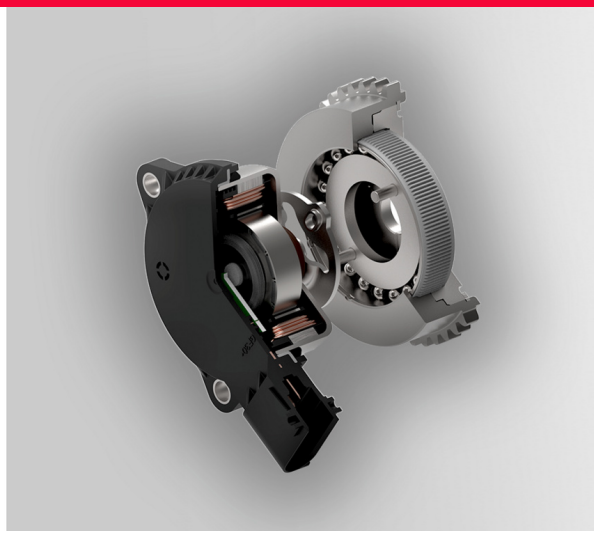




Audi 2,0l-TFSI-Motor Baureihe EA888 evo5

Selbststudienprogramm SSP 694

Nur für den internen Gebrauch

Audi Service Training

Inhaltsverzeichnis

Einleitung
Einleitung 3
Entwicklungsziele 4
Drehmoment- und Leistungsdiagramme und Technische Merkmale 6

Motormechanik
Zylinderkurbelgehäuse 9
Lagerung der Ausgleichswellen 10
Kurbeltrieb 11
Steuertrieb 16
Abdeckungen für Steuerketten 22
Zylinderkopf (LK1) 24
AVS-Auslassnockenwelle 26
Elektromechanische Nockenwellenverstellung 27

Ölkreislauf – Motorschmierung
Merkmale des Ölsystems 35
Ölpumpe 36
Sensoren und Aktoren des Ölversorgungssystems 40
Servicearbeiten 44

Kühlsystem
Übersicht 46
Drehschiebermodul 49
Kühlkreislauf-Regelung 53

Kraftstoffversorgung
Übersicht Kraftstoffsystem 73
Hochdruck-Kraftstoffsystem 74

Ladeluftsystem
Ladeluftsystem 77
Abgasturbolader 77
Kurbelgehäusebe- und entlüftung 81

Abgasreinigung
Abgasreinigung 86

Systemübersicht Sensoren und Aktoren
Systemübersicht Sensoren und Aktoren 88

Motormanagement
Erweitertes Miller-Brennverfahren 91

Service
Spezialwerkzeuge und Betriebseinrichtungen 93

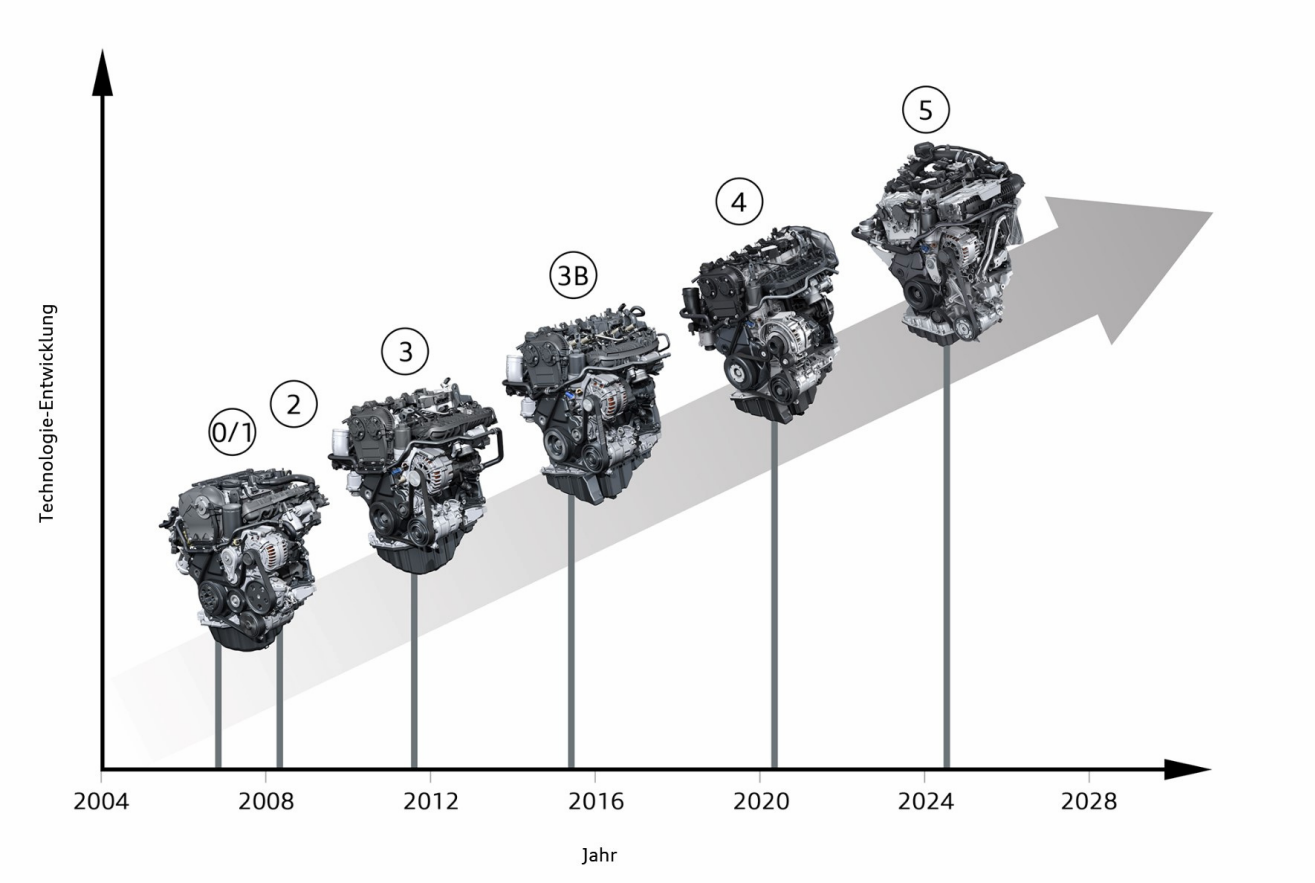
Das Selbststudienprogramm vermittelt bzw. erweitert Grundlagen zu Konstruktion und Funktion neuer Fahrzeugmodelle, neuen Fahrzeugkomponenten oder neuen Techniken informatorisch.
Das Selbststudienprogramm ist keine Grundlage für den Umgang mit dem Fahrzeug, wie beispielsweise Reparaturen. Es ersetzt nicht andere gültige Dokumente, wie zum Beispiel Reparaturleitfäden und Bordbücher. Angegebene Informationen und Werte dienen nur zum leichteren Verständnis und beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des SSP gültigen Datenstands. Die Inhalte werden nicht aktualisiert.
Für Wartungs- und Reparaturarbeiten nutzen Sie stets ausschließlich die dafür vorgesehene technische Literatur. *Kursiv* und mit einem Pfeil ↗ gekennzeichnete Begriffe sind im Glossar am Ende dieses Selbststudienprogramms erklärt.


Hinweis


Verweis

Einleitung

Einleitung



694_133

Die erste Generation des EA888 wurde im Jahr 2006 eingeführt und löste somit die Motorenfamilie EA113 ab.

Der EA113 wurde bei Audi von 1996 bis 2006 verbaut. Es standen etwa 670 Varianten weltweit (abhängig von abgas- oder länderspezifischen Vorgaben) mit Hubräumen zwischen 1,6 und 2 Liter zur Verfügung. Es gab Saug- und Turbomotoren sowie Saugrohr- und Direkteinspritzung. Der EA113 ist u. a. in den Selbststudienprogrammen 222, 233, 337 und 255 beschrieben.

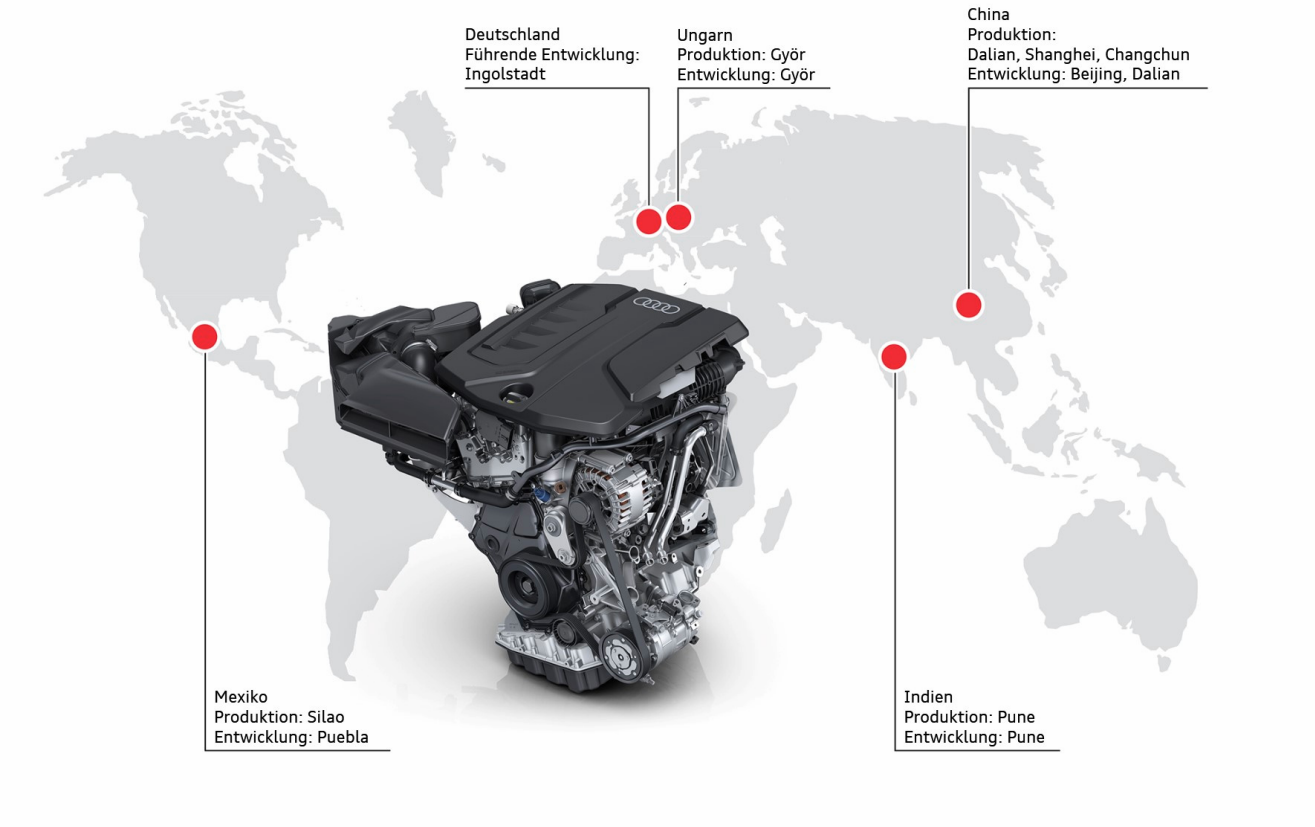
Die Motorenbaureihe EA888 hat seit ihrer Einführung weltweit Anwendung in vielen Konzernprodukten gefunden.

Bisher wurden die EA888 bei Audi in den folgenden Selbststudienprogrammen beschrieben:

- SSP 384 "Audi 1,8l 4V TFSI-Motor mit Kette"
- SSP 436 "Änderungen am 4-Zylinder-TFSI-Motor mit Kettentrieb"
- SSP 439 "2,0l-TFSI flexible fuel-Motor"
- SSP 606 "Audi 1,8l- und 2,0l-TFSI-Motoren der Baureihe EA888 (3. Generation)"
- SSP 645 "Audi 2,0l-TFSI-Motoren Baureihe EA888"
- SSP 683 "Audi 2,0l-TFSI-Motor Baureihe EA888 evo4"

Der EA888 evo5 wird sowohl längs als auch quer eingebaut und findet in Fahrzeugen der Marken Audi, Porsche, Seat, Cupra, Škoda, Volkswagen und VW-Nutzfahrzeuge Verwendung.

Die Produktion der Motoren erfolgt in sechs Produktionsstätten in den Ländern Ungarn, Mexiko und China. Zusätzlich gibt es in Indien eine lokale Montage der Motoren.



694_002

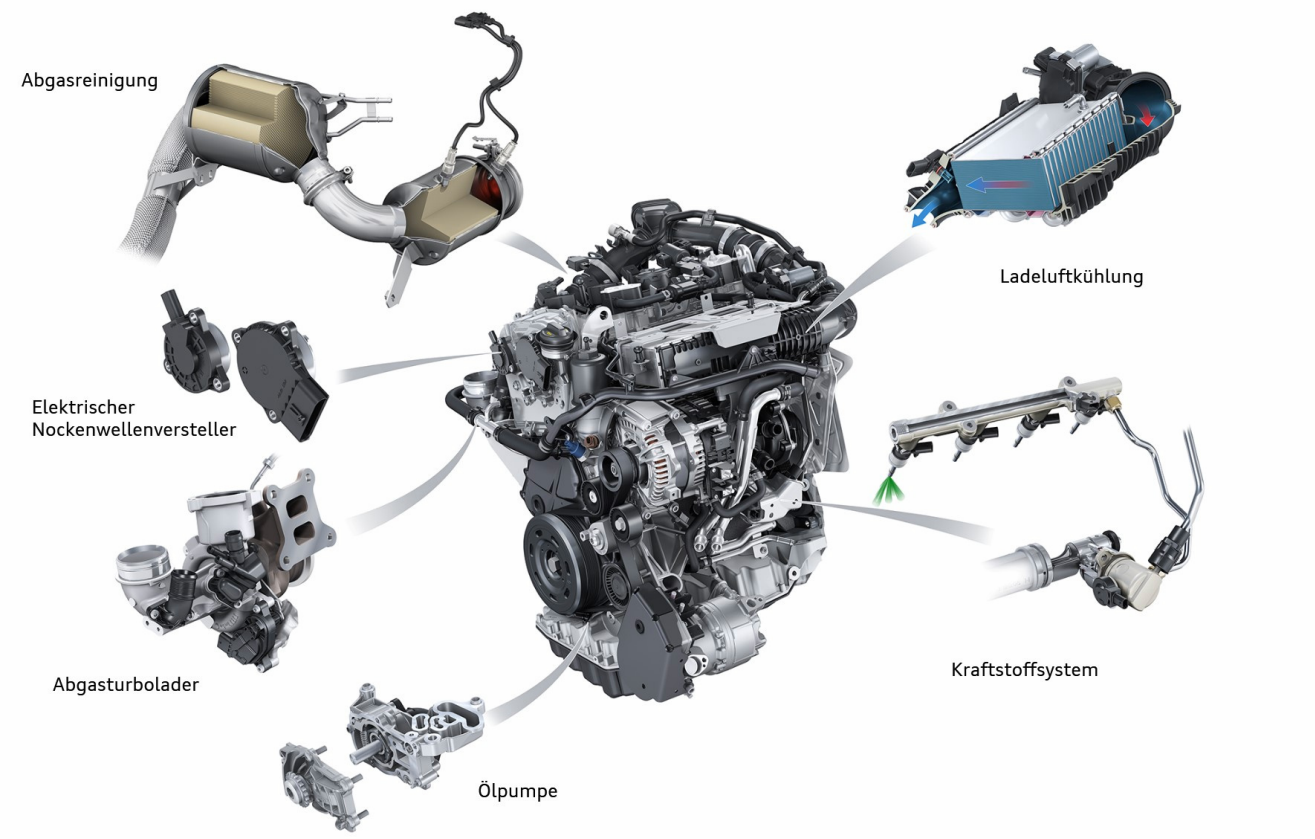
Durch effizienzsteigernde Maßnahmen und die Optimierung der Abgasnachbehandlung konnten die Schadstoffgehalte gesenkt werden. Dies ermöglicht die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben zum Schadstoffausstoß, auch für künftige Anforderungen.

Entwicklungsziele

- **Erfüllung zukünftiger Emissionsvorschriften**
  - Gesetzgebung in Europa, Nordamerika und China
- **Reduzierung des Integrationsaufwandes**
  - Einsatz in volumenstarken Fahrzeug-Plattformen des VW-Konzerns
  - Längs- und Quereinbau
    - **MQB** (Modularer Querbaukasten): Diese Plattform wird für Fahrzeuge mit quer eingebauten Motoren verwendet. Bei Audi kommt der Motor zuerst beim Audi A3 Typ 8Y zum Einsatz. Zu einem späteren Zeitpunkt ist der Einsatz im Audi Q3 Typ F3 geplant. Des Weiteren ist der Einsatz in weiteren Modellen des VW-Konzerns, wie VW Golf, VW Passat und Škoda Octavia geplant.
    - **MLB** (Modularer Längsbaukasten): Diese Plattform ist für Fahrzeuge mit längs eingebauten Motoren konzipiert. Hier ist der Ersteinsatz des Motors im Audi A5 Typ FU. Weitere geplante Fahrzeuge sind der Audi Q5 Typ GU und der Audi A7 Typ FN.
- **Moderate Leistungs- und Drehmomentsteigerung**
- **Flexibler Einsatz für unterschiedliche Elektrifizierungsgrade**
  - 12 V-Start/Stopp-Anwendungen
  - 48 V-Mildhybrid-System
  - Hochvolt-Elektrifizierung als Plug-In-Hybrid
- **Erhöhung der Verdichtung**
  - Leistungsklasse 1 von 12,2:1 auf 12,5:1
  - Leistungsklasse 2 von 9,6:1 auf 10,5:1
- **Robustheitssteigerung des Kurbeltriebs**
  - Breitere Hauptlager und längere Ölnuten
  - Neues Ölbohrungskonzept für kontinuierliche Ölversorgung der Pleuellager (LK2)
  - Einführung einer Flügelzellenpumpe für den benötigten, höheren Ölvolumenstrom
  - Robusterer Hubzapfen (Durchmesservergrößerung von 47,8 mm auf 50,0 mm)
  - Verringerung der Pleuellänge von 144,0 mm auf 140,0 mm für dickeren Kolbenboden
- **Optimierung des Brennverfahrens**
  - Aufladung über Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie

- Verzicht auf Anfettung; im kompletten Kennfeldbereich ist das Kraftstoff-Luftverhältnis λ = 1 realisiert
- **Erhöhung des Kraftstoffdrucks**
  - Von 350 bar auf bis zu 500 bar, deshalb
  - Neuanordnung der Hochdruckpumpe am Zylinderkurbelgehäuse
- **Elektrischer Nockenwellenversteller (nur bei Motoren im Längseinbau)**
  - An der Einlassnockenwelle für komfortablen Motorstart
  - Vereinfachtes AVS-System auf der Auslassseite durch Doppelnockenstücke (ab Leistungsklasse 2)
- **Indirekte Ladeluftkühlung**
  - Integration in die PPC-Plattform zur Reduktion der Variantenvielfalt
- **Flexibler und anpassbarer Antrieb der Nebenaggregate**
  - Antrieb von konventionellen (12 Volt) Generatoren und Klimakompressoren über Riementrieb
  - Integration eines 48 V-Riemenstartergenerators und elektrischen Klimakompressors für MHEV-Systeme
  - Möglichkeit eines PHEV ohne Riementrieb durch Anpassung des Riemenlayouts

Übersicht der wichtigsten technischen Änderungen gegenüber den evo4 Motoren



694_003

Hinweis
Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen weltweit, wie zum Beispiel die Abgaseinstufungen und andere gibt es unterschiedliche Varianten des Aggregates.
In diesem Selbststudienprogramm werden die Varianten der Leistungsklassen 1 und 2 beschrieben, die in den EU-Märkten vorkommen.

Drehmoment- und Leistungsdiagramme und Technische Merkmale

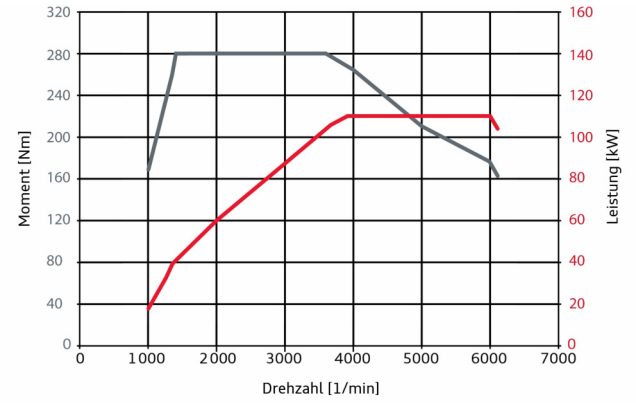
Der EA888 evo5 wird, abhängig von den Anforderungen weltweit, in den erforderlichen Abgasklassen verbaut.

Hier werden beispielhaft Motoren der Leistungsklasse 1 und 2 für den Raum Mitteleuropa dargestellt.

Drehmoment-Leistungskurve 2,0l-TFSI-Motor 110 kW EA888 evo5

Ersteinsatz bei Audi im A5 Typ FU

Motor mit Kennbuchstaben DWZA Leistungsklasse 1



694_149

Leistung in kW

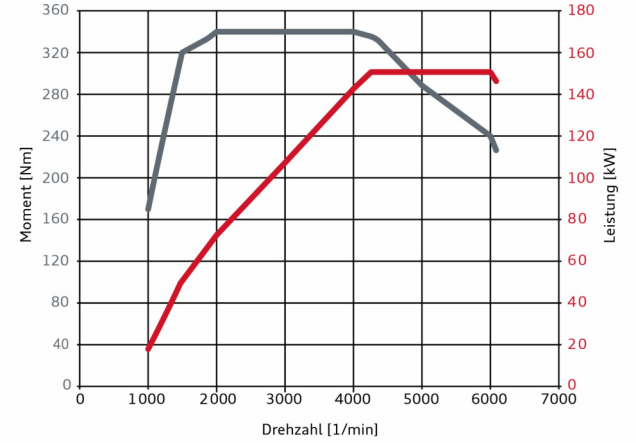
Drehmoment in Nm

Merkmale	Technische Daten
Motorkennbuchstabe	DWZA
Bauart	R4
Hubraum in cm³	1984
Hub in mm	92,8
Bohrung in mm	82,5
Anzahl der Ventile pro Zylinder	4
Zündfolge	1-3-4-2
Verdichtungsverhältnis ε	12,5 : 1
Maximale Leistung	110 kW bei 3900 - 6000 1/min
Maximales Drehmoment	280 Nm bei 1400 - 3600 1/min
Kraftstoff	95 RON/ROZ
Motormanagement	Simos30.E_SFD FSI Direkt. Vitesco
Abgasreinigung	Motornaher Katalysator und nachgeschalteter Ottopartikelfilter
Abgasnorm	EU6 EA Lambda=1 WLTP3 M1, N1-I
Konzept	R&StSto_OPF

Drehmoment-Leistungskurve 2,0l-TFSI-Motor 150 kW EA888 evo5

Ersteinsatz bei Audi im A5 Typ FU

Motor mit Kennbuchstaben DWZB Leistungsklasse 1



688_049

Leistung in kW

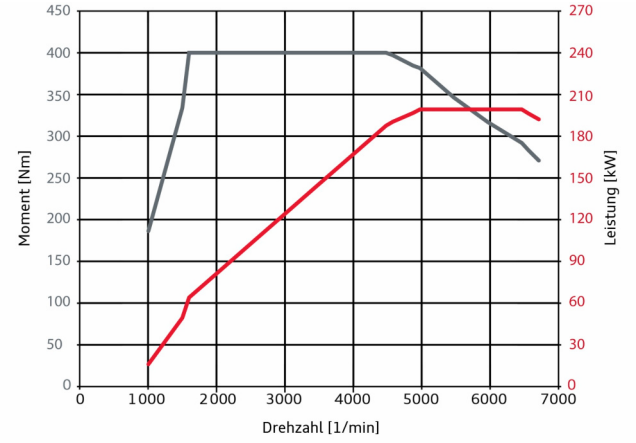
Drehmoment in Nm

Merkmale	Technische Daten
Motorkennbuchstabe	DWZB
Bauart	R4
Hubraum in cm³	1984
Hub in mm	92,8
Bohrung in mm	82,5
Anzahl der Ventile pro Zylinder	4
Zündfolge	1-3-4-2
Verdichtungsverhältnis ε	12,5 : 1
Maximale Leistung	150 kW bei 4300 - 6000 1/min
Maximales Drehmoment	340 Nm bei 2000 - 4000 1/min
Kraftstoff	95 RON/ROZ
Motormanagement	Simos30.E_SFD FSI Direkt. Vitesco
Abgasreinigung	Motornaher Katalysator und nachgeschalteter Ottopartikelfilter
Abgasnorm	EU6 EA Lambda=1 WLTP3 M1, N1-I
Konzept	R&StSto_OPF

Drehmoment-Leistungskurve 2,0l-TFSI-Motor 200 kW EA888 evo5

Ersteinsatz bei Audi im A5 Typ FU

Motor mit Kennbuchstaben DWVA



694_004

Leistung in kW

Drehmoment in Nm

Merkmale	Technische Daten
Motorkennbuchstabe	DXBA
Bauart	R4
Hubraum in cm³	1984
Hub in mm	92,8
Bohrung in mm	82,5
Anzahl der Ventile pro Zylinder	4
Zündfolge	1-3-4-2
Verdichtungsverhältnis ε	10,5 : 1
Maximale Leistung	200 kW bei 5000 - 6500 1/min
Maximales Drehmoment	400 Nm bei 1600 - 4500 1/min
Kraftstoff	95 RON/ROZ
Motormanagement	Simos30.E FSI Direkt. Vitesco
Abgasreinigung	Motornaher Katalysator und nachgeschalteter Ottopartikelfilter
Abgasnorm	EU6 plus
Konzept	R&StSto

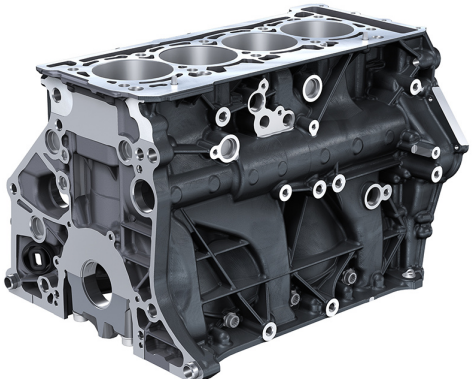
Motormechanik

Zylinderkurbelgehäuse

Das Zylinderkurbelgehäuse der Motoren der Leistungsklassen 1 und 2 besteht aus Grauguss (GJL 250) und wird im Sandguss-Verfahren hergestellt. Die Ausführung ist als Closed Deck Bauweise ausgeführt.

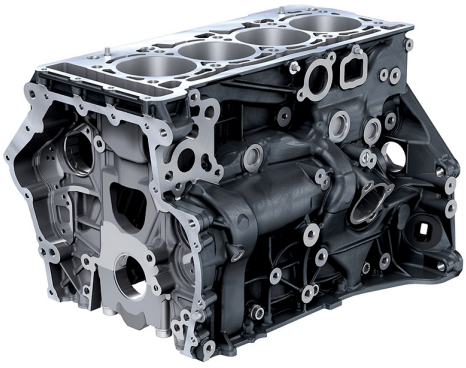
Technisch ist das Kurbelgehäuse vom evo4-Motor abgeleitet. Eine der maßgeblichen Änderungen ist bei der Integration der Ausgleichswelle auf der Einlassseite des Motors zu finden. Deren Funktion wurde erweitert. Sie treibt neben dem „Modul Drehschieber und Kühlmittelpumpe“ nun zusätzlich über einen Einfachnocken die Kraftstoff-Hochdruckpumpe an.

Abgasseite

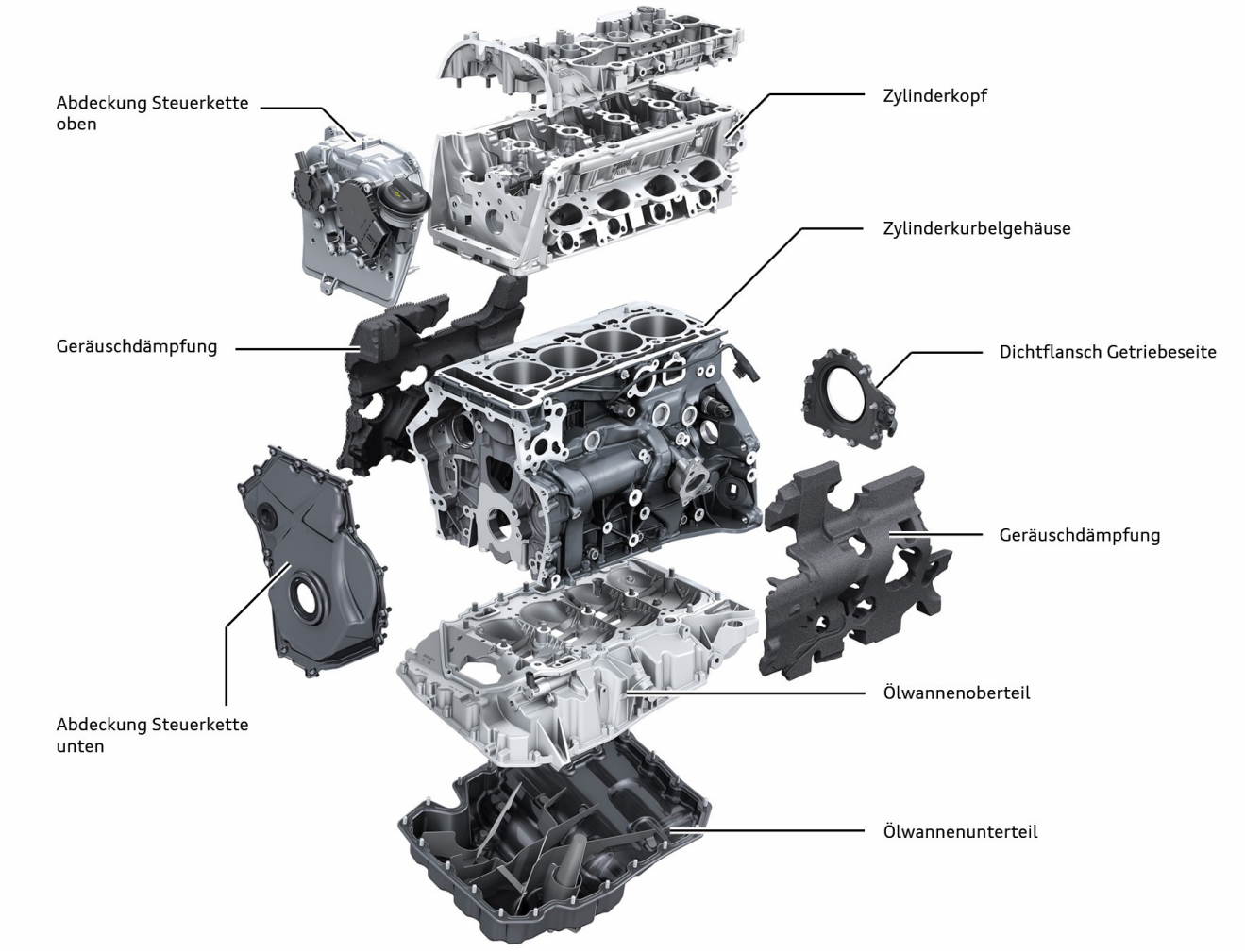


694_023

Ansaugseite



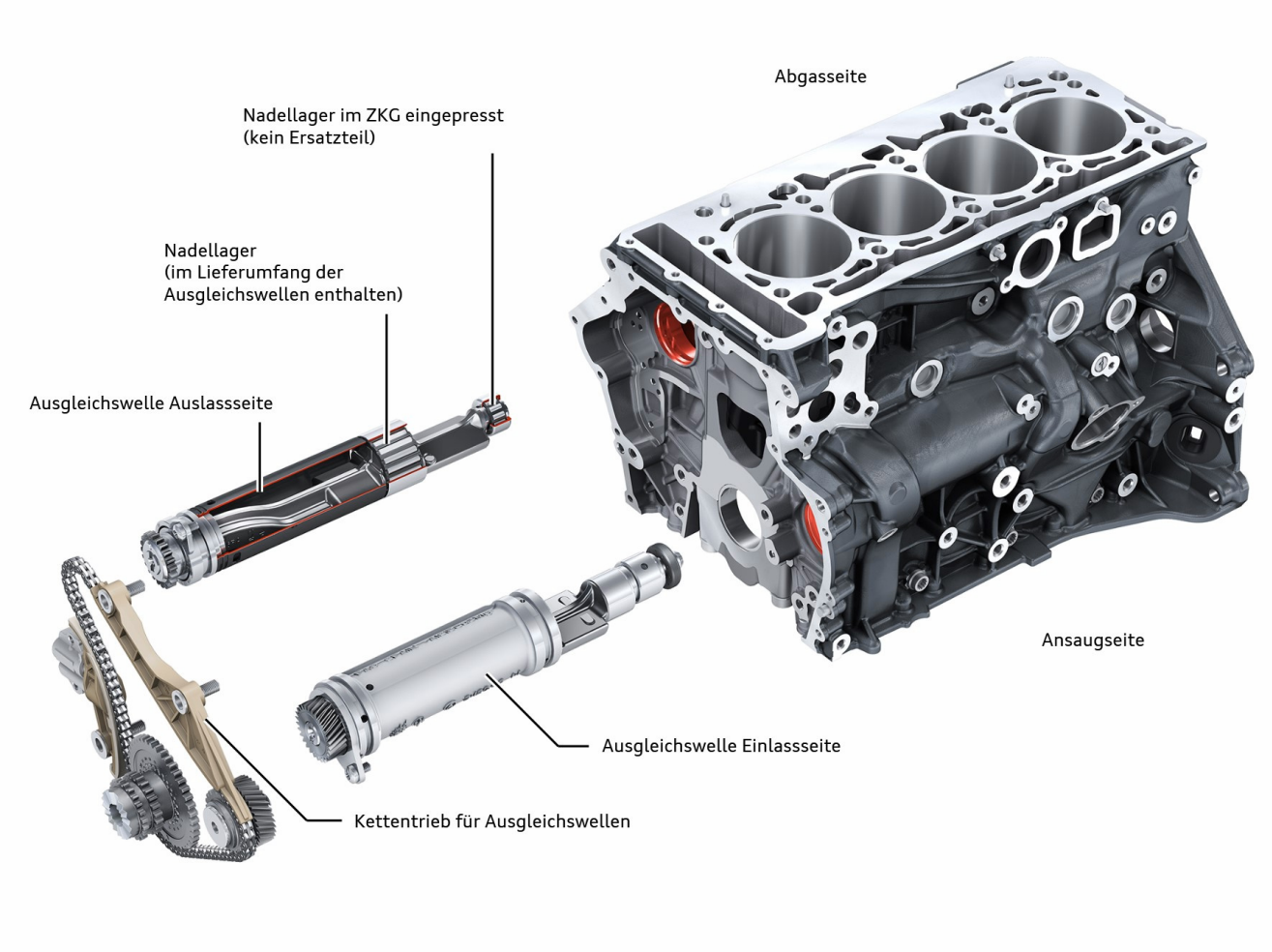
694_024



694_006

Die Grafiken zeigen den MLB LK1.

Lagerung der Ausgleichswellen



694_007

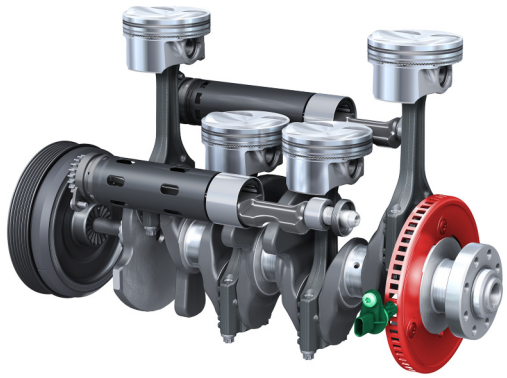
Die Ausgleichswelle auf der Abgasseite ist konstruktiv vom evo4-Motor abgeleitet.

An der einlassseitigen Ausgleichswelle ist neben dem Antrieb der Kühlmittelpumpe zusätzlich der Antrieb der Kraftstoff-Hochdruckpumpe dazu gekommen. Aufgrund dieser Mehrbelastung erfolgt die Lagerung vollständig in Gleitlagern.

!	**Hinweis** Wie auch bei den vorhergehenden Motorengenerationen ist im Reparaturfall der Austausch der Ausgleichswellen immer nur paarweise gestattet.

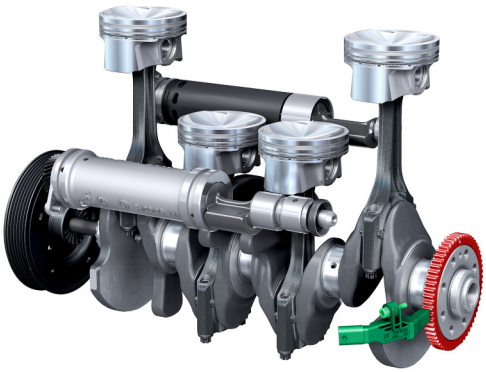
Kurbeltrieb

Leistungsklasse 1 evo4



694_008

Leistungsklasse 1 evo5



694_009

Wegen des optimierten Brennverfahrens sind die Motoren höher verdichtet. Deshalb wurden vor allem an den LK2-Motoren einige Anpassungen im Bereich des Kurbeltriebes durchgeführt.

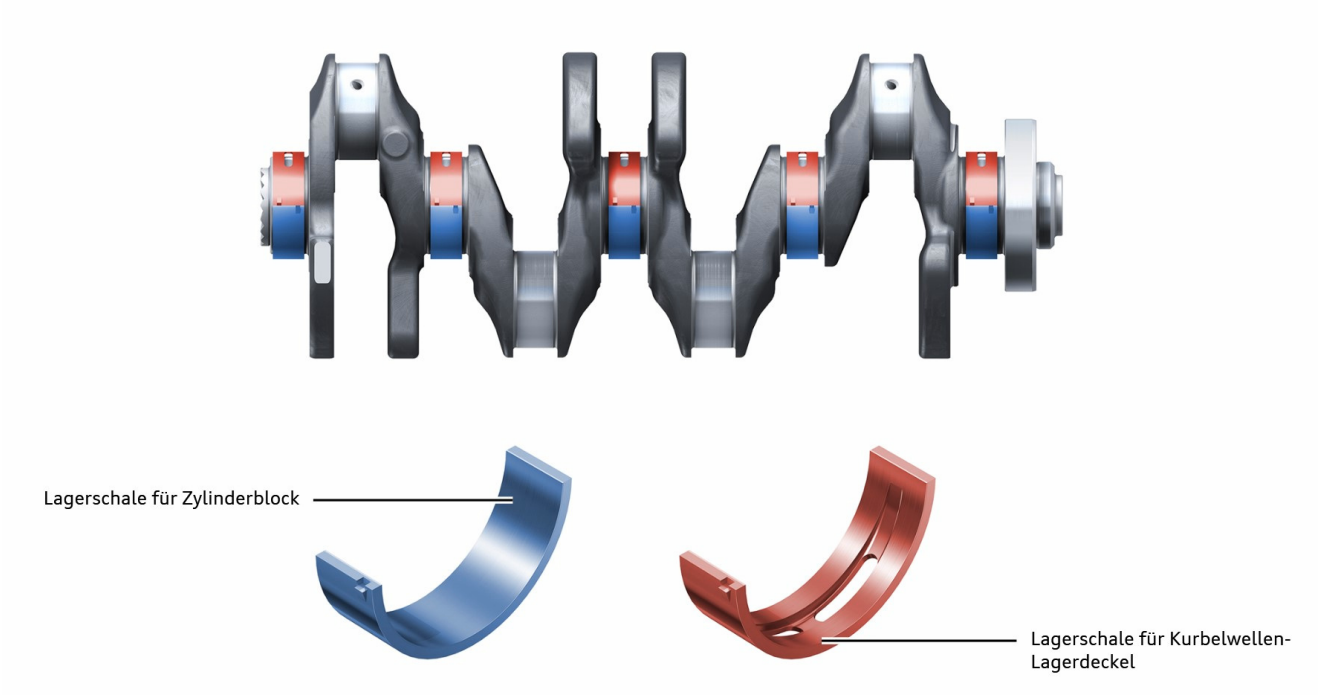
Das Konzept des Kurbeltriebes bei den Motoren der Leistungsklasse 1 wurde zum größten Teil vom Vorgänger, dem evo4 übernommen.

Geändert wurde für alle Leistungsklassen die Erfassung der Drehzahl der Kurbelwelle. Das dazu erforderliche Geberrad war bisher auf der Kurbelwelle innerhalb des Kurbelgehäuses getriebeseitig verbaut. Beim evo5 ist das Geberrad in den Dichtflansch Getriebeseite integriert. Diese Technologie ist Übernahme vom EA211.

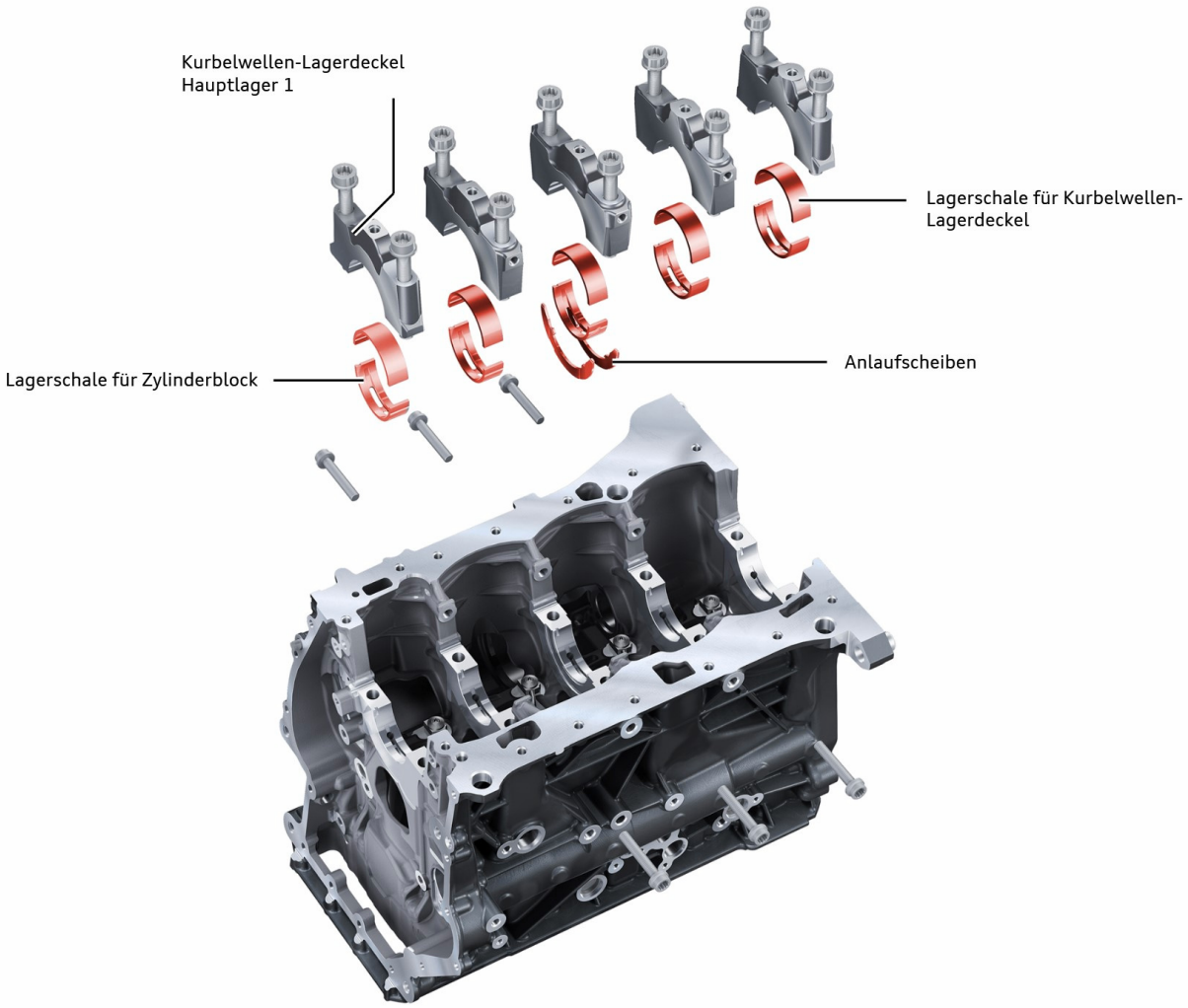
Die Anlaufscheiben der Axiallagerung haben bei allen Leistungsklassen einen vergrößerten Außendurchmesser.

Kurbelwelle LK1

Die Lagerung der Kurbelwelle des LK1-Motors ist vom evo4-Motor übernommen worden.



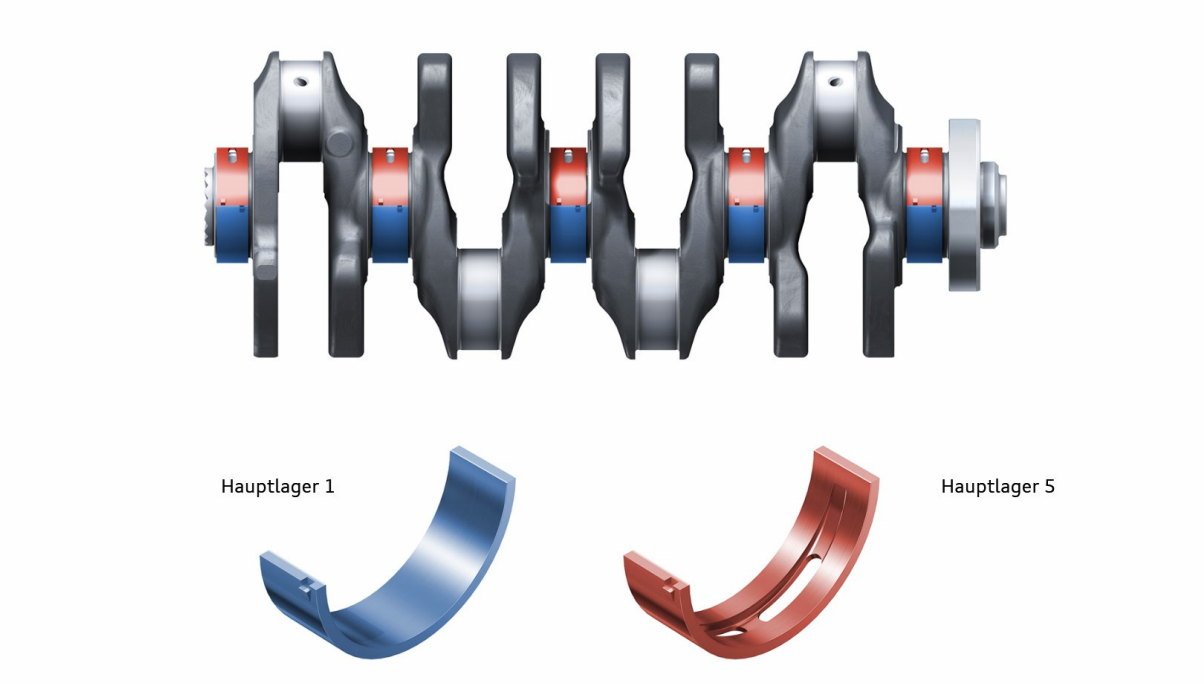
694_010



694_011

Die Hauptlagerschalen sind als Dreistofflager konzipiert → Stahlrücken + AlSnSi-Lagermaterial mit Graphit-Polymerbeschichtung.

Kurbelwelle LK2 (MLB)



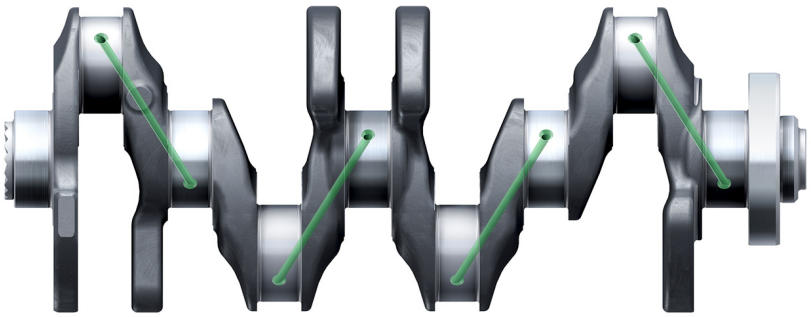
694_012

Unterschiede LK2 zu LK1

- Der Hauptlagerdurchmesser ist bei den LK2-Motoren größer.
- Das Hauptlager 1 ist schmaler als die Hauptlager 2 - 5.
- Vergrößerte Hubzapfen
- Wegen höheren Anforderungen durch den Einsatz bei PHEV-Fahrzeugen sind die Oberflächen der Haupt- und Pleuellager aufwendiger bearbeitet. Die höheren Belastungen entstehen durch:
  - **Häufige Kaltstarts:** Da der Elektromotor bei niedrigen Geschwindigkeiten und kurzen Strecken oft allein arbeitet, wird der Verbrennungsmotor häufiger kalt gestartet. Dies führt zu erhöhtem Verschleiß, da der Motor bei kaltem Zustand weniger effizient läuft und die Schmierung nicht optimal ist.
  - **Hohe Lastanforderungen:** Der Verbrennungsmotor wird oft bei hohen Lastanforderungen zugeschaltet, z. B. bei starker Beschleunigung oder hohen Geschwindigkeiten. Diese plötzlichen Lastwechsel können zu erhöhtem mechanischem Stress führen.
  - **Unregelmäßiger Betrieb:** Der Betrieb des Verbrennungsmotors ist in PHEVs oft unregelmäßig, was bedeutet, dass er nicht immer im optimalen Drehzahlbereich läuft. Dies kann zu ineffizienter Verbrennung und erhöhtem Verschleiß führen.
  - **Thermische Belastungen:** Durch die häufigen Wechsel zwischen elektrischem und Verbrennungsmotorbetrieb kann es zu thermischen Belastungen kommen. Der Motor muss sich ständig an wechselnde Temperaturen anpassen, was die Materialermüdung beschleunigen kann.

Vergleich der Pleuellager-Ölversorgung der Kurbelwellen LK1 und LK2

EA888 evo5 LK1

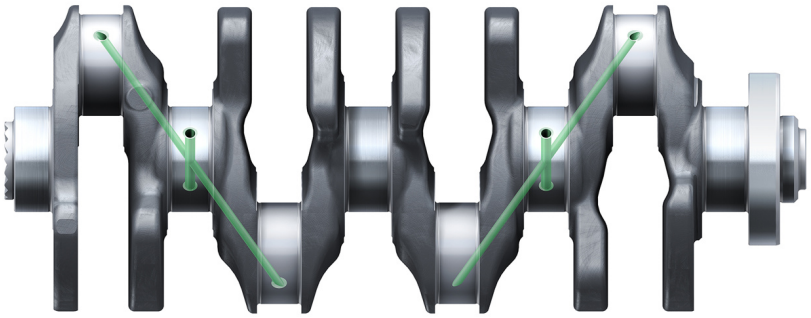


694_016

180°-Versorgung

Die Motoren der Leistungsklasse 1 verfügen über eine 180°-Ölversorgung. Diese ist abgeleitet von den EA888 evo4 LK1, LK2, LK3.

EA888 evo5 LK2



694_015

360°-Ölversorgung

- Ein innovatives Ölbohrungssystem verbessert die Schmierung der Pleuellager erheblich. Dies führt zu einer Verdoppelung der Ölmenge beim Motorstart, was besonders vorteilhaft für den Einsatz in Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEVs) ist. Zudem ist der Schmutzaustrag effizienter.
- Damit der höhere Ölvolumenstrom sichergestellt wird, kommt eine Flügelzellenpumpe zum Einsatz.

Kenngrößen des Kurbeltriebs für die EA888 evo5-Motoren LK1 und LK2

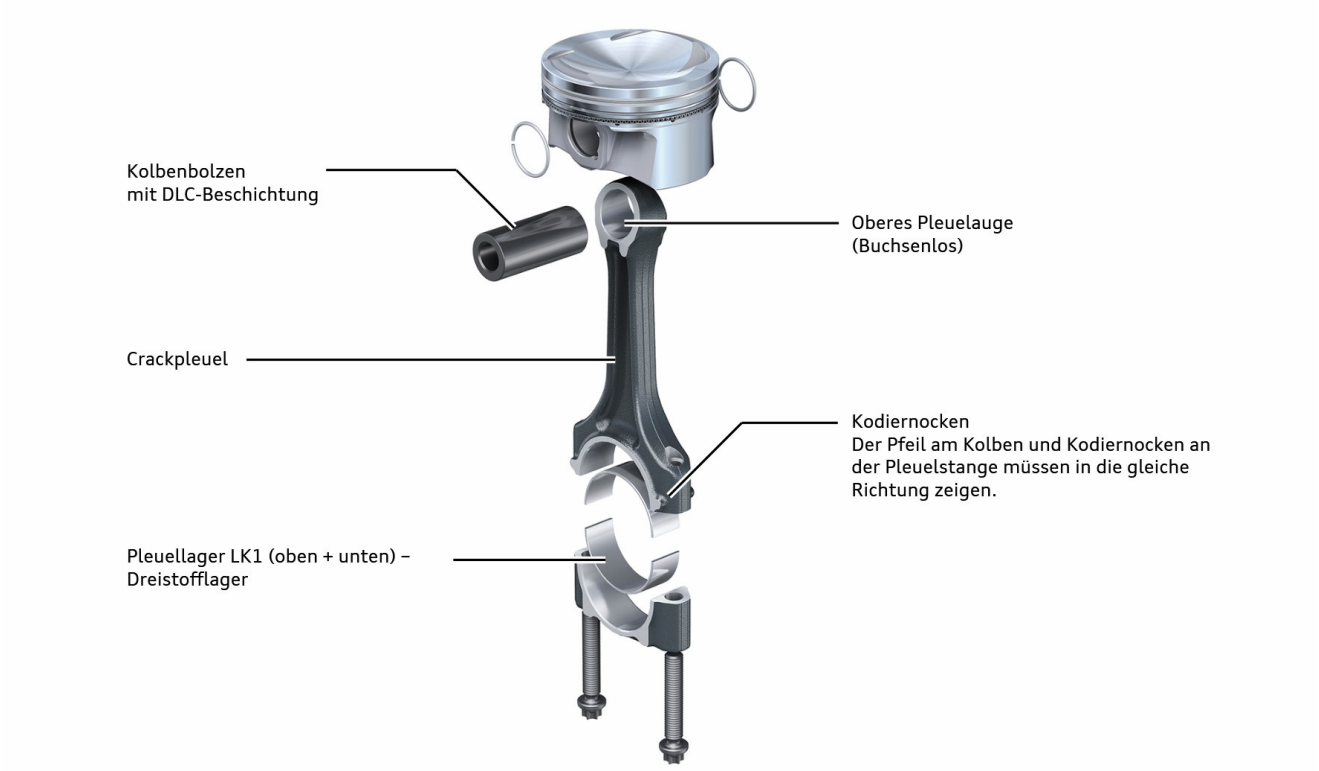
	Leistungsklasse 1 (LK1)	Leistungsklasse 2 (LK2)
Hubraum (cm³)	1984	1984
Hub (mm)	92,8	92,8
Bohrung (mm)	82,5	82,5
Hub-Bohrungs-Verhältnis*	1,12	1,12
Verdichtung	12,5	10,5
Zylinderabstand (mm)	88,0	88,0
Hauptlagerdurchmesser (mm)	48,0	52,0
Pleuellagerdurchmesser (mm)	47,8	50,0
Pleuellänge (mm)	144,0	140,0

* Ein Verhältnis von 1,12 bedeutet, dass der Kolbenhub 1,12-mal so groß ist wie der Zylinderdurchmesser. Dies wird als Langhuber bezeichnet.

Pleuel

Die Pleuel des LK1-Motors sind vom LK1 des EA888 evo4 abgeleitet. Die Lagerung für den Kolbenbolzen ist ohne Pleuelbuchse ausgeführt.

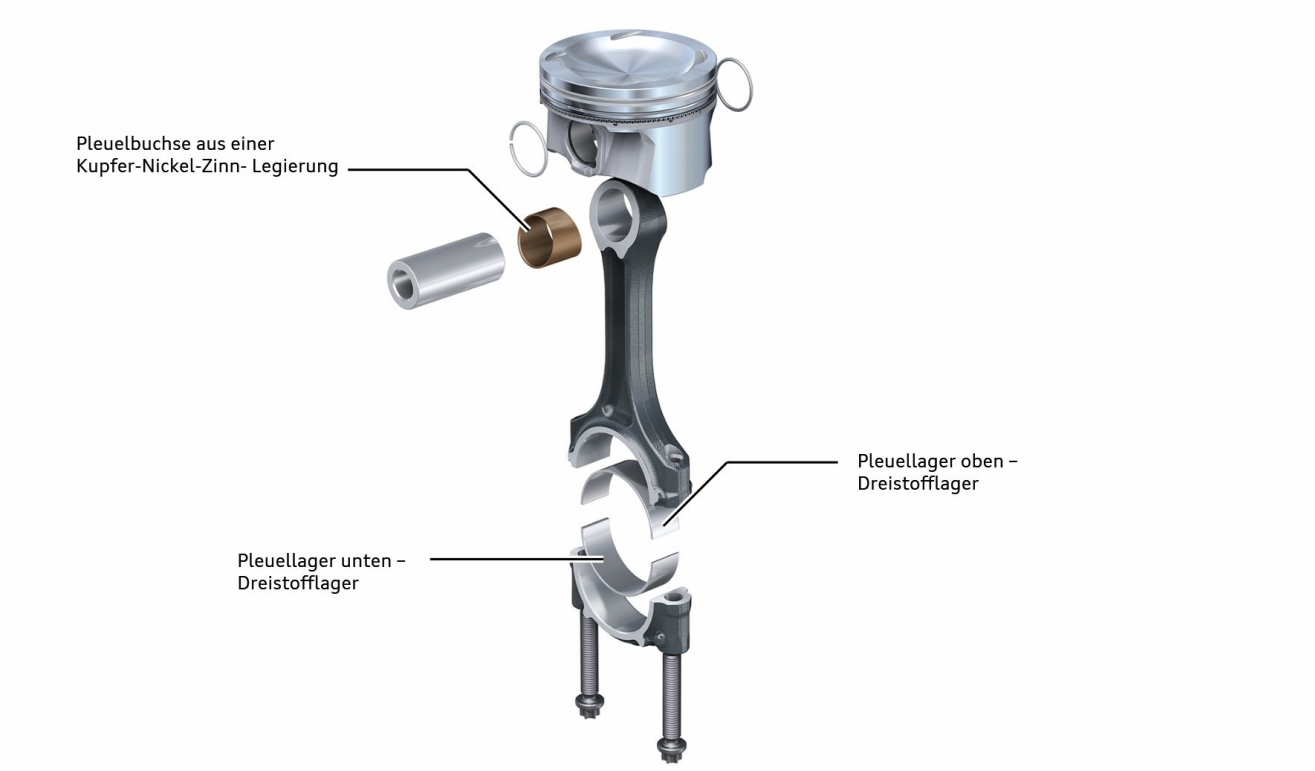
LK1



694_017

Kolbenbolzen ↗ mit **DLC-Beschichtung** (Diamond-Like Carbon) bieten mehrere Vorteile, die ihre Verwendung in modernen Motoren attraktiv machen.

LK2



694_018

Ab der Leistungsklasse 2 sind die Pleuel entsprechend der höheren Motorleistung konstruktiv angepasst. Im kleinen Pleuelauge ist zudem eine Lagerbuchse integriert.

Das *Dreistofflager* ↗ besteht aus drei verschiedenen Materialien, die jeweils spezifische Vorteile bieten.

Die *Kupfer-Nickel-Zinn-Legierung* ↗ hat verschiedene Eigenschaften.

Kolben

EA888 evo4 LK1 – Motorkennbuchstabe DMSB



694_019

EA888 evo5 LK1 – Motorkennbuchstabe DWZA



694_020

Die Kolben der LK1 und LK2 Motoren sind konstruktiv von den evo4-Motoren abgeleitet.

Aufgrund der höheren Verdichtung (im Vergleich zum evo4-Motor) steigen die Druck- und Temperaturverhältnisse im Brennraum.

Um eine bessere Wärmeableitung, sowie verbesserte Festigkeit und Haltbarkeit zu gewährleisten, wurde bei den LK2-Motoren die Dicke der Kolbenböden erhöht. Als Folge musste im Kurbeltrieb die Pleuellänge verringert werden (siehe Tabelle „Kenngrößen des Kurbeltriebs für die EA888evo5-Motoren LK1 und LK2“).

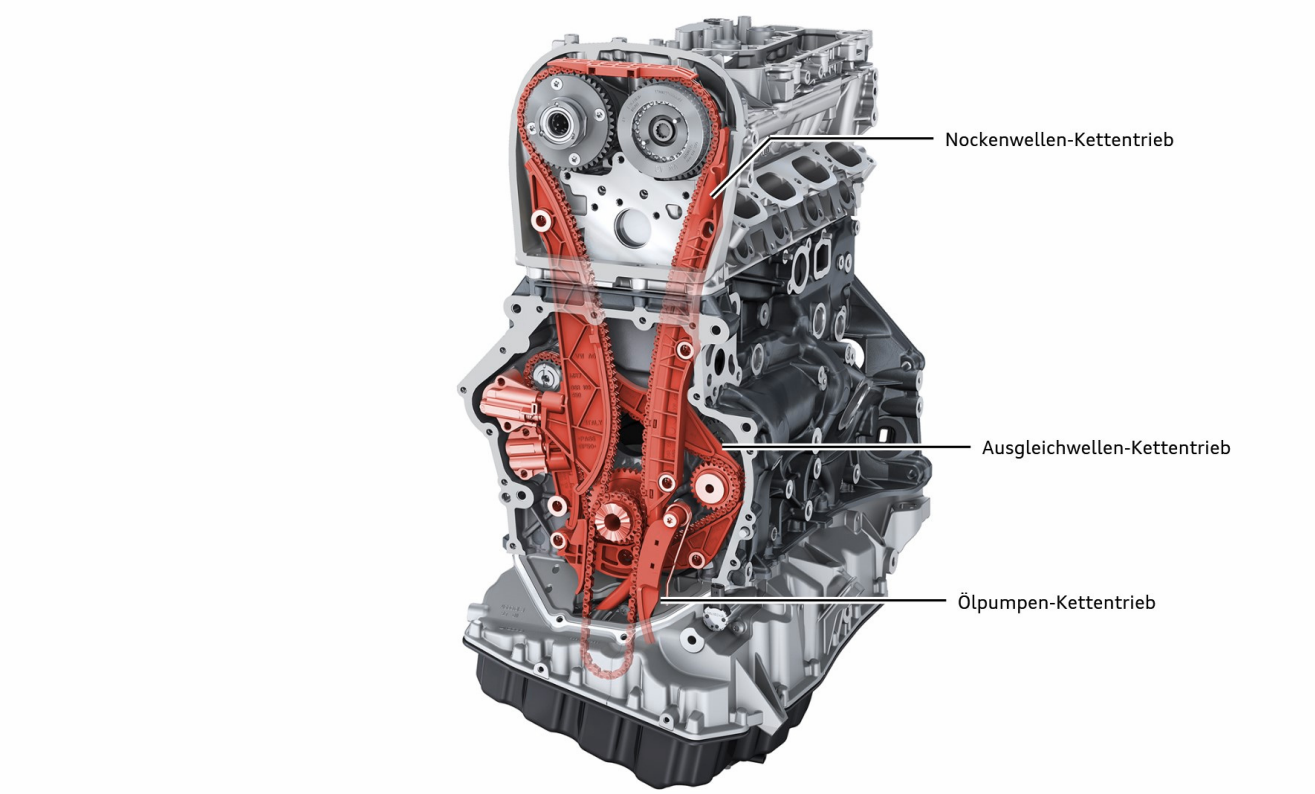
Auch die Form des Kolbenbodens wurde geändert und trägt somit zur Änderung der Form des Brennraums bei, was wiederum ein Teil der Verbesserung des Miller-Brennverfahrens darstellt.

Kolbenringe

Bei den Kolbenringen wurde die Technologie des Vorgängermotors übernommen. Diese ist im SSP 645 "Audi 2,0l-TFSI-Motoren Baureihe EA888" beschrieben.

Steuertrieb

Übersicht der Kettentriebe



694_021

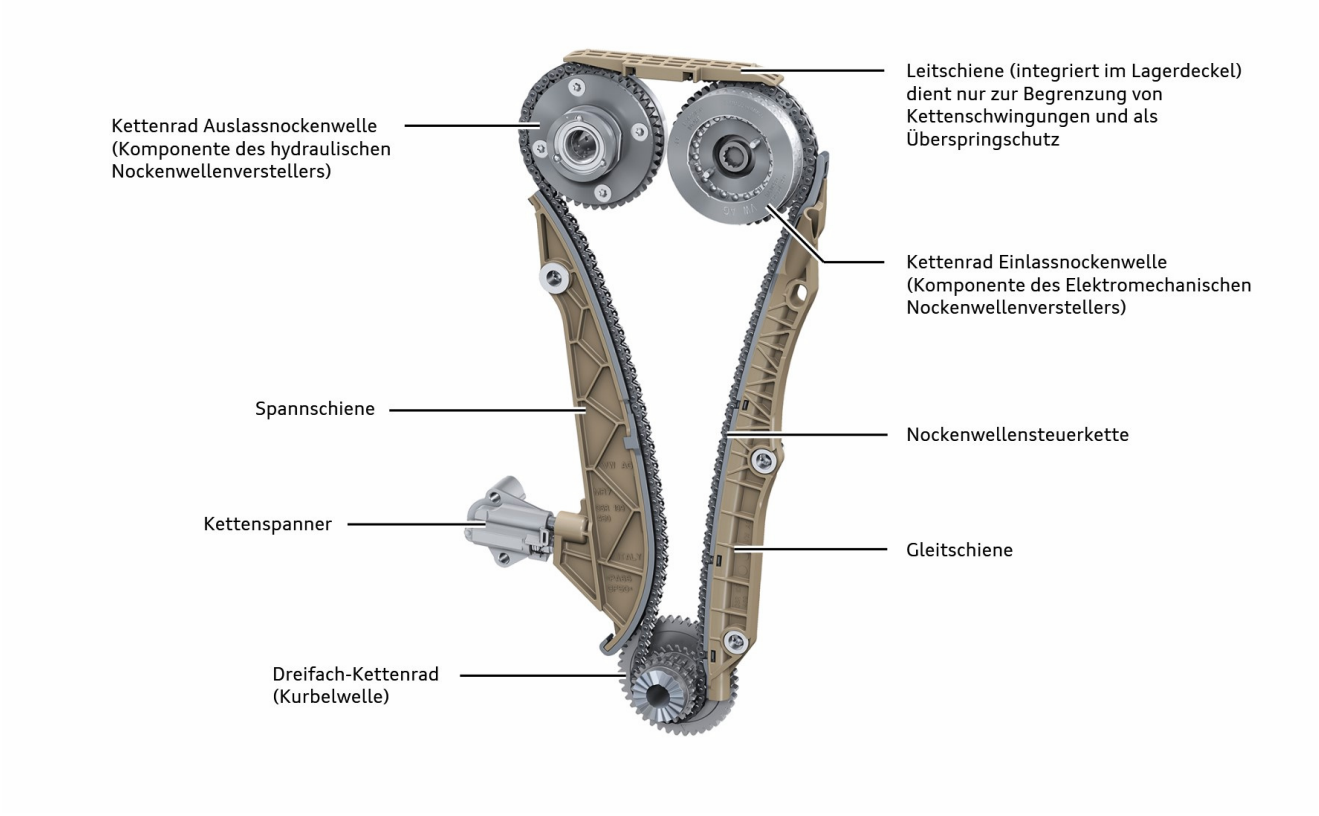
Das Grundkonzept sowie der Aufbau des Steuertriebs sind vom evo4-Motor abgeleitet.

Bei der Weiterentwicklung stand die Verbesserung der Reibung, Lebensdauer, Effizienz und Akustik im Fokus.

Dazu wurden folgende Bauteile geändert

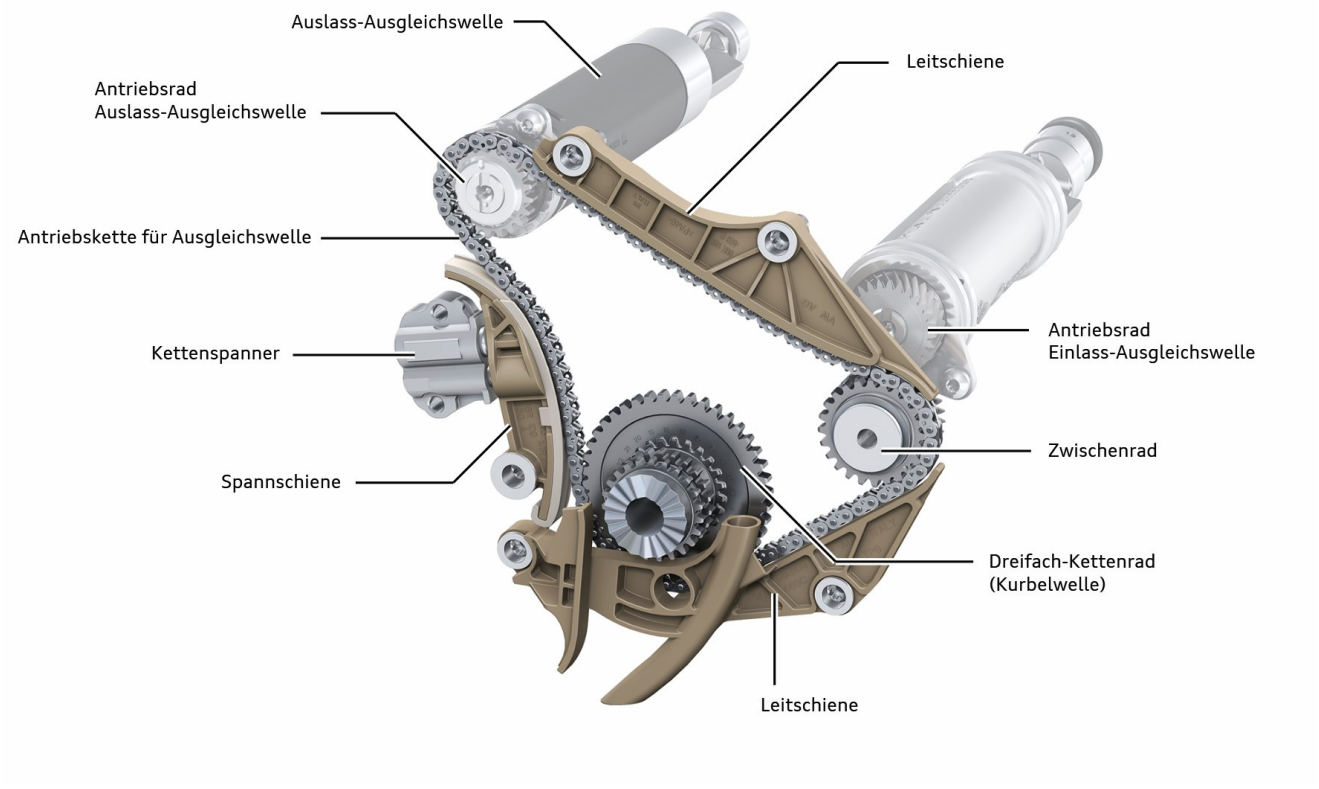
- Alle **Ketten** sind schmaler ausgeführt und haben einen anderen Aufbau.
- Alle **Kettenführungen** sind so ausgeführt, dass ein Überspringen, selbst bei bereits gelängter Kette verhindert wird. Die Gleitbeläge Steuertrieb haben einen PTFE-Anteil. Das verringert die Reibung und somit den Verschleiß.
- Die **Kettenspanner** des Nockenwellen-Steuertriebs sowie des Ausgleichswellen-Kettentriebs sind neu. Sie werden „Spanner mit variabler Kraft“ genannt.
- Bei den Motoren der vorhergehenden Generationen gab es für die Lagerung der Nockenwellen eine Lagerbrücke, die separat am Zylinderkopf verschraubt wird. Diese ist beim evo5 in der „Abdeckung oben für Steuerkette“ (Lagerdeckel) integriert.
  Achtung! Hier sind besondere Montagevorschriften zu beachten.

Nockenwellen-Kettentrieb



694_022

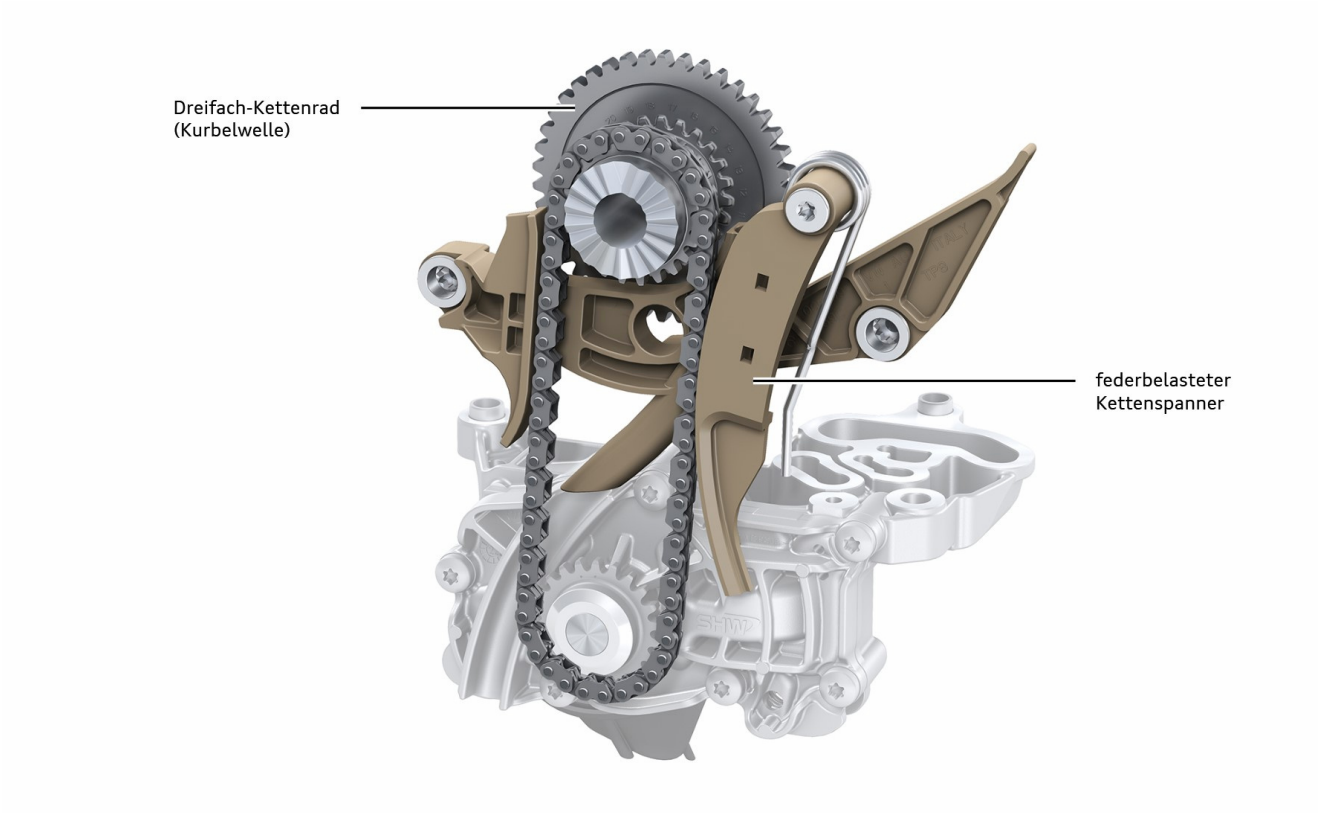
Ausgleichswellen-Kettentrieb



694_005

Die Übersetzung ist ins „Schnelle“; die Ausgleichswellen drehen mit doppelter Kurbelwellendrehzahl. Die Auslass-Ausgleichswelle dreht in gleicher Drehrichtung wie die Kurbelwelle. Die Einlass-Ausgleichswelle dreht, angetrieben über ein Zwischenrad, entgegengesetzt der Drehrichtung der Kurbelwelle. Beide Ausgleichswellen sind höhenversetzt (*Lanchester-Ausgleich* ↗).

Ölpumpen-Kettentrieb



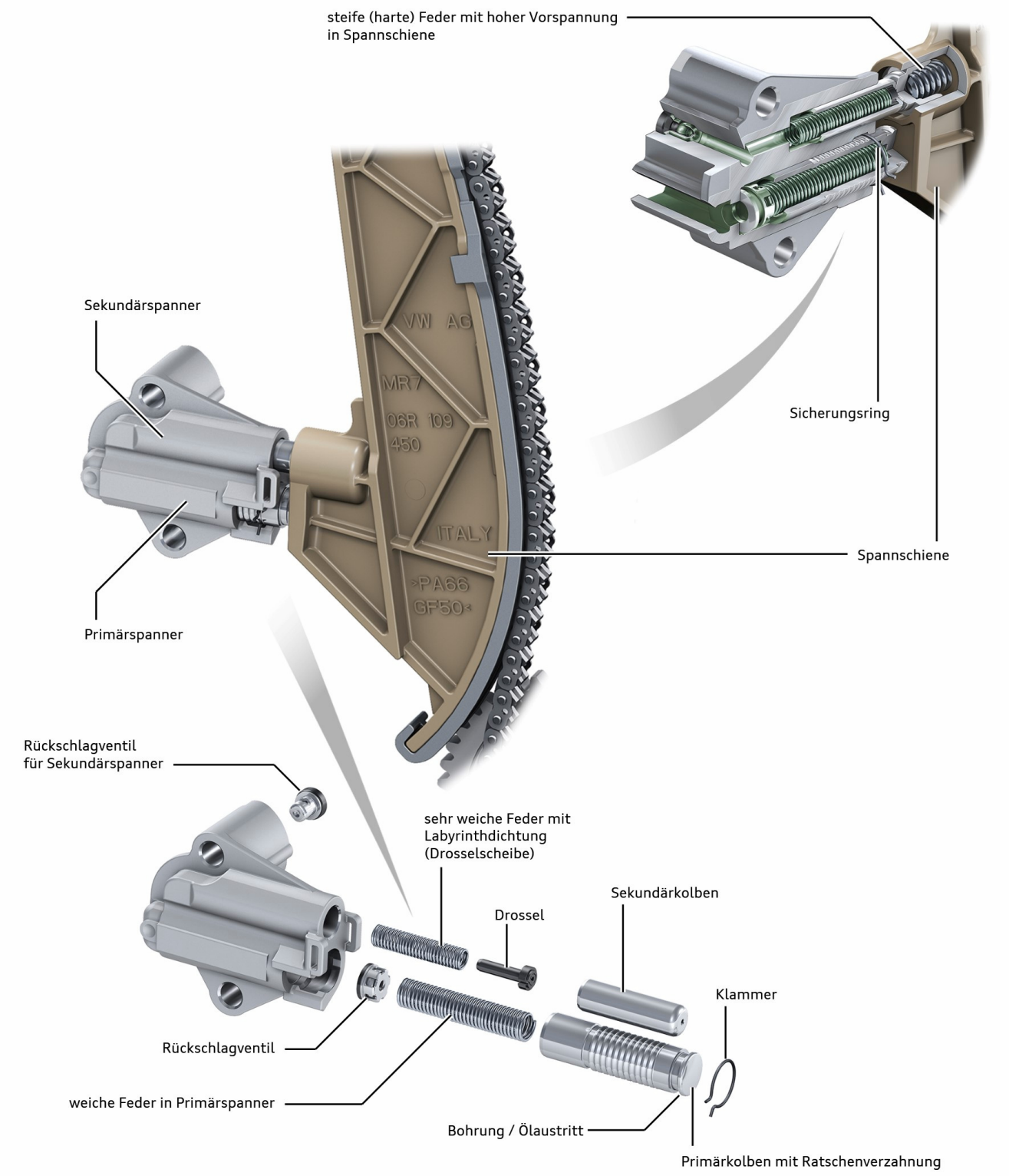
694_013

Ketten

Steuerkette	168 Glieder		3x2 Laschen, Bolzen 2,52mm, Breite 9mm
Ausgleichswellenkette	94 Glieder		
Ölpumpenkette	64 Glieder		3x2 Laschen, Bolzen 3mm, Breite 7,8mm

Kettenspanner

Kettenspanner für Nockenwellenantrieb



694_014

Die neuen Kettenspanner ermöglichen eine Verbesserung in Bezug auf die Reduzierung der Reibung im Kettentrieb über den gesamten Drehzahlbereich des Motors. Zudem wurde die Akustik verbessert.

Primärkolben

- Der **Primärkolben** sorgt dafür, dass die Spannung auf der Kette konstant bleibt, sich das System an dynamische Belastungen und Verschleiß anpasst und überschüssige Flüssigkeit effizient zurückgeführt wird.
- **Spannungserhaltung**
  Die Feder in der Hochdruckkammer sorgt dafür, dass der Primärkolben bei Druckabfall nicht zurückgleitet und so die Spannung aufrechterhält.
- **Ratschenmechanismus**

Der Primärkolben hat Ratschenrillen. Zusammen mit der Klammer wird verhindert, dass dieser zurückgleitet. Dies sorgt dafür, dass die Spannung auf der Kette konstant bleibt.

- **Dynamische Belastung**
  Bei dynamischen Belastungen, wie z. B. wechselnden Drehzahlen des Motors, passt sich der Primärkolben automatisch an. Der Kolben bewegt sich entsprechend der Belastung nach innen oder außen, um die Spannung auf der Kette zu regulieren.
- **Flüssigkeitsausgleich**
  Überschüssige Flüssigkeit kann durch die Bohrung im Kolben abfließen, um den Druck auszugleichen.
- **Verschleißausgleich**
  Wenn die Kette mit der Zeit verschleißt und sich dehnt, sorgt der Primärkolben dafür, dass die Spannung aufrechterhalten wird. Der Kolben wird weiter nach außen gedrückt, um die Spannung konstant zu halten.

Sekundärkolben mit Feder

- **Druckaufbau und -regelung**
  Der Sekundärkolben bildet zusammen mit der Sekundärbohrung des Gehäuses eine Hochdruckkammer. Die Feder im Inneren des Sekundärkolbens sorgt dafür, dass der Kolben nach außen gedrückt wird, wodurch ein konstanter Druck in der Hochdruckkammer aufrechterhalten wird.
- **Flüssigkeitsflusssteuerung**
  Das Rückschlagventil steuert den Flüssigkeitsfluss in die Hochdruckkammer des Sekundärkolbens. Die Feder unterstützt diesen Prozess, indem sie den Kolben in Position hält und den Druck aufrechterhält.
- **Anpassung an dynamische Belastungen**
  Bei dynamischen Belastungen, wie z.B. wechselnden Drehzahlen des Motors, passt sich der Sekundärkolben automatisch an. Die Feder sorgt dafür, dass der Kolben entsprechend der Belastung nach innen oder außen bewegt wird, um die Spannung auf der Kette zu regulieren.
- **Rückführung überschüssiger Flüssigkeit**
  Bei zu hohem Druck in der Hochdruckkammer kann das Motoröl über die Drossel und der Bohrung im Kolben Bohrungen zurückfließen. Die Feder hilft, diesen Prozess zu steuern und den Druck auszugleichen.

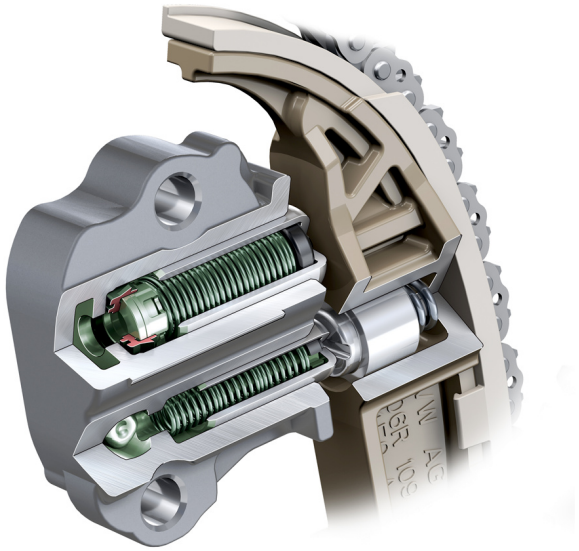
Steife Feder

- **Spannungserhaltung**
  Die steife Feder befindet sich innerhalb der Spannschiene und sorgt dafür, dass der Sekundärkolben konstant nach außen gedrückt bleibt. Dies hilft, die Spannung auf der Kette aufrechtzuerhalten.
- **Dämpfung von Schwingungen**
  Die steife Feder hilft, Schwingungen und dynamische Belastungen zu dämpfen, die durch die Bewegung der Kette entstehen. Dadurch wird ein gleichmäßiger Betrieb gewährleistet.
- **Anpassung an Verschleiß**
  Wenn die Kette mit der Zeit verschleißt und sich dehnt, sorgt die steife Feder dafür, dass der Sekundärkolben weiter nach außen gedrückt wird, um die Spannung konstant zu halten.

Umso größer die Motordrehzahl wird, desto weiter wird die steife Feder in der Spannschiene zusammengedrückt.

Kettenspanner für Ausgleichswellensteuerkette

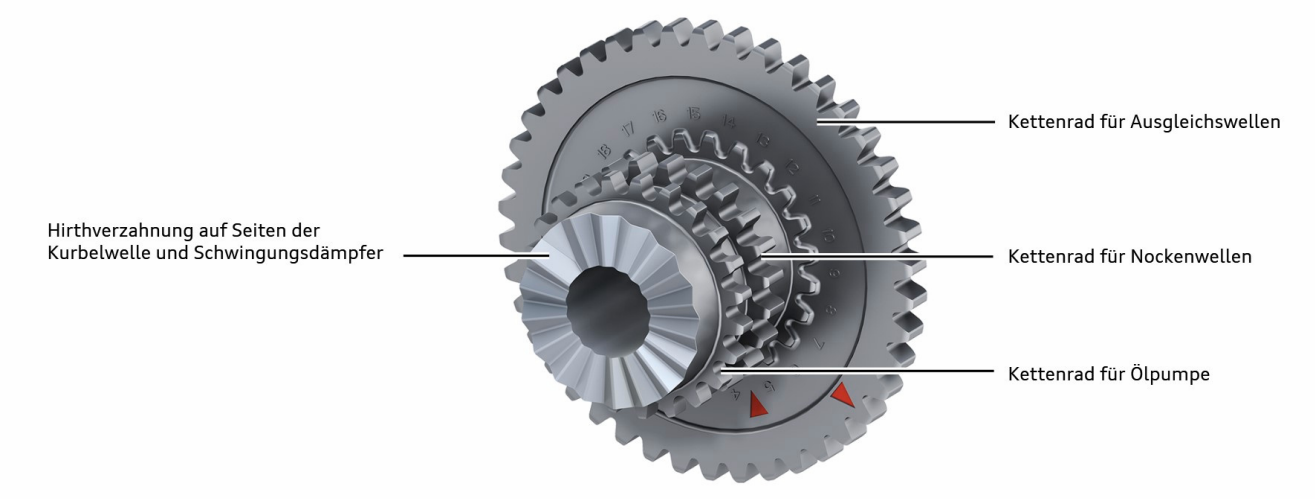
Die Funktion ist vergleichbar mit der des Kettenspanners für Nockenwellenantrieb.



694_027

Kettenräder

Dreifach-Kettenrad Kurbelwelle



694_029

Alle Kettenräder wurden an die veränderte Geometrie der Ketten angepasst.

Das Kettenrad auf der Kurbelwelle treibt die drei Kettentriebe an. Damit Schwingungen und Kettenkräfte reduziert werden, sind die einzelnen Kettenräder zum Teil oval geformt.

Die Auslegung der Unrundheit ist vom LK1- zum LK2-Motor unterschiedlich.

Diagnosearbeiten am Kettentrieb

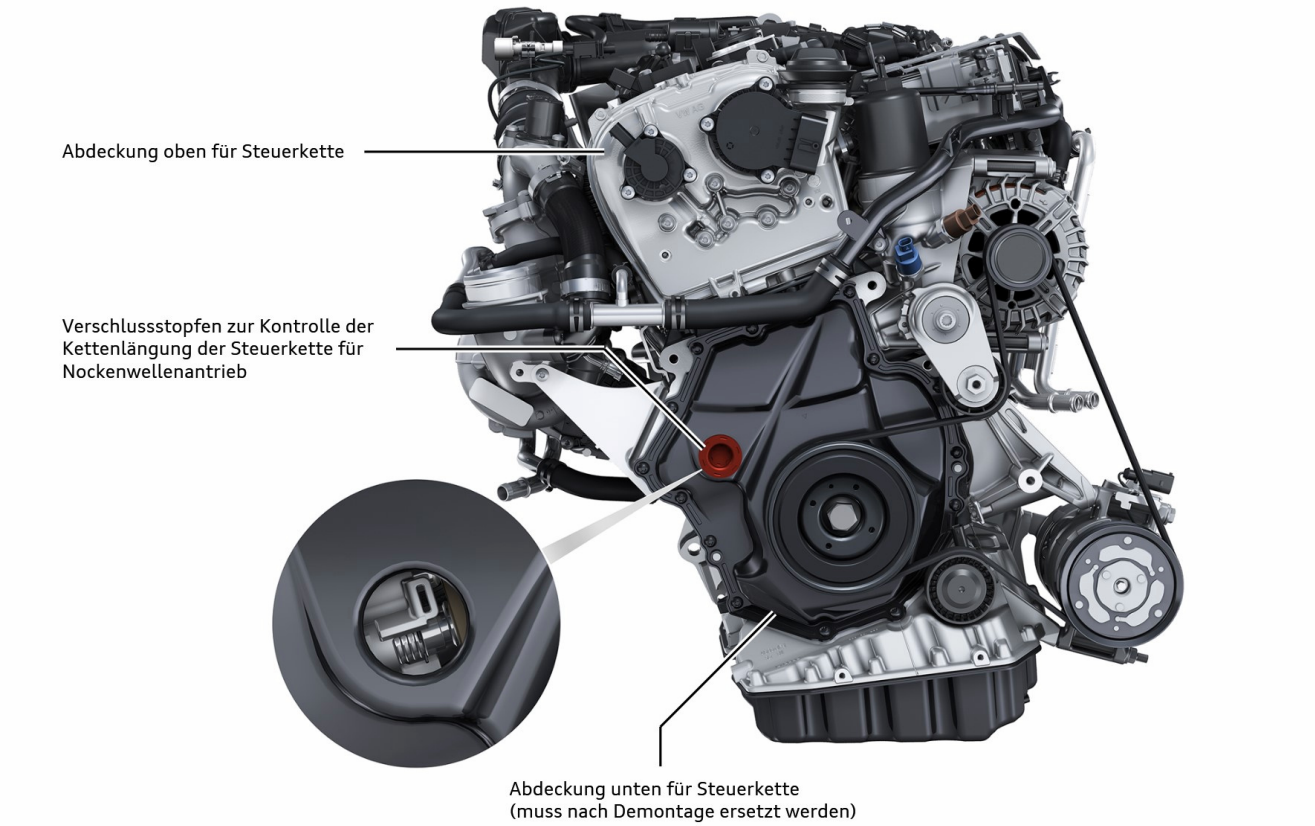
Nach Arbeiten am Kettentrieb bzw. an angrenzenden Komponenten sind mit dem Fahrzeugdiagnosetester (Geführte Fehlersuche) Anpassungen durchzuführen.

Kettenlängungserkennung

Im Motorsteuergerät ist, wie bei den Vorgänger-Aggregaten ab Gen.3, die Funktion *Kettenlängungserkennung* integriert. Wird eine Kettenlängung erkannt, muss im Service nach Vorgabe im Reparaturleitfaden und der Geführten Fehlersuche vorgegangen werden.

Abdeckungen für Steuerketten

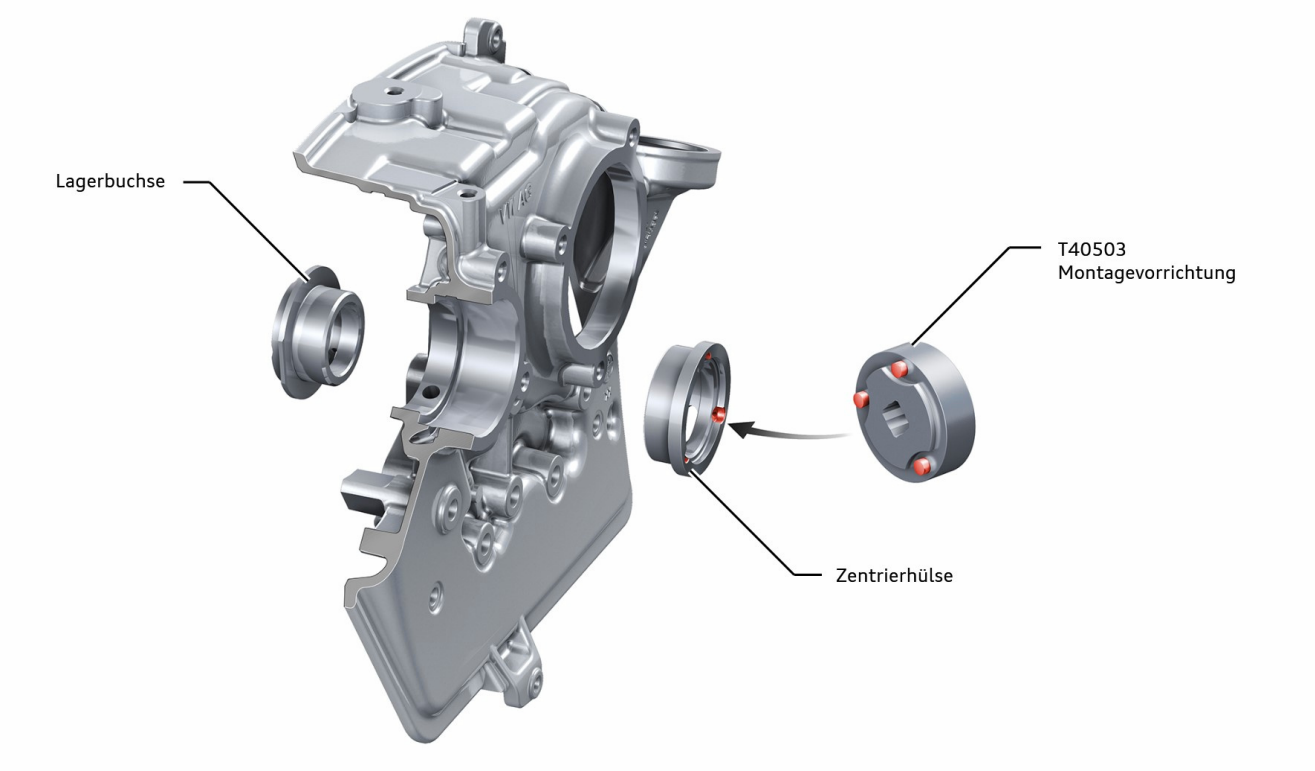
Abdeckung unten für Steuerkette



694_030

Hinweis
Der Kettenspanner kann nach Ausbau des Verschlussstopfens nicht zurückgedrückt und mit dem Absteckwerkzeug gesichert werden. Dazu muss die Abdeckung unten für Steuerkette entfernt werden.

Abdeckung oben für Steuerkette

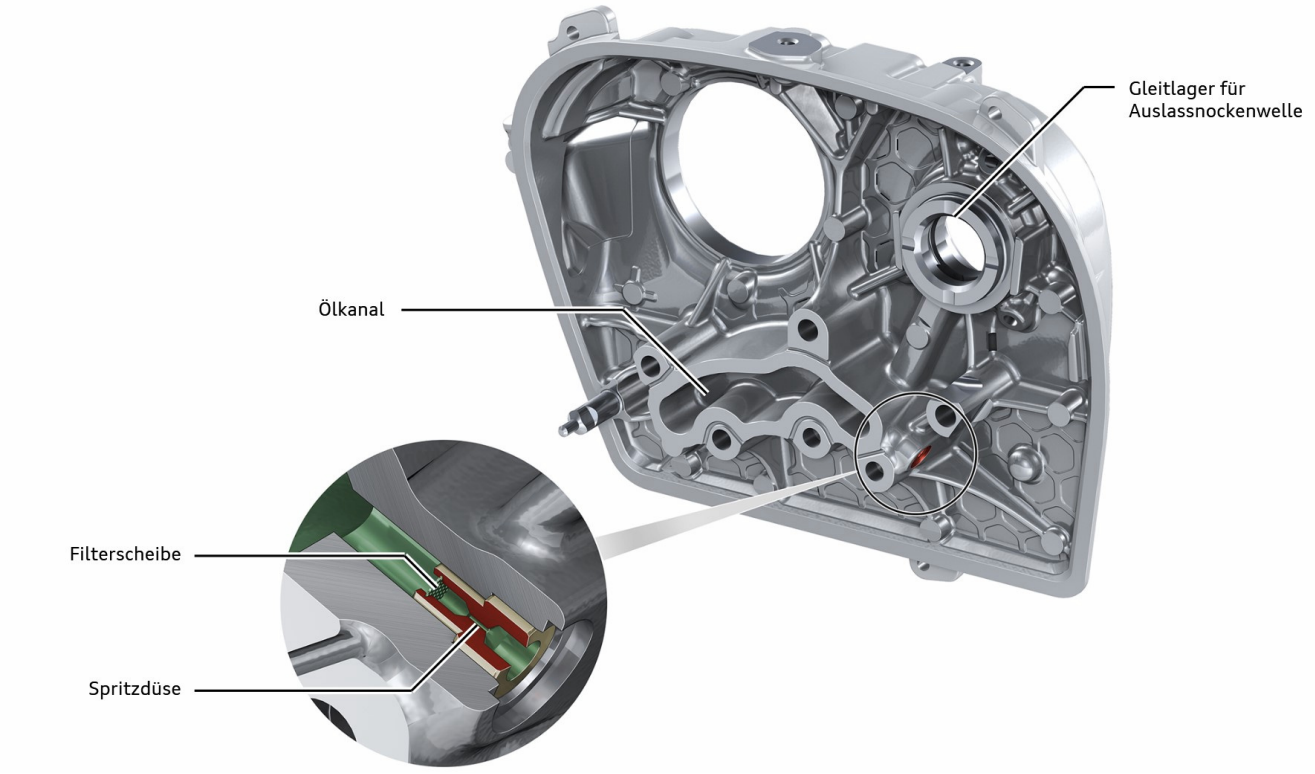


694_031

Die Abdeckung oben für Steuerkette ist neu und wird aus Aluminiumguss hergestellt.

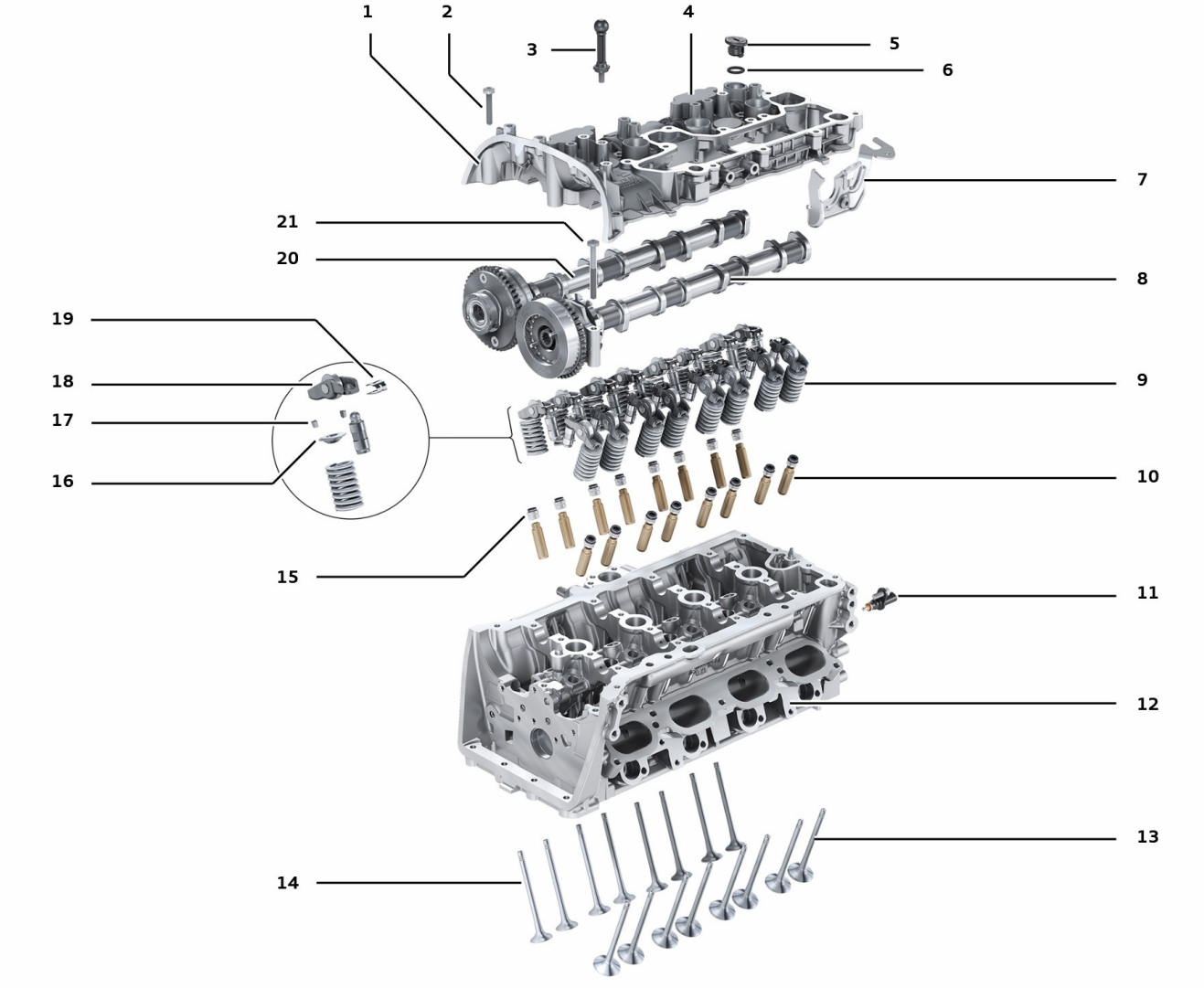
Die Abdichtung zum Zylinderkopf erfolgt mittels Flüssigdichtmittel.

Die Auslassnockenwelle ist mittels Lagerbuchse in der Abdeckung gelagert und wird über integrierte Ölkanäle mit Schmieröl versorgt. Zudem ist eine Spritzdüse verbaut. Durch diese wird Öl direkt auf die Steuerkette gespritzt.



694_032

Zylinderkopf (LK1)



694_033

Legende

1 Zylinderkopfhaube mit integrierten Nockenwellenlagern
2 Schraube
3 Kugelbolzen
4 Stellelemente für Nockenverstellung
5 Verschlussstopfen
6 O-Ring
7 Halter
8 Einlassnockenwelle
9 Ventilfeder
10 Hydraulisches Ausgleichselement
11 Kühlmitteltemperaturgeber G62
12 Zylinderkopf
13 Einlassventil
14 Auslassventil (Hohlventil mit Natriumfüllung)
15 Ventilschaftabdichtung
16 Ventilfederteller
17 Ventilkegelstück
18 Rollenschlepphebel
19 Sicherungsklammer
20 Auslassnockenwelle
21 Schraube

Der Zylinderkopf ist konstruktiv vom Vorgänger (evo4-Motor) abgeleitet.

Bei den LK1-Motoren ist das Audi Valvelift System (AVS) auf der Einlassseite entfallen. Die Gründe dafür sind das erweiterte Miller-brennverfahren und der Einsatz eines VTG-Abgasturboladers.

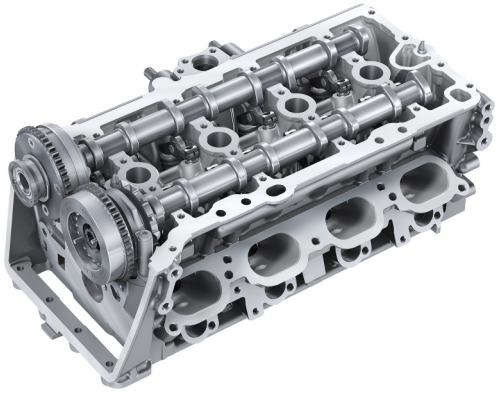
Auslassseitig wird ein weiterentwickeltes AVS-System bei den LK2-Motoren verbaut. Zudem unterscheidet sich der Einlasskanal bei den LK2-Motoren im Vergleich zu den LK1-Motoren.

Weitere wichtige Kenngrößen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt

	Leistungsklasse1 (LK1)	Leistungsklasse 2 (LK2)
Einlassventildurchmesser (mm)	30,55	30,55
Auslassventildurchmesser (mm)	25,5	25,5
Ventilhub Einlass (mm)	7,4	8,5
Ventilhub Auslass (mm)	8,0	8,0 / 10,0

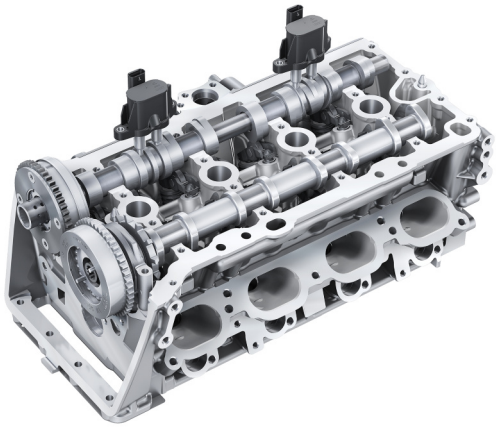
Vergleich Audi valvelift system (AVS) bei LK2-Motoren zum Vorgänger (evo4-Motor)

Zylinderkopf LK1



694_034

Zylinderkopf LK2 (mit AVS)



694_035

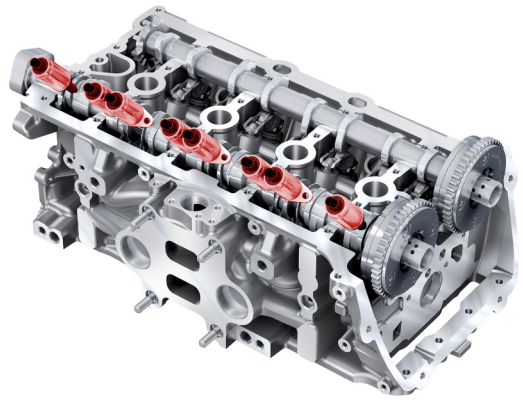
Bei der Weiterentwicklung des AVS-Systems lag der Fokus auf der Reduzierung der Anzahl der Bauteile und der damit verbundenen Komplexität. Im evo4-Motor wurden vier Nockenstücke und acht Einzelsteller verwendet. Im evo5-Motor wurde dies auf zwei Doppel-Nockenstücke und zwei Doppelsteller reduziert.

Neben der Bauraumeinsparung auf der Zylinderkopfhaube wurde im Inneren des Zylinderkopfes mehr Raum geschaffen, was eine Verbesserung der Durchlüftung bedeutet.

Das Funktionsprinzip ist gleichgeblieben. So bewirkt das AVS auf der Auslassseite bei Ansteuerung im unteren Drehzahlbereich des Motors einen geringeren Öffnungsquerschnitt der Auslassventile. Dadurch ist das Anströmen des Abgasturboladers effektiver. Das hat den Effekt, dass der Abgasturbolader schneller auf Drehzahl kommt und somit schneller Ladedruck aufgebaut wird, was eine Erhöhung des Drehmoments bewirkt. Das „Turboloch“ ist bei der Beschleunigung im niedrigen Drehzahlbereich des Motors kaum noch spürbar. Des Weiteren ist die Nockenkontur der kleineren Nocken so gewählt, dass eine effizientere Spülung der Brennräume und eine größere Befüllung der Zylinder mit Frischgasen erzielt wird.

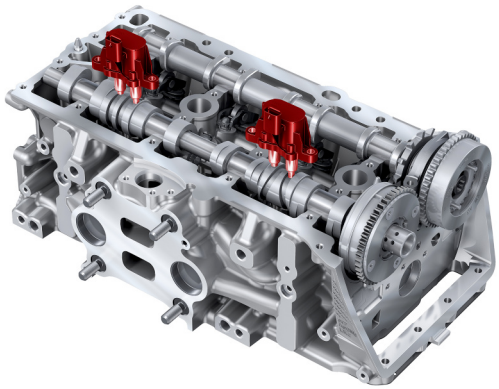
Vergleich AVS-System zum Vorgänger (evo4)

EA888 evo4



694_036

EA888 evo5



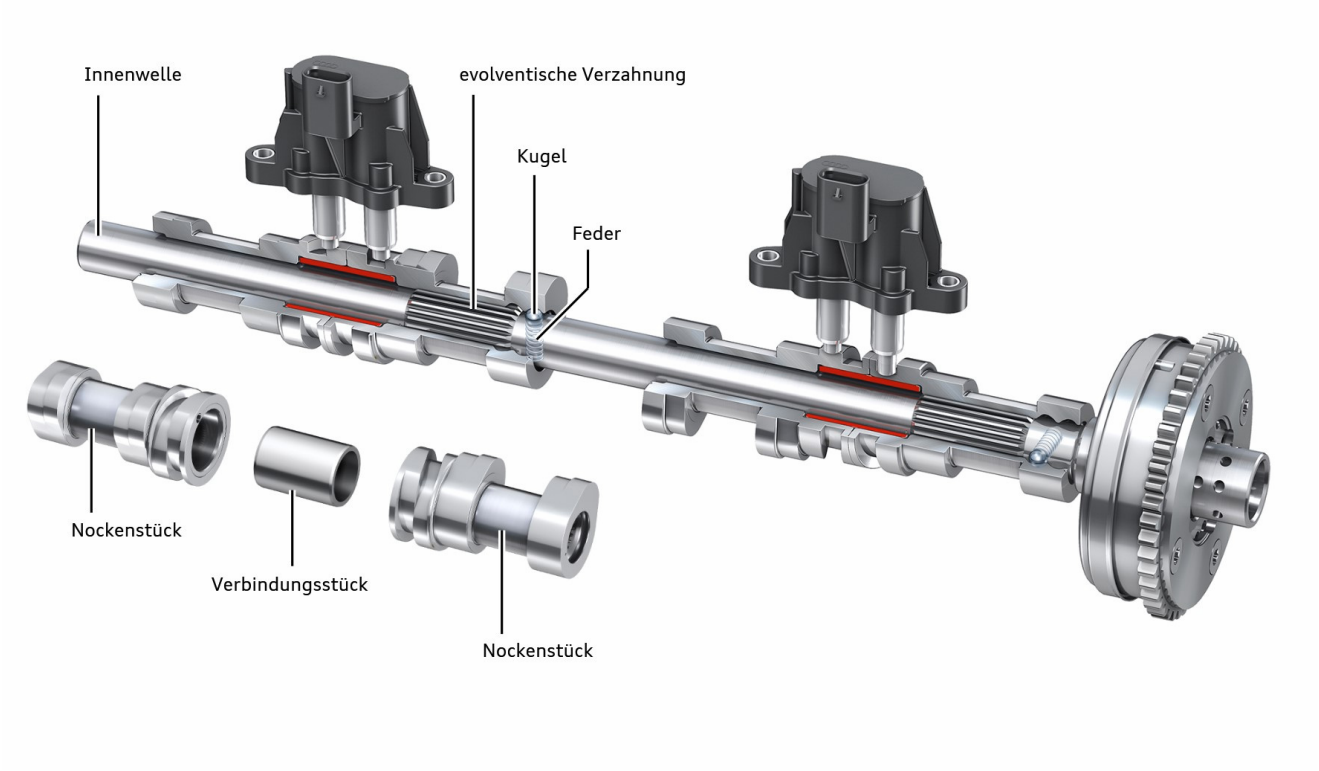
694_037

AVS-Auslassnockenwelle

Die Drehmomentübertragung zwischen Doppelnockenstück und Innenwelle erfolgt über eine *Evolventische Verzahnung* ↗.

Zwei Nockenstücke sind jeweils über ein Verbindungsstück fest miteinander verbunden.

Die Fixierung nach der axialen Verstellung des Doppelnockenstücks erfolgt über eine federbelastete Kugel.



694_038

Hinweis
Der grundsätzliche Aufbau des AVS-Systems ist im SSP 411 "Audi 2,8l- und 3,2l-FSI-Motor mit Audi valvelift system" beschrieben.

Die wichtigsten Vorteile der evolventischen Verzahnung sind

- **Gleichmäßige Kraftübertragung**
  Die spezielle Form der Zähne sorgt dafür, dass die Kraft gleichmäßig verteilt wird, was zu einer konstanten Übertragung des Drehmoments führt.
- **Hohe Toleranz gegenüber Achsabstandsänderungen**

Diese Zahnräder funktionieren auch dann gut, wenn sich der Abstand zwischen den Achsen leicht ändert, was die Herstellung und Montage erleichtert.

- **Geringe Reibung und Verschleiß**
  Durch die besondere Form der Zähne wird die Reibung reduziert, was die Lebensdauer der Zahnräder verlängert.

Elektromechanische Nockenwellenverstellung

Systemzulieferer ist Fa. Schaeffler

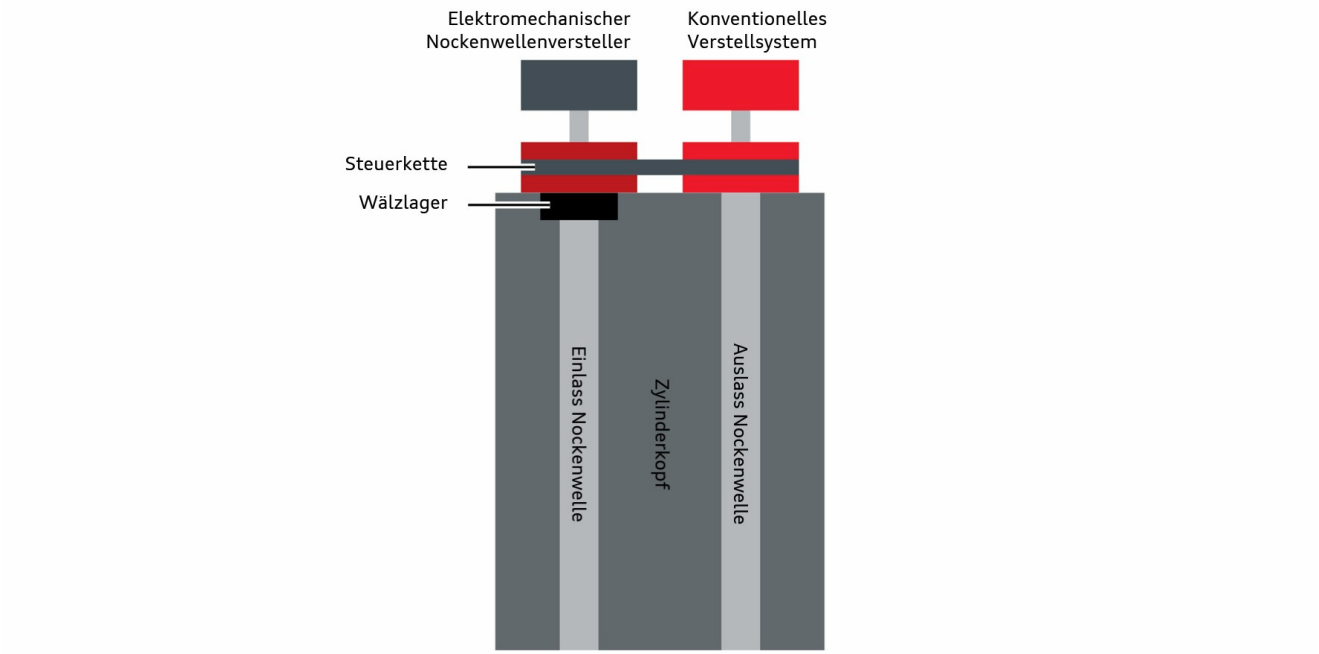
Entwicklungsziele

- Möglichst komfortabler Motorstart.
- Hintergrund:
  Bei den längs verbauten EA888 evo5-Motoren kann es während des Startvorgangs zum Motorruckeln kommen. Die Ursache hierfür ist die hohe Verdichtung der Motoren, auch die Lage (Längseinbau) und die Lagerung des Aggregates spielen eine Rolle.
- Lösungsansatz:
  Werden die Einlassventile später geschlossen, dann verringert sich die Verdichtung und die Verbrennung läuft weicher ab. Der Startvorgang ist somit komfortabler. Ein wichtiger Zugewinn in der Premiumklasse.
- Herausforderung:
  Die Sollposition der Nockenwelle muss vor der ersten Zündung erreicht werden. Da in diesem Fall kein oder nur geringer Öldruck vorhanden ist, kann nur ein elektrischer Nockenwellenversteller genutzt werden.
- Lösung:
  Der Nockenwellenversteller des Zulieferers Schaeffler kann bei unterschiedlichen Betriebsarten, wie z.B. Kaltstart oder Stopp-Start die erforderlichen Positionen schnell erreichen.
  Mit Hilfe der Elektromechanik ist es dabei möglich, die Nockenwelle mit einer Geschwindigkeit von bis zu 600° Kurbelwinkel pro Sekunde zu verstellen. Durch den vergrößerten Verstellbereich werden moderne, hocheffiziente Brennverfahrenskonzepte ermöglicht.

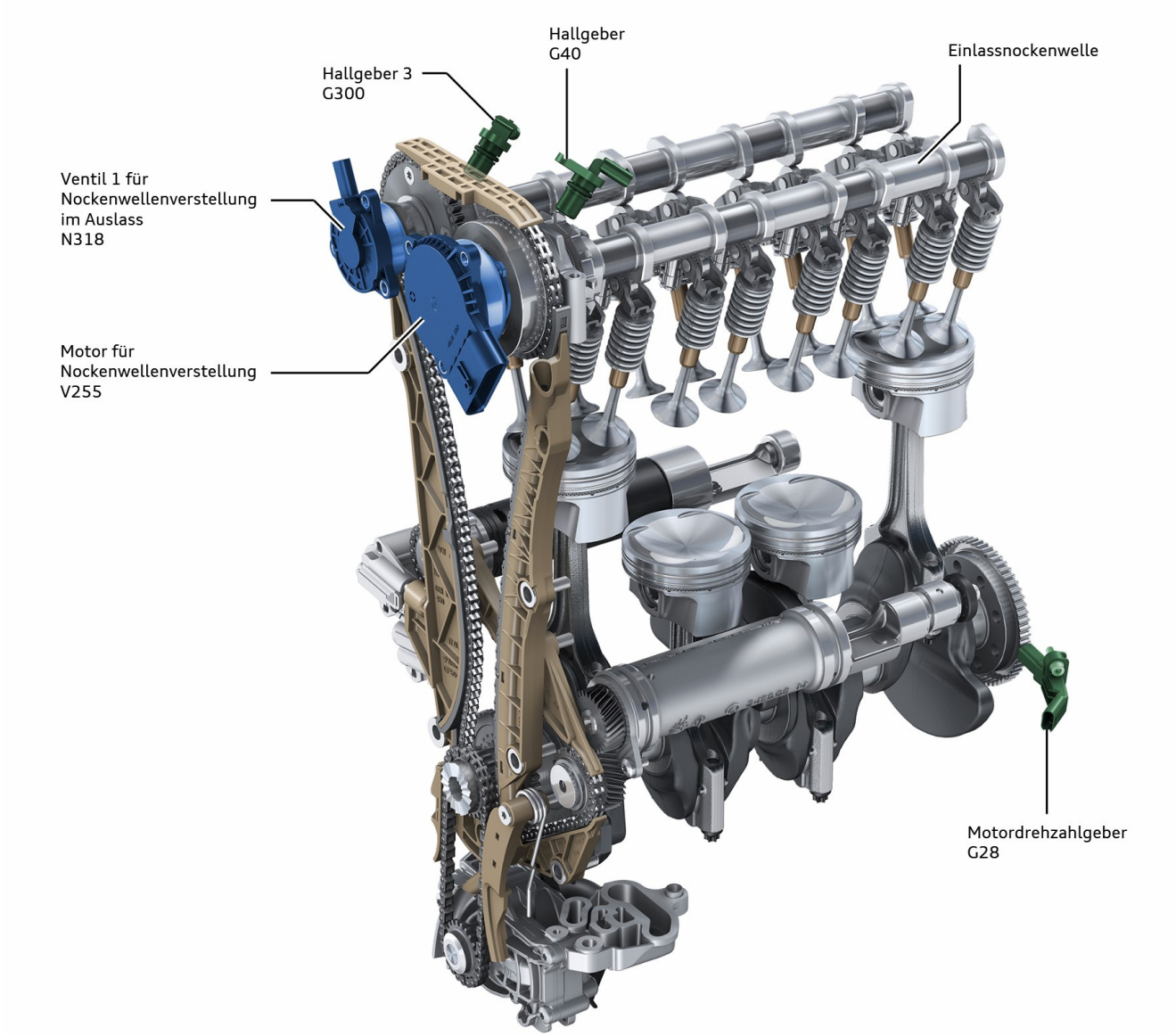
Gegenüber dem hydraulischen Nockenwellenversteller mit einem Verstellbereich von 60° ermöglicht der elektrische Nockenwellenversteller eine hochdynamische Verstellung in einem Bereich von 160° Kurbelwinkel.

Bereits vor der Startphase erfolgt eine Verstellung der Einlassnockenwelle auf maximal „spät“. Durch das „späte“ Öffnen des Einlassventils wird der Ansaugvorgang bis in den Kompressionstakt verschoben. Das späte Schließen der Einlassventile führt dazu, dass die angesaugte Luft zum großen Teil wieder ausgeschoben wird. Die daraus resultierende geringere Kompressionsarbeit ermöglicht einen sanfteren Motorhochlauf. Bereits während des Startvorgangs (Startereingriff) erfolgt die Verstellung der Nockenwelle in die für den Motorbetrieb erforderlichen Steuerzeiten. Beim elektrischen Nockenwellenversteller ist dies im Vergleich zum hydraulischen Nockenwellenversteller dynamisch in sehr kurzer Zeit möglich, da der Versteller öldruckunabhängig arbeitet.

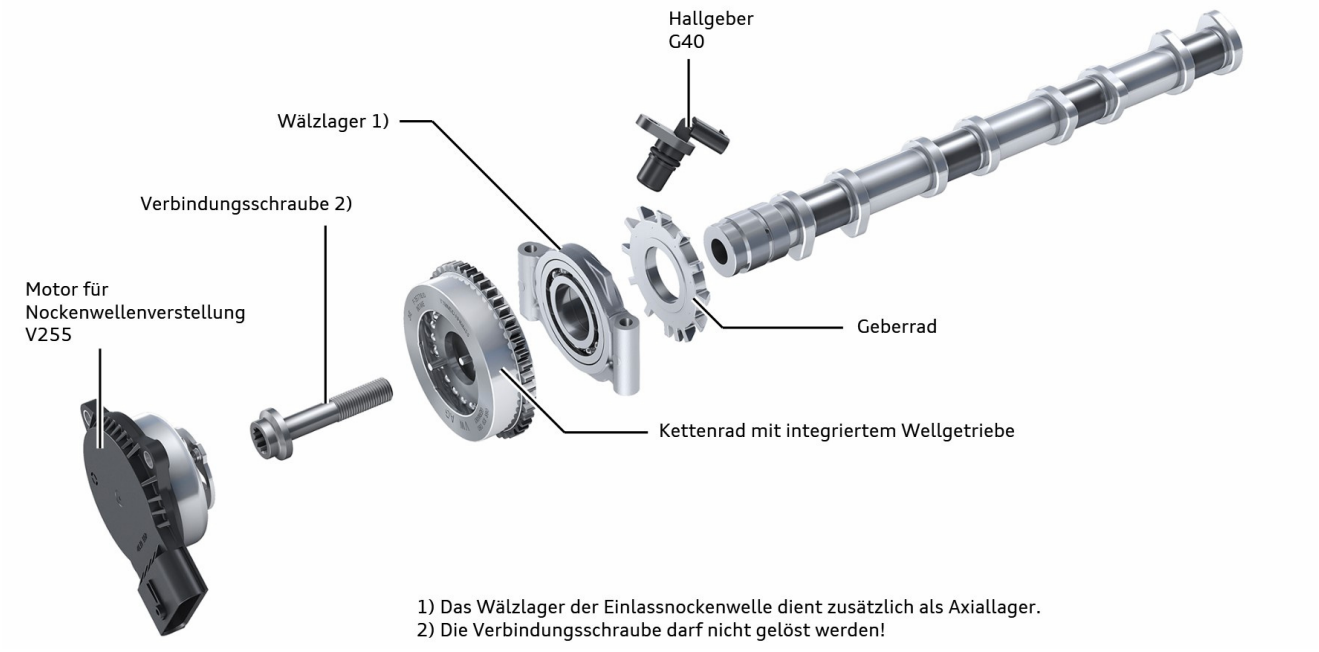
Vereinfachter Systemaufbau



694_039



694_040



1) Das Wälzlager der Einlassnockenwelle dient zusätzlich als Axiallager.
2) Die Verbindungsschraube darf nicht gelöst werden!

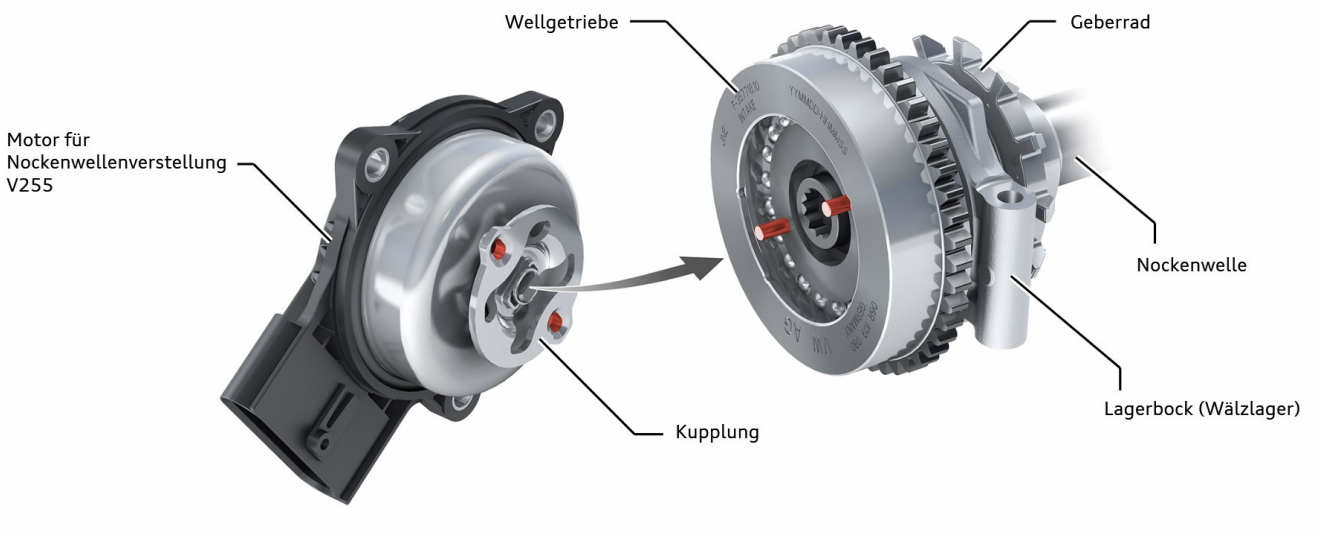
694_041

Antrieb des Getriebes für elektromechanische Nockenwellenverstellung (Wellgetriebe)

Der Antrieb des Getriebes erfolgt durch den Motor für Nockenwellenverstellung V255 (Elektromotor).

Dieser ist in der Abdeckung oben für Steuerkette verschraubt. Die Verbindung zum Getriebe der elektromechanischen Nockenwellenverstellung erfolgt permanent über eine sogenannte *Oldham-Kupplung* ↗.

Die Ansteuerspannung des V255 erfolgt durch das Motorsteuergerät mittels 12 V (PWM-Ansteuerung).



694_042

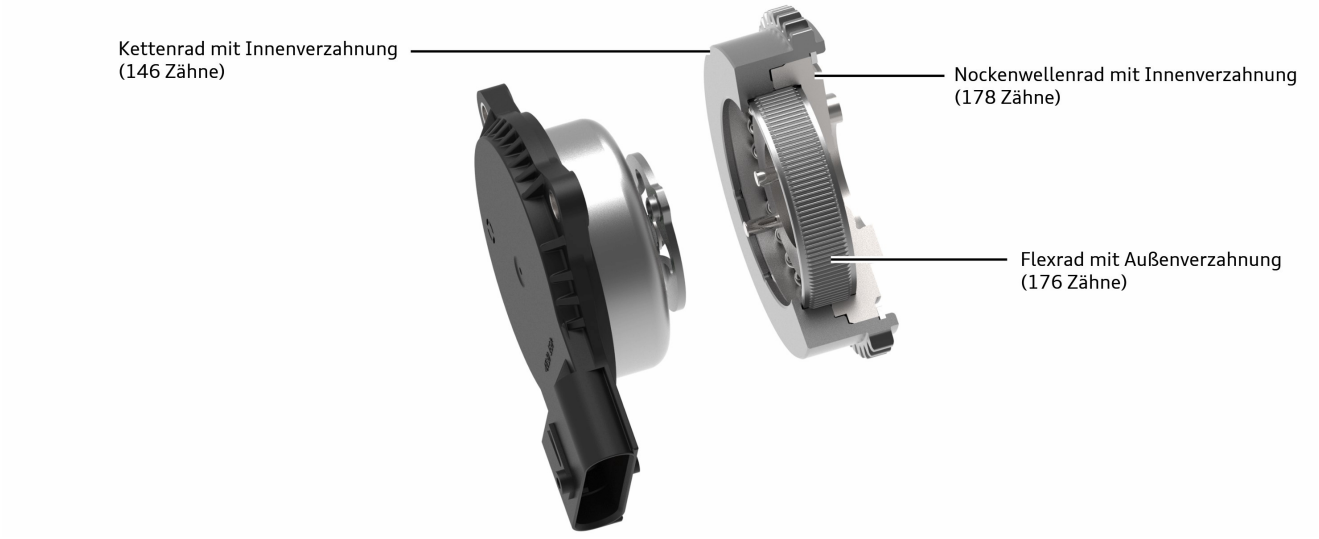
Funktion der elektrischen Nockenwellenverstellung

Getriebe

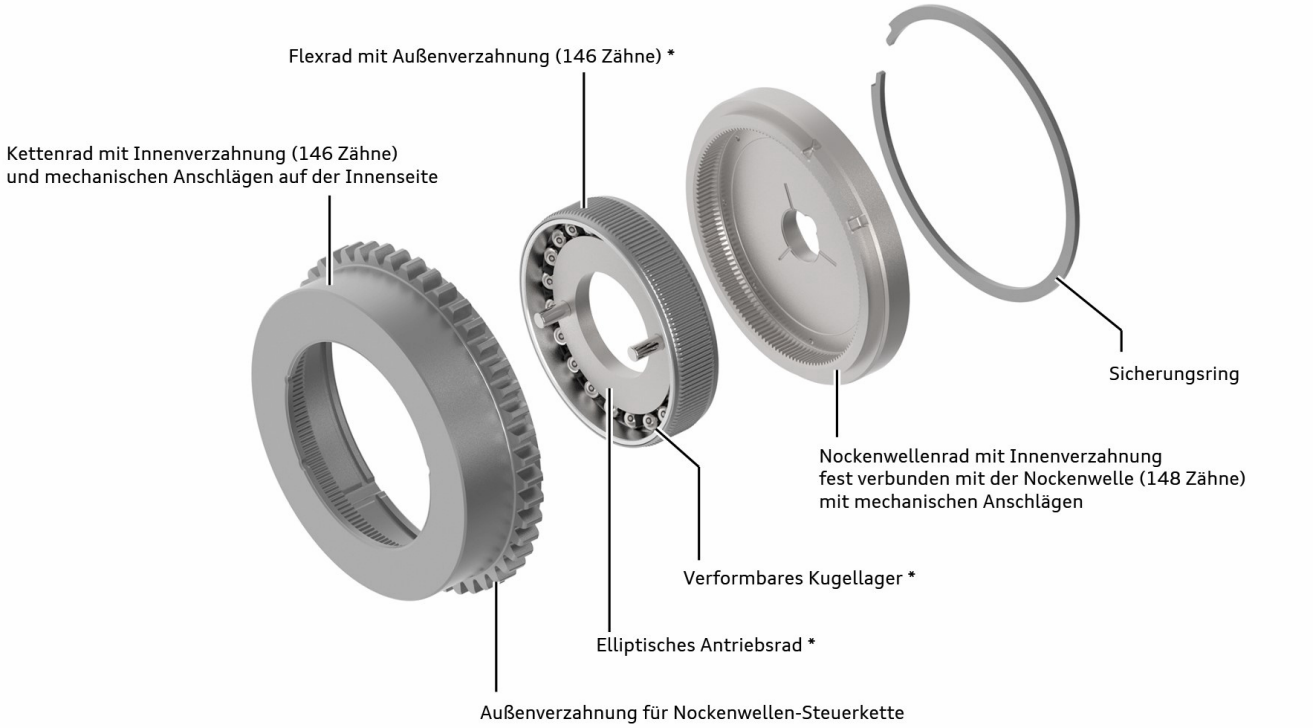
Wellgetriebe

Im Kettenrad der Einlassnockenwelle ist ein Getriebe integriert. Dieses ist mit der Nockenwelle fest verschraubt. Nockenwelle und Getriebe bilden somit eine mechanische Einheit.

Motor für Nockenwellenverstellung V255



694_068



* Das elliptische Antriebsrad, das verformbare Kugellager und das Flexrad mit Außenverzahnung bilden zusammen den Wellengenerator.

694_043

Das Wellgetriebe besteht aus folgenden Komponenten:

Wellengenerator
- Der Antrieb des elliptischen Antriebsrades erfolgt durch den Elektromotor V255.
- Das Kugellager, dessen dünne Laufringe verformbar sind, überträgt die elliptische Verformung auf das verformbare Flexrad mit Außenverzahnung.

Nockenwellenrad
- Die Stahlbüchse mit Innenverzahnung ist fest mit der Nockenwelle verbunden.
- Am unteren und oberen Rand greifen die Zähne der Innenverzahnung und die des elliptischen Flexrades (Wellengenerator) ineinander.
- Eine Begrenzung des Verstellbereichs ist durch mechanischen Anschlag gewährleistet.

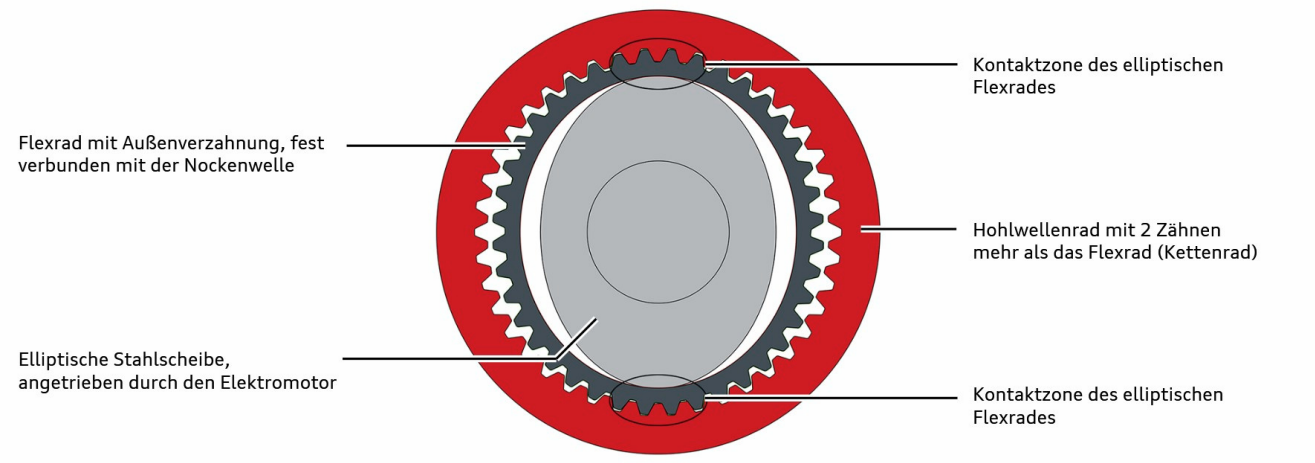
Kettenrad
- Starres zylindrisches Hohlwellenrad mit Innenverzahnung.
- Am unteren und oberen Rand greifen seine Zähne und die des elliptischen Flexrades (Wellengenerator) ineinander.
- Eine Begrenzung des Verstellbereichs ist durch mechanischen Anschlag gewährleistet.

Aufgrund der unterschiedlichen Zähnezahl des Flexrades, des Kettenrades und des Nockenwellenrades ergibt sich beim Antrieb des Wellengenerators eine Relativbewegung zwischen Kettenrad und Nockenwellenrad, was die Verstellung der Nockenwelle bewirkt.

Die genaue Funktion ist im folgendem Artikel **Funktionsweise des Wellgetriebes** beschrieben.

Funktionsweise des Wellgetriebes

Vereinfachte Prinzipdarstellung



694_044

Quelle: Wikipedia

Wellgetriebe

Die Kraftübertragung erfolgt über ein elastisches Element, dem Flexrad. In Kombination mit dem permanenten umlaufenden Mehrfach-Zahneingriff von Flexrad mit Außenverzahnung und Hohlrad lassen sich absolute Spielfreiheit, eine außerordentliche Übertragungsgenauigkeit und hohe Torsionssteifigkeit erreichen.

Die Funktionsweise ist wie folgt:

Das elliptische Antriebsrad, auch Wellengenerator genannt, verformt über das Kugellager das Flexrad mit Außenverzahnung. Dieses befindet sich in den gegenüberliegenden Bereichen mit den innenverzahnten Hohlrädern im Eingriff. Hier kommt es jetzt auf die Übersetzung an. Das Flexrad und das Kettenrad haben die gleiche Anzahl an Zähnen. Somit bleibt die Stellung beider Räder immer gleich, wenn das elliptische Antriebsrad angetrieben wird. Das Nockenwellenrad allerdings hat gegenüber dem Flexrad 2 Zähne mehr. Daraus ergibt sich bei einer Umdrehung des elliptischen Antriebsrades, dass sich der Eingriffsbereich der Zähne verlagert. Somit wandert das Nockenwellenrad bei einer Umdrehung des elliptischen Antriebsrades um 2 Zähne weiter.

Merkmale des Wellgetriebes

- langlebig
- robustes Design
- kompakte Bauweise
- große Verstellwinkel möglich
- geringes Gewicht
- relativ spielfrei
- reibungsarm
- integriertes Kupplungselement

Motor für Nockenwellenverstellung V255

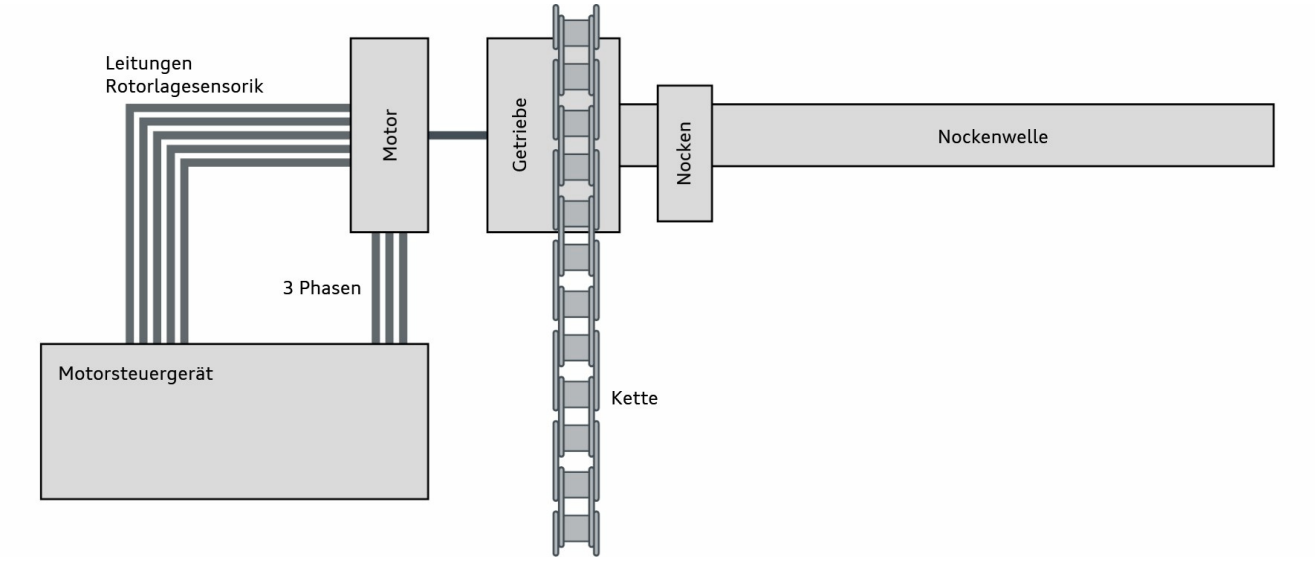


694_045

Merkmale

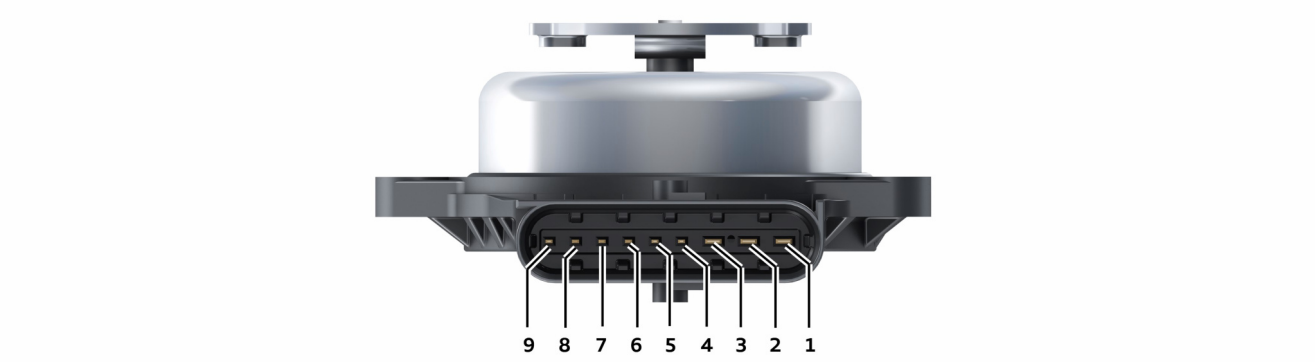
- *BLDC-Motor* ↗, d. h. kein Schmutz durch Bürstenabrieb, kein Bürstenfeuer
- hohe Lebensdauer
- robustes Design
- kompakte Bauweise
- geringes Gewicht
- geringes Massenträgheitsmoment
- Temperaturfestigkeit bis 160 °C
- Flexibilität bei der Wahl des Steckers
- ähnliche Schnittstellen wie bei hydraulischen Systemen
- integriertes Kupplungselement

Schematische Darstellung zur Ansteuerung des Motors für Nockenwellenverstellung V255



694_046

Ansteuerung des Motors für Nockenwellenverstellung V255



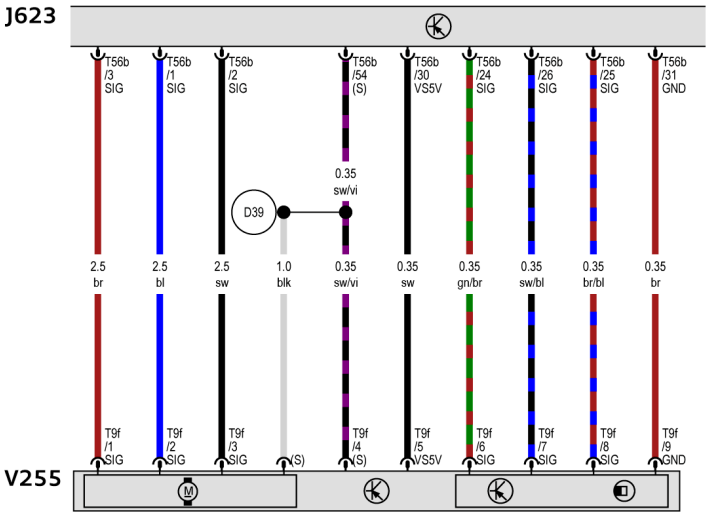
694_047

Pinbelegung des Motors für Nockenwellenverstellung V255

Pin-Nummer	Anschluss	Bemerkung
1	Phase V	
2	Phase U	
3	Phase W	
4	GND	GND für Gehäuse Schirmung Phasenleitungen
5	+5 V	Versorgungsspannung
6	Hall A	Signal von Hallsensor A
7	Hall B	Signal von Hallsensor B
8	Hall C	Signal von Hallsensor C
9	Signal GND	Signal von Hallsensoren

Ansteuerkonzept und Regelkreis

Auszug aus dem Stromlaufplan



694_048

Legende

J623	Motorsteuergerät
V255	Motor für Nockenwellenverstellung

› Der Motor für Nockenwellenverstellung V255 muss immer zusammen mit der Nockenwelle laufen.

Verstellrichtungen

Drehzahl Elektromotor	→	Drehzahl Kettenrad	→ ≙ →	Keine Verstellung
Drehzahl Elektromotor	→	Drehzahl Kettenrad	→ ≙ →	Verstellung nach „Spät“
Drehzahl Elektromotor	→	Drehzahl Kettenrad	→ ≙ →	Verstellung nach „Früh“

› Während des Motorstarts erfolgt vor der ersten Zündung eine Verstellung nach Spät.
› Damit eine schnelle und vor allem präzise Verstellung realisiert werden kann, bedarf es einer genauen Erfassung der Lage der Nockenwelle sowie des Elektromotors.
› Bereits während der Startphase des Motors erfolgt die Verstellung der Nockenwelle in die vorgesehene Position.
› Die genaue Stellung der Einlassnockenwelle ermittelt der Hallgeber G40.
› Für die Lageerkennung des Motors für Nockenwellenverstellung V255 sind 3 Hallsensoren im Elektromotor verbaut.
› Um die Nockenwellendrehzahl präziser bestimmen zu können, wird ein Geberrad mit 13 Zähnen eingesetzt. Beim evo4-Motor waren es 9 Zähne.
› Ein weiteres wichtiges Signal für die Berechnung der Stellung der Nockenwellen ist das Signal des Motordrehzahlgebers G28.

Arbeiten im Service und Diagnosemöglichkeiten

› Teiletausch
  › Es ist nicht vorgesehen, dass im Service die Nockenwelle vom Nockensteller getrennt wird. Mit Werkstattmitteln kann die Nockenwelle nicht genau zum Nockenwellenversteller positioniert werden.
› Diagnose
  › Der Motor für Nockenwellenverstellung V255 wird durch das Motorsteuergerät elektrisch diagnostiziert.
› Reaktionen / *Fehlercodes* ↗
  › MIL an / P001000, P208800, P208900
  › Fehlfunktionen/mech. Fehler / P151900, P25DF00
  › Sollwert-/Abweichungsfehler / P000A00, P001100
› Geführte Fehlersuche - Prüfmöglichkeiten / *Fehlercodes* ↗
  › Kurztrip
  › Stellglieddiagnose
  › Eine Grundeinstellung nach Tausch des Motors für Nockenwellenverstellung V255 ist nicht notwendig: Bei Motorstart lernt der Motor über die Geberradsignale die Position der Nockenwelle und regelt dann entsprechend.

Die entsprechenden Programme in der Geführten Fehlersuche sind unter den elektrischen Bauteilen beim Motor für Nockenwellenverstellung V255 zu finden.

Die Kettenlängung verändert, wie bei anderen Motoren, auch die Steuerzeit. Ein entsprechender Vorhalt zur Kompensation ist bei den Endanschlägen bereits eingerechnet.

Weitere Diagnosemöglichkeiten der elektrischen Nockenwellenverstellung V255

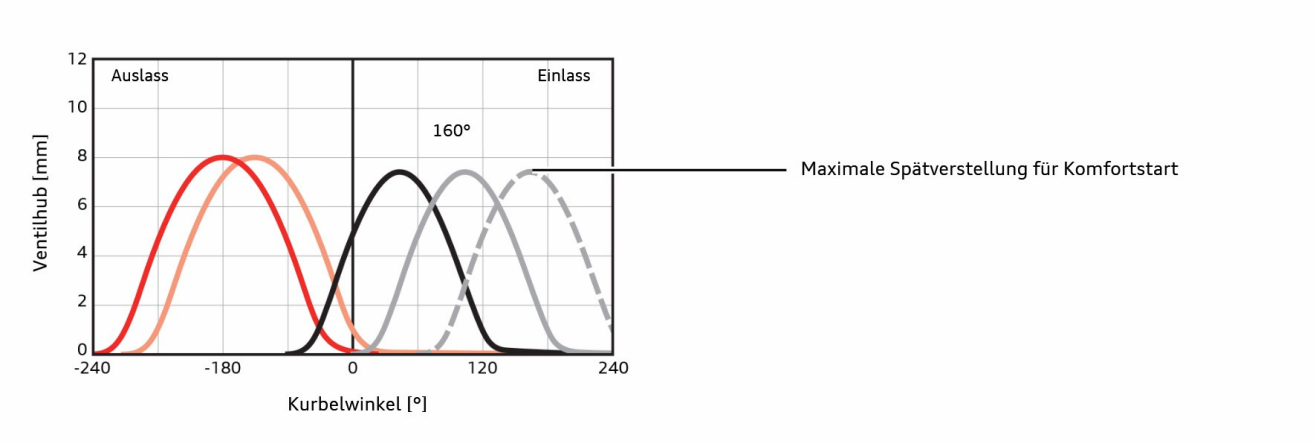
- Den Motor für Nockenwellenverstellung V255 vom Steuergehäusedeckel abnehmen und die Kupplung auf mechanische Beschädigung prüfen.
- Den Motor von Hand durchdrehen und auf Schwergängigkeit prüfen.
- Überprüfung des Steckers und der Pins.
- Verkabelung zwischen Motor für Nockenwellenverstellung V255 und Motorsteuergerät prüfen.
- Messen des Widerstandes der Phasen U, V, W und der Phasen V<>W, V<>U, und U<>W (0,2 Ohm) oder hochohmig gegen das Gehäuse.
- Messen der Spannungen der Hallsensoren.
- Prüfung der Phasen U, V, W sowie der Hallsensoren mit dem Oszilloskop

Getriebe

- Das Getriebe von Hand durchdrehen (von Anschlag bis Anschlag drehen) und auf mechanischen Widerstand und Schwergängigkeit prüfen.

Verstellbereich der Nockenwellenverstellungen

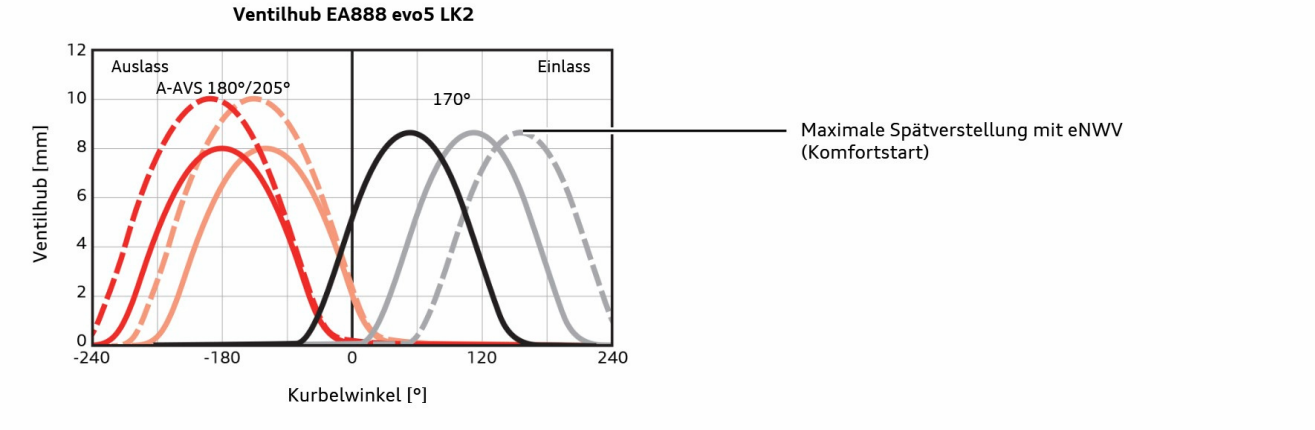
LK1-Motor



694_049

- Der Verstellwinkel für die Einlassnockenwellenverstellung beträgt 160° KW.
- Der Verstellwinkel wird durch mechanische Anschläge begrenzt.
- Die Notlaufposition für den Einlassnockenwellenversteller ist der Spätanschlag.

LK2-Motor



694_051

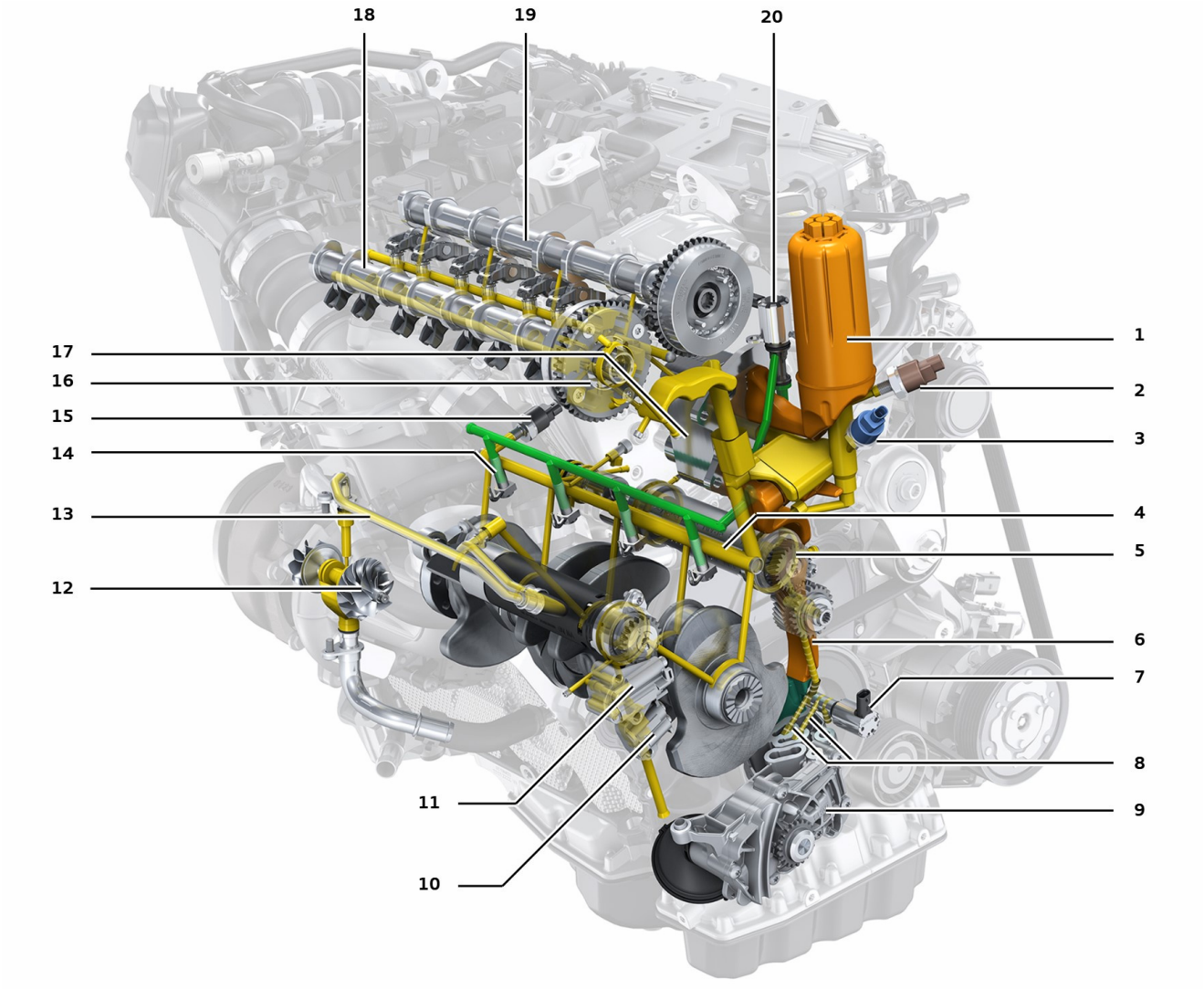
- Der Verstellwinkel für die Einlassnockenwellenverstellung beträgt 170 °KW.
- Der Verstellwinkel wird durch mechanische Anschläge begrenzt.
- Die Notlaufposition für den Einlassnockenwellenversteller ist der Spätanschlag.

Ölkreislauf – Motorschmierung

Merkmale des Ölsystems

- Zweistufige Öldruckregelung
- Kolbenkühlung (abhängig vom Öldruck)
- Motoröl VW 50800 / VW 50900 / SAE 0W-20

Übersicht



694_050

Legende

1	Ölfilter
2	Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378
3	Öldruckschalter F22
4	Hauptölkanal
5	Einlass-Ausgleichswelle
6	Ölkanal zum Ölfilter
7	Ventil für Öldruckregelung N428
8	Öldruck-Steuerkanal zur Ölpumpe
9	Flügelzellenpumpe (2-Stufig)
10	Kettenspanner für Ausgleichswellensteuerkette
11	Kettenspanner für Nockenwellensteuerkette
12	Abgasturbolader
13	Ölversorgung Abgasturbolader
14	Ölspritzdüse und Überdruckventil
15	Öldruckschalter, Stufe 3 F447
16	Ölkanal für Auslassnockenwellenversteller
17	Ölkühler
18	Auslassnockenwelle
19	Einlassnockenwelle
20	Steuerventil für Kolbenkühldüsen N522

Legende

Druckölkanal im Ölwannenoberteil (Übergabestelle zwischen Pumpe und Zylinderkurbelgehäuse)

Druckölkanal ungefiltert im Zylinderkurbelgehäuse, dann zum Nebenaggregatehalter, danach zuerst in den Ölkühler und danach in den Ölfilter

Ausgang Ölfilter mit gefiltertem Öl durch den Nebenaggregatehalter zum Hauptölkanal des Zylinderkurbelgehäuses. Von diesem wird versorgt

- Abzweig nach oben zum Zylinderkopf über die Abdeckung oben für Steuerkette
- die Sichelnuten im Zylinderkurbelgehäuse für die Hauptlager der Kurbelwelle
- die Lager der Einlass-Ausgleichswelle. Hier wird über das erste Lager der Steuerkanal zur Ölpumpe abgezweigt.
- von Hauptlager 1 erfolgt die Versorgung des Auslass-Ausgleichswellenlagers und von dort aus die Versorgung der Kettenspanner für Nockenwellensteuerkette und Ausgleichswellensteuerkette
- über Zylinderkopf (die Abdeckung oben für Steuerkette) zur Versorgung der Nockenwellenversteller
- Versorgung der Nockenwellen im Zylinderkopf
- Versorgung des Abgasturboladers aus der Hauptölgalerie

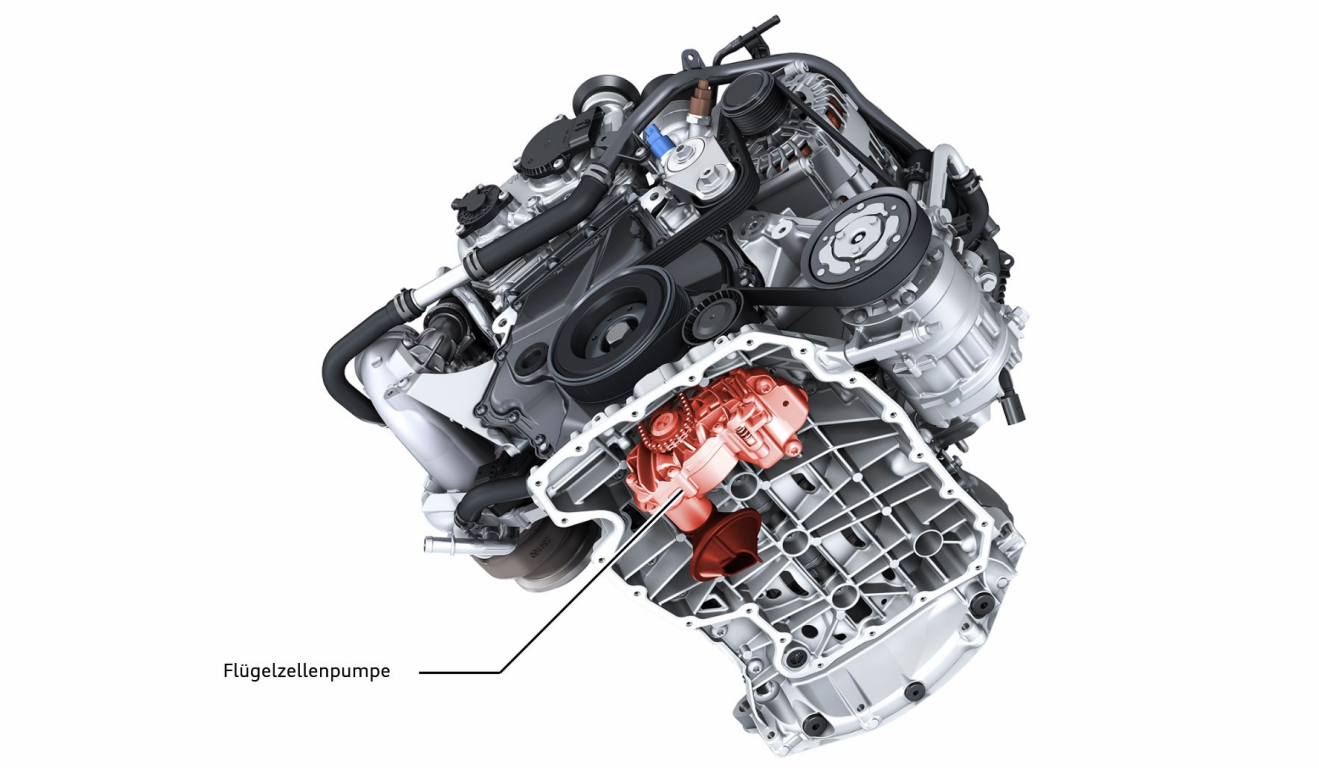
Abzweigung im Halter für Nebenaggregate über das Steuerventil für Kolbenkühldüsen N522 in eine separate Ölgalerie zu den Kolbenkühldüsen

Ölpumpe

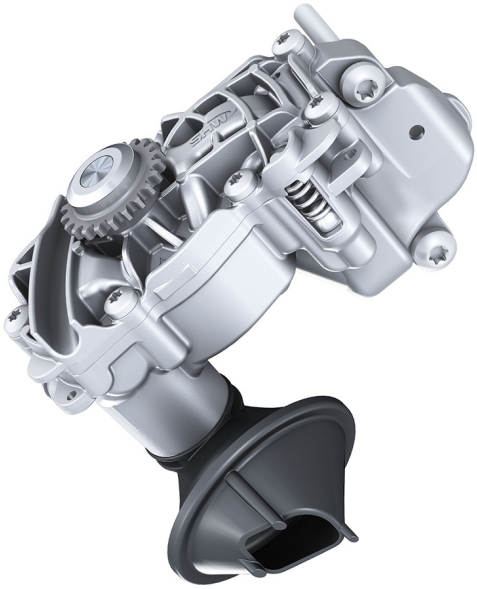
Im evo5-Motor ist der Öl-Volumenstrom im Vergleich zum evo4-Motor höher. Deshalb kommt im EA888 erstmalig für alle Leistungsklassen eine Flügelzellenpumpe zum Einsatz.

Durch den besseren Wirkungsgrad der Pumpe, im Vergleich zum Vorgänger (evo4), konnte eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs erzielt werden.

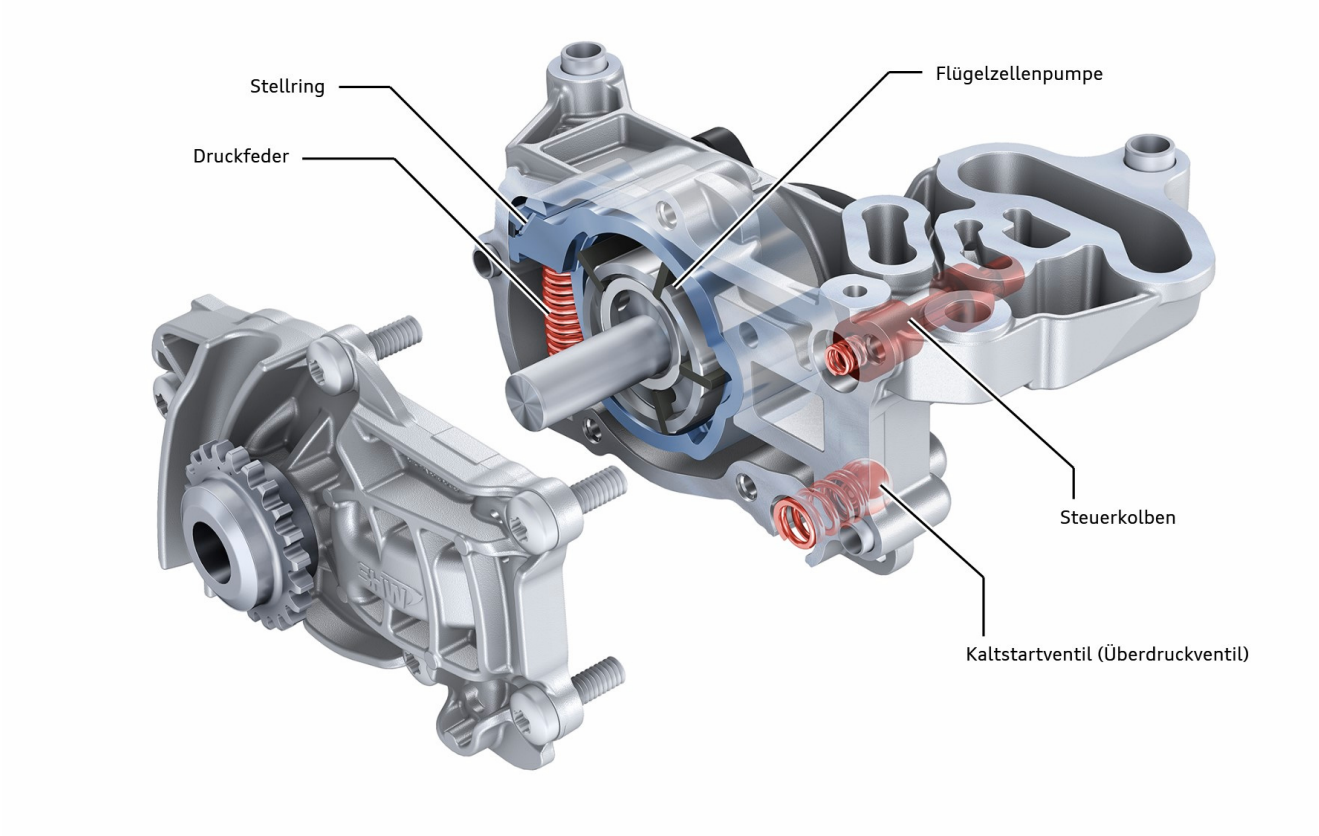
Die Regelölpumpe ist mittels drei M8-Aluminium-Schrauben mit dem Ölwannenoberteil verschraubt und wird über eine Zahnkette von der Kurbelwelle angetrieben (siehe Abb. "694_021").



694_053



694_054



694_055

Die Regelölpumpe ist mit einer Druck- und Volumenregelung ausgestattet.

Es werden zwei vorgegebene Öldruckniveaus im Motor erzeugt. Diese werden bei sich ändernden Motordrehzahlen konstant gehalten.

Die Umschaltung zwischen den Druckniveaus erfolgt über das Steuerventil (Ventil für Öldruckregelung N428). Dieses ist im Ölwannenoberteil positioniert und schaltet den 2. Steuerkanal. Im Steuerkanal liegt der gleiche Öldruck an, wie in der Hauptölgalerie des Motors.

Somit ist der erforderliche Öldruck im gesamten Motorölsystem unter allen Betriebsbedingungen und Betriebstemperaturen sichergestellt. Das Fördervolumen in der jeweiligen Druckstufe steigt mit Erhöhung der Motordrehzahl.

Funktion der Druckregelung

Der Motorstart erfolgt mit hoher Druckstufe.

Ob mit geringer oder hoher Druckstufe gefahren wird, hängt von mehreren Parametern ab. Das sind z. B.:

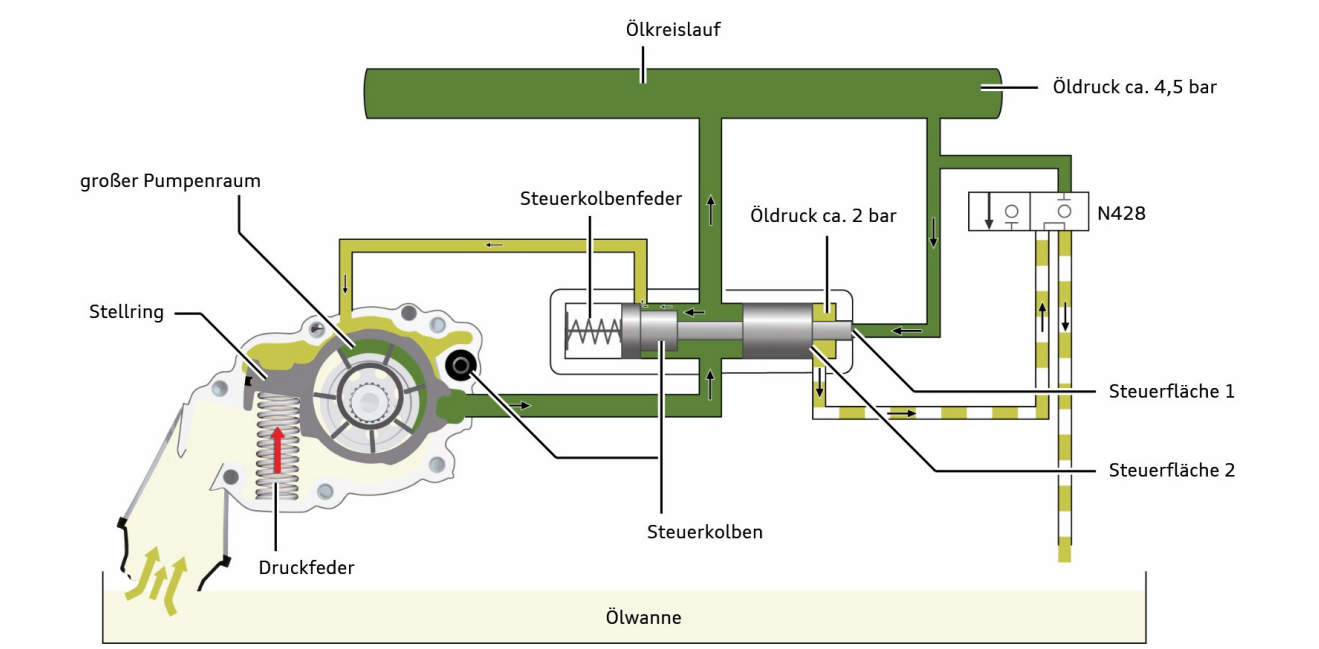
- Motorlast
- Motordrehzahl
- Errechnete Motoröltemperatur
- Und weitere

Hohes Druckniveau

Das Ventil für Öldruckregelung N428 wird nicht angesteuert.

Der Öldruck wirkt nur auf der Steuerfläche 1 des Steuerkolbens. Es strömt nur eine geringe Menge Öl über den Steuerkolben in den Raum oberhalb des Stellrings. Die Kraft der Druckfeder in der Pumpe überwiegt, drückt den Stellring nach oben und vergrößert den Pumpenraum. Somit fördert die Pumpe die maximale Ölmenge und der Öldruck steigt.

Hohes Druckniveau

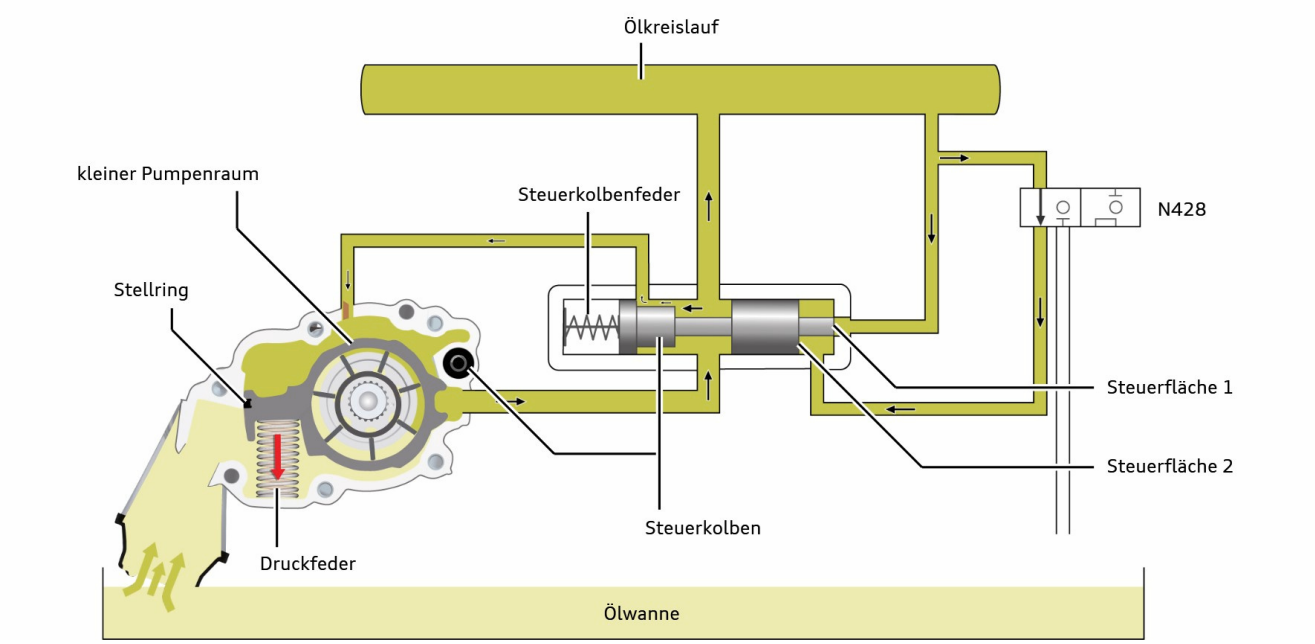


694_056

Legende

	Öl ohne Druck
	Öldruck etwa 2 bar
	Öldruck etwa 4 bar
	geringer Öldruck

Verringertes Druckniveau



694_057

Legende

	Öl ohne Druck
	Öldruck etwa 2 bar

Wenn das Motorsteuergerät das Ventil für Öldruckregelung N428 ansteuert, wird der zweite Steuerkanal geöffnet. Dann strömt das Öl auf die zweite Kolbenfläche des Steuerkolbens. Die größere Gesamtfläche vergrößert so die Kraft, die auf den Kolben wirkt. Der Steuerkolben wird somit gegen die Kraft der Steuerkolbenfeder bewegt und öffnet einen größeren Querschnitt. So gelangt mehr Öl in den Raum oberhalb des Stellrings. Der Stellring verdreht sich gegen die Federkraft der Druckfeder und verringert so den Förderraum der Pumpe. Es wird weniger Öl gefördert. Der Öldruck verringert sich.

Technische Daten der Pumpe

- Übersetzung
  - Zähnezahl Kurbelwelle: 23

    Zähnezahl Ölpumpe: 22
- Zweistufige Regelung
  - Niedrige Druckstufe ca. 0,85 - 2,5 bar (abhängig von der Motordrehzahl).

    Fördervolumen 1000 1/min, 19 l/min
- Hohe Druckstufe (maximale Förderleistung)
  - ca. 2,5 - 4,5 bar (abhängig von der Motordrehzahl).

    Fördervolumen bei 6500 1/min, 60 l/min je bei 140 °C mit 0W12

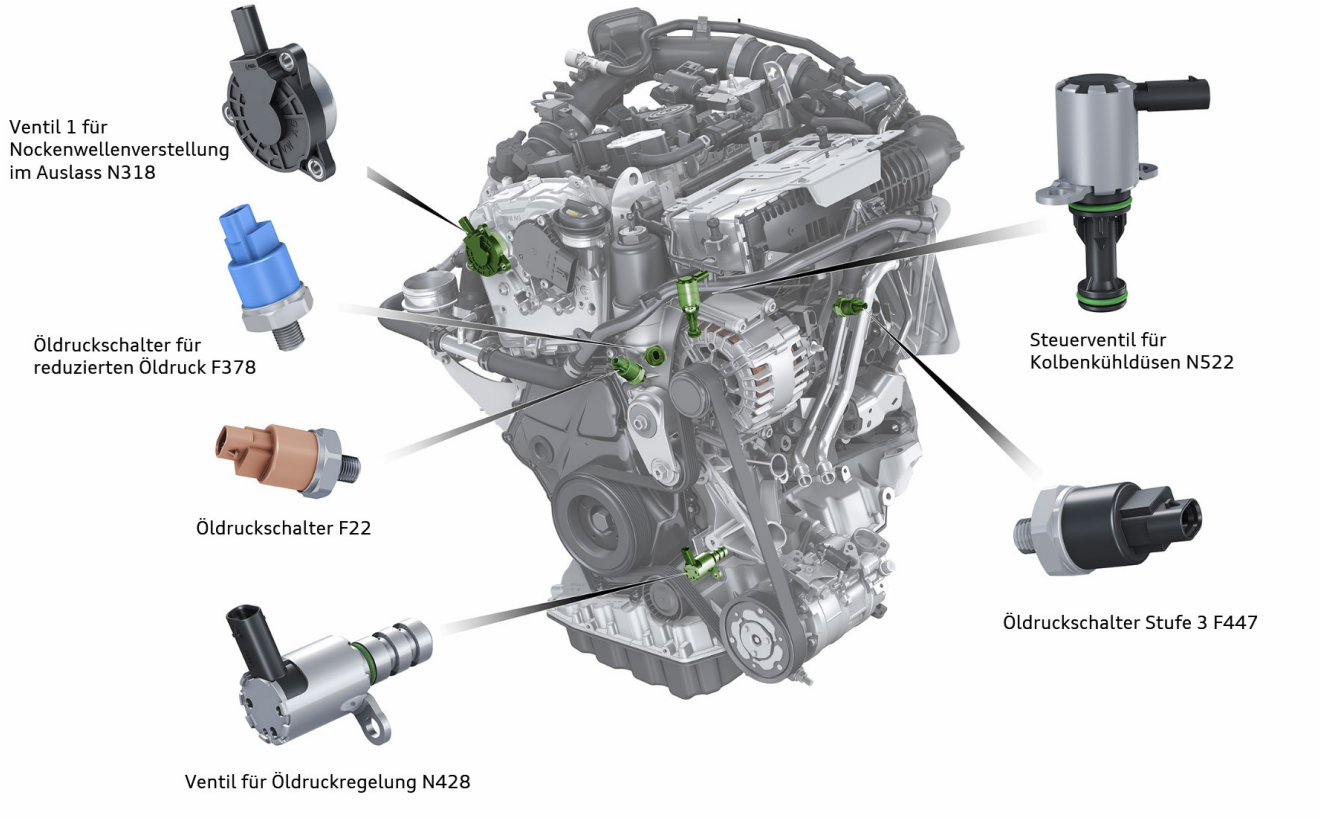
    Bei Motorstart wird durch die Ölpumpe maximale Förderstellung sichergestellt.

Keine Niedrige Druckstufe bei Motordrehzahl > 3500 1/min

- Überdruckventil (Kaltstartventil), Öffnungsdruck 11 bar abs. ± 1 bar

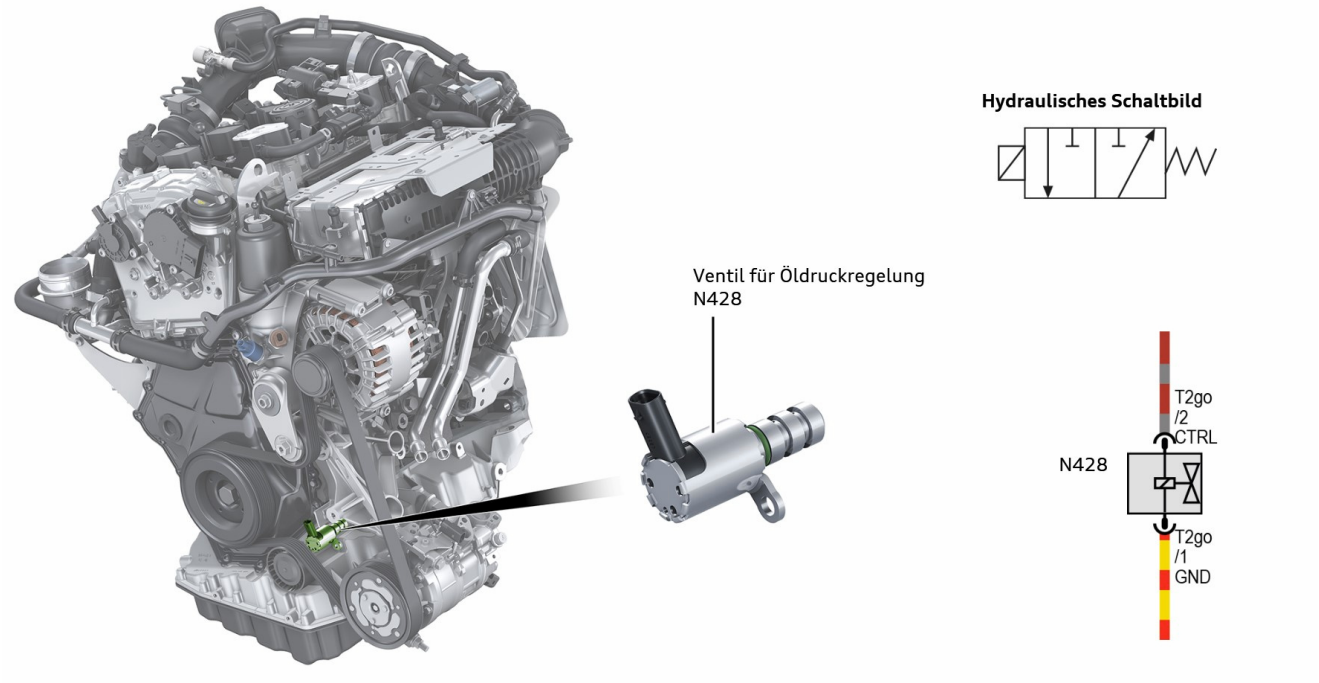
Hinweis
Die genauen Werte zur Überprüfung des Öldrucks sind im Reparaturleitfaden beschrieben.

Sensoren und Aktoren des Ölversorgungssystems



694_058

Ventil für Öldruckregelung N428



694_059

Das 3/2-Wegeventil ist im Ölwannenoberteil positioniert.

Das Ventil wird vom Motorsteuergerät mit etwa 13,5 V angesteuert. Dadurch wird in die niedrige Druckstufe geschaltet. Die Umschaltdauer zwischen den Druckstufen beträgt ≤ 0,3 s.

Absicherung bei Ausfall

Die Ölpumpe wird bei Ausfall des N428 in der Hochdruckstufe betrieben. Dem Fahrer wird eine Störung angezeigt und es erfolgen entsprechende Hinweise.

Das N428 wird vom Motorsteuergerät diagnostisch überwacht. Ist ein Fehlerspeichereintrag eingetragen, sind entsprechende Prüfprogramme in der Geführten Fehlersuche hinterlegt. Auch ein mechanisch hängendes Ventil kann diagnostiziert werden, wenn bei angesteuertem Zustand Öldruck (hohe Druckstufe) oder bei nicht angesteuerten Ventil kein hoher Öldruck erkannt wird.

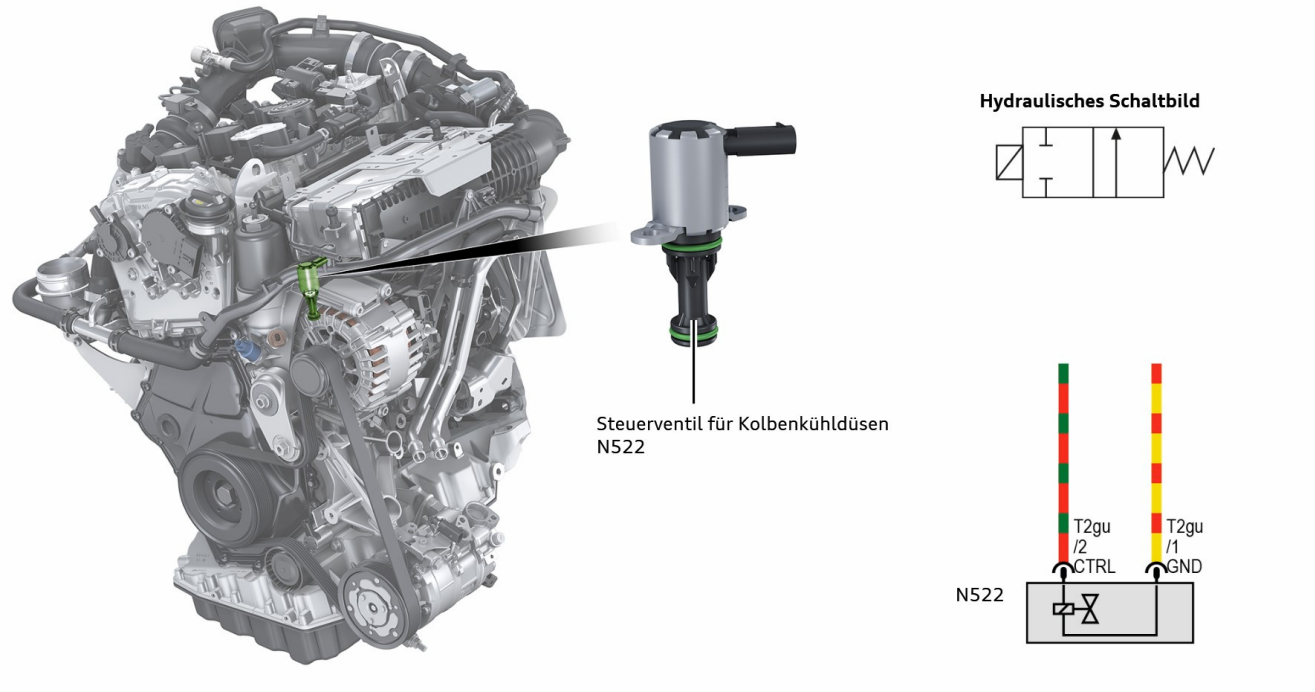
Kolbenkühlung

Prinzipiell erfolgt das Schalten der Kolbenkühldüsen durch die Auswertung der gleichen Parameter, die auch für die Öldruckregelung in das Motorsteuergerät eingehen.

Ein Zuschalten der Kolbenkühldüsen kann auch in der niedrigen Öldruckstufe erfolgen.

Die Kolbenkühldüsen werden bei Ansteuerung des Steuerventils für Kolbenkühldüsen N522 abgeschaltet. Dadurch ist sichergestellt, dass bei Ausfall der Elektrik das Ventil geöffnet bleibt und ständig gekühlt wird.

Steuerventil für Kolbenkühldüsen N522



694_060

Öldruckschalter

Die Öldruckschalter sollen in Abhängigkeit der verschiedenen Einbaupositionen als Eingangsgröße u. a. für folgende Funktionen in der Motorsteuerung verwendet werden:

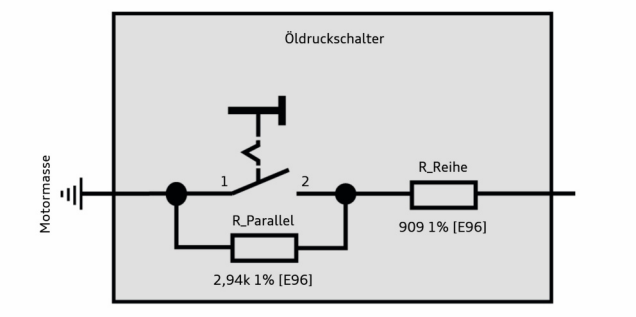
- Überwachung des Öldrucks
- Indirekte Überwachung der Kolbenkühlung, Niederdruck, Hochdruck

Alle Öldruckschalter sind sogenannte „Schließer“. Sie werden vom Motorsteuergerät mit ca. Batteriespannung versorgt. Die Schalter sind ihrer Aufgabe entsprechend für unterschiedliche Drücke ausgelegt.

Im Schalter befinden sich neben dem Schaltkontakt (über Membrane) zwei Widerstände. Einer zum Schalter in Reihe geschaltet, der zweite parallel.

Zur Diagnose werden vom Motorsteuergerät folgende Zustände unterschieden:

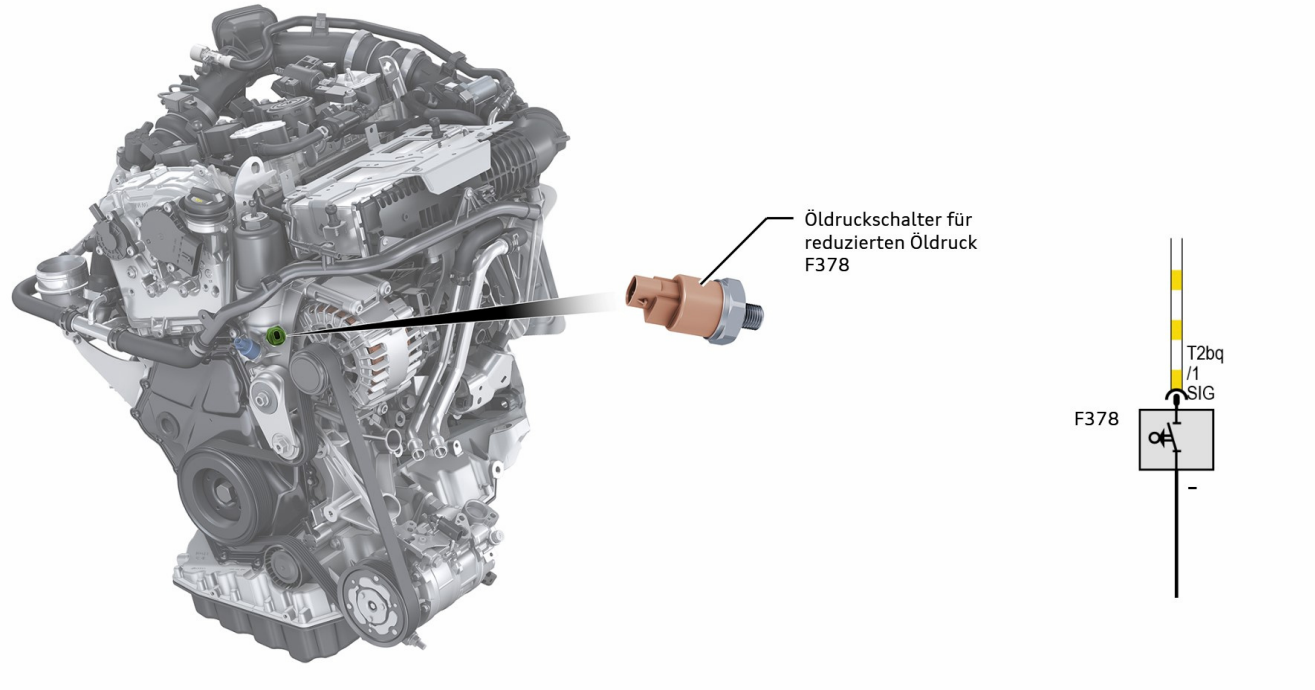
- Schalter geschlossen
- Schalter offen
- Kurschluss nach Masse oder Leitungsbruch
- Kurzschluss nach U-bat



694_061

- Widerstand Schalter offen: ca. 3800 – 3900 Ohm
- Widerstand Schalter geschlossen: ca. 900 – 925 Ohm
- Betriebsstrom: ca. 5 mA

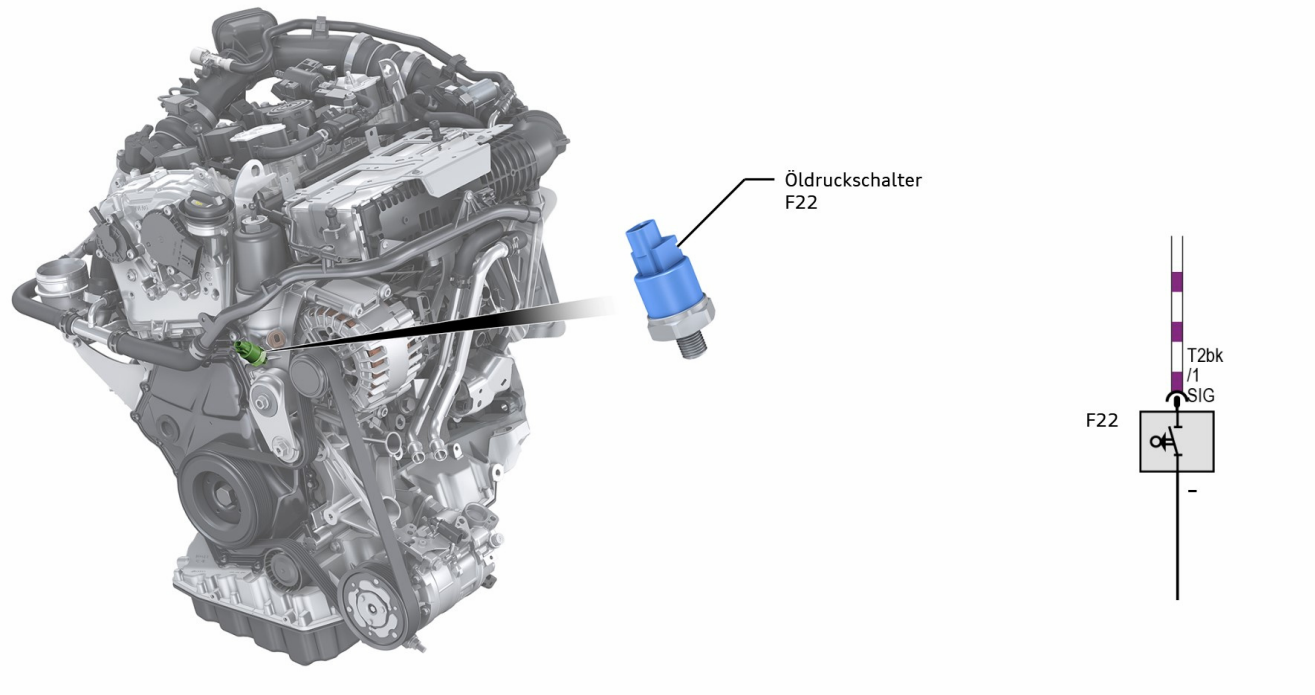
Öldruckschalter für reduzierten Öldruck F378



694_062

- Schließt bei ca. 0,55 – 0,85 bar

Öldruckschalter F22

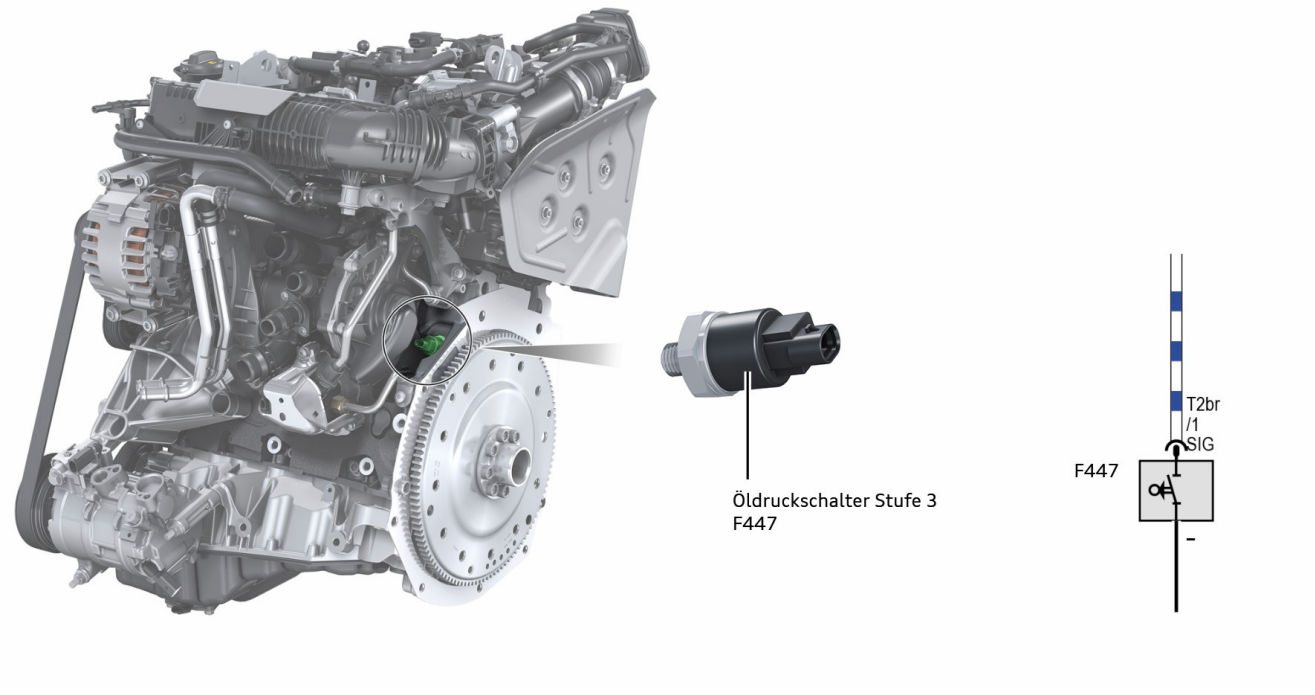


694_063

- Der Schalter ist im Nebenaggregatehalter unterhalb des Ölfilters im Hauptölkanal, nach Filter, verbaut.
- Schließt bei ca. 2,15 – 2,95 bar (temperaturabhängig).

Das Schließen des Öldruckschalters F22 ist für das Motormanagement die Information, dass die hohe Druckstufe erreicht wurde.

Öldruckschalter Stufe 3 F447



694_064

Der Öldruckschalter, Stufe 3 F447 ist am Ende der Ölgalerie zu den Kolbenkühldüsen verbaut. Der einpolige Schalter, wird mit Batterie + versorgt.

Ab einem Druck von 0,3 – 0,6 bar schließt der Schalter (temperaturabhängig).

Das ist das Signal für das Motorsteuergerät, dass die Kolbenkühlung aktiv ist bzw., wenn der Schalter wieder öffnet, ist das für das Motorsteuergerät das Signal, dass die Kolbenkühlung nicht mehr aktiv ist.

Der F447 wird als Eingangsgröße für folgende Funktionen in der Motorsteuerung verwendet:

› Überwachung des Öldrucks
› Überwachung der Kolbenkühlung

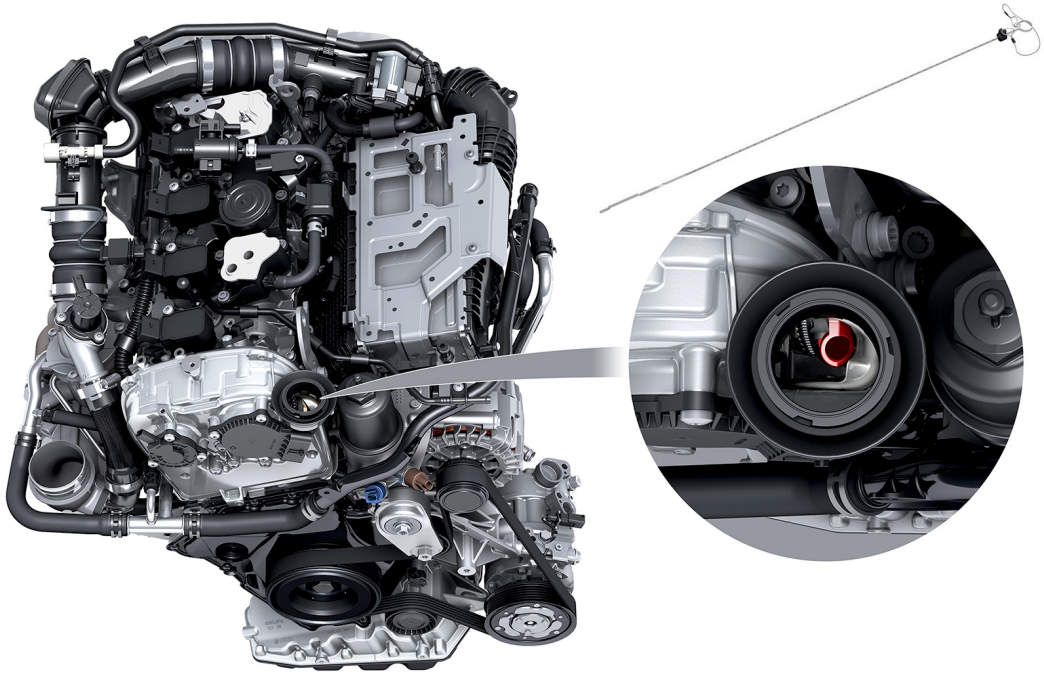
Servicearbeiten

Ölstand prüfen

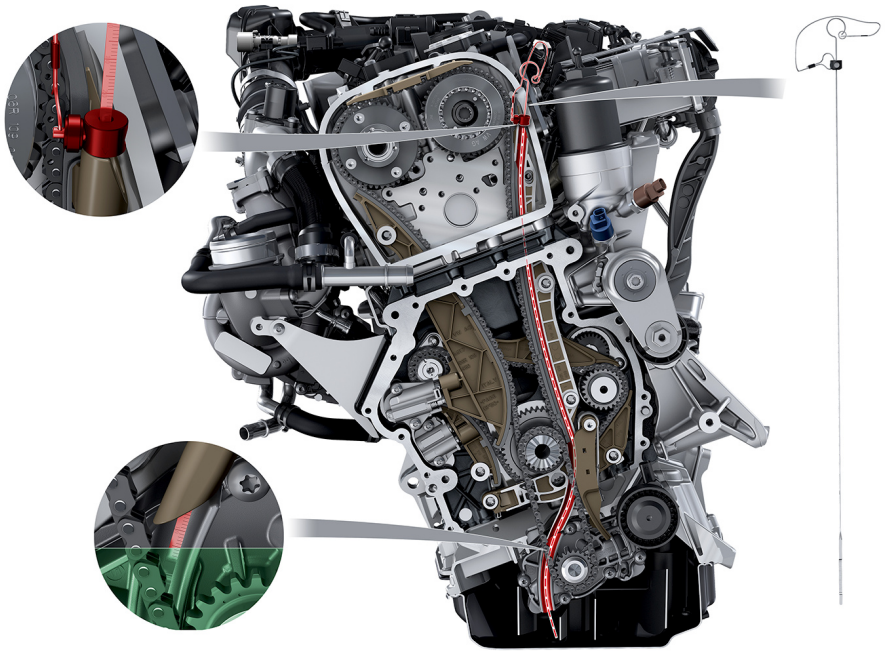
Bei den Regel-Servicearbeiten, z. B. Motorölwechsel im Rahmen einer Inspektion, wird in der Regel der Ölstand im Motor über die Ölstandsanzeige im Fahrzeug (Bedienungsanleitung) geprüft.

Hinweis
Die Bedingungen zur Überprüfung des Motorölstandes wurden beim EA888 evo5 geändert. Eine Voraussetzung ist, dass die Motoröltemperatur 90 °C betragen muss. Das gilt ebenso für das Ablesen der Anzeige im Fahrzeug, als auch für die Prüfung des Motorölstands mittels Prüfgeräts für Ölstandsanzeige T40178B. Bei Einsatz dieses Werkzeugs ist zu beachten, dass nach dem Erreichen einer Motoröltemperatur von 90 °C eine Wartezeit von 20 Minuten einzuhalten ist. Erst dann kann der tatsächliche Motorölstand vom Prüfgerät sicher abgelesen werden. Wird die Wartezeit nicht eingehalten, kann das Prüfergebnis verfälscht sein.
Zur Überprüfung des Motorölstands müssen immer die aktuellen Anweisungen aus „Instandhaltung Genau Genommen“ befolgt werden.

Prüfgerät für Ölstandsanzeige T40178B



694_067



694_052

Das Prüfgerät für Ölstandsanzeige T40178B muss, wie hier gezeigt, eingesetzt werden.

Die Gleitschiene des Nockenwellen-Kettentriebs, die Leitschiene des Ausgleichswellen-Kettentriebs sowie ein spezieller Anguss an der Ölpumpe dienen als Führung des T40178B sowie der Ölansaugsonde.

Der Einstell- und Ablesewert für das T40178 sind aus „Instandhaltung Genau Genommen“ (Suchbegriff „Einstellwert“) zu entnehmen.

Der Messwert ist, besonders bei frischem Öl ohne Rußablagerung schlecht ablesbar!

Hinweis
Das Motoröl sollte beim Ölwechsel vorrangig abgesaugt werden (siehe Instandhaltung Genau Genommen).

Kühlsystem

Übersicht

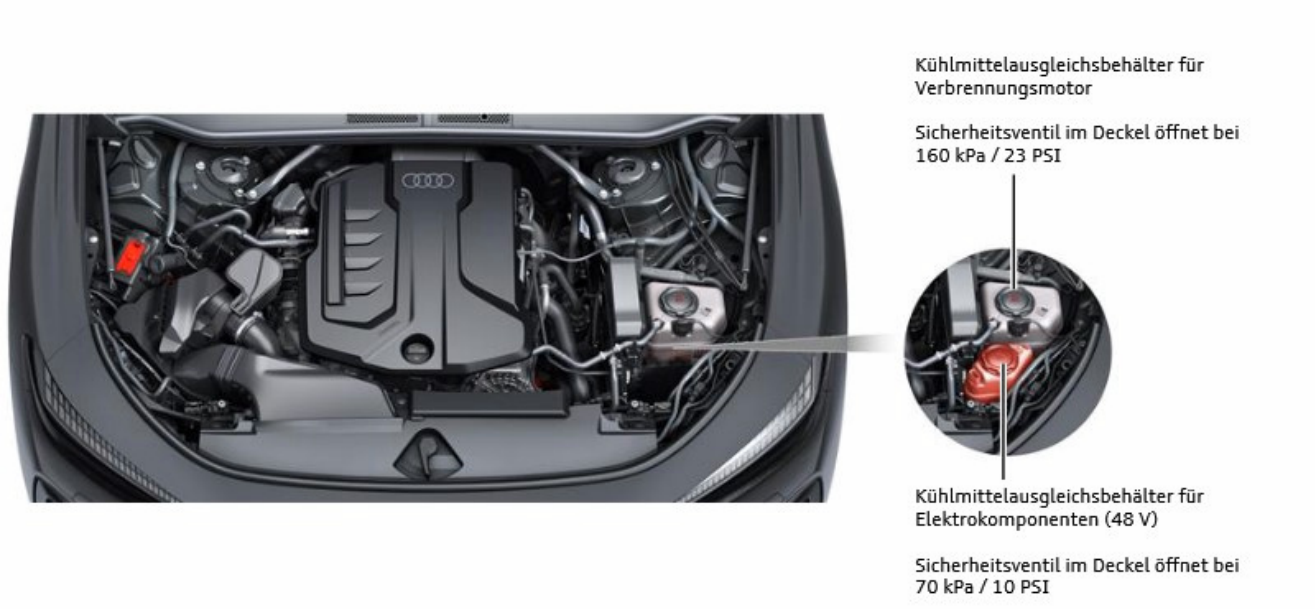
Je nach Leistungsklasse und Ausstattung des Fahrzeugs unterscheiden sich die Kühlkreisläufe.

Hier ist exemplarisch der Kühlkreislauf eines LK1-Motors im Audi A5 (Typ FU) ohne Standheizung dargestellt (siehe Abb. "694_069"). In Fahrzeugen mit 48 Volt-Bordnetzsystem (LK2-Motoren) sind zwei getrennte Kühlkreisläufe verbaut. Ein Kreislauf ist für das 48 Volt-Bordnetzsystem (Niedertemperaturkreislauf). Der zweite Kreislauf ist für die Motorkühlung konzipiert (Motorkühlmittelkreislauf). Beide Kreisläufe haben einen separaten Kühlmittelausgleichsbehälter (Lupe).

Achtung

- Beide Kühlkreisläufe arbeiten mit unterschiedlichen Drücken. Dementsprechend sind auch die Überdruckventile der Verschlussdeckel der Kühlmittelausgleichsbehälter ausgelegt. Da beide Verschlussdeckel die gleiche Verschraubung haben, besteht hier Vertauschungsgefahr.

Ansicht Kühlmittelausgleichsbehälter LK1 und LK2



694_069

In der Lupendarstellung sieht man in Rot dargestellt den Ausgleichsbehälter für Fahrzeuge mit 48 Volt-System (LK2-Motoren).

Kühlmittelkreislauf

(LK1-Motor ohne Standheizung)

Der Kühlmittelkreislauf für Verbrennungsmotor besteht aus dem Hochtemperaturkreislauf für die Motorkühlung und dem Niedertemperaturkreislauf für die Ladeluftkühlung.

Beide Kreisläufe nutzen den gleichen Ausgleichsbehälter. Der Niedertemperatur-Kreislauf entlüftet nur in den gemeinsamen Ausgleichsbehälter, durchströmt ihn aber nicht, somit kommt es zu keiner Durchmischung.

Der Kühlmittelfluss im Kühlkreislauf für den Motor wird durch die mechanisch angetriebene Kühlmittelpumpe im Drehschiebermodul sowie bei Bedarf durch zwei elektrische Pumpen gewährleistet (V50 und V51).

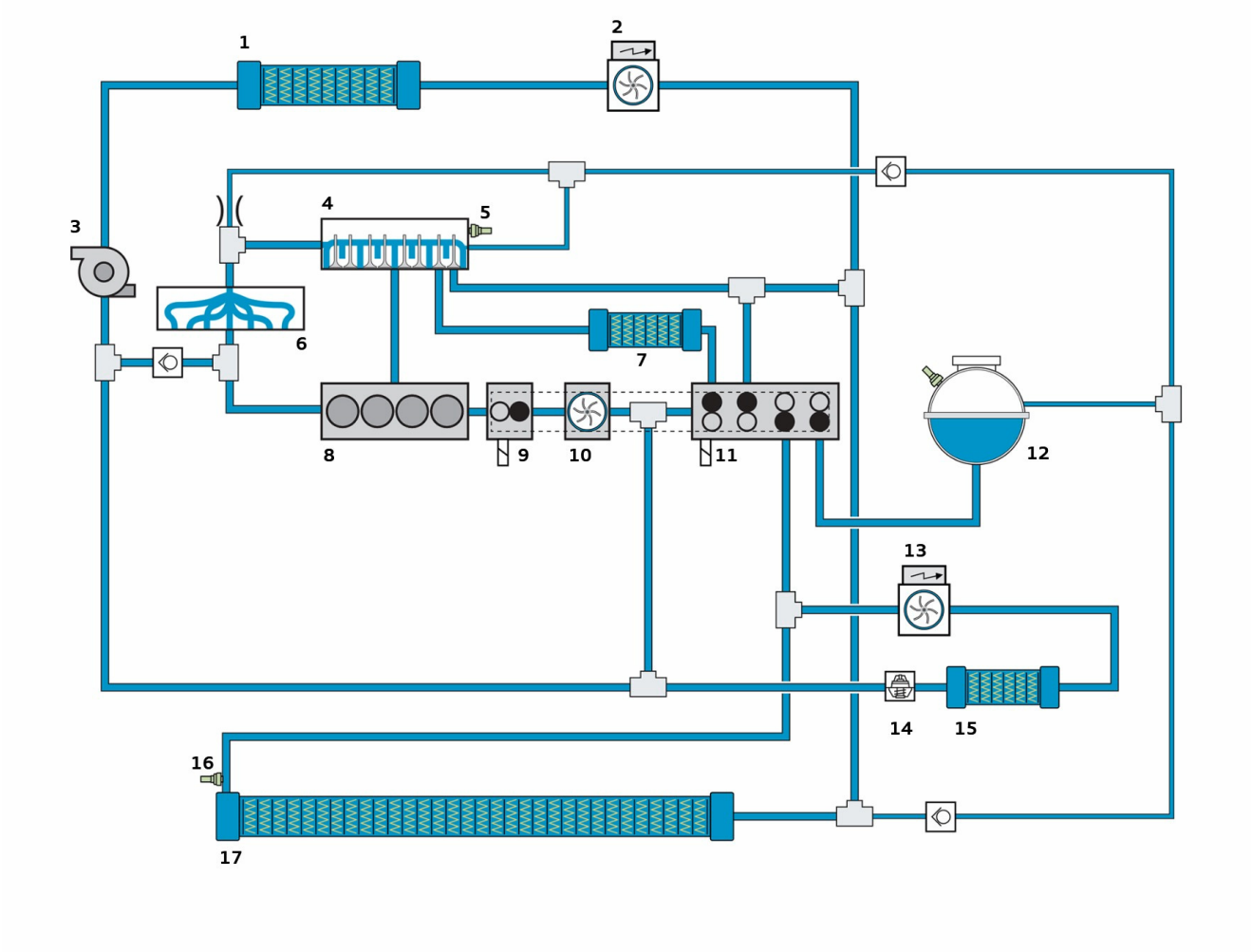
Im Niedertemperaturkreislauf ist der Durchfluss im Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf mittels Pumpe für Ladeluftkühlung V188 regelbar.

Aufgrund der Neukonstruktion der Ladeluftkühlung wird die Ladeluft vor Eintritt in die Drosselklappe nicht gekühlt. Aus diesem Grund ist die Drosselklappensteuereinheit GX3 im Ladeluft-Kühlkreislauf integriert (Bauteileschutz).

Die Saugstrahlpumpe der Kurbelgehäuseentlüftung wurde ebenfalls in den Kühlkreislauf integriert. Dadurch ist eine effizientere Einleitung der Blowby-Gase vor den Abgasturbolader sichergestellt (siehe Artikel "Kurbelgehäusebe- und entlüftung").

Schematische Übersicht des Motorkühlkreislaufs

Hinweis
Eine Gesamtübersicht des Kühlmittelkreislaufs ist im Reparaturleitfaden schematisch dargestellt.

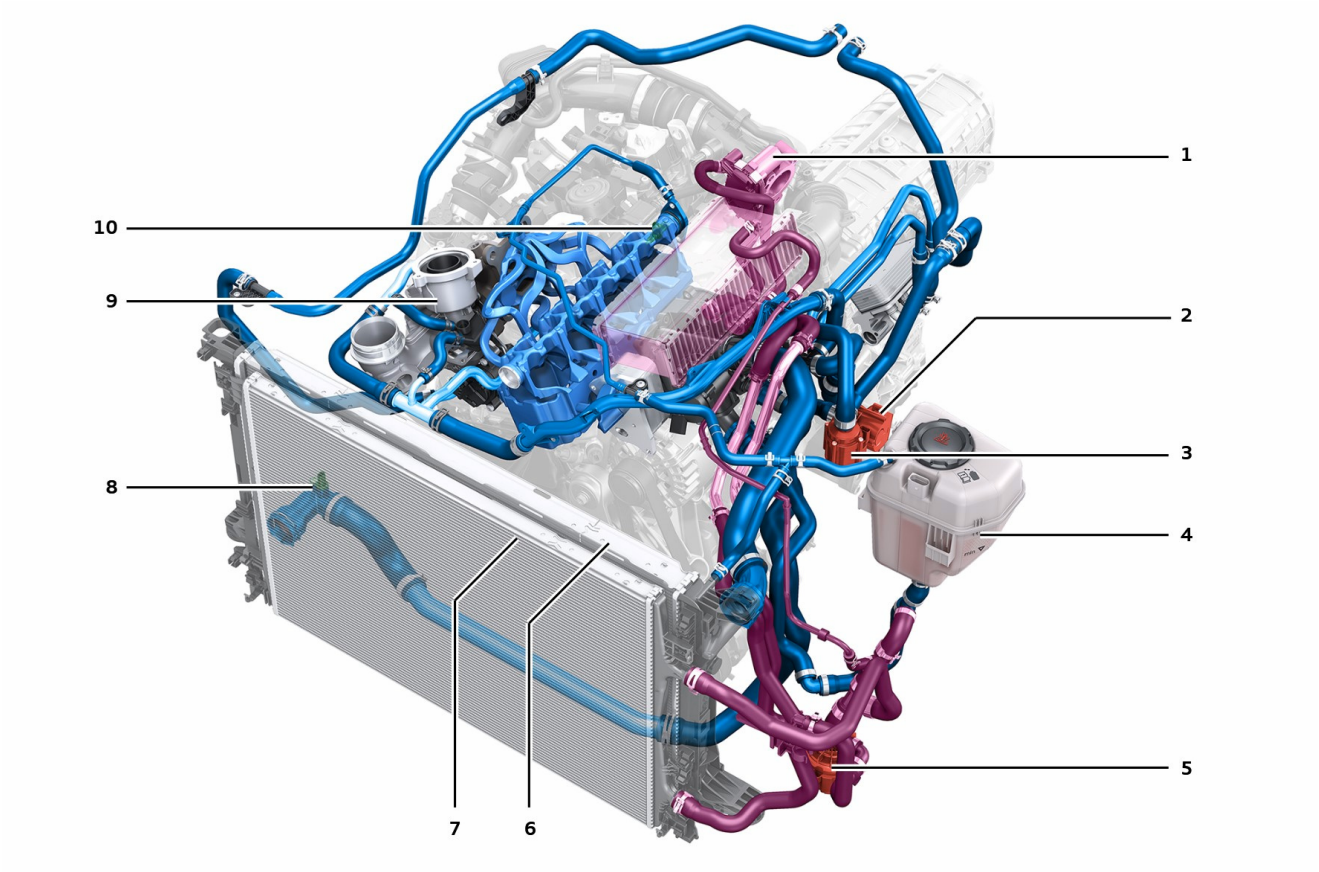


694_110

Legende

1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		
10	Kühlmittelpumpe		

Übersicht im Fahrzeug



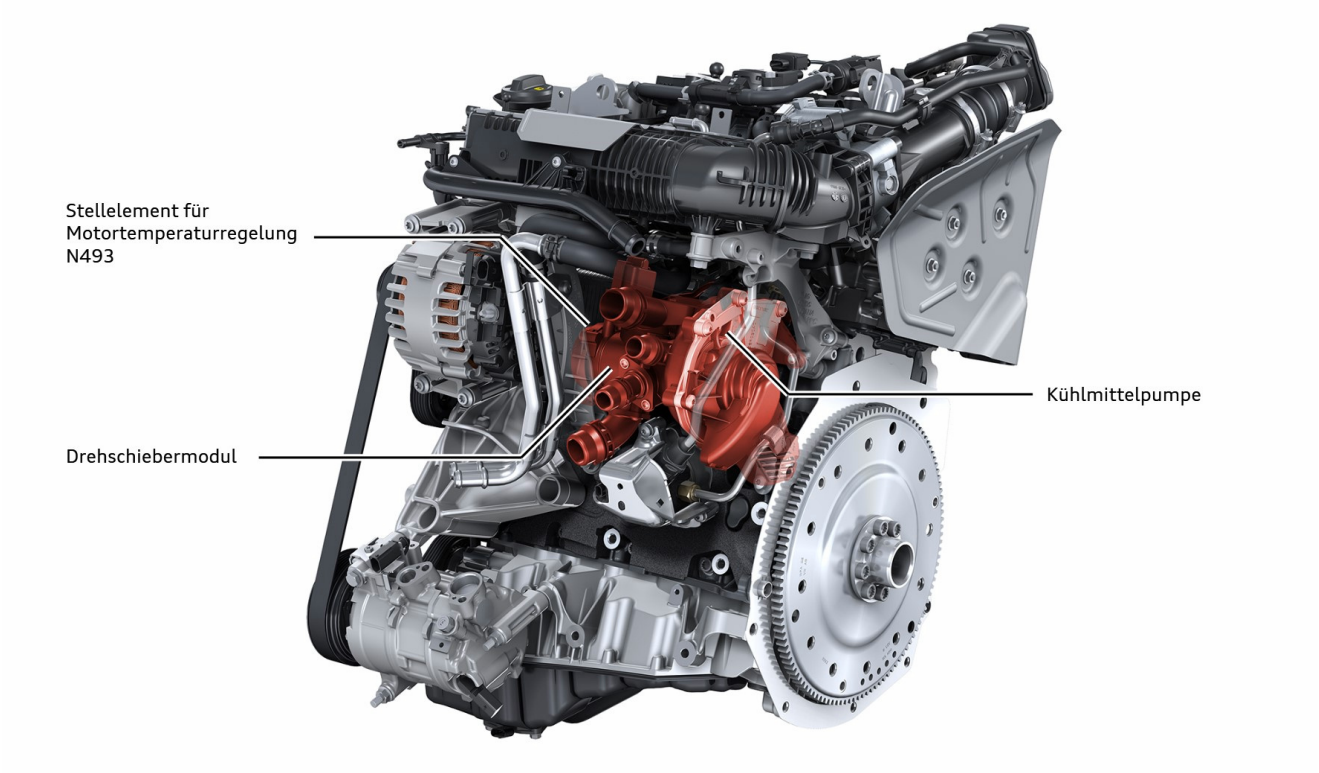
694_028

Legende

1	Drosselklappensteuereinheit	**7**	Kühler für Ladeluft-Kühlkreislauf
2	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51	**8**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
3	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**9**	Abgasturbolader
4	Kühlmittelausgleichsbehälter für Verbrennungsmotor	**10**	Kühlmitteltemperaturgeber G62
5	Pumpe für Ladeluftkühlung V188		Hochtemperaturkreislauf
6	Kühler für Kühlmittel		Niedertemperaturkreislauf

Hinweis
Wegen der Komplexität des Kühlsystems ist bei allen Arbeiten im Service unbedingt den Hinweisen des Reparaturleitfadens Folge zu leisten. Bei den Servicearbeiten ist der Einsatz des „Kühlsystem Servicegerätes VAS 531 011“ sowie des Fahrzeugdiagnosetesters erforderlich.
Es wird das Kühlmittel G12evo verwendet.

Drehschiebermodul



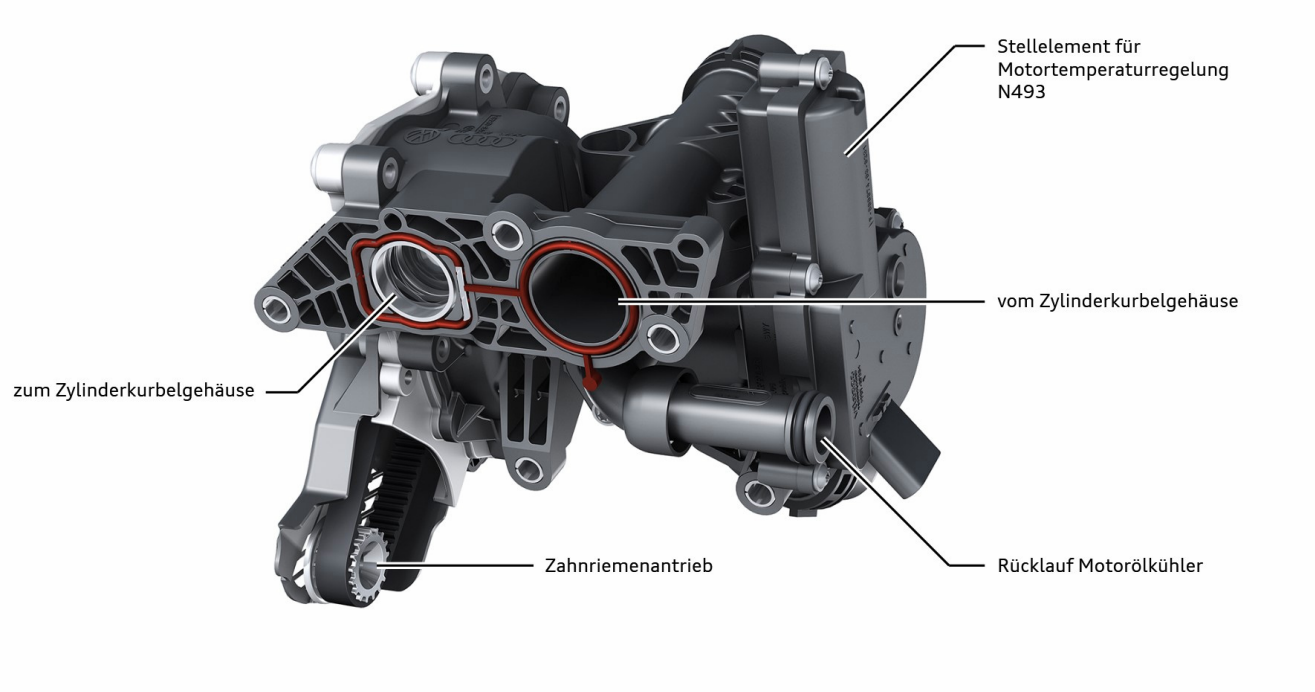
694_071

Als Folge der Weiterentwicklung des Thermomanagement-Systems wurde auch das Drehschiebermodul angepasst. Es besteht aus den Komponenten:

- Stellelement für Motortemperaturregelung N493
- Drehschieber 1
- Drehschieber 2
- Kühlmittelpumpe



694_072



694_073

Das Drehschiebermodul ist funktionell vom EA888 Gen.3 abgeleitet.

Es steuert den Kühlmittelfluss für den Ölkühler, den Zylinderkopf, den Hauptwasserkühler und jetzt auch für den Ausgleichsbehälter.

Das Ziel dieser Weiterentwicklung ist ein verbesserter Wärmehaushalt. Hat die Kühlmitteltemperatur nach Motorbetrieb einen bestimmten Wert erreicht, wird nach Abstellen des Motors der Drehschieber in eine Position gebracht, in der das im Motor befindliche Kühlmittel komplett eingeschlossen wird. Auch der Anschluss zum Ausgleichsbehälter ist dann verschlossen. Diese Stellung wird für 15 Minuten aufrecht gehalten. Danach wird der Drehschieber in die Neutralposition gedreht. In dieser Position sind alle Kühlmittelkreisläufe offen. Das ist auch die Position für den Motorstart. Diese Position wird ebenfalls angefahren, wenn ein Fehler im System erkannt wird. Somit bleibt der Motor betriebsbereit und das Fahrzeug kann zum Servicebetrieb gefahren werden.

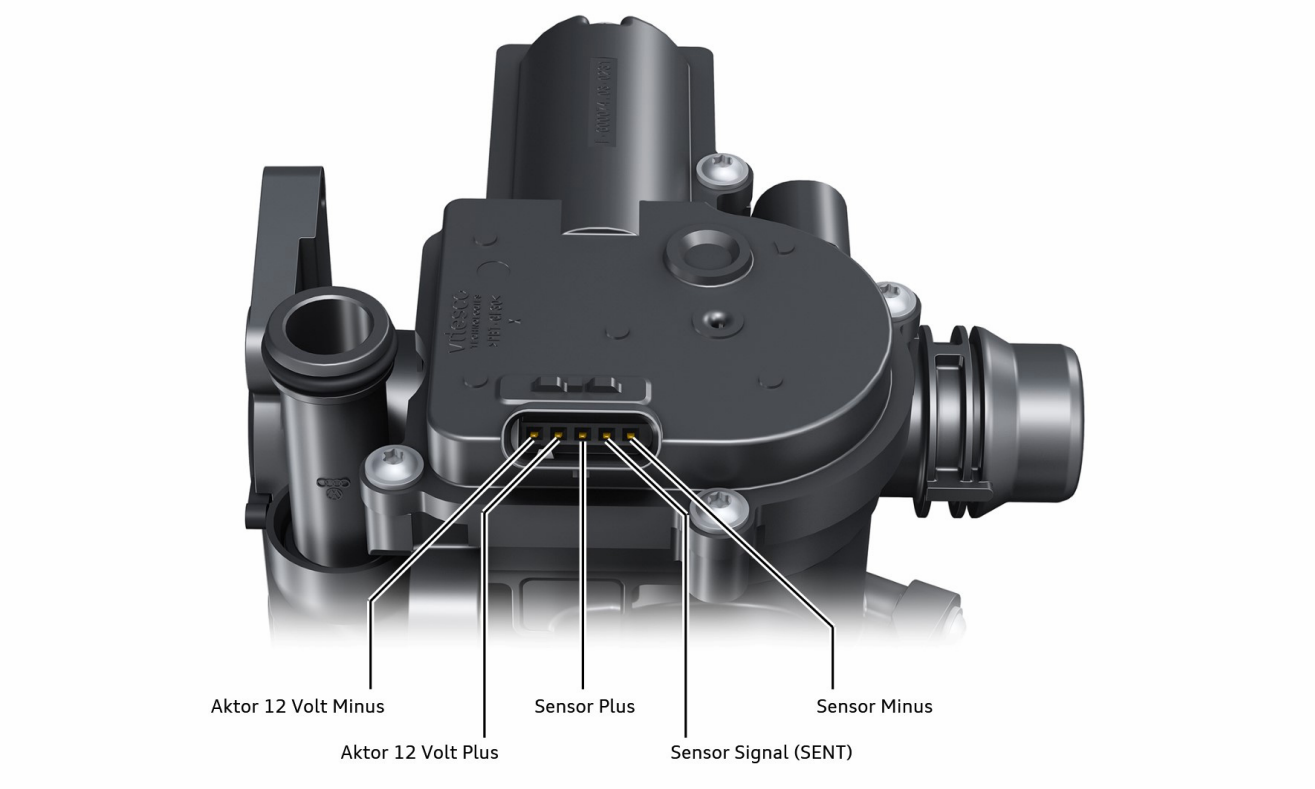
Hinweis
Der Kühlmittelstand kann nur zuverlässig geprüft werden, wenn nach Abstellen des Motors (Zündung aus) eine Wartezeit von 15 Minuten eingehalten wird.

1. Motor abstellen (Zündung auslassen),
2. 15 min warten und
3. Zündung die ganze Zeit bis zum Ende der Arbeiten/Nachfüllen/Kontrollen etc. auslassen!
   Grund: Drehschieber sperrt ansonsten die Verbindung Ausgleichsbehälter zum Motor ab.

Verweis
Der grundsätzliche Aufbau und die Funktion des Drehschiebermoduls sind im SSP 606 "Audi 1,8l- und 2,0l-TFSI-Motoren der Baureihe EA888 (3. Generation)" beschrieben.

Stellelement für Motortemperaturregelung N493

Elektrischer Anschluss



694_074

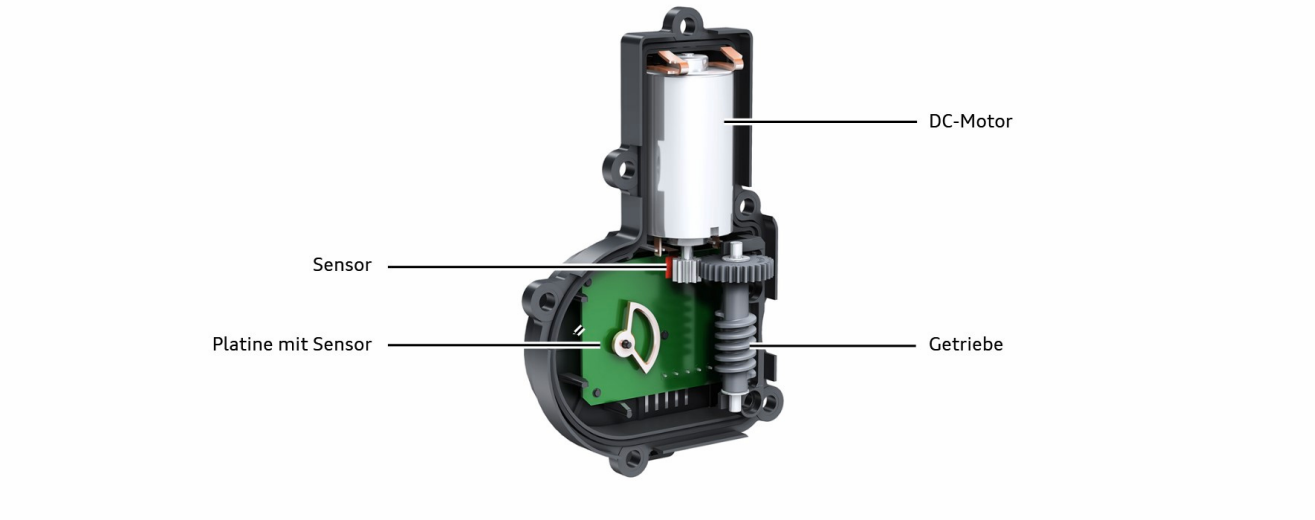
DC-Motor

Der Gleichstrommotor (DC-Motor) wird durch eine Pulsweitenmodulation (PWM) angesteuert. Die Ansteuerfrequenz beträgt zwischen 600 bis 1200 Hz.

Sensor

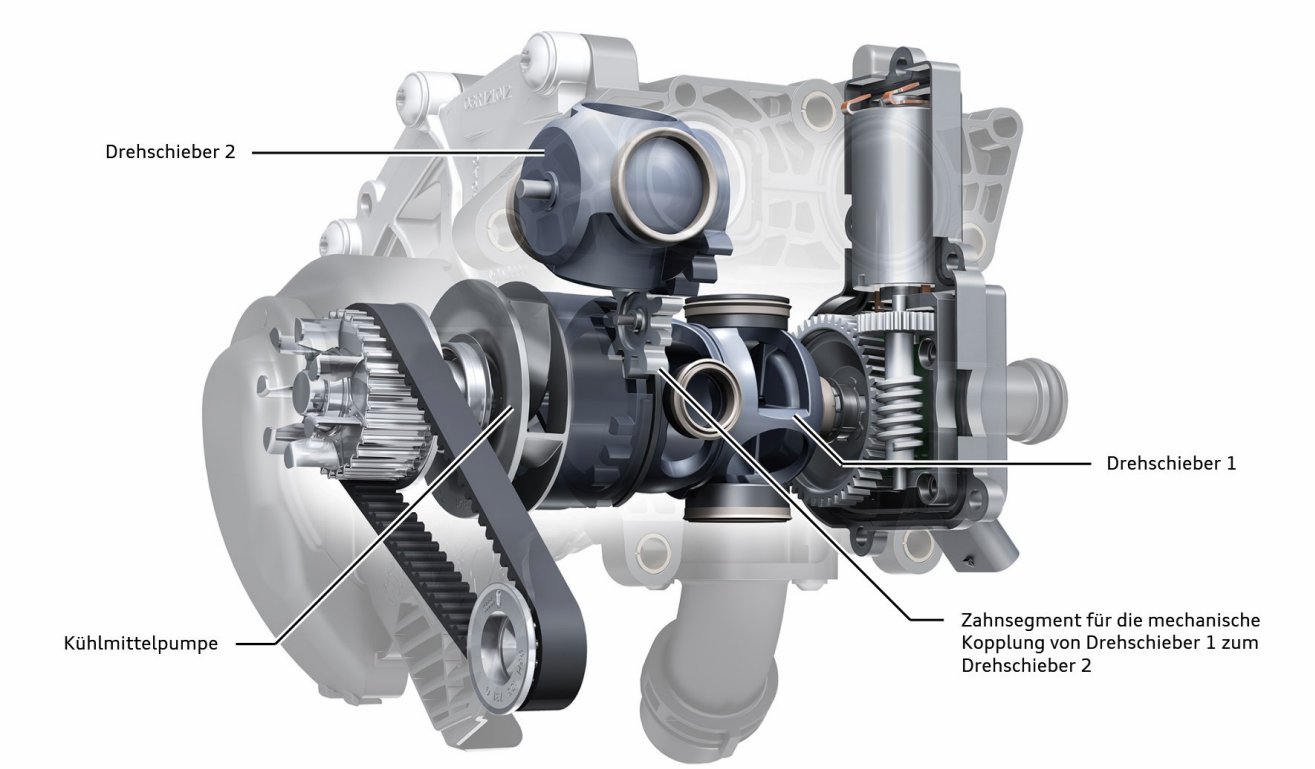
Der Sensor wird mit einer Spannung von 5 V ± 0,25 V aus dem Motorsteuergerät versorgt.

Der Sensor sendet per SENT-Signal die Drehschieberposition über den gesamten Stellbereich (270°).



694_075

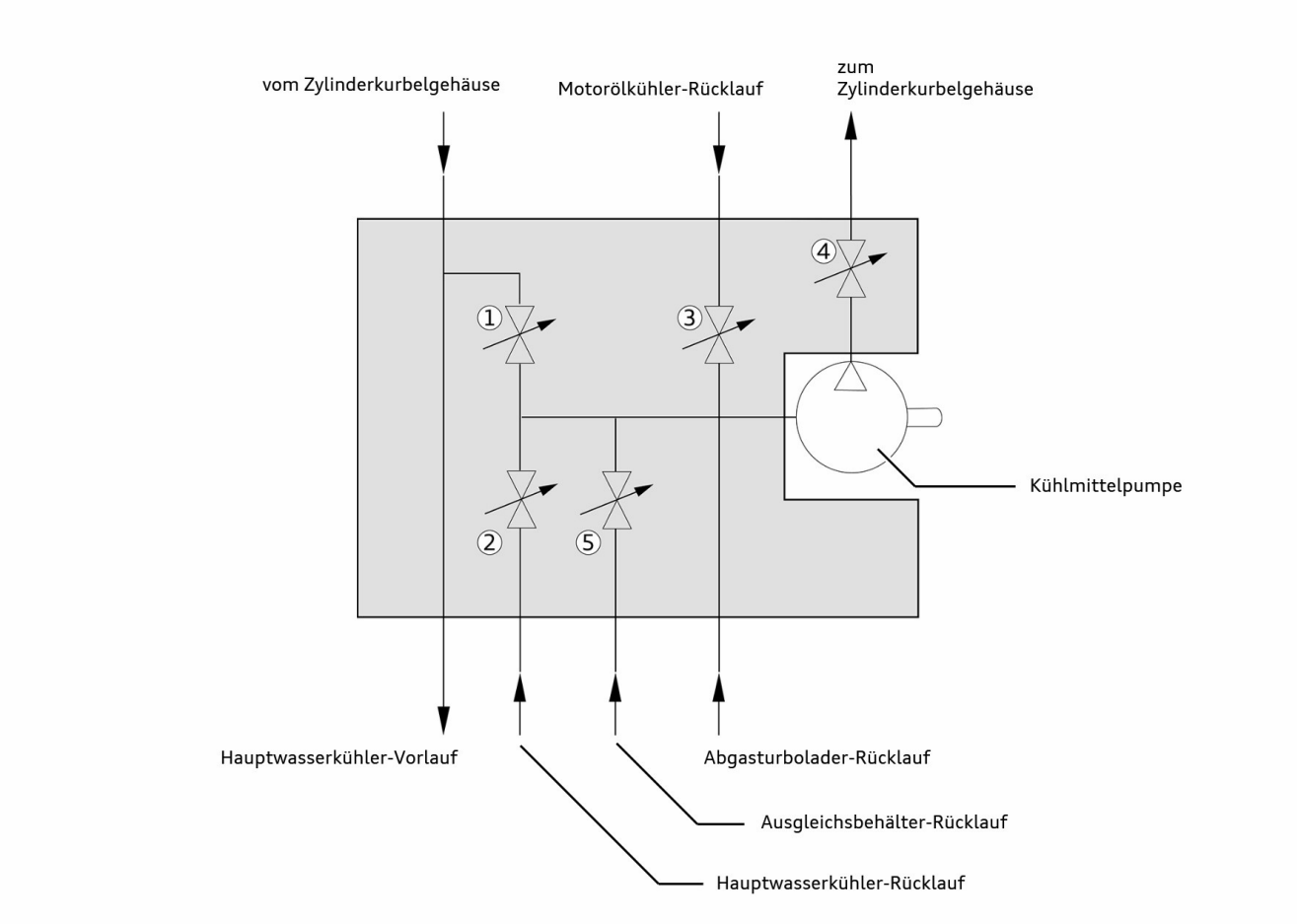
Drehschieber



694_076

Kühlkreislauf-Regelung

Hydraulische Funktion im Kühlmittelregler



694_077

Die Ventile 1, 2, 3 und 5 stellen den Drehschieber 1 dar.

Im Drehschieber 1 hat das Ventil 1 eine Bypass-Funktion.

Das Ventil 4 stellt den Drehschieber 2 dar. Dieser reguliert die Durchflussmenge über die Kühlmittelpumpe zum Zylinderkurbelgehäuse.

Funktion des Stellelements für Motortemperaturregelung N493

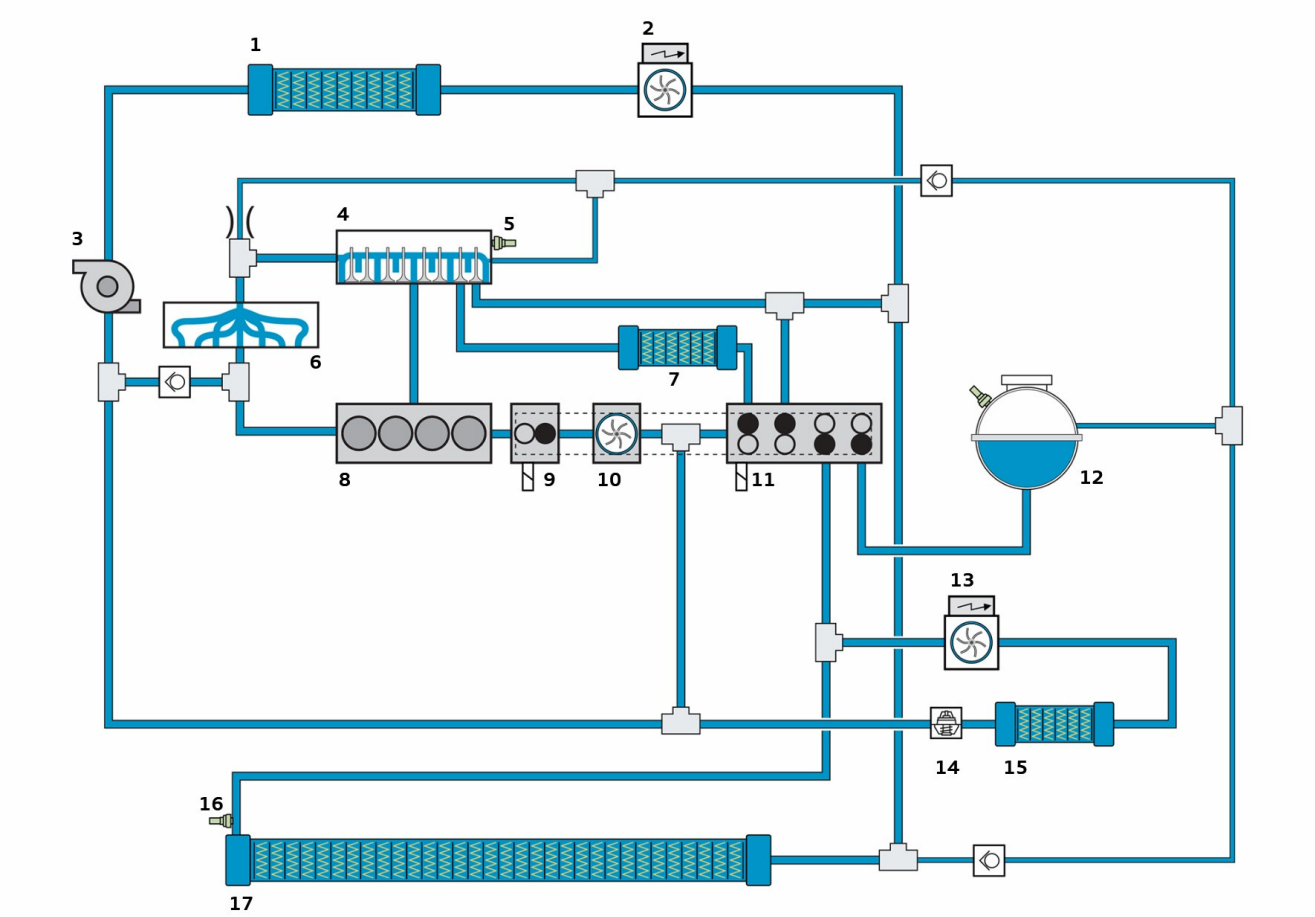
Nachfolgend sind folgende Kühlmittelströme/Drehschieberpositionen für die Motorkühlung (Hochtemperaturkreislauf) erläutert:

- Drehschieber in Neutralposition
- Klemme 15 aus
- Stehendes Kühlmittel (Motorstart)
- Heizung autark
- Zylinderkurbelgehäuse öffnen
- Motorölheizen
- Ausgleichsbehälter öffnen
- Kühler für Kühlmittel öffnen / Bypass schließen
- Kühler für Kühlmittel öffnen / Bypass schließen / Getriebe kühlen
- Nachlauf (nach Abstellen des Motors)

Die meisten dieser Stellungen sind keine festen Positionen. Dort befindet sich der Drehschieber in einem vom Motorsteuergerät berechneten Regelbereich.

Damit das Kühlmittel die gewünschten Verläufe nimmt, sind zusätzlich elektrische Pumpen (V50 und V51) in den Kreisläufen eingebunden. Sie werden vom Motorsteuergerät bei Bedarf angesteuert. Die Temperaturüberwachung erfolgt durch die Temperaturgeber G62 und G602.

Drehschieber in Abstellposition

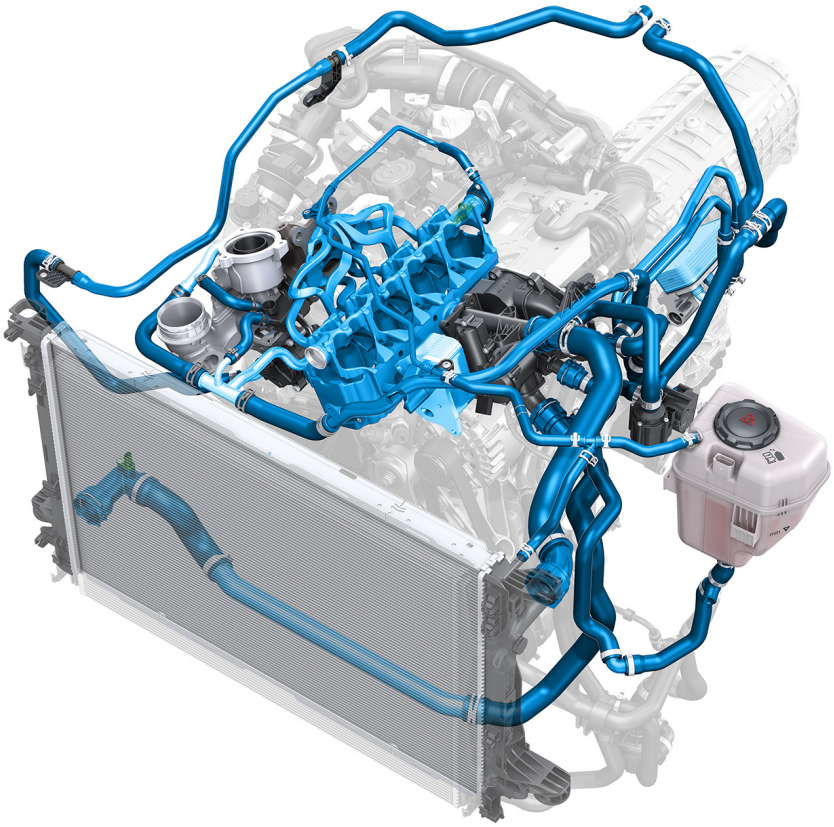


694_110

Legende

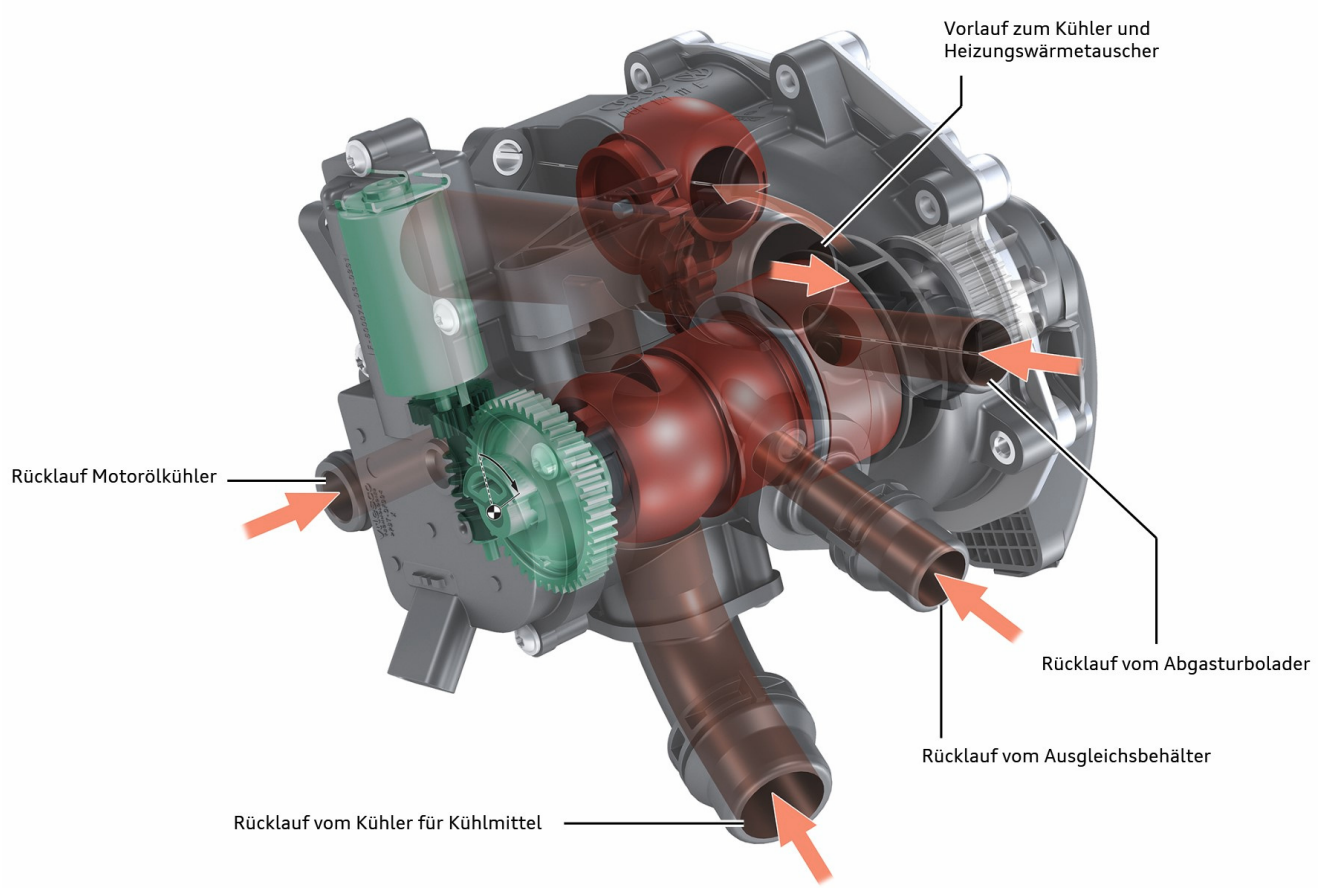
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		
10	Kühlmittelpumpe		

- Parkmodus und Motor aus
- Abstellposition (Kl. 15 aus, Motor aus und kein Nachlauf)
- Startposition (Kl. 15 an, Motor aus und kein Nachlauf)
- Position für die Befüllung des Kühlkreislaufs
- Drehschieberwinkel ca. 64°



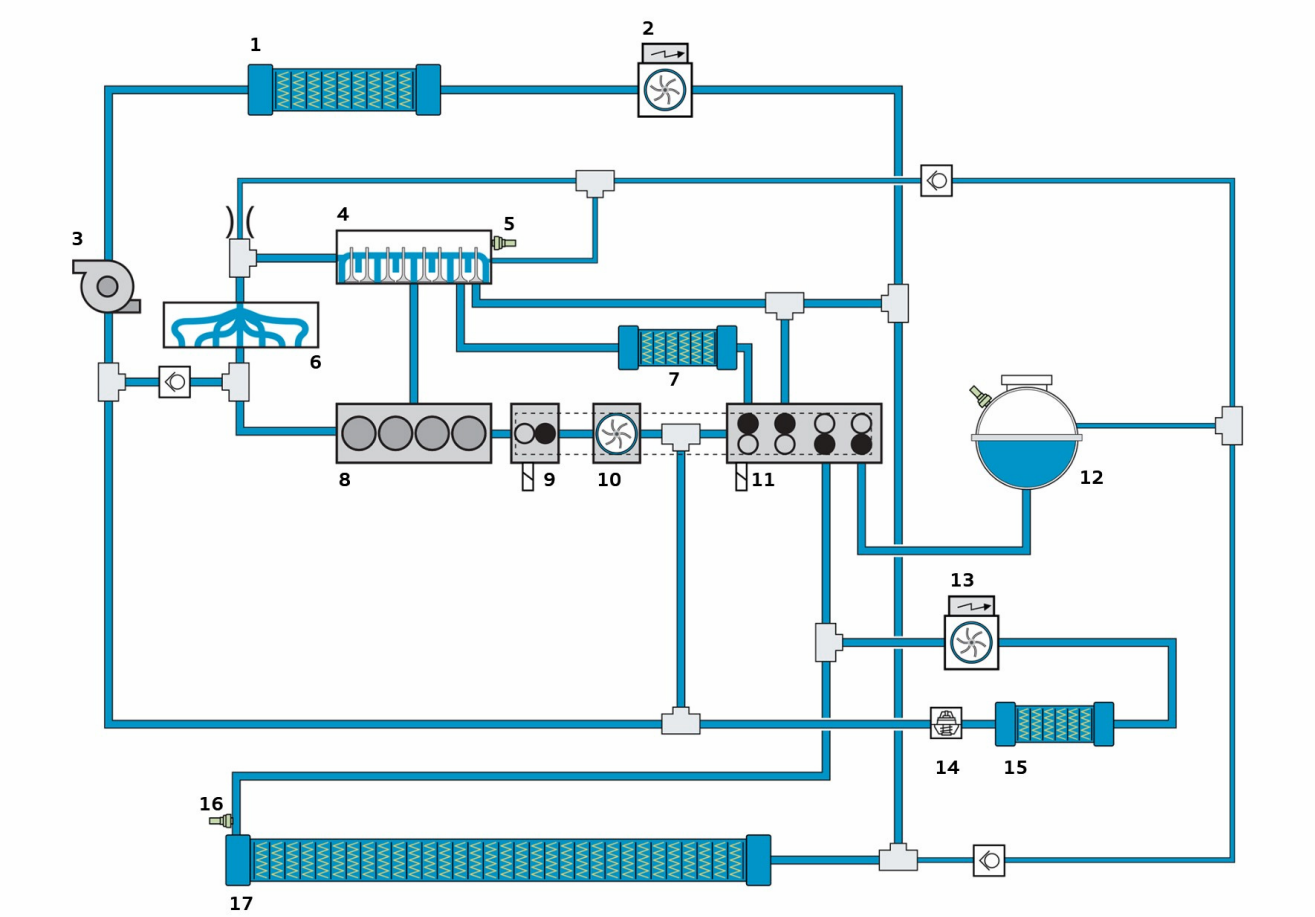
694_109

Drehschieberposition 64°



694_140

Stehendes Kühlmittel

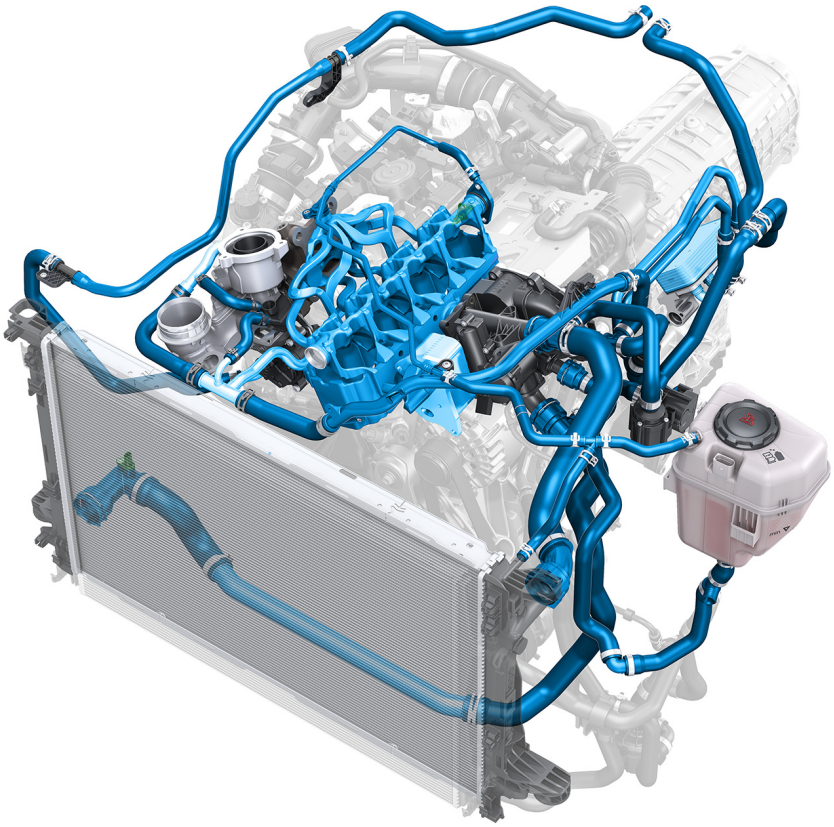


694_110

Legende

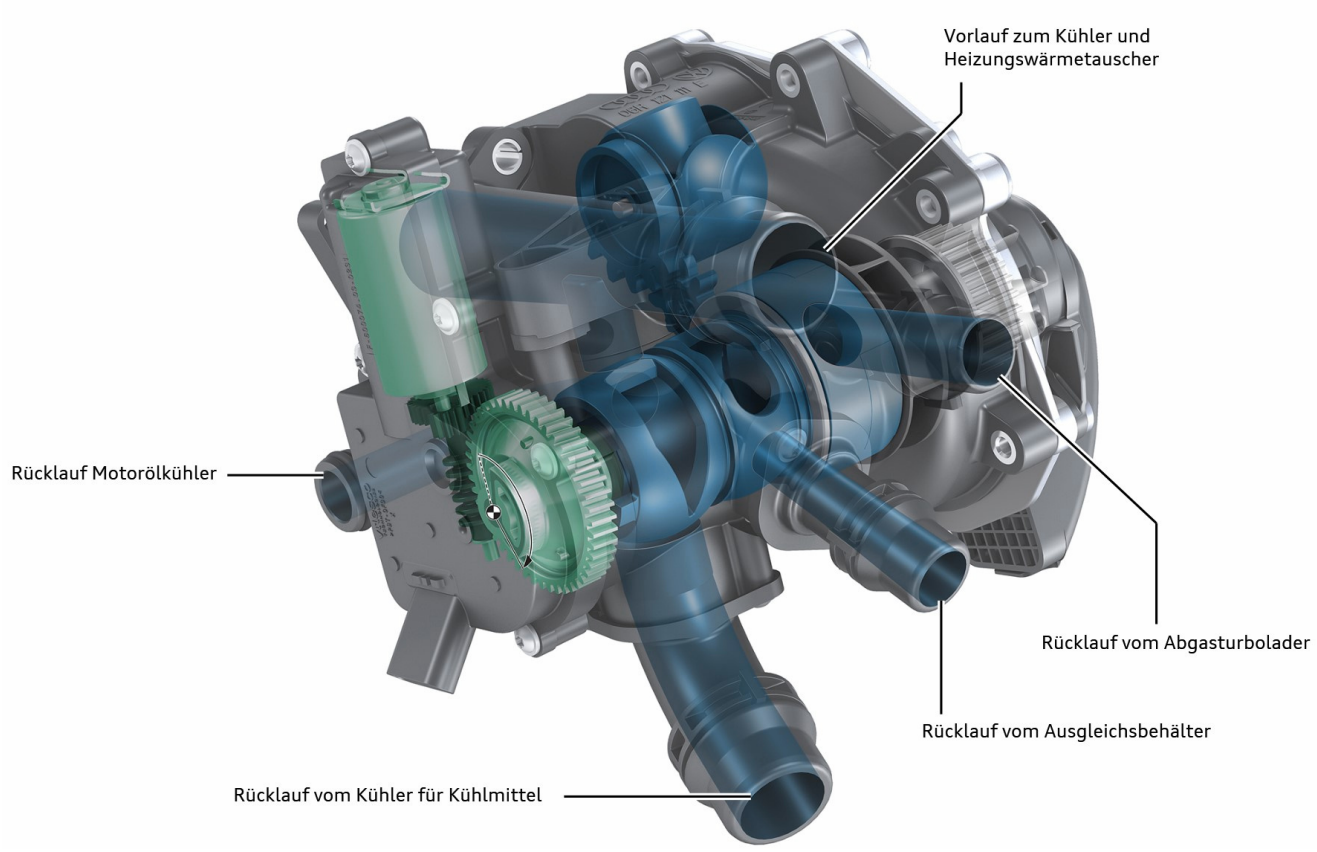
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		
10	Kühlmittelpumpe		

› Motor wurde gestartet (Warmlauf).
› Drehschieber wird in ca. 155°-Position gebracht. Hier sind alle Zu- und Abflüsse gesperrt.
› Kein Kühlmittelfluss im gesamten Kühlsystem.
› Alle elektrischen Kühlmittelpumpen aus.
› Sehr schnelle Erwärmung des Kühlmittels im Zylinderkopf durch Integrierten Abgaskrümmer.



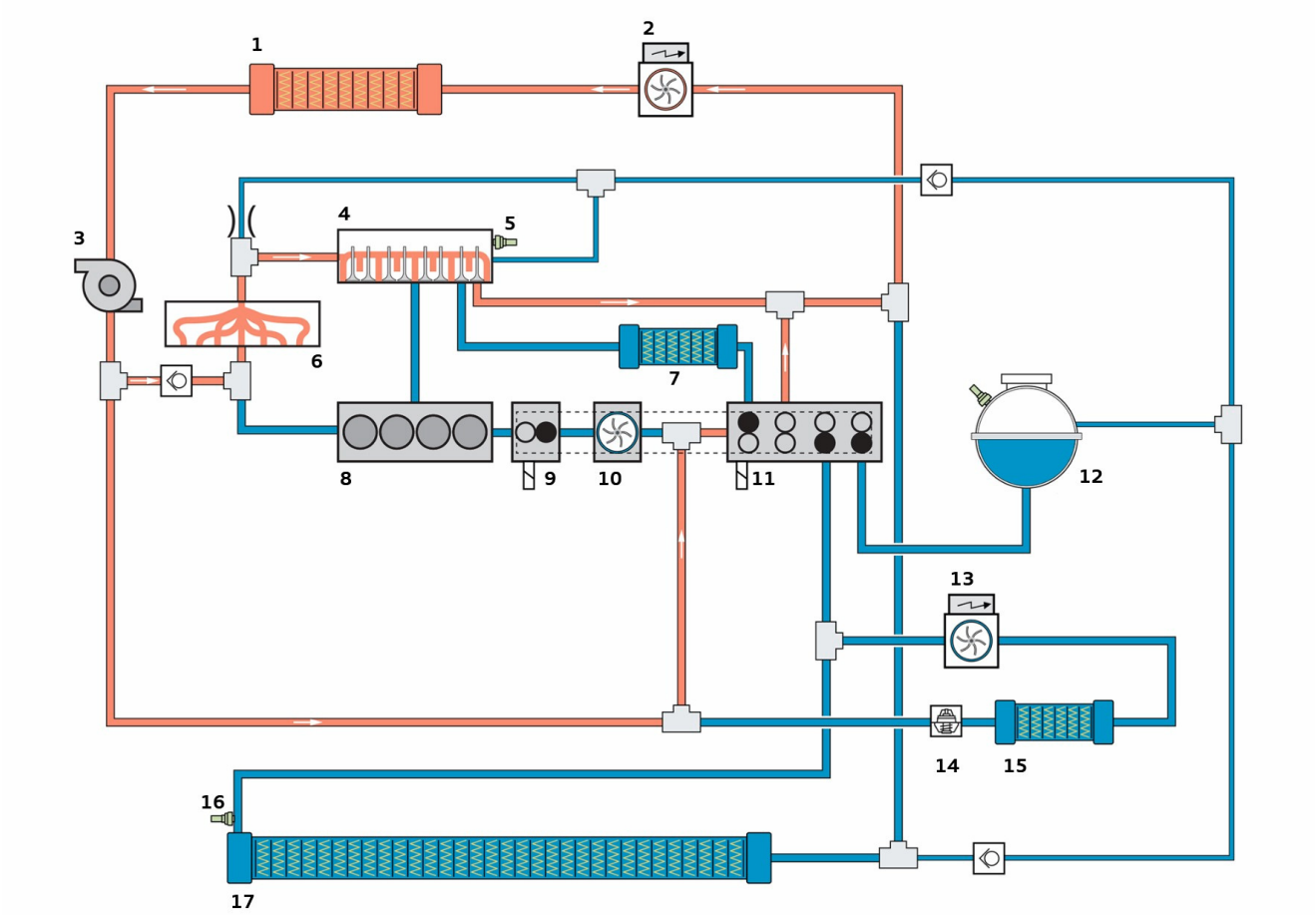
694_109

Drehschieberposition 155°



694_141

Heizung autark



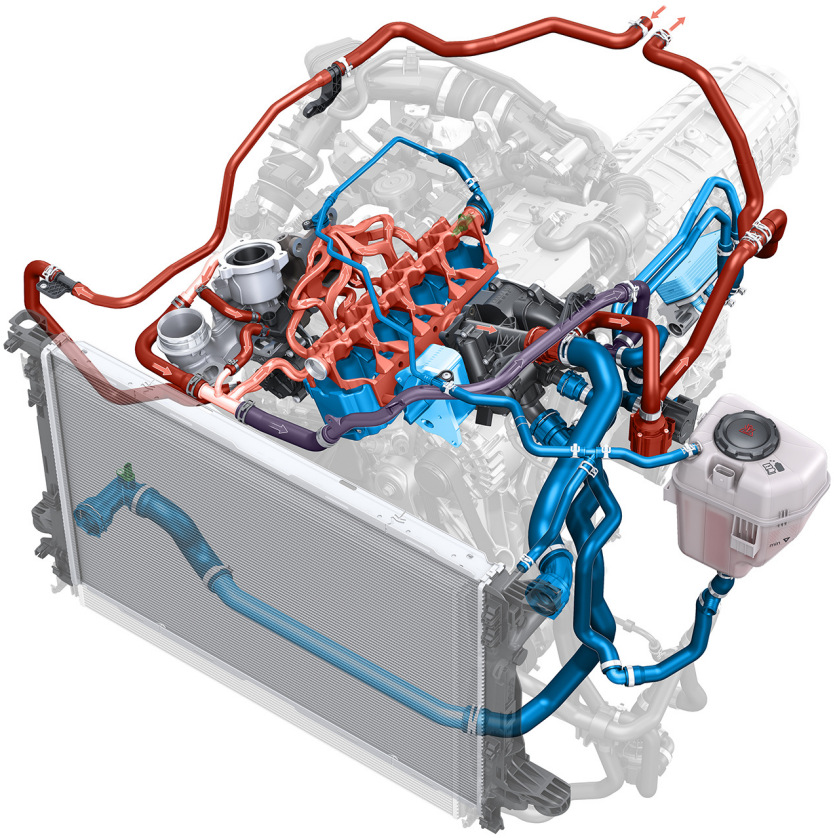
694_080

Legende

1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		Erwärmtes Kühlmittel
10	Kühlmittelpumpe		

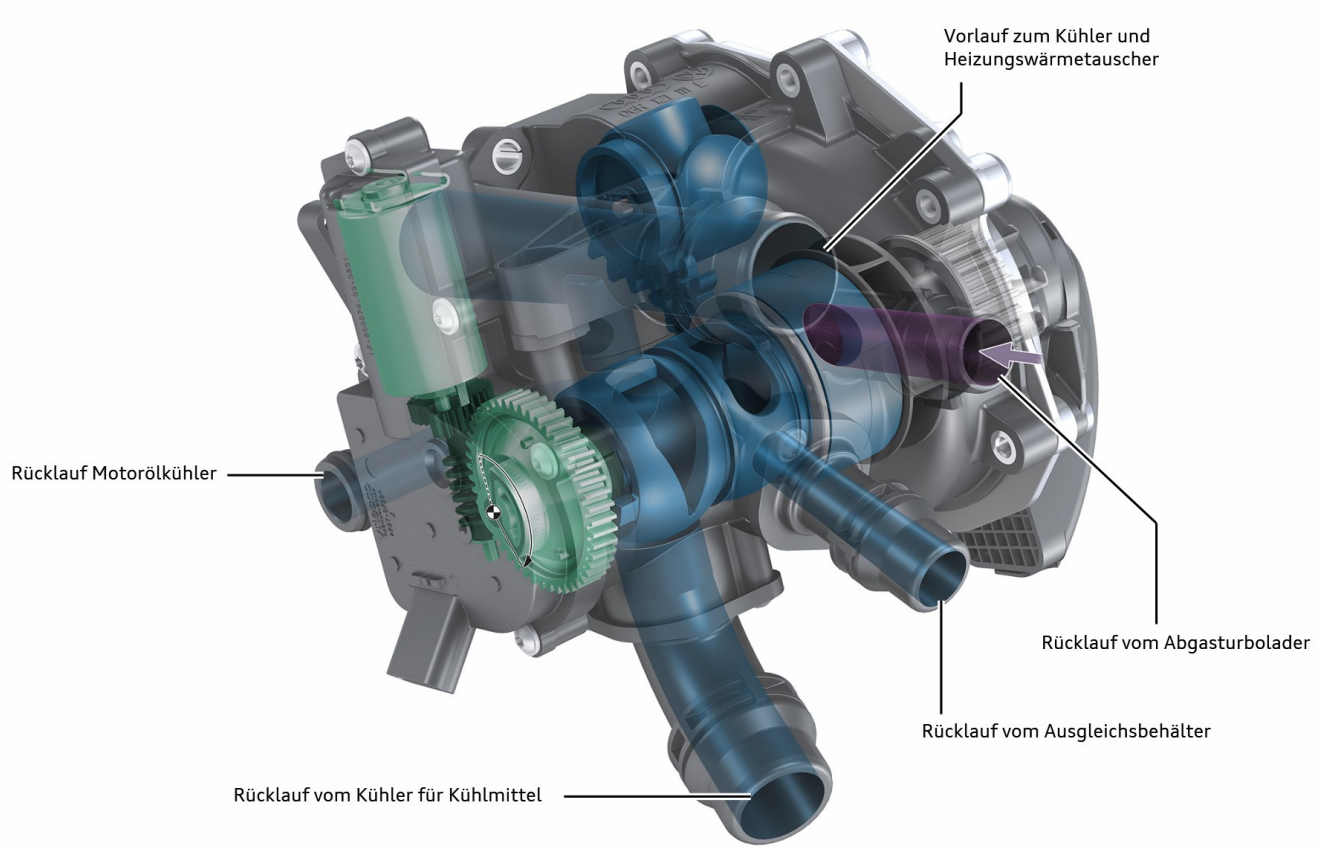
- Heizanforderung vom Bordnetzsteuergerät (Klimaanlage).
- Drehschieber wird in Regelposition von ca. 155° gefahren.
- Ansteuerung der Pumpe für Kühlmittelumlauf V50 durch das Motorsteuergerät.
- Zylinderkopf mit Integrierten Abgaskrümmer, Wärmetauscher für Heizung und Abgasturbolader werden mit Kühlmittel durchströmt.

Dieser Kreislauf läuft auch, wenn keine Heizanforderung kommt. Dadurch werden die durchströmten Komponenten vor Überhitzung geschützt.



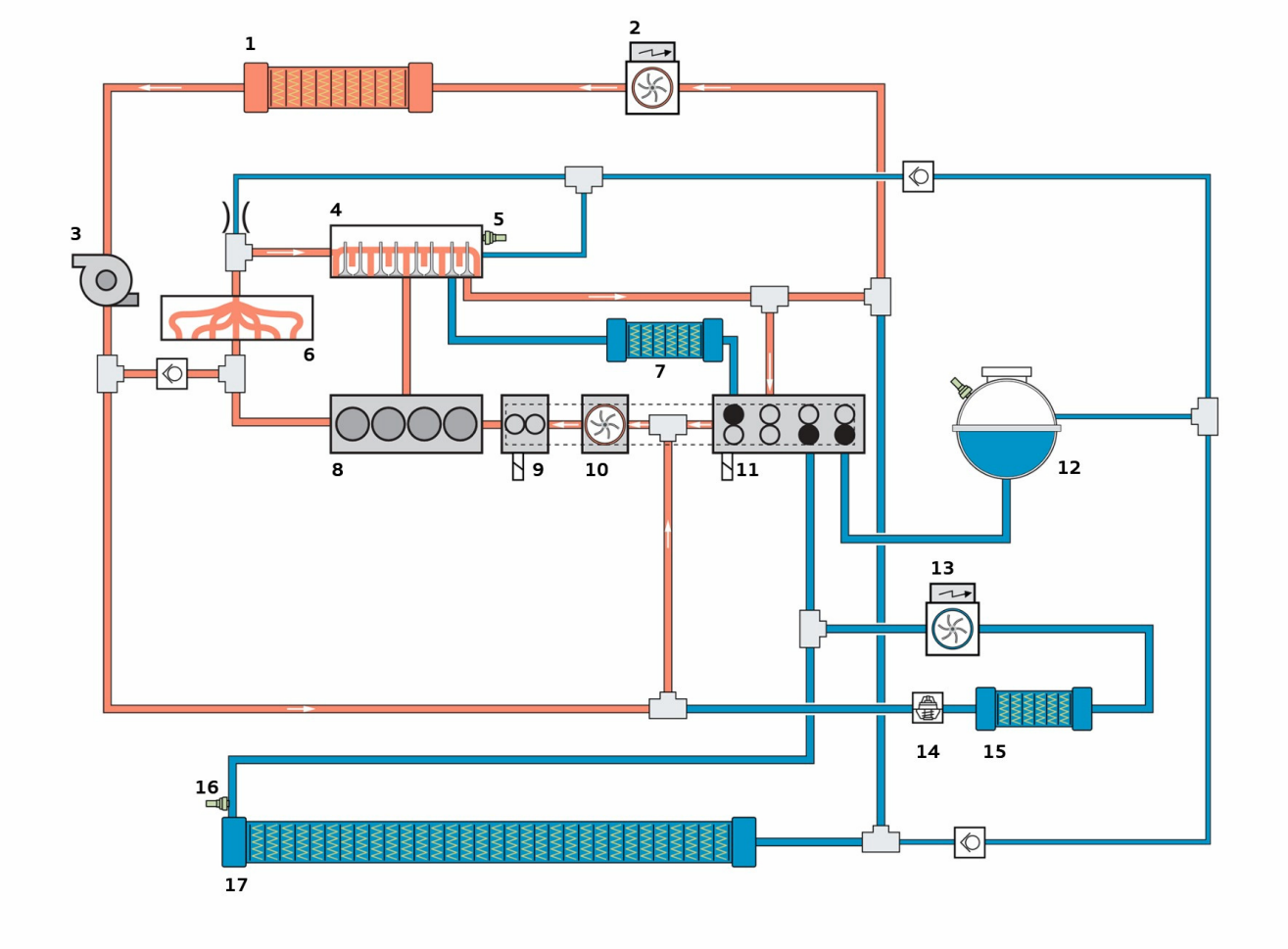
694_112

Drehschieberposition ca. 155°



694_142

Zylinderkurbelgehäuse Öffnen



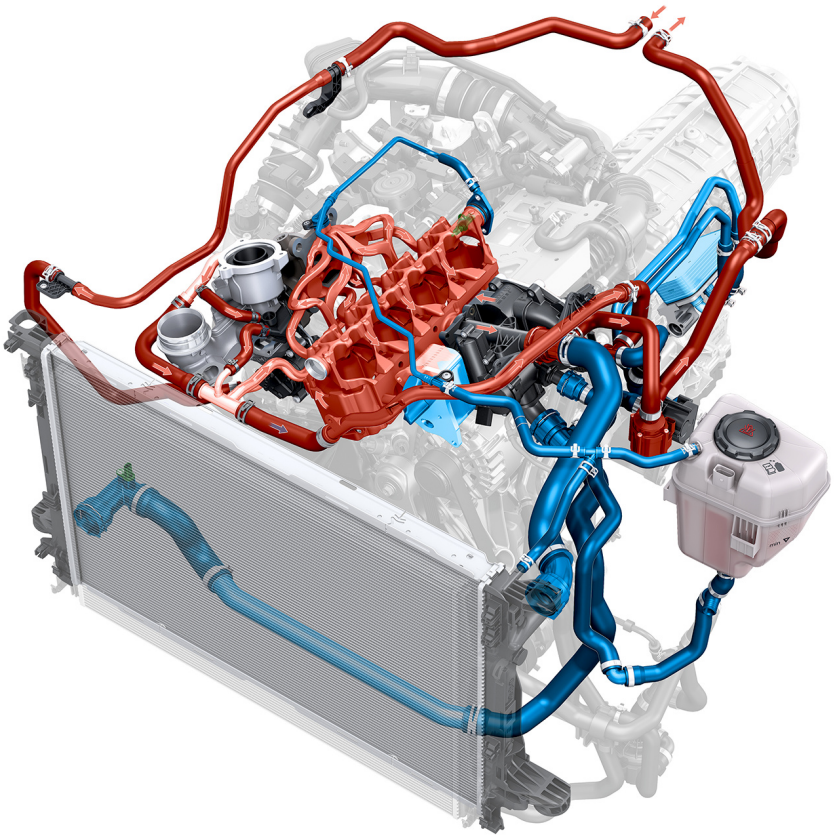
694_081

Legende

1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		Erwärmtes Kühlmittel
10	Kühlmittelpumpe		

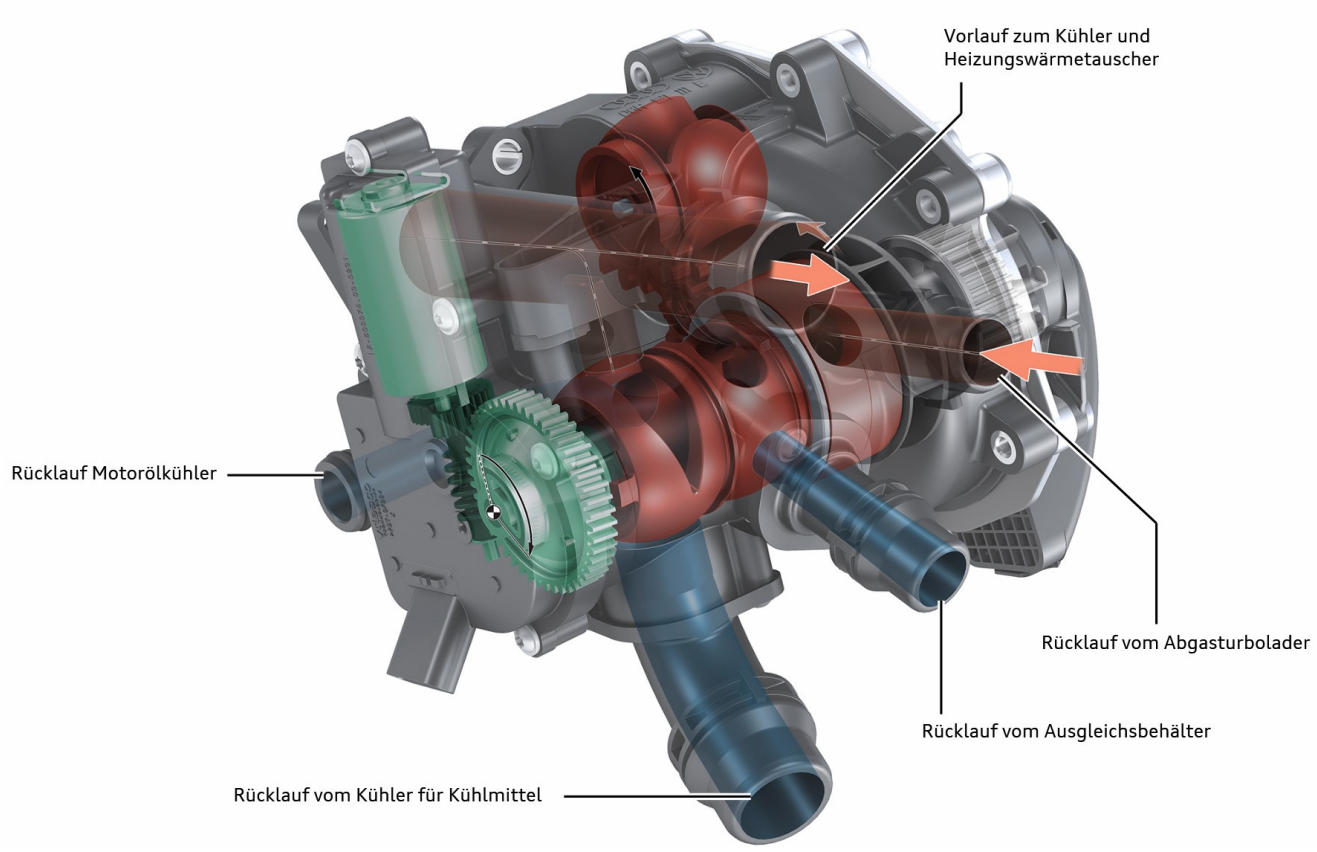
- Beginn der Kühlung des Zylinderkurbelgehäuses.
- Drehschieber wird in Position ca. 147° gefahren.
- Bei Anforderung höherer Kühlleistung wird die Drehschieberposition angepasst. Mit kleiner werdenden Drehschieberwinkel vergrößert sich die Durchflussmenge.
- Bei Heizanforderung wird die V50 angesteuert.
- Drehschieberposition zwischen 125° – 155°

Ab der Position 147° greift das Triebstockgetriebe des Drehschiebers 1 in den Drehschieber 2. Dieser beginnt zu Öffnen. Ab dieser Position beginnt das Kühlmittel durch das Zylinderkurbelgehäuse zu strömen. Die maximale Öffnung wird bei 87° erreicht. In dieser Position wird der Drehschieber 2 durch das Triebstockgetriebe wieder ausgekuppelt.



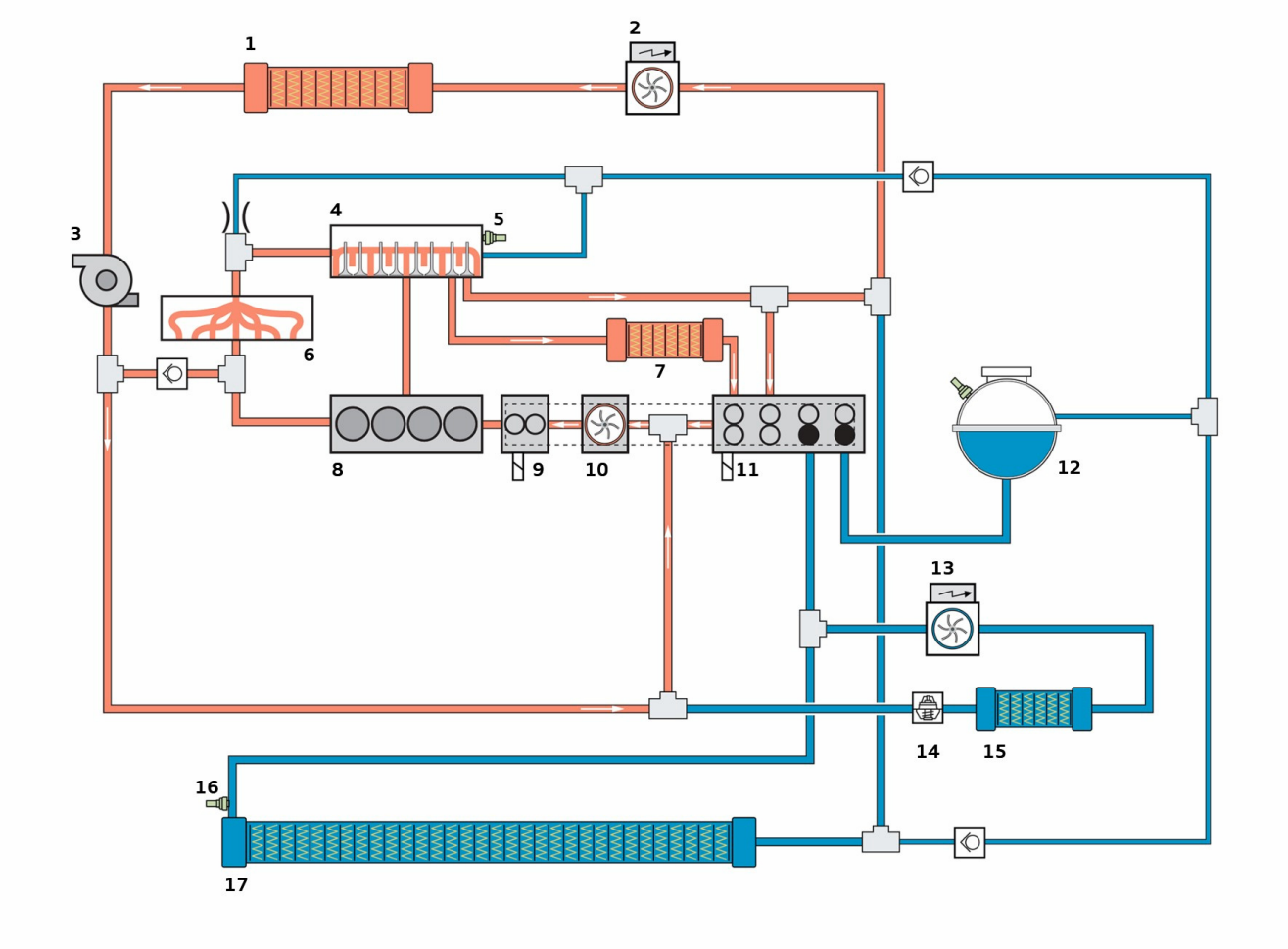
694_114

Drehschieberposition ca. 135°



694_143

Motorölheizen

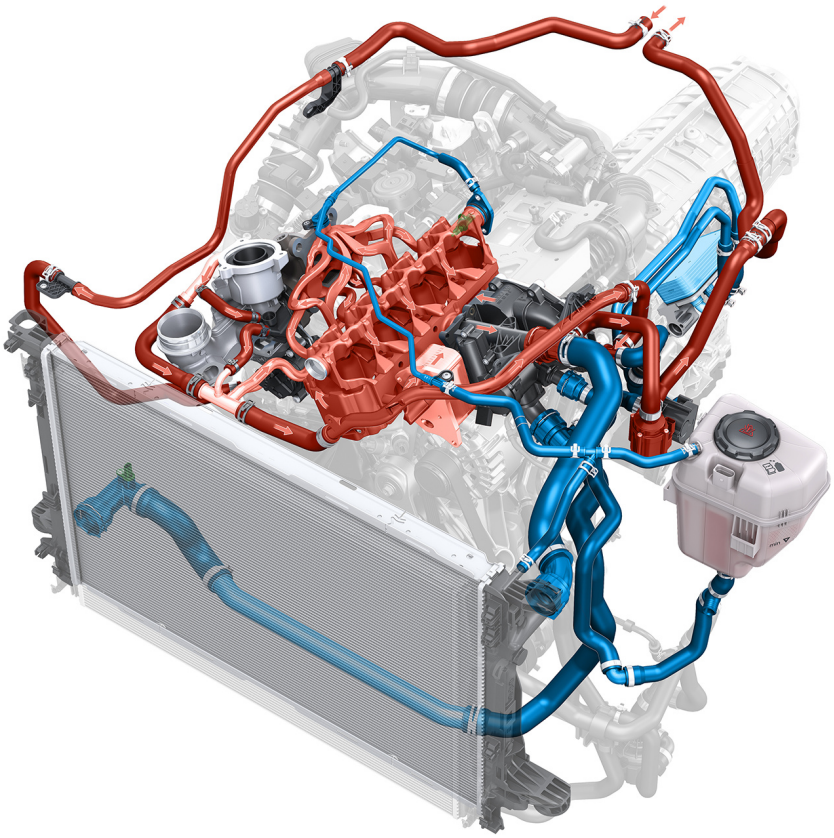


694_083

Legende

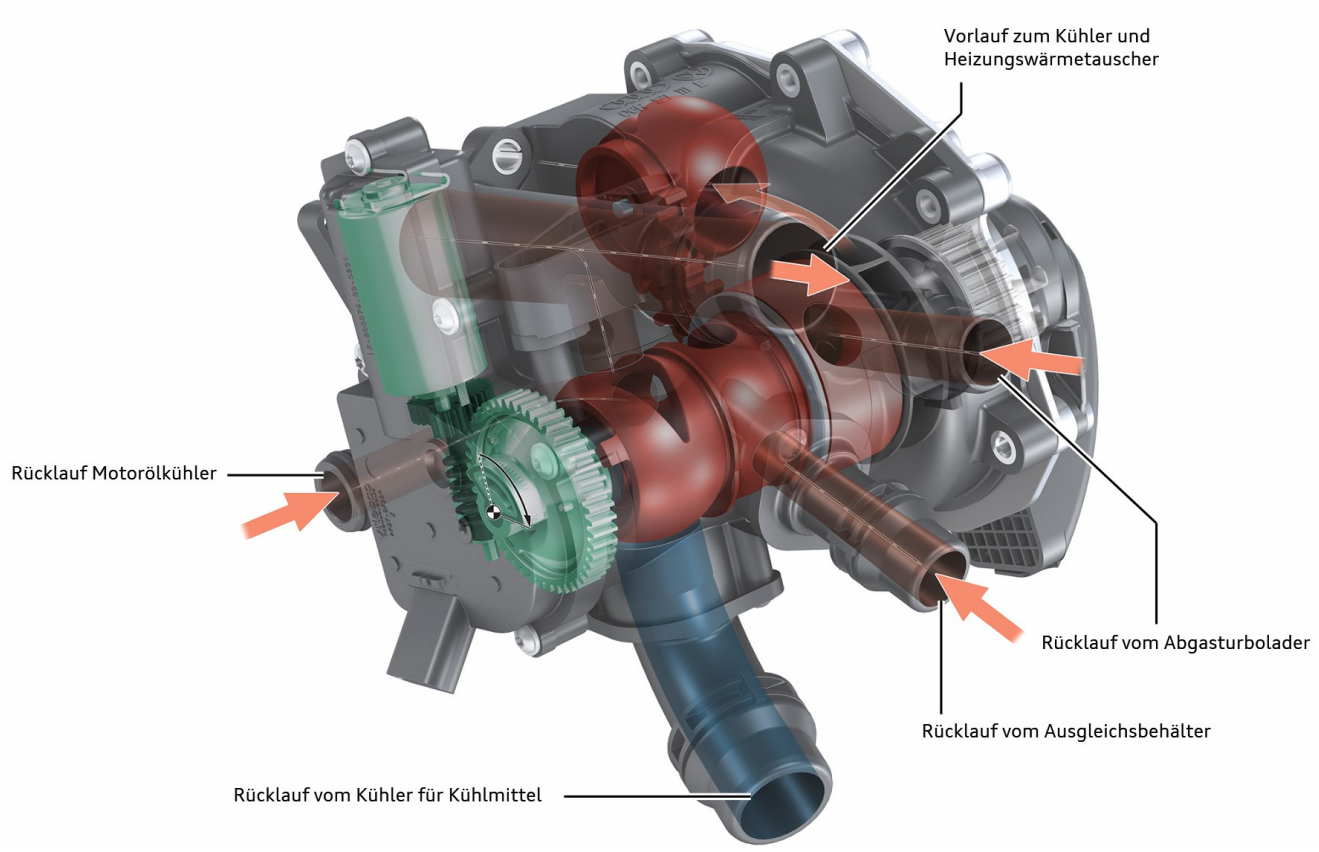
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		Erwärmtes Kühlmittel
10	Kühlmittelpumpe		

- Ab der Drehschieberposition 120° öffnet sich der Kühlmittelkreislauf des Motorölkühlers über den Drehschieber 1.
- Die Wärmeenergie des Kühlmittels wird nun genutzt, um das Motoröl weiter aufzuheizen.
- Wird der Drehschieberwinkel weiter verringert, vergrößert sich die Durchflussmenge des Kühlmittels.
- Bei Heizanforderung wird die Pumpe für Kühlmittelumlauf V50 angesteuert.
- Drehschieberposition zwischen ca. 85° – 120°



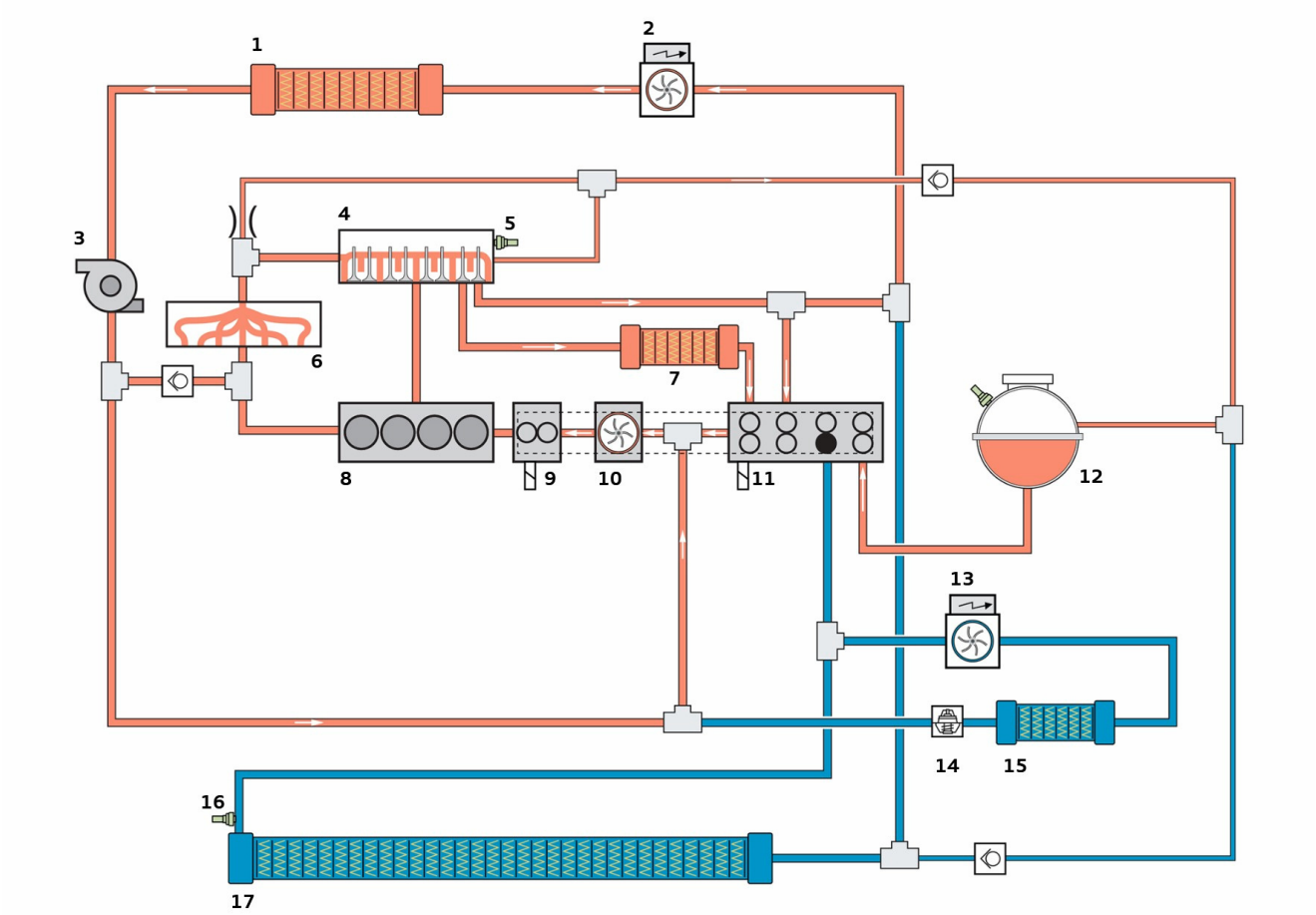
694_116

Drehschieberposition 100°



694_144

Ausgleichsbehälter öffnen

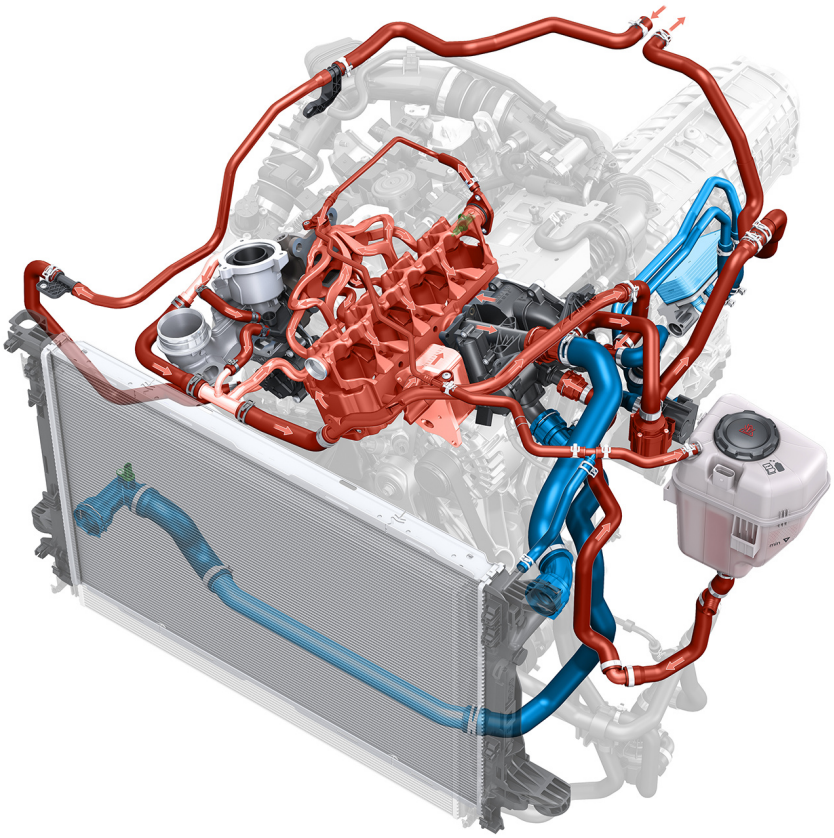


694_084

Legende

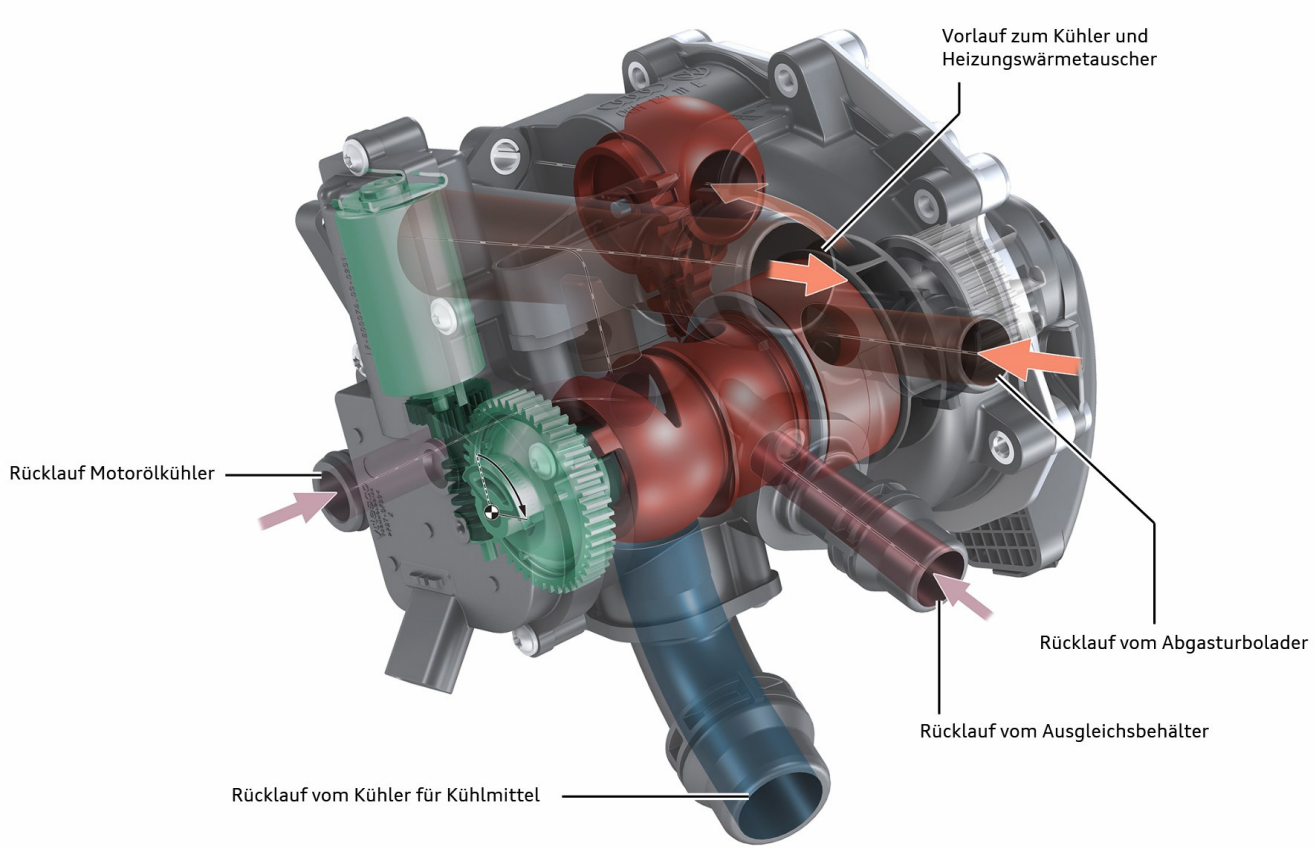
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		Erwärmtes Kühlmittel
10	Kühlmittelpumpe		

› Hat der Motor seine Betriebstemperatur erreicht, wird der Drehschieber in Position ca. 103° Drehschieberwinkel gebracht. Ab hier öffnet sich die Leitung des Ausgleichsbehälters.
› Bei Heizanforderung wird die Pumpe für Kühlmittelumlauf V50 angesteuert.
› Drehschieberregelbereich ca. 80° – 100°



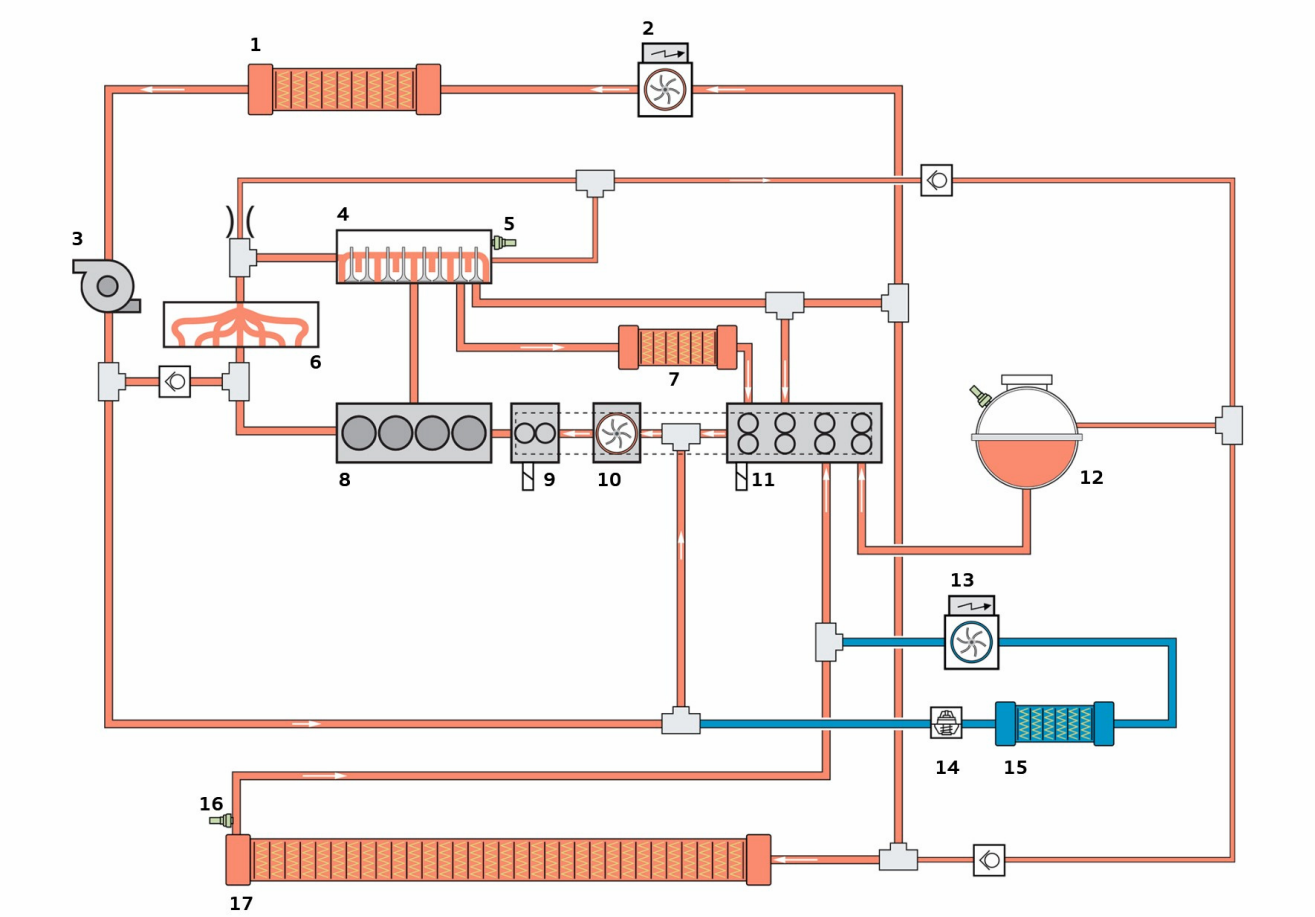
694_118

Drehschieberposition ca. 90°



694_145

Kühler für Kühlmittel öffnen / Bypass schließen

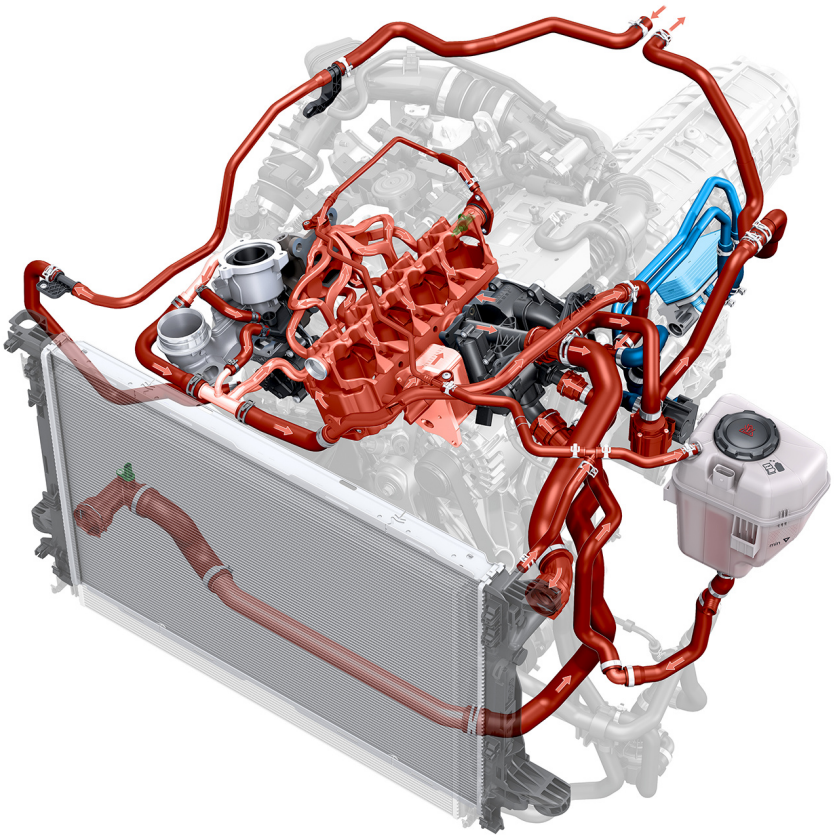


694_085

Legende

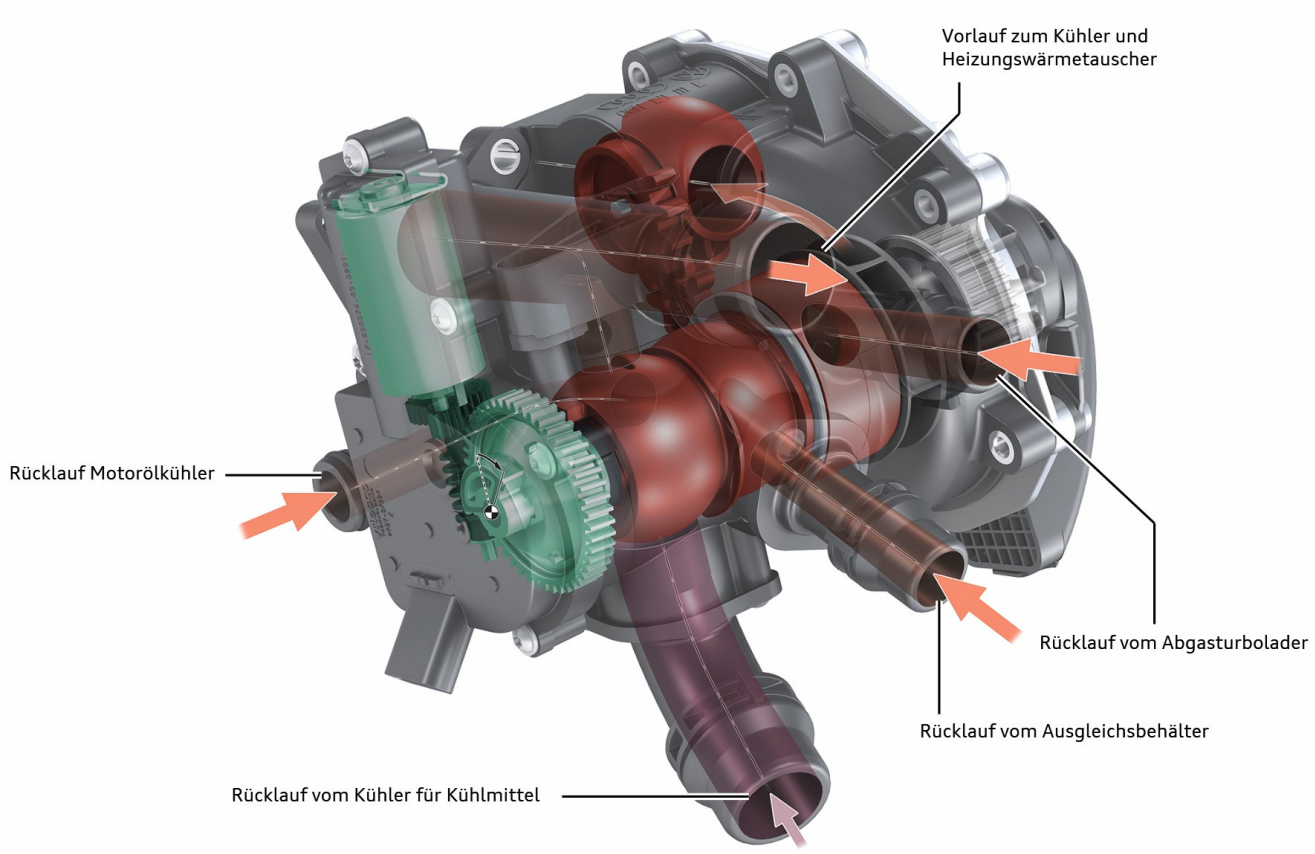
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		Erwärmtes Kühlmittel
10	Kühlmittelpumpe		

- Alle Motorkomponenten sind jetzt auf Betriebstemperatur.
- Abhängig von der Anforderung aus dem Kennfeld beginnt ab der Drehschieberposition von 81° der Kreislauf über den Kühler für Kühlmittel zu zirkulieren.
- Mit kleiner werdendem Drehwinkel des Drehschiebers nimmt der Kühlmittelstrom zu.
- Im Drehschiebermodul sinkt mit abnehmendem Drehwinkel die Durchströmung des Bypasses.
- Bei Heizanforderung wird die Pumpe für Kühlmittelumlauf V50 angesteuert.
- Temperaturregelung erfolgt abhängig von der Betriebssituation zwischen 85 °C und 107 °C.
- Drehschieberposition zwischen ca. 0° – 80°



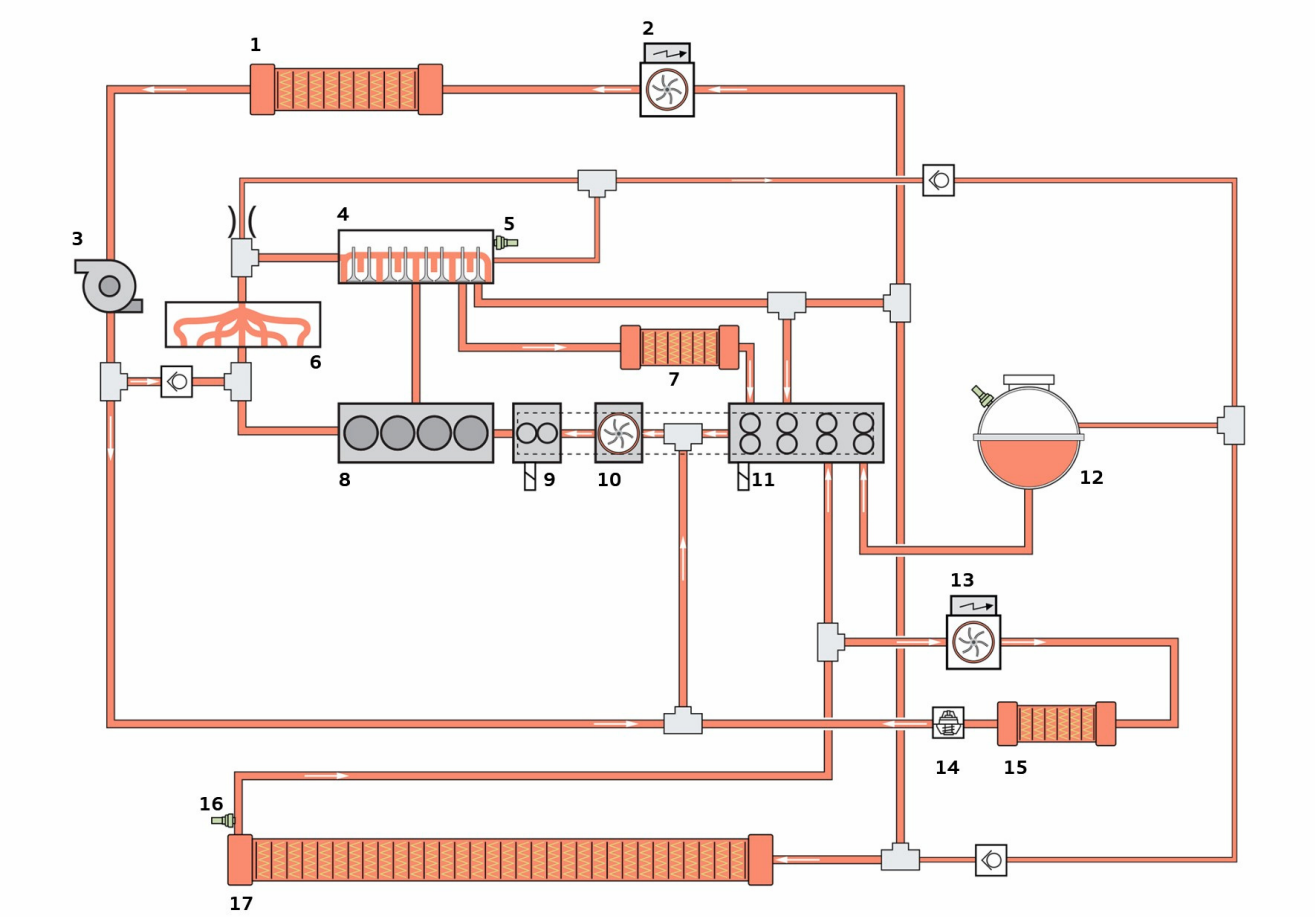
694_120

Drehschieberposition ca. 40°



694_146

Kühler für Kühlmittel öffnen / Bypass schließen / Getriebe kühlen

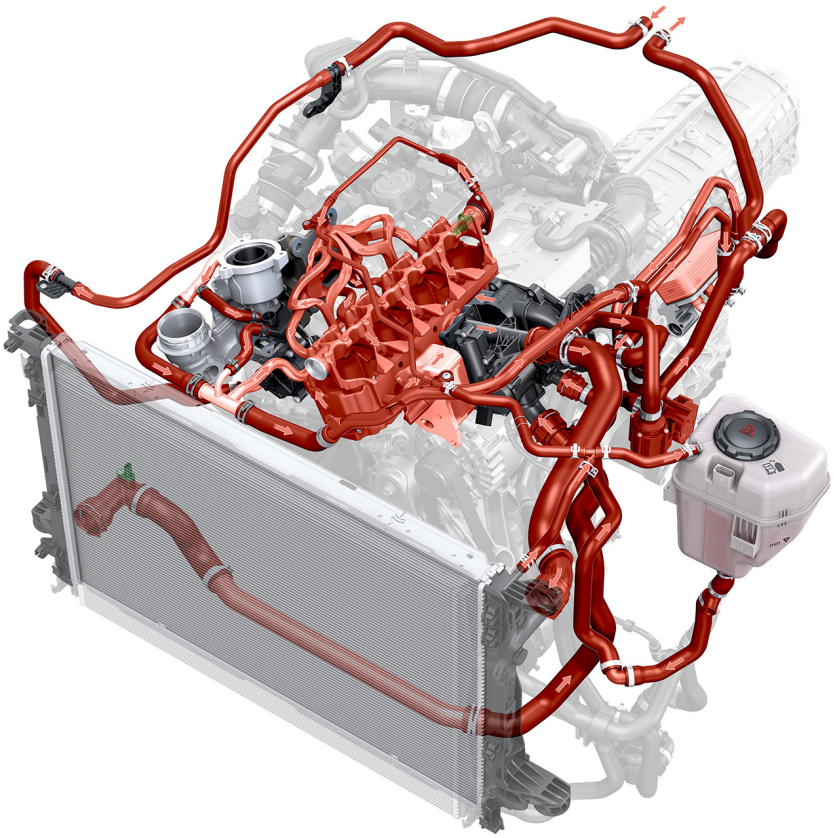


694_086

Legende

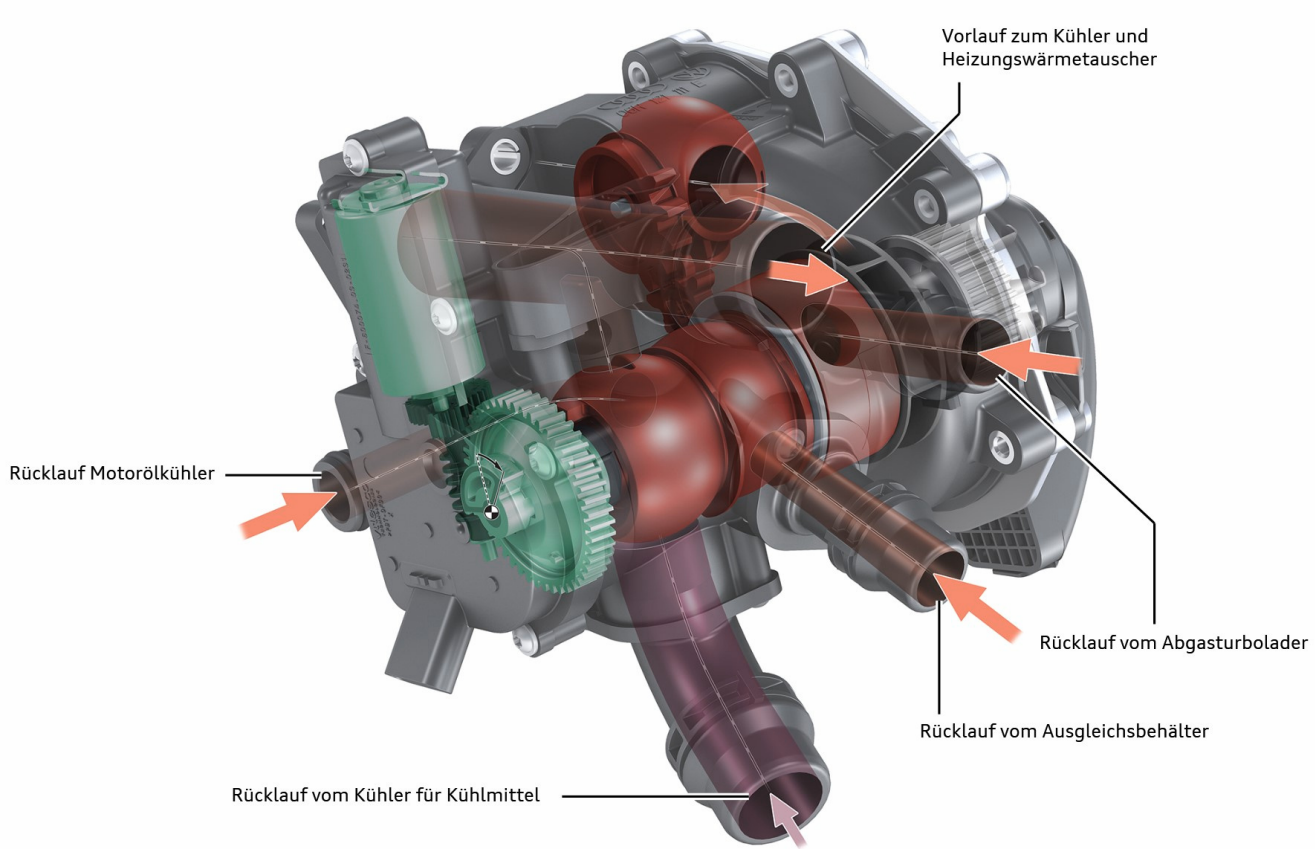
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Erwärmtes Kühlmittel
9	Drehschieber 2		
10	Kühlmittelpumpe		

- Gleicher Regelbereich wie zuvor (Kühler für Kühlmittel Öffnen / Bypass schließen)
- Kommt eine Kühlanforderung vom Getriebesteuergerät, wird die Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51 durch das Motorsteuergerät angesteuert, um das Getriebe zu kühlen.
- Das Thermostat nach ATF-Kühler hat die Funktion, dass die Wärme im Getriebe gehalten wird.
- Bei Heizanforderung wird die Pumpe für Kühlmittelumlauf V50 angesteuert.



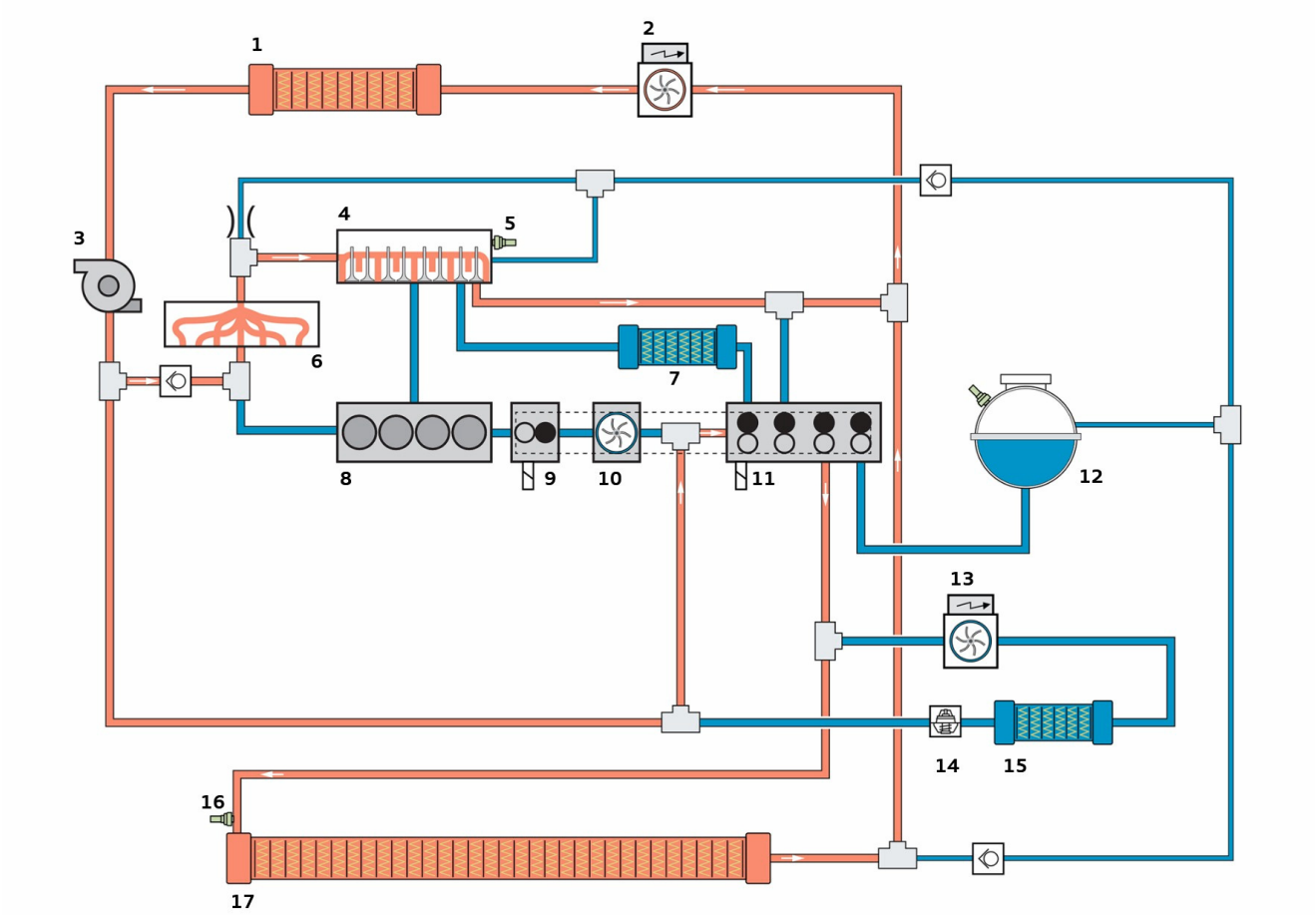
694_122

Drehschieberposition ca. 40°



694_146

Nachlauf

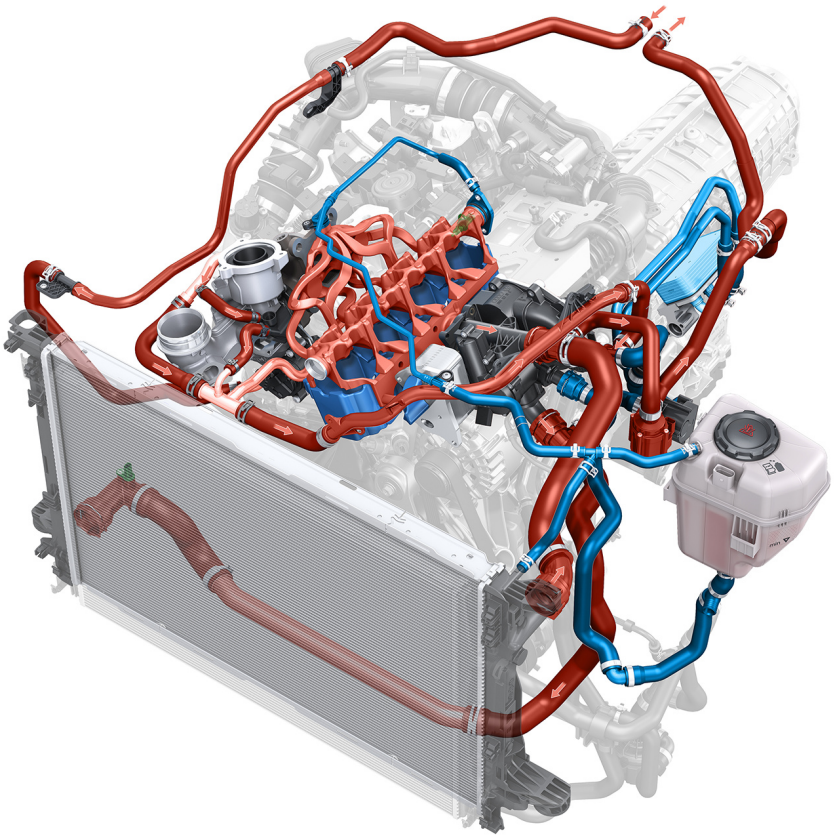


694_087

Legende

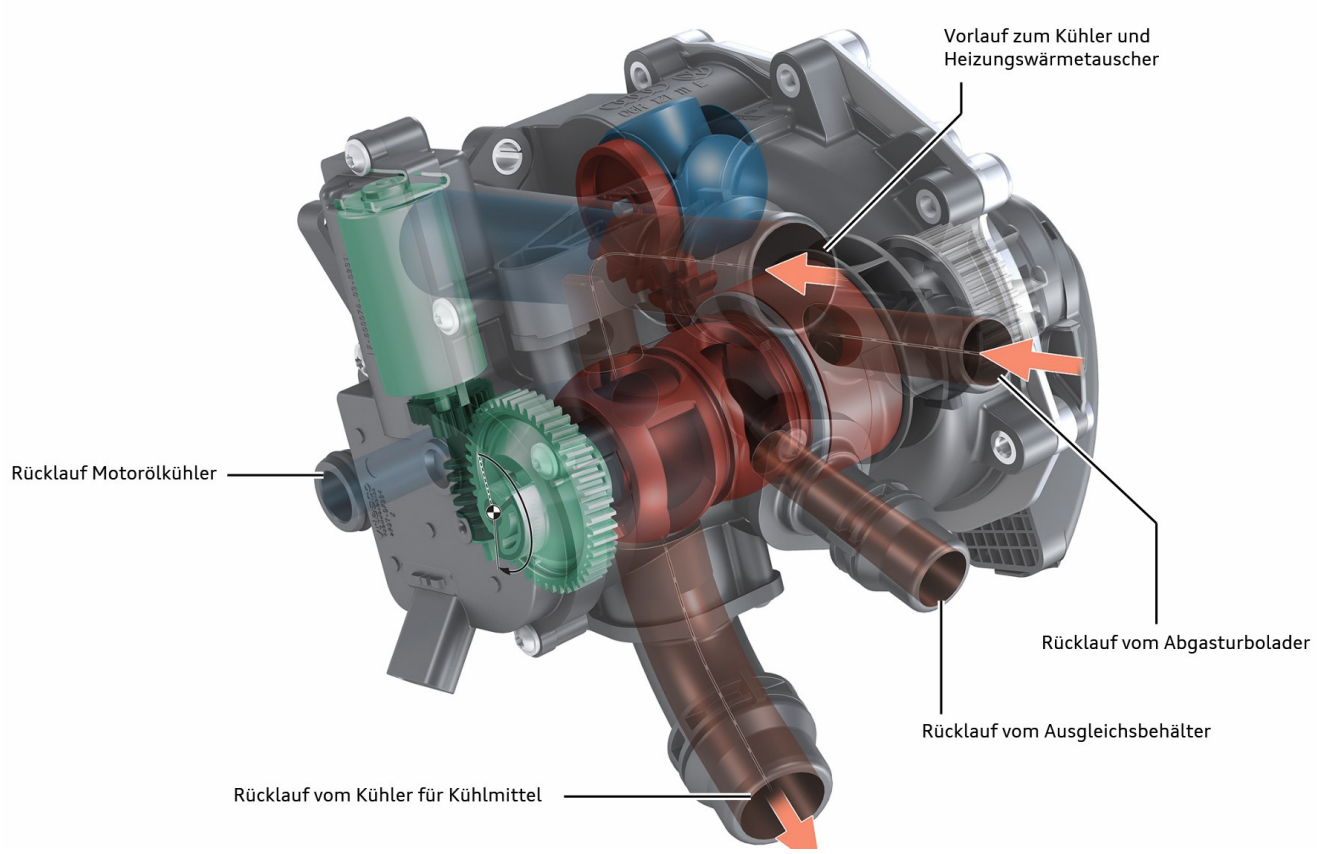
1	Heizungswärmetauscher (Wärmetauscher für Heizung)	**11**	Drehschieber 1
2	Pumpe für Kühlmittelumlauf V50	**12**	Ausgleichsbehälter
3	Abgasturbolader	**13**	Pumpe für Kühlmittelnachlauf V51
4	Zylinderkopf	**14**	Kühlmittelregler
5	Kühlmitteltemperaturgeber G62	**15**	Getriebeölkühler (ATF-Kühler)
6	Integrierter Abgaskrümmer	**16**	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang G83
7	Motorölkühler	**17**	Hauptwasserkühler (Kühler für Kühlmittel)
8	Zylinderkurbelgehäuse		Kühlmittel
9	Drehschieber 2		Erwärmtes Kühlmittel
10	Kühlmittelpumpe		

- Motor aus
- Drehschieber je nach Ansteuerung zwischen 160° – 255°
- Ansteuerung der Pumpe für Kühlmittelumlauf V50
- Kühlmittel strömt je nach Stellung des Drehschiebers durch den Kühler für Kühlmittel, den Bypass, durch den Ausgleichsbehälter.
- Die Nachlaufzeit ist abhängig von der Berechnung im Motorsteuergerät.
- Ist die Abkühlphase (Bauteilschutz) beendet, wird der Drehschieber in Position 160° gefahren, bis die Nachlaufzeit beendet ist. Dann fährt der Drehschieber in Neutralposition.
- Der Kühlerlüfter V7 kann bei Bedarf zugeschaltet werden.



694_124

Drehschieberposition ca. 200°



694_148

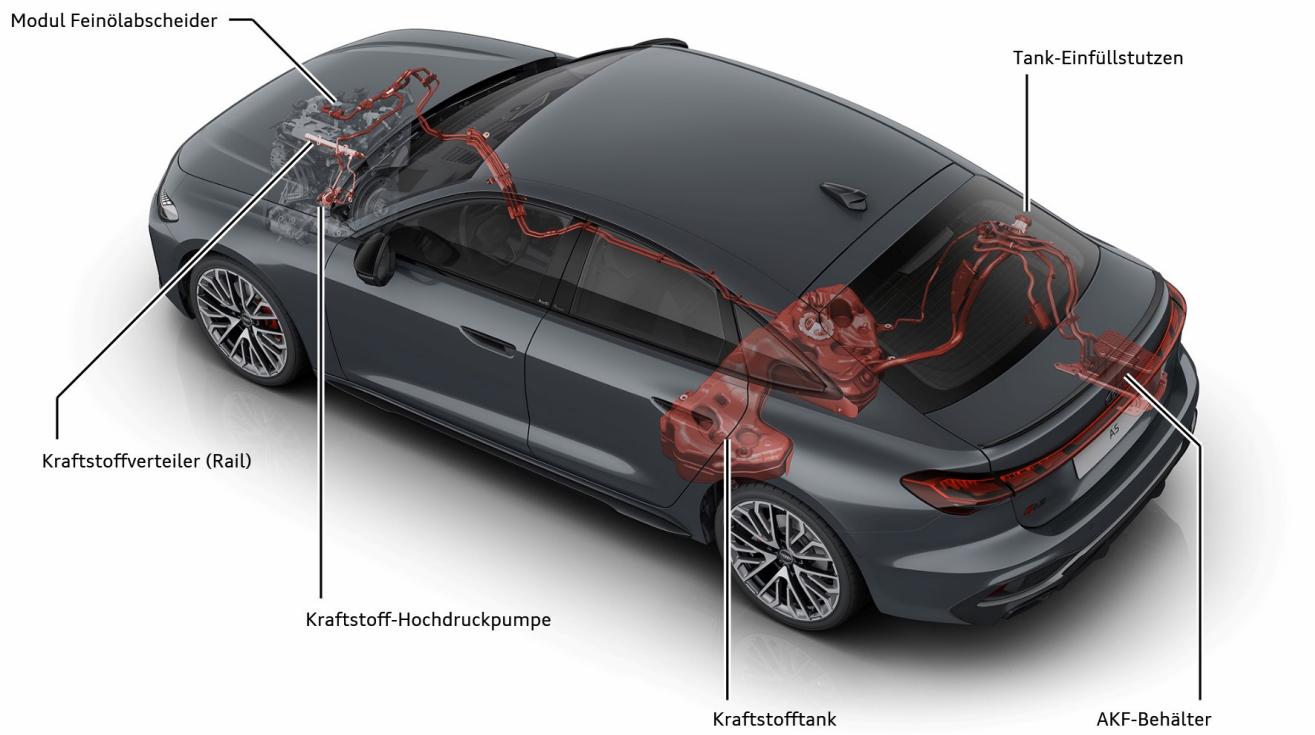
Auswirkungen bei Ausfall des Stellelements für Motortemperaturregelung N493

Ist der Motor in der Regelphase, also Kl. 15 an, versucht der Drehschieber die 0°-Position abzufahren (Kühler maximal geöffnet).

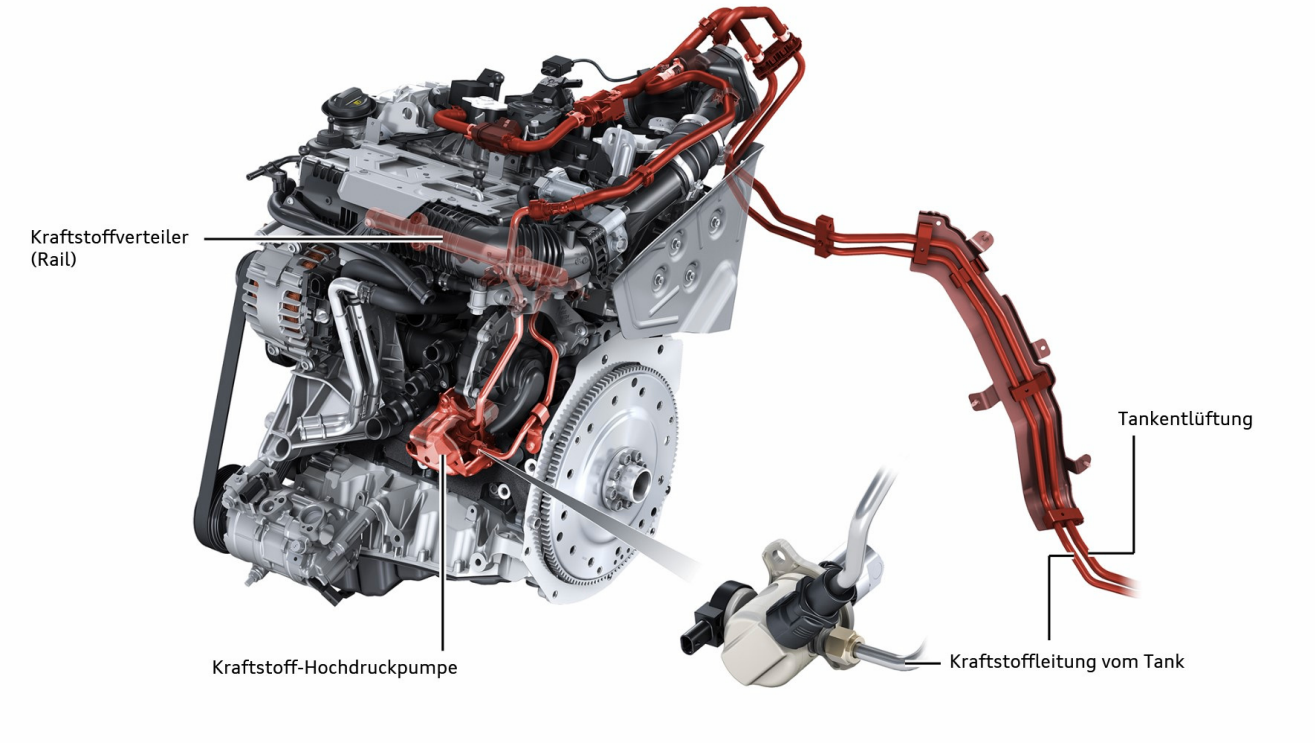
Befindet sich der Motor in der Nachlaufphase, werden die 255° angefahren, also Hauptwasserkühler komplett auf.

Kraftstoffversorgung

Übersicht Kraftstoffsystem



694_089



694_090

Hochdruck-Kraftstoffsystem

Das Hochdruck-Kraftstoffsystem ist im grundsätzlichen Aufbau und der Funktion vom System im EA888 evo4 mit 350 bar abgeleitet.

Im evo5-Motor erhöht sich durch die gesteigerte Verdichtung die Neigung zur Vorentflammung und klopfender Verbrennung. Um das zu verringern, ist ein späterer Einspritzzeitpunkt notwendig. Dies führt zu einer kürzeren Zeit für die Gemischaufbereitung im Brennraum. Deshalb sind Maßnahmen zur Sicherstellung einer hohen Gemischqualität erforderlich. Dies wird hauptsächlich durch einen erhöhten Einspritzdruck von bis zu 500 bar erreicht.

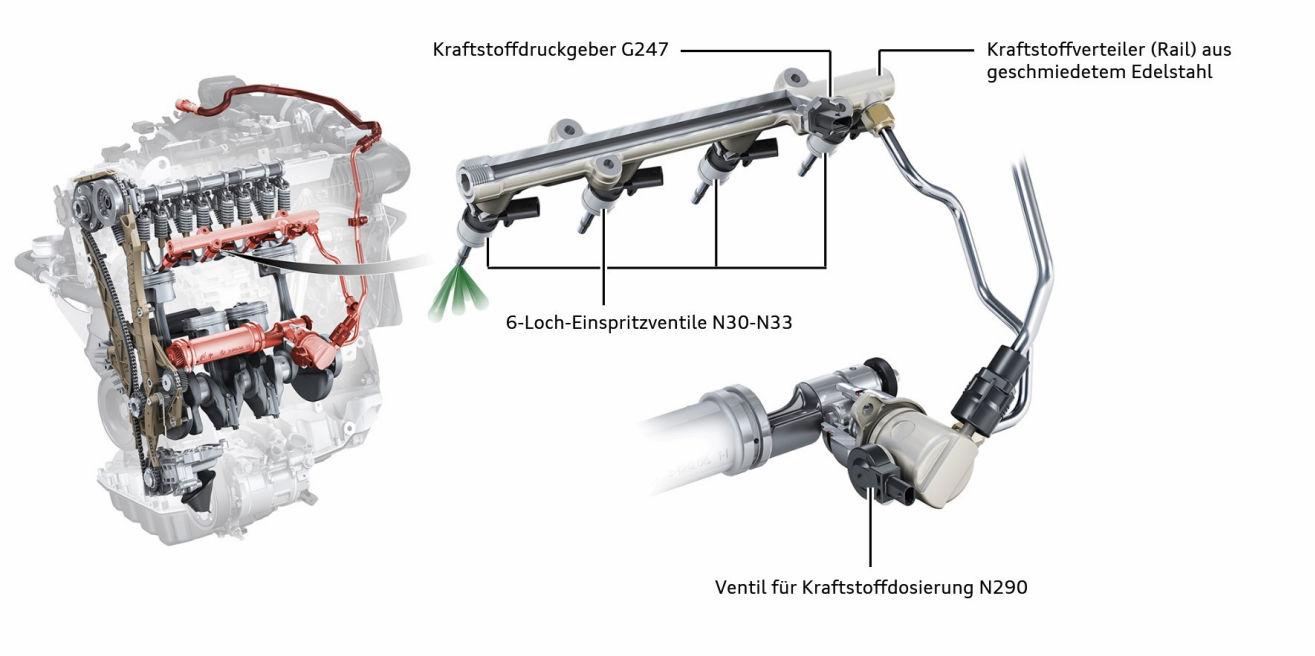
Die dadurch notwendige höhere Antriebsleistung für die Hochdruckpumpe erfordert ein optimiertes Antriebs- und Verbindungskonzept.

Deshalb wurde die Hochdruckpumpe am Zylinderkurbelgehäuse auf der Einlassseite über einen separaten Flansch integriert. Der Antrieb erfolgt durch die Ausgleichswelle auf der Einlassseite des Motors über einen Rollenstößel.

Durch die neue Position und die daraus resultierende vierfache Drehzahl im Vergleich zur Nockenwelle wurde ein Einfachnocken auf der Ausgleichswelle integriert.

Das Lagerungskonzept der Ausgleichswelle musste entsprechend den höheren Anforderungen angepasst werden (siehe Artikel "Lagerung der Ausgleichswellen").

Bei den kraftstoffführenden Komponenten bestand das Ziel darin, das bewährte Grundkonzept des EA888 beizubehalten. Die Verbindungstechnik der Hochdruckeinspritzventile zum Hochdruck-Rail konnte weiterhin als O-Ring-Verbindung ausgeführt werden. Um den höheren Druck zu ermöglichen, wurde das Hochdruck Rail als Schmiedeteil ausgeführt und die Verschraubung von einer Zweifach- auf eine Vierfach-Verschraubung umgestellt. Sowohl die Hochdruckpumpe als auch die Hochdruckeinspritzventile wurden an die Anforderungen des EA888 evo5 angepasst und werden in den Leistungsklassen 1 und 2 als Gleichteile verwendet.



694_091

Hochdruck-Kraftstoffpumpe mit Druckbegrenzungsventil

Einspritzdruck zwischen ca. 150 und 500 bar

Ansteuerungskonzept der Pumpe

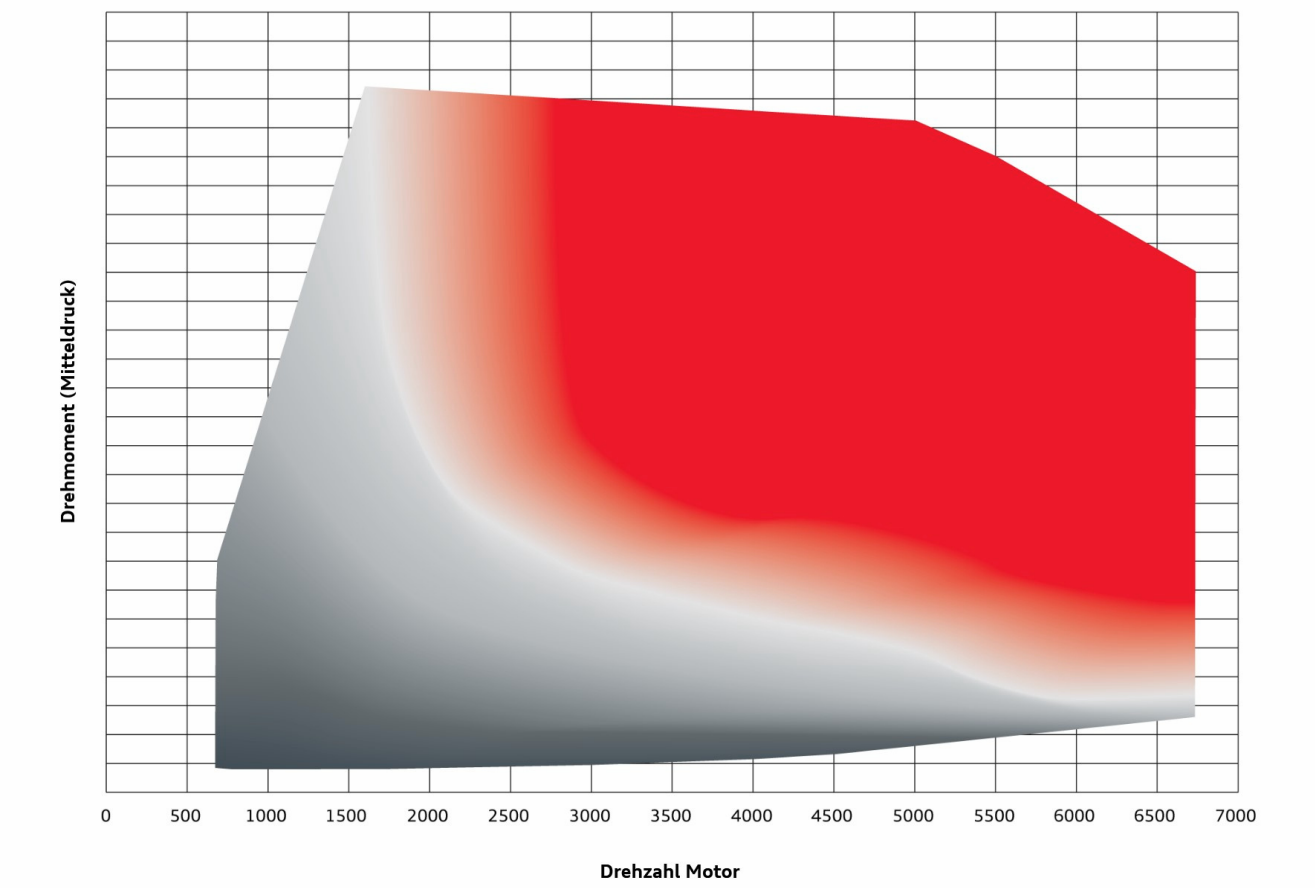
- Die Ansteuerung des Ventils für Kraftstoffdosierung N290 erfolgt mittels PWM und Batteriespannung (ca. 12 V) durch das Motorsteuergerät.
- Funktionalität: Nur bei Ansteuerung des N290 wird Hochdruck aufgebaut.

Reaktion bei Ausfall der Ansteuerung

- Bei Unterbrechung der Ansteuerung, z. B. wenn während des Motor-Leerlaufs der Stecker vom N290 abgezogen wird, geht der Kraftstoffdruck auf das Druckniveau der elektrischen Kraftstoffpumpe im Kraftstoffbehälter zurück.

Verweis
Das Ansteuerkonzept wird im SSP 384 "Audi 1,8l 4V TFSI-Motor mit Kette" beschrieben.

Diagramm zum Druckverlauf



694_092

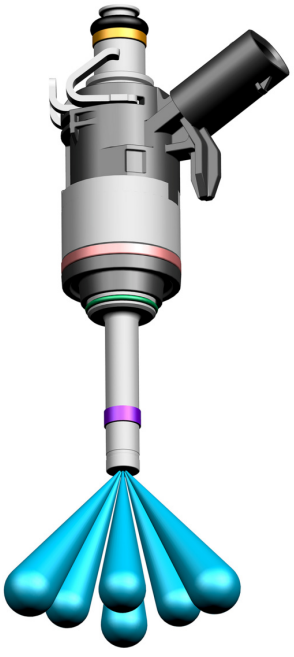
Im Leerlauf des Motors wird ein Druck von ca. 150 - 170 bar erzeugt (je nach Ansteuerung).

Um Druckschwankungen zu vermindern, ist in der Hochdruckpumpe ein Druckschwingungsdämpfer integriert.

Der integrierte Filter dient dazu, das Kraftstoffsystem sauber und effizient zu halten, indem er Verunreinigungen herausfiltert und so die Lebensdauer und Leistung der Pumpe und des Motors verbessert.

Einspritzventile

- Die Magnet-Einspritzventile sind funktionell abgeleitet vom evo4-Motor.
- Sie wurden angepasst an die höheren Druckverhältnisse (bis zu 500 bar) und den Brennraumverhältnissen (6 Spritzlöcher).

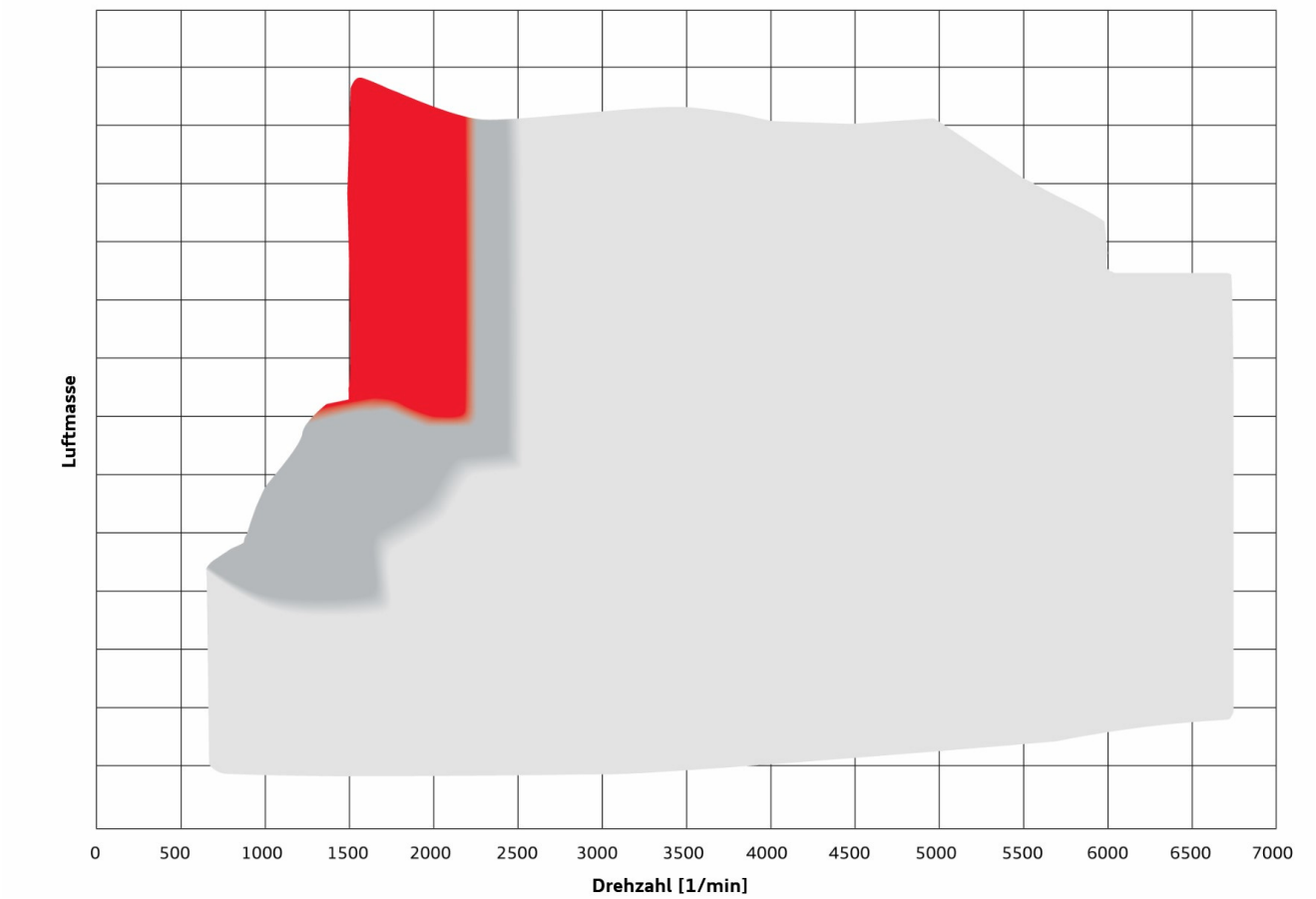


694_065

Mehrfacheinspritzung

- Die Grafik zeigt beispielhaft, an einem betriebswarmen Motor, wie die Anzahl der Einspritzungen in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Luftmasse variiert. Dies ist wichtig für die Optimierung der Motorleistung und Effizienz.
- Beispiele:
  - Bei einer Drehzahl von ca. 1300 U/min und einer bestimmten Luftmasse gibt es 5 Einspritzungen.
  - Bei einer Drehzahl von 2000 U/min und einer anderen Luftmasse gibt es 4 Einspritzungen.

Einspritzanzahl



694_066

Legende

1 Einspritzung
4 Einspritzungen
5 Einspritzungen

Ladeluftsystem

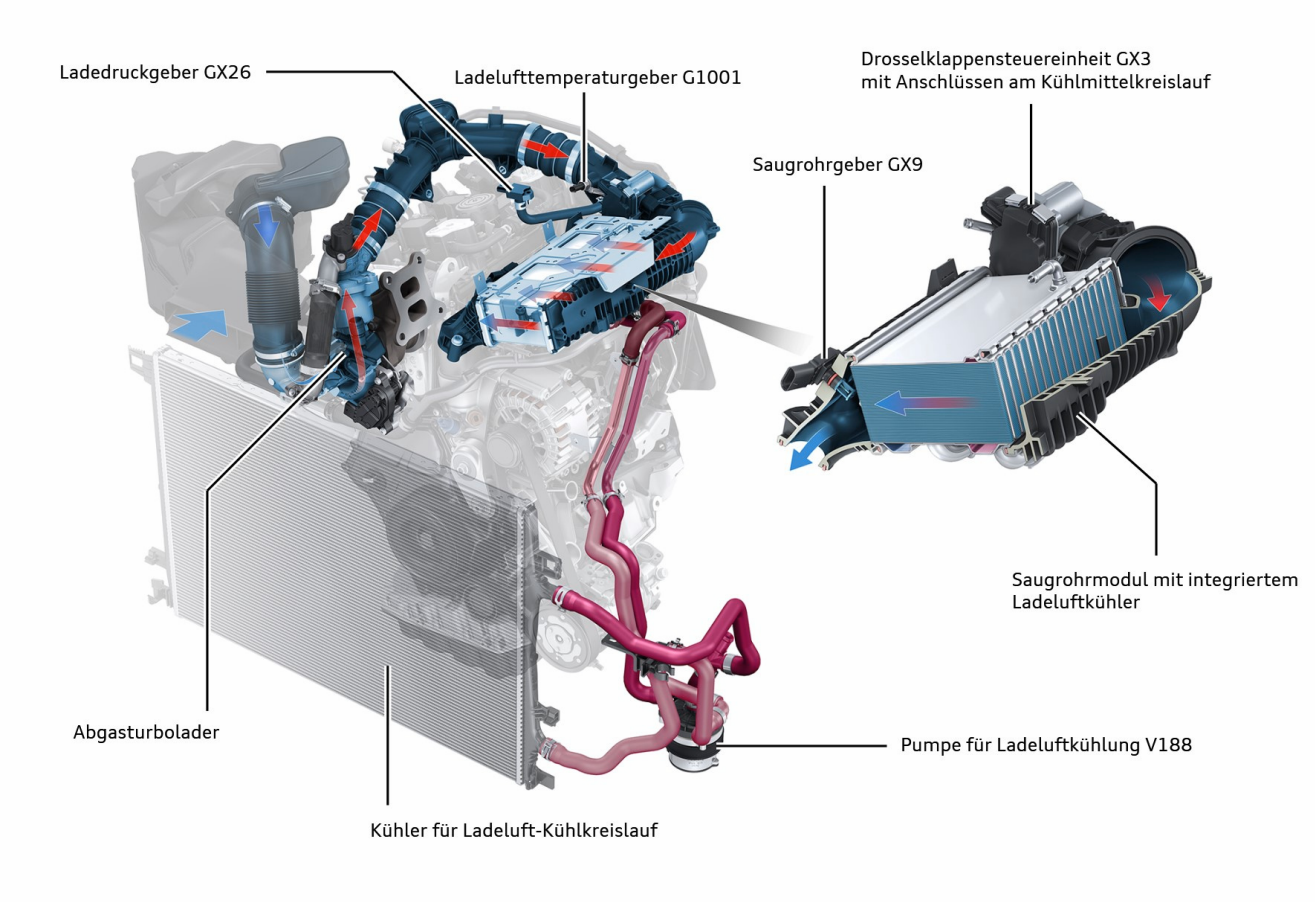
Ladeluftsystem

Wegen der Umstellung auf die *PPC-Plattform* ↗ musste eine indirekte Ladeluftkühlung entwickelt werden. Fahrzeugübergreifend hat das den Vorteil der Variantenreduzierung und der Verringerung der Komplexität. Ein weiterer Vorteil ist die Gestaltung der Ladeluftkühlung in der Fahrzeugfront. Hier ist bei allen Fahrzeugen, unabhängig von der Motorisierung, eine Optimierung von Package, Ladeluftkühlergestaltung und Anströmung eine hervorragende Kühlleistung erzielt worden. Durch das geringe Volumen zwischen Verdichter und Brennraum wirkt sich der Ladedruckaufbau und das Ansprechverhalten des Motors positiv aus.

Die Temperatur der gekühlten Ladeluft erreicht Werte, die maximal 20 °C über der Außentemperatur liegen.

Die Drosselklappensteuereinheit ist direkt vor dem Ladeluftkühler positioniert. Weil die verdichtete Ladeluft bei Eintritt in die Drosselklappe ungekühlt ist, musste die Drosselklappeneinheit in den Niedertemperaturkreislauf des Motorkühlkreislaufs integriert werden.

Durch die Kühlung wird die Elektronik der Drosselklappensteuereinheit vor Überhitzunmg geschützt.



694_093

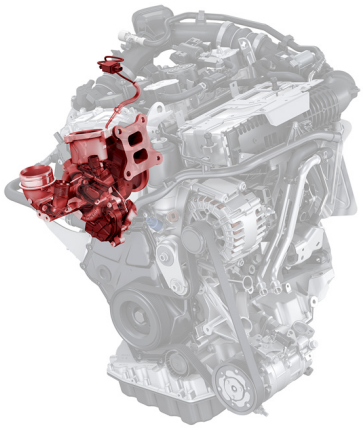
Abgasturbolader

Erstmals kommt bei der Motorenfamilie EA888 ein Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie (VTG) zum Einsatz. Ein weiteres Entwicklungsziel war die Vermeidung von Anfettung des Gemischs im gesamten Kennfeld. Der Motor wird in allen Bereichen mit $\lambda = 1$ betrieben.

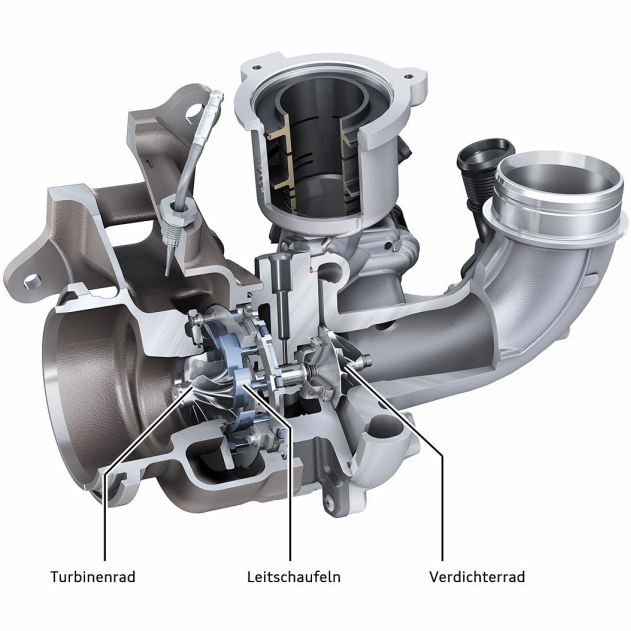
Insgesamt gesehen hat der VTG Turbolader aufgrund der Nutzung des kompletten Abgas-Massenstromes den besseren Gesamtwirkungsgrad gegenüber des Vorgänger-Technikstandes mit einer Wastegate Klappe. Der Druck im Abgasstrom bleibt im Vergleich zum Wastegate-Turbolader konstant. Dadurch ist der Druck vor der Turbine geringer. Das wiederum führt zu einer Reduktion des Restgases im Zylinder und damit zu einem früheren Verbrennungsschwerpunkt. Folglich steigt die Nennleistung.

Der VTG-Abgasturbolader ist für eine Abgastemperatur von bis zu 1020 °C ausgelegt.

Das Turbinengehäuse ist in Monoscroll-Ausführung konstruiert, jedoch mit Zündfolgetrennungsrippe im Flanschbereich versehen. Diese sorgt für eine gleichmäßigere Druckverteilung und reduziert Pulsationen im Abgasstrom, was die Effizienz des Turboladers verbessert und die Leistungsentfaltung optimiert. Ein weiterer Vorteil ist die Verringerung der Klopfneigung, da die Trennung der Abgasströme das Rückströmen von Abgasen in andere Zylinder minimiert.



694_094



694_095



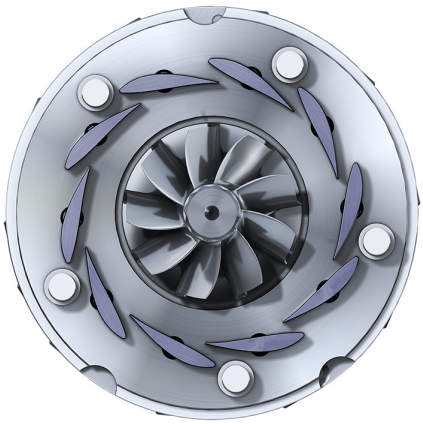
694_129



694_125

VTG Leitschaufeln offen im Nennleistungsbereich und in der Teillast.

Je steiler die Anstellung, umso geringer der Ladedruck.



694_126

VTG Leitschaufeln mit verringertem Eintrittsquerschnitt bei Beschleunigung (Low-End Torque).

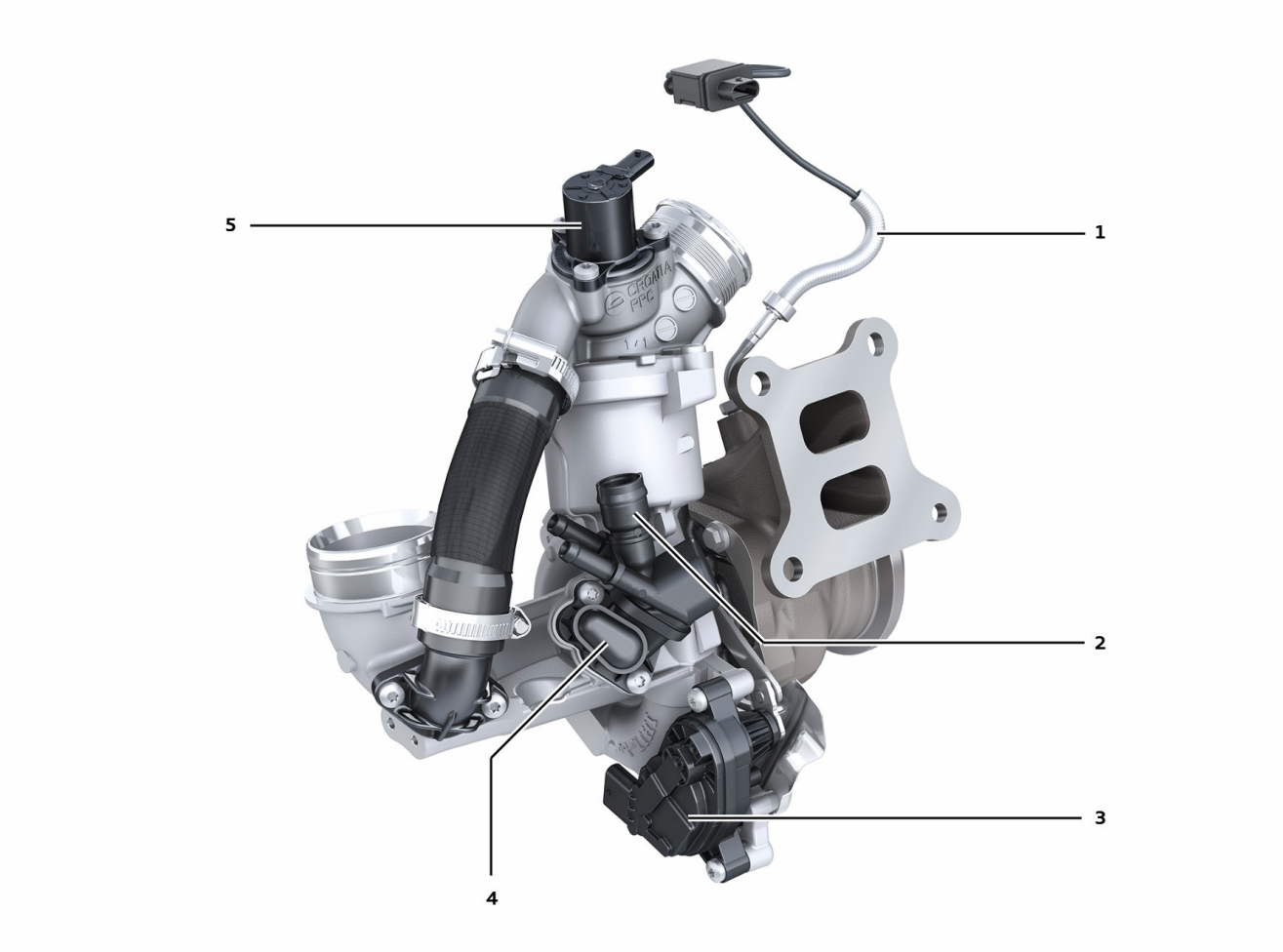
In dieser Position wird der maximale Ladedruck erzeugt.

Maximale Ladedrücke

Bei Ladedrücken können keine festen Werte angegeben werden. Sie sind immer abhängig von Umgebungsbedingungen, wie z. B. Lufttemperatur, Luftdruck und weitere.. Unter „normalen“ Randbedingungen (bis 30 °C Umgebungstemperatur / bis ca. 300 m Höhe) bewegt sich der Ladedruck sowohl für die LK1 als auch die LK2-Motoren auf einem absoluten Niveau von etwa 2,7 bis 2,9 bar.

Je nach Leistungsklasse des jeweiligen Motors sind die Abgasturbolader entsprechend ausgelegt und entwickelt worden.

Ansicht Motorseite

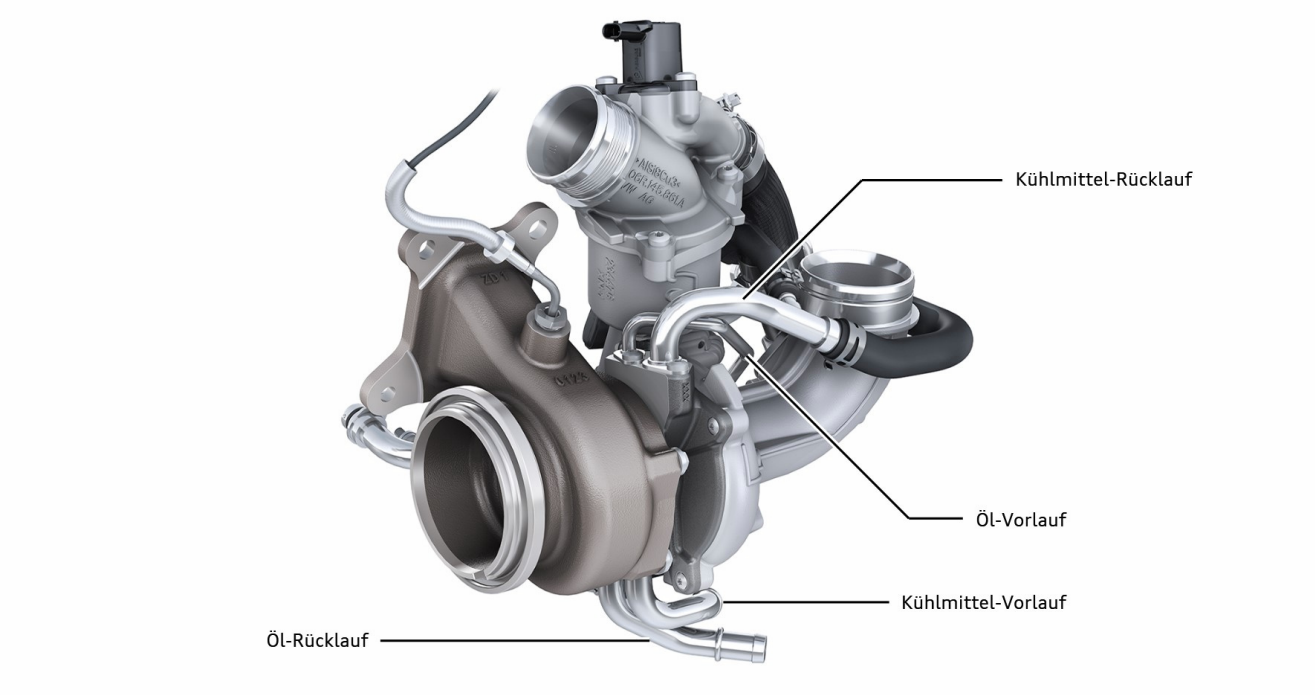


694_128

Legende

1	Abgastemperaturgeber 3 für Zylinderbank 1 G49 arbeiten nach dem Prinzip des Thermoelements, siehe SSP 547 "Der 2,0l-176kW-TDI-Biturbo-Motor der Dieselmotoren-Baureihe EA288"
2	Anschluss Kurbelgehäuseentlüftung (Modul Feinölabscheider)
3	Modul für Ladedruckregelung GX34 besteht aus Ladedrucksteller V465 und Positionsgeber für Ladedrucksteller G581, siehe SSP 681 "Audi 1,0l-TFSI-Motor Baureihe EA211evo"
4	Saugstrahlpumpe mit Anschluss am Kühlkreislauf (Heizfunktion)
5	Umluftventil für Turbolader N249, siehe SSP 332 "Audi A3 Sportback"

Übersicht Medienversorgung Abgasturbolader



694_127

Kurbelgehäusebe- und entlüftung

Das System für die Ölabscheidung sowie zur Motorbelüftung ist weitestgehend abgeleitet vom EA888 Gen.3 und evo4-Motor.

Die Aufgaben des Systems sind:
- das im Blowby-Gas enthaltene Öl abzuscheiden,
- das abgeschiedene Öl dem Ölkreislauf zurückzuführen,
- das gereinigte Blowby-Gas sowie die Tankentlüftungsgase dem Motor zur Verbrennung zurückzuführen,
- den Druck im Kurbelgehäuse zu regeln,
- das Kurbelgehäuse mit Frischluft zu spülen.

Die Entlüftung im Kurbelgehäuse wurde auf Grund der Lagerung der Auslass-Ausgleichswelle angepasst. Die Entnahmestellen befinden sich im Bereich der Zylinder 1, 2 und 4.

Das Modul Feinölabscheider ist auf der Zylinderkopfhaube platziert und enthält folgende Komponenten:
- Druckregelventil; die Druckregelung auf maximal -100 mbar erfolgt mittels Membrane und Feder (im Leerlauf ca. 80 mbar),
- 4 Rückschlagventile zur zielgerichteten Steuerung des Blowby-Volumenstroms zu den Ansaugkanälen im Zylinderkopf bzw. zur Saugseite des Abgasturboladers,
- Die Einleitstelle für die Kurbelgehäuse-Belüftung mit integriertem Kanal und 1 Rückschlagventil,
- Den Feinölabscheider (Zyklon). Ein Teilstrom wird über ein federbelastetes Bypassventil geleitet und hier mittels Faserabscheider gereinigt. Wird der Blowby-Strom zu groß, öffnet das Ventil.

Verweis
Die Funktion des Moduls Feinölabscheider ist vom EA888 Gen.3 abgeleitet und ist im SSP 606 "Audi 1,8l- und 2,0l-TFSI-Motoren der Baureihe EA888 (3. Generation)" beschrieben.

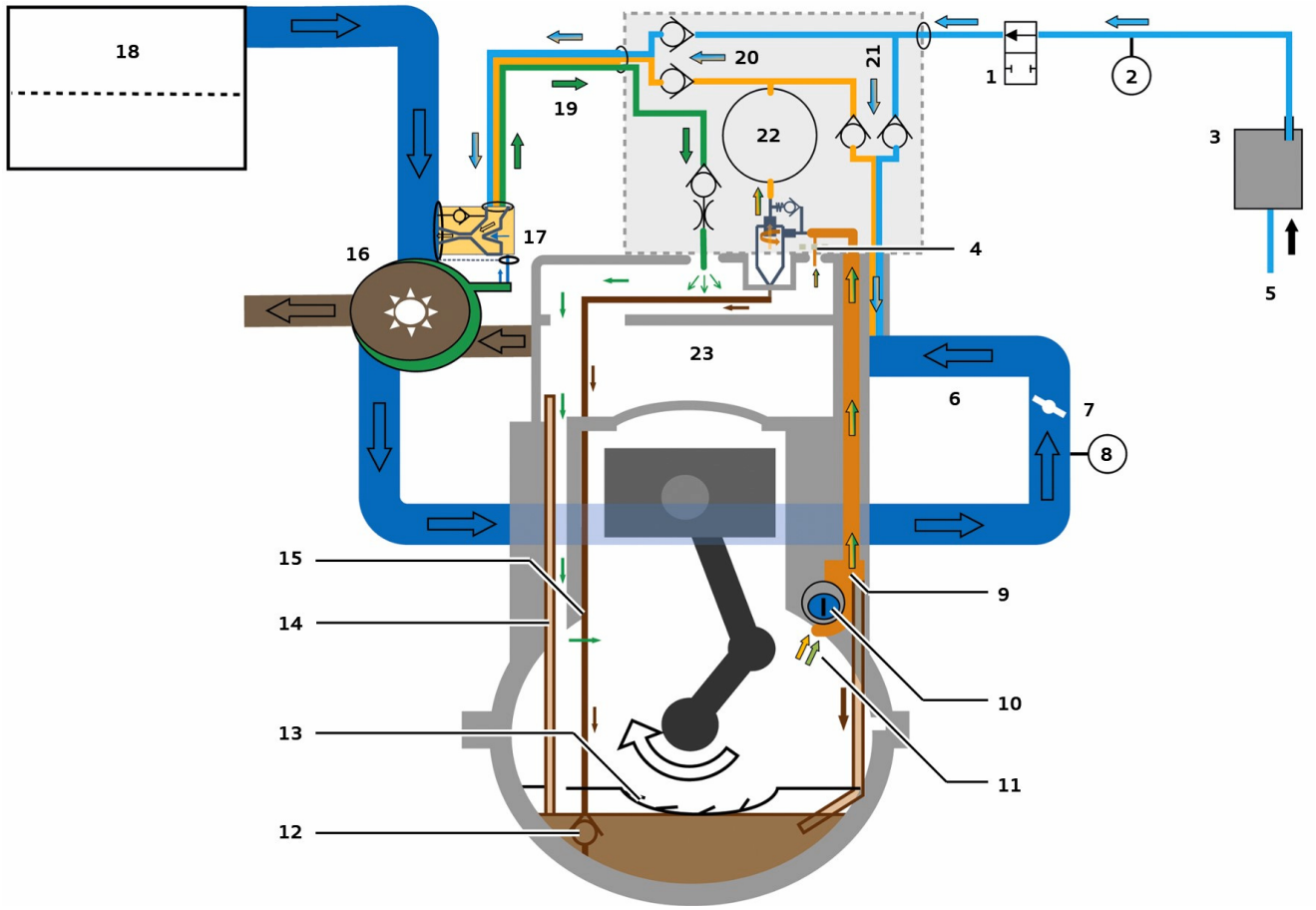
Die Einleitung der gereinigten Blowby-Gase sowie der Gase aus der Tankentlüftung im Leerlauf und unteren Teillastbereich (Unterdruck im Saugrohr) erfolgt über Kanäle im Zylinderkopf direkt vor die Einlassventile.

Erzeugt der Abgasturbolader Überdruck, erfolgt die Einleitung der gereinigten Blowby-Gase sowie der Gase aus der Tankentlüftung zur Saugseite des Abgasturboladers über eine separate Leitung und eine Saugstrahlpumpe.

Über die gleiche Leitung strömt während der Saugphase des Motors (Leerlauf und untere Teillast) über das Feinölabscheider-Modul Frischluft in das Kurbelgehäuse.

Das aus dem Feinölabscheider-Modul abgeschiedene Öl wird über Kanäle im Zylinderkopf und Zylinderkurbelgehäuse in die Ölwanne unterhalb des Ölspiegels zurückgeführt.

Schematische Übersicht

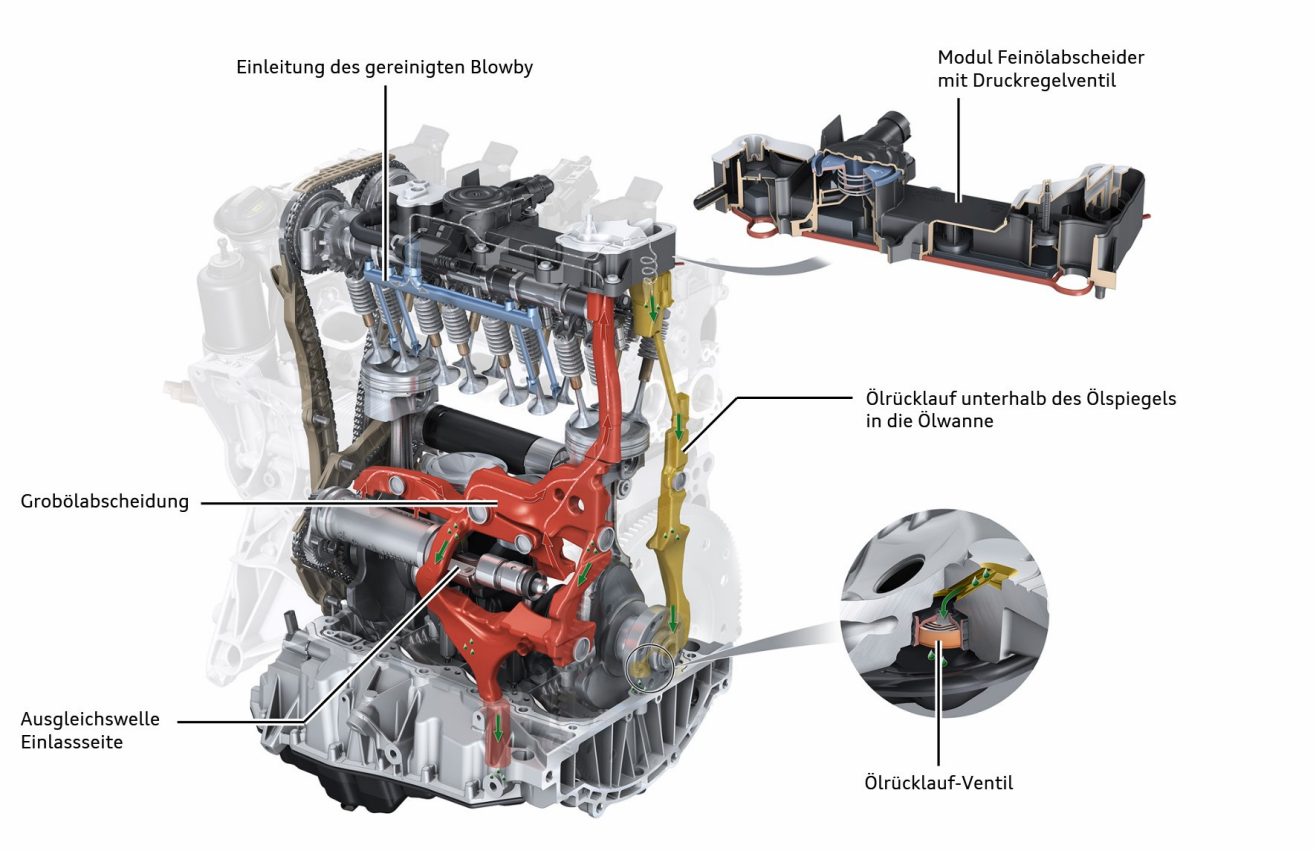


694_130

Legende

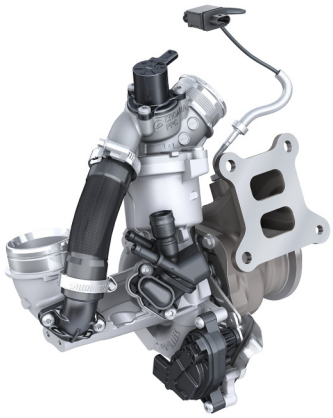
1	Tankentlüftungsventil (Magnetventil 1 für Aktivkohlebehälter N80)	**15**	Ölrücklauf Feinölabscheider unter Ölspiegel
2	Temperatur- und Druckgeber für Kraftstoffbehälter GX49	**16**	Abgasturbolader
3	Aktivkohlebehälter	**17**	Saugstrahlpumpe
4	Teilentlüftung über Faserabscheider	**18**	Luftfilter
5	Tank	**19**	Teillast
6	Saugrohr	**20**	Volllast
7	Drosselklappe (Drosselklappensteuereinheit GX3)	**21**	Teillast
8	Ladedruckgeber GX26	**22**	Druckregelventil
9	Grobölabscheidung mit Ölrücklauf unter Ölspiegel	**23**	Zylinderkopf
10	Ausgleichswelle mit Abschirmhülse		positive crankcase ventilation
11	3 Entnahmestellen im Bereich Zylinder 1, 2 und 4		Blowby
12	Rückschlagventil Ölrücklauf		Tankentlüftung
13	Ölhobel		Modul Feinölabscheider
14	Ölrücklauf Zylinderkopf unter Ölspiegel		

Übersicht Motor



694_134

Saugstrahlpumpe



694_128

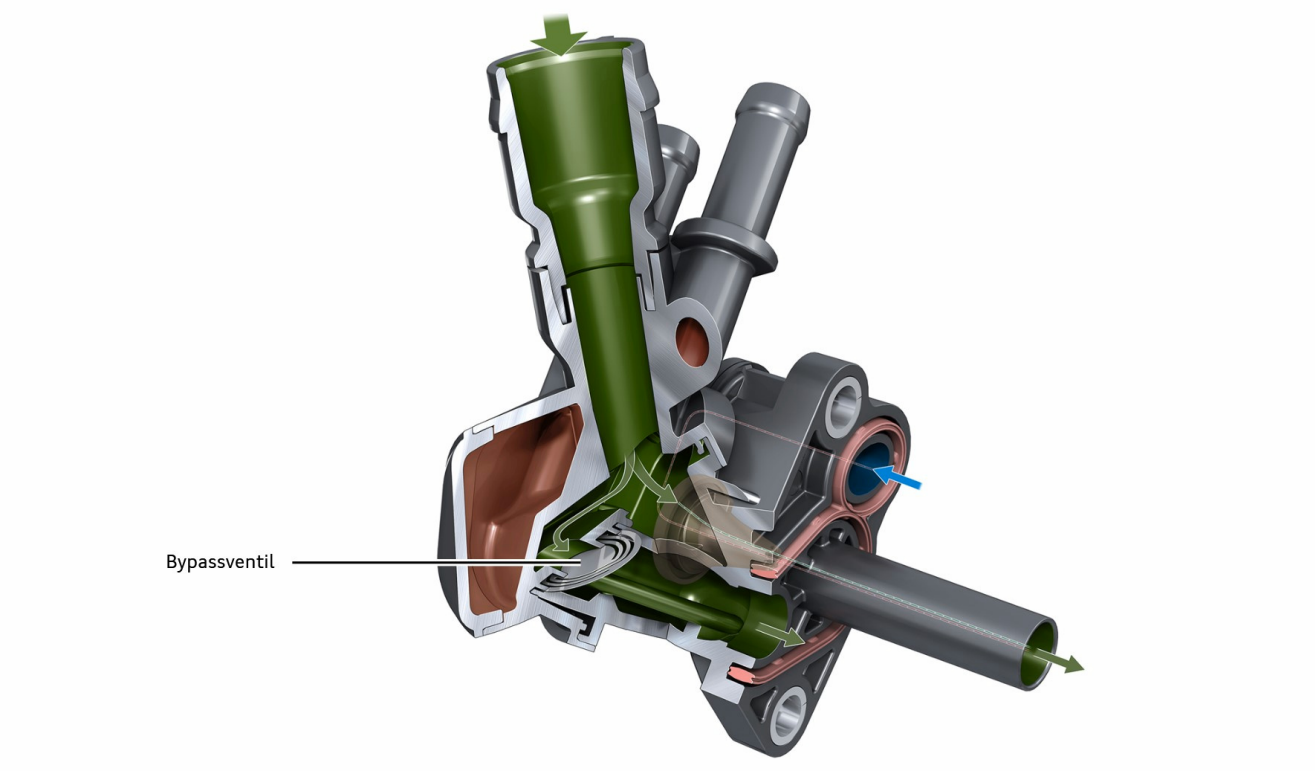
Die Saugstrahlpumpe ist direkt am Abgasturbolader verschraubt.

Ihre Aufgabe ist die Absaugung der Blowby- und Tankentlüftungsgase aus dem Modul Feinölabscheider.

Die Gase werden vor das Verdichterrad des Abgasturboladers eingeleitet und der Verbrennung im Motor zugeführt. Die Saugstrahlpumpe arbeitet nach dem Venturiprinzip. Zur Funktionsausführung wird das Druckgefälle zwischen Druck- und Saugseit des Verdichters genutzt.

Durch den Einsatz der Saugstrahlpumpe ist eine stärkere Entdrosselung der Luftversorgung umsetzbar.

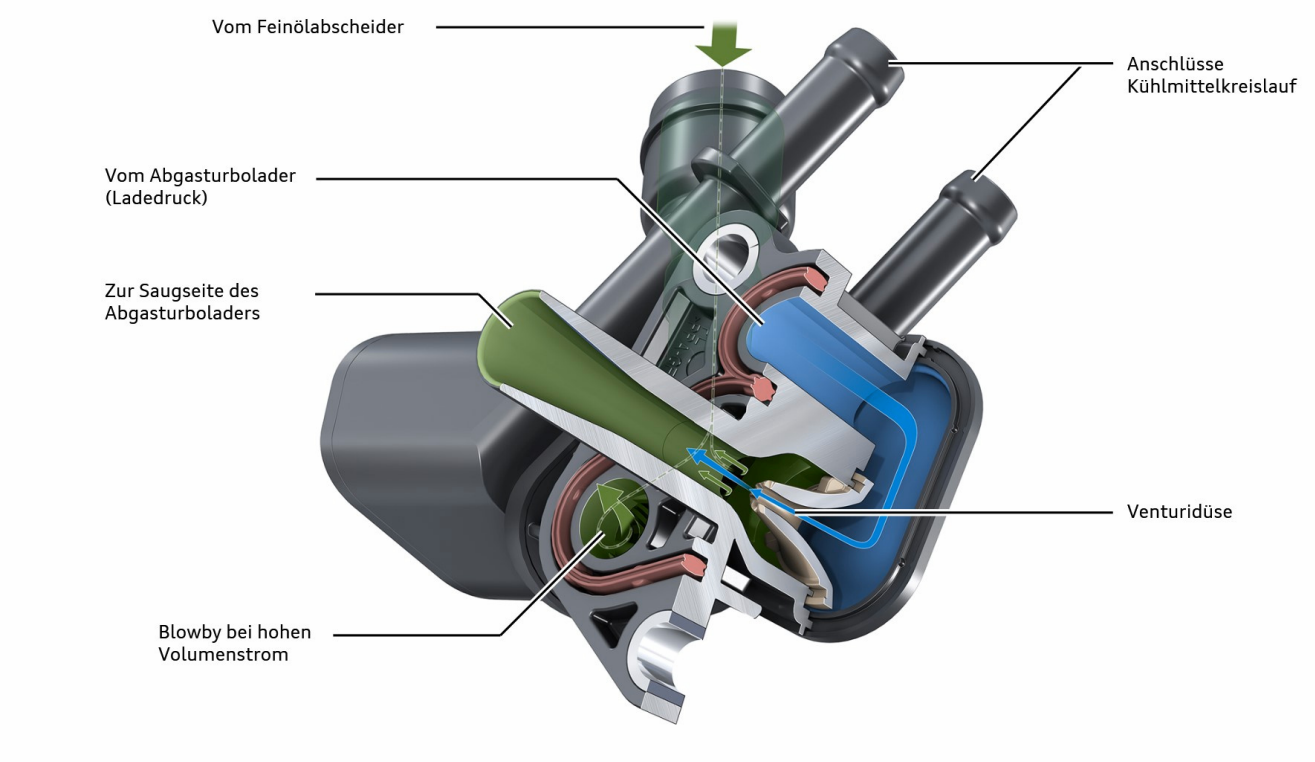
Ein Bypassventil in der Saugstrahlpumpe öffnet bei hohen Volumenstrom.



694_135

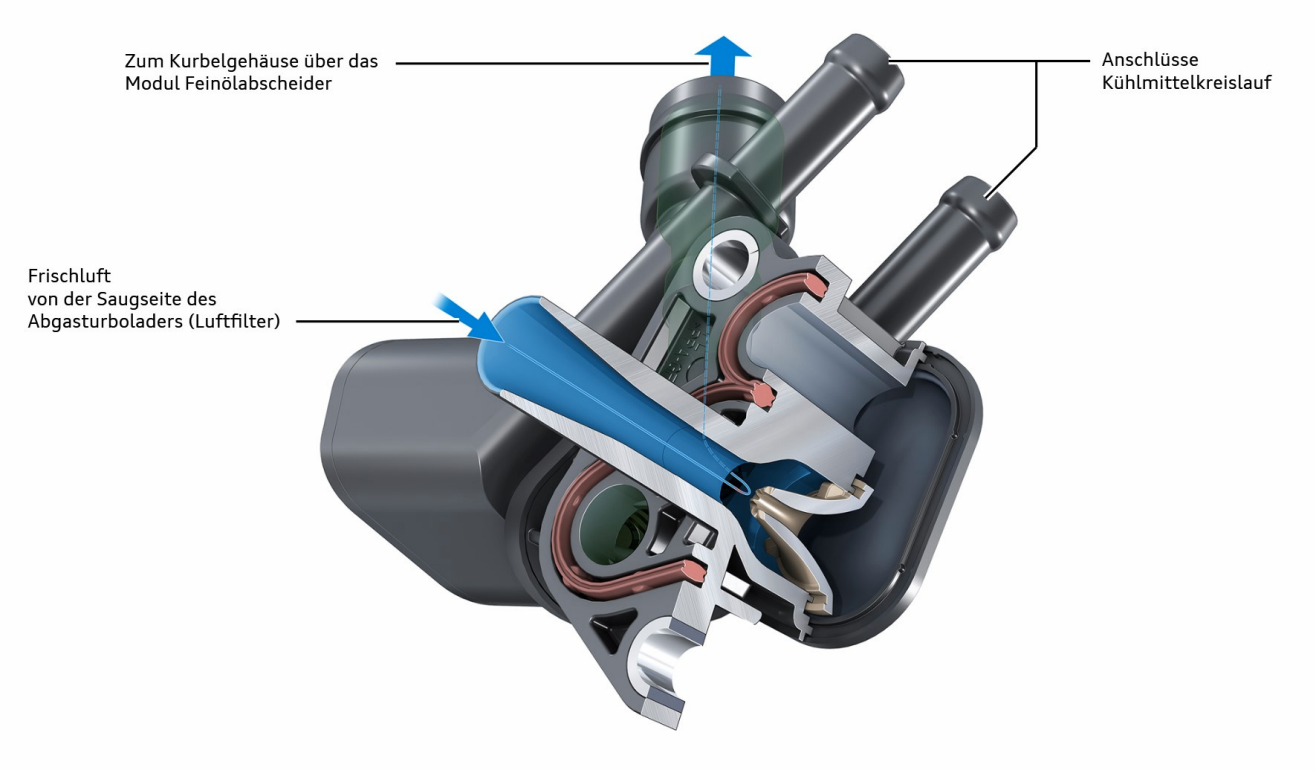
Die Saugstrahlpumpe ist in den Kühlkreislauf eingebunden und wird somit beheizt.

Einleitung der Blowby-Gase über die Saugstrahlpumpe im Laderbetrieb



694_136

Einleitung von Frischluft über die Saugstrahlpumpe im Saugbetrieb



694_137

Während der Motor im Saugbetrieb arbeitet (Leerlauf und untere Teillast), wird über die Saugstrahlpumpe und dem Feinölabscheidermodul Frischluft in das Kurbelgehäuse eingeleitet (PCV).

Abgasreinigung

Abgasreinigung

Die Abgasnachbehandlung des EA888 evo5 soll ein kostengünstiges Emissionssystem für alle Konzernplattformen weltweit bieten. Die Herausforderung besteht darin, den Katalysator und den Otto-Partikelfilter nah am Motor zu platzieren, um schnelle Aufwärmzeiten zu erreichen. Der Baukasten des EA888 evo5 ermöglicht es, je nach Marktanforderungen, Leistung und Fahrzeuggewicht, eine optimale Kombination aus motornahem Katalysator und Otto-Partikelfilter zu integrieren, eventuell ergänzt durch eine zweite Katalysatorstufe (abhängig von den unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen der Märkte).

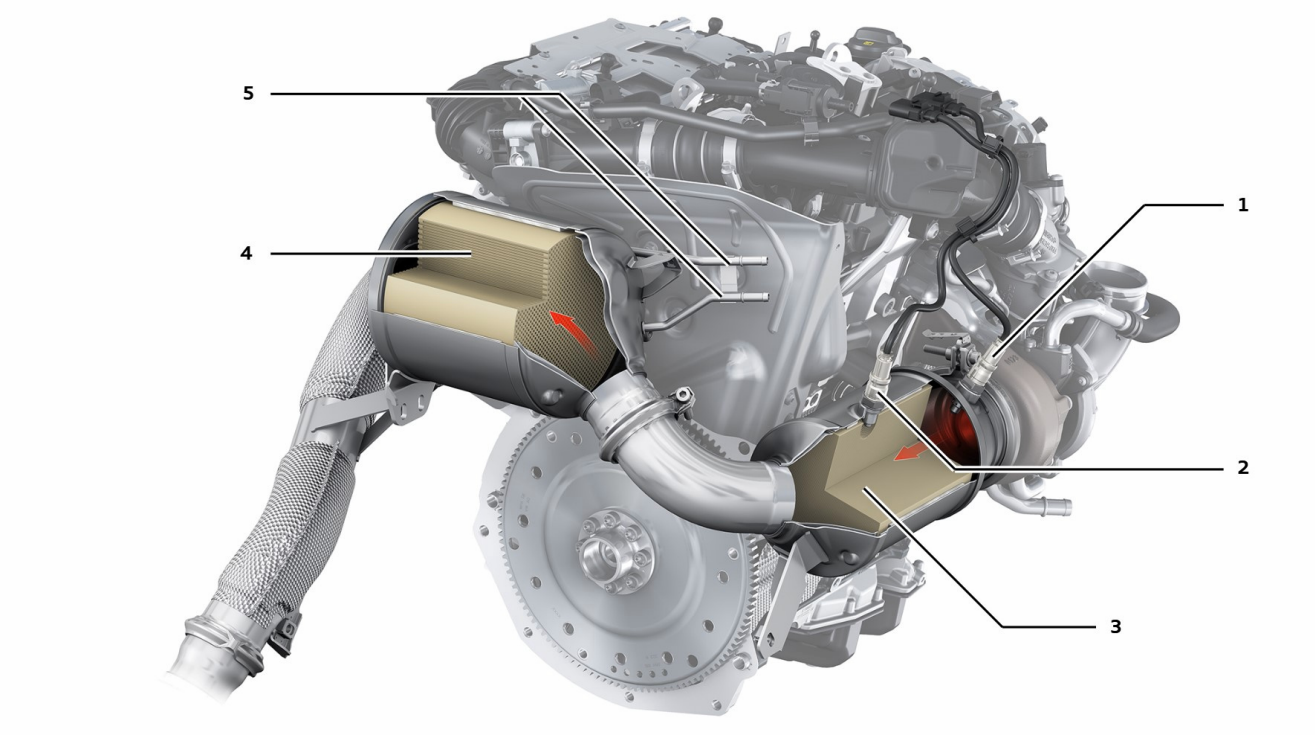
Motornahe Anordnung

Direkt nach der Turbine des Abgasturboladers ist der Katalysator verbaut. In dessen Eingangstrichter ist die Breitband-Lambdasonde (Lambdasonde 1 vor Katalysator GX10) positioniert. Die Sprungsonde (Lambdasonde 1 nach Katalysator GX7) ist über eine Bohrung in der Mitte des Katalysators verbaut.

Durch die motornahe Anordnung der Bauteile werden optimale *Light-off-Zeiten* ↗ möglich.

Der Otto-Partikelfilter wird quer zwischen Spritzwand und Motor eingebaut. Diese motornahe Anordnung ermöglicht eine kostengünstige Herstellung, da keine zusätzliche katalytische Beschichtung benötigt wird.

Anordnung der Abgasreinigung in der PPC für die Märkte Europa & China

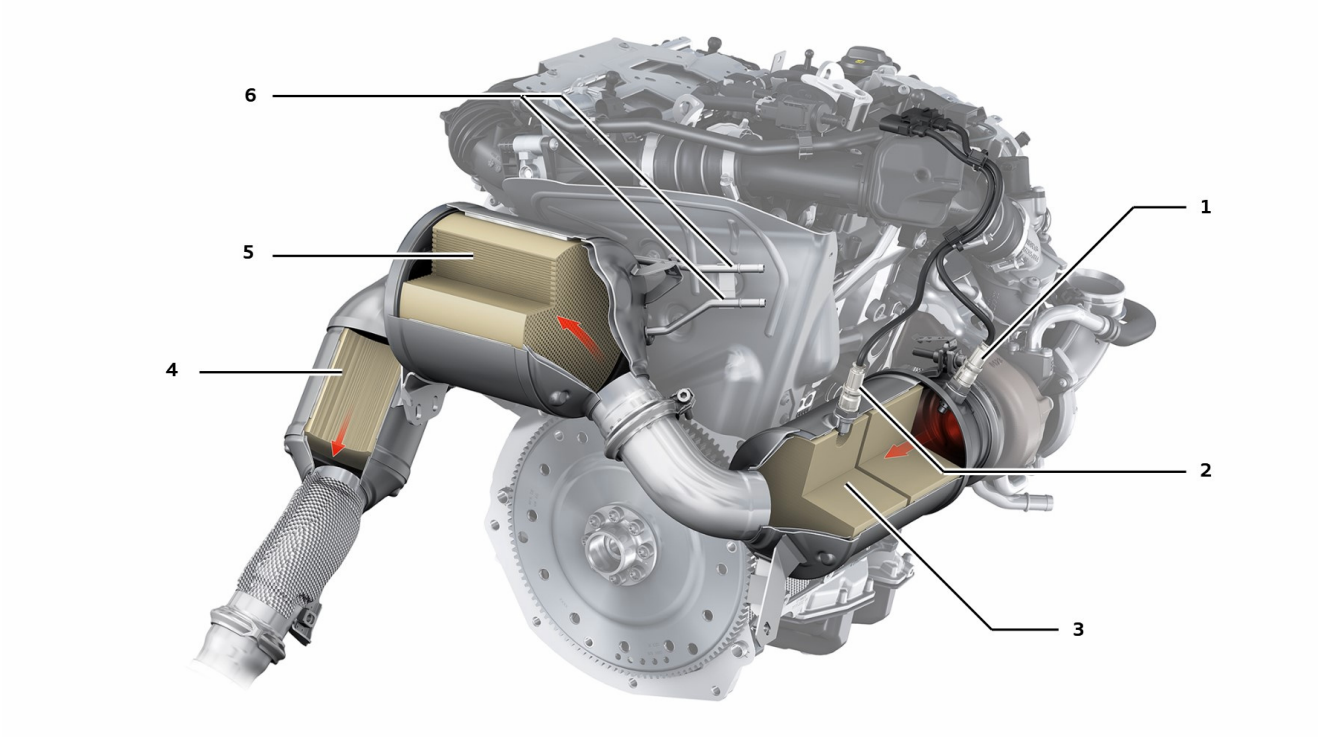


632_132

Legende

1 Lambdasonde 1 vor Katalysator GX10
2 Lambdasonde 1 nach Katalysator GX7
3 Katalysator
4 Otto-Partikelfilter
5 Anschlüsse für Differenzdruckgeber für Partikelfilter G1037

Anordnung der Abgasreinigung in der PPC für SULEV-Anwendungen



694_096

Legende

1 Lambdasonde 1 vor Katalysator GX10
2 Lambdasonde 1 nach Katalysator GX7
3 Katalysator *2-Brick-System* ↗
4 Katalysator
5 Otto-Partikelfilter
6 Anschlüsse für Differenzdruckgeber für Partikelfilter G1037

Systemübersicht Sensoren und Aktoren

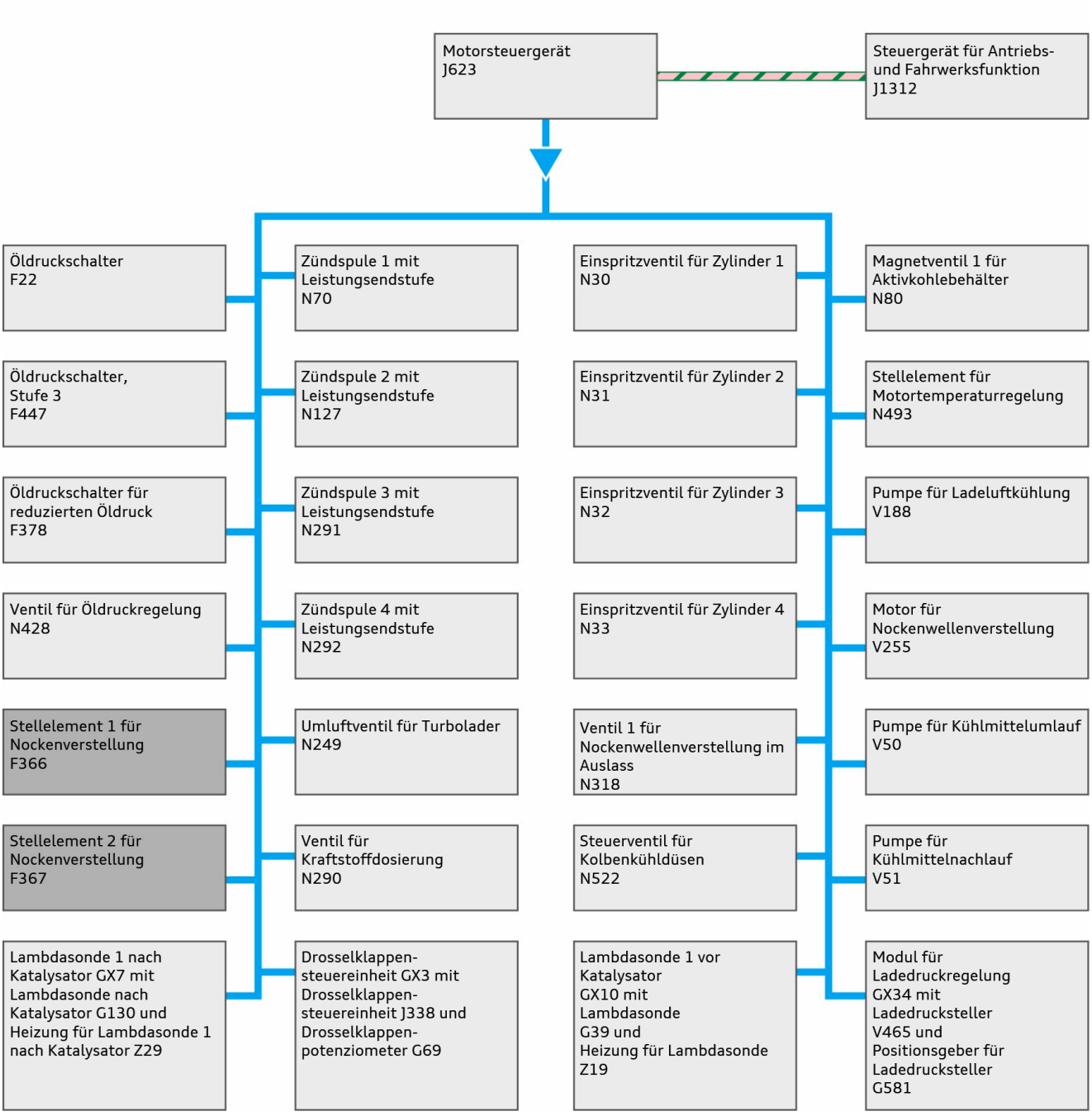
Systemübersicht Sensoren und Aktoren

Vernetzung des Motorsteuergerätes J623 im Fahrzeug

Beispiel Audi A5 (Typ FU); Hier ist das Motorsteuergerät mittels FlexRay am Steuergerät für Antriebs- und Fahrwerksfunktion J1312 angeschlossen. Das J1312 kommuniziert im Fahrzeug über das J1273 Zentralsteuergerät für Datenbuskommunikation.

Genauere Einzelheiten dazu sind im SSP 688 "Audi A5 (Typ FU)" beschrieben.

Aktoren-Übersicht

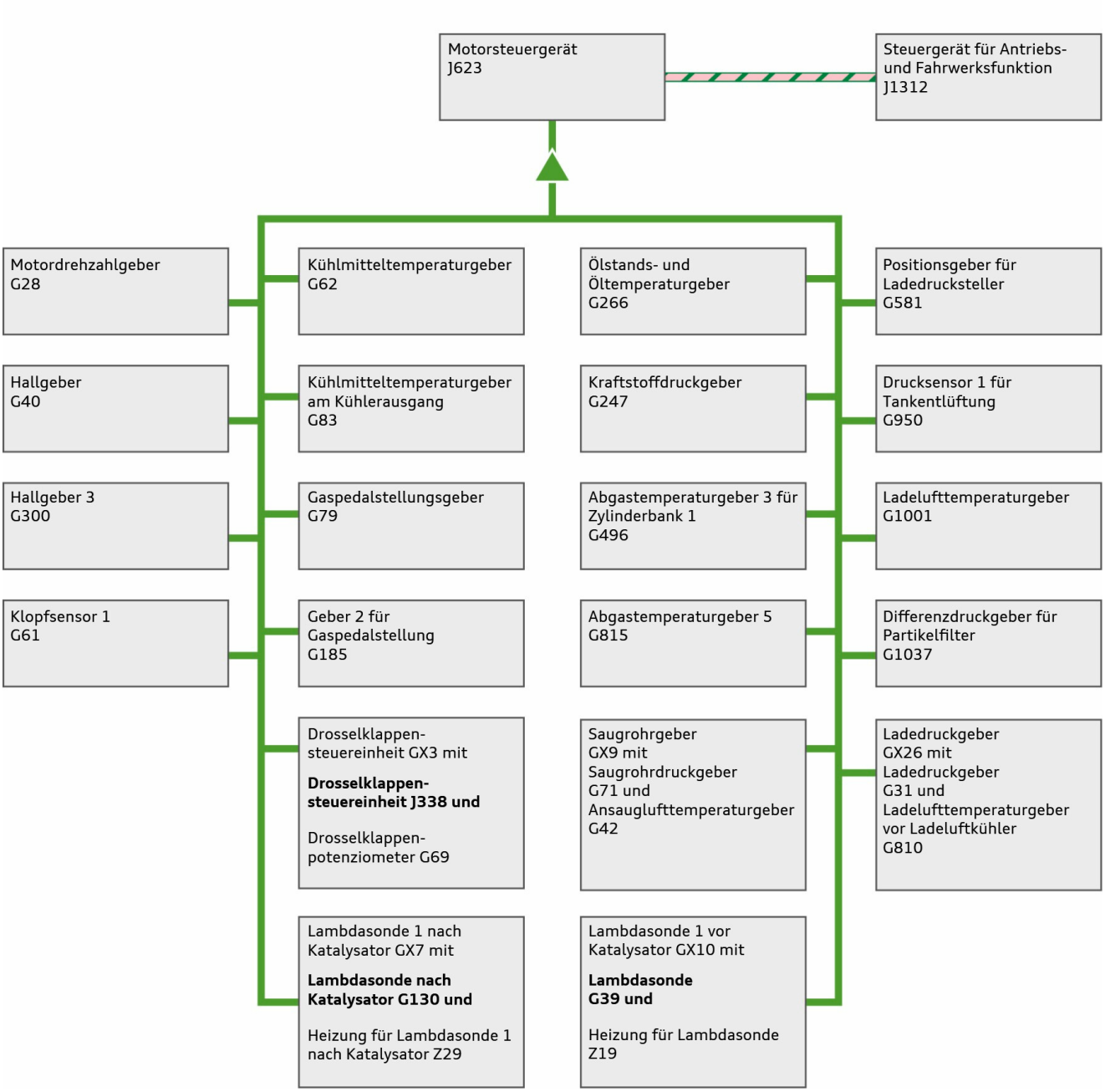


694_138

Legende

	Aktorenleitung		LK1-Motor
	FlexRay		LK2-Motor

Sensoren-Übersicht



694_139

Legende

	Aktorenleitung
	FlexRay

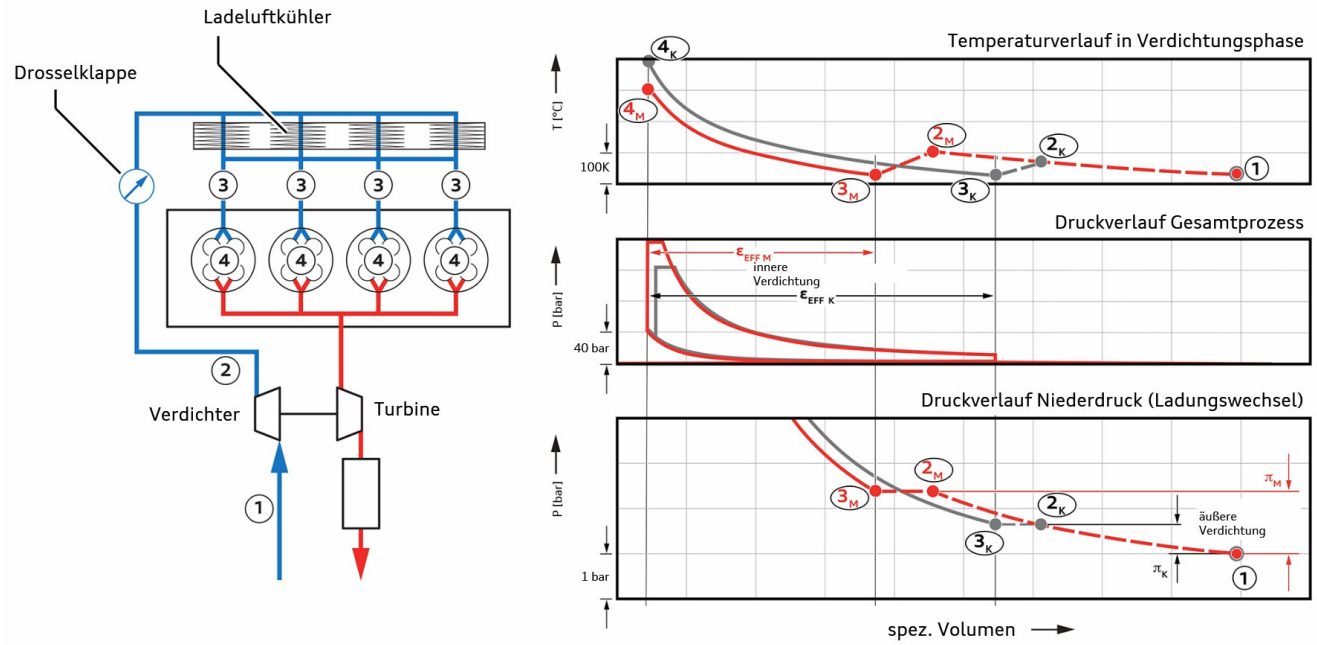
Erweitertes Miller-Brennverfahren

Im Vorgängermotor EA888 evo4 konnte nur beim LK1 das Miller-Brennverfahren umgesetzt werden. Die LK2-Motoren wurden noch mit konventionellen Brennverfahren betrieben. Mit der Einführung der VTG-Aufladung beim evo5 konnte eine noch stärkere Auslegung in Richtung des Wirkungsgrades der LK1 sowie die erstmalige Einführung des Miller-Brennverfahrens in der LK2 erfolgen.

Beide Leistungsklassen (LK1 und LK2) nutzen das Miller-Brennverfahren, um die Performance und Effizienz zu optimieren, ohne dass eine Anfettung notwendig ist. Alle EA888 evo5-Motoren werden im gesamten Kennfeldbereich mit Lambda = 1 betrieben.

Das Miller-Brennverfahren ermöglicht eine effizientere und leistungsstärkere Verbrennung, indem es die Klopfneigung reduziert und den Wirkungsgrad erhöht. Dies wird durch eine Kombination aus erhöhter äußerer Verdichtung und reduzierter innerer Verdichtung erreicht, unterstützt durch eine frühere Schließung der Einlassventile.

Die Grafik veranschaulicht diese Prozesse und zeigt die Unterschiede zwischen dem Miller-Brennverfahren beim EA888 evo5-Motor und dem konventionellen Brennverfahren.



694_082

Legende

M	Miller-Brennverfahren	**T**	Temperatur in °C
K	konventionelles Brennverfahren	**P**	Druck in bar
Punkt 1 - 2	äußere Verdichtung (durch Abgasturbolader)	**ε**	Epsilon (effektive Verdichtung)
Punkt 3 - 4	innere Verdichtung	**V**	Volumen

Detaillierte Erklärung

Wirkprinzip Miller-Brennverfahren

› Ein wesentlicher Punkt bezüglich Effizienz und Lambda = 1 Performance bei aufgeladenen Ottomotoren stellt die Klopfbegrenzung dar.

Klopfende Verbrennung

› Klopfen ist ein Problem bei höheren Lasten, dass durch lokale Selbstentzündungen des Kraftstoff-Luft-Gemisches verursacht wird. Je höher der Druck und die Temperaturen steigen, umso höher die Selbstzündungsgefahr.
Erreicht man die Klopfgrenze, wird der Zündzeitpunkt nach spät verschoben, wodurch auch die Verbrennung später startet. Der Energieumsatz im Zylinder findet bei einem größeren Zylindervolumen statt (der Kolben ist weiter entfernt vom oberen Totpunkt), was zu sinkenden Verbrennungsspitzentemperaturen führt. Damit wird jedoch die Nutzarbeit im Arbeitstakt kleiner und der Prozesswirkungsgrad sinkt. Gleichzeitigt steigt die Abgastemperatur, was zur Leistungsbegrenzung aufgrund der erforderlichen Randbedingung Lambda = 1 führt.
Die Klopfgrenze des Motors kann positiv beeinflusst werden, indem die Gas- bzw. Gemischtemperatur im Zylinder bereits vor dem Beginn der Verbrennung reduziert wird.

Miller-Verfahren

› Durch Nutzung des Miller-Verfahrens kann der Prozess so gesteuert werden, dass der Zylinderdruck und insbesondere die Zylindertemperatur in der kritischen Verbrennungsphase gesenkt werden.

Die Verdichtung des Frischgases erfolgt bei aufgeladenen Motoren in zwei Stufen, der äußeren Verdichtung in der Aufladeeinheit (z. B. im Verdichter eines Abgasturboladers Pkt. 1 – Pkt. 2) und der inneren Verdichtung während der Kompressionsphase im Zylinder (Pkt. 3 – Pkt. 4). Die Verdichtung, egal ob innere oder äußere, ist grundsätzlich mit einer Druck- und Temperaturerhöhung verbunden. Nach der äußeren Verdichtung findet eine Rückkühlung der Frischluft im Ladeluftkühler statt (Pkt. 2 – Pkt. 3).

Gelingt es nun, die äußere Verdichtung zu steigern (1 – 2 k → 1 – 2 M) und die innere Verdichtung (3 – 4 k → 3 M – 4 M) zu reduzieren, ändert sich der thermodynamische Prozess. Die Verdichtungsstarttemperatur im Zylinder ist aufgrund der Ladeluftkühlung unabhängig von der vorangegangenen stärkeren äußeren Verdichtung und bleibt somit auf dem gleichen Niveau (T3k = T3M). Im Zylinder erfolgt nun jedoch eine weniger starke Verdichtung und damit ist auch die Temperatur und der Druck am Ende der Verdichtung deutlich geringer (T4M < T4k).

Um die Reduktion der inneren Verdichtung praktisch umzusetzen, werden die Einlassventile des Zylinders beim Miller-Verfahren früher geschlossen. Der Kolben hat noch nicht den unteren Totpunkt erreicht, dadurch ist das Zylindervolumen beim Schließen kleiner als das maximale Zylindervolumen. Motoren mit konventioneller Auslegung schließen die Einlassventile im unteren Totpunkt des Kolbens, also bei maximalem Zylindervolumen. Die effektive Verdichtung ist das Volumenverhältnis von Verdichtungsbeginn zu Verdichtungsende ($\varepsilon_{eff} = V_{Start} / V_{Ende}$). Wenn also das Kompressionsstartvolumen (V_{Start} – V3M < V3k) kleiner wird und das Kompressionsendvolumen (Zylindervolumen im oberen Totpunkt V_{Ende} – V4M = V4k) unverändert bleibt, sinkt die effektive Verdichtung im Zylinder und damit Druck und Temperatur vor der Verbrennung.

Zusammenfassend gilt somit:

Miller-Steuerzeiten ermöglichen die Reduktion der effektiven inneren Verdichtung im Zylinder. Um dies auszugleichen, muss die äußere Verdichtung im Auflade-Aggregat erhöht werden, wobei die Temperatur nach Ladeluftkühlung gleichbleibt. Im Ergebnis sinken Druck und Temperatur am Verdichtungsende, es reduziert sich die Klopfbegrenzung, es steigt der Wirkungsgrad und es sinkt die Abgastemperatur. Die sinkende Abgastemperatur führt wiederum zur Steigerung der Lambda = 1-Volllast.

Alternativ kann die Verbesserung der Klopfrandbedingungen auch zu einer Erhöhung der geometrischen Verdichtung genutzt werden, um den Wirkungsgrad in weiten Kennfeldbereichen zu verbessern (siehe LK1). Darüber hinaus wird durch Steuerzeiten mit frühem Schließen der Einlassventile in der Teillast des Motors eine Entdrosselung realisiert, die zur Reduzierung der aufzubringenden Ladungswechselarbeit, damit zur Steigerung der Nutzarbeit und letztlich ebenfalls zur Wirkungsgraderhöhung beiträgt.

Spezialwerkzeuge und Betriebseinrichtungen

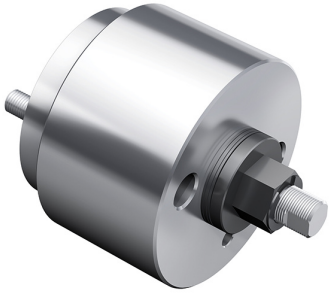
Adapter T40433/2A - V04 025 023 A



694_097

Der Adapter T40433/2A wird zusammen mit dem Montagewerkzeug T40433 zum Ausbau der Kraftstoffinjektoren benötigt. Die Technik setzt mit dem 2,0l-TFSI-Motor EA888 evo5 ein.

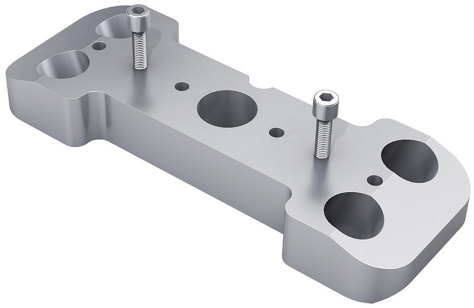
Montagevorrichtung T40465 - V03 839 142 CN



694_098

Die Montagevorrichtung T40465 dient zum Einbau des Geberrades an der Kurbelwelle beim 2,0l-TFSI-Motor EA888 evo5.

VAS 5161A/46 Führungsplatte



694_099

Die Führungsplatte VAS 5161A/46 wird zum Ausbau der Ventilkeile beim 2,0l-TFSI-Motor EA888 evo5 verwendet.

Montagewerkzeug T40503 - V04 025 024 HM

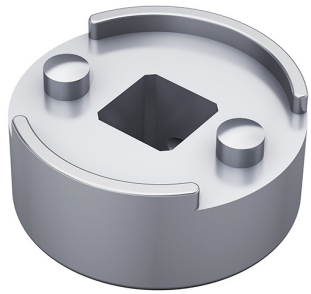


694_100

Zum Aus- und Einbau einer Zentrierhülse am 4/3-Wegeventil an der Nockenwelle.

Erstanwendung: 2,0l-TFSI-Motor EA888 evo5

Montagewerkzeug T10352/5 - V04 025 023 PT

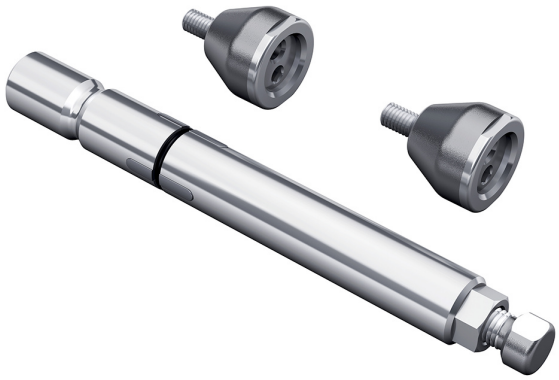


694_101

Zum Aus- und Einbau des 4/3-Wegeventils an der Nockenwelle

Erstanwendung: 2,0l-TFSI-Motor EA888 evo5

Montagevorrichtung T10531/5-/6 - V03 839 310 LB



694_102

Zubehör zu T10531:

Demontage und Montage des Schwingungsdämpfers in Verbindung mit der Montagevorrichtung T10531 am 4-Zylinder-Direkteinspritzer 2,0l 4V TFSI

Absteckstift T40504/1 - V04 025 024



694_103

Zum Abstecken des Kettenspanners des Ausgleichswellen-Kettentriebs.

Absteckstift T40504/2 - V04025024M



694_104

Zum Abstecken des Kettenspanners des Nockenwellenwellen-Kettentriebs.

T40463 Ringeinsteckwerkzeug SW14 - V03 839 142 CQ



694_105

Das Ringeinsteckwerkzeug T40463 dient zum Aus- und Einbau des Turboladers beim 2,0l-TFSI-Motor EA888 evo5.

T40262/1 Steckeinsatz



694_106

Der Steckeinsatz T40262/1 wird zusammen mit dem Ratschenringschlüssel SW21 T40263 zum Wechsel des Keilriemens benötigt. Die Technik setzt mit Einsatz 2.0 TFSI (EA888 GenV) Motor und 48 V-System ein.

Wird somit auch für die Wartung benötigt.

Glossar

Zu allen Begriffen in diesem Selbststudienprogramm, die kursiv und mit einem Pfeil ↗ gekennzeichnet sind, finden Sie hier eine Erklärung.

↗ 2-Brick-System

Ein Katalysator mit einem 2-Brick-System bezieht sich auf eine Konfiguration, bei der zwei separate Katalysatoreinheiten (Bricks) in einem Gehäuse verwendet werden. Diese Konfiguration wird häufig in modernen Abgasreinigungssystemen eingesetzt, um die Effizienz der Schadstoffreduzierung zu maximieren.

Hier sind die Hauptmerkmale eines 2-Brick-Systems:

- *Erster Brick:*
  Dieser Katalysator ist in der Regel ein Drei-Wege-Katalysator, der Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickoxide (NOx) in weniger schädliche Gase wie Kohlendioxid (CO2), Wasser (H2O) und Stickstoff (N2) umwandelt.
- *Zweiter Brick:*
  Dieser Katalysator kann ein zusätzlicher Drei-Wege-Katalysator oder ein spezieller Katalysator wie ein SCR (Selective Catalytic Reduction) sein, der speziell für die Reduktion von NOx-Emissionen entwickelt wurde.

Das 2-Brick-System ermöglicht eine effizientere und umfassendere Abgasreinigung, da die Schadstoffe in mehreren Stufen behandelt werden. Dies ist besonders wichtig, um die strengen Emissionsstandards zu erfüllen, die in vielen Ländern vorgeschrieben sind.

↗ BLDC-Motor

Ein bürstenloser Gleichstrommotor, auch als BLDC- oder EC-Motor bekannt, ist eine spezielle Art von Elektromotor. Im Gegensatz zu herkömmlichen Gleichstrommotoren, die Bürsten zur Kommutierung verwenden, nutzt ein BLDC-Motor eine elektronische Schaltung. Dies ermöglicht eine genauere Steuerung und erhöht die Effizienz des Motors.

Der Aufbau eines BLDC-Motors ähnelt dem einer Synchronmaschine. Der Rotor enthält Permanentmagnete, während der feststehende Stator die Spulen beherbergt. Diese Spulen erzeugen ein rotierendes Magnetfeld, das den Rotor antreibt und somit das Drehmoment erzeugt.

Die Kommutierung, also das Umschalten der Stromrichtung, wird durch eine elektronische Steuerung durchgeführt. Diese schaltet die Spulen nacheinander ein und aus, wodurch eine Art pulsierende Gleichspannung entsteht. Dabei ist immer eine Spule ausgeschaltet, während die anderen beiden aktiv sind.

BLDC-Motoren werden in vielen Bereichen eingesetzt, wie zum Beispiel in der Robotik, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt sowie in der Fertigungstechnik. Sie sind bekannt für ihre hohe Leistung, Präzision und Kompaktheit.

↗ Dreistofflager

Durch die Kombinationen der Beschichtung sind die Lager besonders geeignet für anspruchsvolle Anwendungen, bei denen hohe Belastungen, Temperaturen und geringe Reibung entscheidend sind.

1. **Stahlrücken**
   Er dient als stabile Basis und bietet die notwendige Festigkeit und Steifigkeit für das Lager.
2. **AlSnSi-Lagermaterial**
   Diese Aluminium-Zinn-Silizium-Legierung bietet eine gute Tragfähigkeit und Verschleißfestigkeit. Sie ist besonders geeignet für Anwendungen mit hohen Belastungen und Temperaturen.
3. **MoS2-Polymerbeschichtung**
   Molybdändisulfid (MoS2) ist ein Festschmierstoff, der hervorragende Gleiteigenschaften und eine sehr niedrige Reibung bietet. Die Polymerbeschichtung sorgt für zusätzliche Schmierung und Schutz vor Verschleiß, was die Lebensdauer des Lagers verlängert.
4. **PTFE-Polymerbeschichtung**
   Polytetrafluorethylen (PTFE) ist bekannt für seine hervorragenden Antihaft- und Gleiteigenschaften. Die Beschichtung reduziert die Reibung und den Verschleiß, was die Lebensdauer des Lagers verlängert.

↗ Evolventische Verzahnung

Eine evolventische Verzahnung ist eine besondere Art von Zahnrädern, die vor allem im Maschinenbau verwendet wird. Die Zähne dieser Zahnräder haben eine spezielle Form, die einer Evolventenkurve folgt. Diese Kurve entsteht, wenn man eine gerade Linie von einem Kreis abrollt.

↗ Fehlercodes

P001000 / Fehlersetzbedingung:
Das Motorsteuergerät detektiert eine offene Ansteuerleitung zum Motor für Nockenwellenverstellung V255
Funktionale Einschränkungen: Einlassnockenwellenverstellung ist eingeschränkt. Es kann über die zugehörige NW-OBD2-Diagnose zum Motornotlauf führen. Abgaswarnleuchte (MIL) an.
P208800 / Fehlersetzbedingung:
Das Motorsteuergerät detektiert einen Kurzschluss nach Masse einer Ansteuerleitung zum V255.
Funktionale Einschränkungen: keine Einlassnockenwellenverstellung mehr, Motornotlauf, MIL an.
P208900 / Fehlersetzbedingung:
Das Motorsteuergerät detektiert einen Kurzschluss nach Batterie einer Ansteuerleitung zum V255.
Funktionale Einschränkungen: keine Einlassnockenwellenverstellung mehr, Motornotlauf, MIL an / Fehlfunktionen / mechanischer Fehler

P151900 / Fehlersetzbedingung:
Positionsregler des V255 meldet ungewöhnlich hohe Kräfte beim Verstellen der Einlassnockenwelle.
Funktionale Einschränkungen: Komfortstart nicht mehr möglich. Der Startvorgang dauert länger.
P25DF00 / Fehlersetzbedingung:
Positionsbestimmung der Nockenwelle über Nockenwellen Positionssensor (Hallgeber G40) und der Positionsbestimmung aus dem V255 ist unplausibel.
Funktionale Einschränkungen: Komfortstart nicht mehr möglich. Der Startvorgang dauert länger.

↗ Kolbenbolzen

Kolbenbolzen mit DLC-Beschichtung (Diamond-Like Carbon) bieten mehrere Vorteile, die ihre Verwendung in modernen Motoren attraktiv machen:

1. **Reduzierte Reibung:**
   Die DLC-Beschichtung hat einen sehr niedrigen Reibungskoeffizienten, was die Reibung zwischen den beweglichen Teilen erheblich verringert. Dies führt zu einer effizienteren Motorleistung und einem geringeren Kraftstoffverbrauch.
2. **Erhöhte Verschleißfestigkeit:**
   DLC ist extrem hart und widerstandsfähig gegen Verschleiß. Dies verlängert die Lebensdauer der Kolbenbolzen und reduziert die Notwendigkeit für häufige Wartungen.
3. **Korrosionsbeständigkeit:**
   Die Beschichtung schützt die Kolbenbolzen vor Korrosion, was besonders in anspruchsvollen Betriebsumgebungen von Vorteil ist.
4. **Gewichtsreduktion:**
   Durch die Verwendung von DLC-beschichteten Kolbenbolzen können oft schwerere Lagerbuchsen weggelassen werden, was zu einer Gewichtsreduktion führt. Dies kann die Gesamtleistung des Motors verbessern.
5. **Höhere Temperaturbeständigkeit:**
   DLC-Beschichtungen können hohen Temperaturen standhalten, was sie ideal für den Einsatz in Hochleistungsmotoren macht.

Diese Vorteile machen DLC-beschichtete Kolbenbolzen besonders geeignet für den Einsatz in modernen, leistungsstarken und effizienten Motoren.

↗ Kupfer-Nickel-Zinn-Legierung

Die Kupfer-Nickel-Zinn-Legierung hat folgende Eigenschaften

1. **Hohe Festigkeit und Härte**
   Die Kombination von Kupfer, Nickel und Zinn verleiht der Legierung eine hohe mechanische Festigkeit und Härte, was sie ideal für Anwendungen macht, die hohen Belastungen ausgesetzt sind.
2. **Gute Verschleißfestigkeit**
   Die Legierung ist sehr verschleißfest, was ihre Lebensdauer in mechanischen Anwendungen verlängert.
3. **Korrosionsbeständigkeit**
   Nickel und Zinn verbessern die Korrosionsbeständigkeit der Legierung, was sie besonders geeignet für den Einsatz in aggressiven Umgebungen macht.
4. **Gute Gleiteigenschaften**
   Diese Legierung bietet gute Gleiteigenschaften, was die Reibung reduziert und somit die Effizienz von beweglichen Teilen erhöht.
5. **Temperaturbeständigkeit**
   Die Legierung kann hohen Temperaturen standhalten, was sie ideal für Anwendungen in Hochtemperaturumgebungen macht.
   Diese Eigenschaften machen CuNi6Sn6 besonders geeignet für den Einsatz in hochbelasteten Lagern, Buchsen und anderen mechanischen Komponenten, die sowohl hohe Festigkeit als auch gute Korrosionsbeständigkeit erfordern.

↗ Lanchester-Ausgleich

Der Lanchester-Ausgleich, bestehend aus zwei Ausgleichswellen, dient bei Reihenvierzylinder-Viertakt-Hubkolbenmotoren dazu, die freien Massenkräfte zweiter Ordnung zu beseitigen. Er ist nach dem britischen Ingenieur Frederick W. Lanchester (1868–1946) benannt.

Quelle: Wikipedia

Lanchester-Ausgleich

↗ Light-off-Zeiten

Die Light-off-Temperatur ist die Temperatur, bei der ein Katalysator beginnt, effektiv Schadstoffe im Abgas umzuwandeln. Genauer gesagt, ist es die Temperatur, bei der 50 % des thermodynamisch möglichen Umsatzes eines Schadstoffs (z. B. Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NOx)) im Katalysator erreicht wird.

Die Light-off-Temperatur ist entscheidend für die Effizienz der Abgasnachbehandlung, insbesondere beim Kaltstart des Motors, wenn die Abgastemperaturen noch niedrig sind.

Ein schnelleres Erreichen der Light-off-Temperatur bedeutet, dass der Katalysator früher beginnt, Schadstoffe zu reduzieren, was die Emissionen verringert.

Die Light-off-Temperatur beim Dreiwegekatalysator beträgt ca. 300 °C.

Mögliche Maßnahmen, die die Light-off-Zeit verringern können:

› Innermotorische Maßnahmen: Verzögerte Zündung, Kraftstoffnacheinspritzung

- Außermotorische Maßnahmen: Elektrische Heizkatalysatoren (E-Heater), Kraftstoffnachdosierung (HC-Dozer), Chemische Wärmespeicher (CWS)
- Weitere Maßnahmen: Optimierung des Thermomanagements, Verwendung von Materialien mit niedrigerer Light-off-Temperatur

↗ Oldham-Kupplung

Eine Oldham-Kupplung, auch bekannt als Kreuzschlitz- oder Kreuzschieberkupplung, ist eine mechanische Komponente, die verwendet wird, um einen Radialversatz zwischen zwei parallelen Wellen auszugleichen. Sie besteht aus drei Hauptteilen: zwei äußeren Scheiben, die an den Wellen befestigt sind und einer dazwischenliegenden Scheibe, die das Drehmoment überträgt.

Die Funktionsweise der Oldham-Kupplung basiert auf einer Nut-Feder-Verbindung, bei der die mittlere Scheibe zwei rechtwinklig zueinander angeordnete Leisten hat, die in die Nuten der äußeren Scheiben greifen. Diese Konstruktion ermöglicht es der Kupplung, axiale und radiale Versätze sowie leichte Winkelversätze auszugleichen.

Ein Vorteil der Oldham-Kupplung ist ihre einfache Montage und die Fähigkeit, elektrische Isolation zwischen den Wellen bereitzustellen, wenn die mittlere Scheibe aus Kunststoff besteht.

Quelle: Wikipedia

Oldham-Kupplung

↗ PPC-Plattform

Die PPC-Plattform bei Audi steht für Premium Platform Combustion. Es handelt sich um ein Plattform-Baukastensystem für das Premium-Segment von Verbrennerfahrzeugen des VW-Konzerns. Diese Plattform ermöglicht es, verschiedene Fahrzeugmodelle mit Ottomotoren, Dieselmotoren und auch Plug-In-Hybriden zu bauen.

Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.

Copyright
AUDI AG
I/VH-53
service.training@audi.de

AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
Technischer Stand 03/2025