundärluftsystem (NAR)
- Leistungssteigerung auf 110kW durch Softwareanpassungen



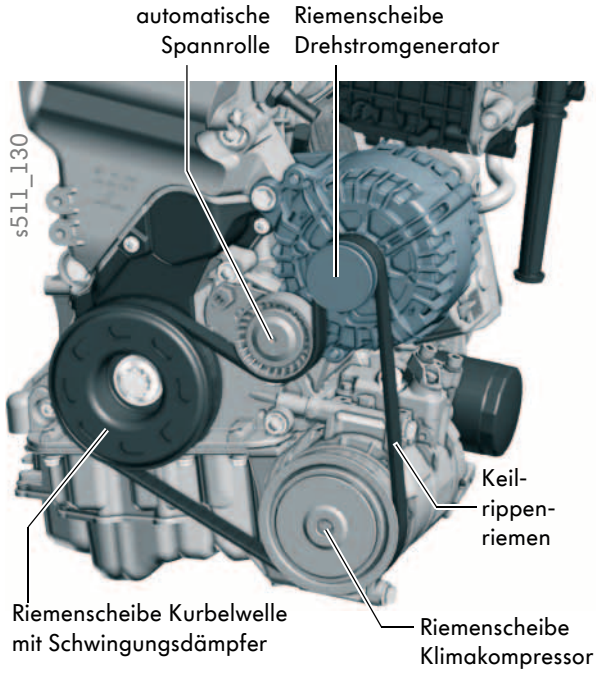
s511_119

- Materialumstellungen bei Leitungen der Kurbelgehäuseentlüftung, der Kraftstoff- und Aktivkohle-Behälteranlage aufgrund von Emissionsvorschriften (NAR)

Der Keilrippenriementrieb

Es gibt motoren- und ausstattungsabhängig drei Varianten des Keilrippenriementriebes.
Der Antrieb erfolgt dabei in der Regel über einen sechsrilligen Keilrippenriemen. Für einen ruhigen Motorlauf ist die Riemenscheibe auf der Kurbelwelle bei allen Motoren mit einem Schwingungsdämpfer ausgestattet.

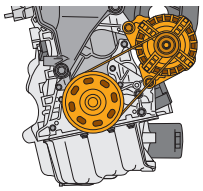
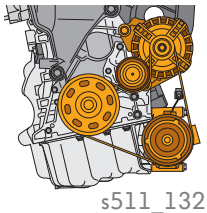
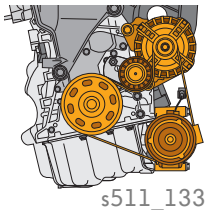
Die Nebenaggregate sind platzsparend direkt am Zylinderblock und an der Ölwanne verschraubt.
Es ist keine zusätzliche Halterung erforderlich.





Beim 1,4l-110kW-TSI-Motor im Jetta Hybrid werden der Klimakompressor und der Drehstromgenerator elektrisch angetrieben. Ein Keilrippenriementrieb ist nicht vorhanden.

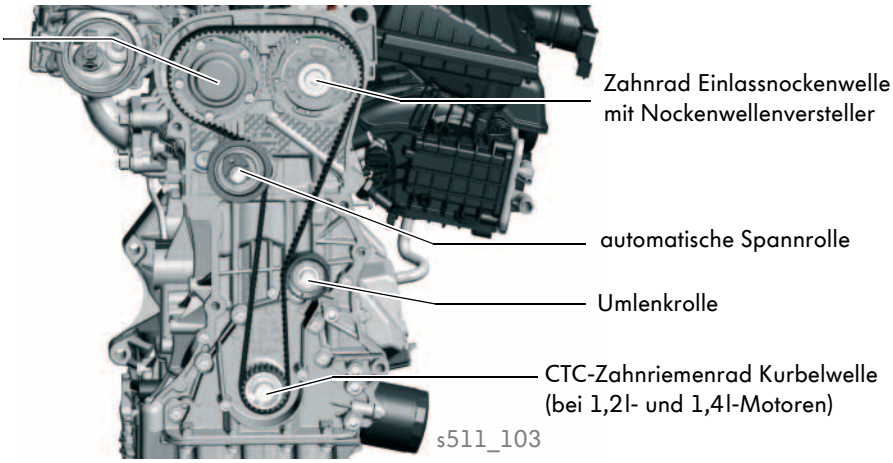
Varianten des Keilrippenriementriebes

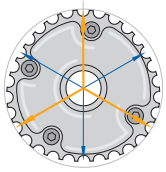
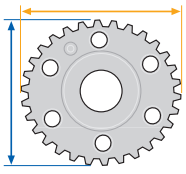
Spannung des Keilrippenriementriebes durch ...		**3-Zylindermotor mit Saugrohreinspritzung MPI**	**4-Zylindermotor mit Direkteinspritzung TSI**
einen flexiblen und dehnbaren Keilrippenriemen ohne Spannrolle	 s511_131	- ohne Klimakompressor - ohne BlueMotion Technology	----
eine starre Spannrolle	 s511_132	- mit Klimakompressor - ohne BlueMotion Technology	----
eine automatische Spannrolle	 s511_133	- mit BlueMotion Technology - unabhängig vom Verbau eines Klimakompressors	- mit BlueMotion Technology - unabhängig vom Verbau eines Klimakompressors

Der Zahnriementrieb

Der Antrieb der Nockenwellen erfolgt über einen wartungsfreien Zahnriemen. Gespannt wird er mit einer automatischen Spannrolle, die gleichzeitig durch Anlaufbunde den Zahnriemen führt.
Eine Umlenkrolle auf der Zugseite und die spezielle Form der Nockenwellenräder beim 3-Zylindermotor beziehungsweise des Kurbelwellenzahnrades bei den 4-Zylindermotoren sorgen für einen ruhigen Zahnriemenlauf.

1,4l-103kW-TSI-Motor



Motorvarianten	Zahnrad	Auswirkungen
3-Zylinder-motoren	trivale Nockenwellen-zahnräder 	Zum Öffnen der Ventile eines Zylinders ist eine bestimmte Kraft erforderlich. Diese Kraft wirkt bei jeder Ventilöffnung auch auf den Zahnriementrieb und führt dort bei höheren Drehzahlen zu Schwingungen. Um diese vor allem für 3-Zylindermotoren typischen starken Schwingungen zu minimieren, werden spezielle Nockenwellen-Zahnräder eingesetzt. Bei ihnen ist der Radius im Abstand von 120° (trioval) vergrößert ausgeführt.
4-Zylinder-motoren	ovales CTC-Kurbel-wellen-zahnrad 	Bei den 4-Zylindermotoren wird ein sogenanntes CTC-Kurbelwellen-Zahnrad verbaut. CTC ist die Abkürzung für Crankshaft Torsionals Cancellation und bedeutet, dass die Zugkräfte und die Drehschwingungen von der Kurbelwelle reduziert werden. Während des Arbeitstaktes wird der Zahnriemen durch den kleineren Radius etwas entspannt. Dadurch werden die Zugkräfte reduziert und Drehschwingungen des Zahnriementriebes vermindert.

Vorteile

- Durch die geringeren Zahnriemenkräfte kann die Spannkraft der Spannrolle reduziert werden.
  Das führt zu einer geringeren Reibung und mechanischen Belastung des gesamten Zahnriementriebes.
- Die verringerten Schwingungen erhöhen die Laufruhe des Zahnriementriebes.

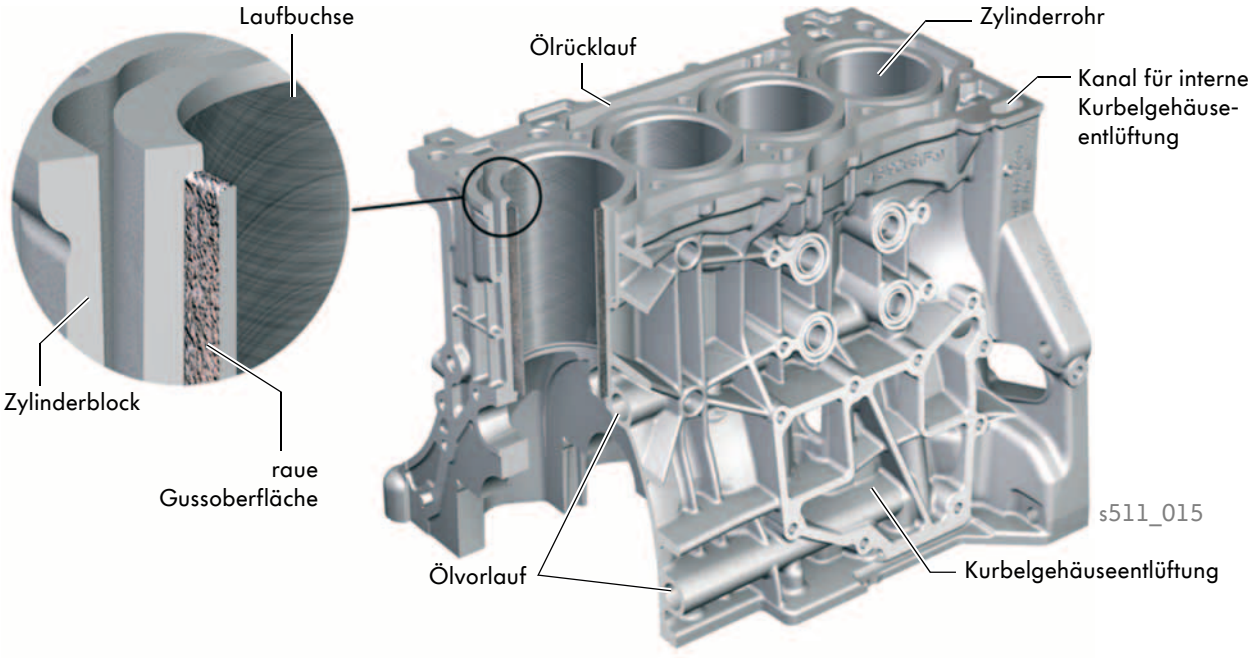
Der Zylinderblock

Der Zylinderblock besteht aus Aluminium-Druckguss und ist als Open-Deck-Variante ausgeführt. Open Deck bedeutet, dass es keine Stege zwischen der Außenwand des Zylinderblockes und den Zylinderrohren gibt.

Die Vorteile sind, dass:

- sich in diesem Bereich keine Luftblasen bilden können, die zu einem Entlüftungs- und Kühlungsproblem führen würden
- bei der Verschraubung des Zylinderkopfes mit dem Zylinderblock die Zylinderrohrverformung gering ist. Diese geringe Zylinderrohrverformung können die Kolbenringe gut ausgleichen und der Ölverbrauch sinkt.

In den Zylinderblock sind die Kanäle für die Druckölversorgung, die Ölrückläufe und die Kurbelgehäuseentlüftung eingegossen. Das reduziert zusätzliche Bauteile sowie den Bearbeitungsaufwand.



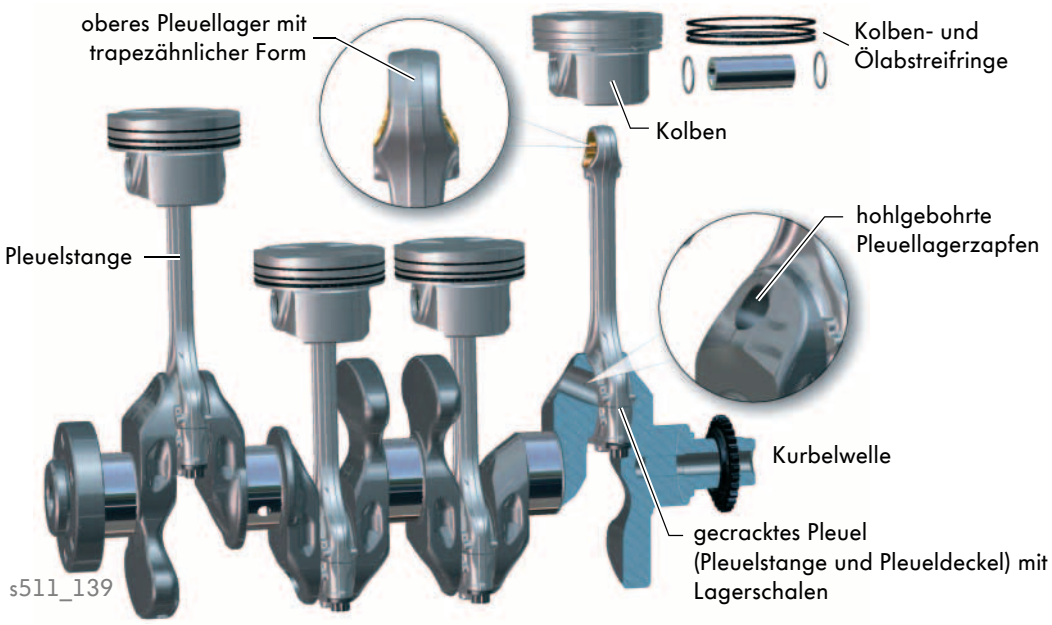
Die Grauguss-Zylinderlaufbuchsen

Die Grauguss-Zylinderlaufbuchsen sind in den Zylinderblock einzeln eingegossen. Bei ihnen ist die äußere Fläche sehr rau ausgeführt, wodurch die Oberfläche vergrößert und der Wärmeübergang zum Zylinderblock verbessert wird.

Außerdem wird damit eine sehr gute formschlüssige Verbindung zwischen Zylinderblock und Zylinderlaufbuchse hergestellt.

Der Kurbeltrieb

Der Kurbeltrieb wurde auf geringe bewegte Massen und geringe Reibung ausgelegt. Die Kurbelwellen, die Pleuel und die Kolben sind so weit gewichtsoptimiert, dass selbst bei den Dreizylindermotoren auf eine sonst übliche Ausgleichswelle verzichtet werden kann.



Pleuel
Die Pleuel werden gecrackt ausgeführt. Im weniger belasteten Bereich ist das obere Pleuellager trapezähnlich ausgeführt. Damit werden das Gewicht und die Reibung weiter reduziert.

Kolben, Kolbenringe, Kolbenbolzen
Die Kolben sind aus Aluminium-Druckguss gefertigt. Der Kolbenboden ist flach ausgeführt, da auf eine Wandführung bei der inneren Gemischbildung, wie bei den EA111er Motoren üblich, verzichtet wird. Neben einem geringeren Gewicht verteilt sich auch die Verbrennungswärme gleichmäßiger über den Kolbenboden und Fehlzündungen werden vermieden. Beim Kolbenringpaket wurde das Einbauspiel vergrößert und somit die Reibung verringert.

Kurbelwellen
Bei den geringer belasteten MPI-Motoren kommen gegossene und bei den TSI-Motoren geschmiedete Kurbelwellen zum Einsatz. Des Weiteren unterscheiden sie sich in der Anzahl der Lagerstellen, den Gegengewichten und den Durchmessern der Hauptlager und Pleuellager.
Bei dem höher belasteten 1,4l-103kW-TSI-Motor ist es zum Beispiel eine geschmiedete Stahl-Kurbelwelle. Sie ist fünffach gelagert, hat vier Gegengewichte und einen Durchmesser der Haupt- und Pleuellager von 48mm. Um das Gewicht weiter zu verringern, sind die Pleuellagerzapfen hohlgebohrt. All diese Maßnahmen reduzieren die inneren Kräfte der Kurbelwelle und damit die Hauptlagerbelastung.

Der Zylinderkopf

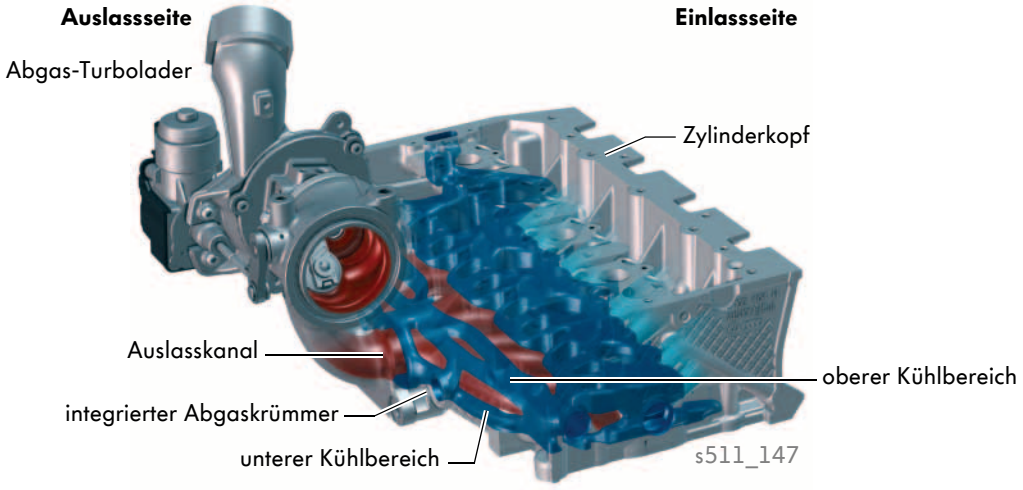
Bei der Entwicklung des Aluminium-Zylinderkopfes wurde vor allem auf die erweiterte Nutzung der Abgasenergie für einen schnellen Warmlauf des Motors geachtet.

Technische Merkmale

- 4-Ventiltechnik
- Querstromkühlung
- integrierter Abgaskrümmer
- Auslegung auf Alternativ-Kraftstoffe

Aufbau

Bei dem Querstrom-Zylinderkopf strömt das Kühlmittel von der Einlassseite über die Brennräume zur Auslassseite. Dort wird es ober- und unterhalb des Abgaskrümmers in zwei Bereiche aufgeteilt. Es strömt durch mehrere Kanäle und nimmt dabei die Wärme auf. Vom Zylinderkopf strömt es in das Kühlmittelreglergehäuse und vermischt sich mit dem restlichen Kühlmittel.



Der integrierte Abgaskrümmer
Beim integrierten Abgaskrümmer werden die vier Auslasskanäle innerhalb des Zylinderkopfes zu einem zentralen Flansch zusammengeführt. An diesen Flansch wird der Abgas-Turbolader direkt angeschraubt.

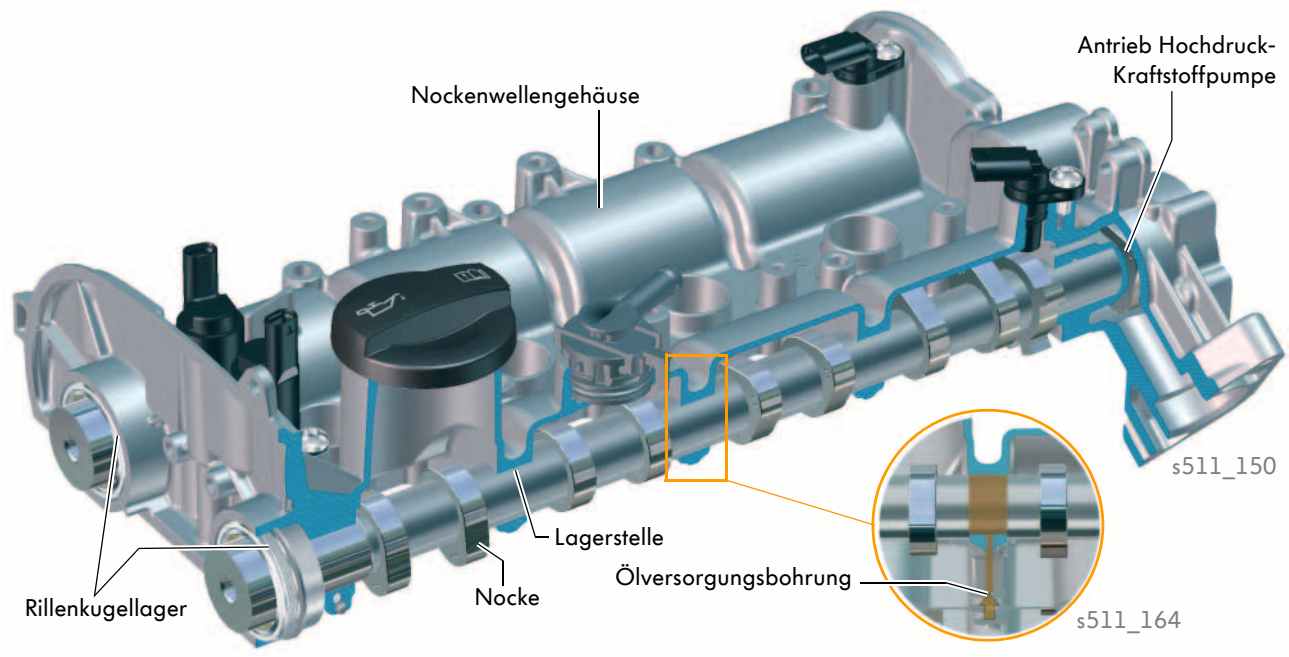
Diese Bauweise hat mehrere Vorteile:

- Das Kühlmittel wird während des Motorwarmlaufes vom Abgas erwärmt. Der Motor erreicht schneller seine Betriebstemperatur. Dadurch sinkt der Kraftstoffverbrauch und der Innenraum kann eher geheizt werden.
- Durch die kleinere abgasseitige Wandungsoberfläche bis zum Katalysator gibt das Abgas beim Warmlauf wenig Wärme ab. Dadurch wird der Katalysator trotz der Kühlung durch das Kühlmittel schneller auf Betriebstemperatur erwärmt.
- Im Volllastbetrieb wird der integrierte Abgaskrümmer und das Abgas stärker gekühlt und der Motor kann bei Volllast in einem größeren Bereich mit Lambda=1 verbrauchs- und abgasoptimiert betrieben werden.

Das Nockenwellengehäuse

Aufbau

Das Nockenwellengehäuse besteht aus Aluminium-Druckguss und bildet zusammen mit den beiden Nockenwellen ein untrennbares Modul. Bei der Modulbauweise werden die Nockenwellen direkt im Nockenwellengehäuse zusammengebaut. Da die Nocken nicht mehr durch die Lagerstellen hindurchpassen müssen, können die Lager sehr klein ausgeführt werden.



Vorteile der kleineren Lagerstellen

- eine geringere Reibung in den Lagern und
- eine höhere Steifigkeit.

Ölversorgung der Lagerstellen

Die Gleitlager werden über Ölversorgungsbohrungen mit Öl versorgt.

Rillenkugellagerung

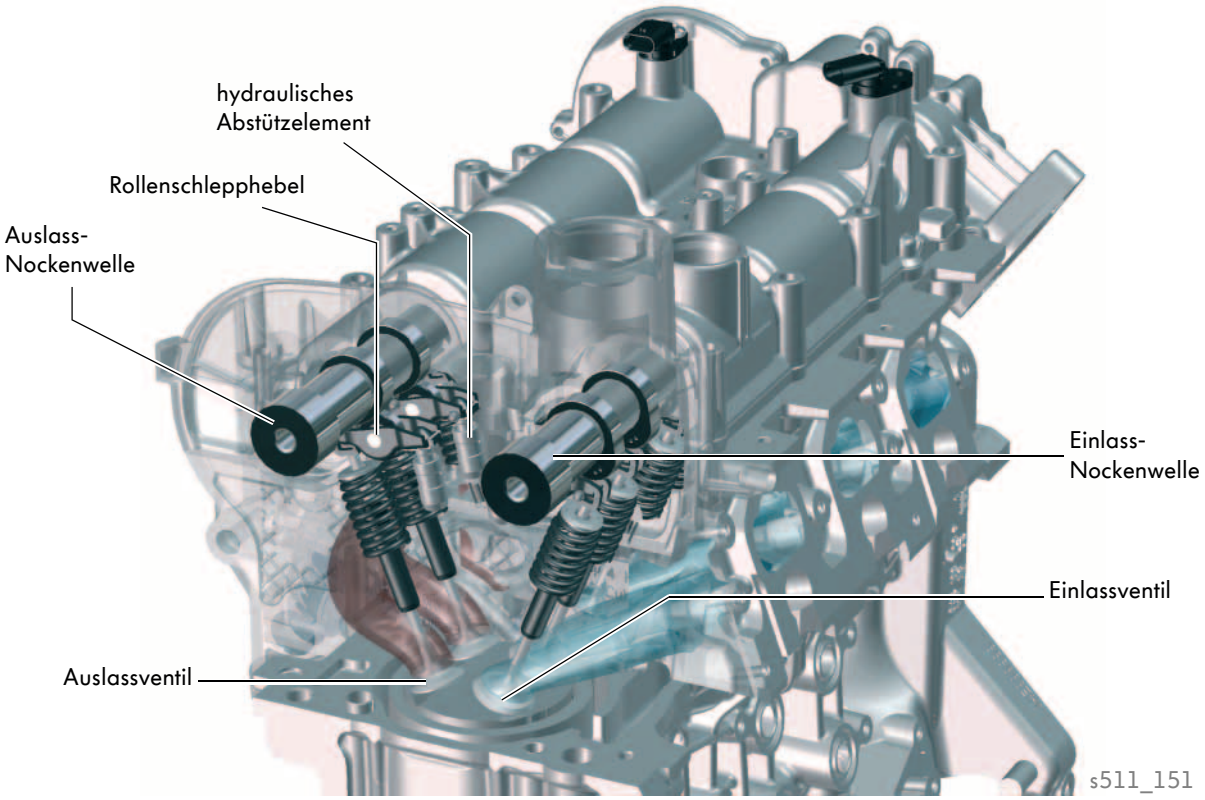
Um die Reibung zu reduzieren, ist das vom Zahnriementrieb am höchsten belastete erste Lager einer jeden Nockenwelle ein Rillenkugellager.



Im Reparaturfall wird das Nockenwellengehäuse gemeinsam mit den Nockenwellen ausgetauscht. Die Rillenkugellager sind mit einem Sprengring gesichert, können jedoch nicht getauscht werden.

Der Ventiltrieb

Die Motorenbaureihe EA211 ist generell mit 4-Ventiltechnik ausgestattet.
Dabei sind die Einlassventile in einem Winkel von 21° und die Auslassventile in einem Winkel von 22,4° hängend im Dachbrennraum angeordnet. Betätigt werden die Ventile über Rollenschlepphebel mit hydraulischen Abstützelementen.



Vorteile der 4-Ventiltechnik

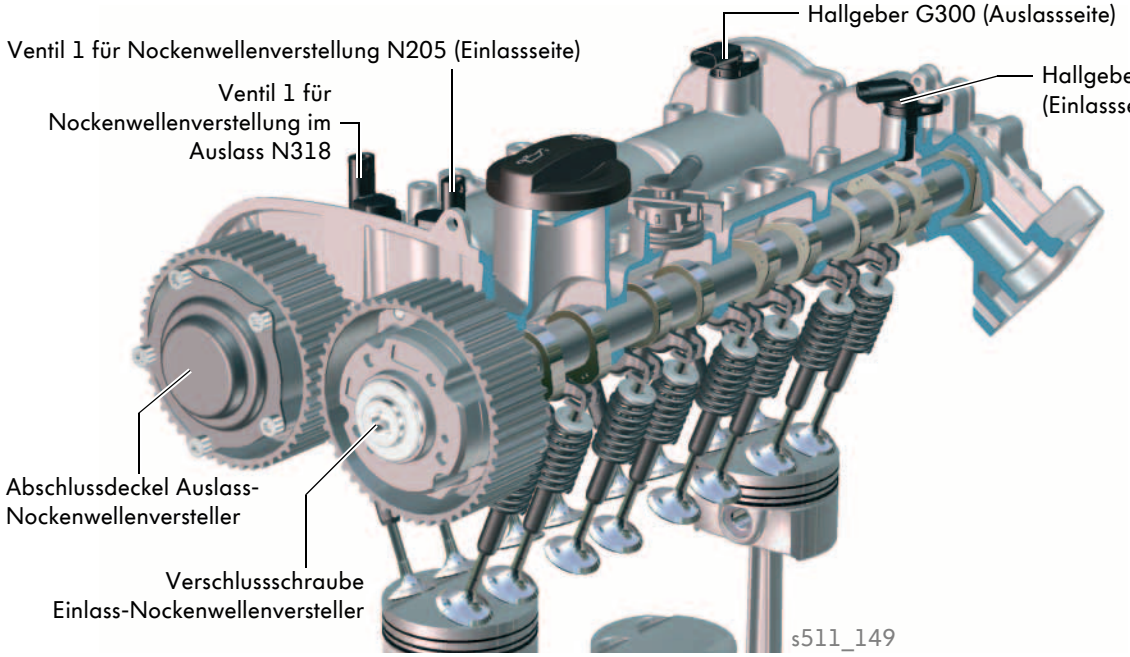
- gute Füllung und Entleerung der Zylinder
- hohe Leistungsausbeute bei kleinem Hubraum
- niedriger Kraftstoffverbrauch durch hohen Wirkungsgrad
- hohes Drehmoment und Durchzugsvermögen
- hohe Laufruhe

Weitere Merkmale

- Die Ventilschäfte sind auf einen Durchmesser von 5 mm reduziert. Dadurch ergeben sich weniger bewegte Massen und weniger Reibungsverluste durch geringere Ventilfederkräfte.
- Der Ventilsitzwinkel beträgt zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit für Alternativkraftstoffe, z. B. bei Erdgas, ein- und auslassseitig 120°.

Die Nockenwellenverstellung

Bei allen EA211er Motoren setzt eine stufenlose Einlass-Nockenwellenverstellung ein und ab einer Leistung von 103kW zusätzlich eine ebenfalls stufenlose Auslass-Nockenwellenverstellung.
Die Verstellung erfolgt last- und drehzahlabhängig durch einen Nockenwellenversteller direkt an den Nockenwellen. Verstellt werden sie über die Ventile für Nockenwellenverstellung, die direkt in den Ölkreislauf eingebunden sind. Mit den beiden Hallgebern werden die Verstellwinkel erkannt.



Varianten der Nockenwellenverstellung

Motorvariante	Einlass-Nockenwellenverstellung	Auslass-Nockenwellenverstellung
1,0l-44/50/55kW-MPI-Motor	stufenlos bis 40° Kurbelwinkel	–
1,2l-63/77kW-TSI-Motor und 1,4l-90kW-TSI-Motor	stufenlos bis 50° Kurbelwinkel	–
1,4l-103kW-TSI-Motor ohne/mit aktivem Zylindermanagement	stufenlos bis 50° Kurbelwinkel	stufenlos bis 40° Kurbelwinkel

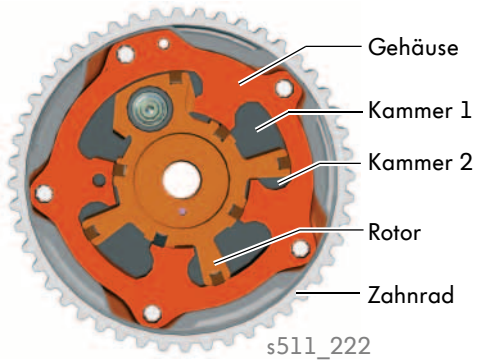
Abdichtung und Befestigung der Nockenwellenversteller
Damit kein Motoröl auf den Zahnriemen gelangt, sind die Nockenwellenversteller abgedichtet. Dafür sorgen eine Gummidichtung am Abschlussdeckel des Auslass-Nockenwellenverstellers und eine an der Verschlussschraube des Einlass-Nockenwellenverstellers.
Befestigt werden beide Nockenwellenversteller mit Befestigungsschrauben an den Nockenwellen.
Beide Schrauben besitzen ein Rechtsgewinde.

Die Einlass- und Auslass-Nockenwellenverstellung

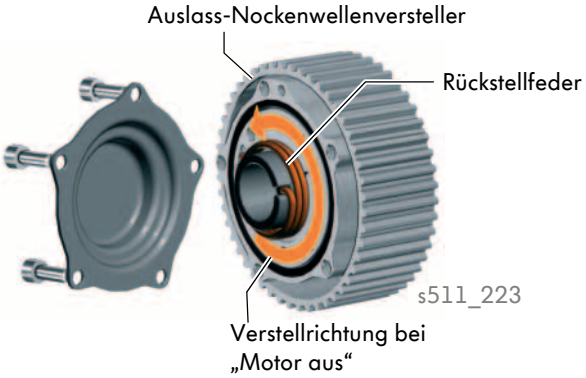
Beide Nockenwellenversteller sind vom Grundaufbau her gleich.

Besonderheiten der Nockenwellenversteller

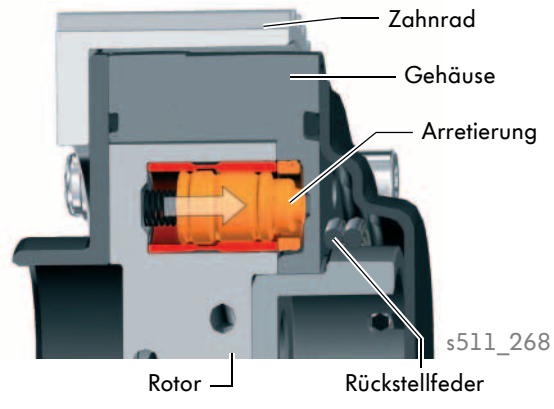
Der Flügelzellenversteller
Die Nockenwellenversteller funktionieren nach dem Flügelzellenversteller-Prinzip. Je nachdem, in welche der beiden Kammern das Öl geleitet wird, verdreht sich der Rotor und mit ihm die Nockenwelle.
Die Verstellung erfolgt stufenlos.



Rückstellung des Auslass-Nockenwellenverstellers
Für einen schnellen Motorstart dürfen keine Restgase in die Zylinder gelangen. Dazu wird beim Abschalten des Motors der Auslass-Nockenwellenversteller in der „Frühposition" und der Einlass-Nockenwellenversteller in der „Spätposition" arretiert.
Der Auslass-Nockenwellenversteller wird dabei entgegen der Motordrehrichtung verstellt. Aufgrund des großen Verstellwinkels von bis zu 40° Kurbelwinkel kann es sein, dass der Öldruck dafür allein nicht ausreicht. Eine Rückstellfeder am Auslass- Nockenwellenversteller unterstützt den Öldruck beim Verstellen in die „Frühposition".

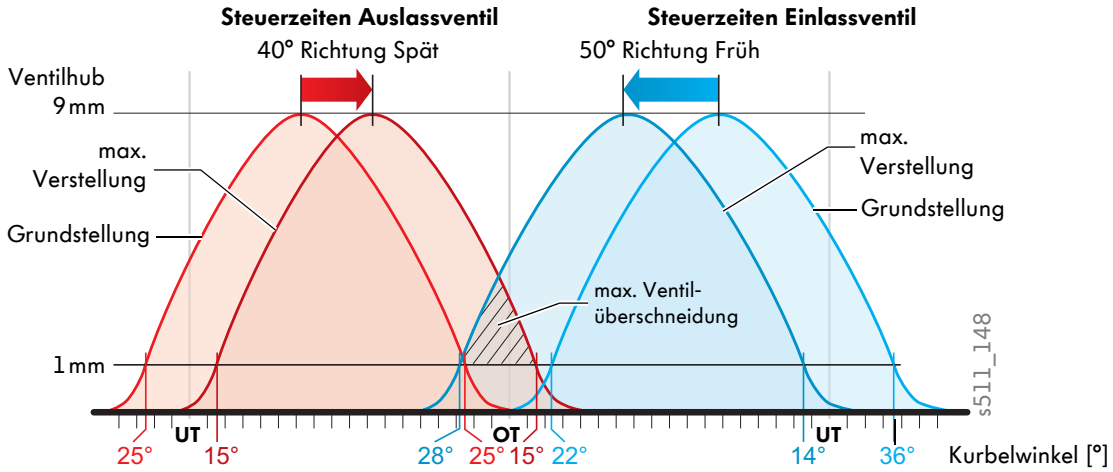


Die Arretierung
Beim Abstellen des Motors wird der Auslass-Nockenwellenversteller in der Frühposition und der Einlass-Nockenwellenversteller in der Spätposition arretiert. Dadurch wird eine Verstellung der Nockenwellen während des Startvorganges verhindert und der Motor springt schneller an. Außerdem werden Geräusche beim Motorstart verhindert.



Die Steuerzeiten

Durch den Einsatz einer Einlass- und Auslass-Nockenwellenverstellung können die Ventilsteuerzeiten noch besser an die Erfordernisse des Motors angepasst werden. Denn je nach Betriebszustand sind unterschiedliche Öffnungs- und Schließzeiten von großem Vorteil.



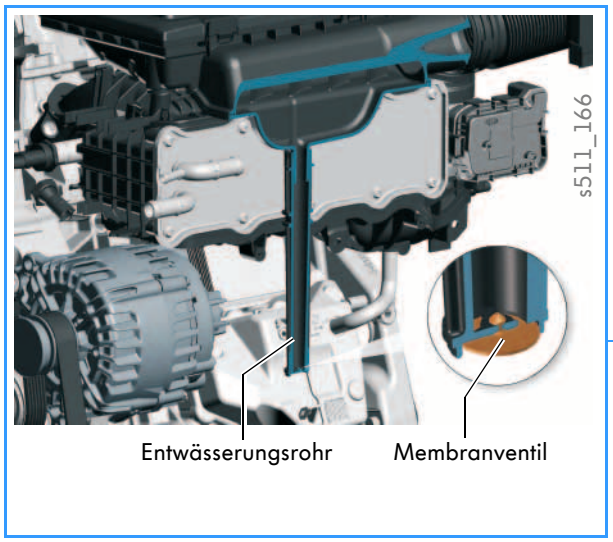
Drehzahl-/ Lastbereich	**Druckverhältnis Saugrohr/ Abgasanlage**	**Ventilüber-schneidung**	**Auswirkungen**
Leerlauf	Saugrohrdruck geringer als Abgasgegendruck	keine	- Sehr wenig Restgase im Zylinder, dadurch gute Laufruhe.
niedrige Drehzahl/ niedrige bis mittlere Last	Saugrohrdruck geringer als Abgasgegendruck	groß	- Restgase werden aus Abgasanlage in den Zylinder gesaugt. - Zur Versorgung mit ausreichend Frischluft für das angeforderte Drehmoment wird die Drosselklappe weiter geöffnet. - Der Motor wird entdrosselt, der Kraftstoffverbrauch sinkt.
niedrige Drehzahl/ hohe Last	Saugrohrdruck aufgrund Ladedruck höher als Abgasgegendruck	groß	- Frischluft wird in den Zylinder hinein-, Restgase werden herausgedrückt. - Durch geringen Restgasanteil wird das Nenndrehmoment bei geringer Drehzahl erreicht. - Verbessertes Ansprechverhalten des Abgas-Turboladers und geringere Klopfneigung.
mittlere Drehzahl/ mittlere Last	Ladedruck annähernd gleich Abgasgegendruck	gering	- Bei gleichen Druckverhältnissen ist eine größere Ventilüberschneidung nicht sinnvoll.
hohe Drehzahl/ hohe Last	Ladedruck geringer als Abgasgegendruck	gering	- Kein Zurückdrücken von Restgasen trotz hohem Abgasgegendruck, dadurch keine nachteilige Gemischbildung.

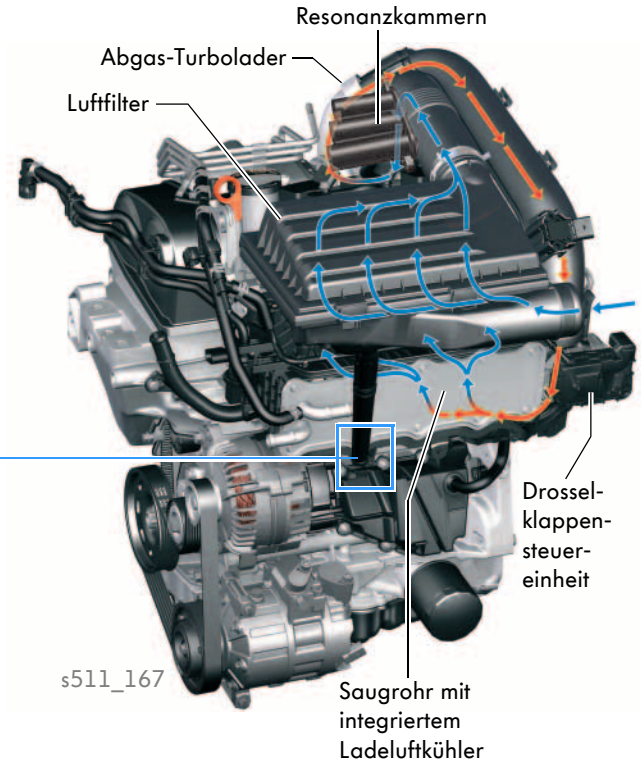
Die Luftführung

Die Frischluft wird über den direkt am Motor sitzenden Luftfilter, den Abgas-Turbolader, die Drosselkappensteuereinheit, das Saugrohr mit integriertem Ladeluftkühler, die Einlasskanäle und die Einlassventile in die Zylinder geführt.

Besonderheiten der Luftführung

- Das Ansaugrohr hat Resonanzkammern mit denen die beim Ansaugvorgang entstehenden Schwingungen im Ansaugsystem verringert werden. Je nach Frequenz können solche Schwingungen zu unterschiedlichen Geräuschen führen.
- Die Einlasskanäle wurden so gestaltet, dass sie für eine gute Ladungsbewegung bei geringem Durchflusswiderstand sorgen.
- Die Ladeluftkühlung erfolgt durch einen mit Kühlmittel durchströmten Ladeluftkühler im Saugrohr.
- Beim 1,4l-103kW-TSI-Motor mit aktivem Zylindermanagement des Polo Blue GT ist am Luftfilter ein Stutzen angebracht, in dem sich Kondenswasser sammelt und ab einer bestimmten Menge über eine Membrane abtropft.

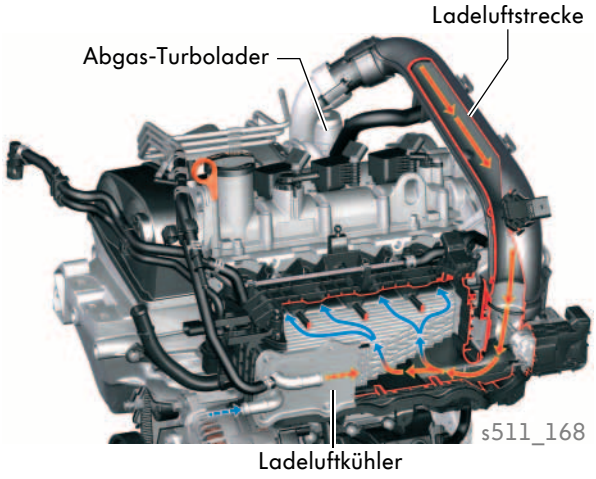




Die Abgas-Turboaufladung

Bei den TSI-Motoren der EA211er Motorenbaureihe erfolgt die Aufladung mit einem Abgas-Turbolader. Dabei erfolgte die Auslegung auf ein hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen und ein schnelles Ansprechverhalten. So erreicht der 1,4l-103kW-TSI-Motor sein maximales Drehmoment von 250Nm bereits bei 1500 1/min.

Die Besonderheit der Ladeluftstrecke ist ihre kompakte Auslegung. Der Abgas-Turbolader muss dadurch ein geringeres Volumen verdichten und der erforderliche Ladedruck wird schneller erreicht.

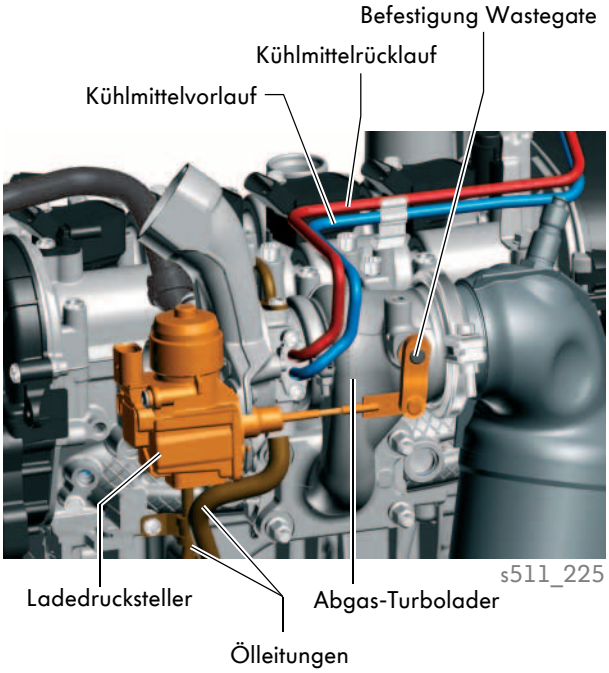


Der Abgas-Turbolader

Jeder Abgas-Turbolader wurde für den jeweiligen Motor und die entsprechende Leistung neu entwickelt. Während der Grundaufbau mit der Luftführung, der Schmierung oder der Kühlung bei allen Varianten gleich ist, unterscheiden sie sich hauptsächlich in den Abmessungen der Turbinen- und Verdichterräder. Eine weitere Unterscheidung gibt es bei den Ladedruckstellern. Sie können einzeln ersetzt werden, sind aber je nach Motor in der Befestigung am Wastegate und bei der Grundeinstellung nach dem Austausch unterschiedlich.

Besonderheiten am Abgas-Turbolader:

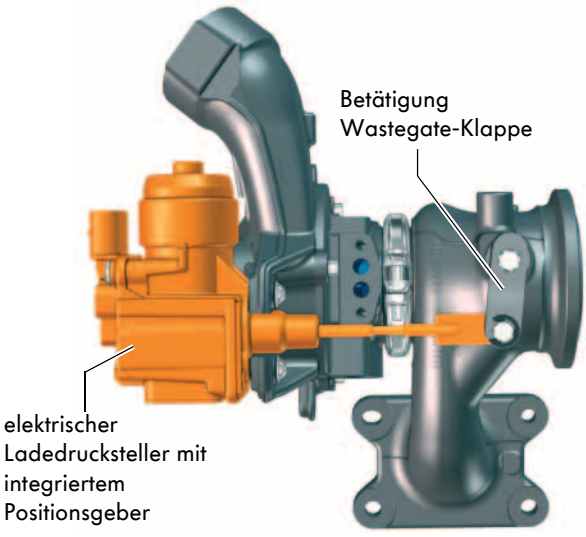
- kleine Turbinen- und Verdichterraddurchmesser mit entsprechend geringen Massenträgheitsmomenten
- Material bis auf eine maximale Abgastemperatur von 950°C ausgelegt
- Einbindung in den Kühlkreislauf der Ladeluftkühlung um nach dem Abschalten des Motors die Temperaturen an der Wellenlagerung gering zu halten
- Anschluss zur Schmierung und zum Kühlen der Wellenlagerung an den Ölkreislauf
- Ansteuerung des Wastegate zur Ladedruckregelung durch einen elektrischen Ladedrucksteller mit integriertem Positionsgeber



Der Ladedrucksteller V465

Vorteile des elektrischen Ladedruckstellers gegenüber einem pneumatischen Magnetventil für Ladedruck-begrenzung sind:

- Eine schnelle Verstellzeit und damit ein schnellerer Ladedruckaufbau.
- Eine hohe Betätigungskraft, wodurch das Wastegate auch bei hohen Abgasmassenströmen sicher geschlossen bleibt, um den Soll-Ladedruck zu erreichen.
- Das Wastegate kann unabhängig vom Ladedruck betätigt werden. Dadurch kann es im unteren Last-/Drehzahlbereich geöffnet werden. Der Grundladedruck sinkt und der Motor muss eine geringere Ladungswechselarbeit verrichten.



s511_224



Weitere Informationen zum elektrischen Ladedrucksteller V465 finden Sie im Selbststudienprogramm Nr. 443 „Der 1,2l-77kW-TSI-Motor mit Turboaufladung".

Varianten der Abgas-Turbolader

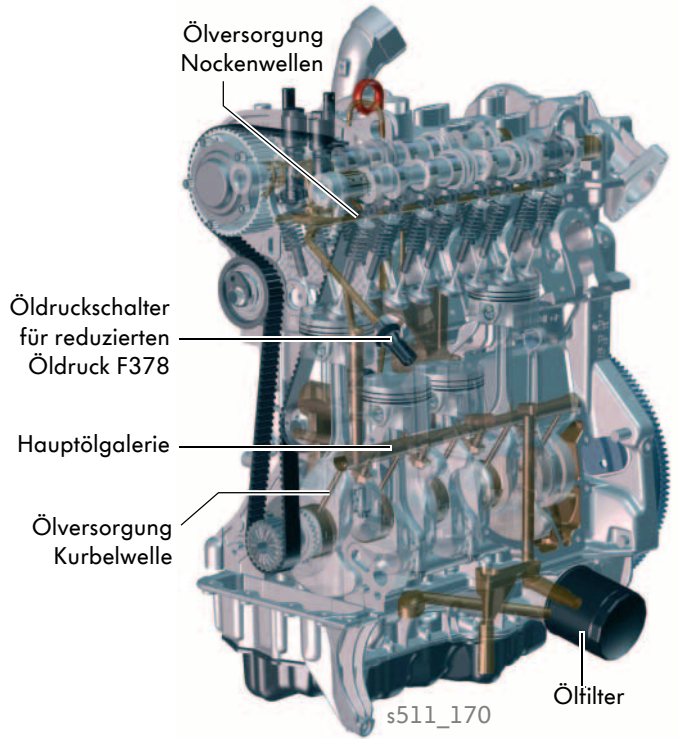
Motorvariante	Durchmesser Turbinenrad	Durchmesser Verdichterrad	max. Ladedruck nach Kennfeld	Adaption Ladedrucksteller
1,2l-63kW/ 77kW-TSI	33,6mm	36mm	1,7bar (63kW) 1,9 bar (77 kW)	Fahrzeugdiagnosetester
1,4l-90kW-TSI	37mm	40mm	1,8bar	Voreinstellung Gewindestange, Fahrzeugdiagnosetester
1,4l-103kW-TSI mit/ohne ACT	39,2mm	41mm	2,2bar	Fahrzeugdiagnosetester

Der Ölkreislauf

Der Ölkreislauf, das heißt, der Weg auf dem das Öl durch den Motor geleitet wird, ist bei allen Motoren der neuen Motorenbaureihe EA211 sehr ähnlich.

Unterschiede gibt es:

- nach Art und Antrieb der Ölpumpe,
- nach Art der Öldruckregelung,
- ob ein Ölkühler verbaut ist und
- ob ein Abgas-Turbolader vorhanden ist.



In der Tabelle sehen Sie, bei welchen Motoren welche Ölpumpe einsetzt, wie sie angetrieben wird und wie der Druck geregelt wird.

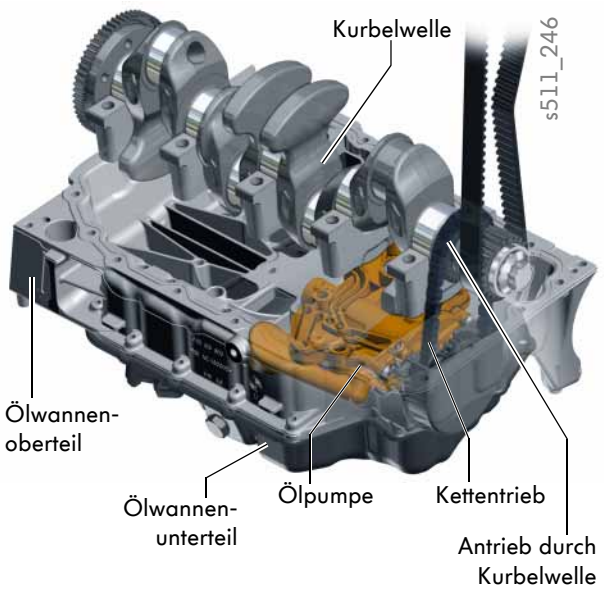
Motorvariante	**Art der Ölpumpe/Antrieb**	**Art der Regelung**
1,0l-44/50/55kW-MPI-Motor und 1,2l-63kW/77kW-TSI-Motor	Duo-Centric-Ölpumpe Antrieb direkt von der Kurbelwelle	Ein Druckregelventil im Ölpumpengehäuse regelt den Öldruck konstant auf circa 3,5bar. Die geförderte Ölmenge ist von der Motordrehzahl abhängig.
1,4l-90kW/103kW-TSI-Motor	Außenzahnrad-Ölpumpe Antrieb über einen Kettentrieb von der Kurbelwelle	Über die Ölpumpe wird last- und drehzahlabhängig die geförderte Ölmenge angepasst. Damit erfolgt eine zweistufige Öldruckregelung auf 1,8bzw. 3,3bar.



Nähere Informationen zur Duo-Centric Kurbelwellenölpumpe finden Sie in den Selbststudienprogrammen Nr. 508 „Der 1,0l-44/55kW-MPI-Motor mit Saugrohreinspritzung” und Nr. 196 „Der 1,4l-16V-55kW-Motor”.

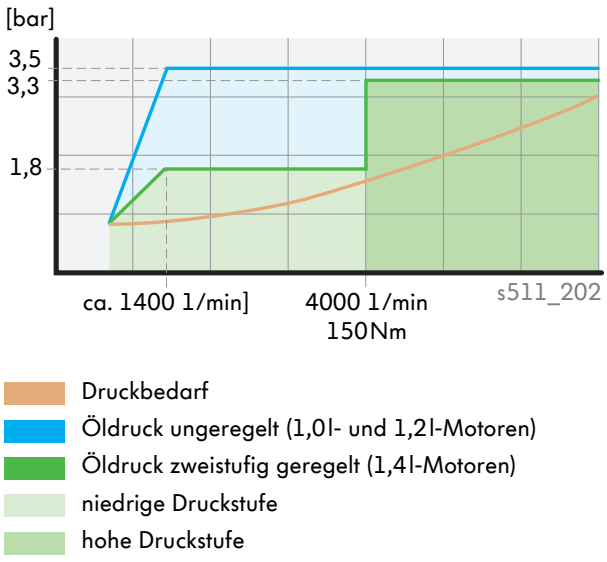
Die Außenzahnrad-Ölpumpe

Bei den 1,4l-TSI-Motoren setzt eine Außenzahnrad-Ölpumpe ein. Ihre Arbeitsweise ist sehr wirtschaftlich und trägt damit zur Kraftstoffeinsparung und CO_2-Reduzierung bei.
Die Ölpumpe ist am Ölwannenoberteil verschraubt und arbeitet last- und drehzahlabhängig in zwei Druckstufen mit ca. 1,8 und 3,3bar.
Angetrieben wird sie von der Kurbelwelle über einen wartungsfreien Kettentrieb ohne Kettenspanner.
Der jeweilige Öldruck wird über die geförderte Ölmenge geregelt.



Vorteile der zweistufigen Öldruck- und Ölmengenregelung

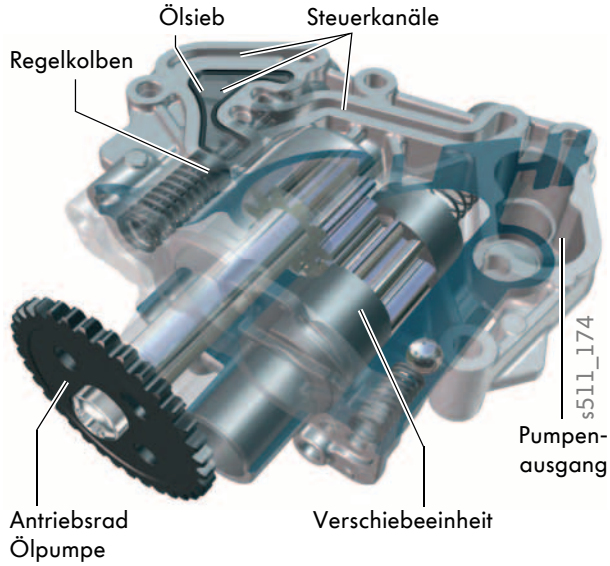
- Die Antriebsleistung der Ölpumpe wird verringert, weil die Ölpumpe nur so viel fördert, wie benötigt wird.
- Der Ölverschleiß wird verringert, weil weniger Öl umgewälzt werden muss.



Die Bauteile der zweistufigen Öldruckregelung

Außenzahnrad-Ölpumpe

Das Gehäuse und der Gehäusedeckel bestehen aus Aluminium und besitzen mehrere Steuerkanäle zur Öldruckregelung. Je nachdem, wie der Regelkolben und die Verschiebeeinheit über die Steuerkanäle mit Öl aus dem Ölkreislauf beaufschlagt werden, verändert sich die Ölfördermenge und der Öldruck.

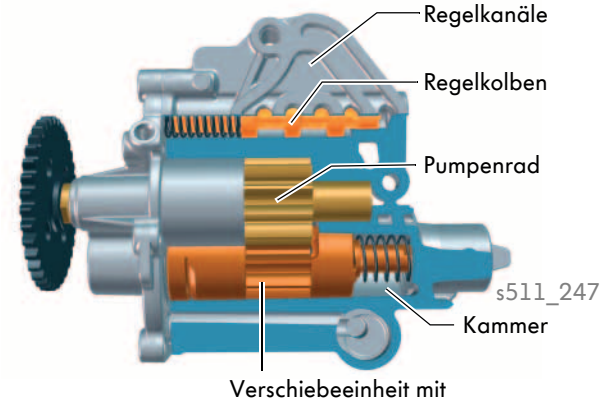


Der Regelkolben und die Verschiebeeinheit

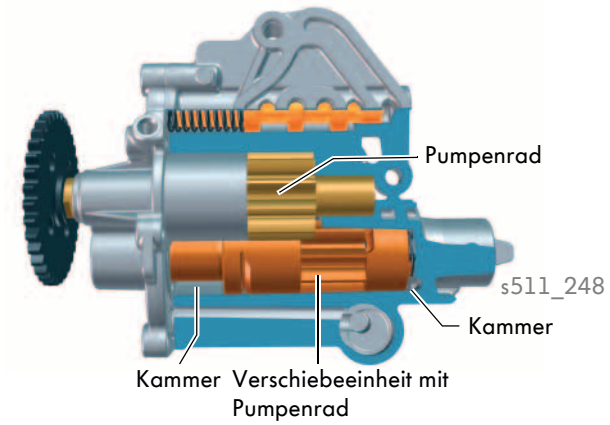
Die eigentliche Ölförderung erfolgt durch zwei ineinander greifende Zahnräder (Pumpenräder).
Ein Pumpenrad sitzt auf der Antriebswelle, die über einen Kettentrieb von der Kurbelwelle aus angetrieben wird.
Das zweite Pumpenrad sitzt auf einer in Längsrichtung verschiebbaren Welle. Pumpenrad und Welle bilden die Verschiebeeinheit.

Durch die Verschiebeeinheit werden die Fördermenge und der Förderdruck im Ölkreislauf gezielt beeinflusst.
Die Position der Verschiebeeinheit wird durch das anliegende Druckverhältnis in den Kammern links und rechts der Verschiebeeinheit bestimmt.
Das Druckverhältnis hängt wiederum von der Ansteuerung des Regelkolbens ab.

Stellung Verschiebeeinheit max. Ölmengenförderung



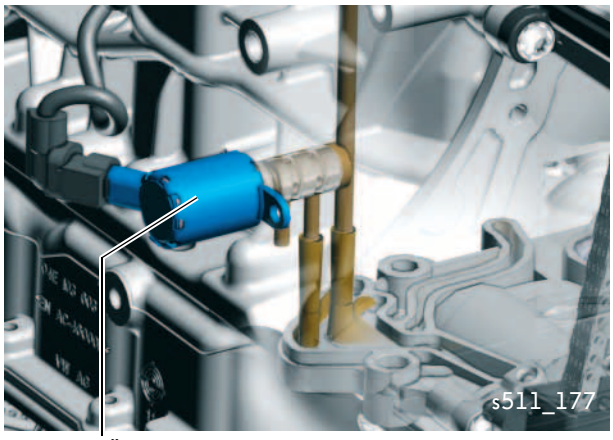
Stellung Verschiebeeinheit min. Ölmengenförderung



Ventil für Öldruckregelung N428

Das Ventil für Öldruckregelung wird last- und drehzahlabhängig vom Motorsteuergerät mit einem Massesignal angesteuert. Mit dem Ventil wird zwischen den beiden Öldruckstufen geschaltet, indem verschiedene Steuerkanäle der Ölpumpe im Wechsel mit Öl versorgt werden.

Das Ventil besitzt die folgenden Schaltzustände:
- Wird das Ventil angesteuert, öffnet es den Steuerkanal zur Ölpumpe und sie fördert in der niedrigen Öldruckstufe mit 1,8 bar.
- Wird das Ventil nicht angesteuert, wird der Kanal durch Federkraft verschlossen und die Ölpumpe fördert in der hohen Öldruckstufe mit 3,3 bar.

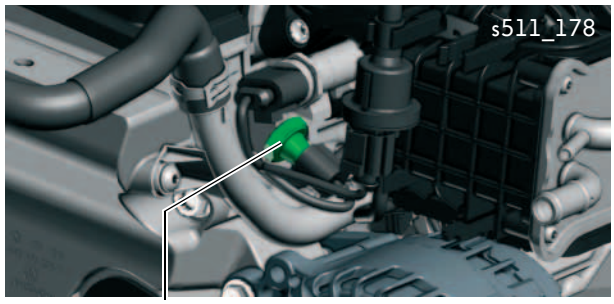


Ventil für Öldruckregelung N428

Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378 und Öldruckschalter F1

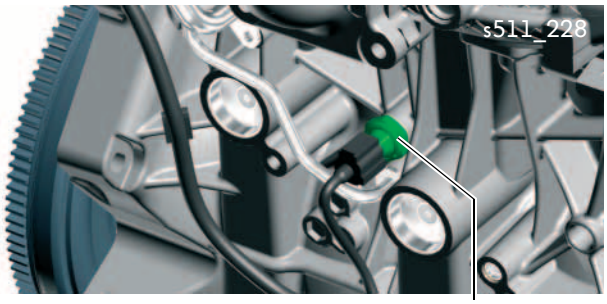
Mit den beiden Öldruckschaltern überwacht das Motorsteuergerät den Öldruck in der jeweiligen Öldruckstufe. Unterschreitet der Öldruck eine bestimmte Schwelle, öffnet der entsprechende Öldruckschalter und das Motorsteuergerät erhält ein Signal. Dieses sendet daraufhin eine Botschaft auf den CAN-Datenbus und die Kontrollleuchte für Öldruck K3 im Schalttafeleinsatz wird eingeschaltet.

Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378
Er ist auf der Saugseite in der Nähe des Zahnriemens in den Zylinderkopf eingeschraubt. Mit ihm wird überprüft, ob der Mindestöldruck anliegt.



Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

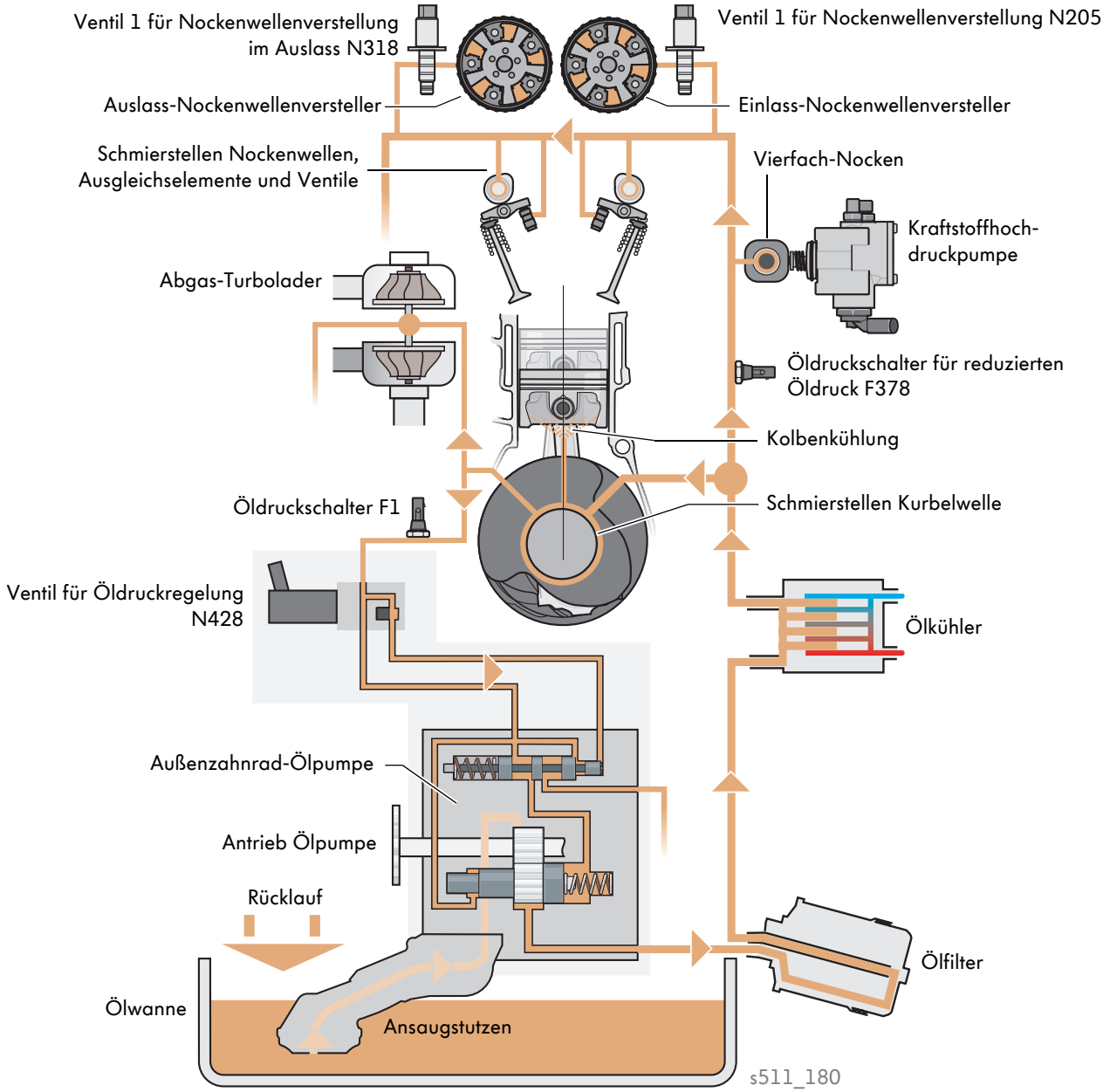
Öldruckschalter F1
Er ist auf der Abgasseite mittig in den Zylinderblock eingeschraubt. Hat das Motorsteuergerät in die hohe Öldruckstufe umgeschaltet, wird mit ihm der hohe Öldruck überwacht.



Öldruckschalter F1

Die Öldruckregelung

Bereits bei den geregelten Duo-Centric-Ölpumpen der EA111er Ottomotoren-Baureihe wurde die Antriebsleistung gegenüber einer ungeregelten Ölpumpe deutlich reduziert. Von ihr wurde über den gesamten Drehzahlbereich nur so viel Öl gefördert, wie benötigt wurde, um den Öldruck konstant bei 3,5 bar zu halten.
Mit den für die EA211er Motorenbaureihe neuen Ölpumpen wird der Öldruck drehzahl- und lastabhängig zweistufig geregelt. Vor allem im unteren bis mittleren Drehzahl-/Lastbereich sinkt die Antriebsleistung, da hier der Öldruck nur ca. 1,8 bar beträgt. Deshalb muss von der Ölpumpe weniger Öl gefördert werden.



Der Funktionsablauf der Öldruckregelung

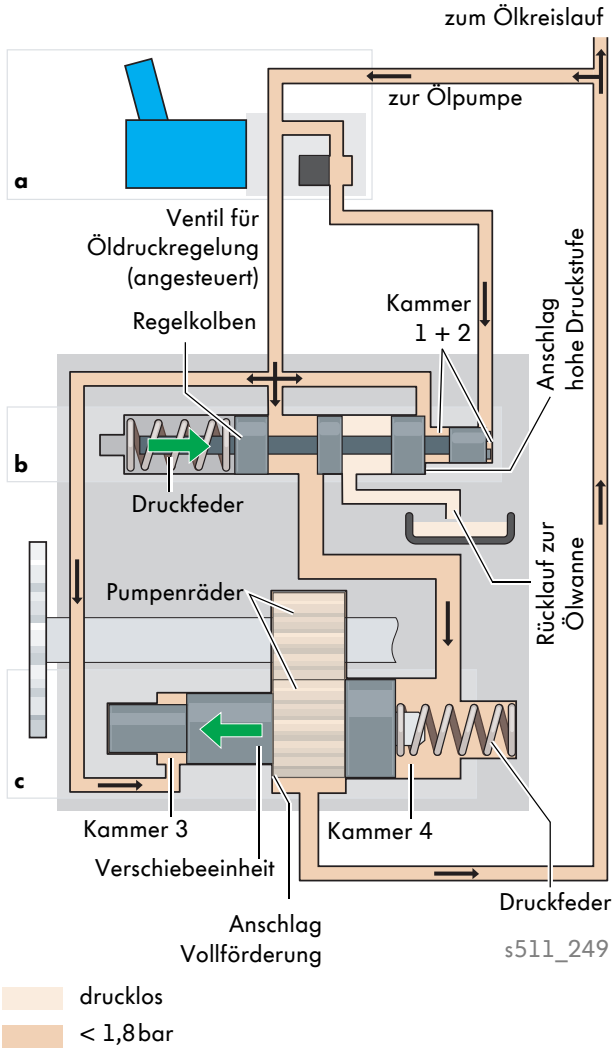
Die Höhe des Öldruckes wird durch die geförderte Ölmenge eingestellt. Wie viel Öl gefördert wird, ist dabei von der Stellung der Verschiebeeinheit, wie weit sich die beiden Pumpenräder gegenüberstehen und der Motordrehzahl abhängig.

Druckaufbau vom Motorstart bis ca. 1,8 bar
Nach dem Motorstart muss schnellstmöglich der erforderliche Öldruck aufgebaut werden. Die beiden Pumpenräder stehen sich vollständig gegenüber und die bei der Motordrehzahl maximale Ölmenge wird in den Ölkreislauf gefördert.

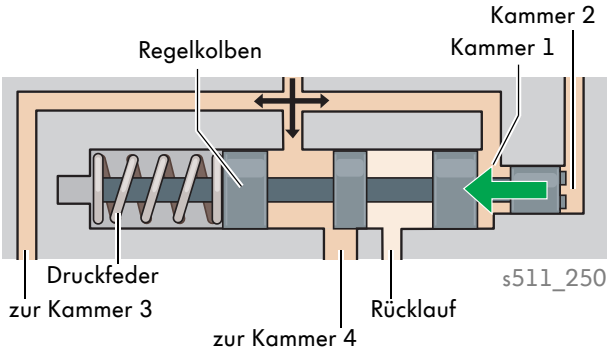
a) Das Ventil für Öldruckregelung wird vom Motorsteuergerät mit Masse angesteuert und öffnet den Steuerkanal zur Kammer 2.

b) Der Regelkolben wird durch die Druckfeder an den Anschlag der hohen Druckstufe gedrückt.

c) Der Öldruck in den Kammern 3 und 4 beträgt weniger als 1,8 bar und hat keinen Einfluss auf die Stellung der Verschiebeeinheit. Die Druckfeder drückt die Verschiebeeinheit gegen den Anschlag Vollförderung.



Motordrehzahl steigt
Mit steigender Drehzahl fördert die Ölpumpe mehr Öl und der Öldruck steigt. Gleichzeitig steigt auch der Druck in den Kammern 1 und 2 des Regelkolbens und er wird gegen die Federkraft nach links verschoben. Da der Druck in den Kammern 3 und 4 der Verschiebeeinheit noch immer unter 1,8 bar beträgt, bleibt die Verschiebeeinheit im Anschlag Vollförderung.



Niedrige Druckstufe – ca. 1,8 bar

Bei ca. 1400 1/min erreicht der Öldruck die untere Druckstufe von ca. 1,8 bar. Dieser Druck wird bis 4000 1/min beziehungsweise 150 Nm konstant gehalten.

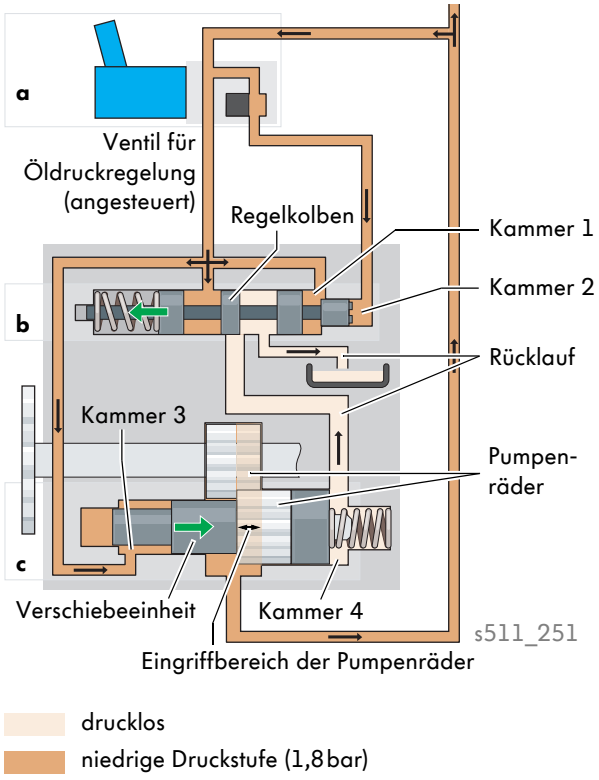
Mit steigender Motordrehzahl würden auch die Ölfördermenge und der Öldruck ansteigen, während sie bei sinkender Motordrehzahl absinken würden.

Öldruckregelung bei einem über 1,8 bar steigenden Öldruck

a) Das Ventil für Öldruckregelung wird vom Motorsteuergerät mit Masse angesteuert und öffnet den Steuerkanal zur Kammer 2.

b) Durch die steigende Motordrehzahl erhöht sich der Druck in den Kammern 1 und 2 auf über 1,8 bar und der Regelkolben wird gegen die Federkraft nach links verschoben. Der Weg von Kammer 4 zum Rücklauf in die Ölwanne wird freigegeben.

c) Der Druck in Kammer 3 steigt über 1,8 bar und verschiebt die Verschiebeeinheit gegen die Federkraft etwas nach rechts. Das Öl aus der Kammer 4 wird zurück in die Ölwanne gedrückt. Die Pumpenräder greifen nicht mehr soweit ineinander, die geförderte Ölmenge und damit der Öldruck sinken.

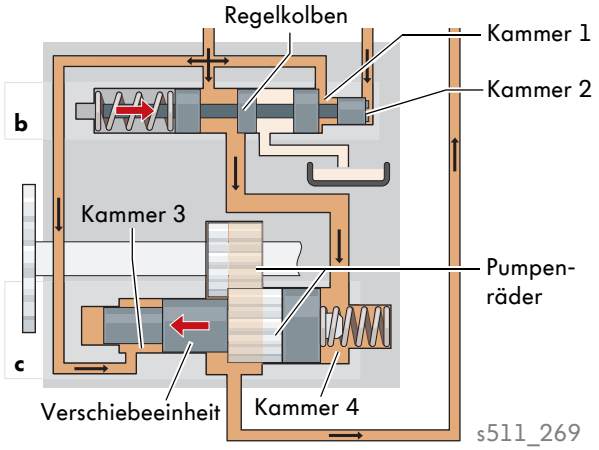


Öldruckregelung bei einem unter 1,8 bar fallenden Öldruck

a) Das Ventil für Öldruckregelung ist weiterhin offen.

b) Mit sinkender Motordrehzahl sinkt der Druck in den Kammern 1 und 2 unter 1,8 bar und der Regelkolben wird von der Federkraft nach rechts verschoben. Der Weg vom Ölkreislauf zur Kammer 4 der Verschiebeeinheit wird freigegeben.

c) Der Druck in den Kammern 3 und 4 ist nun wieder gleich groß. Zusammen mit der Federkraft wird die Verschiebeeinheit etwas nach links verschoben. Die Pumpenräder greifen weiter ineinander, die geförderte Ölmenge und damit der Öldruck steigen.



Umschalten auf hohe Druckstufe – ca. 3,3 bar

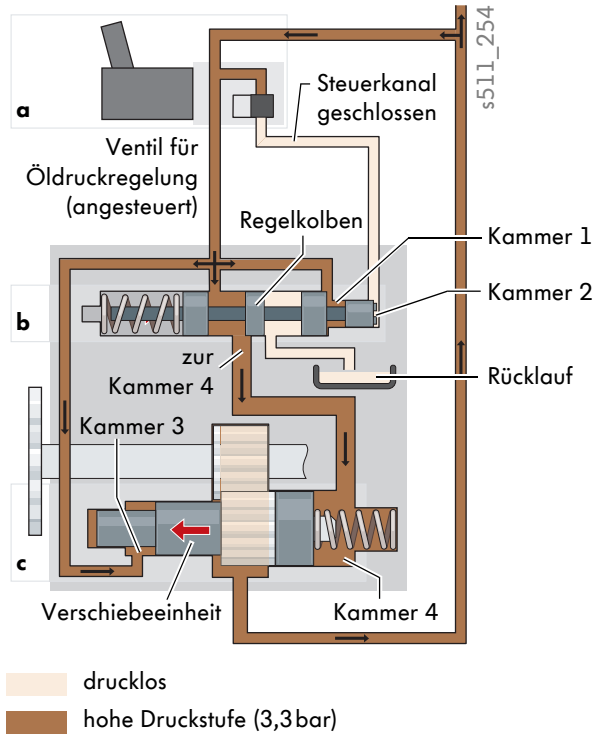
Bei einer Drehzahl von 4000 1/min oder einer Motorlast von 150 Nm wird auf die hohe Druckstufe mit ca. 3,3 bar umgeschaltet. Um den höheren Druck zu erreichen, wird die geförderte Ölmenge erhöht.

Stellung Umschalten auf hohe Druckstufe

a) Das Ventil für Öldruckregelung wird vom Motorsteuergerät nicht mehr angesteuert und verschließt den Steuerkanal zur Kammer 2.

b) Durch den fehlenden Öldruck in der Kammer 2 wird der Regelkolben von der Druckfeder weit nach rechts verschoben und gibt einen großen Querschnitt zur Kammer 4 frei.

c) Der Öldruck in Kammer 4 der Verschiebeeinheit steigt an und verschiebt diese zusammen mit der Druckfeder weit nach links. Die beiden Pumpenräder greifen nun sehr weit ineinander, fördern mehr Öl und der Öldruck steigt an.



Zurückschalten auf die niedrige Druckstufe

Um auf die niedrige Druckstufe zurückzuschalten wird das Ventil für Öldruckregelung wieder mit Masse angesteuert und es öffnet den Steuerkanal zur Kammer 2. Der Öldruck in den Kammern 1 und 2 verschiebt den Regelkolben gegen die Federkraft nach links, verschließt den Steuerkanal zur Kammer 4 und öffnet den Rücklauf zur Ölwanne. Dadurch sinkt der Öldruck in Kammer 4 und die Verschiebeeinheit wird vom höheren Öldruck in Kammer 3 nach rechts verschoben. Die Pumpenräder greifen weniger ineinander, die Ölfördermenge und der Öldruck sinken.

Hohe Druckstufe – ca. 3,3bar

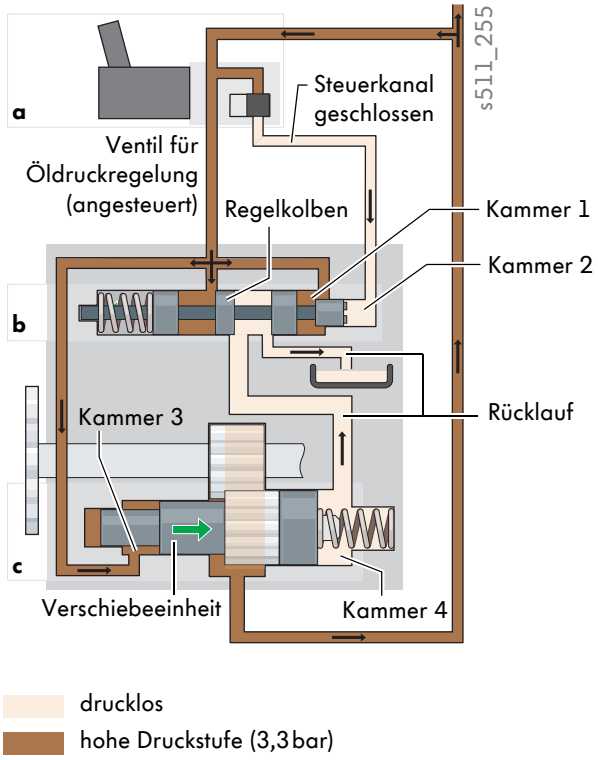
Wie schon bei der niedrigen Druckstufe wird auch bei der hohen Druckstufe der Öldruck auf konstant 3,3bar geregelt. Mit steigender Motordrehzahl würden auch die geförderte Ölmenge und der Öldruck weiter ansteigen. Um den Öldruck bei konstant 3,3 bar zu halten, wird die Ölfördermenge angepasst. Die Regelung auf den konstanten Öldruck erfolgt genauso wie in der niedrigen Druckstufe.

Öldruckregelung bei einem über 3,3bar steigenden Öldruck

a) Das Ventil für Öldruckregelung wird vom Motorsteuergerät nicht angesteuert und verschließt den Steuerkanal zur Kammer 2.

b) Der Öldruck in der Kammer 1 ist nun so groß, dass er den Regelkolben gegen die Federkraft nach links verschiebt und den Rücklaufkanal von Kammer 4 zur Ölwanne öffnet.

c) Der Druck in Kammer 4 sinkt und die Verschiebeeinheit wird durch den hohen Öldruck in Kammer 3 gegen die Druckfeder nach rechts verschoben. Die Pumpenräder greifen nicht mehr soweit ineinander, fördern weniger Öl und der Öldruck sinkt auf ca. 3,3bar.



Öldruckregelung bei einem unter 3,3bar fallenden Öldruck

Fällt der Öldruck, zum Beispiel durch eine sinkende Motordrehzahl, unter 3,3bar erfolgt grundsätzlich die gleiche Regelung wie in der niedrigen Druckstufe. Die Regelung auf einen konstanten Druck ist in beiden Druckstufen ein fortlaufender Prozess:

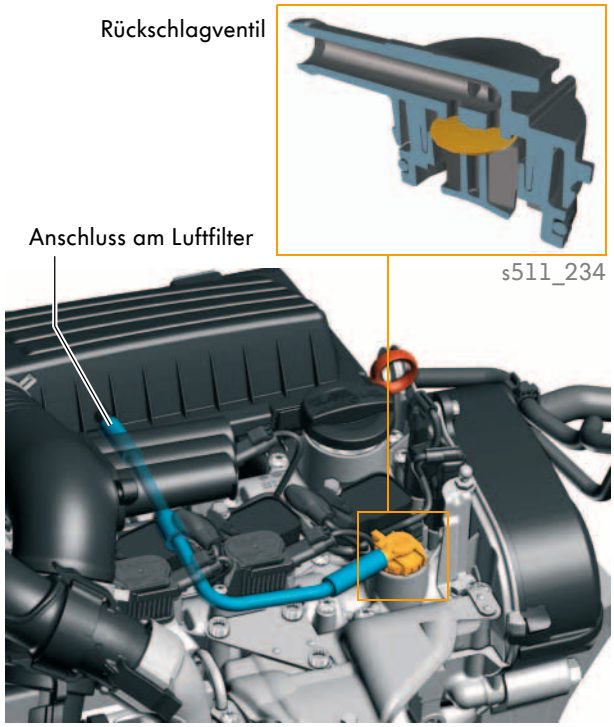
- Bei zu niedrigem Öldruck öffnet der Steuerkanal vom Ölkreislauf zur Kammer 4 an der Verschiebeeinheit. Durch nachströmendes Öl wird sie so verschoben, dass die Pumpenräder weiter ineinander greifen, mehr Öl gefördert wird und der Öldruck steigt.
- Bei zu hohem Öldruck öffnet der Rücklauf von Kammer 4 zur Ölwanne. Durch das zurückströmende Öl wird die Verschiebeeinheit so verschoben, dass die Pumpenräder nicht so weit ineinander greifen, weniger Öl gefördert wird und der Öldruck sinkt.

Die Kurbelgehäusebe- und entlüftung

Die Kurbelgehäusebe- und -entlüftung muss sicherstellen, dass:
- im Kurzstreckenbetrieb die Kondenswasserbildung im Öl gering ist und so ein Einfrieren der Kurbelgehäuseentlüftung verhindert wird und
- unter allen Betriebsbedingungen keine Öldämpfe und unverbrannte Kohlenwasserstoffe in die Umwelt gelangen.

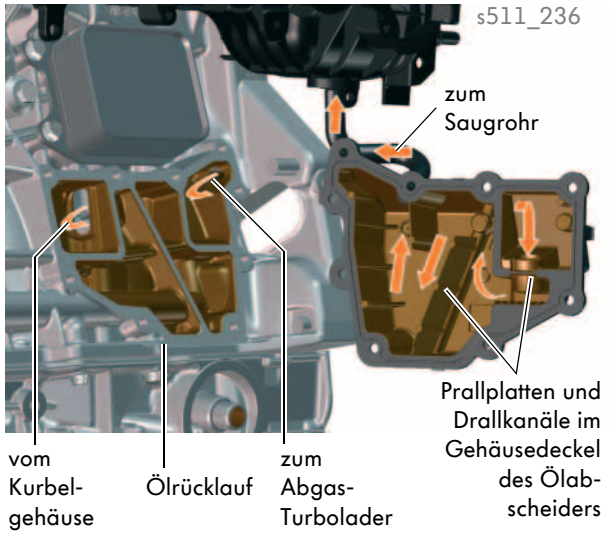
Die Kurbelgehäusebelüftung

Mit der Kurbelgehäusebelüftung wird eine Durchspülung des Kurbelgehäuses mit Frischluft erzielt und damit die Kondenswasserbildung im Öl verringert. Die Belüftung mit Frischluft erfolgt über einen Schlauch vom Luftfilter zum Rückschlagventil am Nockenwellengehäuse.
Das Rückschlagventil verhindert, dass Öl oder ungefilterte Blow-by-Gase in den Luftfilter gelangen. Entsteht im Kurbelgehäuse ein zu großer Druck, öffnet es und gibt den Weg zum Luftfilter frei. Dadurch werden Beschädigungen an Dichtungen durch zu hohe Drücke ausgeschlossen.



Die Kurbelgehäuseentlüftung

Die Gase strömen vom Kurbelgehäuse in den Ölabscheider. Dort werden in der Grobölabscheidung durch Prallplatten und Drallkanäle zuerst die großen Öltröpfchen von den Gasen getrennt, anschließend in der Feinölabscheidung durch kleinere Drallkanäle die kleinen Öltröpfchen. Eine Drosselbohrung im Gehäuse des Ölabscheiders zum Saugrohr begrenzt den Durchsatz bei einem zu hohen Unterdruck im Saugrohr.
Nach dem Ölabscheider gelangen die Gase zur Einleitstelle am Saugrohr oder am Abgas-Turbolader.



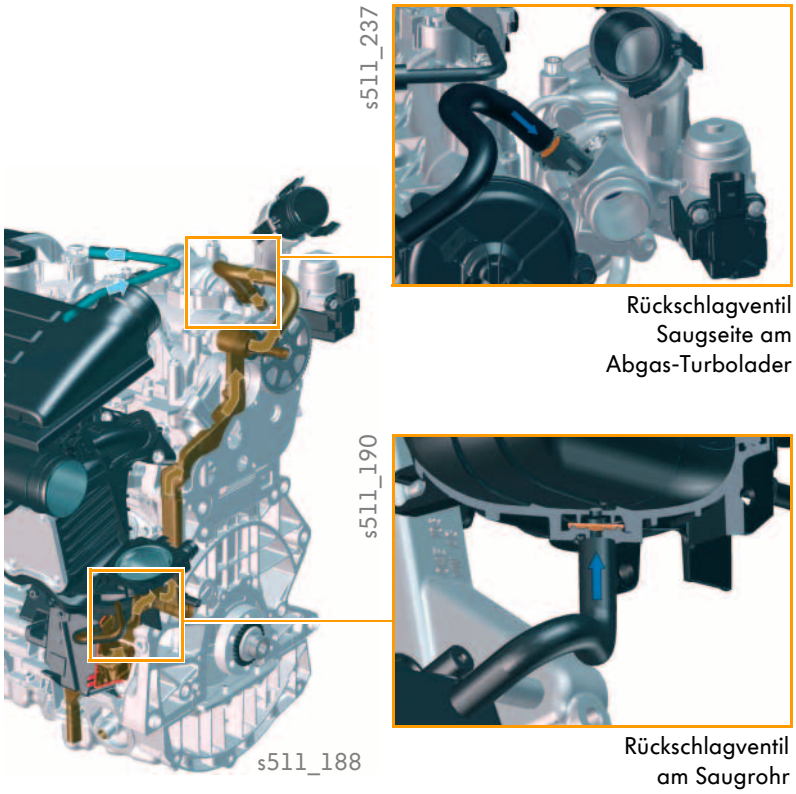
Die Einleitung der Blow-by-Gase zur Frischluft

Die EA211er Motoren verfügen über eine intern geführte Kurbelgehäuseentlüftung, mit der ein Einfrieren verhindert wird. Intern bedeutet, dass die im Ölabscheider vom Öl gereinigten Blow-by-Gase zum größten Teil innerhalb des Motors zu den Einleitstellen geführt werden. Dort vermischen sie sich mit der Frischluft.

Bei den 1,0l-MPI-Motoren werden die Gase durch den Unterdruck immer in das Saugrohr gesaugt.
Bei den 1,2l- und 1,4l-TSI-Motoren gelangen sie, je nach Druckverhältnissen, direkt zum Saugrohr oder zur Saugseite des Abgas-Turboladers.

Unterdruck im Saugrohr
Durch die Saugwirkung des Motors ist der Druck am Ventil im Saugrohr geringer als an der Saugseite des Turboladers. Dadurch öffnet das Ventil im Saugrohr und das Ventil an der Saugseite des Turboladers schließt. Die Blow-by-Gase werden nun über den Schlauch in das Saugrohr angesaugt.

Ladedruck im Saugrohr
Der Druck auf der Saugseite des Turboladers ist in diesem Fall niedriger als im Saugrohr. Das Ventil an der Saugseite des Turboladers öffnet. Das Ventil im Saugrohr wird geschlossen. Die Blow-by-Gase werden direkt vom Turbolader angesaugt.



Rückschlagventil
Saugseite am
Abgas-Turbolader

Rückschlagventil
am Saugrohr

Rückschlagventil Saugrohr
Es ist an der tiefsten Stelle des Saugrohres angebracht. Bei Motorstillstand ist es offen und dort befindliches Öl kann in den Abscheider zurückfließen.

Das Kühlsystem

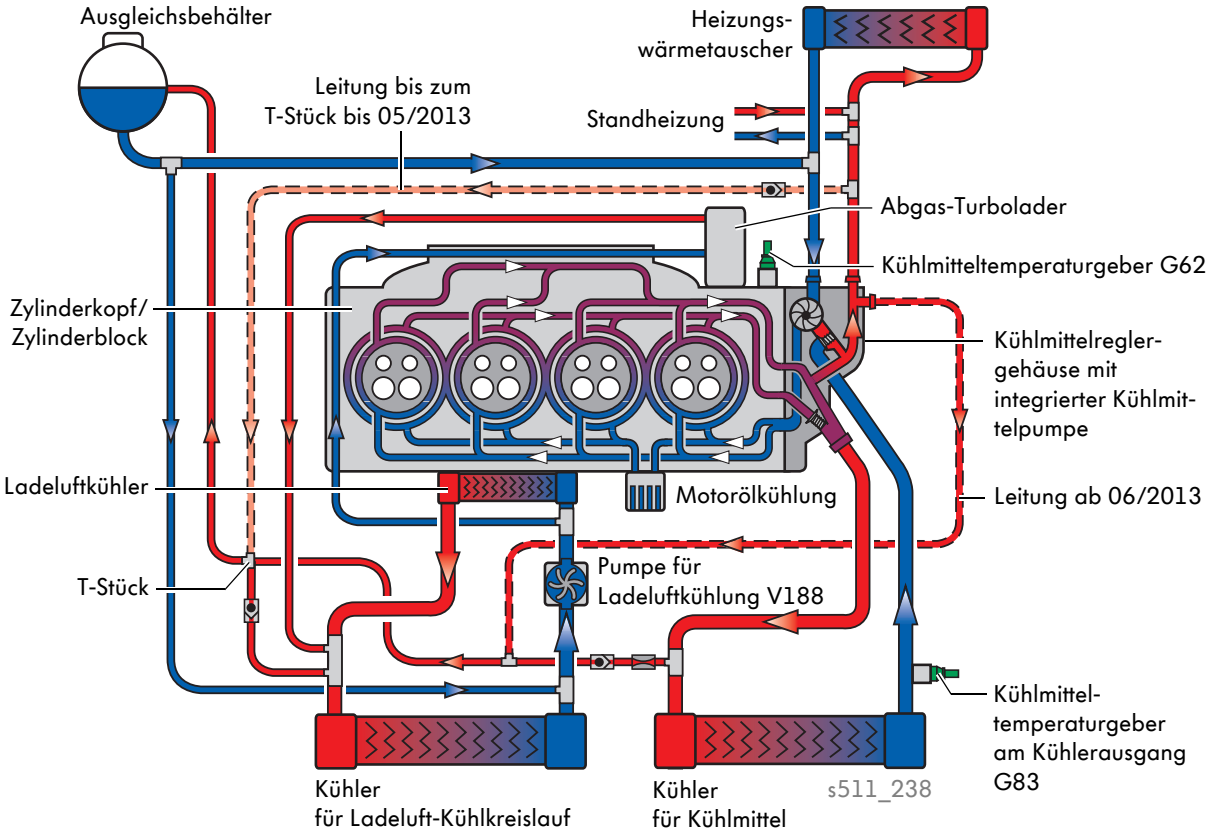
Bei allen EA211er Motoren kommt zur Motorkühlung ein Zweikreis-Kühlsystem zum Einsatz. Dabei erfolgt eine getrennte Kühlmittelführung mit unterschiedlichen Temperaturen durch den Zylinderblock und den Zylinderkopf. Gesteuert wird die Temperaturregelung durch zwei Thermostate im Kühlmittelreglergehäuse. Die jeweiligen Kühlmitteltemperaturen sind dabei motorabhängig.

Besonderheiten am Motor-Kühlsystem:

- Querstromkühlung im Zylinderkopf für eine gleichmäßigere Temperaturverteilung
- Kühlmittelreglergehäuse mit integrierter Kühlmittelpumpe
- Antrieb der Kühlmittelpumpe von der Auslass-Nockenwelle über einen Zahnriemen

Besonderheiten Ladeluft-Kühlsystem:

- Kühlung des integrierten Abgaskrümmers
- Pumpe für Ladeluftkühlung V188
- flüssigkeitsdurchströmter Ladeluftkühler im Saugrohr
- Kühlung des Abgas-Turboladers





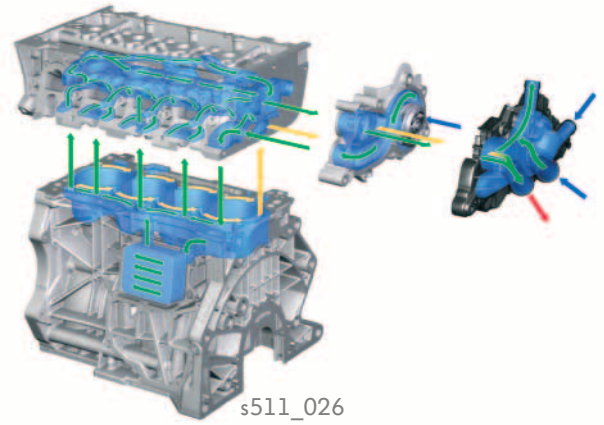
Um die Kühlleistung des Ladeluft-Kühlsystems sicherzustellen, muss es nach jedem Öffnen entlüftet werden. Die Entlüftung erfolgt entweder mit dem Kühlsystem-Befüllgerät VAS 6096 oder über die Geführte Funktion „Kühlsystem auffüllen und entlüften". Beachten Sie bitte die Hinweise im ELSA.

Das Motor-Kühlsystem

Beim Zweikreis-Kühlsystem des Motors wird das Kühlmittel von einer im Kühlmittelreglergehäuse integrierten Kühlmittelpumpe zum Zylinderkopf und Zylinderblock gefördert.

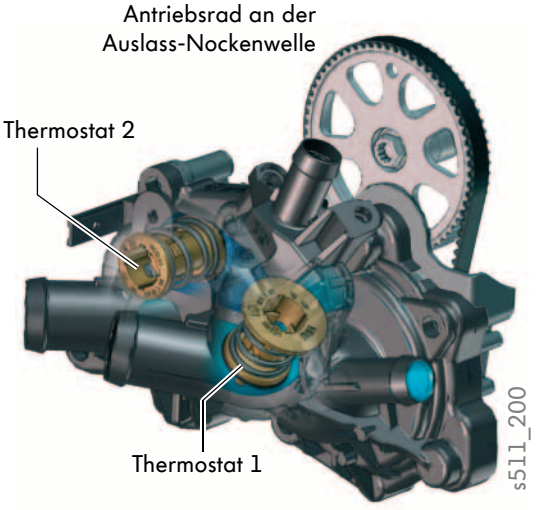
Das Zweikreis-Kühlsystem hat folgende Vorteile:

- Der Zylinderblock wird schneller aufgeheizt, weil das Kühlmittel bis zum Erreichen von ca. 105°C im Zylinderblock verbleibt.
- Eine geringere Reibung im Kurbeltrieb durch das höhere Temperaturniveau im Zylinderblock.
- Eine bessere Kühlung der Brennräume durch das geringere Temperaturniveau im Zylinderkopf. Dadurch wird eine bessere Füllung bei geringerer Klopfgefahr erreicht.



Das Kühlmittelreglergehäuse mit integrierter Kühlmittelpumpe

Das Kühlmittelreglergehäuse ist getriebeseitig am Zylinderkopf verbaut. Für eine möglichst kompakte Bauweise des Kühlsystems ist die Kühlmittelpumpe in das Kühlmittelreglergehäuse integriert. Angetrieben wird die Kühlmittelpumpe von der Auslass-Nockenwelle mit einem Zahnriemen.

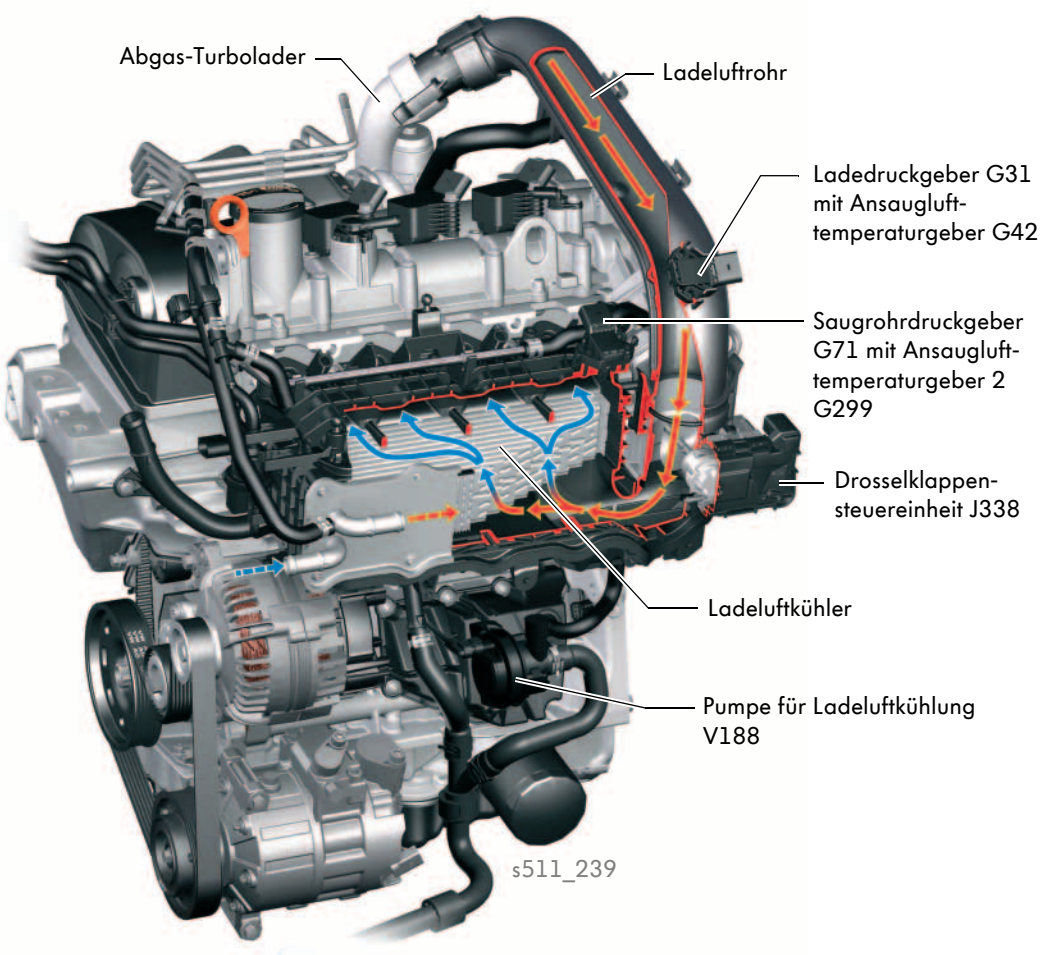


Thermostat 1 für Zylinderkopf
Es öffnet ab 87°C und gibt den Weg vom Kühler zur Kühlmittelpumpe frei. Bei den MPI-Motoren öffnet es ab einer Kühlmitteltemperatur von 80°C.

Thermostat 2 für Zylinderblock
Es öffnet ab 105°C und gibt den Weg für das warme Kühlmittel vom Zylinderblock zum Kühler frei.
Der gesamte Kühlkreislauf ist geöffnet.

Das Ladeluft-Kühlsystem

Beim Verdichten der angesaugten Luft durch den Abgas-Turbolader steigt der Druck und damit die Ansaugluftemperatur stark an. Warme Luft hat eine geringere Dichte und es würde weniger Sauerstoff in den Zylinder gelangen. Um eine möglichst gute Füllung zu bekommen, wird die Ladeluft gekühlt. Zusätzlich wird die Klopfneigung des Motors verringert. Dafür ist im Saugrohr ein vom Kühlmittel durchströmter Ladeluftkühler verbaut. Die erwärmte Ladeluft strömt durch ihn hindurch und gibt einen Großteil der Wärme an den Ladeluftkühler und das Kühlmittel ab.



Die Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Das Ladeluft-Kühlsystem ist ein eigenständiger Kühlkreislauf, in dem auch der Abgas-Turbolader eingebunden ist. Die Pumpe für Ladeluftkühlung ist eine Umwälzpumpe, die bedarfsabhängig angesteuert wird. Sie saugt das Kühlmittel vom Zusatzwasserkühler für Ladeluft an und fördert es zum Ladeluftkühler im Saugrohr sowie zum Abgas-Turbolader. Von dort strömt es zurück in den Ladeluftkühler am Frontend.

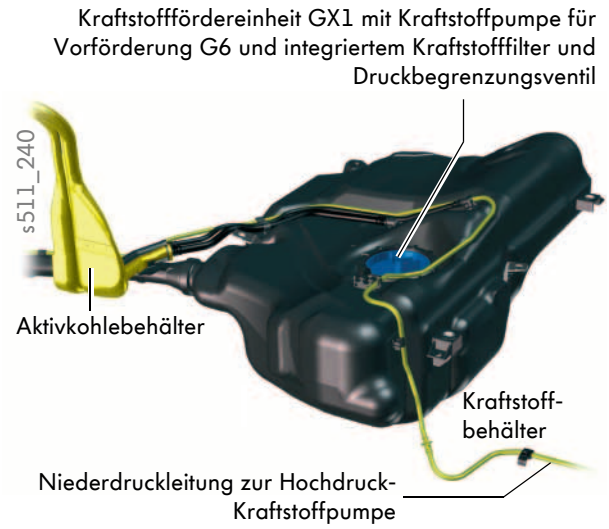
Das Kraftstoffsystem

Bei den TSI-Motoren ist das Kraftstoffsystem in ein Niederdruck- und ein Hochdruck-Kraftstoffsystem unterteilt. Zusätzlich wird Kraftstoff über die Aktivkohlebehälter-Anlage der Verbrennung zugeführt.

Niederdruck-Kraftstoffsystem

Im Niederdruck-Kraftstoffsystem wird der Kraftstoff von der elektrischen Kraftstoffpumpe im Kraftstoffbehälter zur Hochdruck-Kraftstoffpumpe gefördert. Der Kraftstoffdruck liegt bedarfsabhängig zwischen 2 und 6 bar.

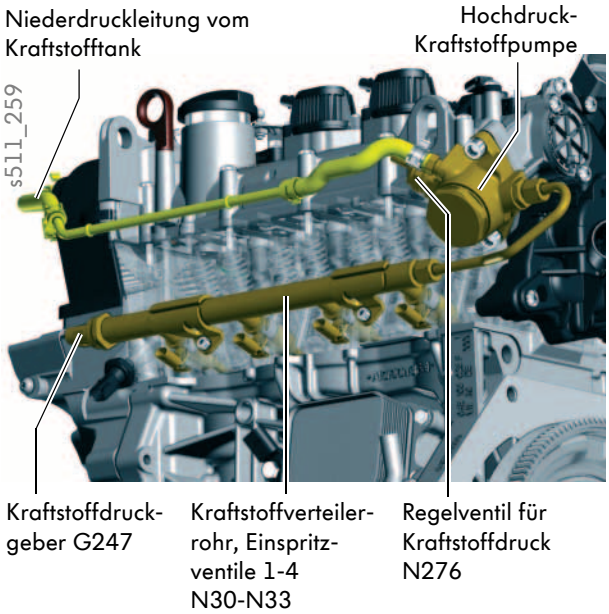
Im Normalbetrieb liegt der Kraftstoffdruck zwischen 2 und 5 bar. Beim Kalt- und Heißstart wird der Druck kurzzeitig je nach Motortemperatur auf 5 bis 6 bar angehoben.



Das Hochdruck-Kraftstoffsystem

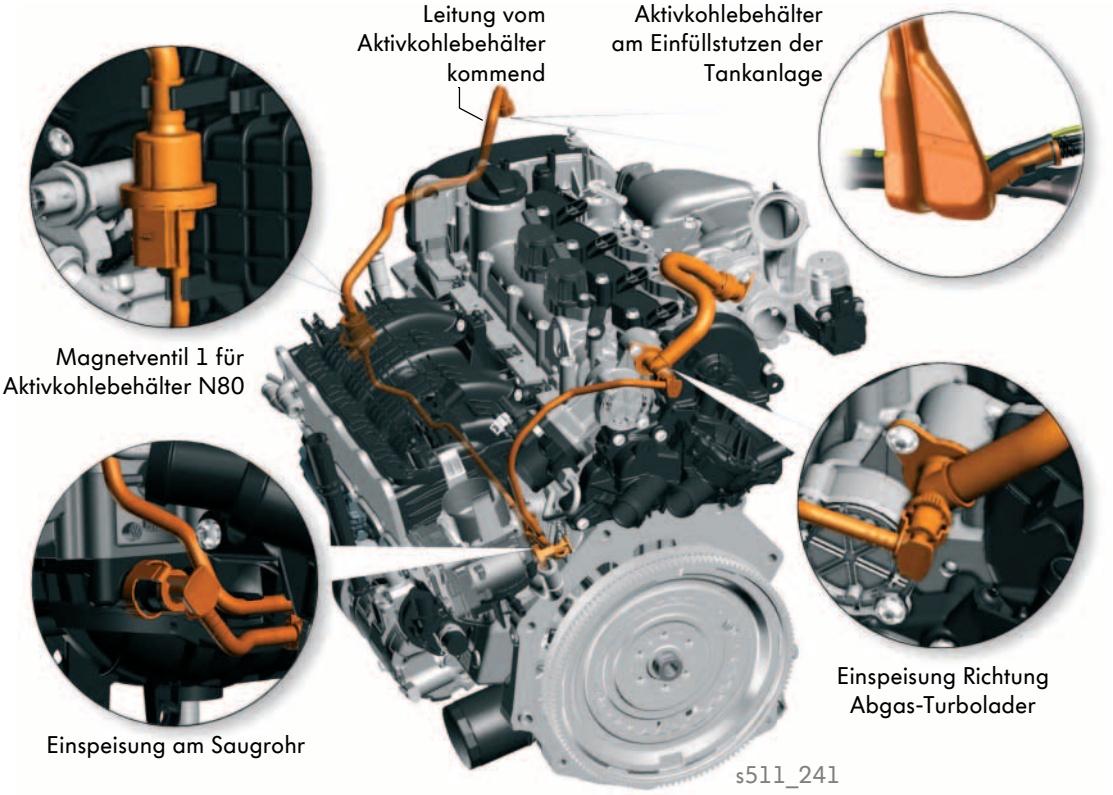
Im Hochdruck-Kraftstoffsystem wird der Kraftstoff von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe in das Kraftstoffverteilerrohr gepumpt. Dort wird der Druck vom Kraftstoffdruckgeber gemessen und durch das Regelventil für Kraftstoffdruck auf 120 bis 200 bar bei den 1,2l-TSI-Motoren und auf 140 bis 200 bar bei den 1,4l-TSI-Motoren geregelt. Die Einspritzung erfolgt durch die Hochdruck-Einspritzventile.

Der hohe Druck sorgt für eine sehr gute Gemischbildung und verringert die Partikelemissionen.



Die Aktivkohlebehälter-Anlage

Sie ist erforderlich, um die gesetzlichen Forderungen an die Verminderung von Kohlenwasserstoff-Emissionen (HC) zu erfüllen. Mit ihr wird verhindert, dass Kraftstoffdämpfe aus dem Kraftstoffbehälter in die Umwelt gelangen. Die Kraftstoffdämpfe werden im Aktivkohlebehälter gespeichert und regelmäßig der Verbrennung zugeführt. Das erfolgt bei den 1,0l-MPI-Motoren immer am Saugrohr und bei den 1,2l- und 1,4l-TSI-Motoren je nach den Druckverhältnissen direkt am Saugrohr oder auf der Saugseite des Abgas-Turboladers.



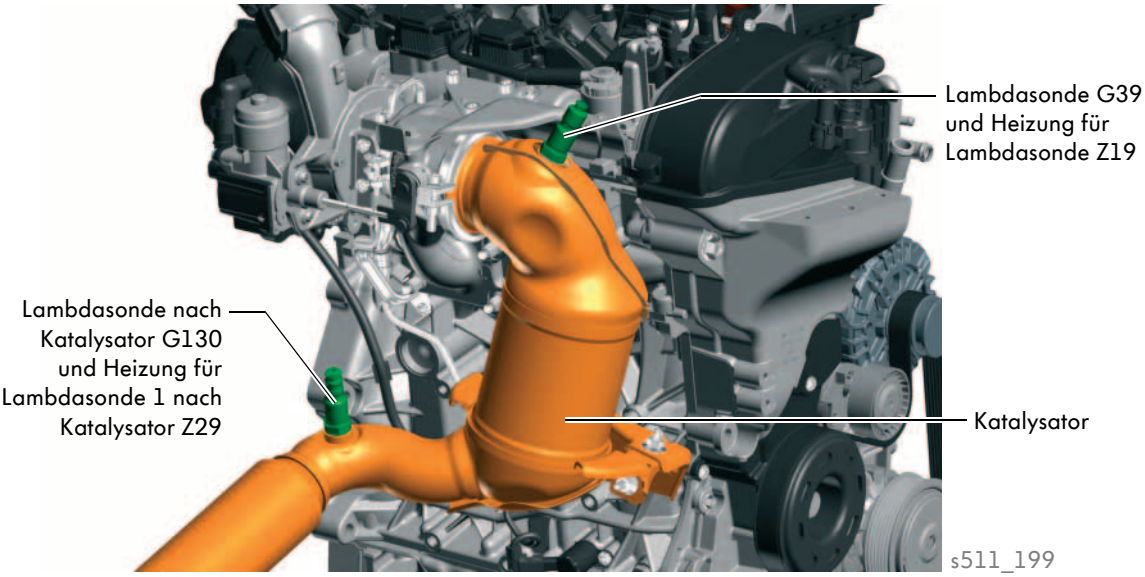
Das Motorsteuergerät errechnet, wie viel Kraftstoff aus der Aktivkohlebehälter-Anlage zugeführt werden darf. Danach erfolgt die Ansteuerung des Magnetventils, eine Anpassung der Einspritzmenge und die Verstellung der Drosselklappe.

Dazu benötigt es folgende Informationen:
- die Motorlast vom Saugrohrdruckgeber G71
- die Motordrehzahl vom Motordrehzahlgeber G28
- die Ansaugluftemperatur vom Ansaugluftemperaturgeber 2 G299
- den Beladungszustand des Aktivkohlebehälters über die Lambdasonde G39

Das Abgassystem

Bei allen EA211er Motoren besteht das Abgassystem aus dem im Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmer, motorabhängig einer Sprung- oder Breitband-Lambdasonde vor dem Katalysator, einem motornahen Drei-Wege-Katalysator, einer Sprung-Lambdasonde nach dem Katalysator, einem Entkopplungselement und einem Hauptschalldämpfer.

Aufgrund des gedrehten Zylinderkopfes gegenüber der Motorenbaureihe EA111 befindet sich der Katalysator an der Rückseite des Motors.
Durch den integrierten Abgaskrümmer wird ein noch schnellerer Start der Lambda-Regelung erreicht.



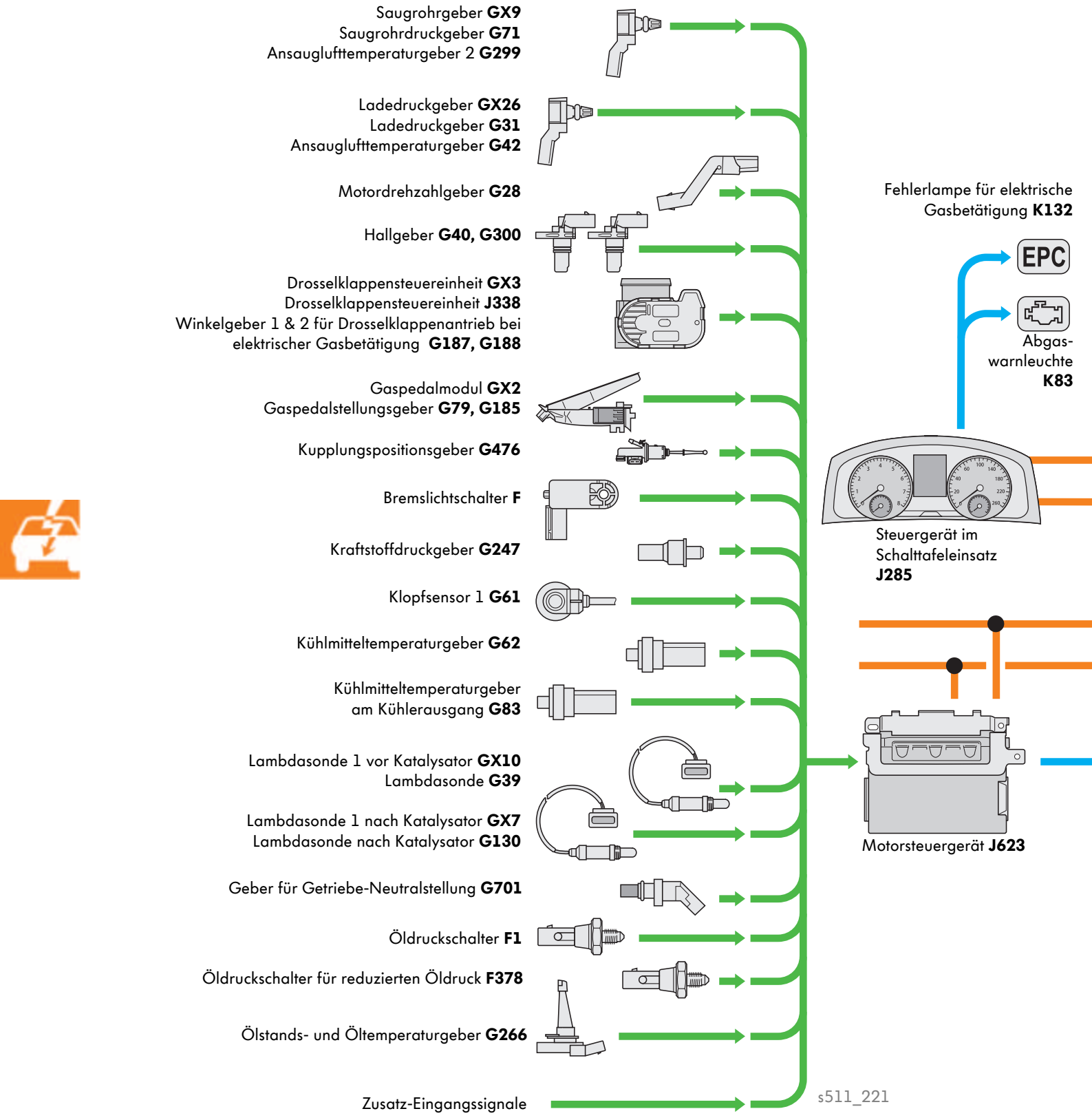
Gemischregelung und Katalysatorüberwachung

Motor	Vorkatalysator-Lambdasonde	Nachkatalysator-Lambdasonde
1,0l-44/55kW-MPI-Motor	Sprung-Lambdasonde	Sprung-Lambdasonde
1,0l-50kW-MPI-Motor (Erdgas)	Breitband-Lambdasonde	Sprung-Lambdasonde
1,2l-63/77kW-TSI und 1,4l-90kW-TSI-Motor	Sprung-Lambdasonde	Sprung-Lambdasonde
1,4l-103kW-TSI- und 1,4l-103kW-TSI-Motor mit ACT	Breitband-Lambdasonde	Sprung-Lambdasonde

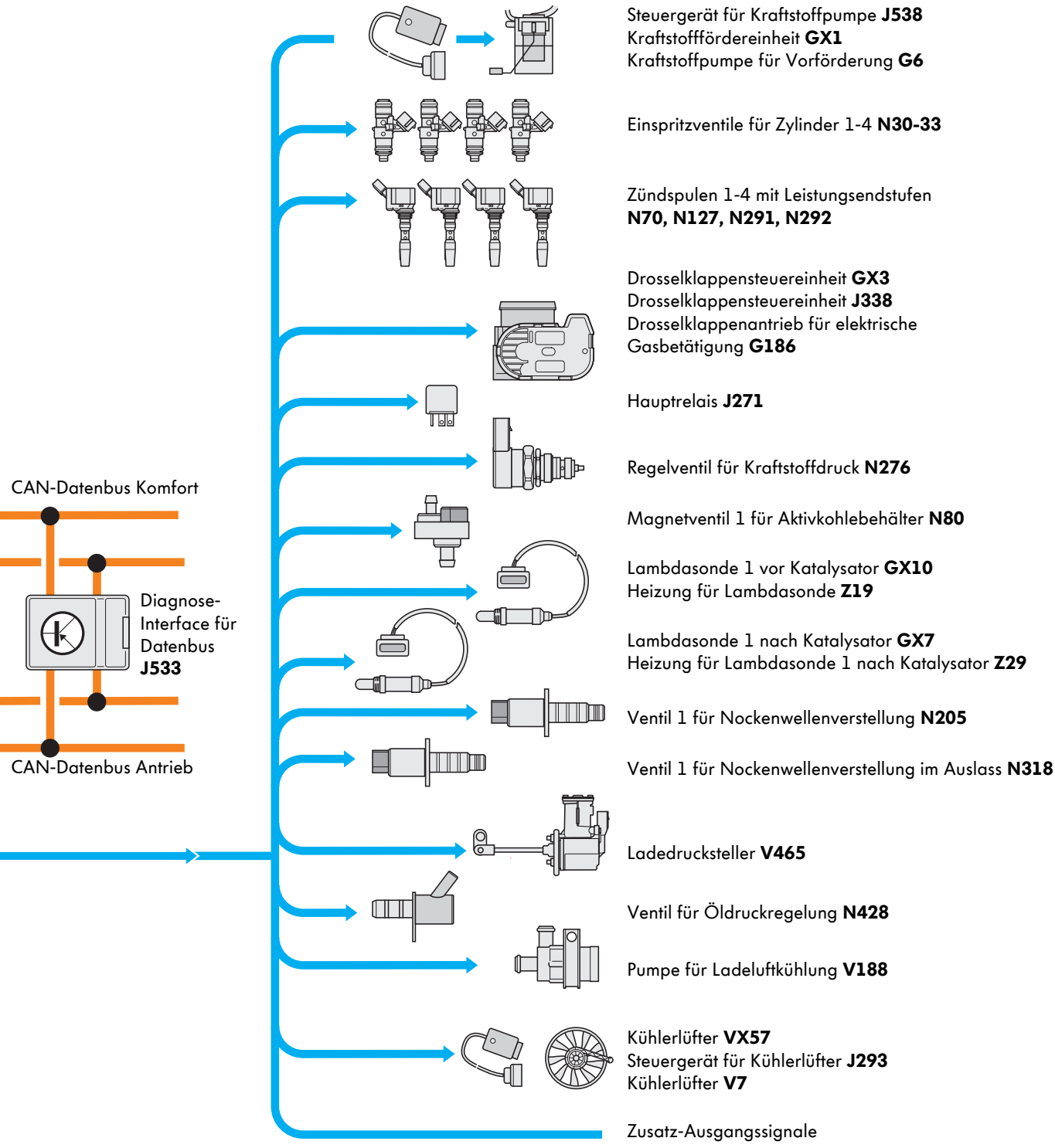
Die Systemübersicht

Am Beispiel 1,4 l-103 kW-TSI-Motor

Sensoren



Aktoren



Steuergerät für Kraftstoffpumpe **J538**
Kraftstofffördereinheit **GX1**
Kraftstoffpumpe für Vorförderung **G6**

Einspritzventile für Zylinder 1-4 **N30-33**

Zündspulen 1-4 mit Leistungsendstufen
N70, N127, N291, N292

Drosselklappensteuereinheit **GX3**
Drosselklappensteuereinheit **J338**
Drosselklappenantrieb für elektrische
Gasbetätigung **G186**

Hauptrelais **J271**

Regelventil für Kraftstoffdruck **N276**

Magnetventil 1 für Aktivkohlebehälter **N80**

Lambdasonde 1 vor Katalysator **GX10**
Heizung für Lambdasonde **Z19**

Lambdasonde 1 nach Katalysator **GX7**
Heizung für Lambdasonde 1 nach Katalysator **Z29**

Ventil 1 für Nockenwellenverstellung **N205**

Ventil 1 für Nockenwellenverstellung im Auslass **N318**

Ladedrucksteller **V465**

Ventil für Öldruckregelung **N428**

Pumpe für Ladeluftkühlung **V188**

Kühlerlüfter **VX57**
Steuergerät für Kühlerlüfter **J293**
Kühlerlüfter **V7**

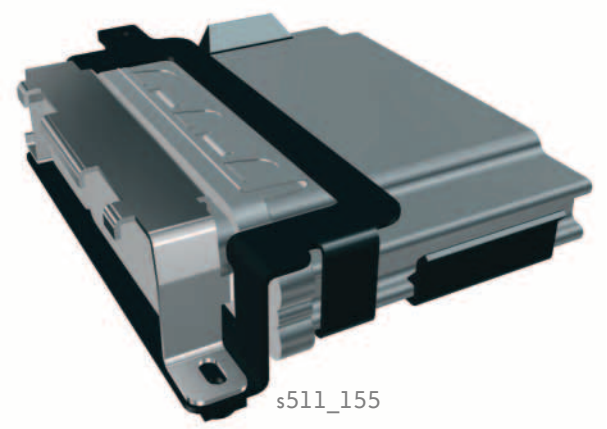
Zusatz-Ausgangssignale



Bauteile mit einem X in der Kurzbezeichnung beinhalten mehrere Sensoren, Aktoren oder Schalter in einem Gehäuse, wie zum Beispiel der Saugrohrgeber GX9 mit dem Saugrohrdruckgeber G71 und dem Ansauglufttemperaturgeber 2 G299.

Das Motorsteuergerät J623

Je nach Motorvariante setzen unterschiedliche Motorsteuergeräte mit unterschiedlichen Steuergeräte-Funktionen ein.
So übernimmt das Motormanagement beim 1,0l-Motor im up! zusätzlich die Ansteuerung der Klimaanlage während es bei den 1,4l-TSI-Motoren zum Beispiel die zweistufige Öldruckregelung oder wenn vorhanden, das Aktive Zylindermanagement ACT übernimmt.
Der Einbauort hängt vom jeweiligen Fahrzeugtyp ab.



Übersicht der Motormanagement-Varianten in der Motorenfamilie EA211

Motorvariante	Motormanagement	Anschlussstecker
1,0l-MPI-Motor	Bosch Motronic ME 17.5.20	2 x 56 Pins
1,2l-/1,4l-TSI-Motoren	Bosch Motronic MED 17.5.21	1 x 60 Pins und 1 x 94 Pins

Diagnose des Motormanagements
Das Motorsteuergerät führt auch die Diagnose der Sensoren und Aktoren durch. Dabei werden abgasrelevante Fehler von der Abgaswarnleuchte K83 und funktionelle Fehler im System von der Fehlerlampe für elektrische Gasbetätigung K132 angezeigt.

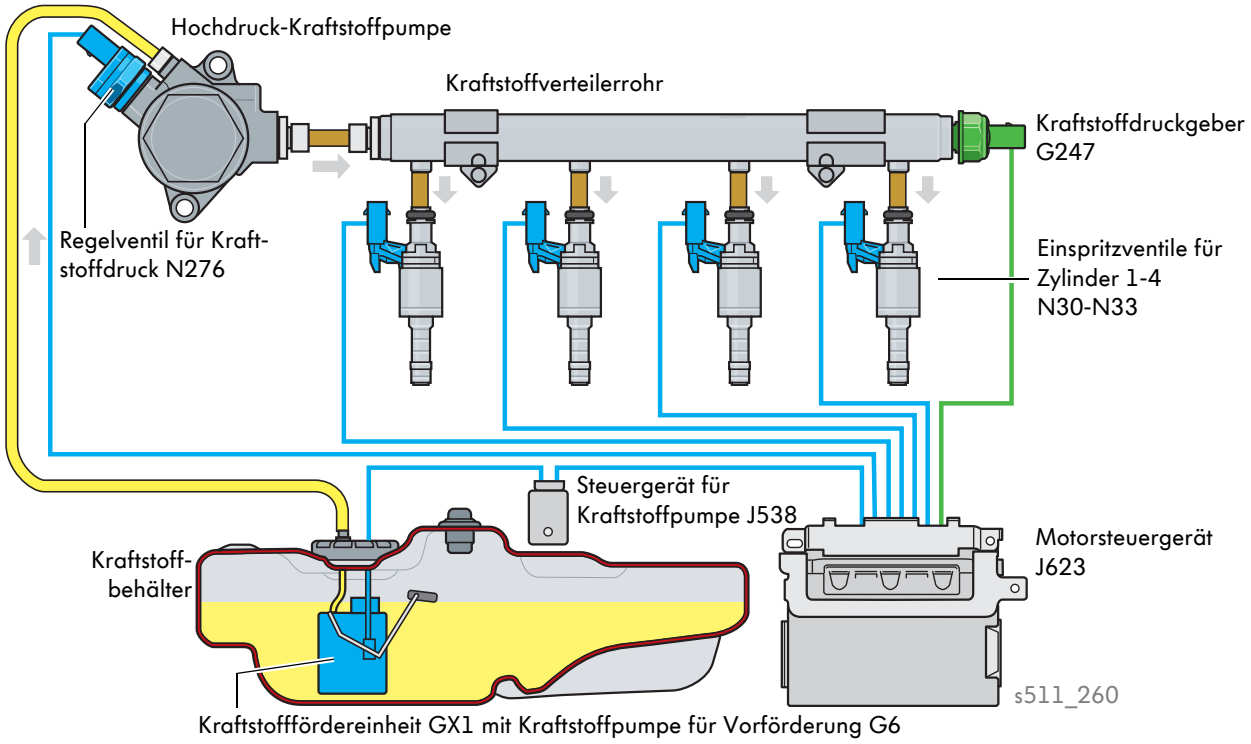
Beispiele für abgasrelevante und funktionelle Sensoren beziehungsweise Aktoren sind der Motordrehzahlgeber G28, die Hallgeber G40 und G300, der Ladedruckgeber G31 mit dem Ansaugluftemperaturgeber G42, der Saugrohrdruckgeber G71 mit dem Ansaugluftemperaturgeber 2 G299 oder das Regelventil für Kraftstoffdruck N276.

Dagegen wird beim Öldruckschalter F1 die Fehlerlampe für elektrische Gasbetätigung K132 und beim Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378 die Kontrollleuchte für Öldruck K3 eingeschaltet.

Wird ein Fehler erkannt, erfolgt ein Ereignisspeichereintrag.

Das Kraftstoffsystem

Das bedarfsgeregelte Kraftstoffsystem besteht aus dem Niederdruck- und dem Hochdruck-Kraftstoffsystem. Es hat den Vorteil, dass sowohl die elektrische Kraftstoffpumpe als auch die Hochdruck-Kraftstoffpumpe immer nur so viel Kraftstoff fördern, wie der Motor gerade benötigt. Dadurch werden die elektrische und die mechanische Antriebsleistung der Kraftstoffpumpen verringert und Kraftstoff gespart.



Niederdruck-Kraftstoffsystem
Im Niederdruck-Kraftstoffsystem liegt der Druck kennfeldabhängig zwischen 2 und 6 bar.

Beim Kaltstart wird mit einem erhöhten Druck gestartet um schnellstmöglich den Kraftstoffdruck aufzubauen.
Beim Heißstart wird mit einem erhöhten Druck gestartet um in der Hochdruck- Kraftstoffpumpe Dampfblasenbildung zu vermeiden.
Ausschlaggebend ist dafür die vom Motorsteuergerät berechnete Temperatur in der Hochdruck-Kraftstoffpumpe.

Hochdruck-Kraftstoffsystem
Im Hochdruck-Kraftstoffsystem beträgt der Druck last- und drehzahlabhängig bei den 1,2l-TSI-Motoren zwischen 120 und 200bar und bei den 1,4l-TSI-Motoren zwischen 140 und 200bar. Dieser hohe Druck führt zu einer verbesserten Zerstäubung des eingespritzten Kraftstoffes und damit zu einer besseren Gemischbildung mit geringeren Schadstoffemissionen und geringerer Rußbildung.
Des Weiteren wurde das Strahlbild der Einspritzventile so optimiert, dass der Kraftstoffstrahl keine Bauteile im Brennraum trifft.

Die Einspritzstrategien

Bei allen TSI-Motoren kommen verschiedene Einspritzstrategien zum Einsatz. Dabei wird motorabhängig je nach Kühlmitteltemperatur, Drehzahl und Motorlast bis zu dreimal zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen Einspritzmengen eingespritzt.

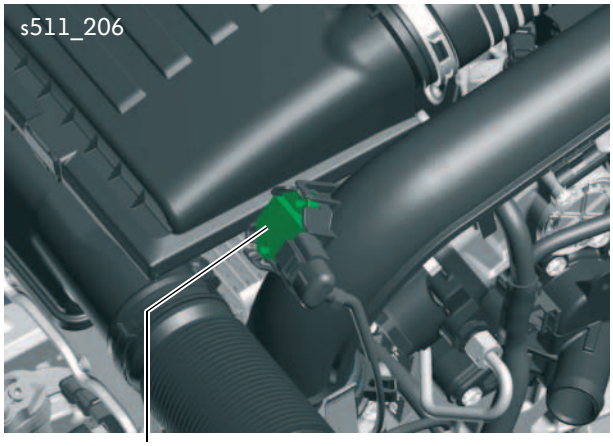
In der Tabelle sehen Sie die Einspritzstrategien der EA211er Motorenbaureihe:

Betriebszustand	**Anzahl Einspritzungen**	**Maßnahme**
Mehrfach-Einspritzung Hochdruck-Motorstart **Kühlmittel-temperatur <18°C** **Kühlmittel-temperatur >18°C**	 3 2	Beim Motorstart erfolgen je nach Kühlmitteltemperatur 2 bzw. 3 Einspritzungen pro Arbeitsspiel. Durch die Aufteilung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge auf mehrere Einspritzungen verringert sich die Einspritzzeit pro Einspritzung und damit die Eindringtiefe des Kraftstoffstrahls in den Brennraum. Dadurch trifft weniger Kraftstoff auf die Bauteile im Brennraum, die Gemischbildung wird verbessert und der Motor erreicht schneller seine Leerlaufdrehzahl.
Mehrfach-Einspritzung Katheizen	kennfeld-abhängig 2 bis 3	Beim Katheizen mit Mehrfach-Einspritzung wird der Katalysator schnell aufgeheizt. Die Mehrfach-Einspritzung ermöglicht einen stabilen Motorlauf bei späten Zündwinkeln. Durch die späte Verbrennung wird der Katalysator mit erhöhten Abgastemperaturen und -massenströmen beaufschlagt. Er wird schneller aufgeheizt. Alles zusammen trägt zur Abgasemissions- und Verbrauchssenkung bei. Bei der ersten Einspritzung wird ein Großteil der Gesamtkraftstoffmenge während des Ansaugtaktes eingespritzt. Dadurch wird eine gleichmäßige Aufbereitung des Kraftstoff-Luft-Gemisches herbeigeführt.
Einfach-/ Mehrfach-Einspritzung Teillast/Volllast bis 3000 1/min	kennfeld-abhängig 1 bis 3	Die Einfach-Einspritzung erfolgt im untersten Lastbereich. Die Mehrfach-Einspritzung vom Leerlauf bis zur Volllast bei bis zu 3000 1/min dient der gleichmäßigeren Gemischaufbereitung. Die erste Einspritzung erfolgt vor Zünd-OT während des Ansaugtaktes. Dabei wird kennfeldabhängig 50 - 80% des insgesamt einzuspritzenden Kraftstoffes eingespritzt. Bei der zweiten und eventuell dritten Einspritzung wird die restliche Kraftstoffmenge eingespritzt. Dadurch lagert sich weniger Kraftstoff an der Zylinderwand ab. Der Kraftstoff verdampft fast vollständig und die Gemischbildung wird verbessert. Des Weiteren entsteht im Bereich der Zündkerze ein etwas fetteres Gemisch als im Rest des Brennraumes. Das verbessert den Verbrennungsablauf und verringert die Klopfneigung.

Die Sensoren

Ladedruckgeber G31 und Ansaugluftemperaturgeber G42

Der Ladedruckgeber mit Ansaugluftemperaturgeber ist kurz vor der Drosselklappensteuereinheit in das Druckrohr eingeschraubt. Er misst in diesem Bereich den Druck und die Temperatur.



Ladedruckgeber G31 und Ansaugluftemperaturgeber G42

Signalverwendung
Mit dem Signal des Ladedruckgebers regelt das Motorsteuergerät den Ladedruck des Turboladers. Die Regelung erfolgt über den elektrischen Ladedrucksteller.

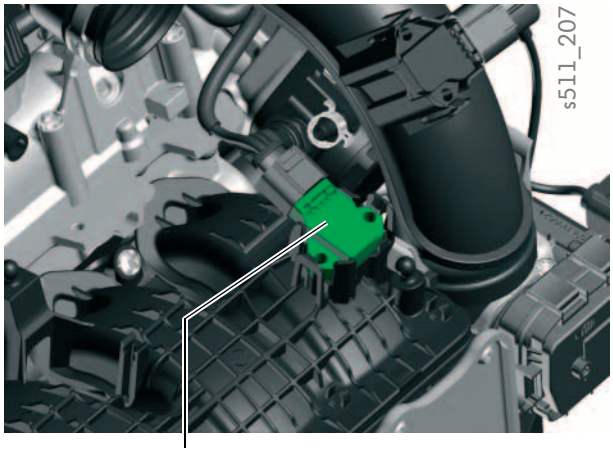
Das Signal des Ansaugluftemperaturgebers wird benötigt:
- zum Bauteilschutz. Steigt die Temperatur der Ladeluft über einen bestimmten Wert, wird der Ladedruck heruntergeregelt.

Die Signale der beiden Ansaugluftemperaturgeber G42 und G299 werden benötigt:
- zur Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung. Beträgt die Temperaturdifferenz der Ladeluft vor und nach dem Ladeluftkühler weniger als 12°C, wird die Pumpe für Ladeluftkühlung angesteuert. Steigt sie auf mehr als 15°C wird die Pumpe wieder abgeschaltet.
- zur Plausibilitätsprüfung des Ladeluft-Kühlsystems. Ist unter bestimmten Bedingungen die Temperaturdifferenz der Ladeluft vor und nach dem Ladeluftkühler trotz Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung zu gering, wird von einem Fehler im Ladeluft-Kühlsystem ausgegangen.

Auswirkungen bei Signalausfall
Fällt ein oder fallen beide Geber aus, wird der Turbolader nur noch gesteuert betrieben.
Der Ladedruck ist niedriger und die Leistung sinkt.

Saugrohrdruckgeber G71 und Ansauglufttemperaturgeber 2 G299

Der Saugrohrdruckgeber mit Ansauglufttemperaturgeber ist hinter dem Ladeluftkühler in das Saugrohr eingeschraubt. Er misst in diesem Bereich den Druck und die Temperatur.



Saugrohrdruckgeber G71 und Ansauglufttemperaturgeber 2 G299

Signalverwendung

Mit den Signalen beider Geber und der Motordrehzahl berechnet das Motorsteuergerät die angesaugte Luftmasse.

Das Signal des Ansauglufttemperaturgebers wird benötigt:

- zur Berechnung eines Korrekturwertes für den Ladedruck. Damit wird der Temperatureinfluss auf die Dichte der Ladeluft berücksichtigt.

Die Signale der beiden Ansauglufttemperaturgeber G42 und G299 werden benötigt:

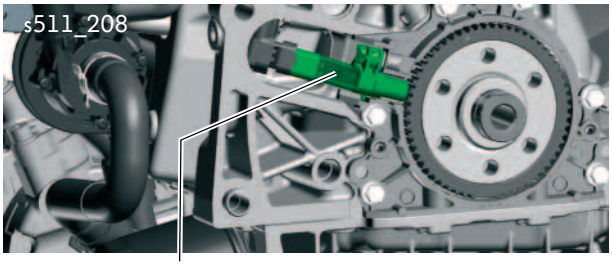
- zur Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung. Beträgt die Temperaturdifferenz der Ladeluft vor und nach dem Ladeluftkühler weniger als 12°C, wird die Pumpe für Ladeluftkühlung angesteuert. Steigt sie auf mehr als 15°C wird die Pumpe wieder abgeschaltet.
- zur Plausibilitätsprüfung des Ladeluft-Kühlsystems. Ist unter bestimmten Bedingungen die Temperaturdifferenz der Ladeluft vor und nach dem Ladeluftkühler trotz Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung zu gering, wird von einem Fehler im Ladeluft- Kühlsystem ausgegangen.

Auswirkungen bei Signalausfall

Fällt ein oder fallen beide Geber aus, wird die Drosselklappenstellung und die Temperatur vom Ansauglufttemperaturgeber G42 als Ersatzsignal verwendet. Der Turbolader wird nur noch gesteuert betrieben. Der Ladedruck ist niedriger und die Leistung sinkt.

Motordrehzahlgeber G28

Der Motordrehzahlgeber ist getriebeseitig in den Dichtflansch integriert, welcher wiederum am Zylinderblock angeschraubt ist. Er tastet ein 60-2-Geberrad auf der Kurbelwelle ab. Anhand dieser Signale erkennt das Motorsteuergerät die Motordrehzahl.



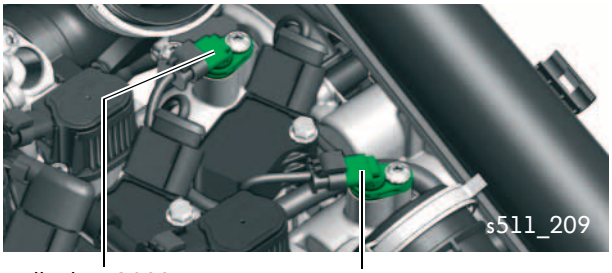
Motordrehzahlgeber G28

Signalverwendung
Mit den Signalen werden der berechnete Einspritzzeitpunkt, die Einspritzdauer und der Zündzeitpunkt bestimmt. Weiterhin wird es zusammen mit den Hallgebern zum Erkennen der Stellung der Kurbelwelle zur Nockenwelle und für die Nockenwellenverstellung genutzt.

Auswirkungen bei Signalausfall
Fällt das Signal aus, wird das Signal des Hallgebers G40 als Ersatzsignal verwendet.
Der nächste Motorstart dauert länger, die Motordrehzahl wird auf 3000 1/min begrenzt und das Drehmoment wird reduziert.

Hallgeber G40 und Hallgeber G300
(1,4l-103kW-TSI-Motor)

Die beiden Hallgeber befinden sich schwungradseitig am Nockenwellengehäuse über der Einlass- und Auslassnockenwelle. Sie tasten ein Geberrad mit einer speziellen Nockenkontur ab.
Mit ihren Signalen werden die Stellungen der beiden Nockenwellen und die Position der einzelnen Zylinder in ihren Arbeitszyklen erkannt.



Hallgeber G300 Hallgeber G40

Signalverwendung
Durch ihre Signale und die des Motordrehzahlgebers werden der Zünd-OT des ersten Zylinders und die Stellung der Nockenwellen erkannt. Verwendet werden sie zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes, des Zündzeitpunktes und zur Nockenwellenverstellung.

Auswirkungen bei Signalausfall
Fällt einer der beiden Geber aus, wird das Signal des jeweils anderen als Ersatzsignal verwendet.
Fallen beide Geber aus, dauert der nächste Motorstart erheblich länger. In beiden Fällen wird die Motordrehzahl auf 3000 1/min beschränkt und die Nockenwellenverstellungen werden abgeschaltet.

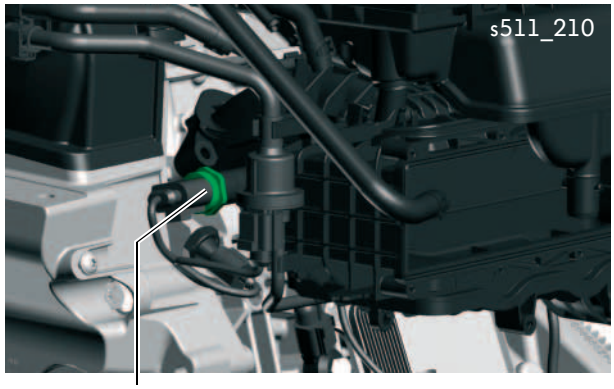


Der Motordrehzahlgeber und die Hallgeber überprüfen die Stellung der Kurbelwelle zur jeweiligen Nockenwelle. Liegen die Werte außerhalb der Toleranz, zum Beispiel durch unzulässige Längung oder durch Überspringen des Zahnriemens, erfolgt ein Ereignisspeichereintrag. Gegebenenfalls wird die Nockenwellenverstellung abgeschaltet um einen Motorschaden durch aufsetzende Kolben zu vermeiden.

Kraftstoffdruckgeber G247

Der Geber befindet sich zahnriemenseitig am Saugrohrunterteil und ist in das Kraftstoffverteilerrohr eingeschraubt. Er misst den Kraftstoffdruck im Hochdruck-Kraftstoffsystem und sendet das Signal an das Motorsteuergerät.

Signalverwendung
Das Motorsteuergerät wertet die Signale aus und regelt über das Regelventil für Kraftstoffdruck den Druck im Kraftstoff-Verteilerrohr. Wird außerdem durch den Kraftstoffdruckgeber erkannt, dass der Solldruck nicht mehr eingeregelt werden kann, wird er auf 125 bar begrenzt und die Niederdruck-Kraftstoffpumpe voll angesteuert.



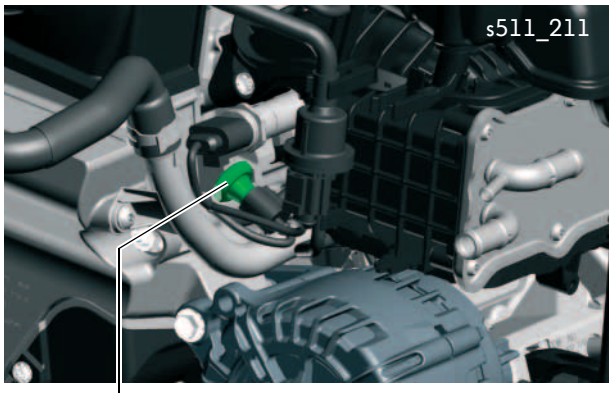
Kraftstoffdruckgeber G247

Auswirkungen bei Signalausfall
Fällt der Kraftstoffdruckgeber aus, wird das Regelventil für Kraftstoffdruck offen gehalten, sodass kein Hochdruck aufgebaut wird. Gleichzeitig wird die elektrische Kraftstoffpumpe voll angesteuert, um einen ausreichenden Kraftstoffdruck für einen Notbetrieb des Motors zur Verfügung zu stellen. Das Motordrehmoment und die Leistung werden drastisch reduziert.

Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

Er ist zahnriemenseitig neben dem Saugrohr in den Zylinderkopf eingeschraubt. Mit ihm wird überprüft, ob der Mindestöldruck anliegt.

Signalverwendung
Im drucklosen Zustand ist der Öldruckschalter offen. Steigt der Druck über einen bestimmten Wert, schließt der Schalter. Am geschlossenen Zustand erkennt das Motorsteuergerät, dass der Öldruck im Ölsystem ausreichend ist. Sinkt der Öldruck unter den erforderlichen Öldruck, wird die Kontrollleuchte für Öldruck K3 im Schalttafeleinsatz eingeschaltet.



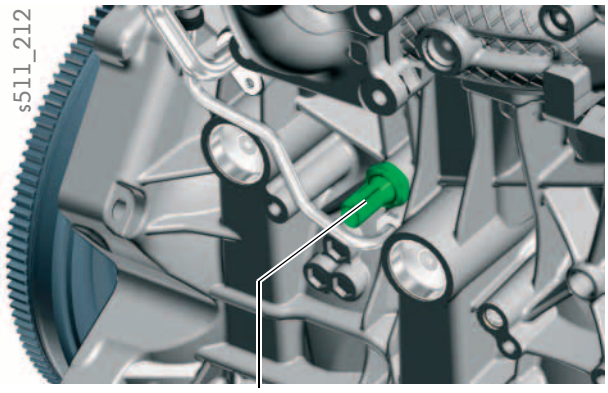
Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378

Auswirkungen bei Signalausfall
Fällt der Öldruckschalter aus, erfolgt ein Ereignisspeichereintrag und die Kontrollleuchte für Öldruck K3 wird eingeschaltet.

Öldruckschalter F1

Er ist auf der Abgasseite mittig in den Zylinderblock eingeschraubt. Mit ihm wird überprüft, ob die hohe Öldruckstufe anliegt.

Signalverwendung
Ab einer bestimmten Last- bzw. Motordrehzahl wird in die hohe Öldruckstufe umgeschaltet. Ist der hohe Öldruck erreicht, schließt der Schalter und das Motorsteuergerät erkennt, dass der hohe Öldruck anliegt. Sinkt er für eine bestimmte Zeit unter einen Schwellwert, wird die Kontrollleuchte für elektrische Gasbetätigung K132 eingeschaltet.



Öldruckschalter F1

Auswirkungen bei Signalausfall
Fällt der Öldruckschalter aus, wird die Motordrehzahl auf 4000 1/min begrenzt und die Kontrollleuchte für elektrische Gasbetätigung K132 eingeschaltet.

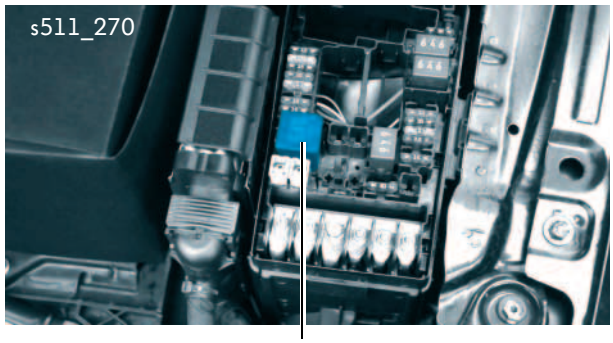


Wird 60 Sekunden nach „Motor aus" noch einer der beiden Öldruckschalter als betätigt erkannt, wird beim nächsten Motorstart die Kontrollleuchte für Öldruck K3 für 15 Sekunden angesteuert.

Die Aktoren

Hauptrelais J271

Das Hauptrelais befindet sich im Motorraum links auf der Elektrik-Box.



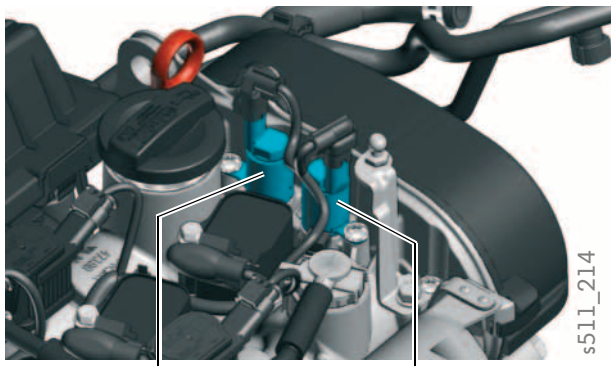
Hauptrelais J271

Aufgabe
Mit Hilfe des Stromversorgungsrelais kann das Motorsteuergerät auch nach dem Abstellen des Motors (Zündung AUS) noch bestimmte Funktionen ausführen und arbeitet im Nachlaufbetrieb.
In diesem Betriebsmodus werden u. a. die Druckgeber aufeinander abgeglichen und der Kühlerlüfter angesteuert.

Auswirkungen bei Ausfall
Fällt das Relais aus, werden die entsprechenden Sensoren und Aktoren nicht mehr angesteuert.
Der Motor geht aus und springt auch nicht mehr an.

Ventil 1 für Nockenwellenverstellung N205, Ventil 1 für Nockenwellenverstellung im Auslass N218

Sie befinden sich am Nockenwellengehäuse und sind in den Ölkreislauf des Motors eingebunden.



Ventil1 für Nockenwellen-verstellung N205

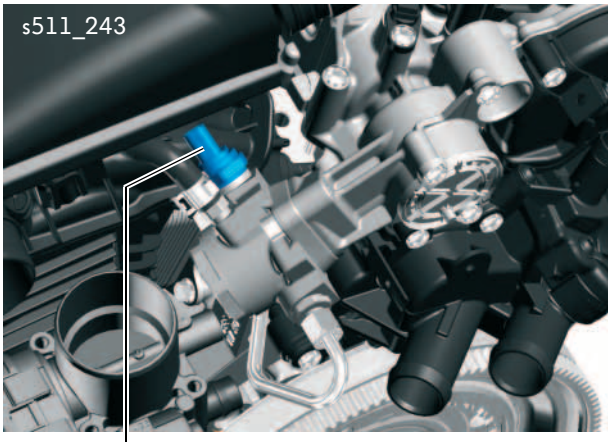
Ventil 1 für Nockenwellen-verstellung im Auslass N188

Aufgabe
Durch die Ansteuerung der Ventile für Nockenwellenverstellung wird das Öl im Flügelzellenversteller verteilt. Je nachdem welcher Ölkanal freigegeben ist, wird der Innenrotor in Richtung „Früh" oder „Spät" verstellt, beziehungsweise in seiner Position gehalten.
Da der Innenrotor mit der Einlass-Nockenwelle verschraubt ist, wird auch sie gleichermaßen verstellt.

Auswirkungen bei Ausfall
Fällt eines der Ventile für Nockenwellenverstellung aus, ist eine Nockenwellenverstellung nicht mehr möglich.
Die Einlass-Nockenwelle bleibt in der „Spät"- Stellung und die Auslass-Nockenwellen in der „Früh"- Stellung.
Es kommt zum Drehmomentverlust.

Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Das Regelventil für Kraftstoffdruck befindet sich seitlich an der Hochdruck-Kraftstoffpumpe.



Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Aufgabe
Es hat die Aufgabe, die erforderliche Kraftstoffmenge im Kraftstoffverteilerrohr zur Verfügung zu stellen.

Auswirkungen bei Ausfall
Das Regelventil für Kraftstoffdruck ist stromlos geschlossen. Das bedeutet, dass bei Ausfall des Regelventils der Kraftstoffdruck ansteigt, bis das Druckbegrenzungsventil in der Hochdruck-Kraftstoffpumpe bei ca. 235 bar öffnet.
Das Motormanagement passt die Einspritzzeiten an den hohen Druck an und die Motordrehzahl wird auf 3000 1/min begrenzt.



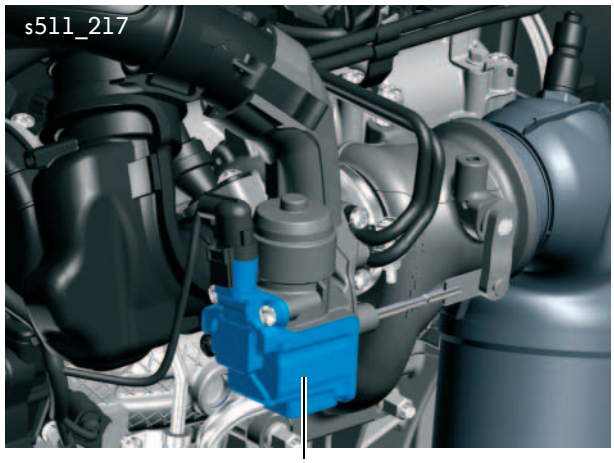
Vor dem Öffnen des Hochdruck-Kraftstoffsystems muss der Kraftstoffdruck abgebaut werden.
Dazu gibt es in den „Geführten Funktionen" die Funktion „Kraftstoffhochdruck abbauen".
Mit ihr wird das Regelventil während des Motorlaufes geöffnet und der Druck abgebaut.
Bedenken Sie, dass der Kraftstoffdruck durch Erwärmung gleich wieder ansteigt.
Beachten Sie die Hinweise im ELSA.

Ladedrucksteller V465

Der Ladedrucksteller ist ein Bestandteil des Abgas-Turboladermoduls.

Aufgabe
Er dient zur Regelung des Ladedruckes.
Die Vorteile des elektrischen Ladedruckstellers gegenüber dem pneumatischen Magnetventil für Ladedruckbegrenzung sind:

- Eine schnelle Verstellzeit und damit ein schnellerer Ladedruckaufbau
- Eine hohe Betätigungskraft, wodurch das Wastegate auch bei hohen Abgasmassenströmen sicher geschlossen bleibt, um den Soll-Ladedruck zu erreichen.
- Das Wastegate kann unabhängig vom Ladedruck betätigt werden. Dadurch kann das Wastegate im unteren Last-/Drehzahlbereich geöffnet werden. Der Grundladedruck sinkt und der Motor muss eine geringere Ladungswechselarbeit verrichten.



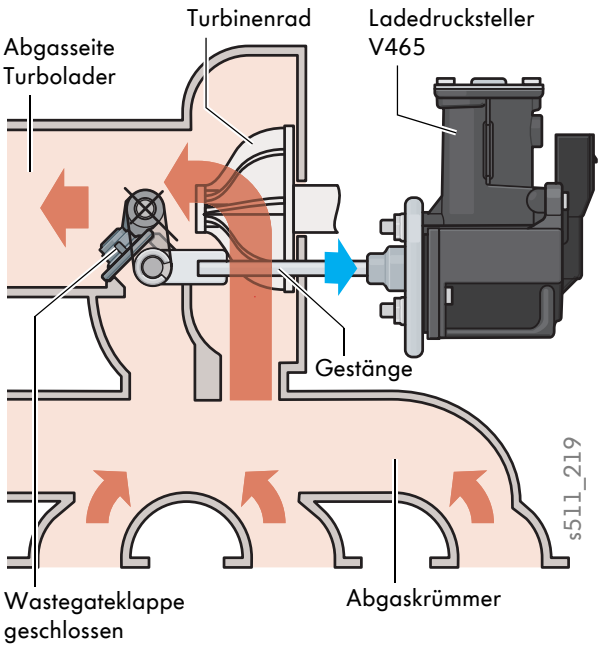
Ladedrucksteller V465

Auswirkungen bei Ausfall
Bei einem elektrischen Ausfall wird das Wastegate über den Abgasmassenstrom aufgedrückt. Bei einem mechanischen Ausfall wird das Wastegate vom elektrischen Ladedrucksteller geöffnet, bzw. die Drosselklappe entsprechend geschlossen. Es erfolgt in beiden Fällen kein Ladedruckaufbau.

So funktioniert es

Das Motorsteuergerät berechnet je nach Drehmomentanforderung den erforderlichen Soll-Ladedruck, um die notwendige Luftmasse in den Zylinder zu fördern. Bis dieser Soll-Ladedruck erreicht ist, bleibt das Wastegate geschlossen. So wird der gesamte Abgasstrom in Richtung Turbinenrad geleitet und treibt dieses an.

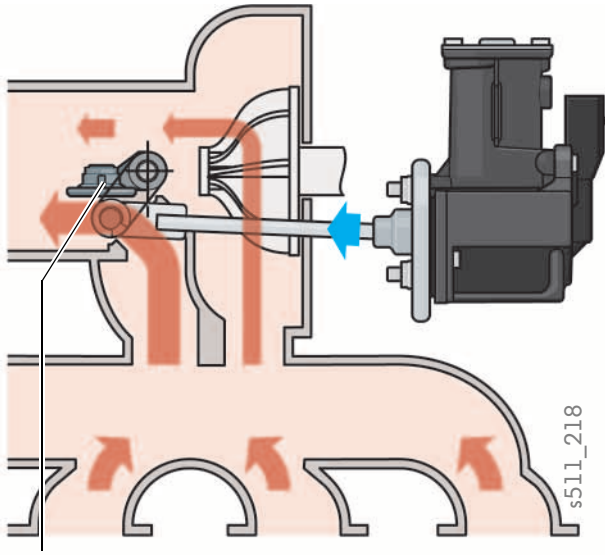
Das Turbinenrad ist über eine gemeinsame Welle mit dem Verdichterrad der Frischluftseite verbunden. Dieses verdichtet die angesaugte Luft bis der Soll-Ladedruck erreicht ist.



Ist der Soll-Ladedruck erreicht, wird das Wastegate auf die für den Soll-/Ist-Ladedruck benötigte Position geregelt.

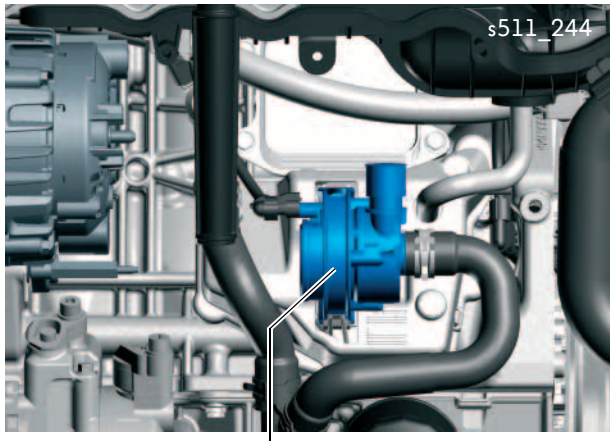
Wird zum Beispiel das Wastegate weiter geöffnet, strömt ein Teil des Abgasstromes am Turbinenrad vorbei. Damit sinkt die Drehzahl des Turbinen- und des Verdichterrades. Die angesaugte Luft wird nicht mehr so stark verdichtet und der Ladedruck sinkt.

Den erforderlichen Verstellweg des Wastegate über das Gestänge berechnet das Motorsteuergerät anhand des Ist- und des Soll-Ladedruckes. Mit dem Ladedruckgeber G31 wird der Ist-Ladedruck gemessen.



Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Die elektronisch geregelte Pumpe für Ladeluftkühlung ist unterhalb des Saugrohres an den Gehäusedeckel des Ölabscheiders angeschraubt. Sie ist Bestandteil eines eigenständigen Kühlkreislaufes.



Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Aufgabe

Die Pumpe für Ladeluftkühlung fördert Kühlmittel aus dem Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf zum Ladeluftkühler im Saugrohr und zum Abgas-Turbolader. Dazu wird die Pumpe mit einem PWM-Signal bedarfsabhängig vom Motorsteuergerät angesteuert. Wenn sie angesteuert wird, dann immer mit der maximalen Leistung.

Unter folgenden Bedingungen wird sie angesteuert:

- kurzzeitig nach jedem Motorstart
- ständig ab einer Drehmomentanforderung von ca. 100Nm
- ständig ab einer Ladelufttemperatur von 50°C im Saugrohr
- ab einer Temperaturdifferenz der Ladeluft vor und nach dem Ladeluftkühler von weniger als 12°C
- bei laufendem Motor alle 120 Sekunden für 10 Sekunden um einen Hitzestau vor allem am Abgas-Turbolader zu vermeiden und
- kennfeldabhängig für 0-480 Sekunden nach dem Abschalten des Motors um eine Überhitzung mit Dampfblasenbildung am Abgas-Turbolader zu vermeiden.

Auswirkungen bei Ausfall

Die Fehlermöglichkeiten an der Pumpe für Ladeluftkühlung führen zu folgenden Auswirkungen:

Fehlerursache	**Auswirkung**
Elektrischer oder mechanischer Fehler	- Ereignisspeichereintrag im Motorsteuergerät - Leistungseinbußen
Unterbrechung der Signalleitung	- Ereignisspeichereintrag im Motorsteuergerät - Pumpe läuft mit maximaler Drehzahl
Unterbrechung einer Versorgungsleitung der Pumpe	- Ereignisspeichereintrag im Motorsteuergerät - Pumpe fällt aus - Leistungseinbußen

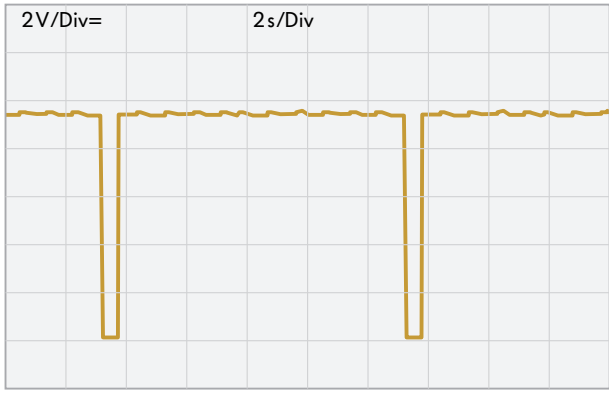


Beachten Sie bitte, dass zum Beispiel auch ein stark verschmutzter Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf oder ein falsch befülltes Kühlsystem zu einem Ereignisspeichereintrag führen können, bei dem das Ladeluft-Kühlsystem überprüft werden muss.

Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung

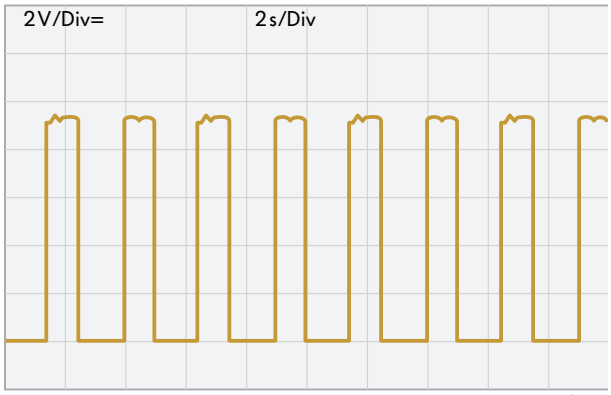
In der Pumpe ist eine Regelelektronik verbaut. Mir ihr wird der Elektromotor angesteuert und die Funktion der Pumpe überwacht. Den Ist-Zustand der Pumpe sendet sie an das Motorsteuergerät, indem sie das PWM-Signal in regelmäßigen Zeitabständen auf Masse schaltet.

Pumpe für Ladeluftkühlung „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.



s511_262

Pumpe für Ladeluftkühlung „nicht in Ordnung"
Wird durch die Eigendiagnose ein Fehler erkannt, zum Beispiel durch eine blockierte Pumpe oder eine trocken laufende Pumpe, verändert die Regelelektronik je nach Fehlerursache die Dauer der Masseschaltung des PWM-Signals.



s511_261

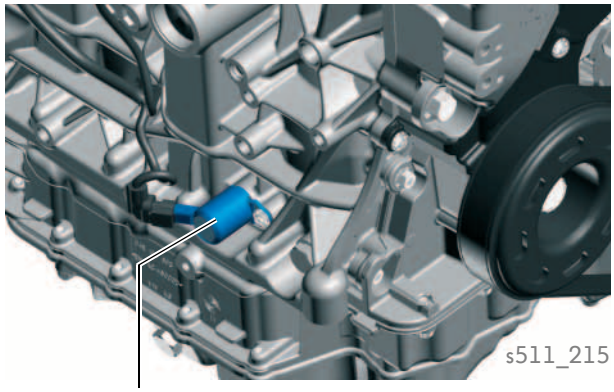
Im Fehlerfall wird in regelmäßigen Zeitabständen versucht, die Pumpe für Ladeluftkühlung wieder zuzuschalten. Gelingt dies, sendet die Regelelektronik an das Motorsteuergerät wieder das Signal Pumpe für Ladeluftkühlung „in Ordnung".

Ventil für Öldruckregelung N428

Das Ventil ist auf der Abgasseite im Bereich von Zahnriemen und Ölwannenoberteil in den Zylinderblock eingeschraubt.

Aufgabe

Das Ventil für Öldruckreglung ist ein hydraulisches 3/2-Wegeventil. Durch die elektrische Ansteuerung vom Motorsteuergerät schaltet das Ventil last- und drehzahlabhängig zwischen den beiden Öldruckstufen. Stromlos ist es geschlossen und die Ölpumpe fördert in der hohen Öldruckstufe. Wird es angesteuert, öffnet ein Ölkanal zum Steuerkolben und verschiebt diesen innerhalb der Ölpumpe. Dadurch wird in die untere Druckstufe geschaltet.



Ventil für Öldruckregelung N428

Auswirkungen bei Ausfall

Fällt das Ventil aus, ist es geschlossen.
Die Ölpumpe fördert in der hohen Öldruckstufe.

Die Spezialwerkzeuge

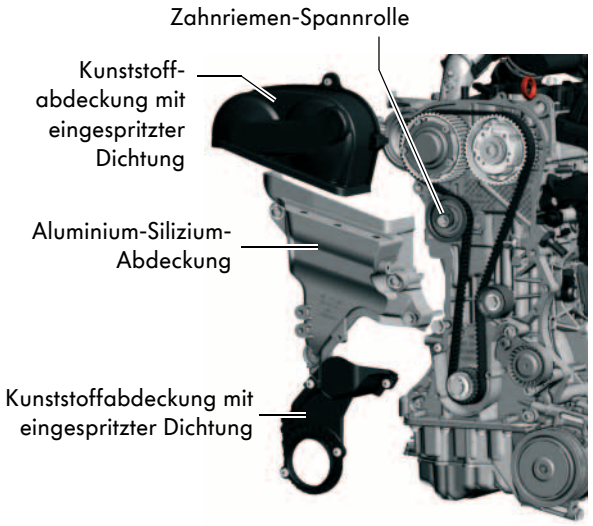
Bezeichnung	Werkzeug	Verwendung
T10487 Montagewerkzeug	 s511_264	Mit dem Montagewerkzeug wird der Zahnriemen zwischen den Nockenwellen nach unten gedrückt, um die Nockenwellenfixierung T10494 in die unter Spannung stehenden Nockenwellen einsetzen zu können.
T10494 Nockenwellenfixierung	 s511_267	Zur Fixierung der Nockenwelle bei der Überprüfung und Einstellung der Steuerzeiten.
T10499 Schlüssel	 s511_266	Mit dem Schlüssel wird die Zahnriemen-Exzenter-spannrolle ent- und gespannt.
T10500 Einsteckwerkzeug	 s511_265	Mit dem Einsteckwerkzeug wird die Schraube an der Zahnriemen-Exzenterspannrolle bei eingebauter Motorstütze gelöst und festgezogen.
VAS 6583 Elektronischer Drehmomentschlüssel	 s511_263	Mit dem elektronischen Drehmomentschlüssel wird die Schraube an der Zahnriemen-Exzenterspannrolle festgezogen und beim Einbau des Kühlmittelregler-gehäuses der Zahnriemen zum Antrieb der Kühl-mittelpumpe mit einem genauen Drehmoment vorgespannt.

Technische Hinweise

Die Zahnriemenabdeckung

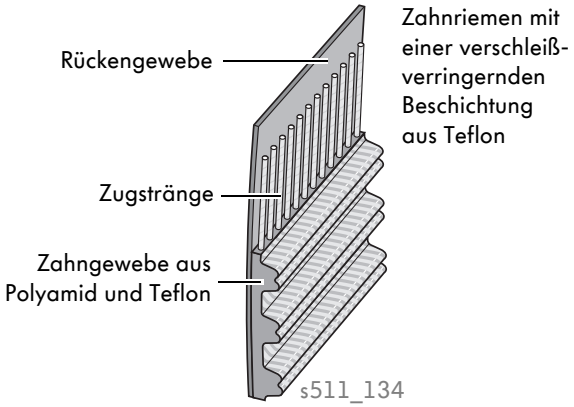
Der Zahnriemen ist mit einer dreiteiligen Zahnriemenabdeckung staub- und schmutzdicht geschützt. Das verlängert die Lebensdauer des Zahnriemens.

Die Spannrolle des Zahnriemens kann gelöst werden, ohne die Motorstütze abnehmen zu müssen. Benötigt wird dafür u. a. das Einsteckwerkzeug T10500 und der elektronische Drehmomentschlüssel VAS 6583. Das Einsteckwerkzeug wirkt an einem herkömmlichen Drehmomentschlüssel wie eine Verlängerung. Das Anzugsdrehmoment wäre an der Verschraubung viel zu hoch. Um das zu vermeiden, ist auf dem Einsteckwerkzeug ein Stichmaß angegeben, das in den elektronischen Drehmomentschlüssel eingegeben wird. Mit dieser Eingabe wird die Schraube mit dem richtigen Drehmoment angezogen.



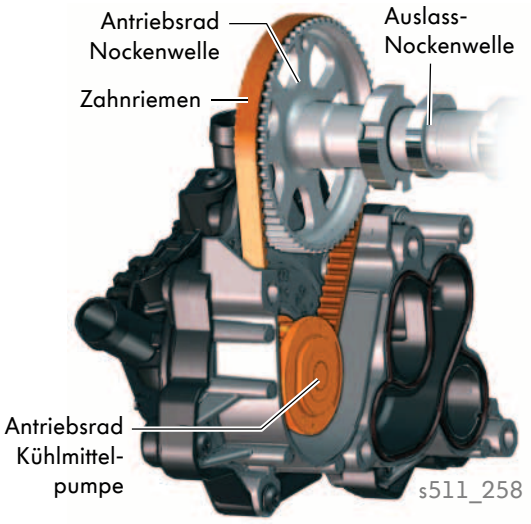
Zahnriemen

Der Zahnriemen darf bei Montagearbeiten, beim Transport oder bei der Lagerung auf keinen Fall geknickt werden. Ansonsten werden die Zugstränge beschädigt, der Zahnriemen reißt und es entsteht ein Motorschaden.



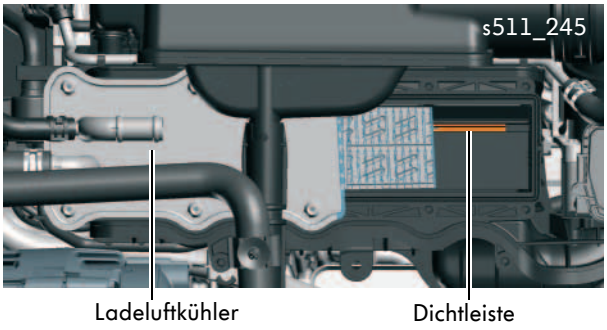
Zahnriemen der Kühlmittelpumpe

Vor dem Abbau des Antriebsrades und beim Spannen des Zahnriemens beachten Sie unbedingt die Hinweise in ELSA. Nur ein korrekt gespannter Zahnriemen stellt dauerhaft die störungsfreie Funktion der Kühlmittelpumpe sicher.
Damit der Zahnriemen der Kühlmittelpumpe richtig gespannt ist, muss er über das Kühlmittelreglergehäuse mit dem elektronischen Drehmomentschlüssel VAS 6583 und einem genauen Drehmoment vorgespannt werden.



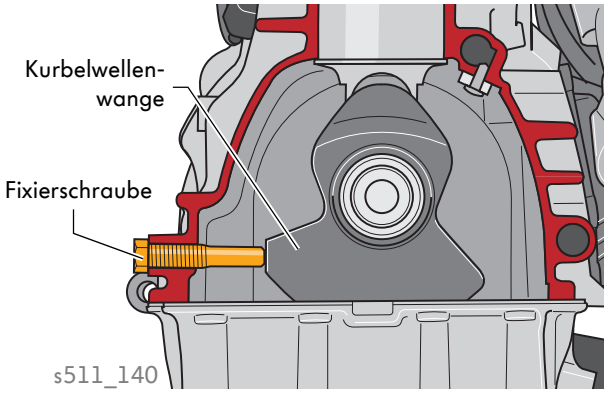
Dichtleiste Ladeluftkühler

Achten Sie beim Einbau des Ladeluftkühlers auf den korrekten Sitz der Dichtleiste. Ist sie nicht richtig verbaut, kommt es zu Vibrationen, der Ladeluftkühler reißt und wird undicht.



Kurbelwellenfixierung

Beim Einstellen der Steuerzeiten liegt die Kurbelwellenwange an der Fixierschraube nur an. Die Kurbelwelle ist nicht fixiert und kann gegen die Motordrehrichtung verdreht werden.



Prüfen Sie Ihr Wissen!

Welche Antwort ist richtig?

Bei den vorgegebenen Antworten können eine oder auch mehrere Antworten richtig sein.
Alle Fragen beziehen sich auf die neue Ottomotoren-Baureihe EA211.

1. Welche technischen Merkmale sind bei allen EA211er Motoren gleich?

❒ a) Nockenwellenantrieb über Zahnriemen

❒ b) 4-Ventiltechnik

❒ c) ein in den Zylinderkopf integrierter Abgaskrümmer

2. Worin unterscheiden sich die Zahnriementriebe?

❒ a) Die 3-Zylindermotoren besitzen zwei triovale Nockenwellenräder.

❒ b) Die Zahnriementriebe sind bei allen EA211er Motoren identisch.

❒ c) Die 4-Zylindermotoren besitzen ein ovales CTC-Kurbelwellenzahnrad.

3. Welche Aussagen zur Öldruckregelung sind richtig?

❒ a) Die Öldruckregelung erfolgt bei den 1,4l-TSI-Motoren in zwei Öldruckstufen mit ca. 1,8 und 3,3bar.

❒ b) Bei den 1,0l- und 1,2l-Motoren regelt ein Druckregelventil im Ölpumpengehäuse den Öldruck auf circa 3,5bar.

❒ c) Bei allen EA211er Motoren ist der Ölfilter an der Ölwanne verbaut.

4. Welche Aussagen zum Kühlsystem sind richtig?

❒ a) Motorkühlung als Zweikreis-Kühlsystem mit unterschiedlichen Kühlmitteltemperaturen im Zylinderkopf und Zylinderblock.

❒ b) Die Kühlmittelpumpe ist in das Kühlmittelreglergehäuse integriert.

❒ c) Es gibt zwei Kühlkreisläufe, bestehend aus Motor-Kühlsystem und Ladeluft-Kühlsystem.

5. An welcher Stelle werden bei den TSI-Motoren die Gase der Kurbelgehäuseentlüftung und der Aktivkohle-Behälteranlage der Frischluft zugeführt?

❒ a) Immer direkt in das Saugrohr, da dort der höchste Unterdruck herrscht.

❒ b) Die Gase werden generell zur Saugseite des Abgas-Turboladers geleitet.

❒ c) Je nachdem wo der Druck niedriger ist, am Saugrohr oder auf der Saugseite am Abgas-Turbolader.

6. Welche Vorteile bietet der integrierte Abgaskrümmer?

❒ a) Das Kühlmittel wird während des Motorwarmlaufes vom Abgas schneller erwärmt.

❒ b) Durch die kleinere abgasseitige Wandungsoberfläche bis zum Katalysator gibt das Abgas beim Warmlauf wenig Wärme ab und der Katalysator wird trotz der Kühlung durch das Kühlmittel schneller auf die Betriebstemperatur erwärmt.

❒ c) Im Volllastbetrieb wird der integrierte Abgaskrümmer und das Abgas stärker gekühlt und der Motor kann bei Volllast in einem größeren Bereich mit Lambda=1 verbrauchs- und abgasoptimiert betrieben werden.

7. In welchem Bereich liegt bei den TSI-Motoren des Golf 2013 der Kraftstoff-Hochdruck?

❒ a) Der Kraftstoffdruck beträgt je nach Hubraum 160 bzw. 200bar.

❒ b) Der Kraftstoffdruck beträgt bei den 1,2l-TSI-Motoren zwischen 120 und 200bar und bei den 1,4l-TSI-Motoren zwischen 140 und 200bar.

❒ c) Der Kraftstoffdruck beträgt bei allen TSI-Motoren zwischen 40 und 140bar.

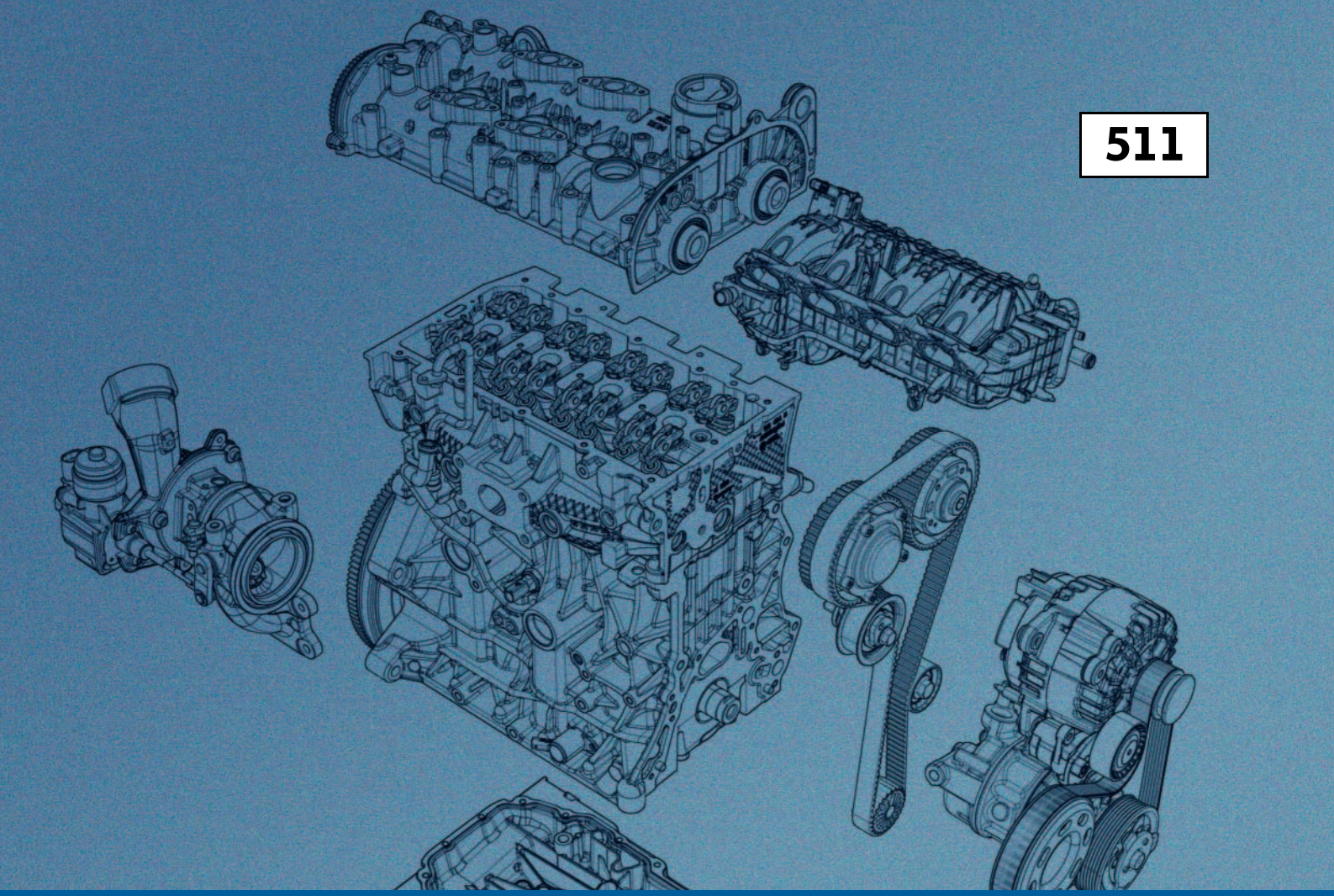
8. Was ist beim Anziehen der Zahnriemen-Spannrolle bei angebauter Motorstütze zu beachten?

❒ a) Es wird der elektronische Drehmomentschlüssel VAS 6583 benötigt.

❒ b) Die Zahnriemen-Spannrolle wird mit einem herkömmlichen Drehmomentschlüssel und einer Verlängerung angezogen.

❒ c) Auf dem Einsteckwerkzeug T10500 ist ein Stichmaß angegeben, dass in den elektronischen Drehmomentschlüssel eingegeben werden muss.

Lösung:
1. a), b), c); 2. a), c); 3. a), b), c); 4. a), b), c); 5. c); 6. a), b), c); 7. b); 8. a), c)



511

© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.
000.2812.68.00 Technischer Stand 07/2013

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

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.