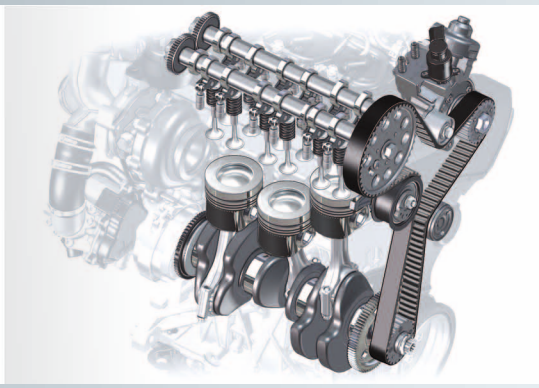
**Selbststudienprogramm 640**
Nur für den internen Gebrauch



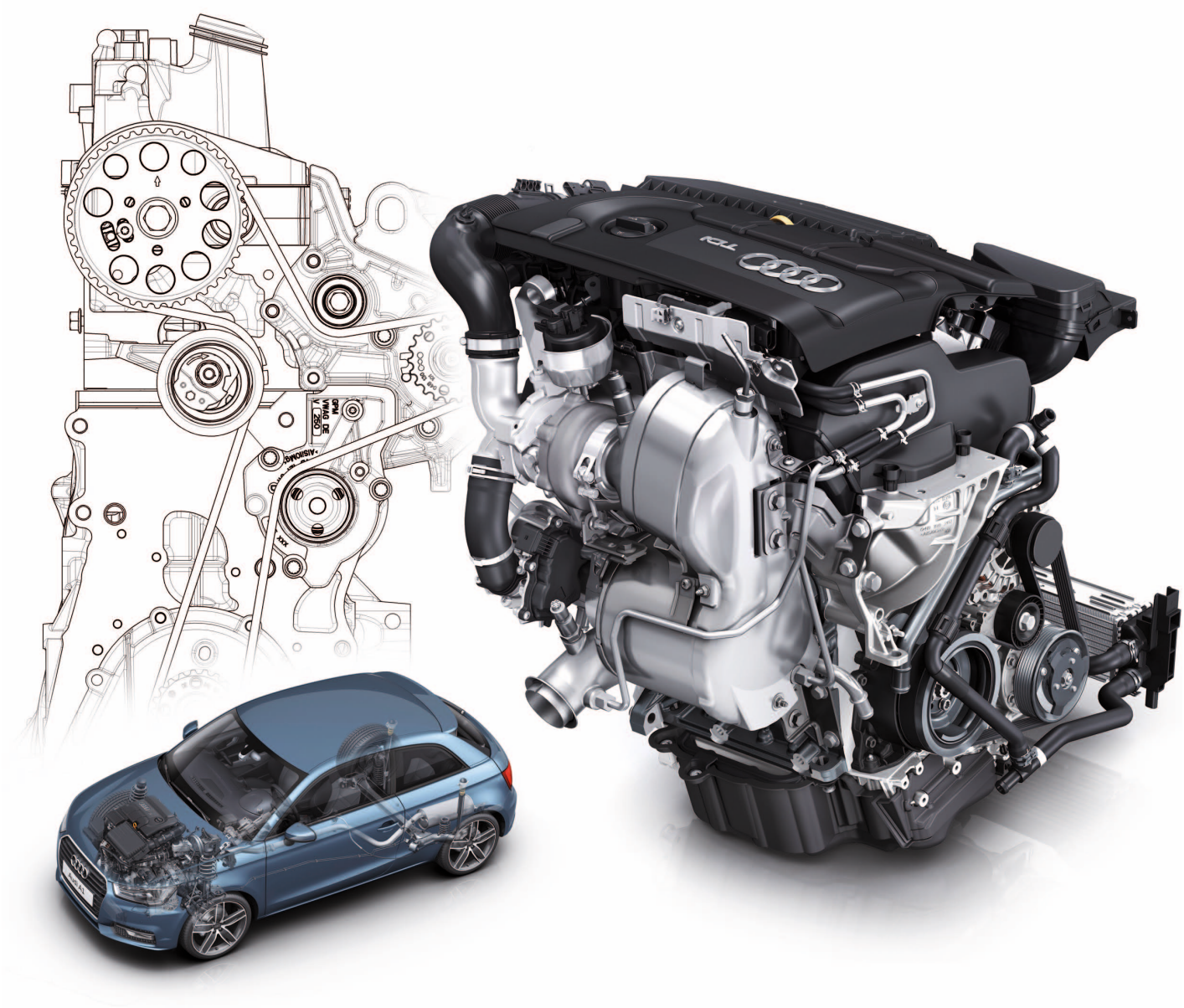



# Audi 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor Baureihe EA288

Audi
Service Training

Die neue modulare Generation von TDI®-Motoren schafft eine einheitliche Basis für Dieselmotoren der Baureihe EA288. Nach Einführung des MDB (Modularer Diesel Baukasten) mit der 4-Zylinder-Variante wird die Baureihe EA288 nun durch den neuen 3-Zylindermotor erweitert.

Dieser Motor mit 1,4 Litern Hubraum rundet die breite Palette der Dieselaggregate von Audi nach unten ab.
Einen Schwerpunkt der Entwicklungsaktivitäten stellte die $CO_2$-Reduzierung dar, überdies erfüllt der 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor die Abgasnorm EU6.



640_002

**Lernziele dieses Selbststudienprogramms:**

Dieses Selbststudienprogramm beschreibt Konstruktion und Funktion des 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motors. Wenn Sie dieses Selbststudienprogramm durchgearbeitet haben, sind Sie in der Lage, folgende Fragen zu beantworten:

- Aus welchem Material bestehen die Zylinderlaufbuchsen?
- Welche Bauteile sind im Ausgleichswellenmodul integriert?
- Welche Einspritzventile werden verbaut?
- Wie hoch ist der Rücklaufdruck am Einspritzventil?

# Inhaltsverzeichnis


## Einleitung
Merkmale 4
Modulbauweise 5

## Motormechanik
Zylinderblock 7
Kurbelwelle 8
Kolben und Pleuel 8
Ausgleichswellenmodul 9

## Ölversorgung
Ölkreislauf 12
Ölpumpe 13

## Zylinderkopf
Übersicht 14
Ventiltrieb 16
Kühlmittelkanäle 16
Nockenwellenmodul 17

## Luftversorgung und Aufladung
Luftführung 18
Aufladung 19
Saugrohr mit Drallklappen 20
Abgasrückführung 21

## Kühlsystem
Thermomanagement 25
Schaltbare Kühlmittelpumpe 25
Systemübersicht 26

## Kraftstoffsystem
Systemübersicht 31
Kraftstoffördereinheit 32
Hochdruckpumpe 33
Einspritzventile 34

## Motormanagement
Systemübersicht (Audi A1 Modelljahr 2015) 36
Abgasanlage 38

## Anhang
Selbststudienprogramme 39


Das Selbststudienprogramm vermittelt Grundlagen zu Konstruktion und Funktion neuer Fahrzeugmodelle, neuen Fahrzeugkomponenten oder neuen Techniken.
**Das Selbststudienprogramm ist kein Reparaturleitfaden! Angegebene Werte dienen nur zum leichteren Verständnis und beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des SSP gültigen Datenstand. Die Inhalte werden nicht aktualisiert.**
Für Wartungs- und Reparaturarbeiten nutzen Sie bitte unbedingt die aktuelle technische Literatur.

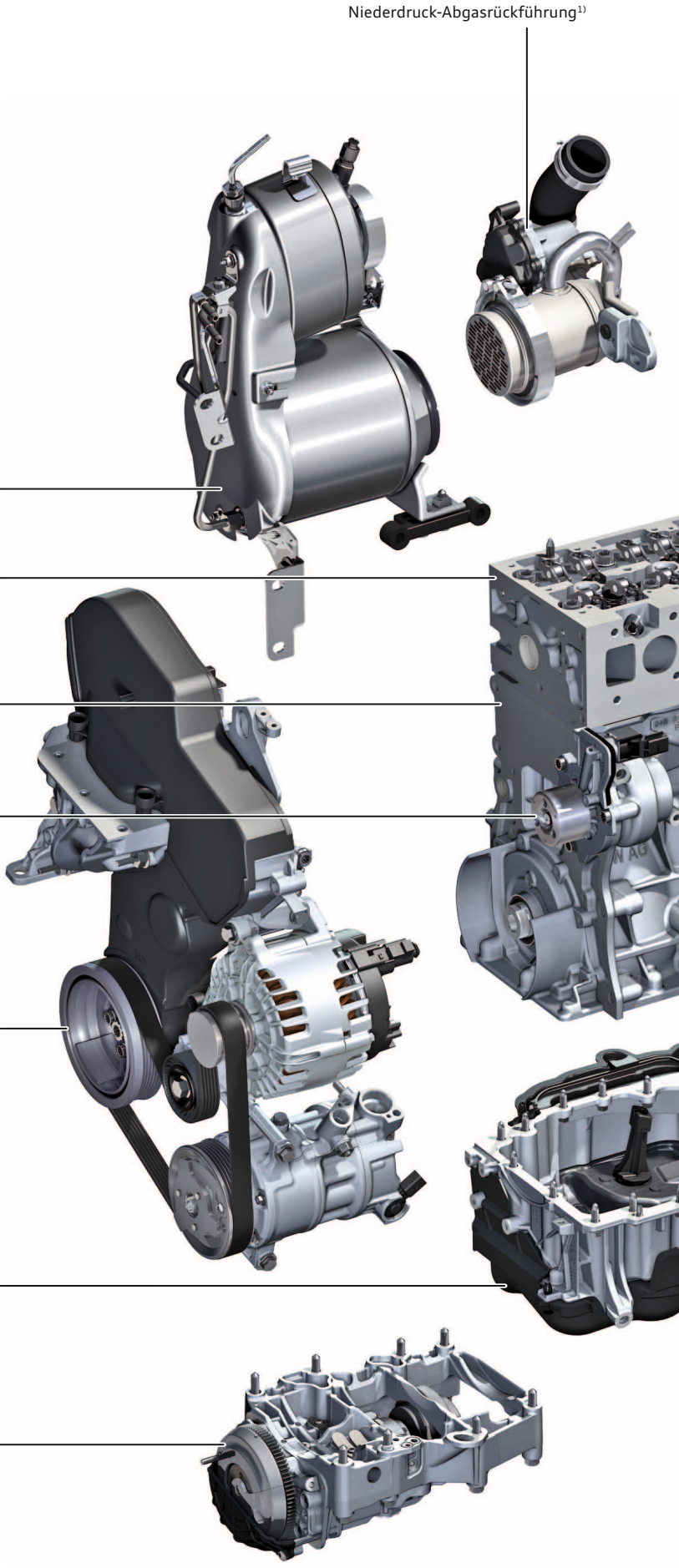
**Hinweis**

**Verweis**

# Einleitung

## Merkmale

- 3-Zylinder-Reihenmotor
- 4-Ventil-Technik, 2 oben liegende Nockenwellen (DOHC)
- Eine Einlass- und eine Auslassnockenwelle
- Zylinderblock in Aluminium-Druckguss ausgeführt
- Abgasturboaufladung mit indirekter Ladeluftkühlung und Abgasturbolader mit verstellbarer Turbinengeometrie (VTG)
- Zahnriemensteuertrieb
- Saugrohr mit Drallklappen
- Ausgleichswellenmodul mit Öl- und Unterdruckpumpe
- Zweikreis-Abgasrückführung bestehend aus Hoch- und Niederdruck-Abgasrückführung

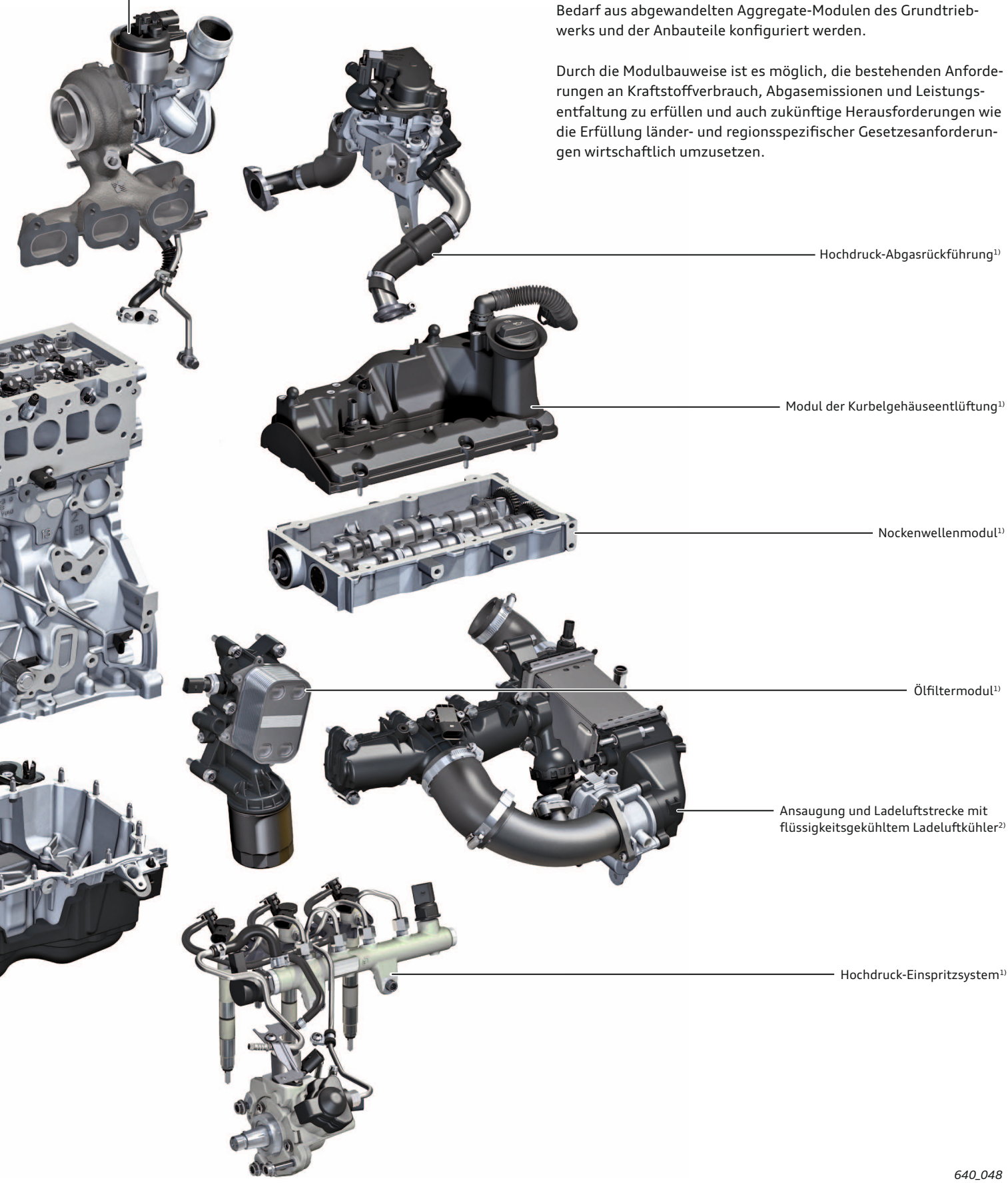



**Verweis**
Konstruktion und Funktion des Basismotors sind im Selbststudienprogramm 608 „Audi 1,6l- / 2,0l-4-Zylinder-TDI-Motoren“ beschrieben.

# Modulbauweise

Das Konzept des Modularen Dieselbaukastens der Baureihe EA288 basiert darauf, dass die Funktionseinheiten des Motors in Module unterteilt sind. Je nach Anforderung an Hubraum, Leistung, Abgasnorm und Fahrzeugklasse können die Motoren aus gleichen und bei Bedarf aus abgewandelten Aggregate-Modulen des Grundtriebwerks und der Anbauteile konfiguriert werden.

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

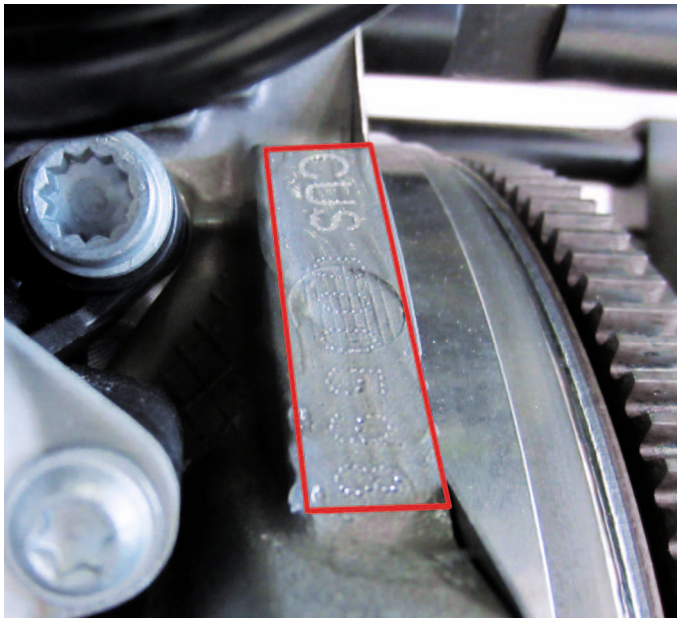



*640_048*

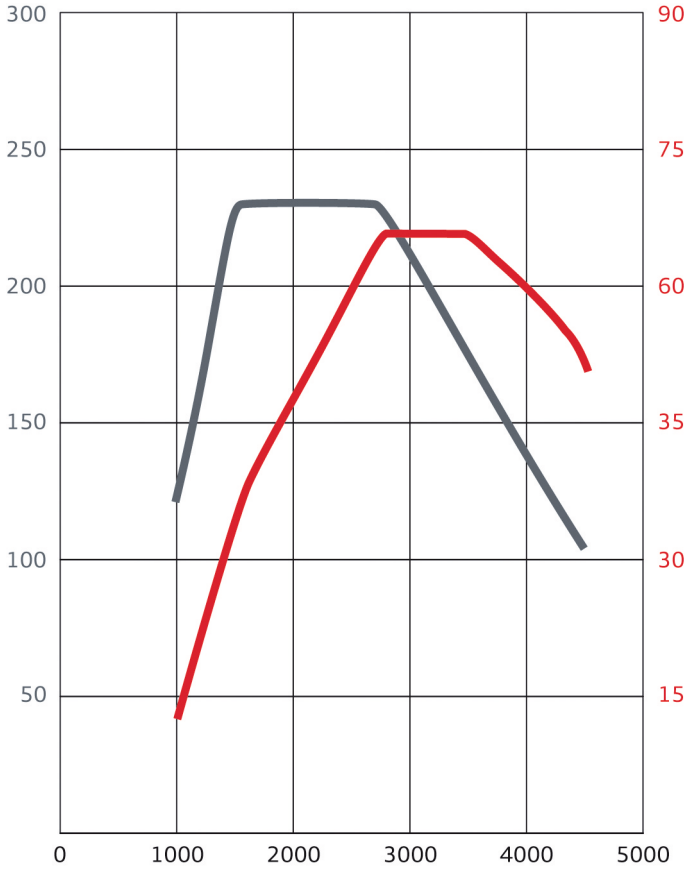
[1)] Module mit Synergien zum bestehenden Dieselbaukasten
[2)] Neu entwickelte Module

## Technische Daten

### Drehmoment-Leistungskurve




640_051




640_004

Der Motorkennbuchstabe befindet sich in Fahrtrichtung vorn links, unterhalb des Zylinderkopfs auf dem überstehenden Rand des Zylinderblocks.

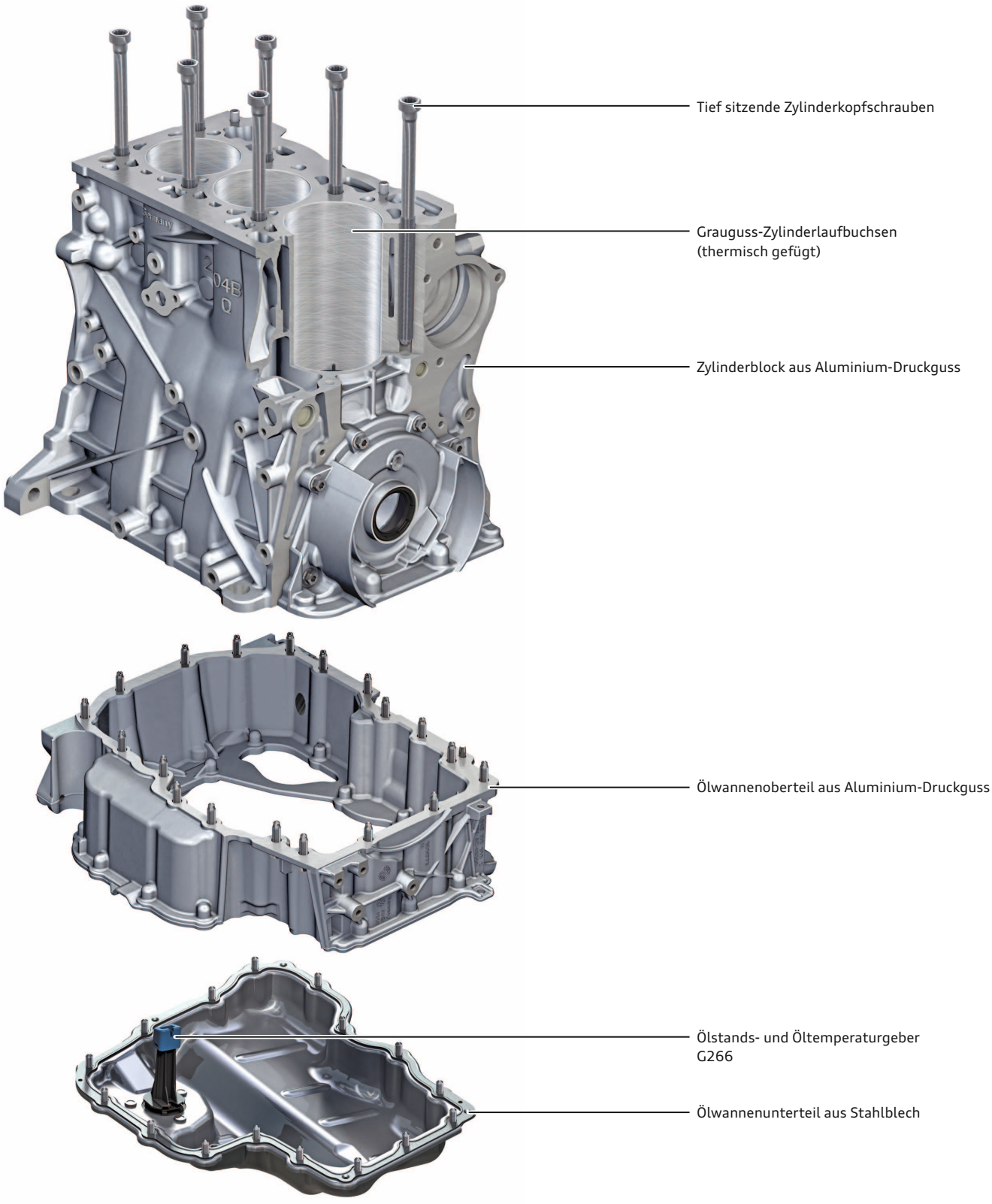
| Merkmale | Technische Daten |
|---|---|
| Motorkennbuchstabe | CUSB |
| Bauart | 3-Zylinder-Reihenmotor |
| Hubraum in $cm^3$ | 1422 |
| Hub in mm | 95,5 |
| Bohrung in mm | 79,5 |
| Anzahl der Ventile pro Zylinder | 4 |
| Zündfolge | 1–2–3 |
| Verdichtung | 16,1 : 1 |
| Leistung in kW bei 1/min | 66 bei 2750 – 3500 |
| Drehmoment in Nm bei 1/min | 230 bei 1500 – 2500 |
| Kraftstoff | Diesel nach EN 590 |
| Aufladung | Abgasturbolader mit verstellbarer Turbinengeometrie |
| Abgasreinigung | ▸ Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter<br>▸ Abgasrückführung mit Hoch- und Niederdruckbereich |
| Abgasnorm | EU 6 |
| $CO_2$-Emissionen in g/km | 89 (kombiniert) |

# Motormechanik

## Zylinderblock

Zur Gewichtsreduzierung wurde der Zylinderblock aus Aluminium-Druckguss (AlSi9Cu3) gefertigt. Allein durch die Werkstoffumstellung von Grauguss auf Aluminium konnte eine Gewichtsreduzierung erreicht werden. Als Zylinderlaufbuchse kommen thermisch gefügte Dünnwandbuchsen aus Grauguss (GJL 250) zum Einsatz. Dabei wird der Zylinderblock erwärmt, um sich ausdehnen zu können. Gleichzeitig werden die Zylinderlaufbuchsen stark abgekühlt, um sie zu schrumpfen.

Im Ergebnis ist der neue Motor 11 kg leichter als ein vergleichbarer Grauguss-3-Zylindermotor und sogar 27 kg leichter als der 1,6l-4-Zylinder-TDI-Motor. Das Prinzip der tiefsitzenden Zylinderkopfschrauben wurde von der Dieselmotoren-Baureihe EA288 übernommen. Die Kraftflussverteilung in der Struktur des Zylinderblocks und die Druckverteilung der Zylinderkopfdichtung werden dadurch verbessert.




*640_011*

## Kurbelwelle

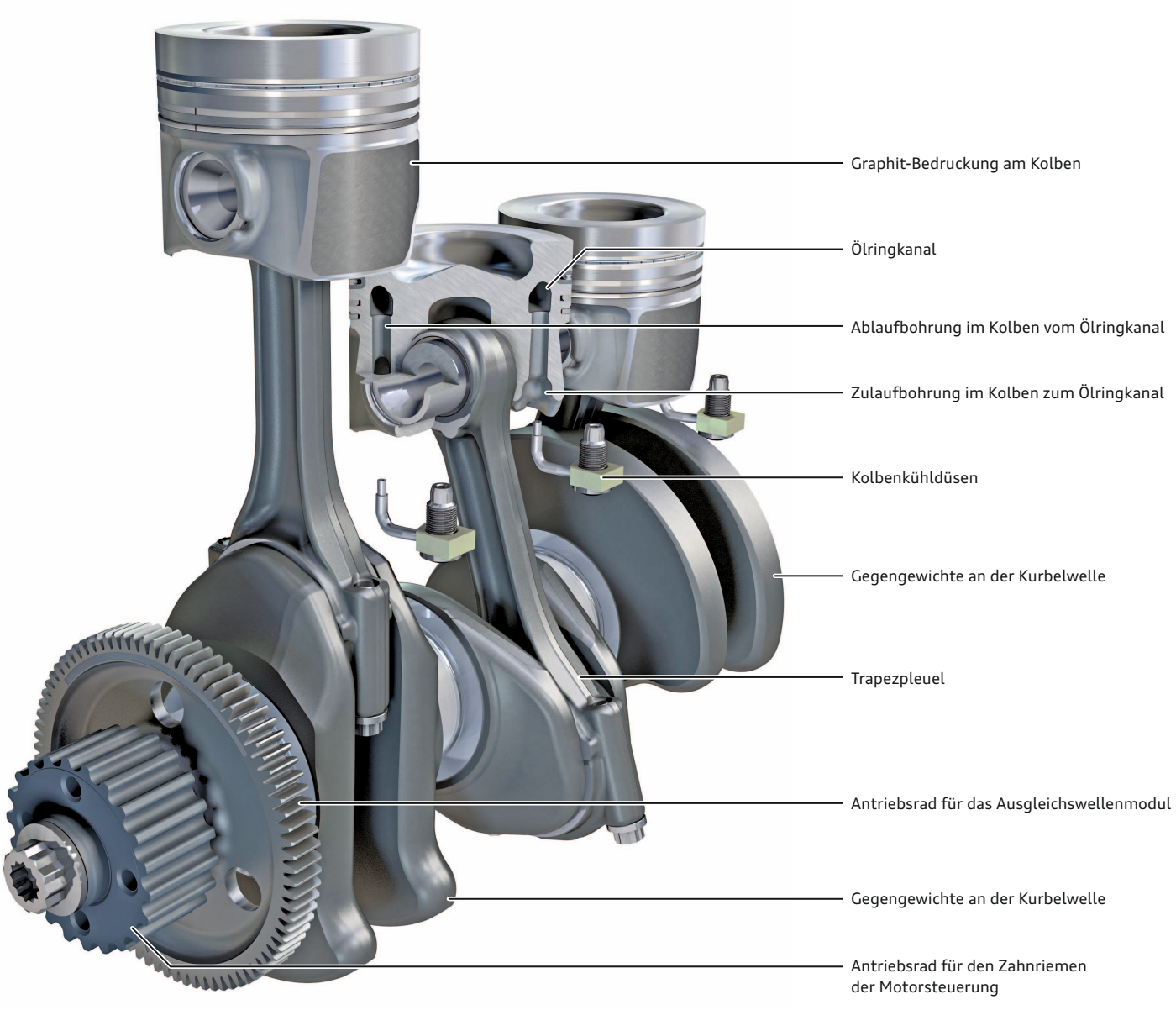
Die aus Stahl gefertigte Kurbelwelle ist 4-fach gelagert und besitzt 2 Gegengewichte zum Ausgleich der rotierenden Massenkräfte.

Zusätzlich wurde auf die Kurbelwelle an der Zahnriemenseite das Antriebszahnrad für den Antrieb des Ausgleichswellenmoduls aufgeschrumpft.

## Kolben und Pleuel

Die eingesetzten Kolben bestehen aus Aluminium. Sie besitzen einen Ölringkanal in der thermisch hochbelasteten Ringzone des Feuerstegs. Hier wird, während sich der Kolben in der UT-Stellung befindet, über eine Zulaufbohrung frisches, gekühltes Motoröl direkt in den Kolben eingespritzt.

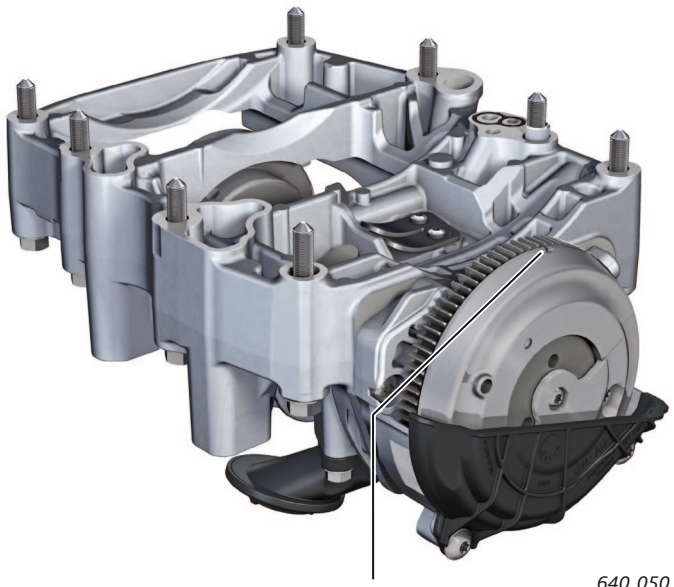
Gleichzeitig schiebt das frische Öl das aufgeheizte Öl aus dem Ringkanal zurück in die Ölwanne. Zur Reduzierung der Reibung werden die Kolben auf der zum Kippmoment gelegenen Seite mit Graphit bedruckt. Die Kolben sind über gecrackte Trapezpleuel an die Kurbelwelle angebunden.




*640_012*

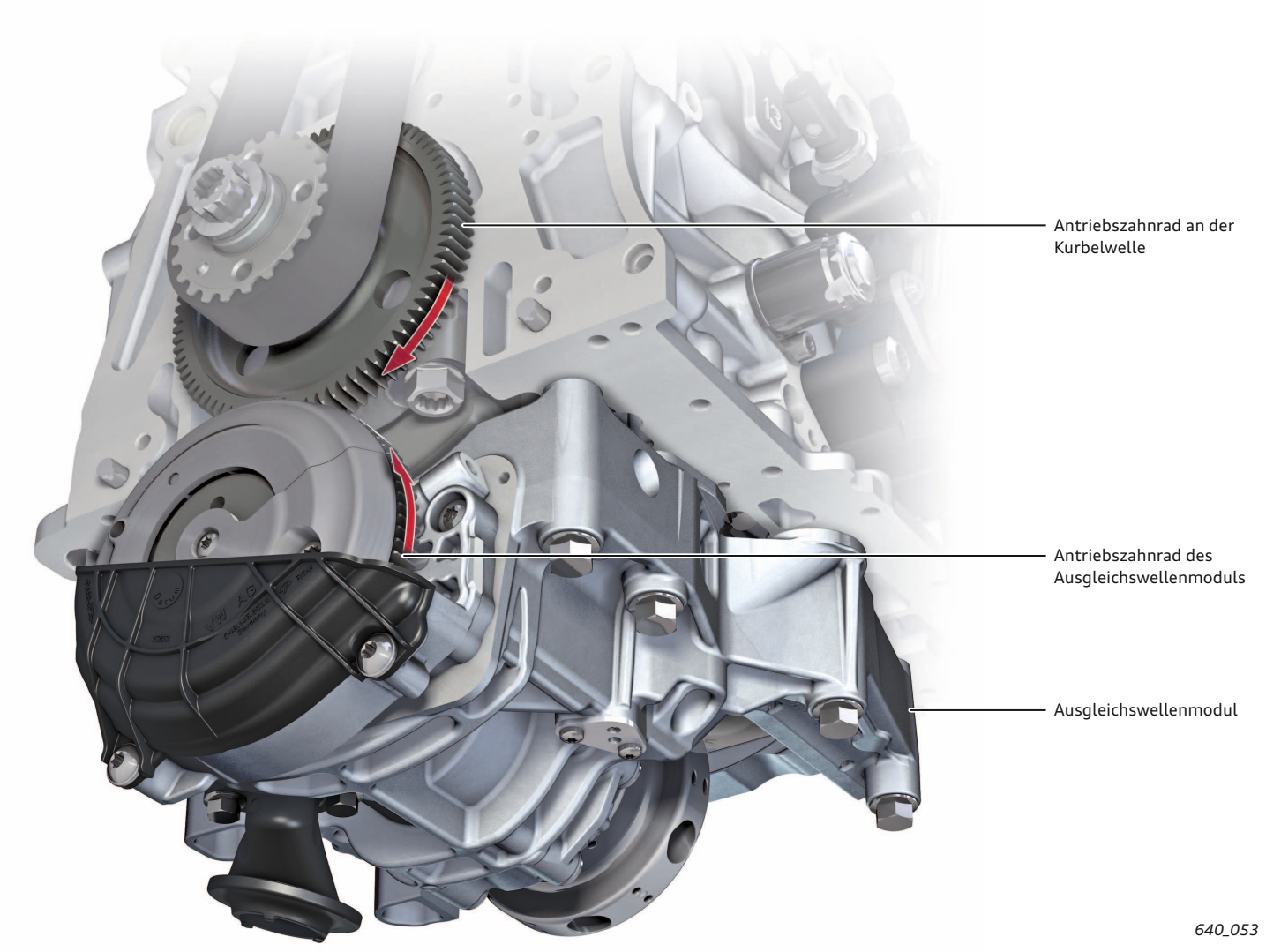
# Ausgleichswellenmodul

Zum Ausgleich der freien Massenmomente wird eine mit Motordrehzahl gegen die Kurbelwellendrehrichtung rotierende Ausgleichswelle verbaut.
Das Ausgleichswellenmodul ist direkt im Ölbad der Ölwanne am Zylinderblock verschraubt. Der Antrieb der Ausgleichswelle erfolgt über das Antriebsrad der Kurbelwelle.




640_050

## Antrieb



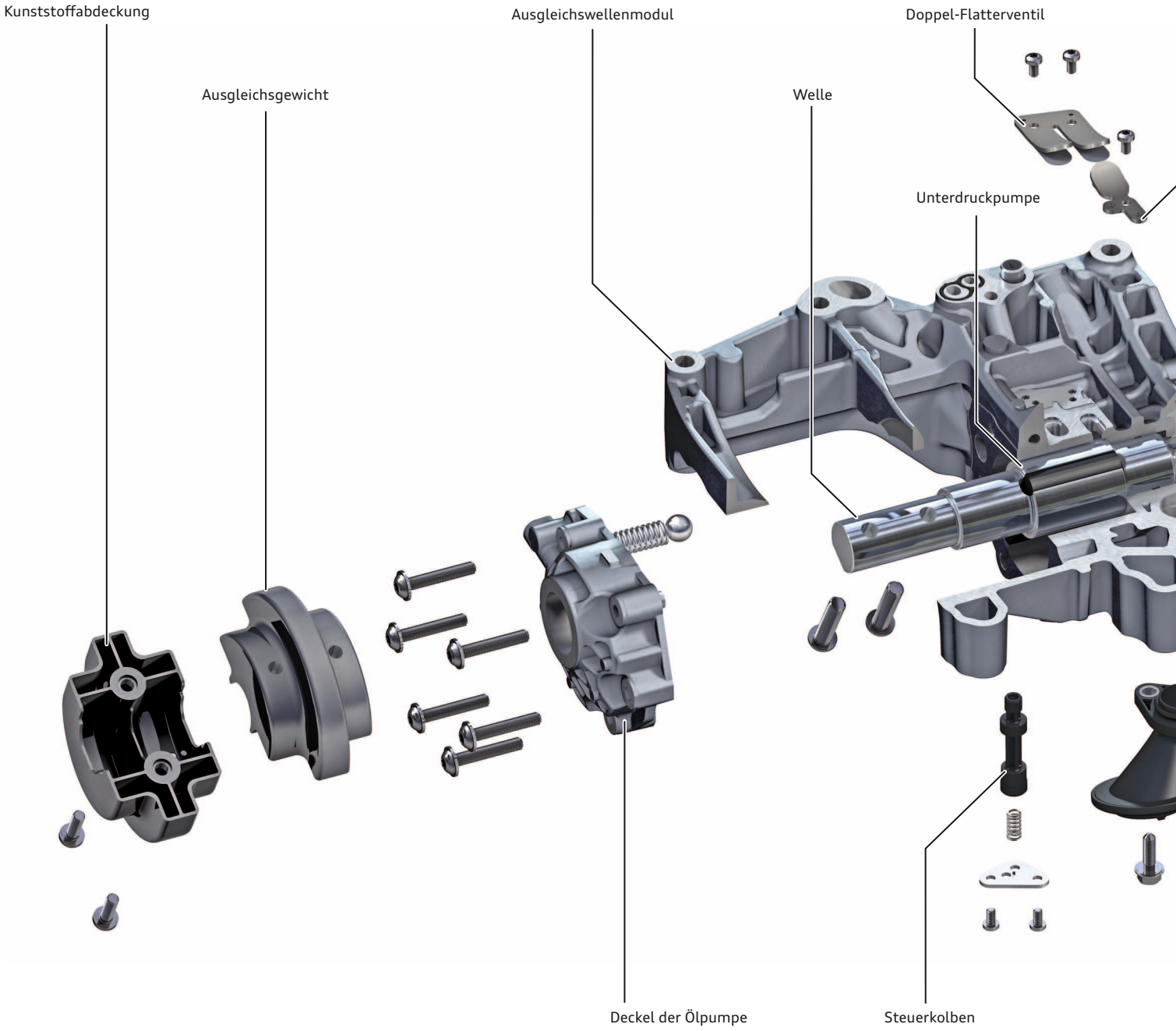

640_053

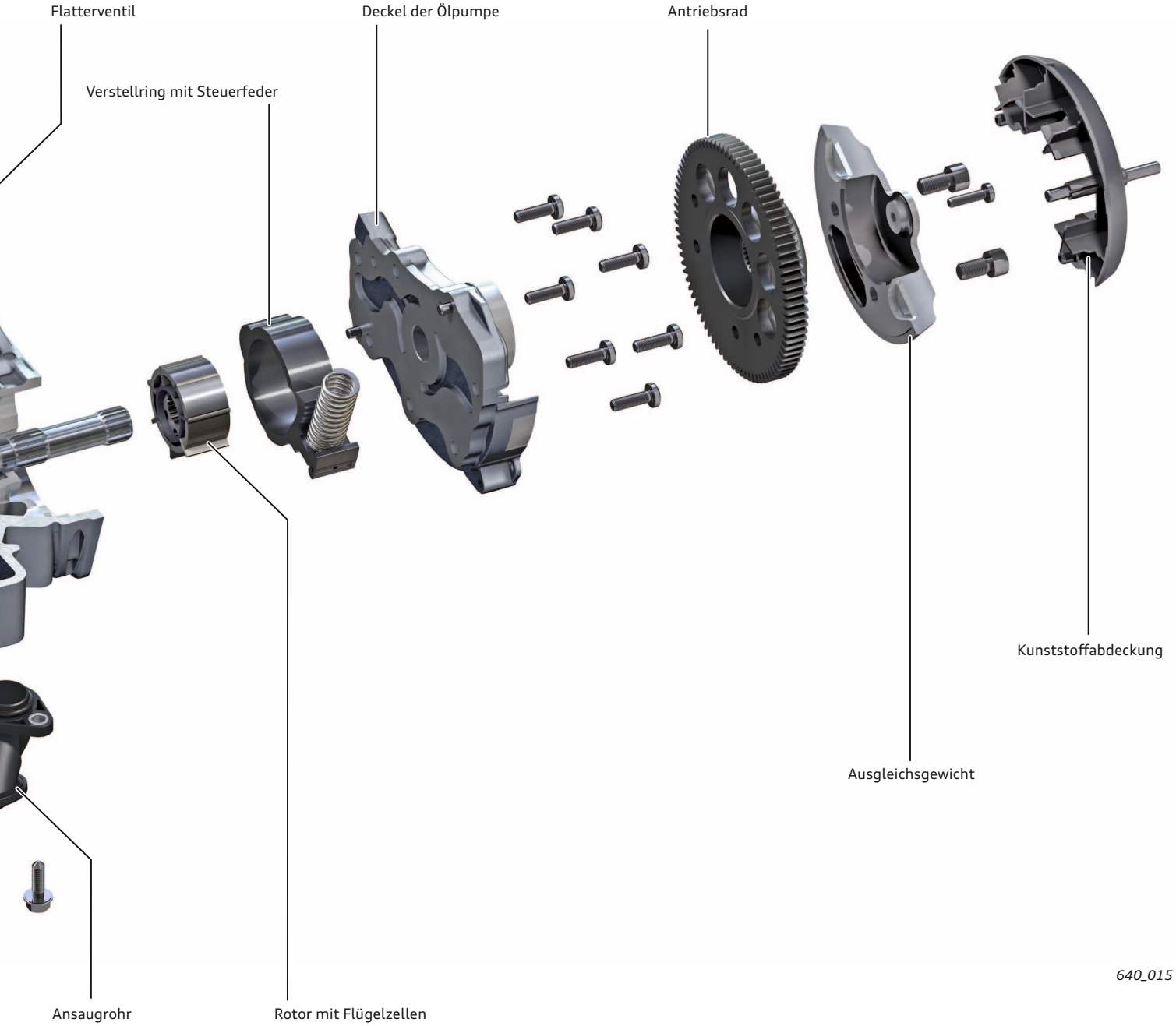
**Hinweis**
Das Antriebszahnrad des Ausgleichswellenmoduls ist mit einer Polymerbeschichtung versehen, über die das Zahnflankenspiel eingestellt wird. Mit zunehmender Laufzeit nutzt sich die Beschichtung ab. Ein Einstellen des Zahnflankenspiels ist ohne Beschichtung dann nicht mehr möglich. Deshalb muss das Ausgleichswellenmodul nach dem Ausbau ersetzt werden.

## Aufbau

Aus Platzgründen und um die Reibleistung gering zu halten, ist eine Ausgleichswelle mit integrierter Ölpumpe und Unterdruckpumpe verbaut.

Die Ausgleichsgewichte haben jeweils eine Kunststoffabdeckung auf der gegenüberliegenden Seite verbaut, durch die ein Aufschäumen des Motoröls verhindert wird.






*640_015*

**Unterdruckpumpe**

Die Unterdruckpumpe saugt über eine Unterdruckleitung und Kanäle des Zylinderblocks die Luft aus dem Bremskraftverstärker. Die abgesaugte Luft wird über Flatterventile in das Innere des Zylinderblocks geleitet und belüftet dessen Innenraum.

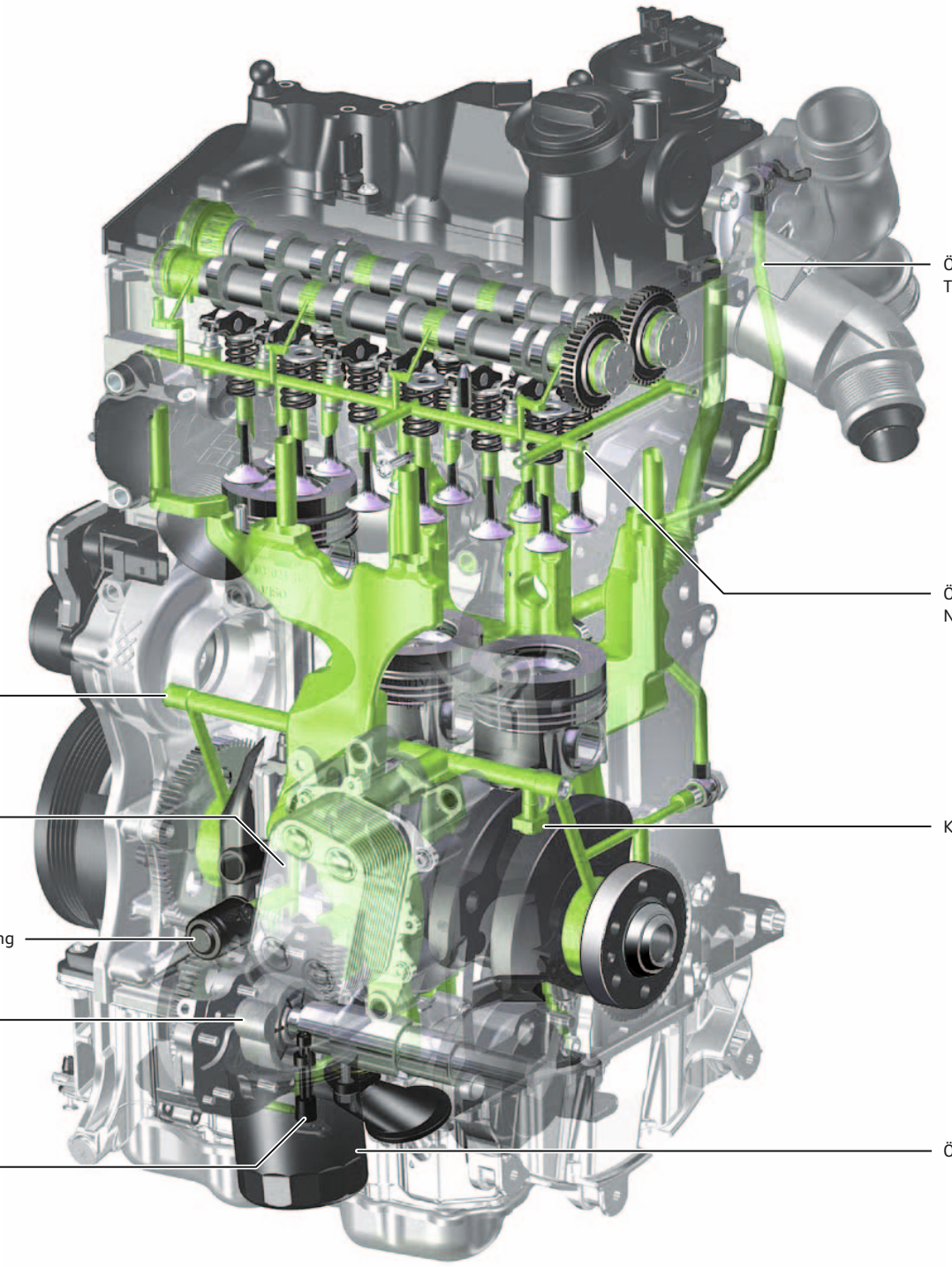
Anschließend wird diese Luft als Blow-by-Gas über die Motorentlüftung der Verbrennung zugeführt. Durch ein Doppel-Flatterventil wird ein ausreichend großer Querschnitt zum Ausschieben des Öls im Unterdruckpumpenraum realisiert. So werden die Antriebsmomente auch bei niedrigen Temperaturen gering gehalten.

# Ölversorgung

## Ölkreislauf

Über die im Ausgleichswellenmodul integrierte Ölpumpe wird der Motor mit den Bauteilen der Kurbelwelle, dem Zylinderkopf und dem Abgasturbolader mit der richtigen Ölmenge und dem notwendigen Öldruck versorgt.

Die Ölpumpe ist geregelt und wird in 2 festgelegten Stufen betrieben.




*640_018*

# Ölpumpe

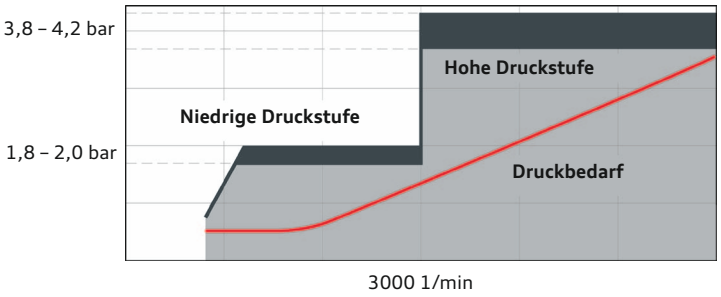
Die Pumpe ist eine Flügelzellenpumpe mit exzentrisch gelagertem Verstellring. Um die notwendige Antriebsleistung der Ölpumpe zu verringern, verfügt sie über eine Volumenstromregelung.
Die Fördercharakteristik kann über einen drehbar gelagerten Verstellring verändert werden.

Dieser kann über eine Steuerfläche mit Öldruck beaufschlagt und gegen die Kraft der Steuerfeder geschwenkt werden. Ein speziell geformtes Ansaugrohr sorgt dafür, dass das Motoröl aus der Ölwanne, selbst bei starker Querbeschleunigung des Fahrzeugs, sicher angesaugt wird.

## Öldruckregelung

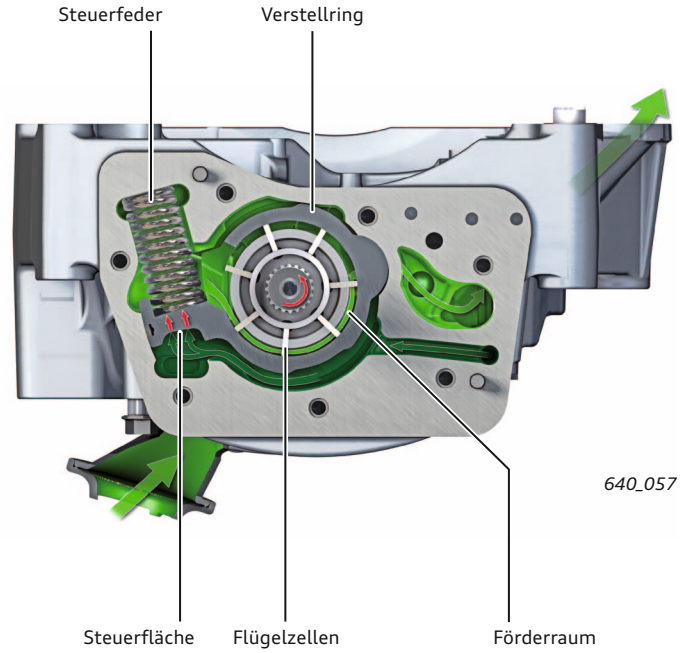
Die Ölpumpe arbeitet in 2 Druckstufen, die in Abhängigkeit der Motordrehzahl geschaltet werden:

- **Niedrige Druckstufe:** Öldruck 1,8 – 2,0 bar
- **Hohe Druckstufe:** Öldruck 3,8 – 4,2 bar



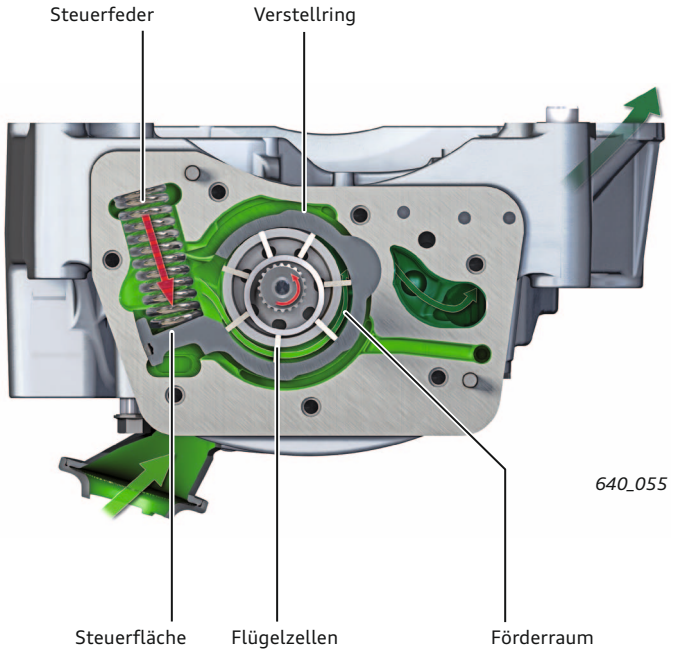

*640_019*

**Kleine Fördermenge**




*640_057*

**Große Fördermenge**




*640_055*

Im unteren Drehzahlbereich wird das unter Spannung (Kl. 15) stehende Ventil für Öldruckregelung N428 durch das Motorsteuergerät mit Masse beaufschlagt und gibt den geschalteten Ölkanal auf den Steuerkolben frei. Der Öldruck wirkt auf die Steuerfläche. Die daraus resultierende Kraft ist größer als die der Steuerfeder und schwenkt den Verstellring gegen den Uhrzeigersinn in das Zentrum der Flügelzellenpumpe, was den Förderraum zwischen den Flügelzellen verkleinert.
Das untere Druckniveau wird in Abhängigkeit von Motorlast, Motordrehzahl, Öltemperatur und weiteren Betriebsparametern geschaltet, womit die Antriebsleistung der Ölpumpe reduziert wird.

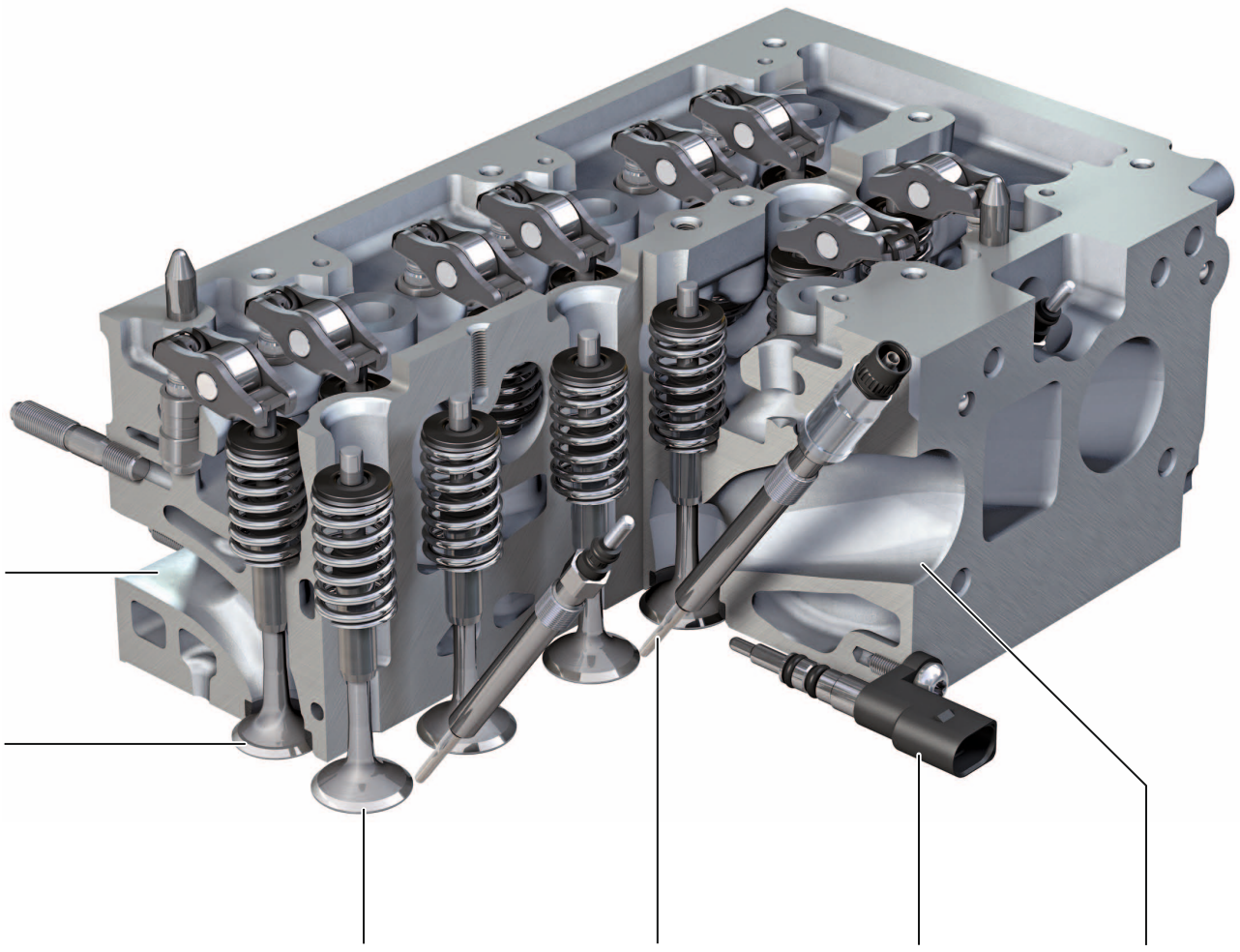
Im oberen Drehzahlbereich oder bei hoher Last (Volllast-Beschleunigung) wird das Ventil für Öldruckregelung N428 durch das Motorsteuergerät J623 vom Masseanschluss getrennt, so dass der geschaltete Ölkanal entlüftet wird. Der Verstellring schwenkt nun aus der Mittelposition und vergrößert den Förderraum zwischen den einzelnen Flügelzellen. Durch die Vergrößerung der Räume zwischen den Flügelzellen wird mehr Öl gefördert.

Dem höheren Ölvolumenstrom tritt durch die Ölbohrungen und das Lagerspiel der Kurbelwelle ein Widerstand entgegen, welcher den Öldruck ansteigen lässt. Somit konnte eine volumenstromgeregelte Ölpumpe mit 2 Druckstufen realisiert werden.

# Zylinderkopf

## Übersicht

Der Zylinderkopf des 3-Zylinder-TDI-Motors wird aus Aluminium gefertigt und basiert in seinen Grundzügen auf dem der Motoren-Baureihe EA288.




### Legende zur Abbildung auf Seite 15:

**1** Kraftstoffdruckgeber G247

**2** Kraftstoff-Hochdruckspeicher

**3** Regelventil für Kraftstoffdruck N276

**4** Spannpratzen

**5** Schlauch der Kurbelgehäuseentlüftung

**6** Einspritzventile

**7** Modul der Kurbelgehäuseentlüftung

**8** Zylinderkopfhaube

**9** Feinölabscheider der Kurbelgehäuseentlüftung (Swirls)

**10** Hallgeber G40

**11** Nockenwellenmodul

**12** Rollenschlepphebel (Einlassseite)

**13** Einlassventile

**14** Auslassventile

**15** Ladedruckgeber G31

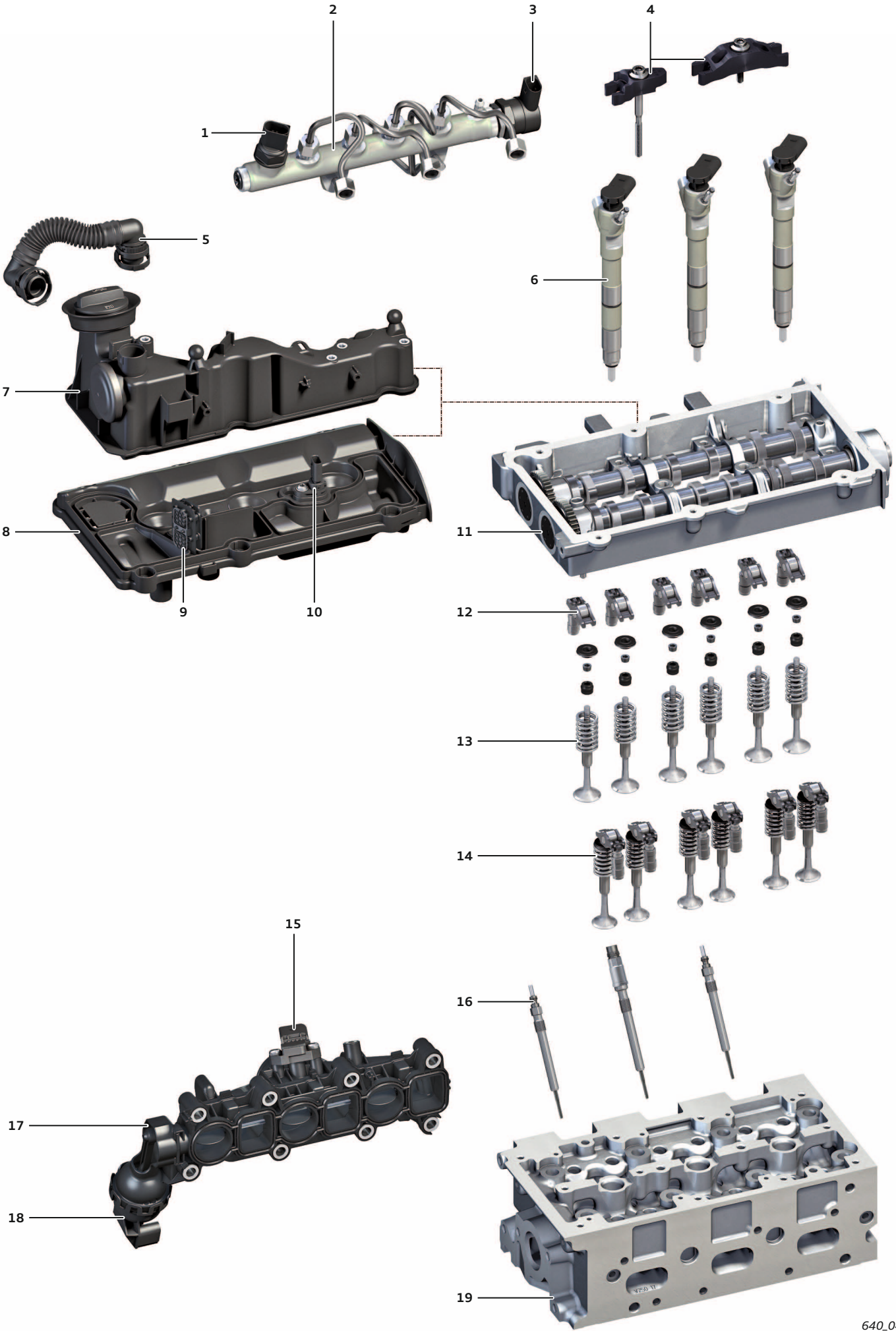
**16** Glühkerzen Q10, Q11, Q12

**17** Saugrohr mit Drallklappen

**18** Geber für Schaltsaugrohrposition G513

**19** Zylinderkopf

## Bauteile

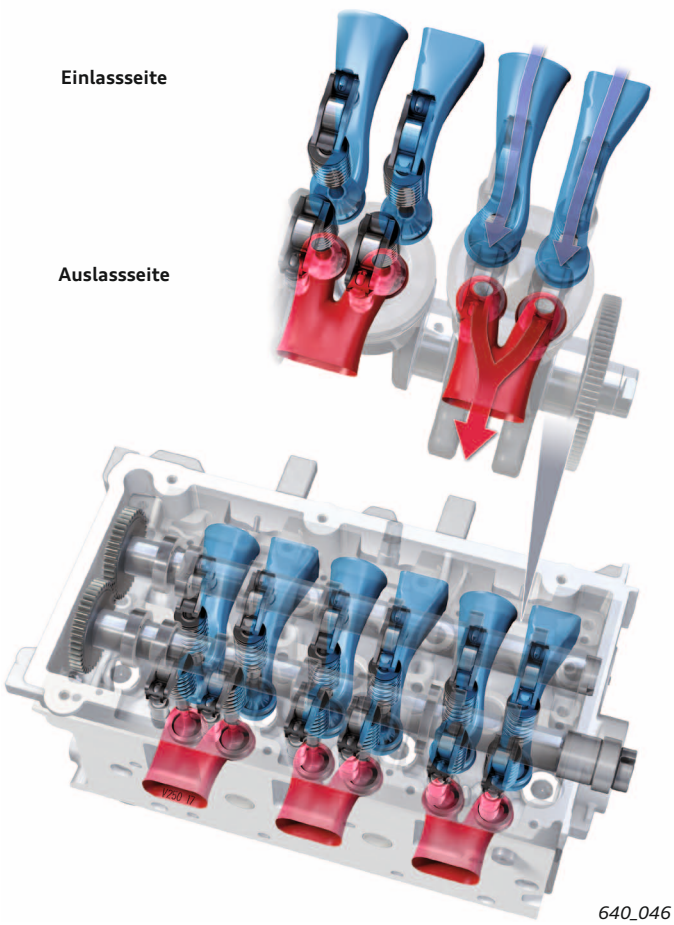



*640_044*

## Ventiltrieb

Die Ventiltriebskomponenten wurden unverändert übernommen. Im Vergleich zu den 4-Zylinder-Motoren der Baureihe EA288 besitzt der 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor jedoch keinen gedrehten Ventilstern. Hier kommt ein Ventilstern mit symmetrischer Anordnung zum Einsatz, bei dem sich die Einlassventile auf der Einlassseite und die Auslassventile auf der Auslassseite befinden.

Durch den Aufbau der parallel angeordneten Ventile und einem druckverlustoptimierten Einlasskanal wird eine gute Füllung erzielt. Mithilfe eines Schaltsaugrohrs und einer Sitzdrallphase am Einlasskanal konnte eine optimale Drallwirkung im Brennraum erzielt werden.

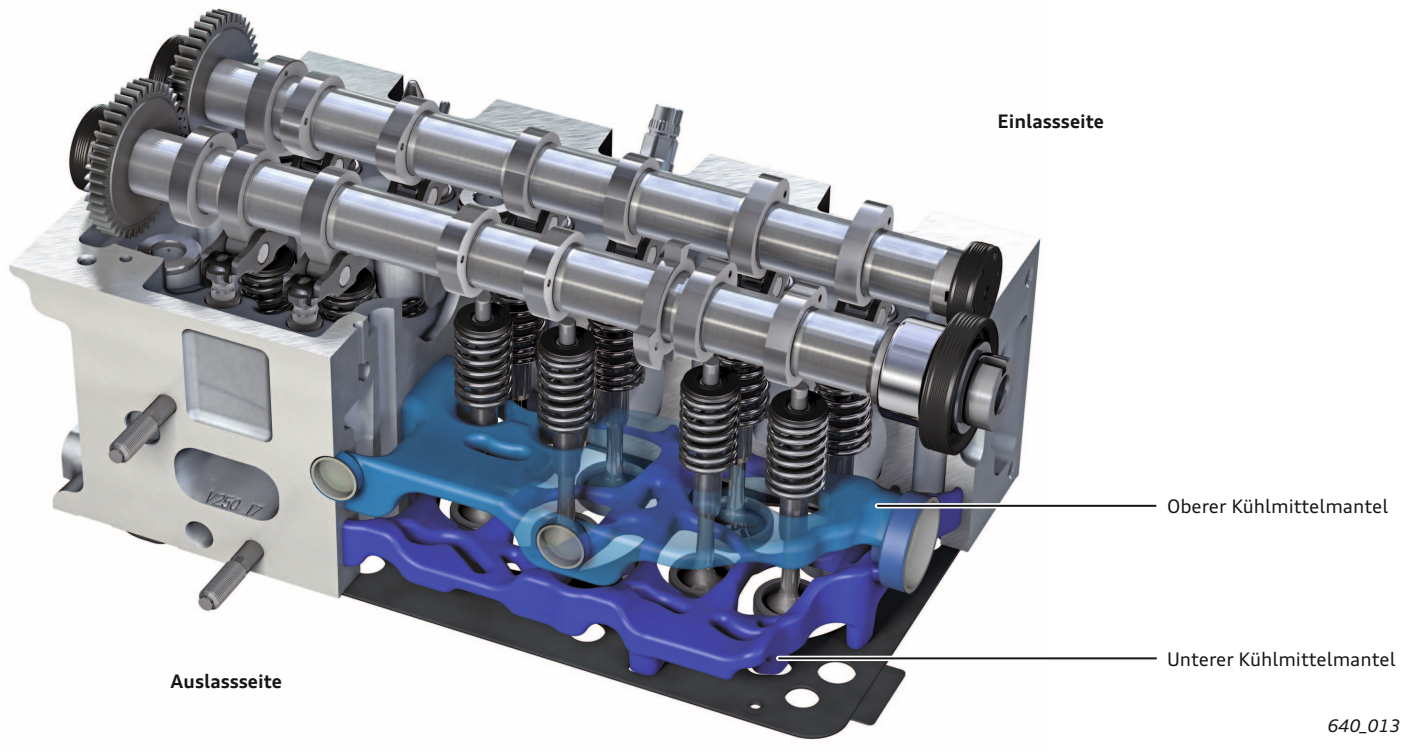



640_046

## Kühlmittelkanäle

Zur Erhöhung der Wärmeabfuhr im brennraumnahen Bereich wurde der Kühlmittelmantel in einen unteren und einen oberen Kühlmittelkern aufgeteilt. Durch eine Drosselbohrung wird der untere Teil des Kühlmittelkanals mit dem oberen verbunden. Dies hat den Vorteil, dass das Kühlmittel über den Brennraumplatten (Ventilbereich) schneller durchströmt als im oberen Teil.

Somit kann der Wärmeeintrag in den Zylinderkopf reduziert werden. Der Zylinderkopf verfügt über eine Querstromkühlung. Das heißt, das Kühlmittel kommt auf der Auslassseite nach oben in den Zylinderkopf und strömt dann quer durch den Zylinderkopf in Richtung Einlassseite.



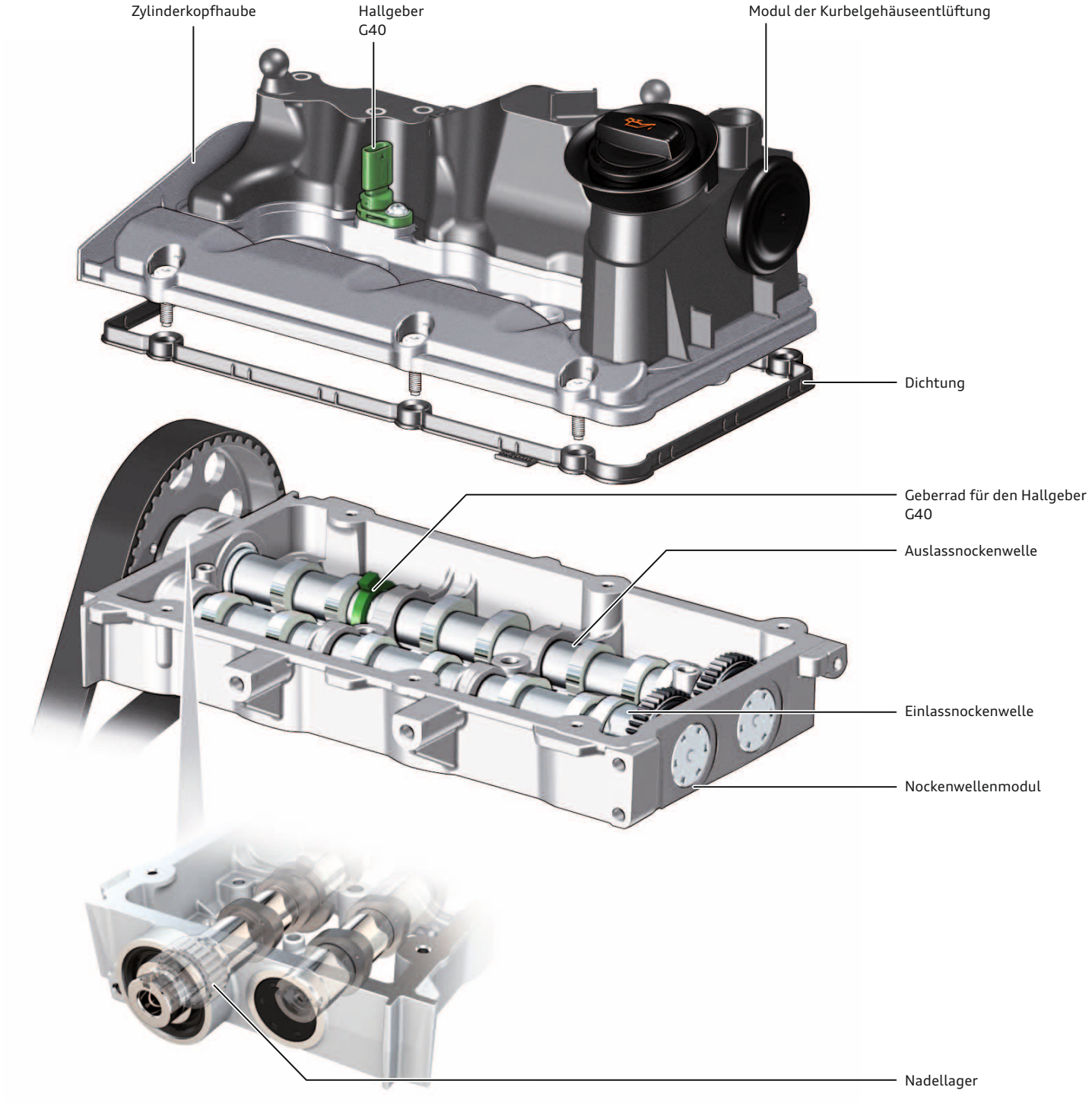

640_013

# Nockenwellenmodul

Der Zylinderkopf besteht aus 2 Bauteilen, dem Lagerrahmen mit fest integrierten Nockenwellen (integriertes Ventiltriebsmodul) und dem Zylinderkopf mit seinen Einbauteilen.

Die Nockenwellenrohre werden in einer Vorrichtung aufgenommen und die bereits fertig geschliffenen und erwärmten Nockenstücke sowie das Geberrad lagerichtig durch eine Fügekassette im Lagerrahmen in Position gehalten.

Anschließend werden die bereits mit den Endstücken versehenen und unterkühlten Nockenwellenrohre durch die Lagerungsstellen des Rahmens geführt. Nach dem Temperaturausgleich der Bauteile sind die beiden Nockenwellen untrennbar im integrierten Ventiltriebsmodul montiert. Dieses Verfahren ermöglicht eine sehr steife Ausführung der Nockenwellenlagerung bei gleichzeitig niedrigem Gewicht. Zur Reibungsoptimierung befindet sich auf der Antriebsseite der Nockenwelle ein Nadellager.

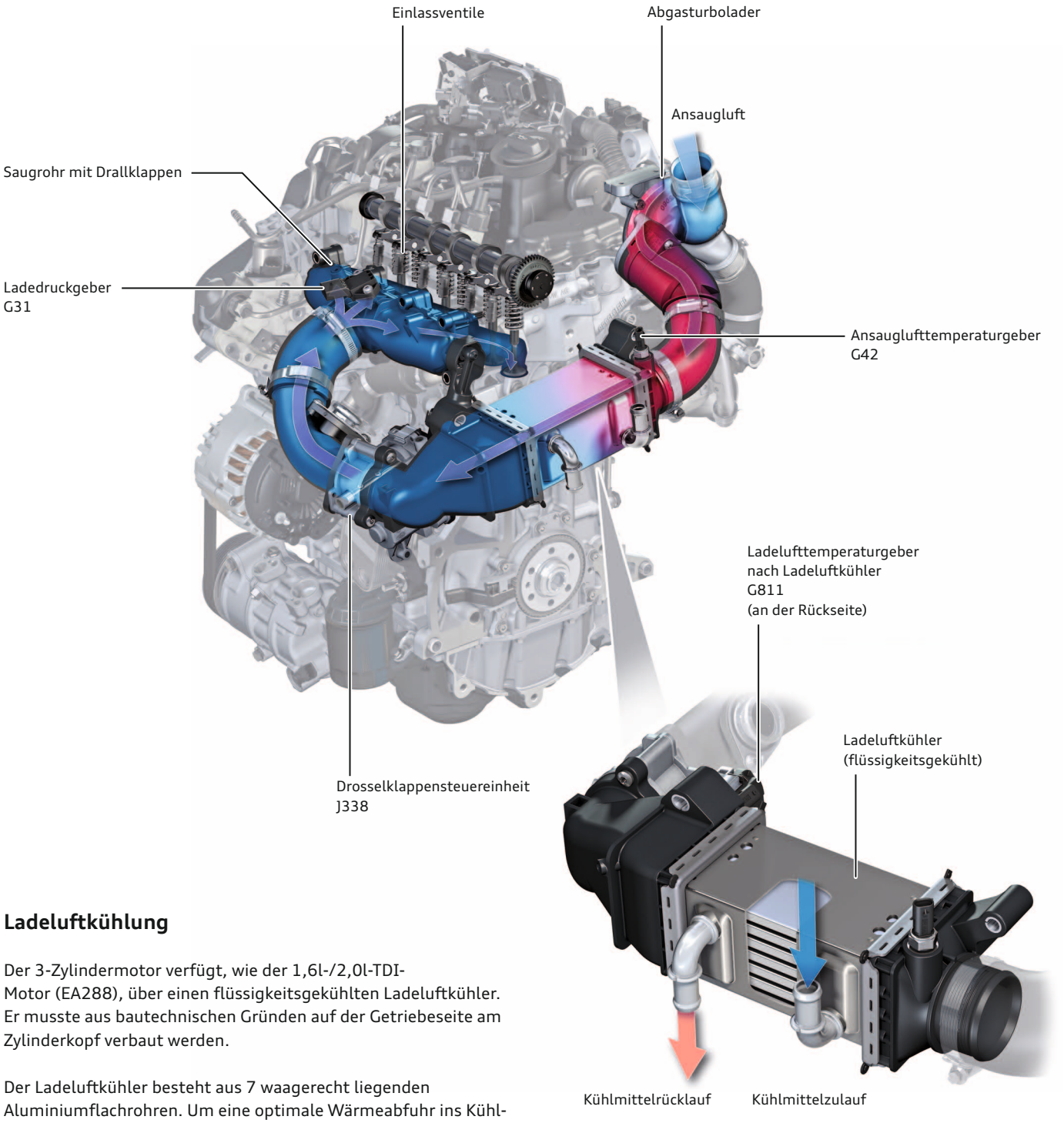



*640_017*

# Luftversorgung und Aufladung

## Luftführung

Der Weg der Ansaugluft führt vom Luftfilter auf die Turboladerseite des Verdichters, des Ladeluftkühlers, der Drosselklappensteuereinheit über das Saugrohr mit Drallklappen in die Einlasskanäle mit Einlassventilen in den Brennraum.




640_022

## Ladeluftkühlung

Der 3-Zylindermotor verfügt, wie der 1,6l-/2,0l-TDI-Motor (EA288), über einen flüssigkeitsgekühlten Ladeluftkühler. Er musste aus bautechnischen Gründen auf der Getriebeseite am Zylinderkopf verbaut werden.

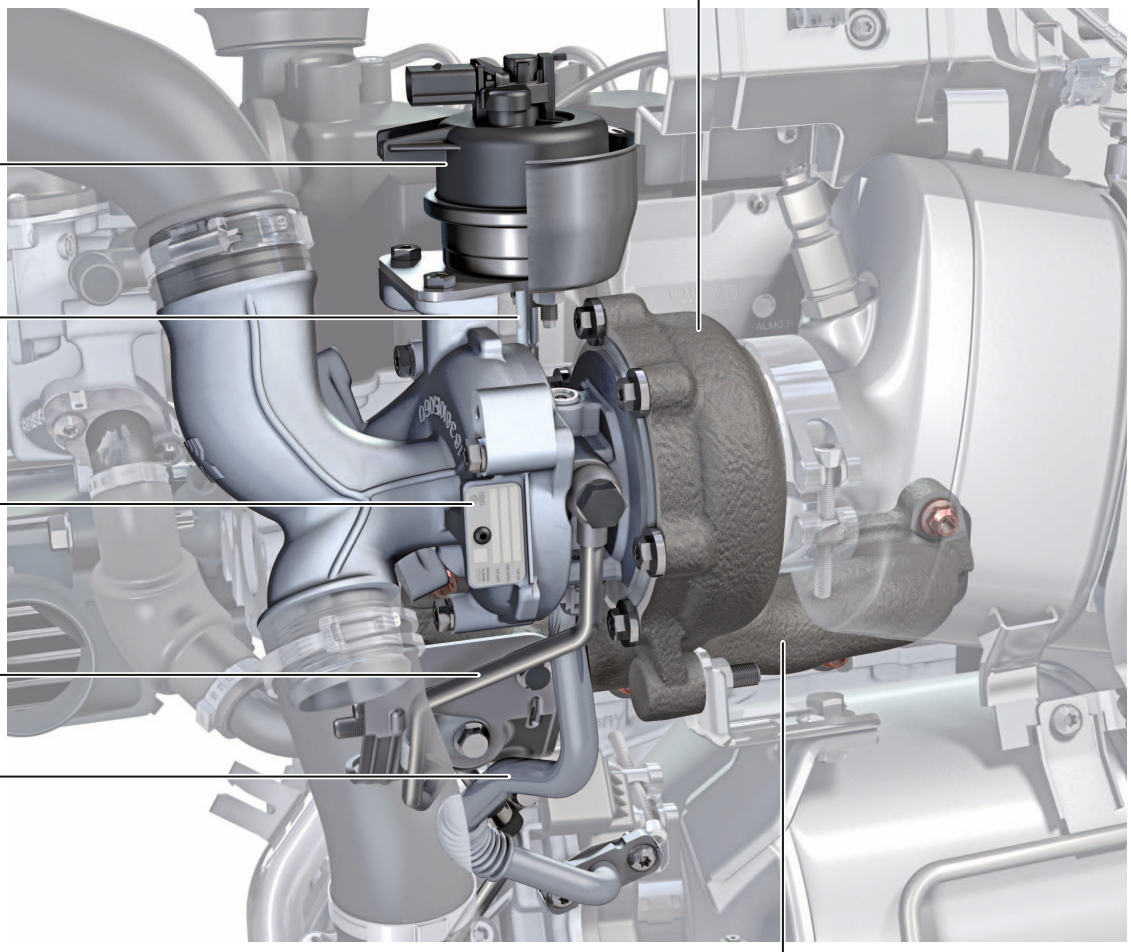
Der Ladeluftkühler besteht aus 7 waagerecht liegenden Aluminiumflachrohren. Um eine optimale Wärmeabfuhr ins Kühlmittel zu erzielen, wurden in die Flachrohre Turbulenzbleche und Verprägungen eingebracht. Mit den beiden Gebern, dem Ansauglufttemperaturgeber G42 und dem Ladelufttemperaturgeber nach Ladeluftkühler G811, wird der Soll-Ist-Wert der Ladelufttemperatur verglichen. Ist nach dem Ladeluftkühler die Ist-Temperatur höher als die Solltemperatur, wird die Pumpe für Ladeluftkühlung V18 vom Motorsteuergerät bedarfsgerecht angesteuert.

# Aufladung

Das Abgaskrümmermodul besteht aus dem Abgaskrümmer, dem in den Abgaskrümmer integrierten Abgasturbolader sowie der Niederdruck-Abgasrückführungseinleitung.

Zum Einsatz kommt ein Abgasturbolader mit pneumatisch betätigter Variabler Turbinen Geometrie (VTG) mit Positionssensor. Eine Rückmeldung über die Stellung der Leitschaufeln erhält das Motorsteuergerät vom Positionsgeber für Ladedrucksteller G581 im Ladedrucksteller.

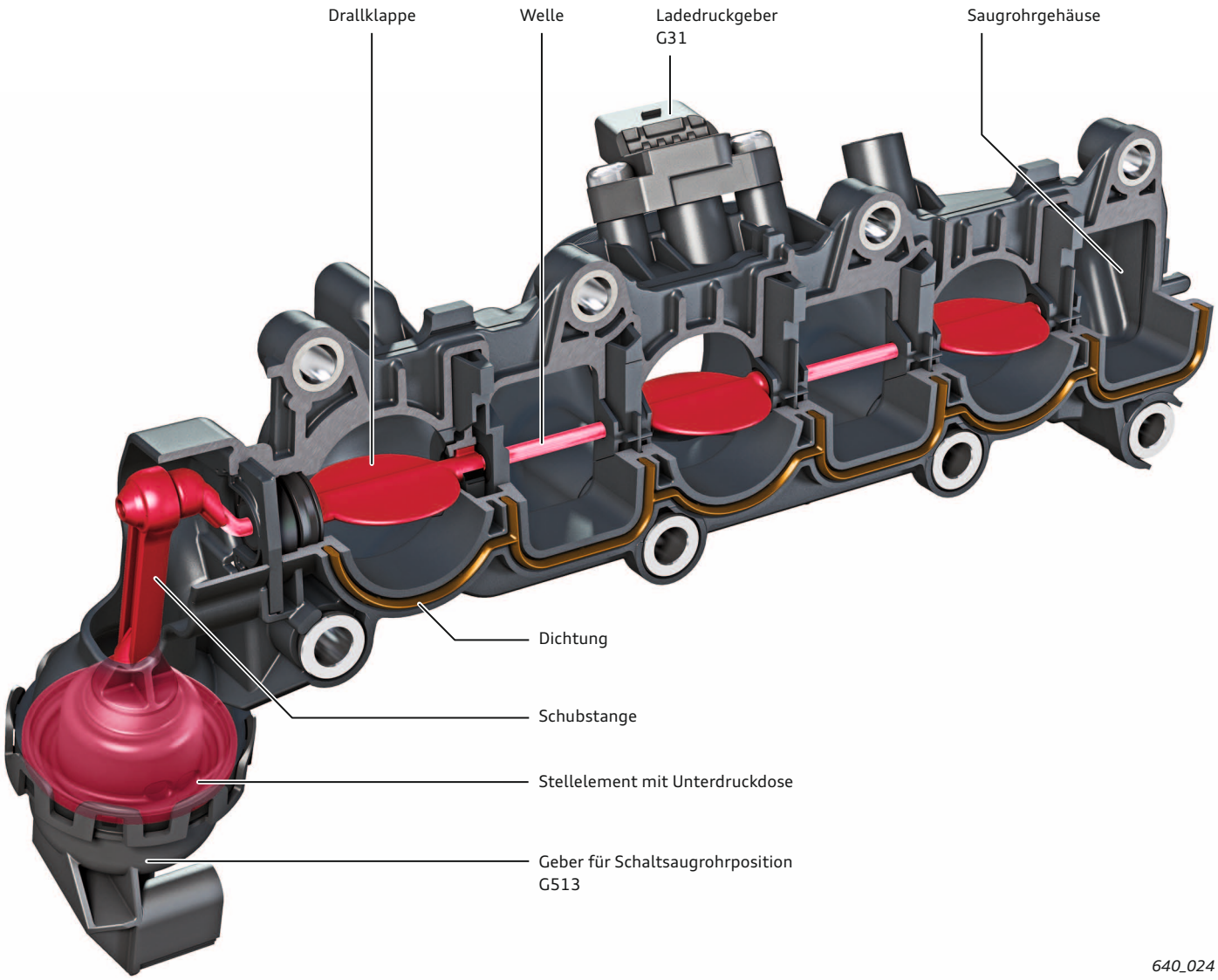
Die Abgasrückführungsentnahme erfolgt nicht am Turbinengehäuse, sondern am Dieselpartikelfilteraustritt. Der Turbolader kann dadurch in Bereichen mit höherem Wirkungsgrad betrieben werden. Insbesondere in der Teillast sind höhere Ladedrücke und damit größere Zylinderfüllungen möglich. Ein Vorteil ist die höhere Kühlleistung des Abgasrückführungssystems, welche zu einer Reduzierung der Mischtemperatur aus Frischluft und Abgasrückführung beiträgt. Die Schmierung und Kühlung der Lager erfolgt durch das Motorenöl.




640_023

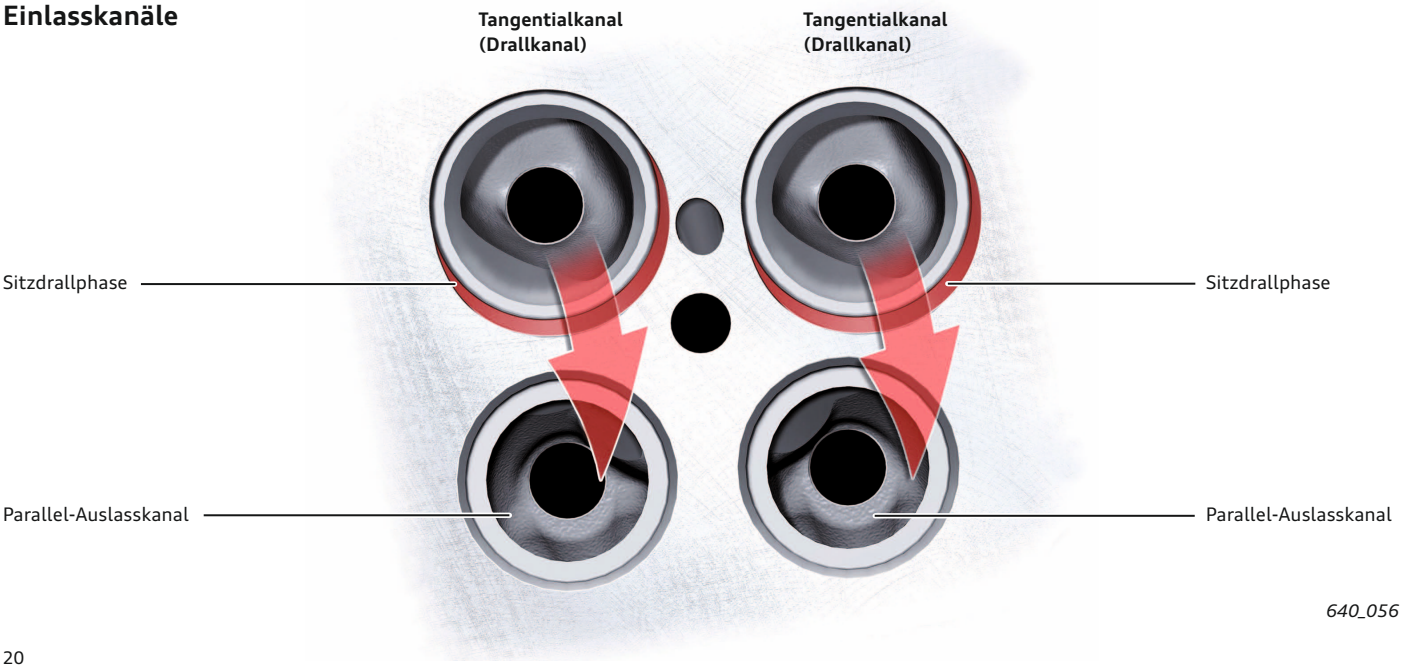
# Saugrohr mit Drallklappen

Mithilfe des Schaltsaugrohrs, einer angepassten Einlassgeometrie sowie der Sitzdrallphase am unteren Ende der Einlassventilsitze konnte eine optimale Drallwirkung im Brennraum erzielt werden.




640_024

## Einlasskanäle




640_056

# Abgasrückführung

## Zweikreis-Abgasrückführung

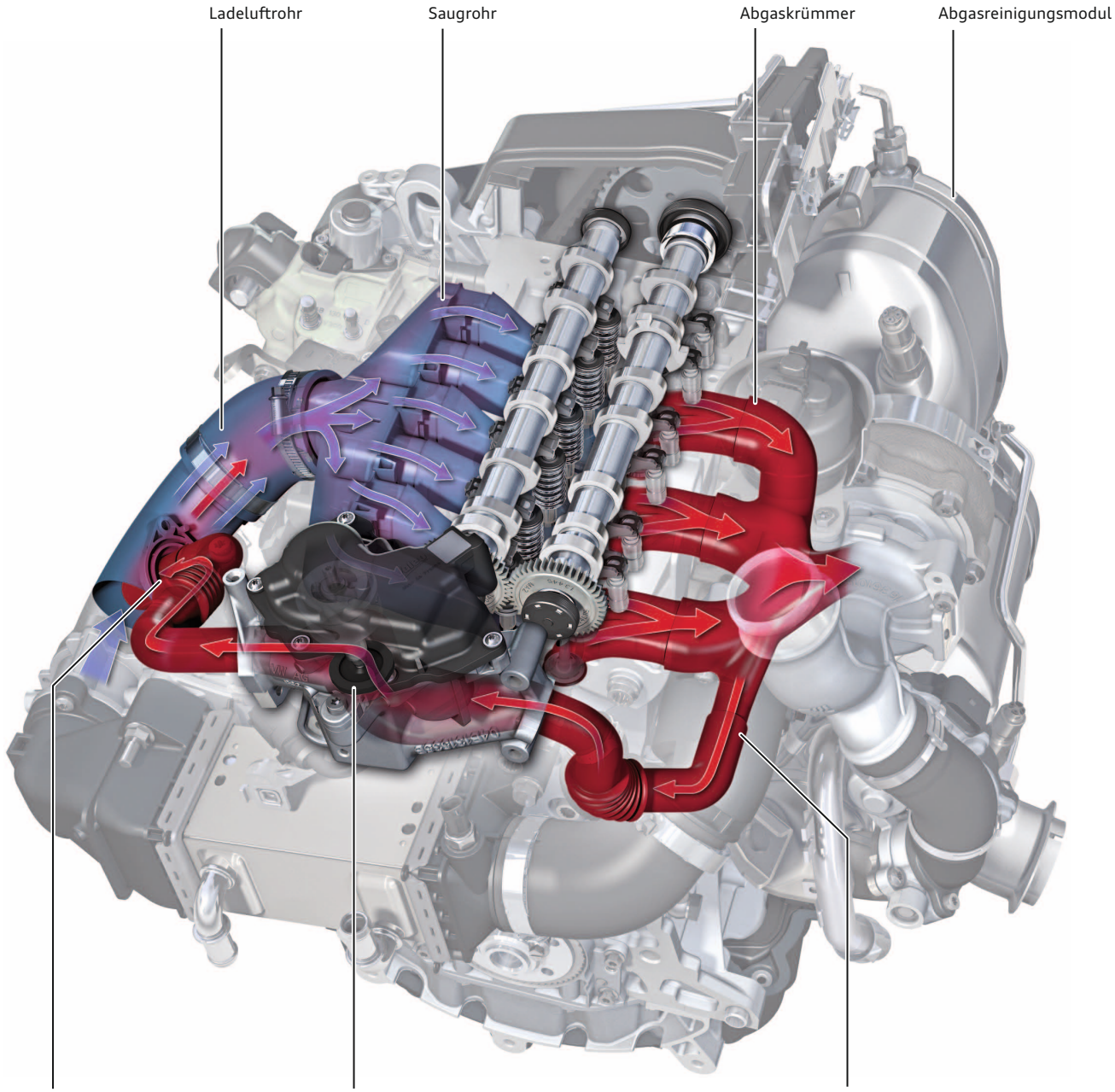
Der 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor besitzt ein Zweikreis-Abgasrückführungssystem aus Hoch- und Niederdruck-Abgasrückführung.

## Hochdruck-Abgasrückführung

Das Abgas wird über einen externen Kanal direkt am Abgaskrümmer entnommen und über den Stellmotor für Abgasrückführung V338 ungekühlt bis in das Ladeluftrohr weitergeleitet.

Die heißen Abgase erwärmen die Ladeluft und werden mit ihr zusammen über das Saugrohr in die Zylinder geleitet.

Die zugeführten heißen Abgase bewirken ein schnelles Erwärmen des Abgasreinigungsmoduls und machen es folglich schneller betriebsbereit. Die Hochdruck-Abgasrückführung ist überwiegend in der Warmlaufphase des Motors aktiv. Die Rückführungsrate der Hochdruck-Abgasrückführung wird vom Motorsteuergerät über den Stellmotor für Abgasrückführung V338 geregelt.




*640_031*

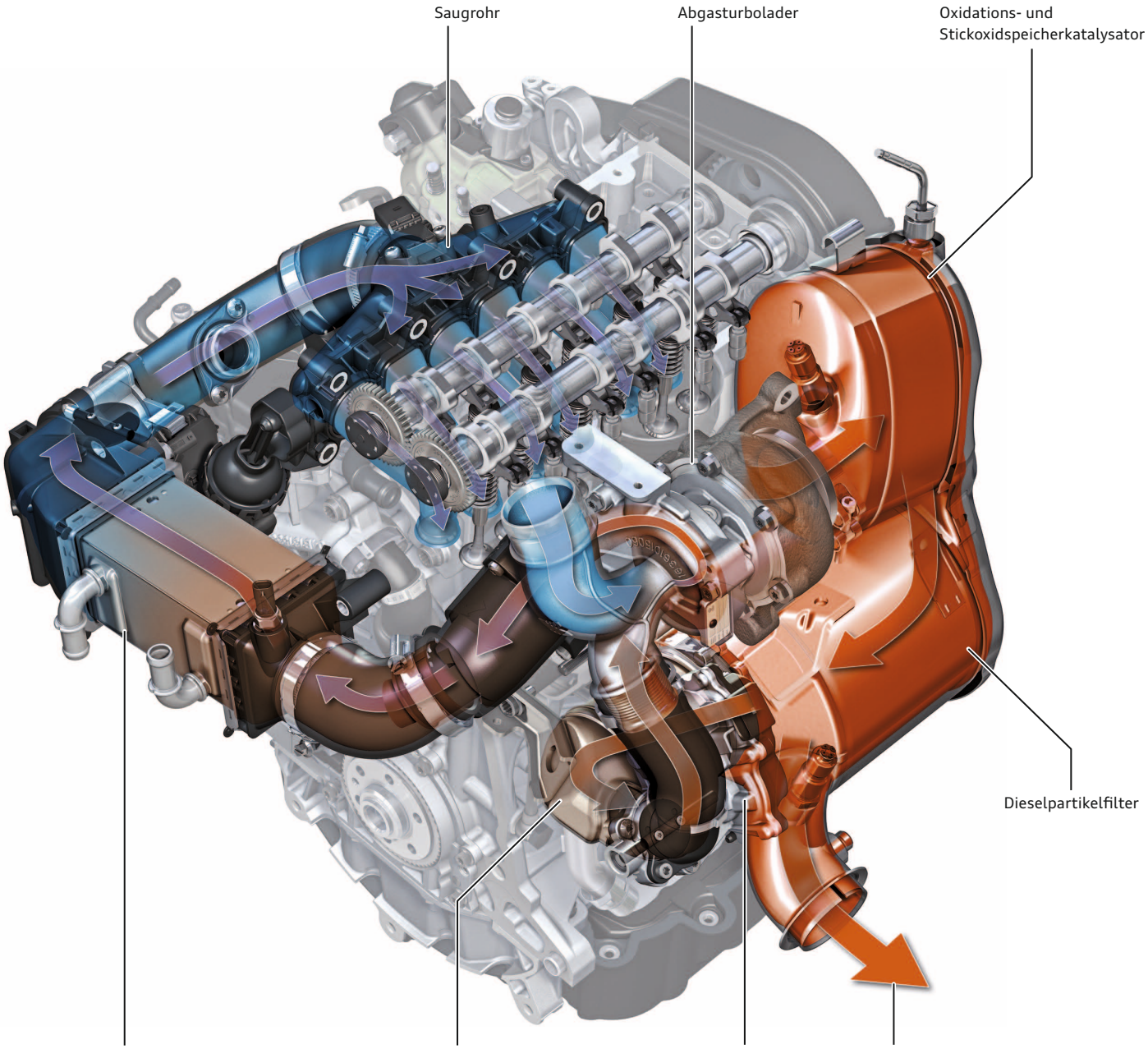
## Niederdruck-Abgasrückführung

Die rückgeführten Abgase gelangen hinter dem Dieselpartikelfilter über einen Siebeinsatz (Rußpartikel werden zurückgehalten) durch den flüssigkeitsgekühlten Abgasrückführungskühler an das Abgasrückführungsventil. Von dort werden die gekühlten Abgase vor den Verdichter des Abgasturboladers geleitet, mit der Ladeluft optimal vermischt und in den Ladeluftkühler geführt, wo die verdichtete Ladeluft in den Saugrohrtrakt einmündet.

Um die Niederdruck-Abgasrückführung über den gesamten Kennfeldbereich nutzen zu können, wird der gesamte Abgasstrom aus dem Dieselpartikelfilter mit einer elektromotorischen Abgasklappe definiert aufgestaut. Die Abgasrückführungsrate ist abhängig von dem Druckgefälle zwischen der Abgas- und der Ansaugseite.

Da sich dieses Druckgefälle mit dem Lastzustand des Motors ändert, muss es geregelt werden. Das geschieht im Zusammenspiel zwischen dem ansaugseitigen Abgasrückführungsventil V339 und der abgasseitigen Abgasklappensteuereinheit J883. Das Druckgefälle kann dabei ansteigen oder absinken:

- Das Druckgefälle steigt, wenn die Drosselklappe des Abgasrückführungsventils weiter geöffnet und die Drosselklappe der Abgasklappensteuereinheit weiter geschlossen wird.
- Das Druckgefälle sinkt, wenn die Drosselklappe des Abgasrückführungsventils weiter geschlossen und die Drosselklappe der Abgasklappensteuereinheit weiter geöffnet ist.

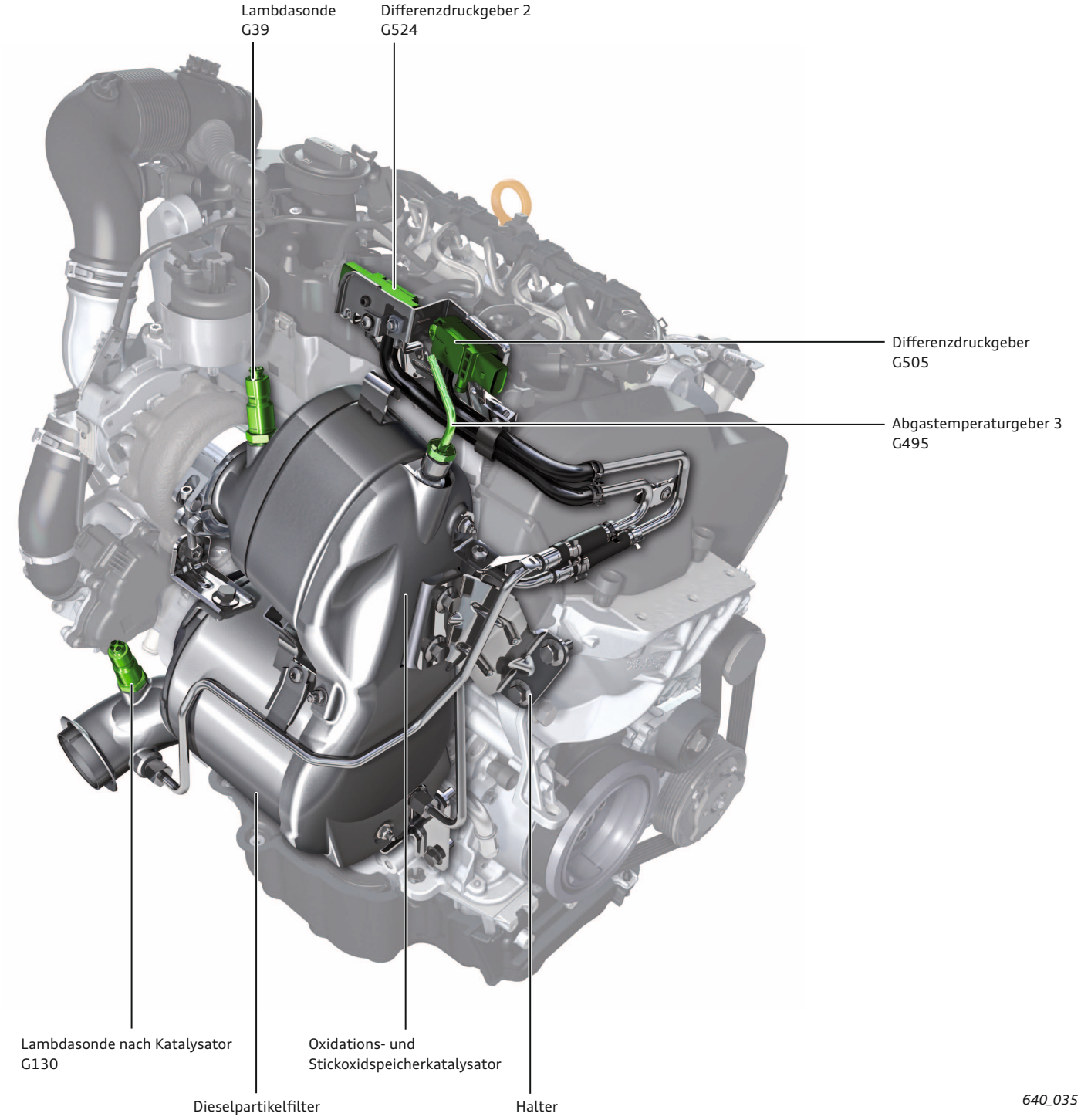



640_032

## Abgasreinigungsmodul

Um die Stickoxid-Emissionen zu senken und somit die EU6-Abgasgrenzwerte zu erreichen, ist der 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor mit einem Stickoxidspeicherkatalysator ($NO_x$-Speicherkatalysator) ausgestattet.
Zur Speicherung der Stickoxide im Abgas ist der Oxidationskatalysator, neben Platin, Palladium und Rhodium, zusätzlich mit Bariumoxid beschichtet und dient somit gleichzeitig als $NO_x$-Speicherkatalysator.

Im Motorsteuergerät ist ein Rechenmodell hinterlegt, welches die Speicherung der Stickoxide und die Regeneration des $NO_x$-Speicherkatalysators regelt. Das Rechenmodell verwendet dazu die Informationen der Abgastemperatursensoren und der Lambdasonden. Der Dieselpartikelfilter dient zusätzlich als Sperrkatalysator für Schwefelwasserstoff, der beim Betrieb der Entschwefelung des $NO_x$-Speicherkatalysators entsteht. Zu diesem Zweck ist der Dieselpartikelfilter mit einem Metalloxid beschichtet.




**Hinweis**
Das Abgasreinigungsmodul ist am Zylinderblock und am Zylinderkopf verschraubt. Damit das Abgasreinigungsmodul spannungsfrei eingebaut werden kann, besitzen die Halter Langlöcher.

## Auslagerung der Stickoxide (Regeneration)

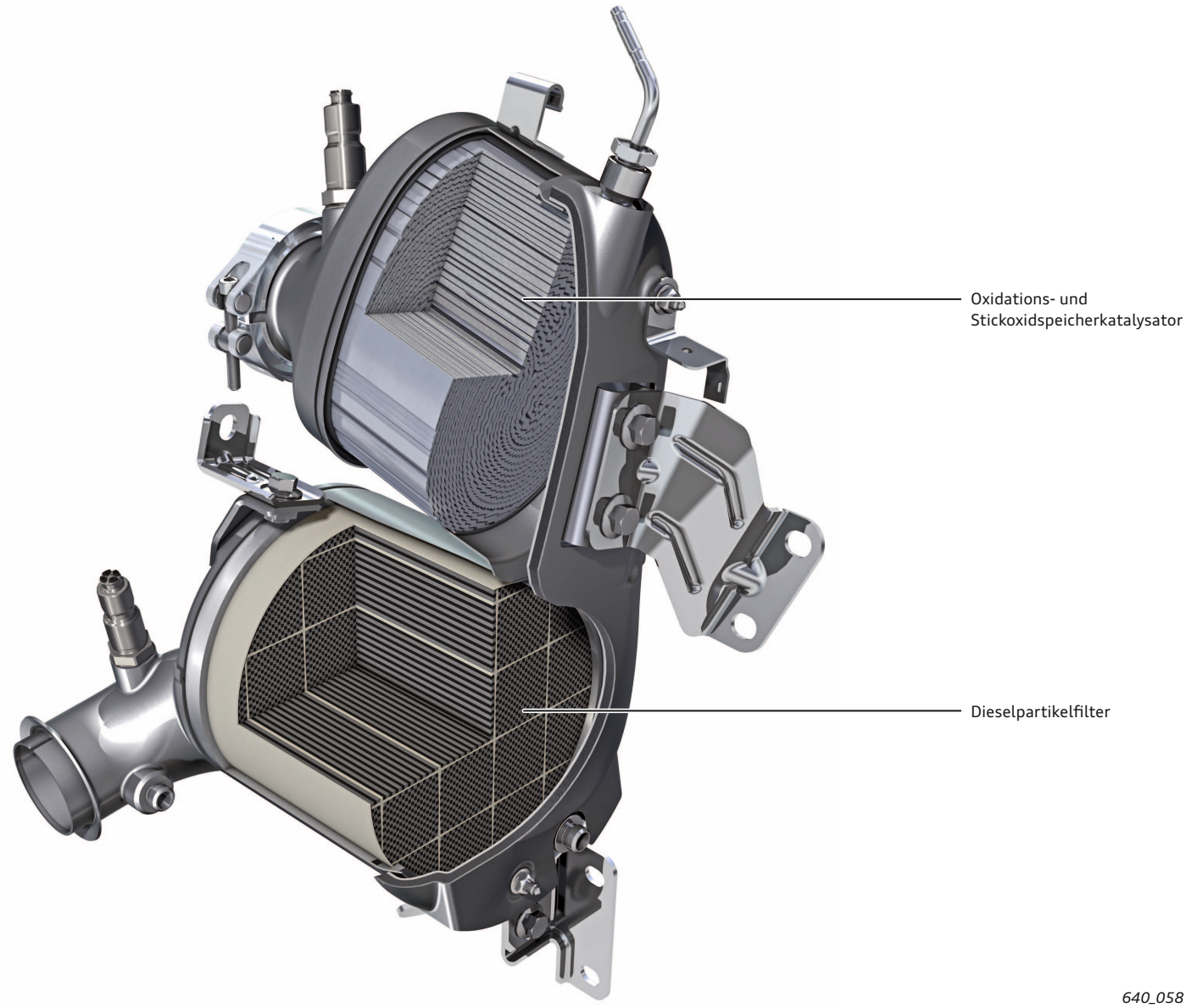
Ist die Speicherfähigkeit des $NO_x$-Speicherkatalysators erschöpft, wird vom Motormanagement ein Regenerationsvorgang eingeleitet. Für die Regeneration des $NO_x$-Speicherkatalysators ist ein Motorbetrieb mit fettem Gemisch ($\lambda < 1$) Voraussetzung, dabei werden die Stickoxide durch die im fetten Abgas reichlich vorhandenen Kohlenmonoxidmoleküle ausgelagert.

Zunächst wird das Bariumnitrat durch das Kohlenmonoxid zu Bariumoxid reduziert, was dazu führt, dass Kohlendioxid und Stickstoffmonoxid freigesetzt werden. Durch die Beschichtung des $NO_x$-Speicherkatalysators mit Rhodium und Platin werden die Stickoxide zu Stickstoff reduziert. Das Kohlenmonoxid oxidiert zu Kohlendioxid.

## Entschwefelung

Die Entschwefelung des $NO_x$-Speicherkatalysators setzt Abgastemperaturen von mehr als 620 °C voraus. Wenn eine Entschwefelung durchgeführt wird, findet sie in den meisten Fällen im Anschluss an eine Regeneration des Dieselpartikelfilters statt. Hierbei wird die bei der Partikelfilter-Regeneration entstandene hohe Abgastemperatur genutzt, um die Aufheizzeit des $NO_x$-Speicherkatalysators zu verkürzen. Sobald die Abgastemperatur für die Entschwefelung erreicht ist, wird der Motor abwechselnd mit einem fetten und einem mageren Gemisch betrieben.

Während des Betriebs mit Kraftstoffüberschuss wird der Schwefel (SO) zu Schwefeldioxid ($SO_2$) und Schwefelwasserstoff ($H_2S$) ausgelagert. In den Magerbetriebsphasen wird die Abgastemperatur im $NO_x$-Speicherkatalysator eingeregelt, um eine Bauteilbelastung durch zu hohe Abgastemperaturen zu vermeiden. Die bei der Entschwefelung entstehenden geringen Mengen an Schwefelwasserstoff werden durch die Sperrbeschichtung im Dieselpartikelfilter zu Schwefeldioxid ($SO_2$) umgesetzt.

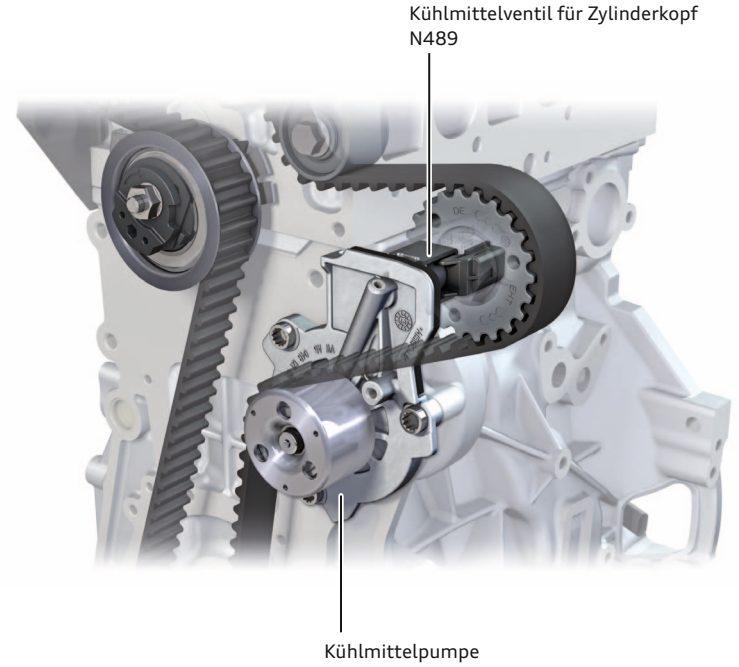



*640_058*

# Kühlsystem

## Thermomanagement

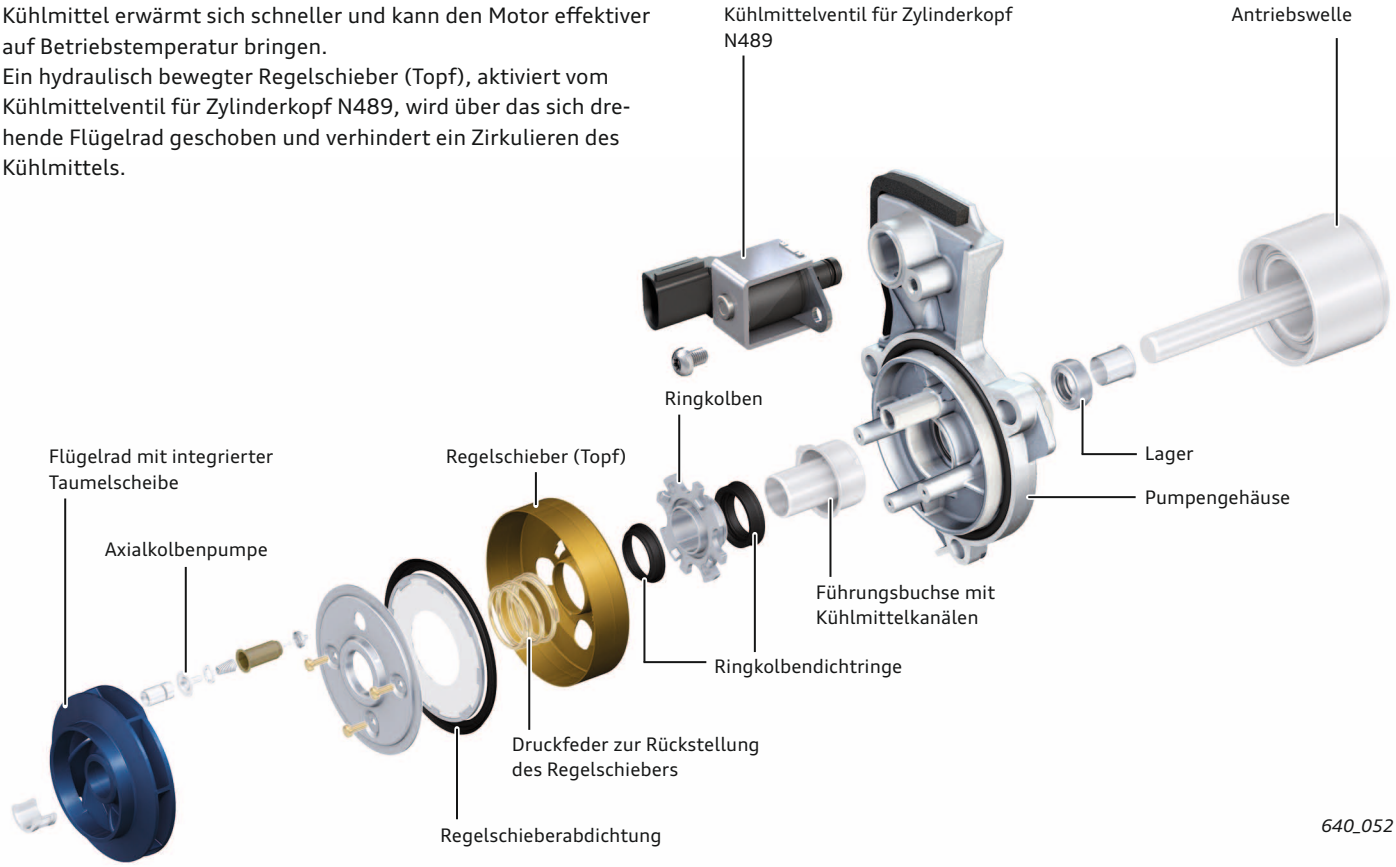
Der 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor verfügt über ein Thermomanagement mit den Zielen, die Warmlaufphase nach Kaltstart zu verkürzen und die im Motor erzeugte Wärme dorthin zu leiten, wo sie zur Steigerung der Fahrzeugeffizienz vorteilhaft eingesetzt werden kann. Die Reduzierung der innermotorischen Reibung steht hierbei im Vordergrund. Weiterhin gilt es, emissionsmindernde Maßnahmen frühzeitig verfügbar zu machen und verbrauchserhöhende Heizmaßnahmen zu reduzieren.




640_049

## Schaltbare Kühlmittelpumpe

Für den 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor kommt im Thermomanagement eine schaltbare Kühlmittelpumpe zum Einsatz. Mit dieser ab- und zuschaltbaren Kühlmittelpumpe ist es möglich, bei kaltem Motor, stehendes Kühlmittel zu realisieren. Stehendes Kühlmittel erwärmt sich schneller und kann den Motor effektiver auf Betriebstemperatur bringen.
Ein hydraulisch bewegter Regelschieber (Topf), aktiviert vom Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489, wird über das sich drehende Flügelrad geschoben und verhindert ein Zirkulieren des Kühlmittels.



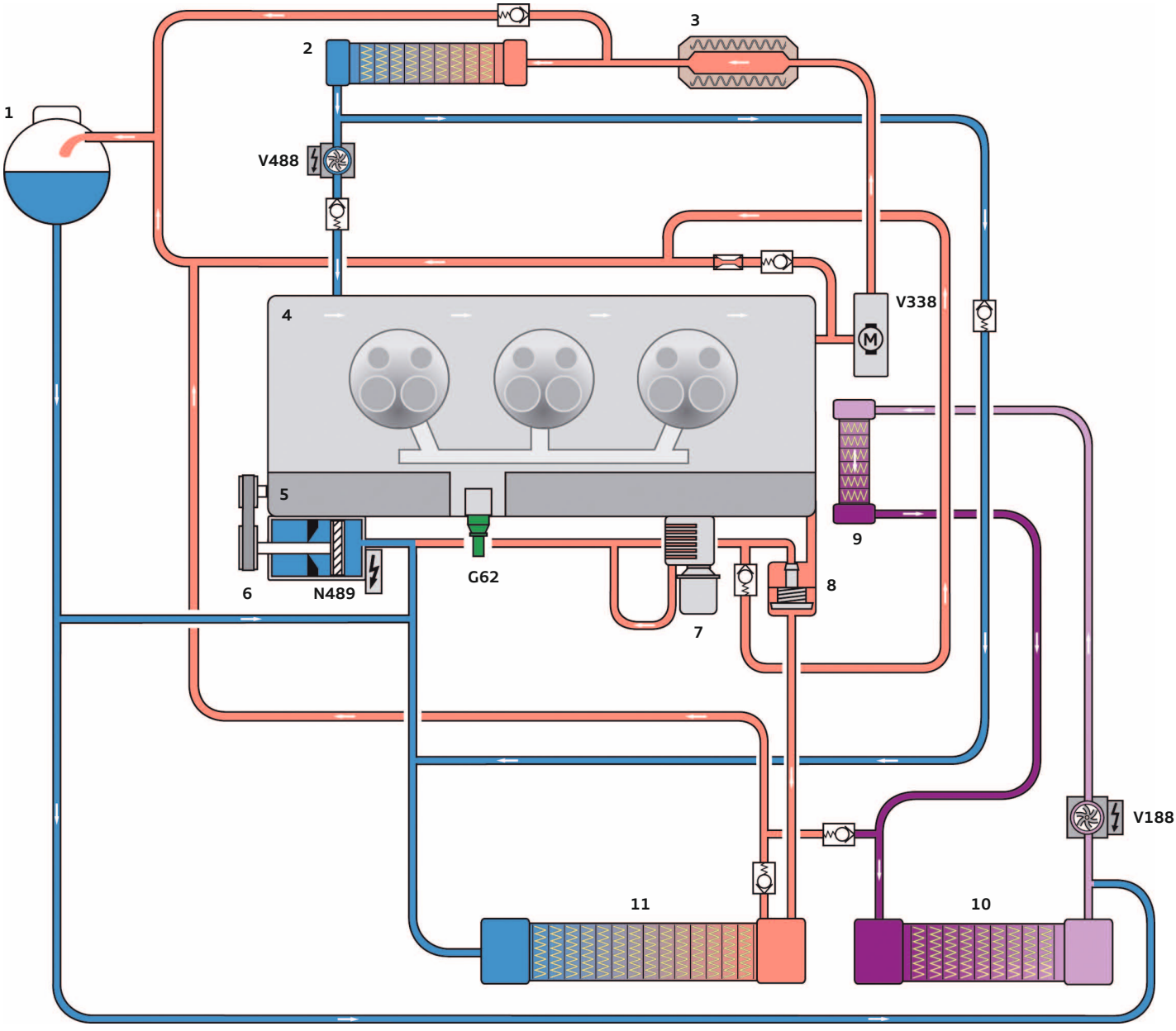

640_052

**Verweis**
Weitere Informationen zur schaltbaren Kühlmittelpumpe sind dem Selbststudienprogramm 608 „Audi 1,6l- / 2,0l-4-Zylinder-TDI-Motoren“ zu entnehmen.

# Systemübersicht

Der Gesamtkühlkreislauf setzt sich aus 3 Teilkreisen zusammen:

- Kleiner Kühlkreislauf (Microkreislauf)
- Großer Kühlkreislauf (Hochtemperatur-Kreislauf)
- Kühlkreislauf für Ladeluftkühlung (Niedertemperatur-Kreislauf)




640_005

**Legende:**

| | |
|---|---|
| **1** | Kühlmittelausgleichsbehälter |
| **2** | Wärmetauscher für Heizung |
| **3** | Kühler für Niederdruck-Abgasrückführung |
| **4** | Zylinderkopf |
| **5** | Zylinderblock |
| **6** | Schaltbare Kühlmittelpumpe |
| **7** | Motorölkühler |
| **8** | Kühlmittelregler |
| **9** | Ladeluftkühler |
| **10** | Kühler für Niedertemperatur-Kühlkreislauf |
| **11** | Kühler für Kühlmittel |

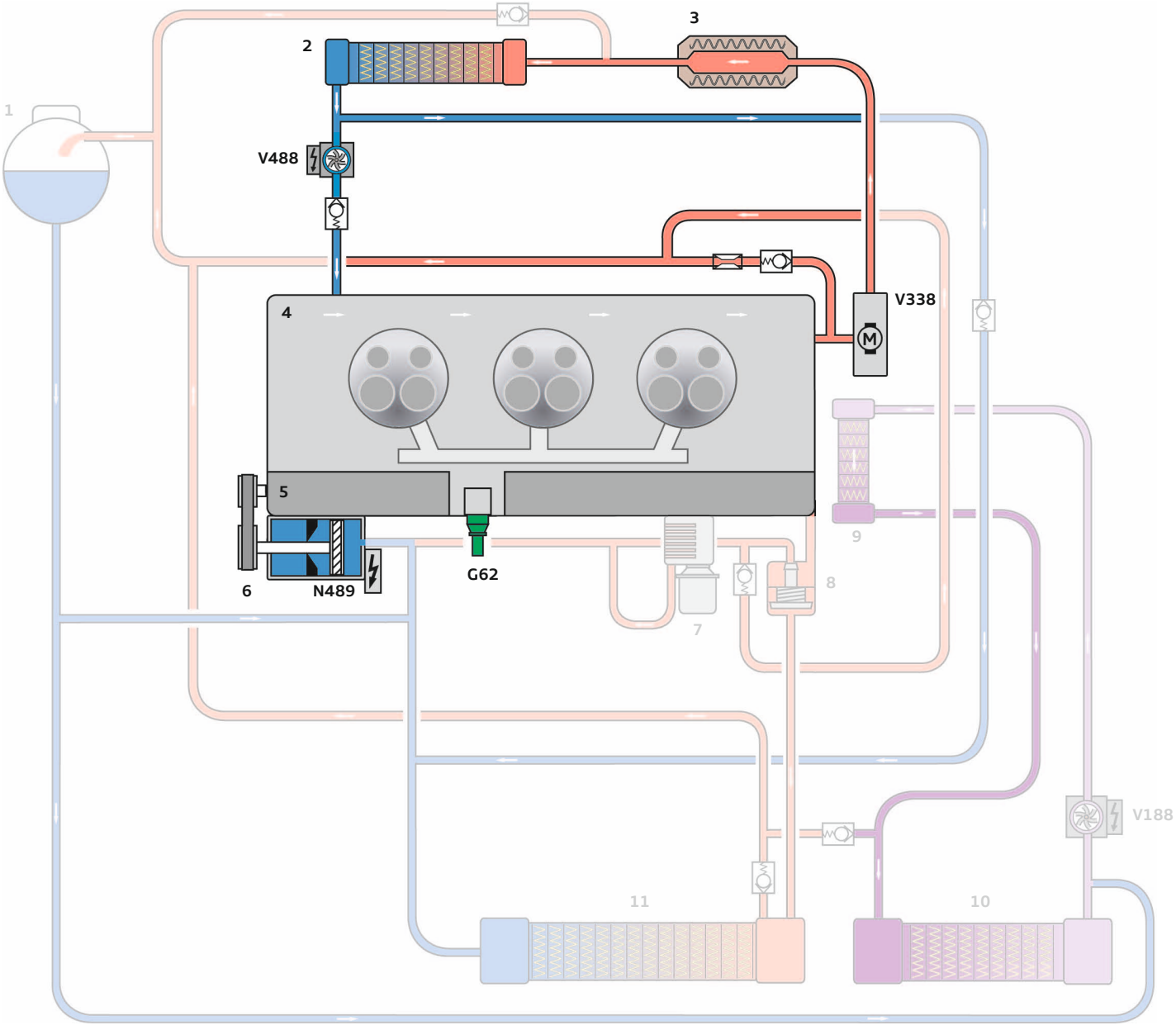
| | |
|---|---|
| **G62** | Kühlmitteltemperaturgeber |
| **N489** | Kühlmittelventil für Zylinderkopf |
| **V188** | Pumpe für Ladeluftkühlung |
| **V338** | Stellmotor für Abgasrückführung |
| **V488** | Heizungsunterstützungspumpe |

Abgekühltes Kühlmittel
Warmes Kühlmittel
Ladeluftkühlung

## Kleiner Kühlkreislauf (Microkreislauf, Heizkreislauf)

Wenn der Motor kalt ist, wird das Thermomanagement mit dem kleinen Kühlkreislauf gestartet. Damit wird eine schnelle Erwärmung des Motors und des Innenraums gewährleistet. Die schaltbare Kühlmittelpumpe wird über das Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489 aktiviert. Damit wird im Zylinderblock stehendes Kühlmittel realisiert.

Die elektrische Heizungsunterstützungspumpe V488 setzt den kleinen Kühlkreislauf, abhängig von der Kühlmitteltemperatur im Zylinderkopf, mit bedarfsgerechter Ansteuerung in Bewegung. Der Temperaturwunsch des Fahrers wird durch das Klimasteuergerät erfasst und bei der Ansteuerung der Kühlmittelpumpe berücksichtigt.




640_006

**Legende:**

**1** Kühlmittelausgleichsbehälter
**2** Wärmetauscher für Heizung
**3** Kühler für Niederdruck-Abgasrückführung
**4** Zylinderkopf
**5** Zylinderblock
**6** Schaltbare Kühlmittelpumpe
**7** Motorölkühler
**8** Kühlmittelregler
**9** Ladeluftkühler
**10** Kühler für Niedertemperatur-Kühlkreislauf
**11** Kühler für Kühlmittel

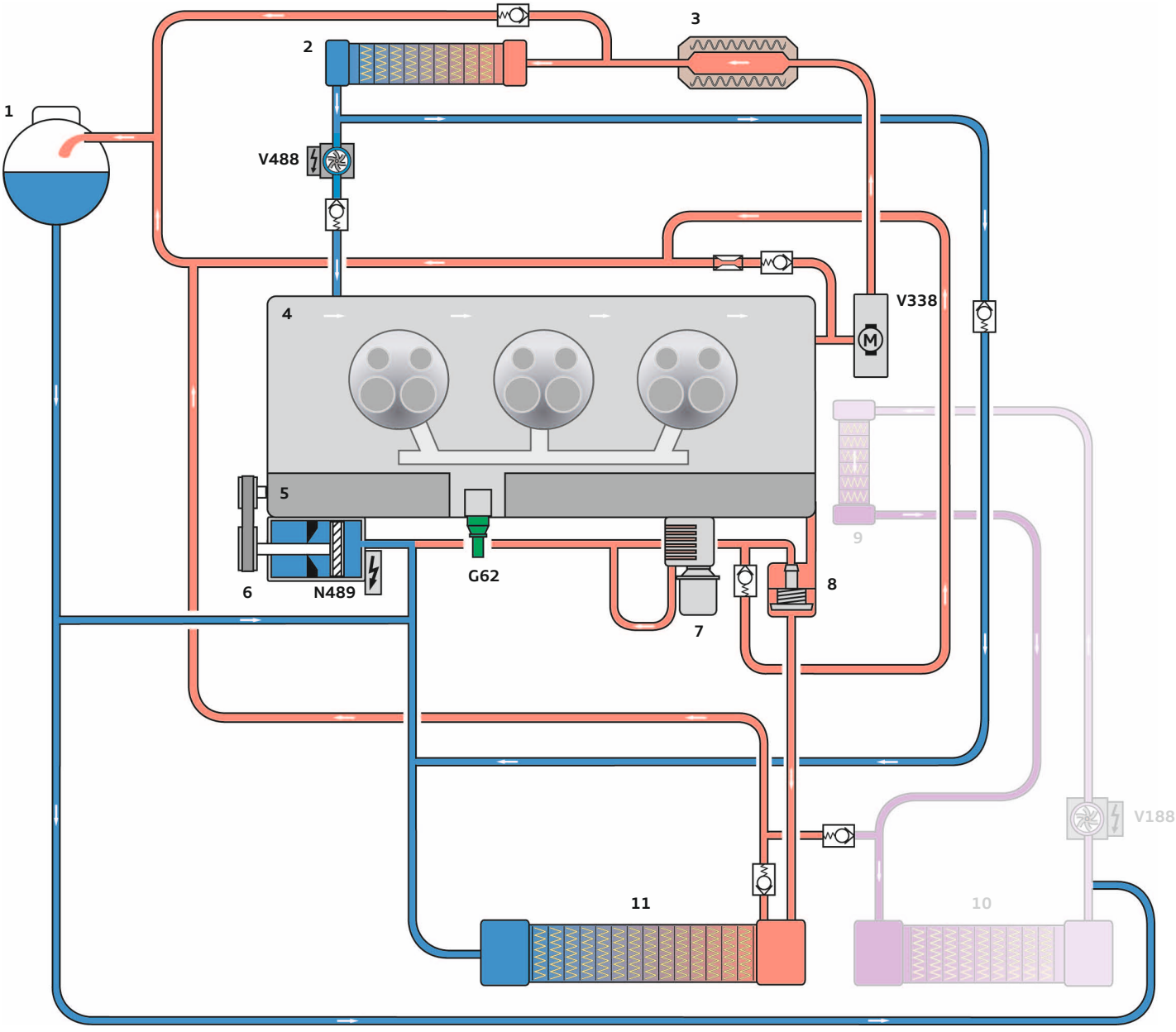
**G62** Kühlmitteltemperaturgeber
**N489** Kühlmittelventil für Zylinderkopf
**V188** Pumpe für Ladeluftkühlung
**V338** Stellmotor für Abgasrückführung
**V488** Heizungsunterstützungspumpe

Abgekühltes Kühlmittel
Warmes Kühlmittel
Ladeluftkühlung

## Großer Kühlkreislauf (Hochtemperatur-Kreislauf) – Kühlmittel auf Betriebstemperatur

Wenn das Kühlmittel die Betriebstemperatur erreicht hat, öffnet der Kühlmittelregler und wechselt in den Regelbereich. Es erfolgt die Einbindung des Kühlers für Kühlmittel (Hauptwasserkühler) in den Kühlkreislauf.

Der Kühlmittelregler regelt die Motoraustrittstemperatur und sitzt am Vorlauf des Hauptwasserkühlers.




640_007

**Legende:**

| | |
|---|---|
| **1** | Kühlmittelausgleichsbehälter |
| **2** | Wärmetauscher für Heizung |
| **3** | Kühler für Niederdruck-Abgasrückführung |
| **4** | Zylinderkopf |
| **5** | Zylinderblock |
| **6** | Schaltbare Kühlmittelpumpe |
| **7** | Motorölkühler |
| **8** | Kühlmittelregler |
| **9** | Ladeluftkühler |
| **10** | Kühler für Niedertemperatur-Kühlkreislauf |
| **11** | Kühler für Kühlmittel |

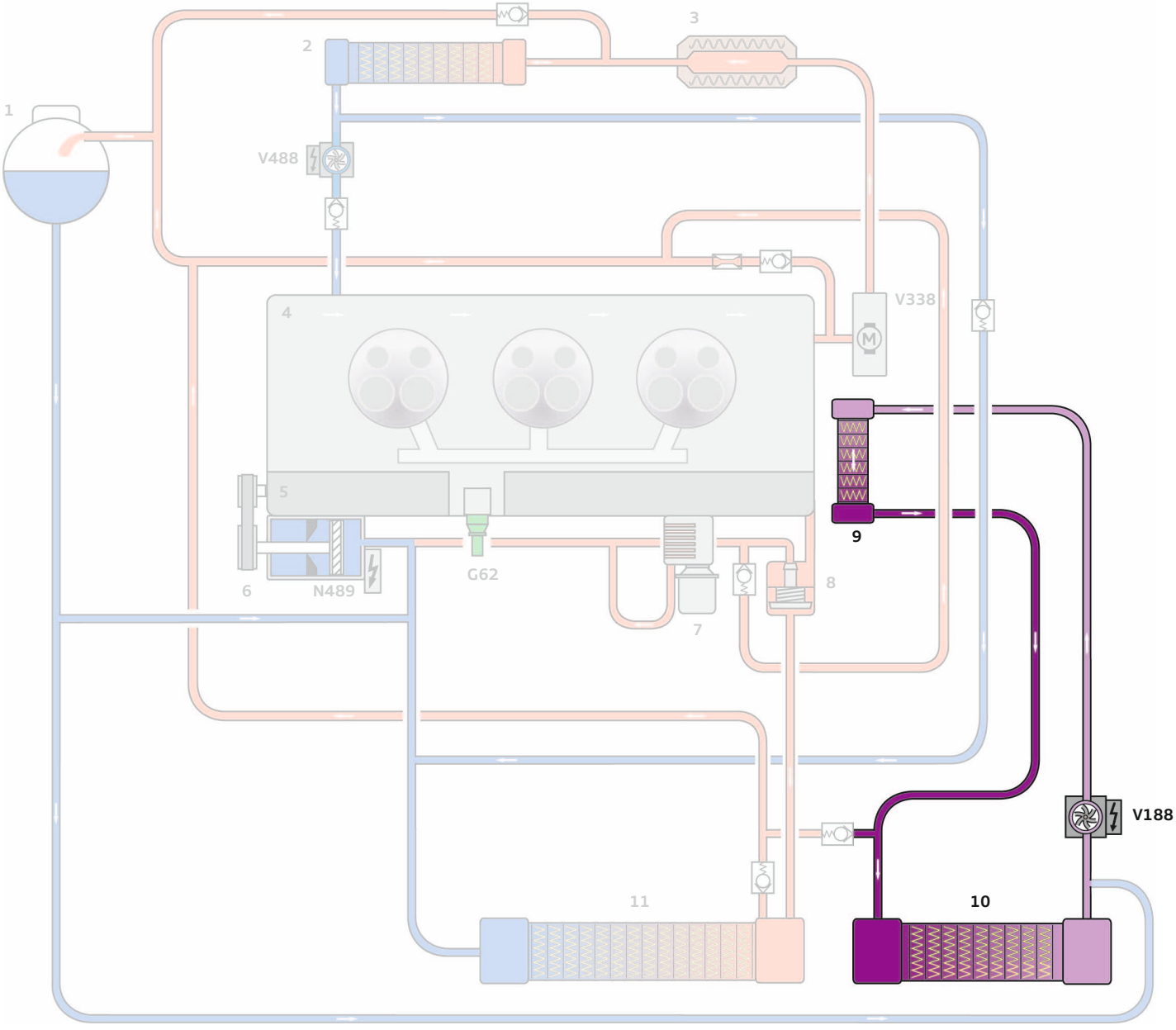
| | |
|---|---|
| **G62** | Kühlmitteltemperaturgeber |
| **N489** | Kühlmittelventil für Zylinderkopf |
| **V188** | Pumpe für Ladeluftkühlung |
| **V338** | Stellmotor für Abgasrückführung |
| **V488** | Heizungsunterstützungspumpe |

Abgekühltes Kühlmittel
Warmes Kühlmittel
Ladeluftkühlung

## Kühlkreislauf für Ladeluftkühlung (Niedertemperatur-Kreislauf)

Zur Ansteuerung des Ladeluft-Kühlmittelkreises (Niedertemperatur-Kühlkreislauf) wird die Saugrohrtemperatur als Führungsgröße herangezogen.

Nach Erreichen der Zieltemperatur erfolgt die Regelung der Saugrohrtemperatur über die Ansteuerung der Pumpe für Ladeluftkühlung V188.




640_008

**Legende:**

**1** Kühlmittelausgleichsbehälter
**2** Wärmetauscher für Heizung
**3** Kühler für Niederdruck-Abgasrückführung
**4** Zylinderkopf
**5** Zylinderblock
**6** Schaltbare Kühlmittelpumpe
**7** Motorölkühler
**8** Kühlmittelregler
**9** Ladeluftkühler
**10** Kühler für Niedertemperatur-Kühlkreislauf
**11** Kühler für Kühlmittel

**G62** Kühlmitteltemperaturgeber
**N489** Kühlmittelventil für Zylinderkopf
**V188** Pumpe für Ladeluftkühlung
**V338** Stellmotor für Abgasrückführung
**V488** Heizungsunterstützungspumpe

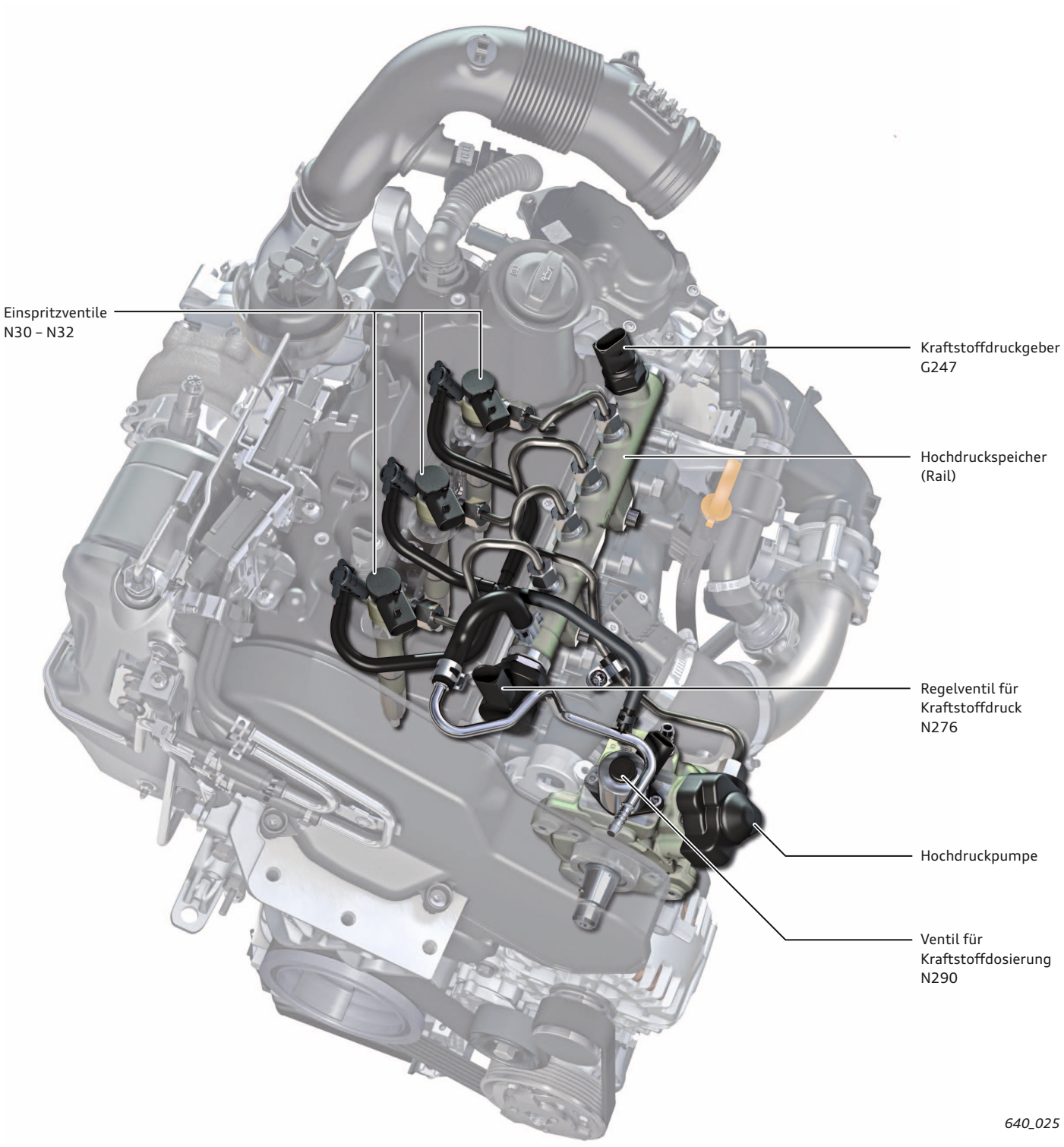
Abgekühltes Kühlmittel
Warmes Kühlmittel
Ladeluftkühlung

# Kraftstoffsystem

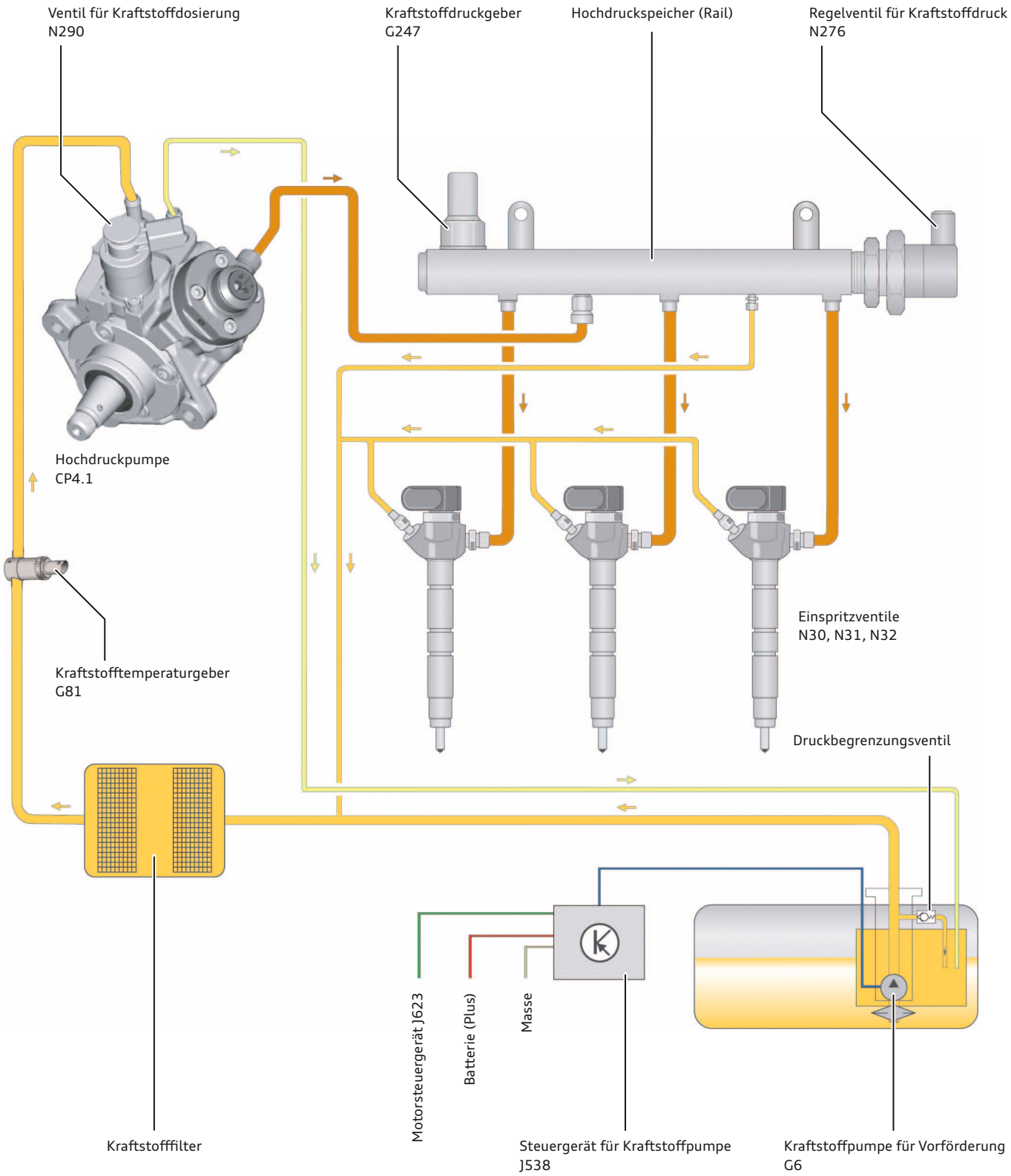
Der 1,4l-3-Zylinder-TDI-Motor ist mit einem Common-Rail-Einspritzsystem der Firma Delphi ausgestattet. Das Einspritzsystem erzeugt mit der Ein-Kolben-Hochdruckpumpe einen Einspritzdruck von maximal 2000 bar und versorgt damit die Einspritzventile mit dem erforderlichen Kraftstoffdruck.

Die Steuerung erfolgt wie bisher über das Motorsteuergerät mit den Einflussgrößen:

- Last
- Drehzahl
- Temperatur



# Systemübersicht




*640_009*

Kraftstoff-Vorlaufdruck und Rücklaufdruck von den Einspritzventilen etwa 5 – 6 bar

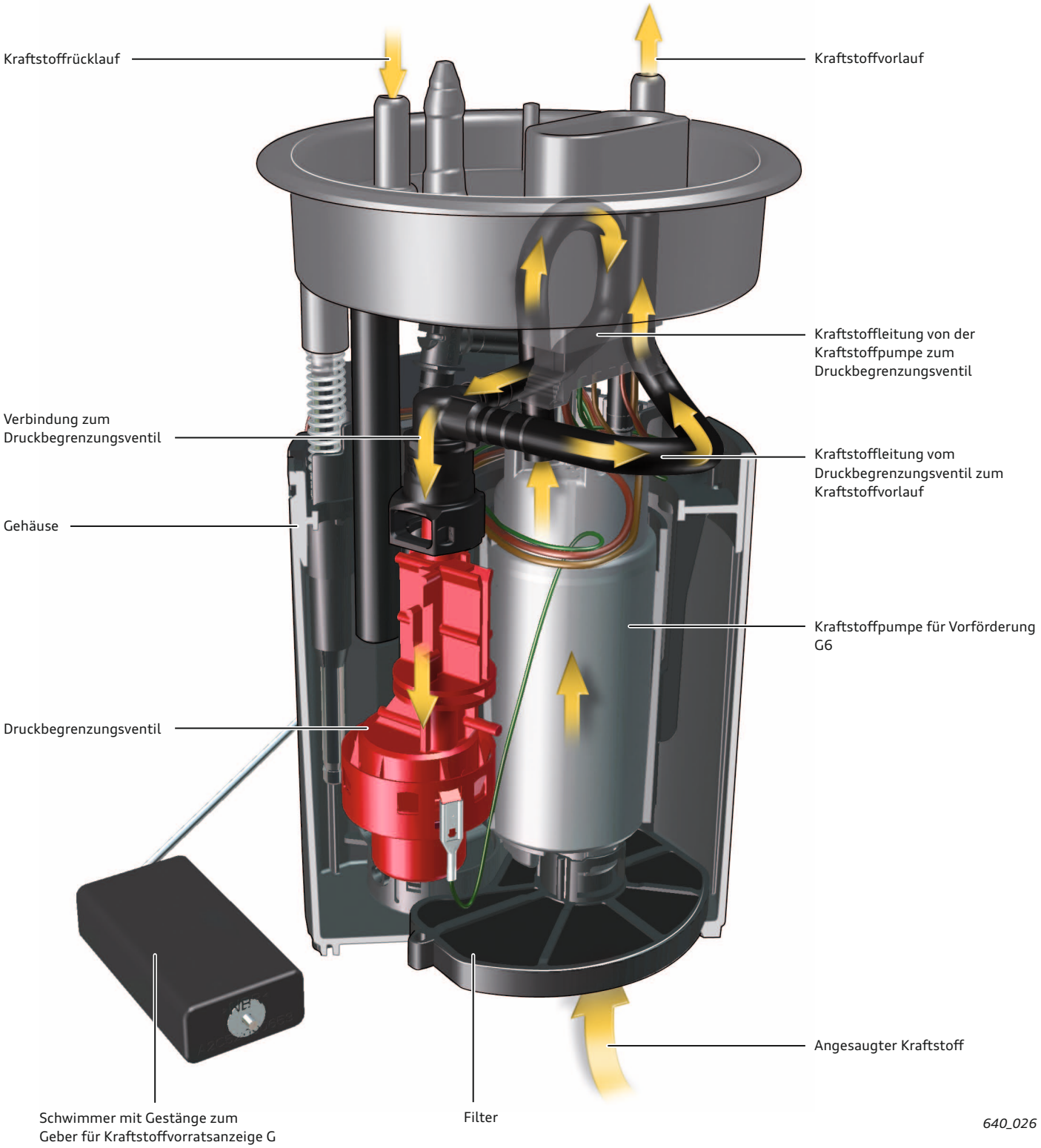
Kraftstoff-Hochdruck etwa 230 – 2000 bar

Kraftstoffrücklauf von der Hochdruckpumpe etwa 0 – 1 bar

# Kraftstoffördereinheit

Die Kraftstoffördereinheit ist direkt im Kraftstoffbehälter verbaut. In der Kraftstoffördereinheit sind die Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6, das Druckbegrenzungsventil für Kraftstoffvorlauf sowie der Geber für Kraftstoffvorratsanzeige G integriert.

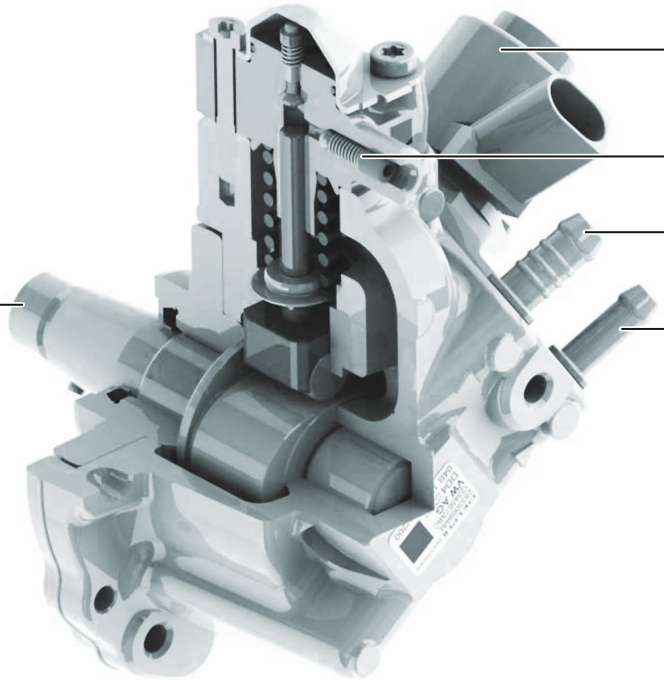
Die Kraftstoffpumpe für Vorförderung leitet den Kraftstoff zur Hochdruckpumpe. Sie ist eine elektrische, ungeregelte Innenzahnradpumpe. Der Kraftstoffvorförderdruck wird von einem mechanischen Druckbegrenzungsventil auf etwa 5,8 bar eingestellt.




640_026

# Hochdruckpumpe

Die Ein-Kolben-Hochdruckpumpe der Firma Delphi hat die Bezeichnung DFP 6.1E. Sie erzeugt für die Einspritzung einen Einspritzdruck von maximal 2000 bar und wird über den Zahnriementrieb angetrieben.

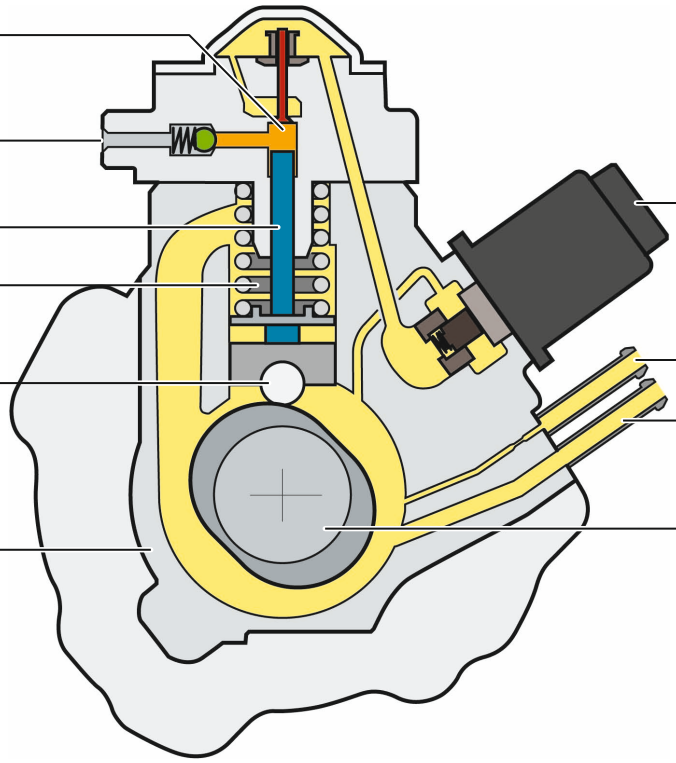



640_059

## Aufbau

Die Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6 fördert den Kraftstoff vom Kraftstoffbehälter bis in das Gehäuse der Hochdruckpumpe. Das in der Hochdruckpumpe verbaute Ventil für Kraftstoffdosierung N290 regelt die benötigte Kraftstoffmenge last- und drehzahlabhängig für den Hochdruckbereich.

Der Pumpenkolben wird über eine Antriebswelle mit Doppelnocken und einer Rolle betätigt. Die Rolle sorgt für eine reibungsarme Kraftübertragung.



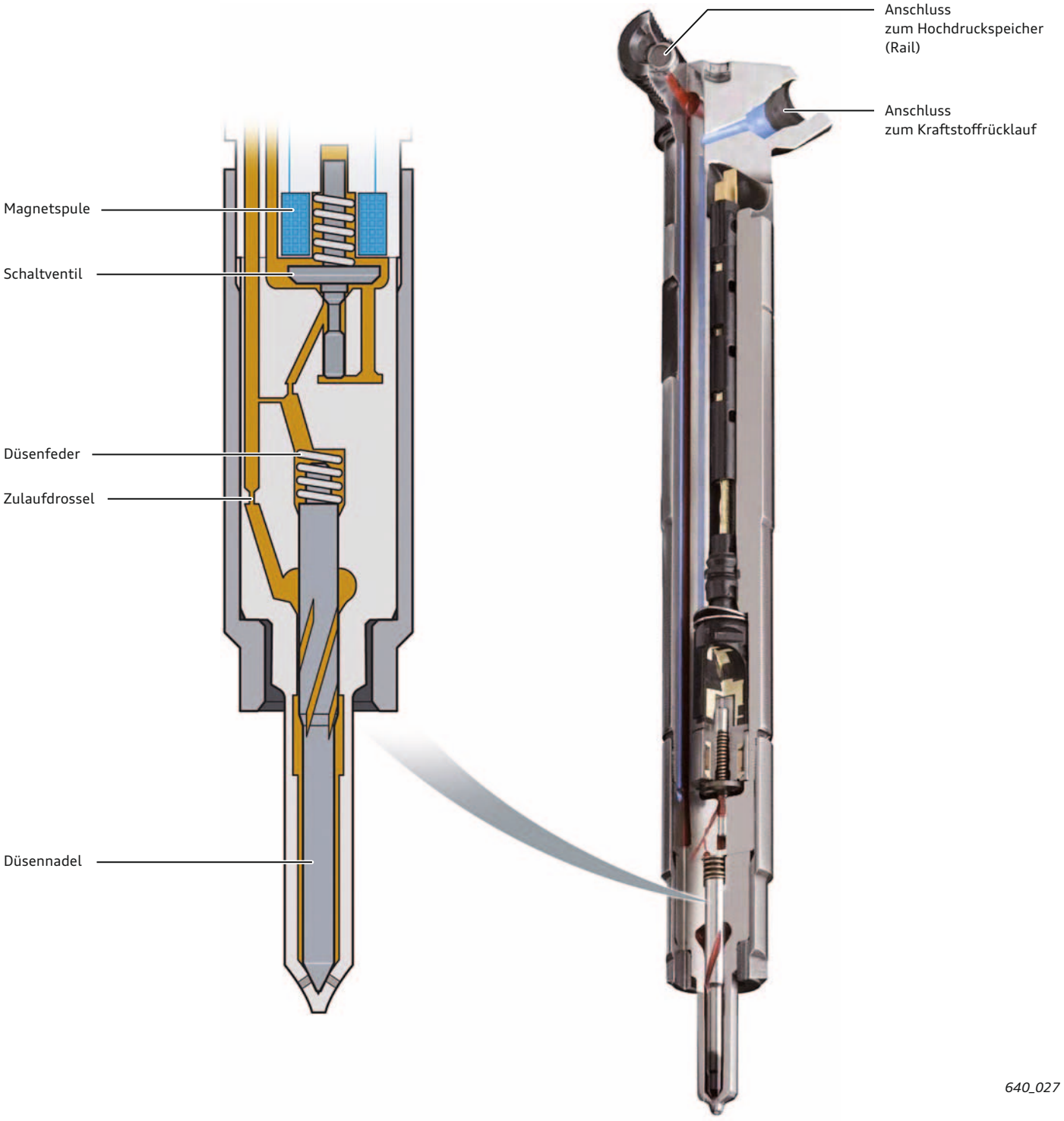

640_060

# Einspritzventile

Die 7-Loch-Einspritzventile der Firma Delphi haben die Bezeichnung DFI 1.20 mit einem Einspritzdruck von bis zu 2000 bar. Um eine schnelle Schaltzeit des Einspritzventils zu bekommen, wurde eine stärkere Magnetspule eingesetzt. Über die Magnetspule ist gewährleistet, dass die Einspritzdauer, der Einspritzbeginn und die Menge der Einspritzzyklen genau geregelt werden können.

Die Steuerung erfolgt durch das Motorsteuergerät. Die technischen Merkmale sind:

- Optimiertes Schaltventil mit stärkerer Magnetspule
- Verkleinerter Durchmesser der Düsennadel
- Optimierung des Nadelsitzes

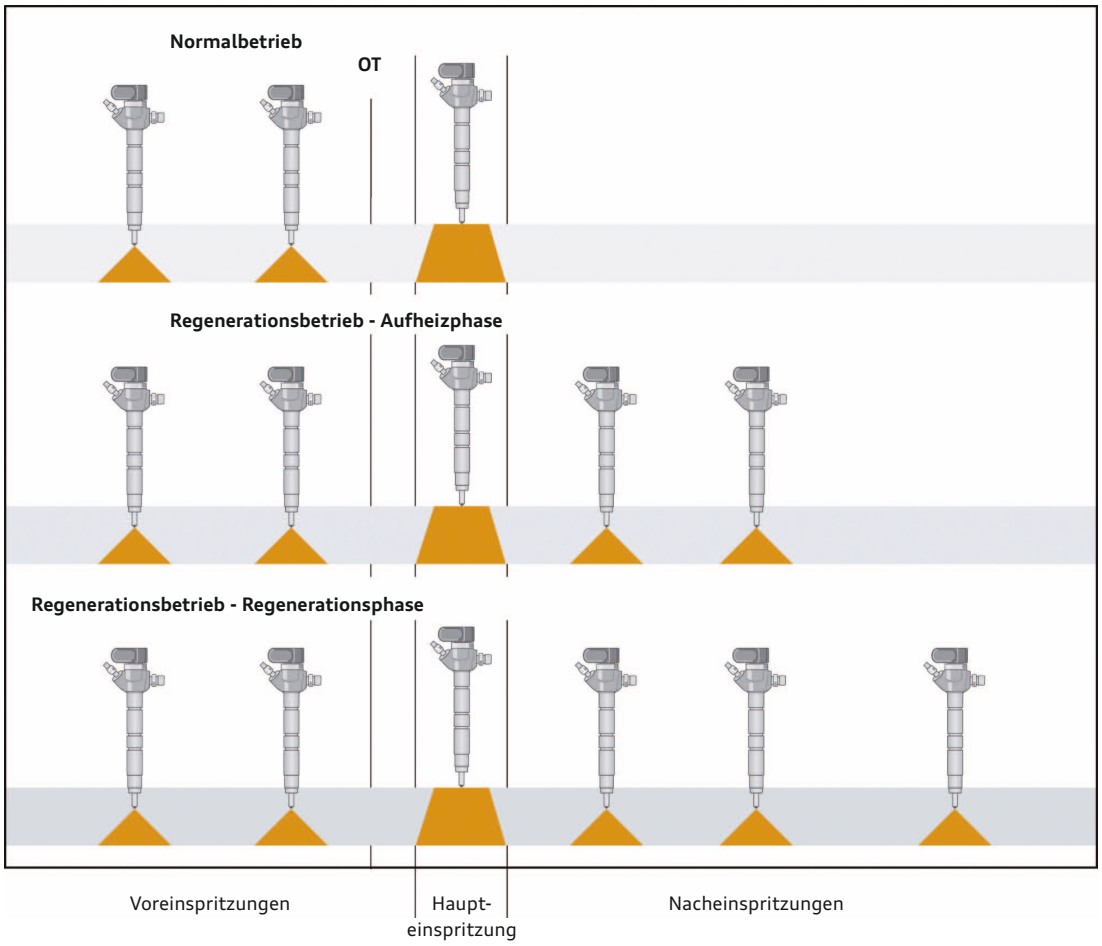



640_027

## Steuerung der Einspritzphasen

Die Einspritzphasen unterscheiden sich zwischen der Einspritzung im Normalbetrieb des Motors und der Einspritzung während des Regenerationsbetriebs für den Dieselpartikelfilter und den Stickoxidspeicherkatalysator.

**Einspritzphasen bei Normal- und Regenerationsbetrieb**




640_029

**Normalbetrieb**

Im Normalbetrieb arbeiten die Einspritzventile mit bis zu 3 Einspritzungen:

- 1 – 2 Voreinspritzungen und einer Haupteinspritzung.

**Regenerationsbetrieb**

Im Regenerationsbetrieb werden bis zu 6 Einspritzungen durchgeführt:

- In der Aufheizphase besteht der Einspritzvorgang aus 2 Voreinspritzungen, einer Haupteinspritzung und 2 haupteinspritzungsnahe Nacheinspritzungen.
- In der Regenerationsphase umfasst der Einspritzvorgang 2 Voreinspritzungen, eine Haupteinspritzung und 2 haupteinspritzungsnahe Nacheinspritzungen in eine haupteinspritzungsferne Nacheinspritzung.

**Hinweis**
Diese Nacheinspritzungen erzeugen eine Exothermie[1)], welche über den Oxidationskatalysator freigesetzt wird.
Somit werden während der Regeneration des Partikelfilters in weiten Kennfeldbereichen bis zu 6 Teileinspritzungen je Verbrennungszyklus abgesetzt.

[1)] Exothermie:
Hier findet eine chemische Reaktion auf die Oberfläche des Oxidationskatalysators statt, die Wärme in das Abgas zusätzlich einbringt.

# Motormanagement

## Systemübersicht (Audi A1 Modelljahr 2015)

### Sensoren

Luftmassenmesser G70

Motordrehzahlgeber G28

Hallgeber G40

Kühlmitteltemperaturgeber G62

Ansauglufttemperaturgeber G42

Kraftstofftemperaturgeber G81

Ölstands- und Öltemperaturgeber G266

Kraftstoffdruckgeber G247

Potenziometer für Abgasrückführung G212
Potenziometer 2 für Abgasrückführung G466

Gaspedalstellungsgeber G79 mit
Geber 2 für Gaspedalstellung G185

Klopfsensor G61

Bremslichtschalter F,
Bremspedalschalter F63

Brennraumdruckgeber für Zylinder 2 G678

Lambdasonde G39
Lambdasonde nach Katalysator G130

Ladelufttemperaturgeber nach Ladeluftkühler G811

Positionsgeber für Ladedrucksteller G581

Drosselklappensteuereinheit J338
Winkelgeber 1+2 für Drosselklappenantrieb bei elektrischer Gasbetätigung G187, G188

Geber für Schaltsaugrohrposition G513

Öldruckschalter F1

Abgasklappensteuereinheit J883

Ladedruckgeber G31

Kupplungspositionsgeber G476

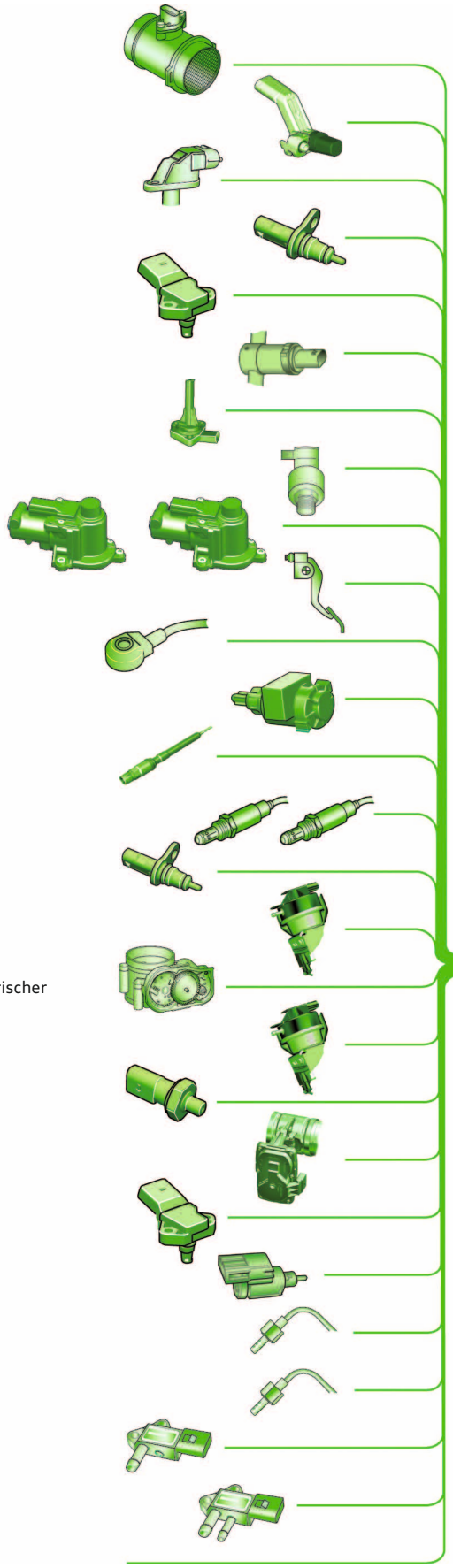
Abgastemperaturgeber 1 G235

Abgastemperaturgeber 3 G495

Differenzdruckgeber G505

Drucksensor 1 für Abgas G450

Zusatzsignale:
- Zentralsteuergerät für Komfortsystem
- Geschwindigkeitsregelanlage
- Steuergerät für Zusatzheizung
- Relais 1+2 für Anlasser
- Steuergerät für Zugang und Startberechtigung

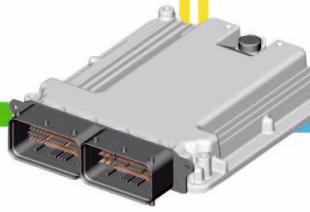


Steuergerät im Schalttafeleinsatz J285 mit:
- Kontrollleuchte für Vorglühzeit K29
- Abgaswarnleuchte K83
- Kontrollleuchte für Dieselpartikelfilter K231



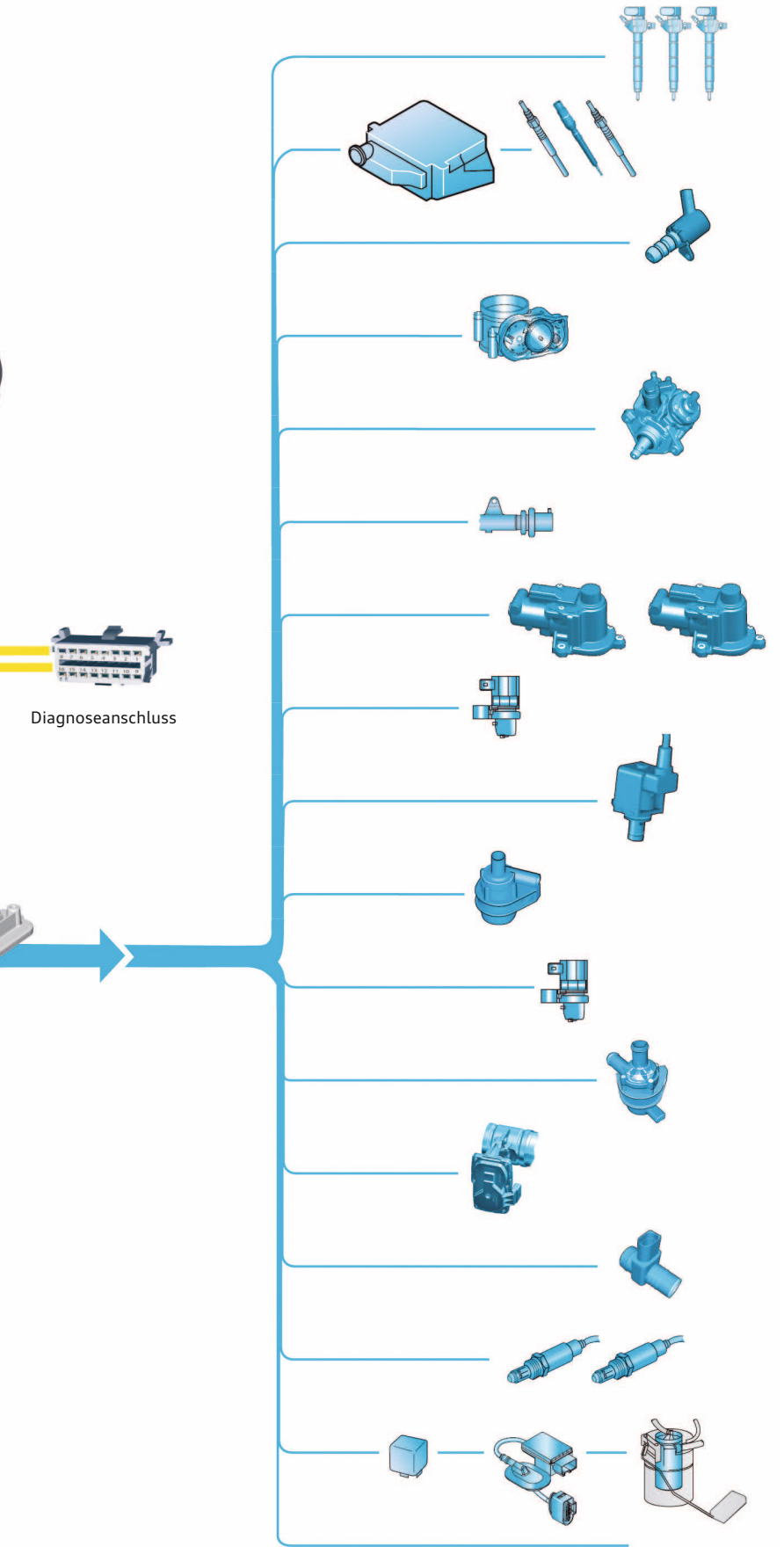


Diagnose-Interface
für Datenbus
J533



Motorsteuergerät
J623

## Aktoren




Einspritzventil für Zylinder 1 – 3 N30 – 32

Steuergerät für Glühzeitautomatik J179
Glühkerze 1 – 3 Q10 – Q12

Ventil für Öldruckregelung N428

Drosselklappensteuereinheit J338
Drosselklappenantrieb für elektrische Gasbetätigung G186

Ventil für Kraftstoffdosierung N290

Regelventil für Kraftstoffdruck N276

Stellmotor für Abgasrückführung V338
Stellmotor 2 für Abgasrückführung V339

Umschaltventil für Saugrohrklappe N239

Kühlmittelventil für Zylinderkopf N489

Pumpe für Ladeluftkühlung V188

Magnetventil für Ladedruckbegrenzung N75

Heizungsunterstützungspumpe V488

Abgasklappensteuereinheit J883

Heizwiderstand für Kurbelgehäuseentlüftung N79

Heizung für Lambdasonde Z19
Heizung für Lambdasonde 1 nach Katalysator Z29

Kraftstoffpumpenrelais J17
Steuergerät für Kraftstoffpumpe J538
Kraftstoffpumpe für Vorförderung G6

Zusatzsignale:
- Klimakompressor
- Zuheizer Kühlmittel
- Lüfterstufe 1 + 2
- Heizelement für Luftzusatzheizung Z35

*640_010*

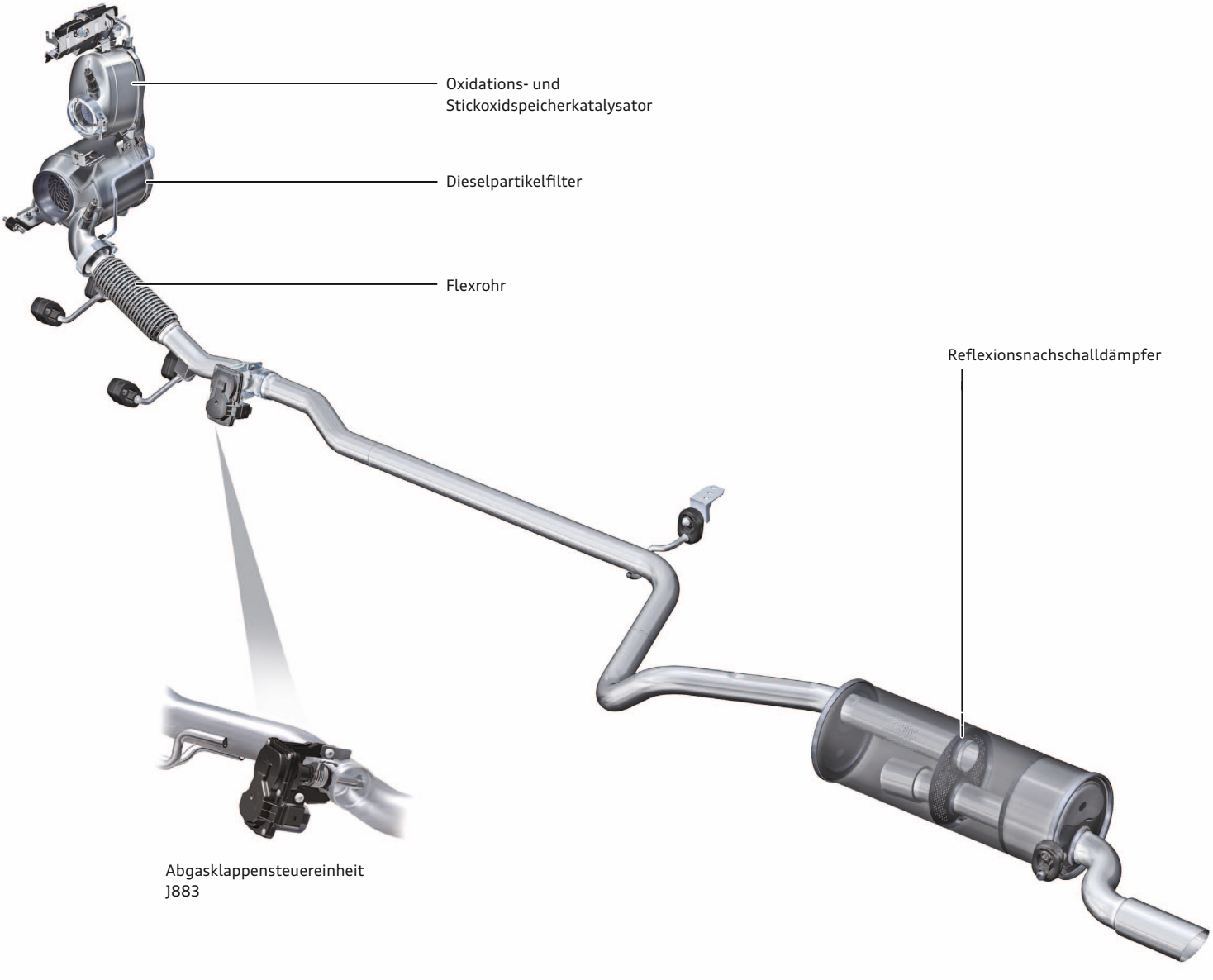
# Abgasanlage

Die Abgasanlage für die Abgasnorm EU6 (W) besteht aus den Bauteilen:

- Abgaskrümmer mit integriertem Abgasturbolader
- Abgasreinigungsmodul mit Oxidations- und Speicherkatalysator sowie dem beschichteten Dieselpartikelfilter
- Abgasklappensteuereinheit J883
- Reflexionsschalldämpfer

## Übersicht

(Audi A1 Modelljahr 2015)




640_054

**Abgasklappensteuereinheit J883**

Um die Niederdruck-Abgasrückführung über den gesamten Kennfeldbereich nutzen zu können, wird der gesamte Abgasstrom aus dem Dieselpartikelfilter mit einer elektromotorischen Abgasklappe definiert aufgestaut. Die Abgasrückführungsrate ist abhängig von dem Druckgefälle zwischen der Abgas- und der Ansaugseite.

# Anhang

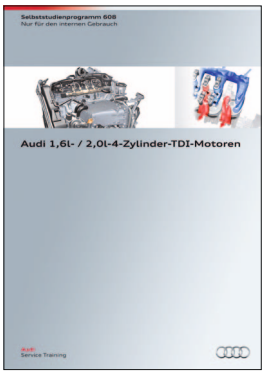
## Selbststudienprogramme

Weitere Informationen über die Technik des 1,4l-TDI-Motors finden Sie in folgendem Selbststudienprogrammen.




**SSP 477 Audi A1**

Bestellnummer: A10.5S00.70.00




**SSP 608 Audi 1,6l- / 2,0l-4-Zylinder-TDI-Motoren**

Bestellnummer: A12.5S00.92.00




**SSP 626 Audi Grundlagen Motoren-technik**

Bestellnummer: A14.5S01.11.00

Alle Rechte sowie technische
Änderungen vorbehalten.

Copyright
**AUDI AG**
I/VK-35
service.training@audi.de

**AUDI AG**
D-85045 Ingolstadt
Technischer Stand 03/15

Printed in Germany
A15.5S01.23.00