

Technisches Service Training

# FordFocus

1.0L EcoBoost – Fox (01/2012-)



CG 8412/S de 11/2011

TN7002202H



Die in dieser Ausgabe enthaltenen Bilder, technischen Informationen, Daten und Beschreibungen entsprechen dem Stand bei Drucklegung. Änderungen von Preisen, technischen Daten, Einrichtungen und Wartungsanweisungen sind im Rahmen des FORD-Geschäftsgrundsatzes einer dauernden Weiterentwicklung und Verbesserung im Interesse unserer Kunden möglich.

Nachdruck, Einspeicherung in ein Datenverarbeitungssystem oder Übertragung durch elektronische, mechanische, fotografische oder irgendwelche andere Mittel, Aufzeichnung der Übersetzung dieser Veröffentlichung - auch auszugsweise - bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Ford-Werke GmbH. Eventuelle Irrtümer behalten wir uns vor.

Bitte beachten Sie, dass diese Trainingsdokumentation nur für FORD TRAININGSZWECKE entwickelt wurde. Die Durchführung von Reparatur- und Einstellarbeiten MUSS ausschließlich nach den Anleitungen und Spezifikationen der Werkstattliteratur erfolgen. Bitte besuchen Sie die von Ford angebotenen Lehrgänge, im Rahmen derer Ihnen ein umfassendes Wissen in Theorie und Praxis vermittelt wird.

Copyright ©2011

**Ford-Werke GmbH**  
**Service-Trainingsprogramme D-F/GT1 (D)**

Der neu entwickelte **3-Zylinder-EcoBoost-Motor** ist ein weiterer Meilenstein des konsequenten Downsizing-Konzepts (Reduzierung von Hubraum, Zylinderzahl und Baugröße).

Der **aufgeladene Benzin-Direkteinspritzer** überzeugt, neben der herausragenden Leistung (bis zu 90 kW), durch einen niedrigen Kraftstoffverbrauch und damit beispielhaft geringen CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid)-Ausstoß.

Das Leistungs-Niveau dieses 3-Zylinder-Motors reicht an die aktuell noch verbauten 4-Zylinder-Motoren mit bis zu 1.6L Hubraum heran und übertrifft diese sogar teilweise. Dies macht den **1.0L EcoBoost – Fox** zukünftig zu einer überzeugenden Alternative für das C- und zu einem späteren Zeitpunkt auch das B-Segment.

Machen Sie sich rechtzeitig mit den neuen Systemen, deren Bedienung und Funktion vertraut. Nur so werden Sie in der Lage sein, Kundenbeanstandungen richtig zu interpretieren und eine schnelle und effektive Diagnose bzw. Reparatur durchzuführen.

Die vorliegende Produkteinführung wird Ihnen einen Überblick über die neuen Systeme und Bauteile des Fahrzeugs vermitteln.

<b>Vorwort.....</b>	<b>1</b>
<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
Kurzbeschreibung.....	4
 <b>Lektion 1 – Antriebsstrang</b>	
<b>Motor</b>	
<b>Einbaulage.....</b>	<b>6</b>
<b>Übersicht.....</b>	<b>8</b>
Allgemeines.....	8
Leistung und Drehmoment.....	8
<b>Funktions- und Bauteilbeschreibung.....</b>	<b>8</b>
Nockenwellenverstellung.....	8
Zylinderkopf.....	10
Zylinderblock und Kurbeltrieb.....	18
Motorschmierung.....	22
<b>Kühlsystem</b>	
<b>Einbaulage.....</b>	<b>26</b>
<b>Übersicht.....</b>	<b>27</b>
Besonderheiten.....	27
<b>Funktions- und Bauteilbeschreibung.....</b>	<b>28</b>
Funktion - Kühlsystem.....	29
Elektrische Kühlmittelpumpe.....	35
<b>Kraftstoffsystem</b>	
<b>Einbaulage.....</b>	<b>37</b>
<b>Übersicht.....</b>	<b>38</b>
Allgemeines.....	38
Vorteil der Direkteinspritzung gegenüber der Saugrohreinspritzung.....	39
Kühleffekt.....	39
Bedarfsgerechte Kraftstoffniederdruckregelung.....	39

<b>Funktions- und Bauteilbeschreibung.....</b>	<b>39</b>
Hochdruckerzeugung.....	39
Brennverfahren.....	40
Hochdruckpumpe.....	41
Kraftstoffhochdruckleitung.....	42
Einspritzventile.....	43
<b>Antrieb - Zusatzaggregate</b>	
<b>Einbaulage.....</b>	<b>45</b>
<b>Ansaugsystem</b>	
<b>Einbaulage.....</b>	<b>46</b>
<b>Übersicht.....</b>	<b>47</b>
Ladeluftkühlung.....	47
<b>Motorregelung</b>	
<b>Funktions- und Bauteilbeschreibung.....</b>	<b>48</b>
PCM.....	51
Steuerung der Nockenwellen.....	52
Kraftstoffdruck-Sensor.....	53
MAP-Sensor und MAPT-Sensor.....	53
Kraftstoffdosierventil.....	54
Einspritzventile.....	55
Magnetventil – Ölpumpenverstellung.....	55
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>57</b>

### Kurzbeschreibung

Der 1.0L EcoBoost – Fox ergänzt die Familie der Ford-EcoBoost-Motoren. Er ist der erste bei Ford eingesetzte 3-Zylinder-Motor mit Abgasturboaufladung. Bei der Entwicklung des Motors wurden unter anderem auf thermische Aspekte, auf die Reduzierung der Reibung von beweglichen Teilen sowie auf Senkung des Kraftstoffverbrauchs geachtet.



### Motor

- Neuer 3-Zylinder-Motor mit zwei obenliegenden Nockenwellen und 12 Ventilen:
  - Zündreihenfolge: 1-2-3
  - Hubraum: 999 ccm
  - Bohrung: 71,9 mm
  - Hub: 82 mm
  - Verdichtungsverhältnis: 10:1
- Leistung / Drehmoment
  - 75 kW (100 PS) bei 5500 1/min / 170 Nm bei 4000 1/min
  - 90 kW (120 PS) bei 6000 1/min / 170 Nm bei 4000 1/min (200 Nm bei 1750 1/min Overtorque)
- Zylinderblock aus Grauguss, Zylinderkopf aus Leichtmetall
- Variable Nockenwellenverstellung an Einlass- und Auslassnockenwelle
- Motorölgeschmierter Zahnriemen zum Antrieb der Nockenwellen
- Variable Ölpumpe zur bedarfsgerechten Anpassung der Förderleistung
- Motorölgeschmierter Zahnriemen zum Antrieb der Ölpumpe
- Abgasturbolader zur Leistungssteigerung und Kraftstoffverbrauchsreduzierung

### Kraftstoffsystem

- Benzin-Direkteinspritzung über Hochdruck-Einspritzventile
- Kraftstoff-Hochdruckpumpe zur Erzeugung des Kraftstoffhochdrucks
- Bedarfsgerechte Kraftstoffniederdruckregelung

### **Motorregelung**

- Neues Ford-PCM  
(Antriebsstrangsteuergerät)
- Magnetventil – Motoröldrucksteuerung

### **Aufladung**

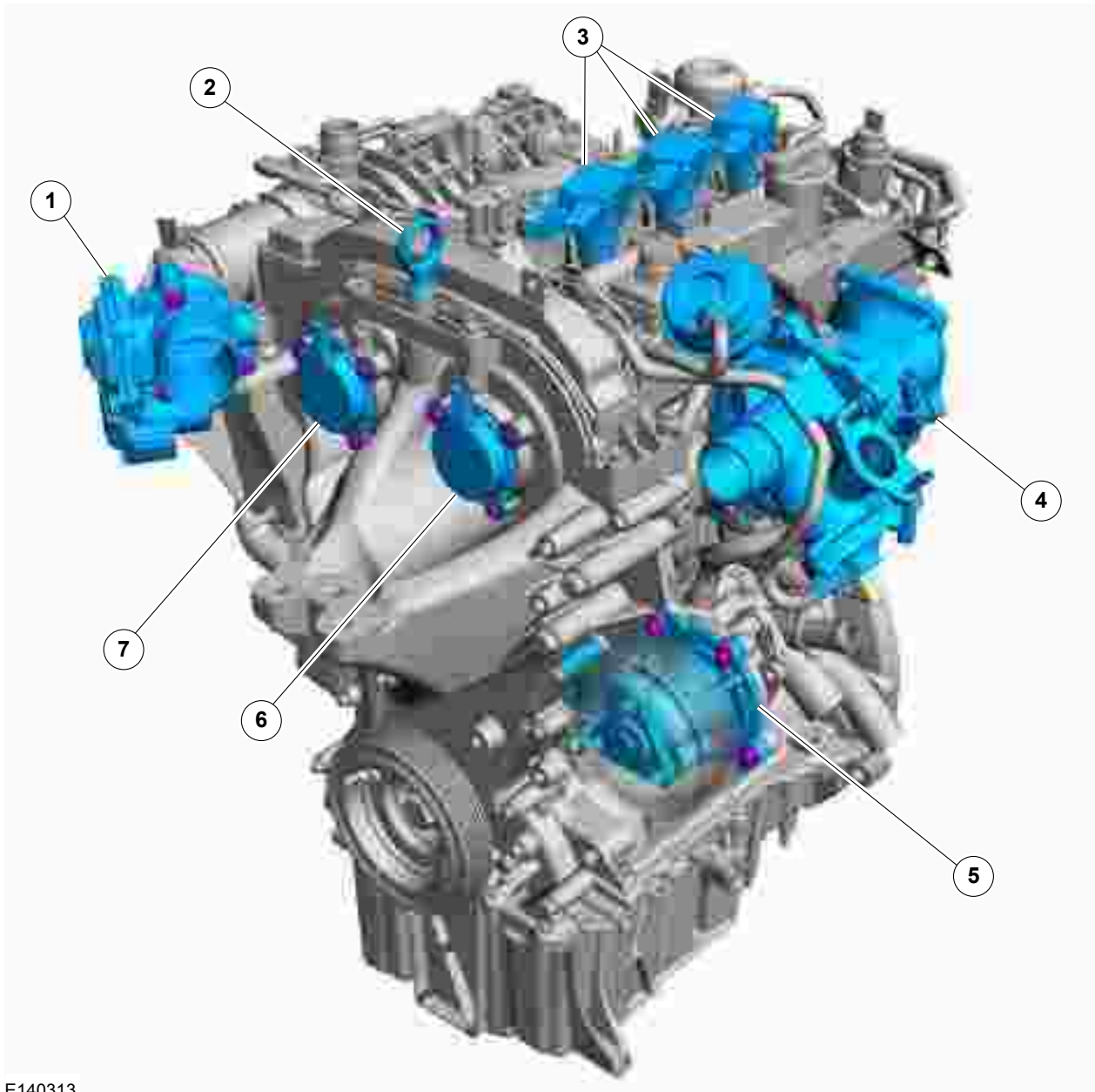
- Abgasturbolader mit elektropneumatisch gesteuertem Klappen- und Umluftventil
- Kühlung des Abgasturboladers über den Kühlmittelkreislauf des Motors
- Lüfterunterstützte Ladeluftkühlung

### **Abgasregelung**

- Erfüllt die Abgasnorm V
- Umwandlung der Schadstoffe über einen Drei-Wege-Katalysator
- Abgasrückführung über die variable Nockenwellenverstellung

## Einbaulage

### Vorderansicht

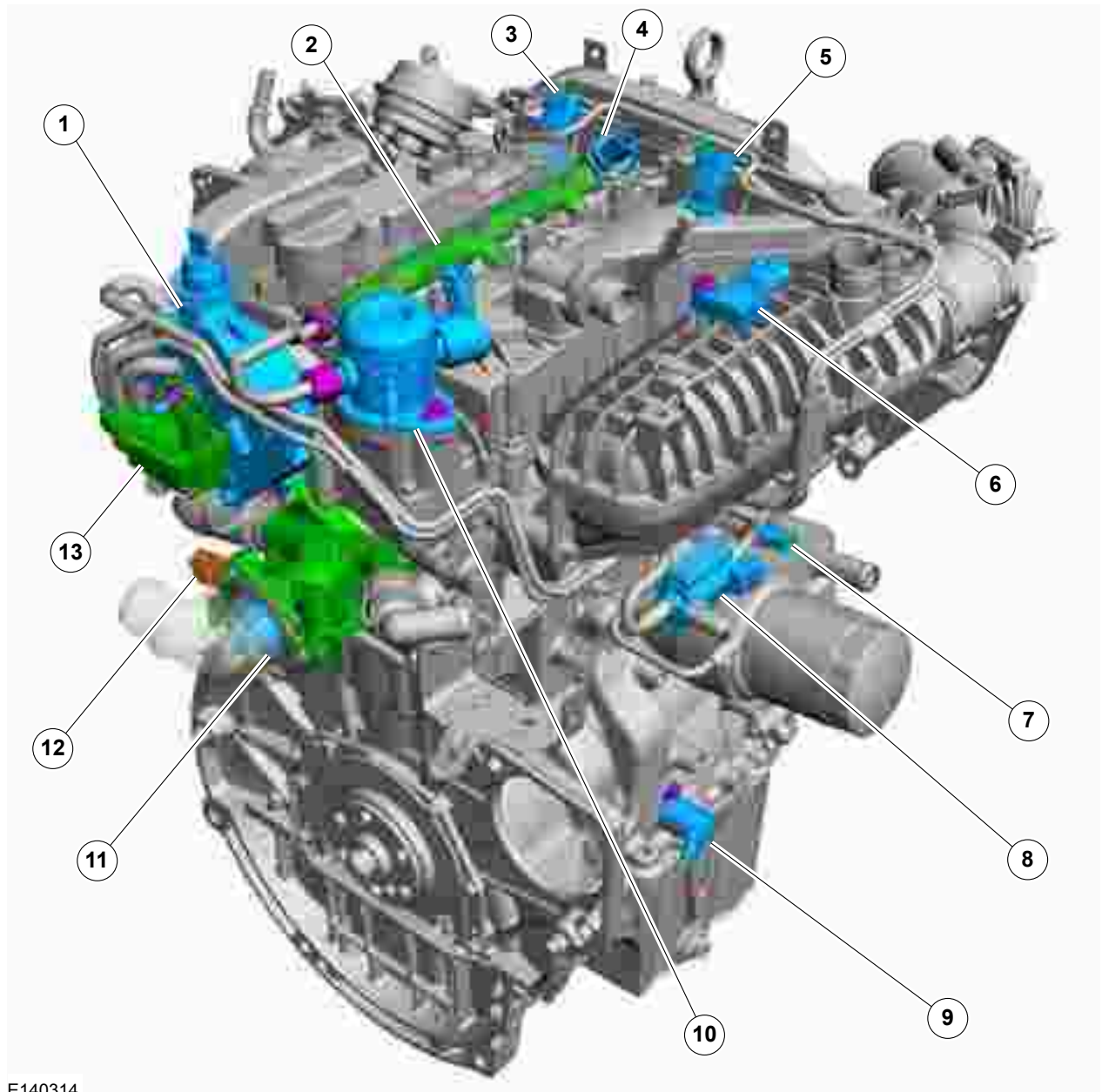


E140313

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1 Elektrische Drosselklappe  | 6 Magnetschalter –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Auslassnockenwelle |
| 2 Ölmesstab                  |   |
| 3 Zündspulen – Direktzündung |   |
| 4 Abgasturbolader            | 7 Magnetschalter –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Einlassnockenwelle |
| 5 Kühlmittelpumpe            |   |



## Rückansicht



- |   |   |    |                                       |
|---|---|----|---------------------------------------|
| 1 | Unterdruckpumpe   | 6  | MAP<br>(Saugrohr-Absolutdruck)-Sensor |
| 2 | Kraftstoffverteilerrohr                                   | 7  | EOP (Motoröldruck)-Schalter           |
| 3 | CMP (Nockenwellenstellung)-Sensor<br>– Auslassnockenwelle | 8  | Magnetventil – Umluftventil           |
| 4 | Kraftstoffdruck-Sensor                                    | 9  | Magnetventil – variable Ölpumpe       |
| 5 | CMP-Sensor – Einlassnockenwelle                           | 10 | Hochdruckpumpe                        |

11 Thermostat – kleiner/großer  
Kühlmittelkreislauf

12 ECT (Kühlmitteltemperatur)-Sensor

13 Magnetventil – Ladedruckregelung

## Übersicht

### Allgemeines

Bei der Entwicklung des Motors standen folgende Ziele im Vordergrund:

- Reduzierung des Gewichts gegenüber 4-Zylinder-Motoren mit vergleichbarer bzw. sogar niedrigerer Leistung
- Reduzierung der inneren Reibung durch **Einsatz einer variablen Ölpumpe** im Vergleich zu den aktuell eingesetzten Motoren
- Optimierung der Energieausnutzung durch **Benzin-Direkteinspritzung und Abgasturboaufladung** im Vergleich zu den aktuell eingesetzten 4-Zylinder-Motoren mit Saugrohreinspritzung.

Seit Einführung der EcoBoost-Motoren wurde das sogenannte Downsizing-Konzept (Reduzierung von Hubraum, Zylinderzahl und Baugröße), auch bei diesem Motor weiter konsequent umgesetzt.

Hauptmerkmale:

- 3-Zylinder-Motor mit zwei obenliegenden Nockenwellen und 12 Ventilen
- Zylinderblock aus Grauguss, Zylinderkopf aus Leichtmetall
- Variable Nockenwellenverstellung an Einlass- und Auslassnockenwelle
- Motorölgeschmierter Zahnriemen zum Antrieb der Nockenwellen

- Variable Ölpumpe zur bedarfsgerechten Anpassung der Förderleistung
- Motorölgeschmierter Zahnriemen zum Antrieb der Ölpumpe
- Abgasturbolader zur Leistungssteigerung und Kraftstoffverbrauchsreduzierung
- Zusätzlicher Thermostat am Motorblock für rasches Aufwärmen des Motors nach dem Kaltstart

### Leistung und Drehmoment

Der 1.0L EcoBoost – Fox wird in zwei Leistungsklassen angeboten:

- 75 kW (100 PS) bei 5500 1/min / 170 Nm bei 4000 1/min
- 90 kW (120 PS) bei 6000 1/min / 170 Nm bei 4000 1/min (200 Nm bei 1750 1/min Overtorque)

### Funktions- und Bauteilbeschreibung

#### Funktionsbeschreibung

#### Nockenwellenverstellung

Bei diesem Motor kommt eine elektro-hydraulisch gesteuerte, doppelte, variable Nockenwellenverstellung an Ein- und Auslassnockenwelle zum Einsatz.

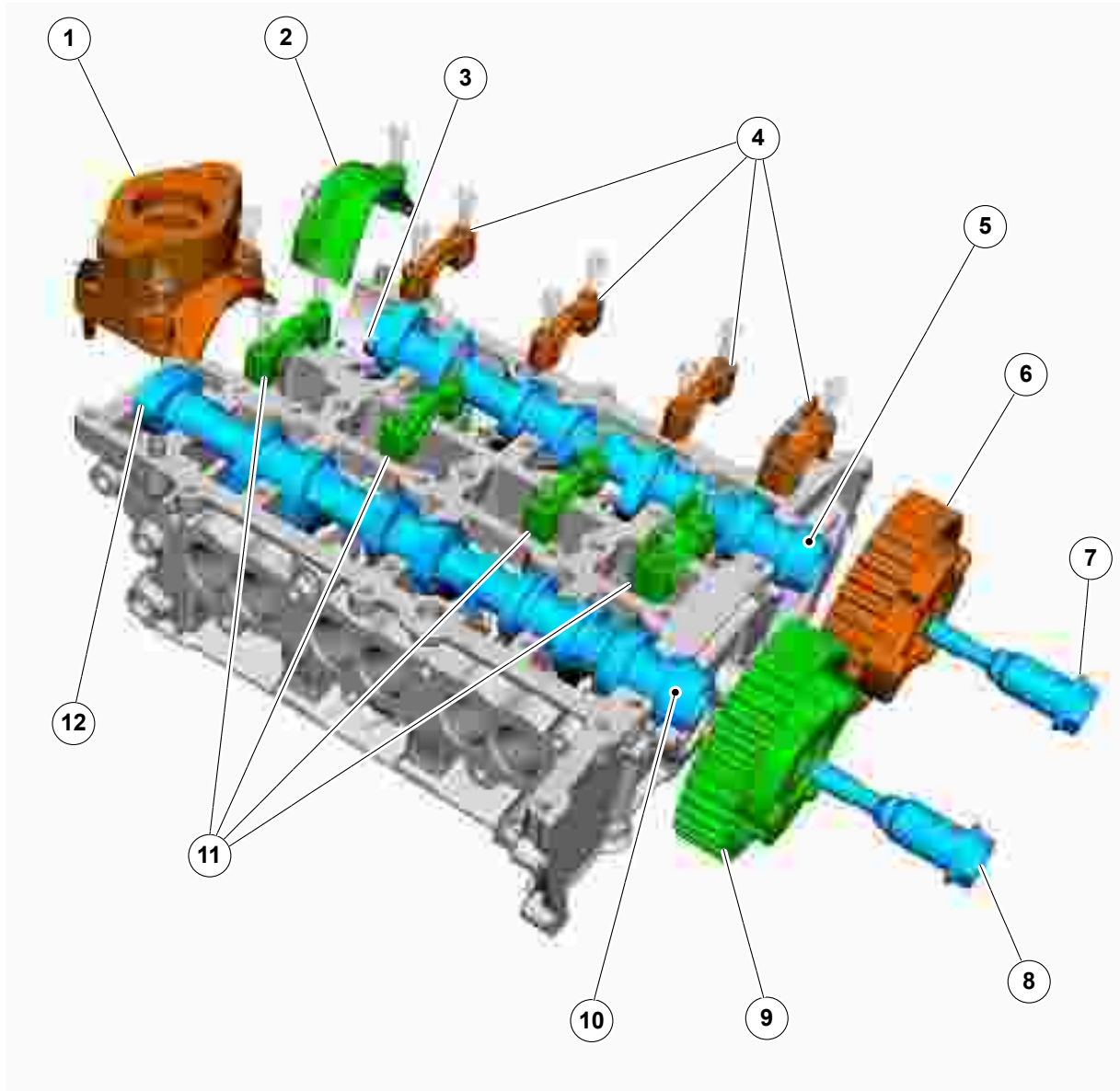
Durch die kontinuierliche Verstellung der Steuerzeiten kann folgendes realisiert werden:

- Ruhiger Leerlauf
- Erhöhung der Leistung und des Drehmoments
- Ausreichende interne Abgasrückführung
- Optimierung im Vollastbereich

Zur Verstellung befindet sich an jeder Nockenwelle eine VCT (Nockenwellenverstellung)-Einheit. Die Ventilsteuerzeiten lassen sich somit beeinflussen, indem eine drehzahl- und lastabhängige Verstellung der Einlass- und Auslassnockenwelle vorgenommen wird.

## **Bauteilbeschreibung**

## Zylinderkopf



E140315

- 1 Nockenwellenlagerdeckel –  
Einlassnockenwelle mit Aufnahme  
– Hochdruckpumpe
- 2 Deckel – Vacuumpumpe
- 3 Antrieb – Vacuumpumpe

- 4 Nockenwellenlagerdeckel –  
Auslassnockenwelle

**Kommentare:**

Nockenwellenlagerdeckel sind  
numerisch gekennzeichnet von 1  
- 4

- 5 Auslassnockenwelle

- 6 VCT-Einheit – Auslassnockenwelle
- 7 Steuerventil –  
Nockenwellenverstellung –  
Auslassnockenwelle
- 8 Steuerventil –  
Nockenwellenverstellung –  
Einlassnockenwelle
- 9 VCT-Einheit – Einlassnockenwelle

- 10 Einlassnockenwelle
- 11 Nockenwellenlagerdeckel –  
Einlassnockenwelle

**Kommentare:**

Nockenwellenlagerdeckel sind alphabetisch gekennzeichnet von A - D

- 12 Dreifach-Nocken

**⚠ VORSICHT: Beim Ausbau der Nockenwellenlagerdeckel ist die Einbaulage und -position zu beachten. Beim Einbau der Nockenwellen ist darauf zu achten, dass die Lagerdeckel in der richtigen Einbaulage und -position montiert sowie in einer bestimmten Reihenfolge und mit vorgeschriebenen Drehmoment angezogen werden. Hierzu sind die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur unbedingt zu beachten.**

Der Zylinderkopf ist aus einer Leichtmetalllegierung gefertigt.

Der Auspuffkrümmer ist Teil des Zylinderkopfs und kann somit im Service nicht separat getauscht werden.

Die Einlassnockenwelle ist durch den zusätzlichen Dreifach-Nocken für den Antrieb der Hochdruckpumpe länger ausgeführt. Ein Verwechseln mit der Auslassnockenwelle ist somit nicht möglich. Sie ist fünffach gelagert. Der getriebeseitige Nockenwellenlagerdeckel –

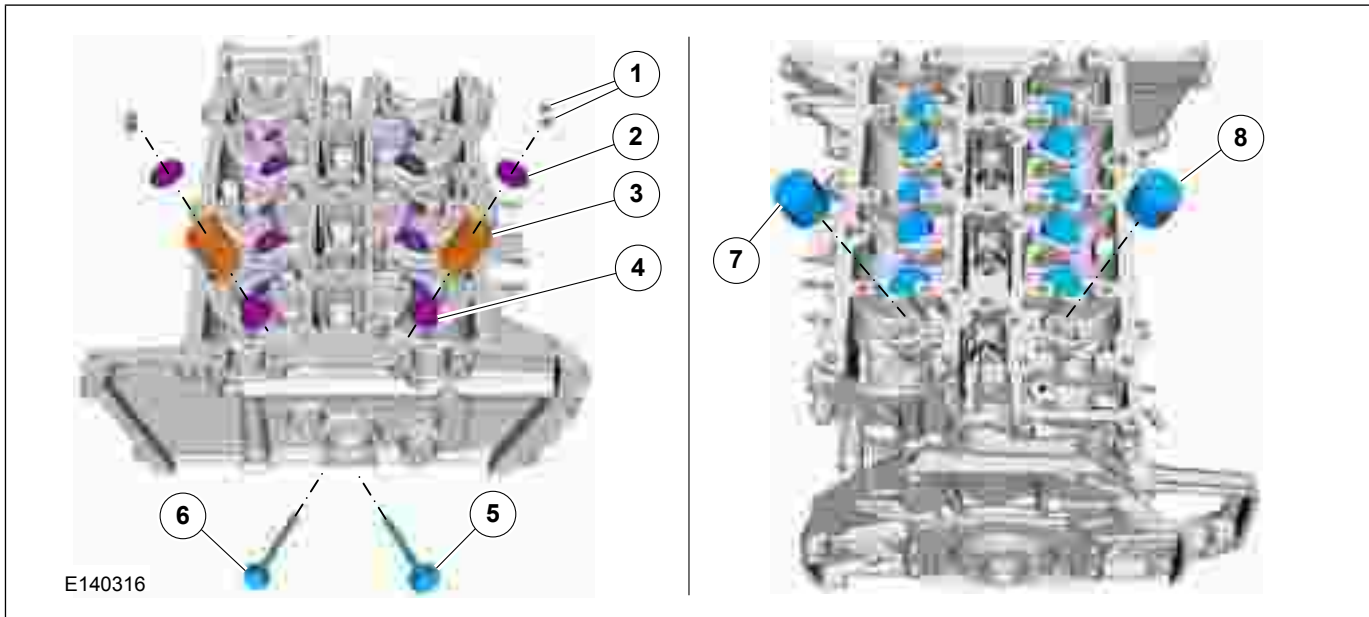
Einlassnockenwelle bildet außerdem die Aufnahme für die Hochdruckpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung. Die Abdichtung zum Zylinderkopf erfolgt über Dichtmasse.

Die Auslassnockenwelle ist vierfach gelagert und zusätzlich mit einer Nut versehen, über die die Vacuumpumpe angetrieben wird. Der Deckel – Vacuumpumpe nimmt die Abdichtung für den Ventildeckel und der Vacuumpumpe auf.

Die VCT-Einheiten sind mit dem jeweiligen Steuerventil – Nockenwellenverstellung an der entsprechenden Nockenwelle geschraubt. Die Betätigung der Steuerventile erfolgt über Magnetventile (siehe Abschnitt 'Motorregelung').

**⚠ VORSICHT: Vor dem Einbau des Zylinderkopfs bzw. der Nockenwellen müssen die Kurbelwelle und die Nockenwellen in eine bestimmte Position gebracht werden. Hierzu sind unbedingt die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.**

## Ventile



- 1 Ventilkeile
- 2 Ventildfederhalter
- 3 Ventildfeder
- 4 Ölabschirmring

- 5 Einlassventil
- 6 Auslassventil
- 7 Tassenstößel – Auslassventil
- 8 Tassenstößel – Einlassventil

Es befinden sich vier Ventile pro Zylinder im Zylinderkopf. Zwei Einlass- und zwei Auslassventile, wobei die Einlassventile einen größeren Durchmesser am Ventilteller aufweisen.

Die **Einlassventile** sind aus **einem** Werkstoff gefertigt und bestehen aus **Vollmaterial**.

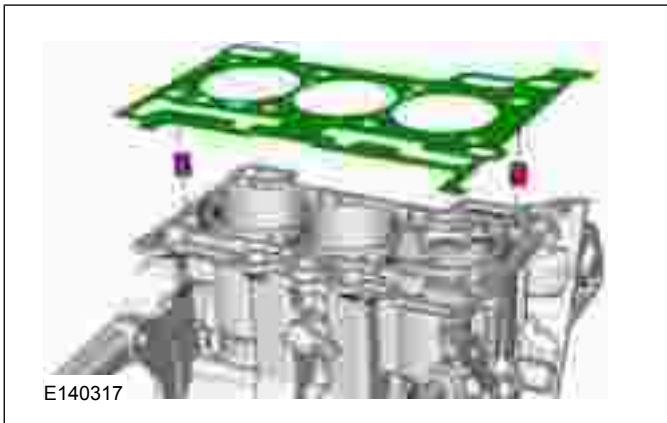
Die **Auslassventile** sind als **Hohlventile** ausgeführt. Der Hohlraum ist mit **Natrium gefüllt**. Das Natrium schmilzt bei etwa 97 °C und hat eine gute Wärmeleitfähigkeit. Dadurch kann die Temperatur am Ventilteller um etwa 100 °C abgesenkt werden.

Die Betätigung der Ventile erfolgt über mechanische Tassenstößel.

**BEACHTEN:** Im Rahmen der Wartungsintervalle muss das Ventilspiel über die gesamte Lebensdauer des Motors **nicht** überprüft oder gar eingestellt werden. Dies ist nur dann erforderlich, wenn die Nockenwellen bei Reparaturarbeiten ausgebaut wurden. Für die genaue Einstellung sind die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.



## Zylinderkopfdichtung

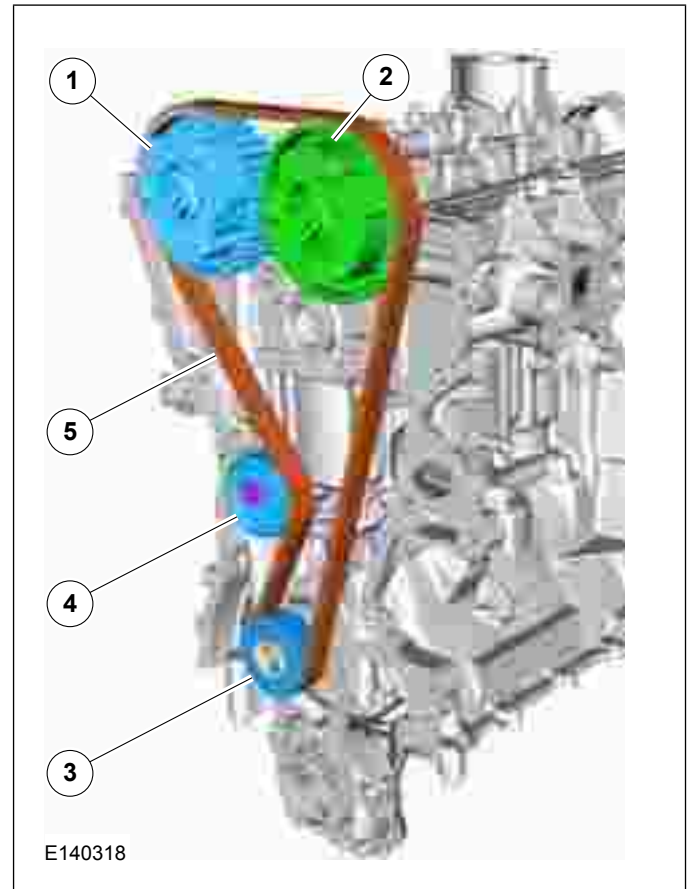


**BEACHTEN:** Beim Ersetzen der Zylinderkopfdichtung muss die neue Dichtung die gleiche Kennzeichnung wie die zuvor eingebaute Dichtung haben. Des Weiteren sind zum Einbau die Hinweise der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

Es kommt eine Mehrschicht-Stahl-Zylinderkopfdichtung zum Einsatz.

Zum Fixieren von Zylinderkopf- und Dichtung auf dem Zylinderblock sind auf diesem **zwei Führungshülsen** eingepresst.

## Nockenwellenantrieb



- 1 Einlassnockenwellen-Riemenrad mit integrierter VCT
- 2 Auslassnockenwellen-Riemenrad mit integrierter VCT
- 3 Kurbelwellenriemenrad
- 4 Automatischer Zahnriemenspanner
- 5 Zahnriemen

Für den Antrieb der Nockenwellen kommt ein neu entwickelter **Ölbath-Zahnriementrieb** zum Einsatz.

Vorteile des Ölbad-Zahnriemens gegenüber einem ölgeschmierten Kettentrieb:

- Reduzierte Reibungsverluste (etwa 20 Prozent), dadurch geringerer Kraftstoffverbrauch und somit reduzierter CO<sub>2</sub>-Ausstoß
- Reduzierte Geräuschentwicklung
- Entfall der beim Kettentrieb üblichen Führungsschienen

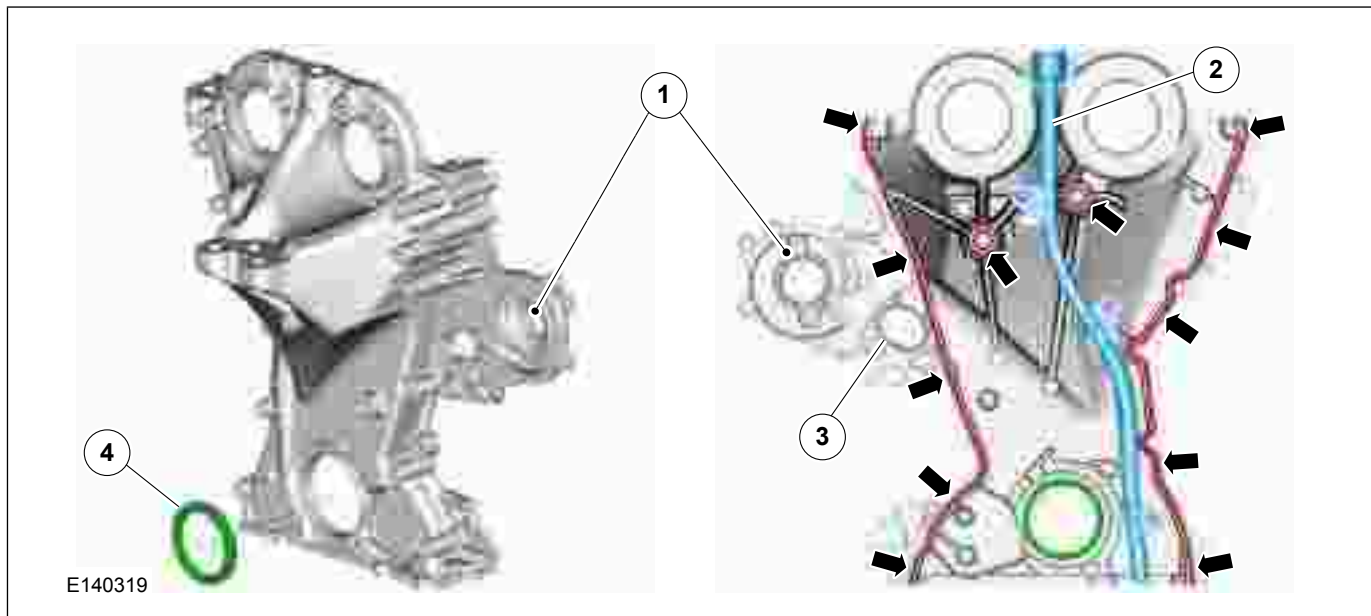
Vorteil des Ölbad-Zahnriemens gegenüber einem vergleichbaren Trocken-Zahnriemen:

- Der Zahnriemen ist wartungsfrei

Gespannt wird der Zahnriemen über einen automatischen Zahnriemenspanner.

**BEACHTEN:** Zum Aus- und Einbau des Zahnriemens sind die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

## Stirndeckel



1 Aufnahme – Kühlmittelpumpe

2 Führung – Ölmesstab

3 Dichtung – Kühlmiteleinlass

4 Kurbelwellendichtring vorn

Der Aluminium-Stirndeckel dichtet den Nockenwellenantrieb nach außen hin ab. Er nimmt im unteren Bereich den von außen angebrachten Kurbelwellendichtring auf. Zum Aus- und Einbau des Dichtrings sind die dafür vorgesehenen Spezialwerkzeuge zu verwenden (siehe aktuelle Werkstattliteratur).

Die Abdichtung zum Motor hin erfolgt über ein Dichtmittel (Pfeile).

An der Innenseite des Stirndeckels ist die Führung - Ölmesstab mit drei Schrauben befestigt.

Darüber hinaus beinhaltet der Stirndeckel die Aufnahme für die Kühlmittelpumpe. Um ihn ausbauen zu können, muss zunächst die Kühlmittelpumpe demontiert werden.

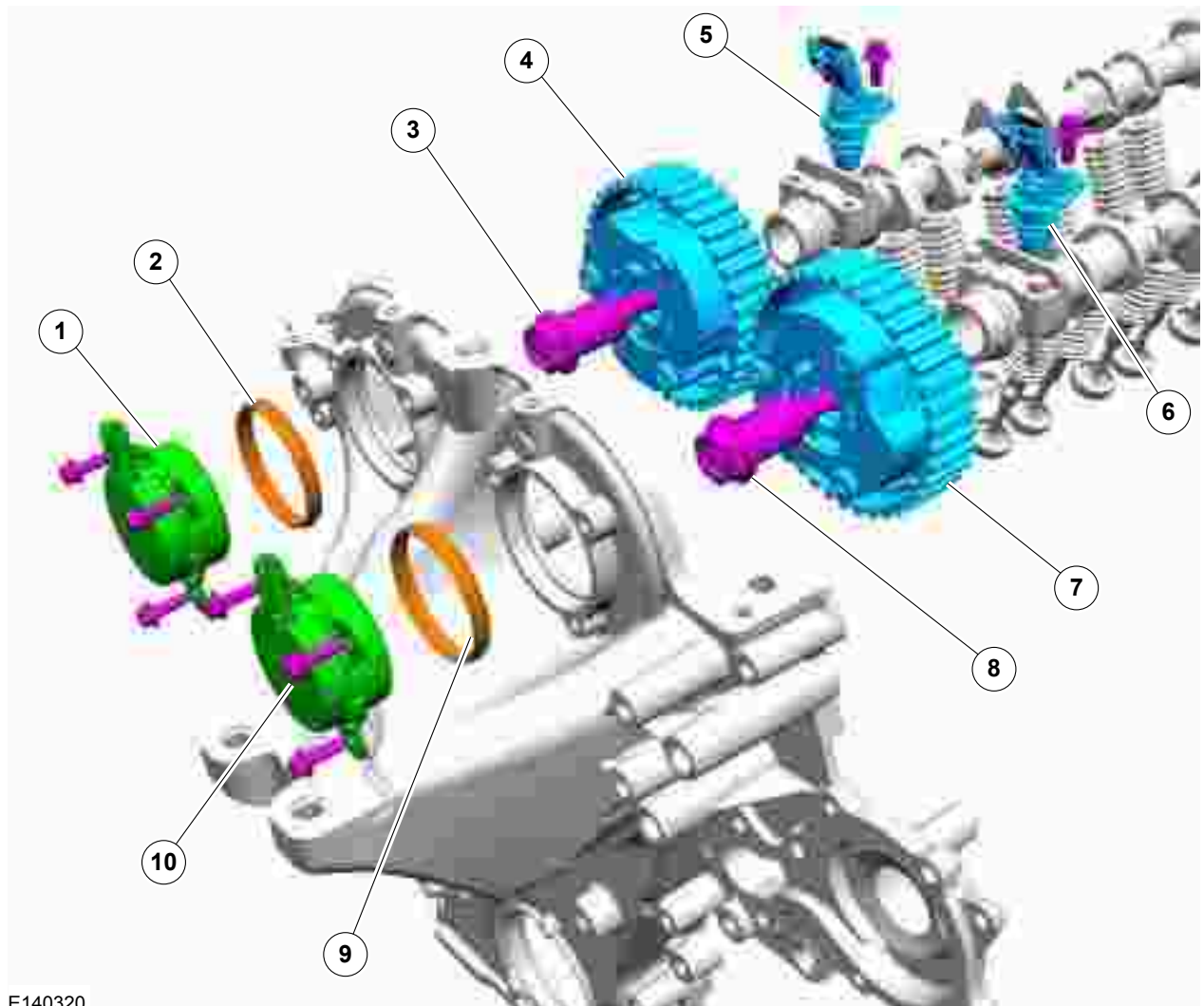
**BEACHTEN:** Die Befestigungsschrauben des Stirndeckels müssen in einer bestimmten Reihenfolge sowie mit einem bestimmten



Drehmoment angezogen werden. Die genaue Montage ist den Anweisungen der

aktuellen Werkstattliteratur zu entnehmen.

## Nockenwellenverstellung



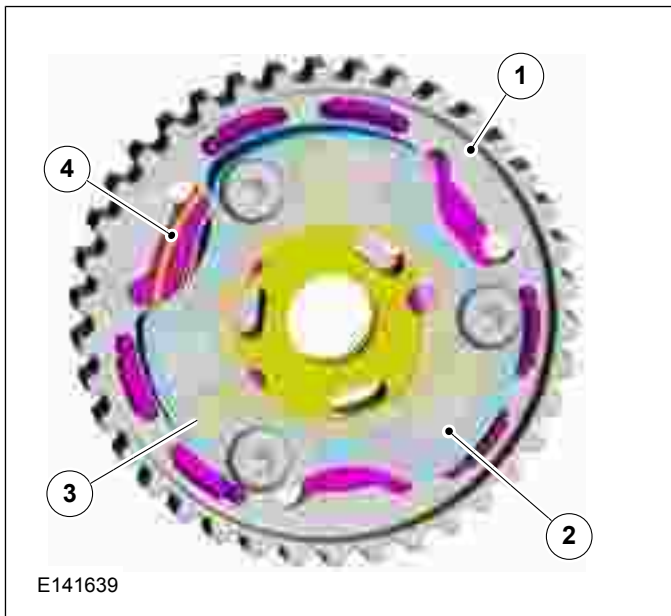
E140320

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | Magnetschalter –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Einlassnockenwelle | 5 | CMP-Sensor – Einlassnockenwelle                                   |
| 2 | Dichtung – Magnetschalter –<br>Einlassnockenwellenverstellung       | 6 | CMP-Sensor – Auslassnockenwelle                                   |
| 3 | Steuerventil –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Einlassnockenwelle   | 7 | VCT-Einheit – Auslassnockenwelle                                  |
| 4 | VCT-Einheit – Einlassnockenwelle                                    | 8 | Steuerventil –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Auslassnockenwelle |

9 Dichtung – Magnetschalter –  
Auslassnockenwellenverstellung

Bei diesem System handelt es sich um eine elektro-hydraulisch gesteuerte Nockenwellenverstellung, die für die Ein- und Auslassnockenwelle unabhängig voneinander variable Steuerzeiten ermöglicht.

Dazu sind die Nockenwellen jeweils mit einer VCT-Einheit ausgerüstet. Die vorderen Verschlussplatten der Einheiten sind mit **I** (Einlass) und **e** (Auslass) gekennzeichnet.



- 1 VCT-Einheit (Einlassnockenwelle)
- 2 Vordere Verschlussplatte
- 3 Rotor
- 4 Rückstellfeder

10 Magnetschalter –  
Nockenwellenverstellung –  
Auslassnockenwelle

Die Einheiten sind vom prinzipiellen Aufbau gleich. Sie sind mit drei Ölkammern ausgestattet. Zum Erreichen der Verriegelungsposition dient eine Rückstellfeder.

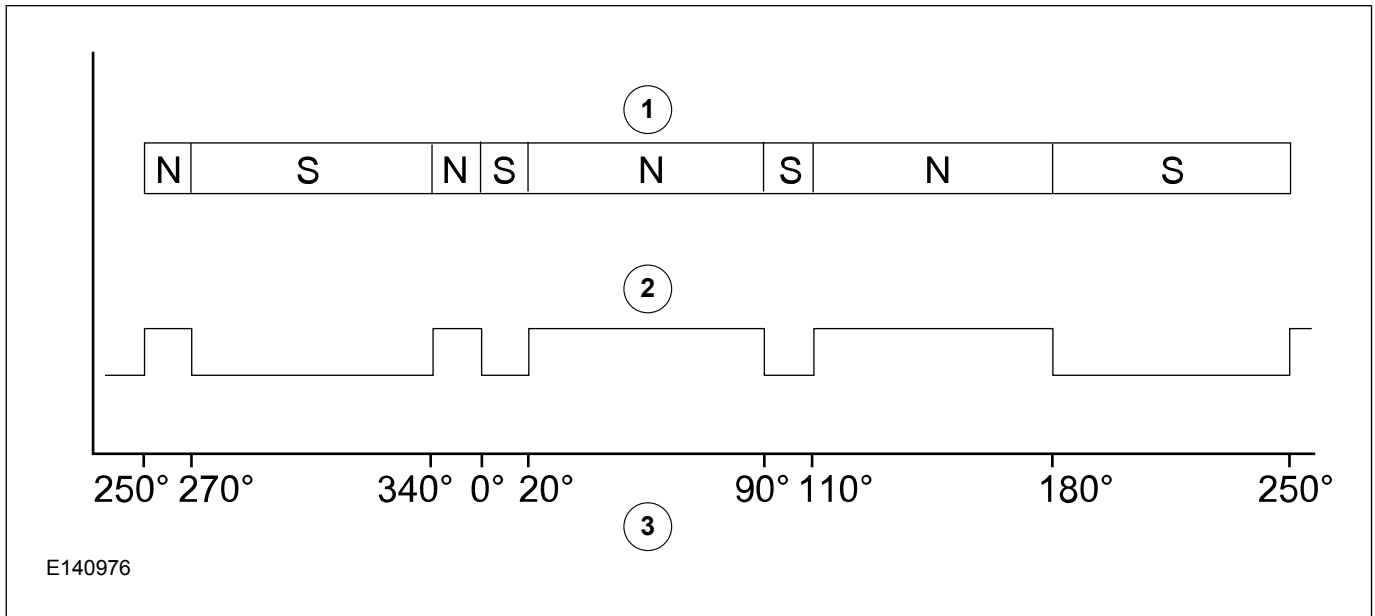
Der Unterschied zwischen der VCT-Einheit Einlass- und Auslassnockenwelle liegt in der Verriegelungsposition. Die Einheit der Einlassnockenwelle verriegelt in der Position "spät" und die Einheit der Auslassnockenwelle in der Position "früh".

Die VCT-Einheiten sind mit dem zugehörigen Steuerventil – Nockenwellenverstellung an die jeweilige Nockenwelle geschraubt. Das bedeutet:

- Befestigungsschraube und Steuerventil bilden ein Teil.

Beide VCT-Einheiten haben einen maximalen, mechanischen Verstellwinkel von **49** Grad-Kurbelwellenwinkel. Der maximal programmierte Verstellwinkel beträgt **45** Grad-Kurbelwellenwinkel.

Das jeweilige Steuerventil wird von einem Magnetschalter – Nockenwellenverstellung betätigt. Beide Magnetschalter sind frontal mit jeweils drei Befestigungsschrauben am Stirndeckel befestigt.



- 1 Magnetische Ausrichtung der Magnetscheibe
- 2 Signal vom CMP-Sensor
- 3 Stellung der Nockenwelle

**Kommentare:**

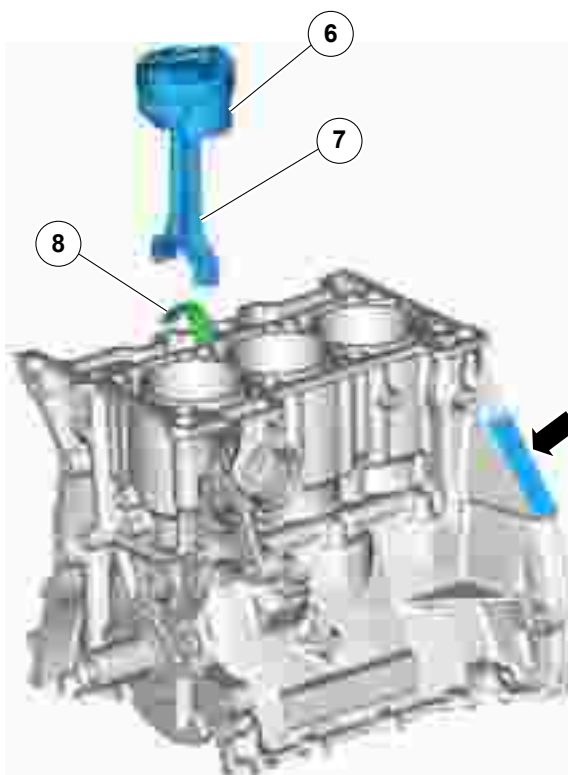
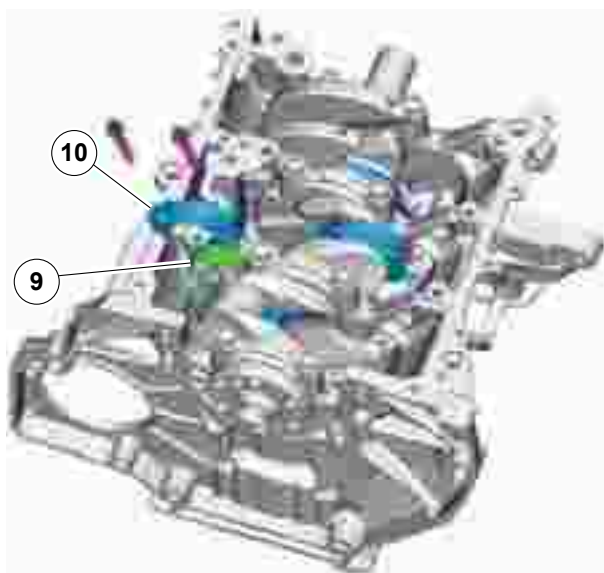
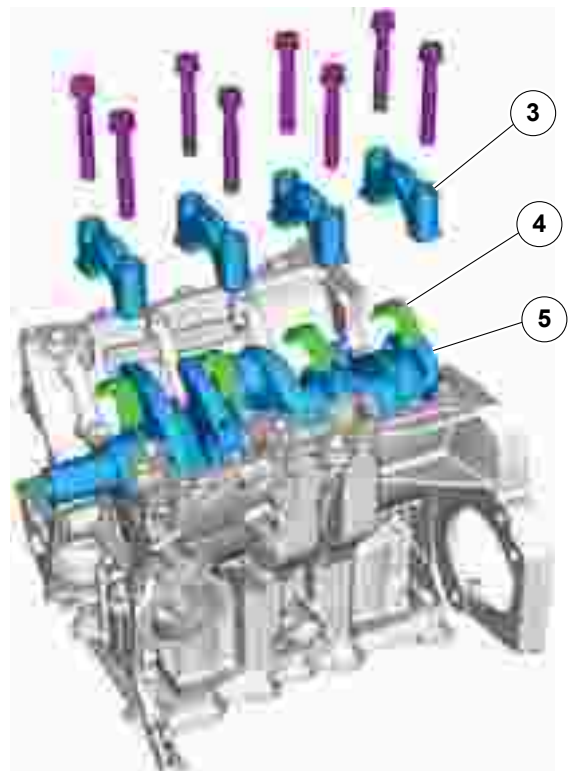
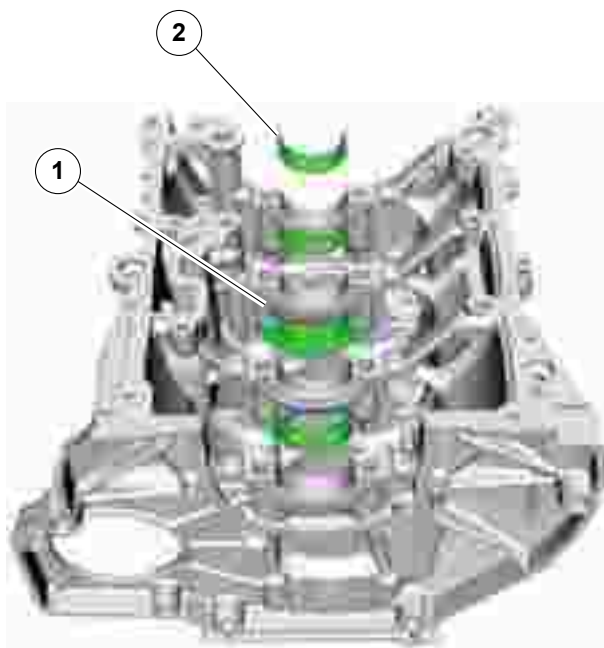
Angaben in °-Nockenwelle

Die genaue Winkellage der Ein- und Auslassnockenwelle wird jeweils über einen CMP-Sensor erfasst. Der Sensor tastet die Magnetscheibe ab, die auf der jeweiligen Nockenwelle aufgeschrumpft ist. Dieses Signal wird durch die integrierte Wandlerelektronik in ein Rechtecksignal umgewandelt und an das PCM gesendet.

Beide Sensoren sind mit einer Befestigungsschraube von oben auf dem Ventildeckel montiert.

**BEACHTEN:** Beim Ausbau der einzelnen Bauteile ist die Einbaulage zu beachten. Es sind die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

## Zylinderblock und Kurbeltrieb



E140321

1 Obere Lagerschale – Kurbelwelle

**Kommentare:**

Lagerschale mit Bund (Lager Nr. 2)

2 Obere Lagerschale – Kurbelwelle (3 Stück)

3 Lagerdeckel – Kurbelwelle (4 Stück)

4 Untere Lagerschale – Kurbelwelle (4 Stück)

5 Kurbelwelle

6 Kolben

7 Pleuel

8 Obere Lagerschale – Pleuel

9 Untere Lagerschale – Pleuel

10 Lagerdeckel – Pleuel

Der **Zylinderblock** ist als 'Open-Deck'-Konstruktion aus Grauguß gefertigt.

Der Motorcode ist auslassseitig am Getriebeflansch eingestanzt (Pfeil).

Die heruntergezogenen Seitenwände tragen zur Versteifung des Zylinderblocks bei. Durch diese Maßnahmen werden ein geringes Gewicht sowie eine hohe Steifigkeit erreicht.

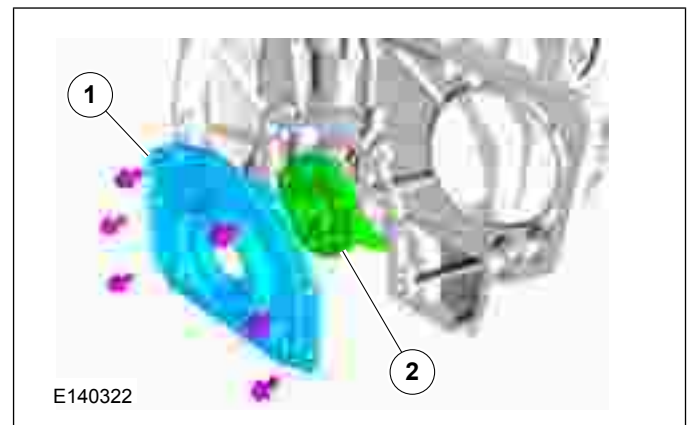
Die **Kolben** bestehen aus einer Aluminium-Silizium- Legierung und sind bestückt mit:

- einem oberen Verdichtungsring,
- einem unteren Verdichtungsring und
- einem 3-geteilten Ölabstreifring (Ölabstreifring sowie oberes und unteres Spannfederelement).

Die **Kurbelwelle** ist 4-fach gelagert. Die drei Kurbelzapfen sind 120 ° versetzt zueinander.

**BEACHT:** Aufgrund sehr geringer Toleranzen im Bereich des Lagerspiels und der Lagerschalen sind keinerlei Reparaturen am Kurbeltrieb gestattet.

## Hinterer Radialdichtring – Kurbelwelle



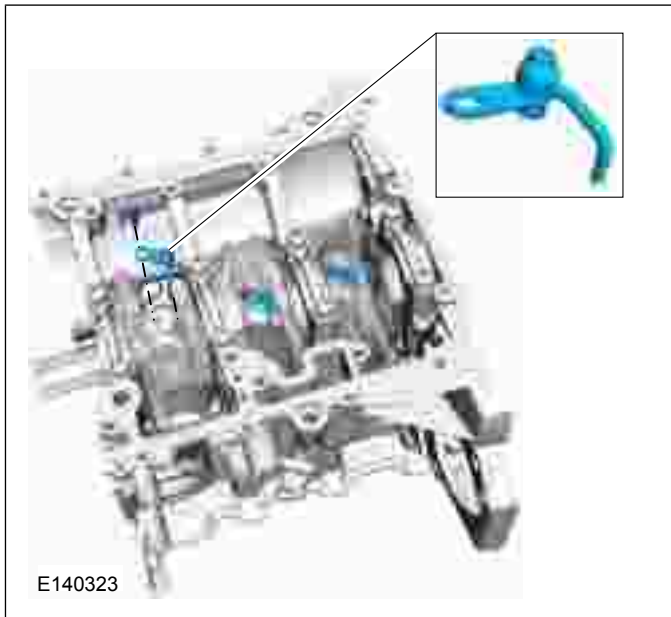
1 Hinterer Radialdichtring mit Blechträger

2 Kurbelwelle

Der hintere Radialdichtring für die Kurbelwelle ist in einen Blechpressträger evulkanisiert. Im Service-Fall muß der komplette Träger ersetzt werden.



## Ölspritzdüsen

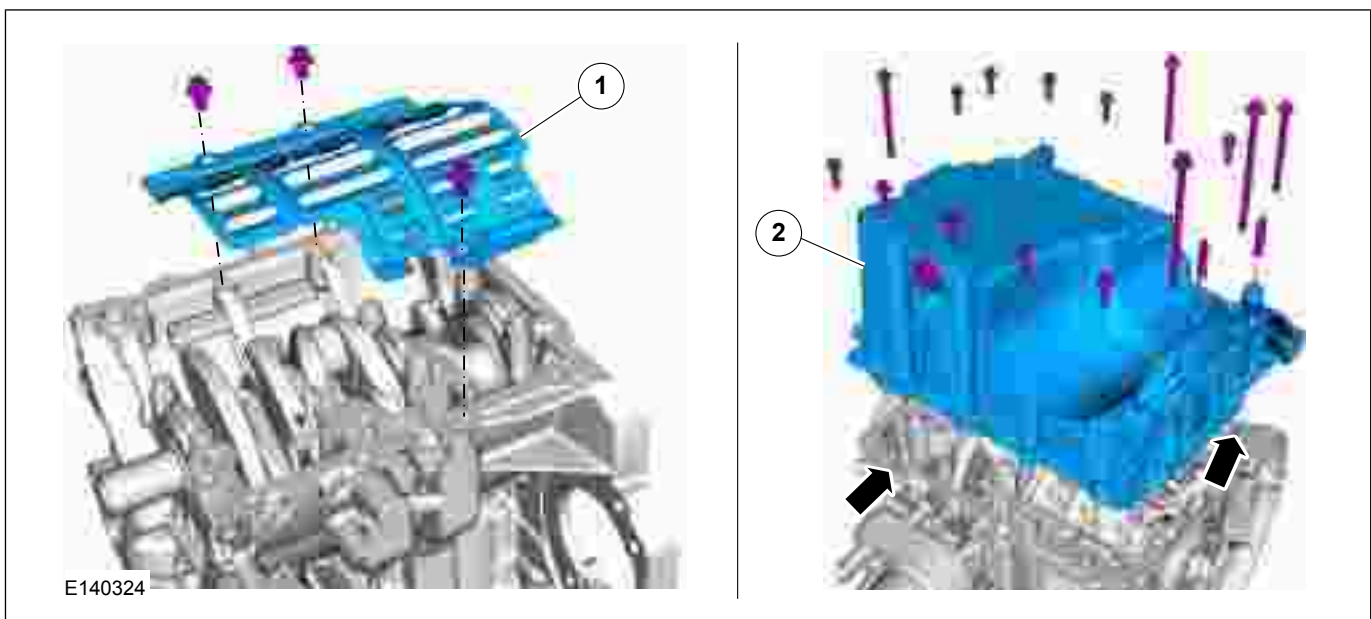


In den Lagerstellen für die Kurbelwelle im Zylinderblock befinden sich drei Ölspritzdüsen zur Kolbenkühlung.

Sie sind so ausgerichtet, dass Motoröl gegen die Unterseite des Kolbens gespritzt wird.

Die Ölspritzdüsen sind mit einem Kugelventil ausgerüstet. Das Ventil öffnet ab einem Motoröldruck von etwa 1,2 bar.

## Ölprallblech/Ölwanne



1 Ölprallblech

2 Ölwanne

Das **Ölprallblech** ist mit drei Befestigungsschrauben von unten an den Zylinderblock geschraubt.

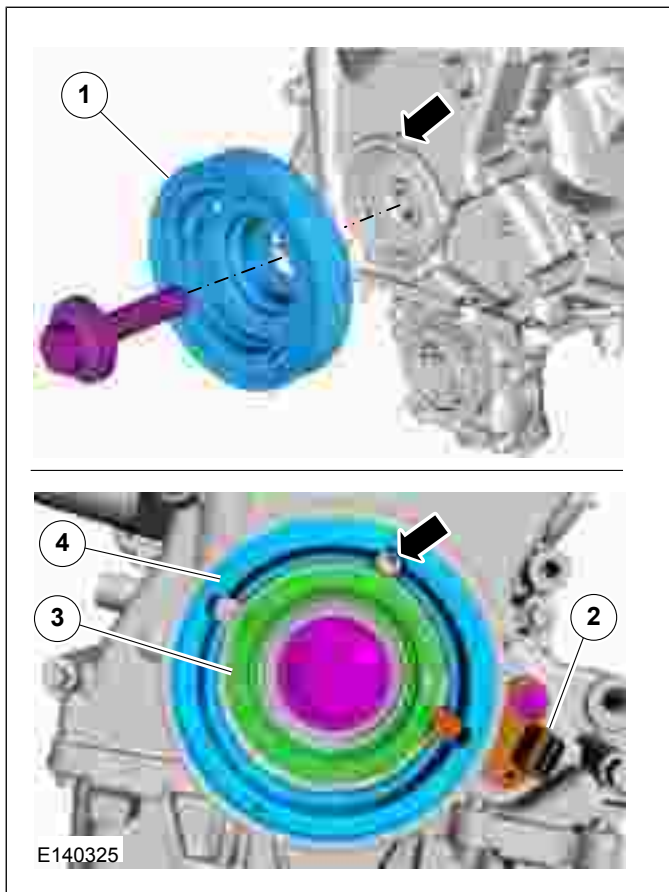
Die **Ölwanne** ist aus einer Aluminium-Legierung gefertigt. Sie ist mit einer massiven Rippung versehen und bildet gleichzeitig den unteren Getriebeflansch. Dadurch wird eine steife Motor-/Getriebe-Kombination erreicht.

Zur exakten Ausrichtung der Ölwanne befinden sich an der Dichtfläche des Zylinderblocks zwei Führungsstifte (Pfeile).

Die Abdichtung der Ölwanne zum Zylinderblock erfolgt mit Dichtmittel.

Für den Aus- und Einbau der Ölwanne bzw. des Ölprallblechs sind die genauen Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

## Schwingungsdämpfer – Kurbelwelle



- 1 Schwingungsdämpfer
- 2 CKP (Kurbelwellenstellung)-Sensor

- 3 Magnetscheibe – Kurbelwellenstellung
- 4 Ausgleichmasse

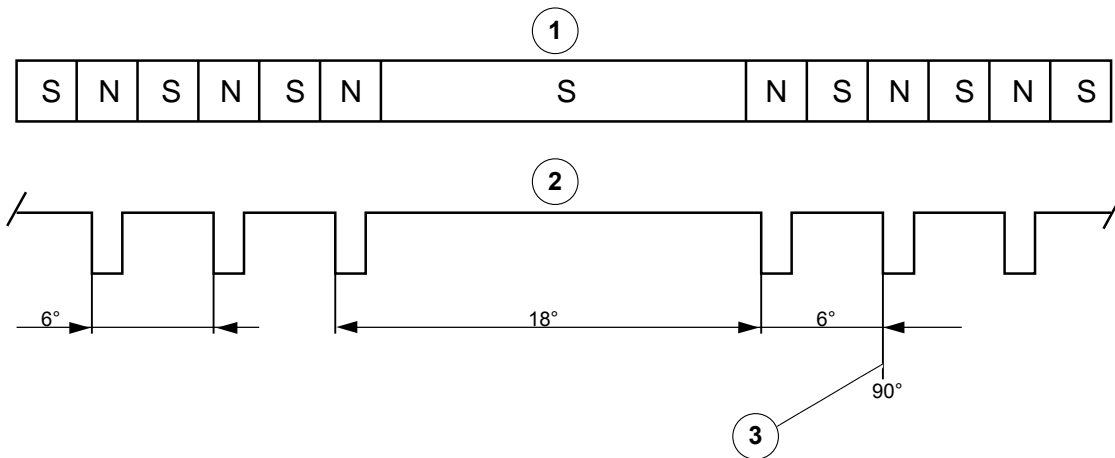
Der Schwingungsdämpfer – Kurbelwelle bildet mit der Magnetscheibe für die Kurbelwellenstellung eine Einheit.

Im Schwingungsdämpfer integriert ist eine genau platzierte Ausgleichmasse, welche die Schwingungen der Kurbelwelle reduziert.

Die Befestigung des Schwingungsdämpfer an der Kurbelwelle erfolgt ausschließlich über die Anpresskraft der Befestigungsschraube, die nach Demontage ersetzt werden muss.

**BEACHTEN:** Beim Einbau muss der Schwingungsdämpfer in einer bestimmten Stellung ausgerichtet werden (Pfeile). Dazu muss sich die Kurbelwelle in der OT (oberer Totpunkt)-Stellung befinden. Hierzu sind die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

Die genaue Position der Kurbelwelle wird über den CKP-Sensor erfasst. Der Sensor tastet die Magnetscheibe – Kurbelwellenstellung ab. Dieses Signal wird durch die integrierte Wandlerelektronik in ein Rechtecksignal umgewandelt und an das PCM gesendet. Beim Erneuern des Sensor ist **keine** Einstellung erforderlich, da dies durch die Art der Befestigung des Sensors vorgegeben ist.



E141036

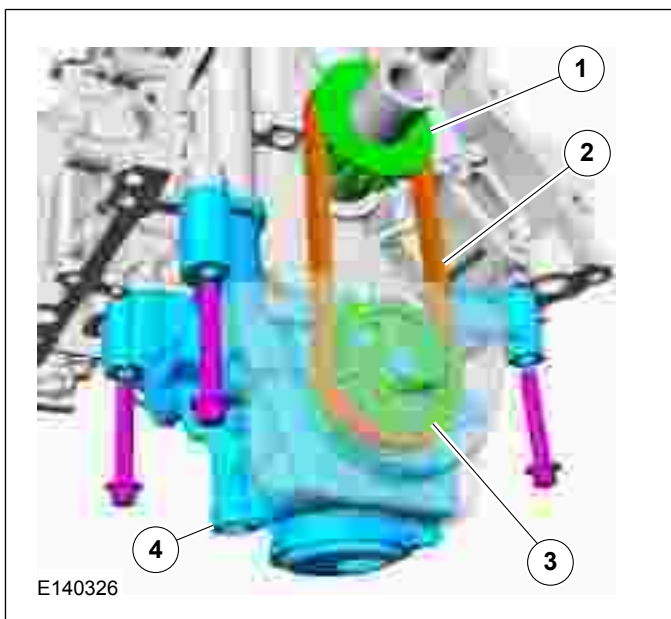
- 1 Magnetische Ausrichtung der Magnetscheibe
- 2 Signal vom CKP-Sensor
- 3 Referenzmarkierung 90° vor OT

**Kommentare:**

Angaben in °-Kurbelwelle

**Motorschmierung**

**Ölpumpe**



E140326

- 1 Riemenrad – Kurbelwelle
- 2 Zahnriemen – Ölpumpenantrieb
- 3 Riemenrad – Ölpumpe
- 4 Ölpumpe

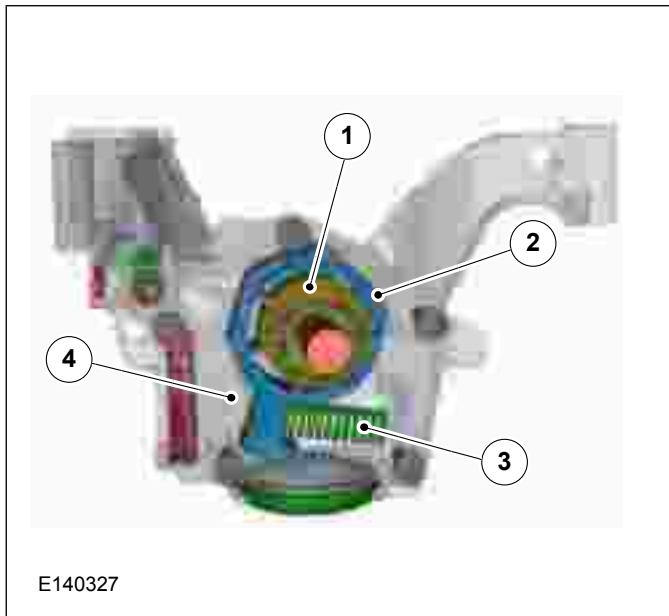
Die Ölpumpe ist mit drei Befestigungsschrauben von unten am Zylinderblock montiert.

**Konventionelle Ölpumpen** tragen bei Nenndrehzahl eines Motors bis zu 10 % zur mechanischen Verlustleistung und damit zu erhöhten Kraftstoffverbrauch bei. Verursacht wird dies durch die hohe Förderleistung der Ölpumpe, besonders bei hohen Motordrehzahlen.



Mit der **variablen Ölpumpe** kann die Förderleistung dem erforderlichen Ölstrom, abhängig von Temperatur und Motordrehzahl flexibel angeglichen werden.

#### Aufbau



- 1 Flügelzellenpumpe
- 2 Verstellring – Flügelzellenpumpe

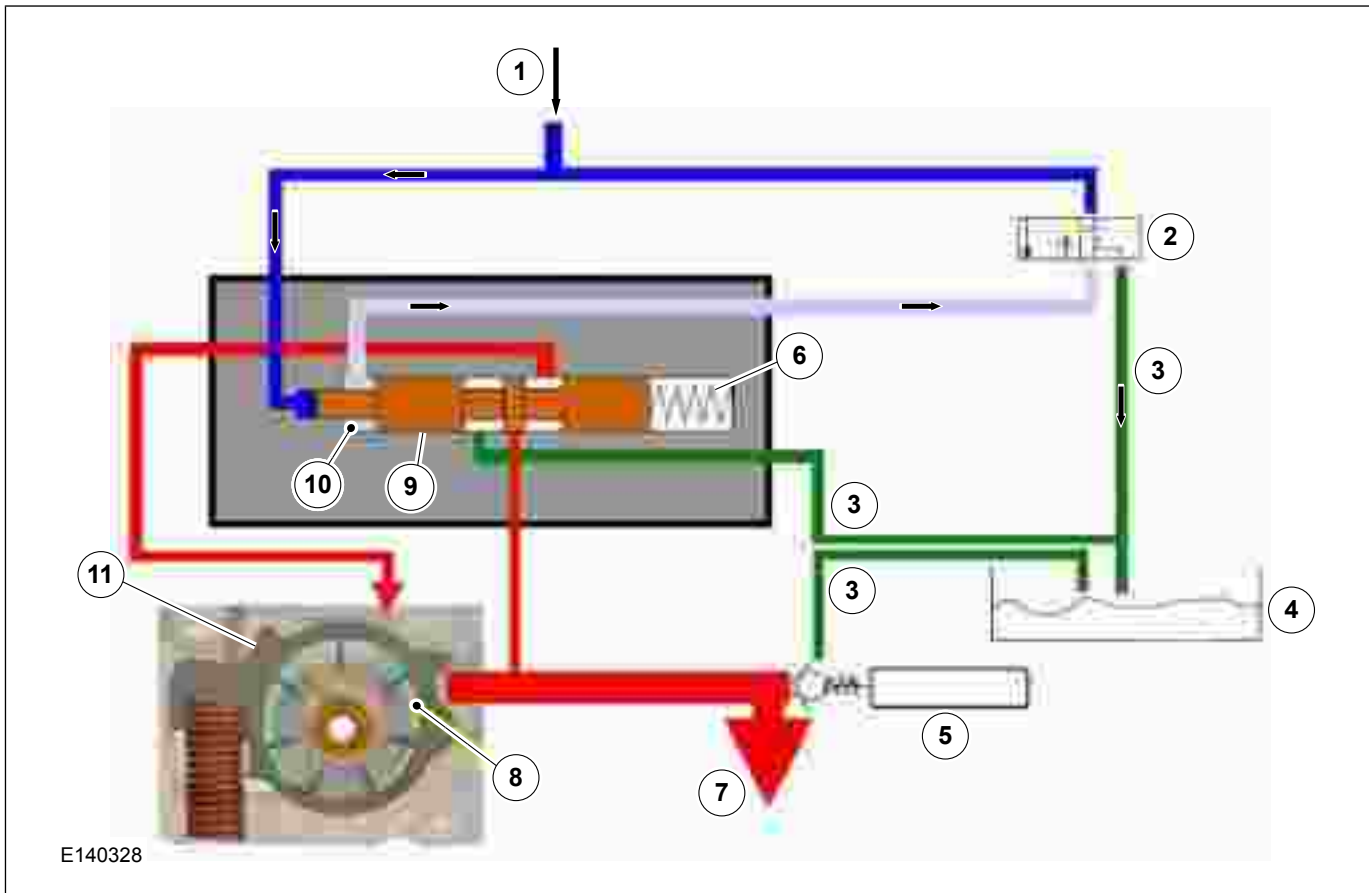
- 3 Druckfeder
- 4 Steuerdruckraum

Hauptkomponente der variablen Ölpumpe bildet eine **Flügelzellenpumpe** mit einem Verstellring.

Die Abbildung zeigt den Verstellring in der **Ausgangsstellung**. Die Druckfeder drückt den Verstellring nach links gegen den Anschlag. In dieser Stellung erzeugt die Flügelzellenpumpe den maximal möglichen Öldruck.

Je nach Öldruckanforderung kann der Öldruck im Steuerdruckraum verändert werden. Übersteigt der Öldruck im Steuerraum den Druck der Druckfeder, so wird der Verstellring – Flügelzellenpumpe nach rechts bewegt. Dadurch **verringert sich das Fördervolumen** der Pumpe.

## Funktion



- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Öldruck aus dem Hauptkanal      | 6 Feder                             |
| 2 Magnetventil – Öldrucksteuerung | 7 Öldruck zum Ölfilter              |
| 3 Leckageleitung                  | 8 Druckkanal der Transferpumpe      |
| 4 Ölwanne                         | 9 Hydraulischer Steuerkolben        |
| 5 Überdruckventil                 | 10 Steuerraum                       |
|                                   | 11 Verstellring – Flügelzellenpumpe |

Die Steuerung des Öldrucks funktioniert über einen in der Ölpumpe integrierten, hydraulisch betätigten Steuerkolben. Der Druck auf den Steuerkolben wird von einem Magnetventil bestimmt, dass vom PCM entsprechend den Anforderungen angesteuert wird.

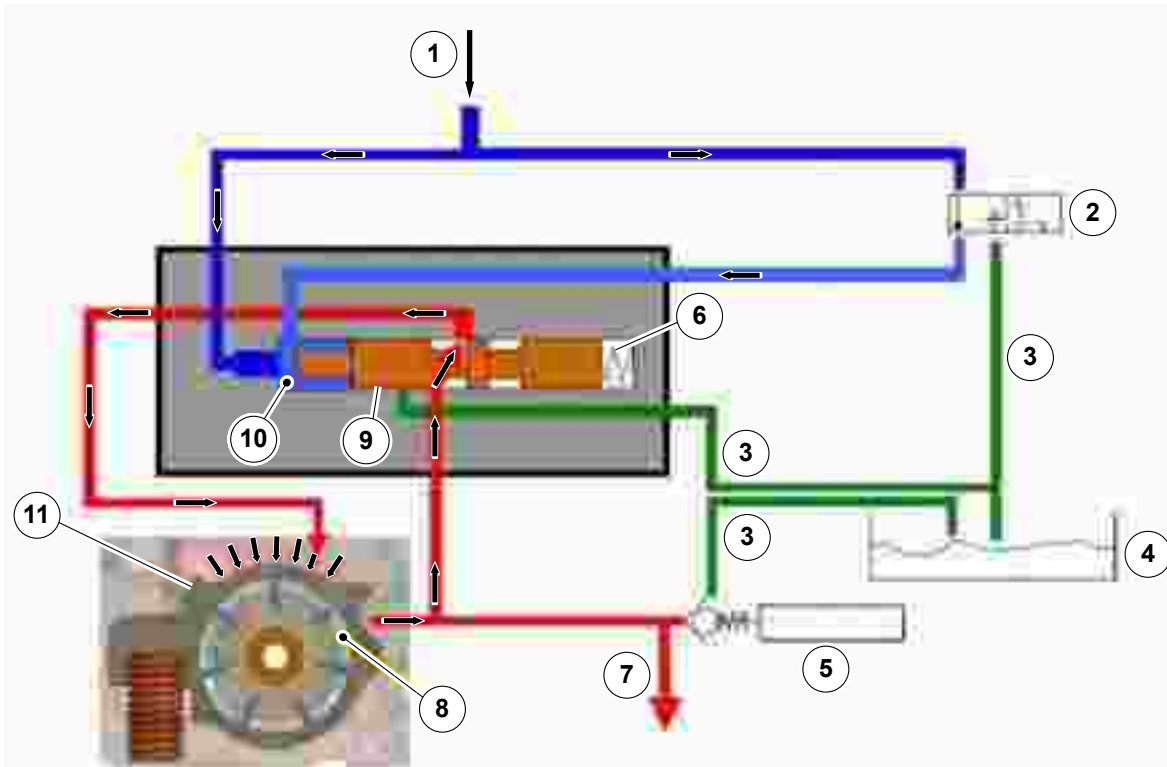
In der Ruhestellung ist das **Magnetventil geschlossen** (siehe Abbildung zuvor). Das von der Ölpumpe geförderte Motoröl fließt

zum Steuerraum. Da das Magnetventil geschlossen ist, fließt das Öl durch den Steuerraum hindurch und über einen Bypass im Magnetventil zur Ölwanne hin ab. Es kann somit kein Druck im Steuerraum aufgebaut werden.

Der Steuerkolben wird durch die Federkraft nach links gedrückt. Dadurch **verschließt** der Steuerkolben den **Ölkanal** zum Verstellring – Flügelzellenpumpe.

In dieser Stellung hat der Druckkanal der Transferpumpe den **größten Öffnungsquerschnitt**. Es steht somit der

**maximal mögliche Öldruck** für die Motorschmierung an.



E140329

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Öldruck aus dem Hauptkanal      | 6 Feder                             |
| 2 Magnetventil – Öldrucksteuerung | 7 Öldruck zum Ölfilter              |
| 3 Leckageleitung                  | 8 Druckkanal der Transferpumpe      |
| 4 Ölwanne                         | 9 Hydraulischer Steuerkolben        |
| 5 Überdruckventil                 | 10 Steuerraum                       |
|                                   | 11 Verstellring – Flügelzellenpumpe |

Wenn betriebsbedingt mit einem niedrigeren Öldruck gefahren werden kann, **öffnet** das PCM das **Magnetventil**.

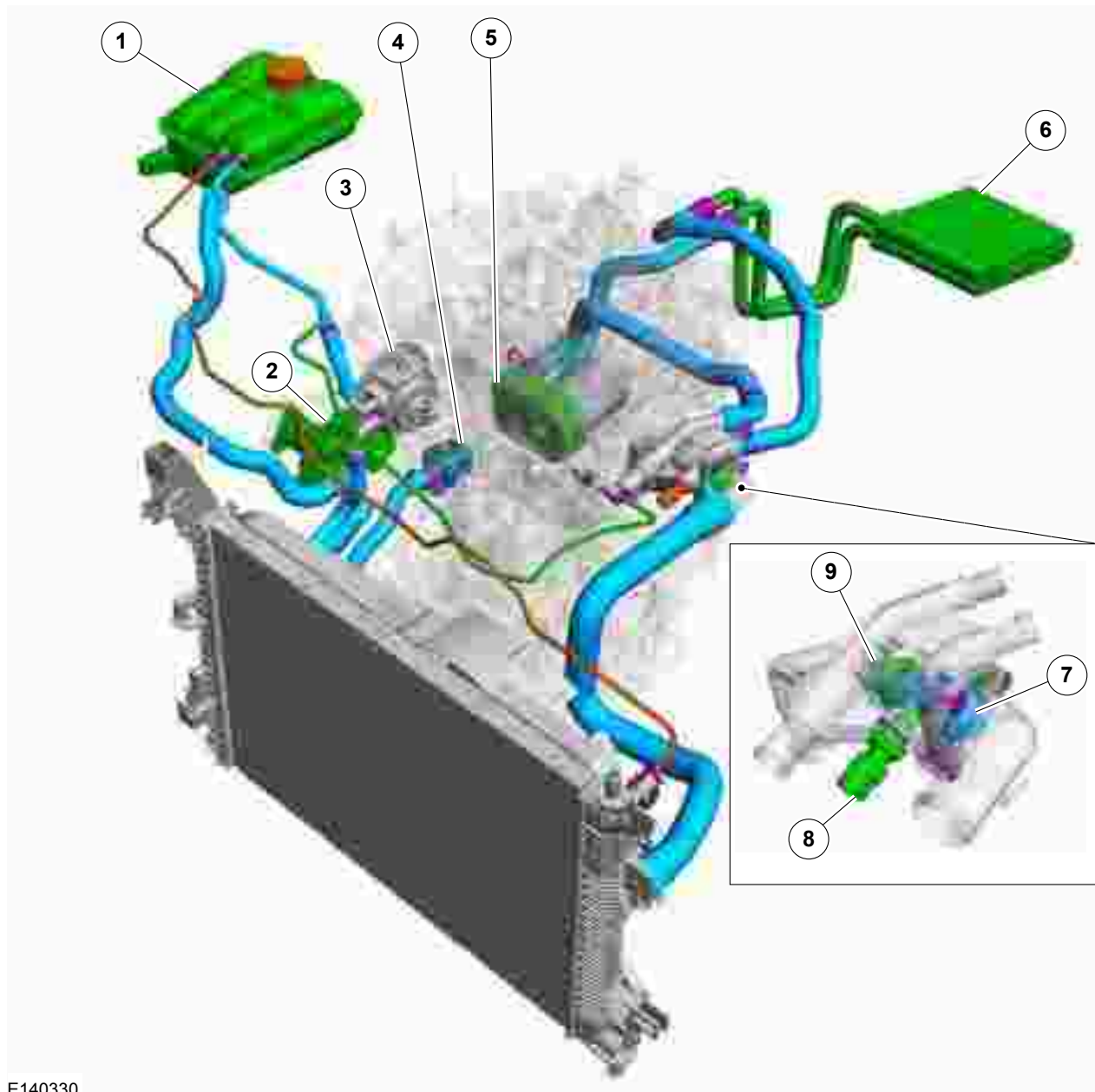
Der von der Ölpumpe geförderte Öldruck wirkt nun **direkt und über das Magnetventil** auf den Steuerraum und drückt damit den Steuerkolben gegen die Federkraft rechts.

Dadurch öffnet der Steuerkolben den Ölkanal zum Verstellring – Flügelzellenpumpe. Der Pumpendruck wirkt nun auf den Verstellring und drückt diesen in Richtung Pumpenmitte.

In dieser Stellung hat der Druckkanal der Transferpumpe nur einen **kleinen Öffnungsquerschnitt**. Es steht somit ein

**niedriger Öldruck** für die Motorschmierung an.

## Einbaulage



E140330

- 1 Ausgleichbehälter
- 2 Mechanische Kühlmittelpumpe
- 3 Abgasturbolader (Teilansicht)
- 4 Thermostat – Motorblock

- 5 Ölkühler
- 6 Wärmetauscher
- 7 Thermostat – kleiner- und großer Kühlmittelkreislauf

## 8 ECT-Sensor

## Übersicht

### Besonderheiten

Bei diesem Motor kommt ein **Dreikreis-Kühlsystem** zum Einsatz. Das bedeutet, dass neben dem konventionellen Thermostaten für den kleinen- und großen Kühlmittelkreislauf, ein **weiterer Thermostat** zur Steuerung eines **Minikühlmittelkreislaufs** zum Einsatz kommt.

Durch den zusätzlichen Minikühlmittelkreislauf strömt das Kühlmittel in der **ersten Stufe der Aufwärmphase** lediglich durch die

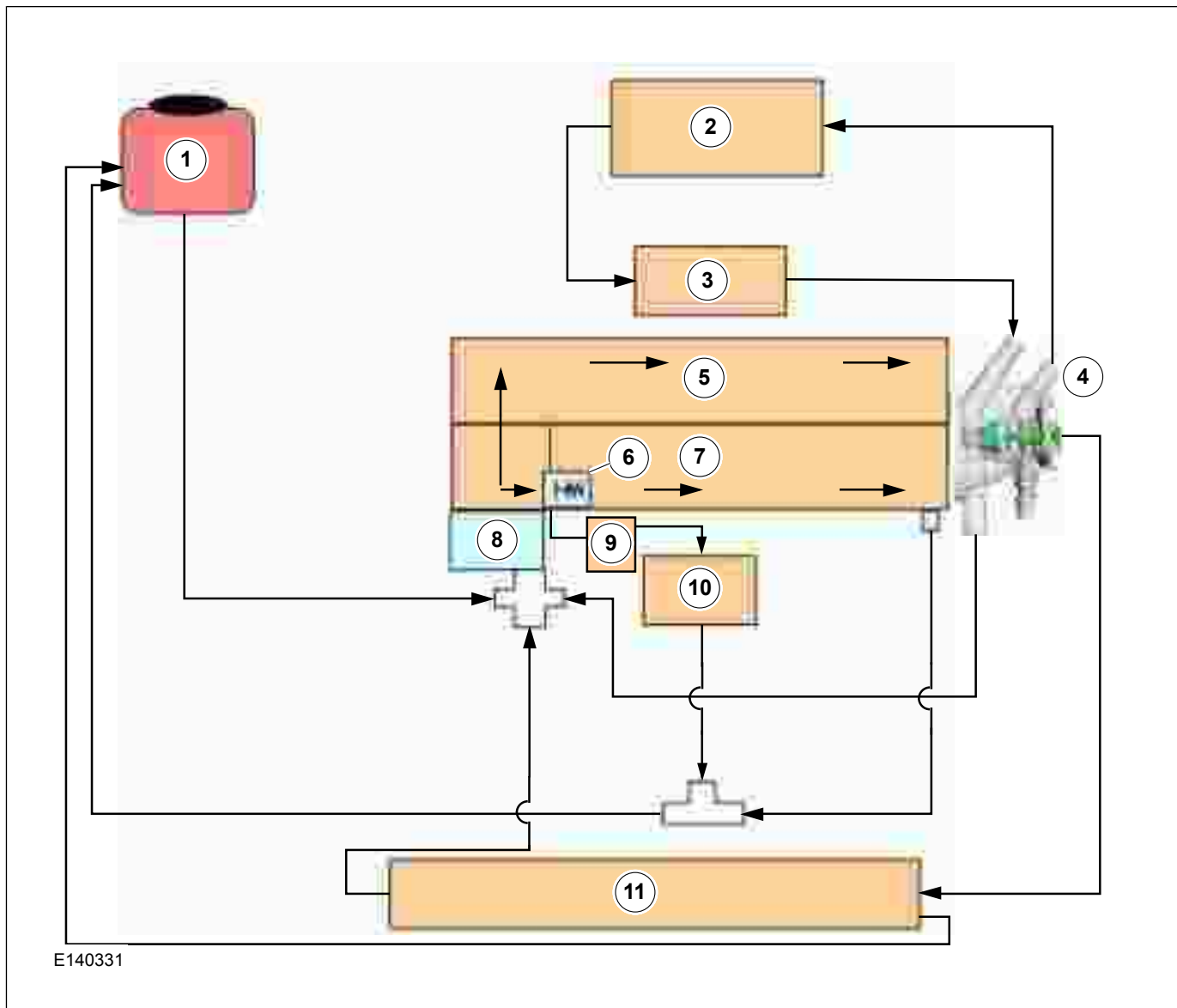
## 9 Bypassventil

**Auslassseite des Zylinderkopfs.** Von hier gelangt das Kühlmittel über den Wärmetauscher zum Ölkühler und wird von dort zur Kühlmittelpumpe geleitet. Im Zylinderblock sowie auf der Einlassseite des Zylinderkopfs findet in dieser Phase kein Kühlmittelfluss statt.

Dies führt zu raschem Aufwärmen des Motors und des Motoröls, wodurch die Reibung an den Schmierstellen frühzeitig reduziert wird.

Des Weiteren ist im Kühlmittelkreislauf, zusätzlich zur üblichen mechanischen Kühlmittelpumpe, eine **elektrische Kühlmittelpumpe** verbaut.

## Funktions- und Bauteilbeschreibung Systemdiagramm



- |  |   |
|--|---|
| 1 Ausgleichbehälter  | 6 Thermostat – Motorblock                       |
| 2 Wärmetauscher  | 7 Zylinderblock und Zylinderkopf – Einlassseite |
| 3 Ölkühler   | 8 Mechanische Kühlmittelpumpe                   |
| 4 Gehäuse – Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf und Bypassventil | 9 Elektrische Kühlmittelpumpe                   |
| 5 Zylinderkopf – Auslassseite  | 10 Abgasturbolader                              |
|  | 11 Kühler                                       |

## Funktionsbeschreibung

### Funktion - Kühlsystem

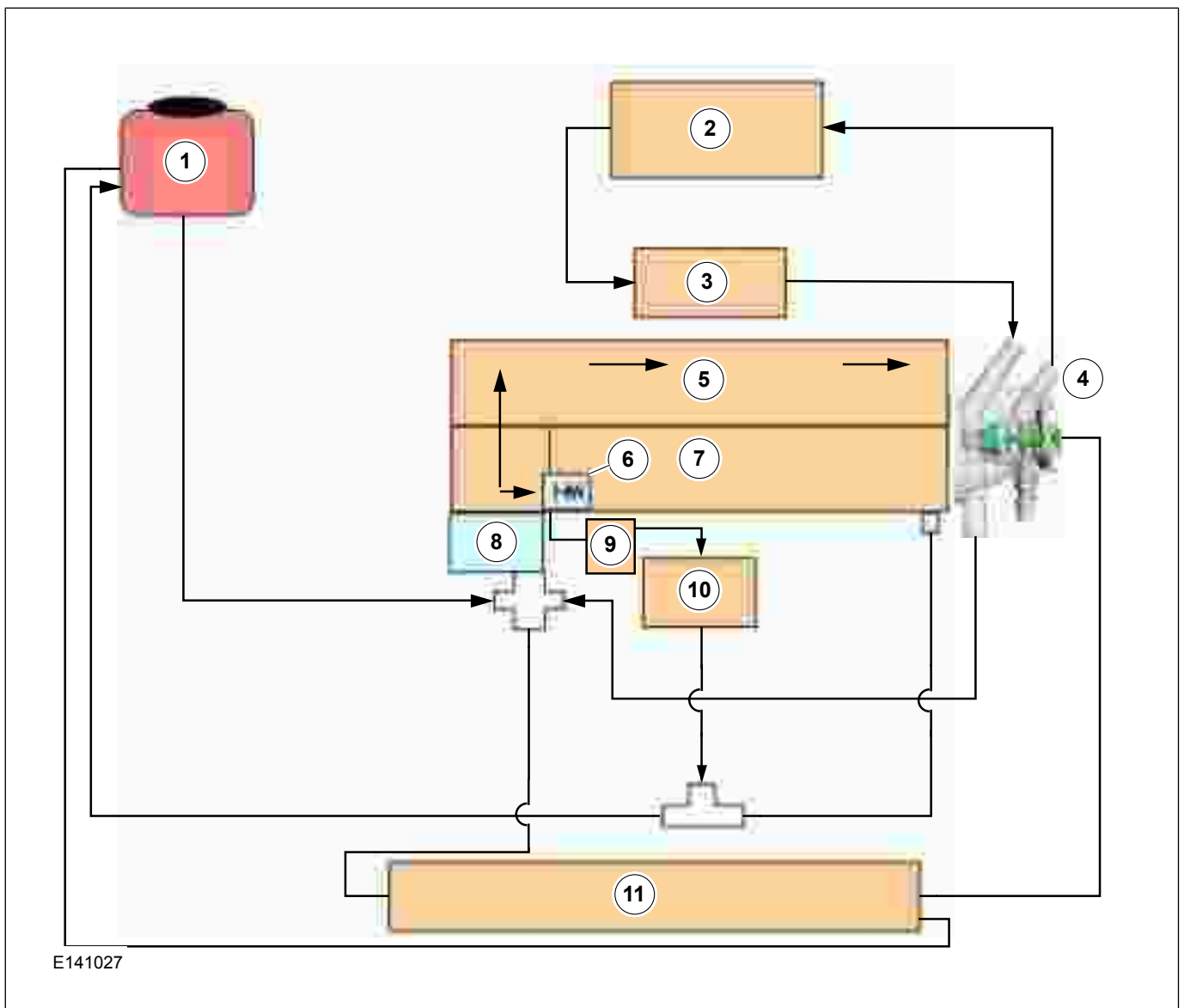
Die Steuerung des Kühlsystems erfolgt in **3 Phasen**.

#### Phase 1

Bei **kaltem Motor** ist das Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf sowie das Thermostat – Motorblock geschlossen.

Die mechanische Kühlmittelpumpe fördert das Kühlmittel nur in dem auslasseitigen Teil des Zylinderkopfs. In dieser Phase bleibt das Kühlmittel im Kühlmittelmantel um die Zylinder sowie im einlasseitigen Teil des Zylinderkopfs bewegungslos.

Unterhalb einer Kühlmitteltemperatur von etwa 70 °C sowie unterhalb einer Motordrehzahl von etwa 3000 1/min wird nur der auslasseitige Teil des Zylinderkopfs gekühlt.



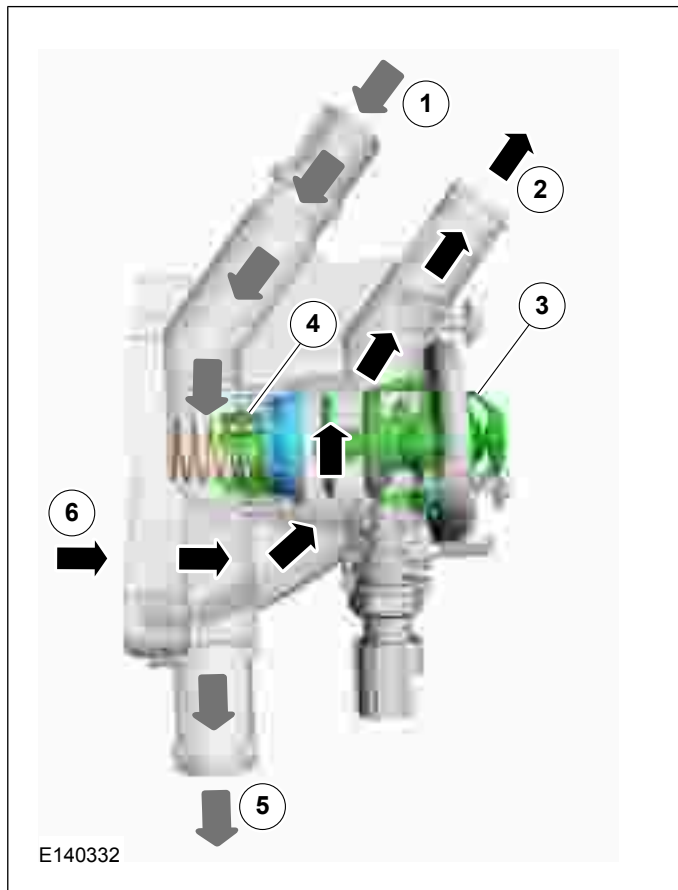
- 1 Ausgleichbehälter
- 2 Wärmetauscher

- 3 Ölkühler

- |  |  |
|--|--|
| 4 Gehäuse – Thermostat –<br>kleiner/großer Kühlmittelkreislauf<br>und Bypassventil | 7 Zylinderblock und Zylinderkopf –<br>Einlassseite |
| 5 Zylinderkopf – Auslassseite  | 8 Mechanische Kühlmittelpumpe                      |
| 6 Thermostat – Motorblock  | 9 Elektrische Kühlmittelpumpe                      |
|  | 10 Abgasturbolader                                 |
|  | 11 Kühler  |

Vom auslassseitigen Teil des Zylinderkopfs fließt das Kühlmittel in das Gehäuse – Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf und Bypassventil, von dort weiter über den Wärmetauscher zum Ölhler und dann zurück zur Kühlmittelpumpe.

Des Weiteren fließt ein Teil des Kühlmittels vom Motorblock durch die elektrische Kühlmittelpumpe von dort weiter über den Abgasturbolader zum Ausgleichbehälter und dann zurück zur Kühlmittelpumpe.

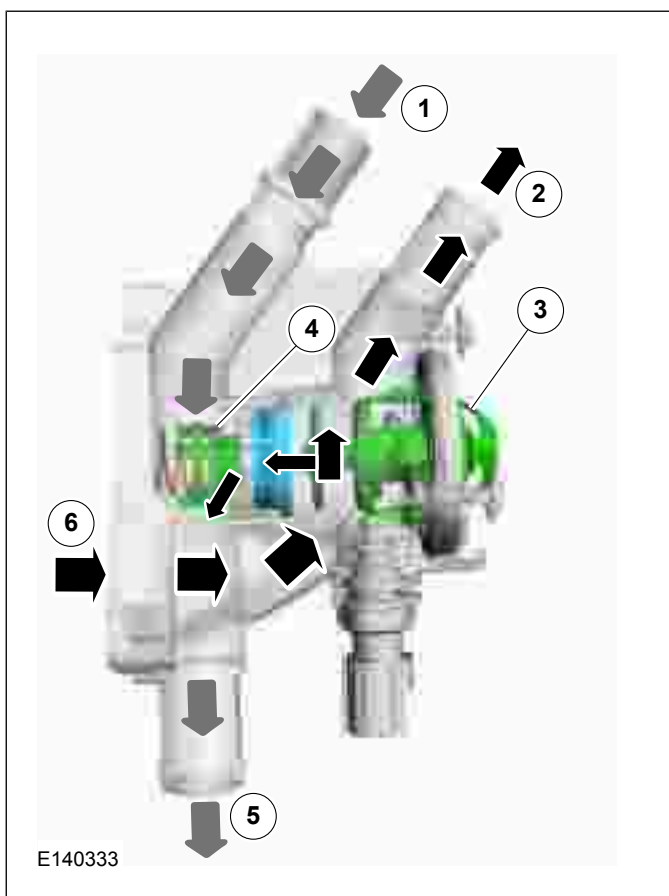


- |  |
|--|
| 1 Kühlmittelstrom vom Ölkühler                       |
| 2 Kühlmittelstrom zum Wärmetauscher                  |
| 3 Thermostat – kleiner/großer<br>Kühlmittelkreislauf |
| 4 Bypassventil                                       |



- 5 Kühlmittelstrom zur mechanischen Kühlmittelpumpe
- 6 Kühlmittelstrom vom auslassseitigen Teil des Zylinderkopfs

Unterhalb einer Kühlmitteltemperatur von etwa 70 °C sowie unterhalb einer Motordrehzahl von etwa 3000 1/min sind das Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf und das Bypassventil geschlossen.



- 1 Kühlmittelstrom vom Ölkühler
- 2 Kühlmittelstrom zum Wärmetauscher
- 3 Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf
- 4 Bypassventil
- 5 Kühlmittelstrom zur mechanischen Kühlmittelpumpe
- 6 Überhöhter Kühlmittelstrom vom auslassseitigen Teil des Zylinderkopfs

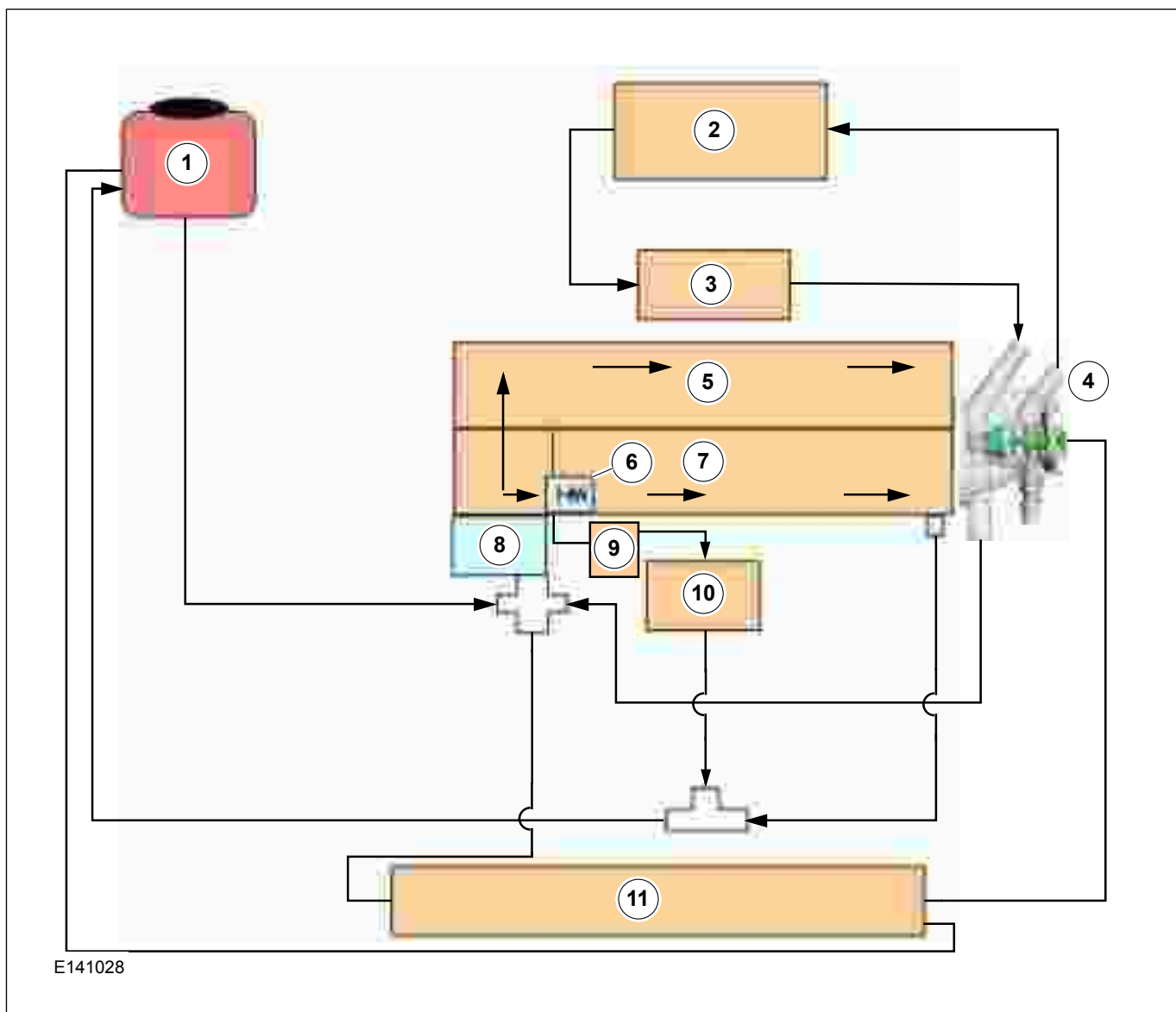
Überschreitet die Motordrehzahl etwa 3000 1/min, so wird das Bypassventil geöffnet. Der nun erhöhte Kühlmitteldruck aus dem Motor öffnet das Bypassventil, sodass der erhöhte Druck direkt zur Saugseite der Kühlmittelpumpe entweichen kann.

### Phase 2

Das Thermostat – Motorblock öffnet bei einer Kühlmitteltemperatur von 70 °C und ist bei 85 °C vollständig geöffnet.

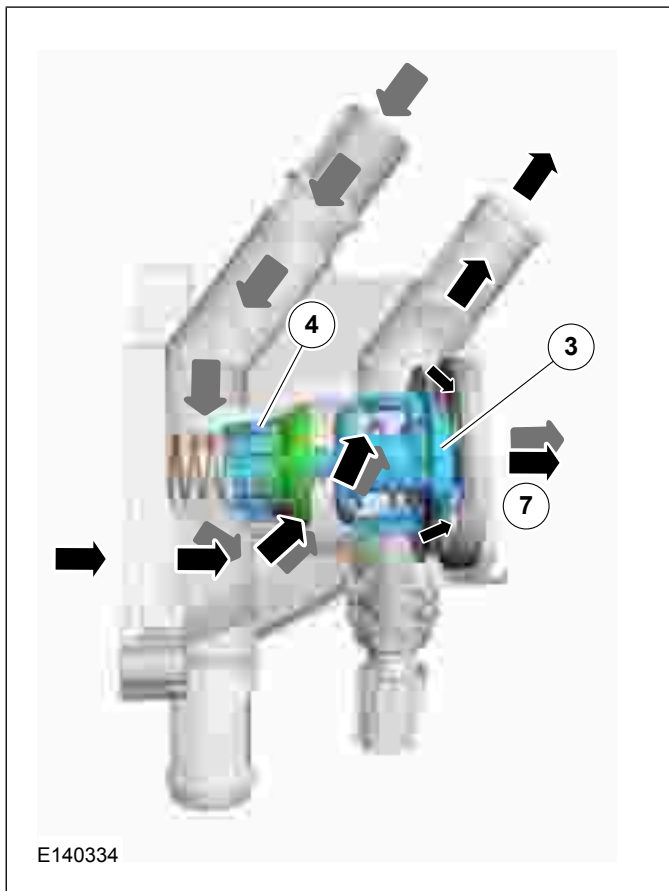
Ähnlich wie bei einem herkömmlichen System öffnet damit der **kleine Kühlmittelkreislauf**.

Die Kühlmittelpumpe fördert das Kühlmittel nun auch in den Kühlmantel um die Zylinder, es umspült diese und gelangt über die Durchgangsbohrungen in den gesamten Zylinderkopf.



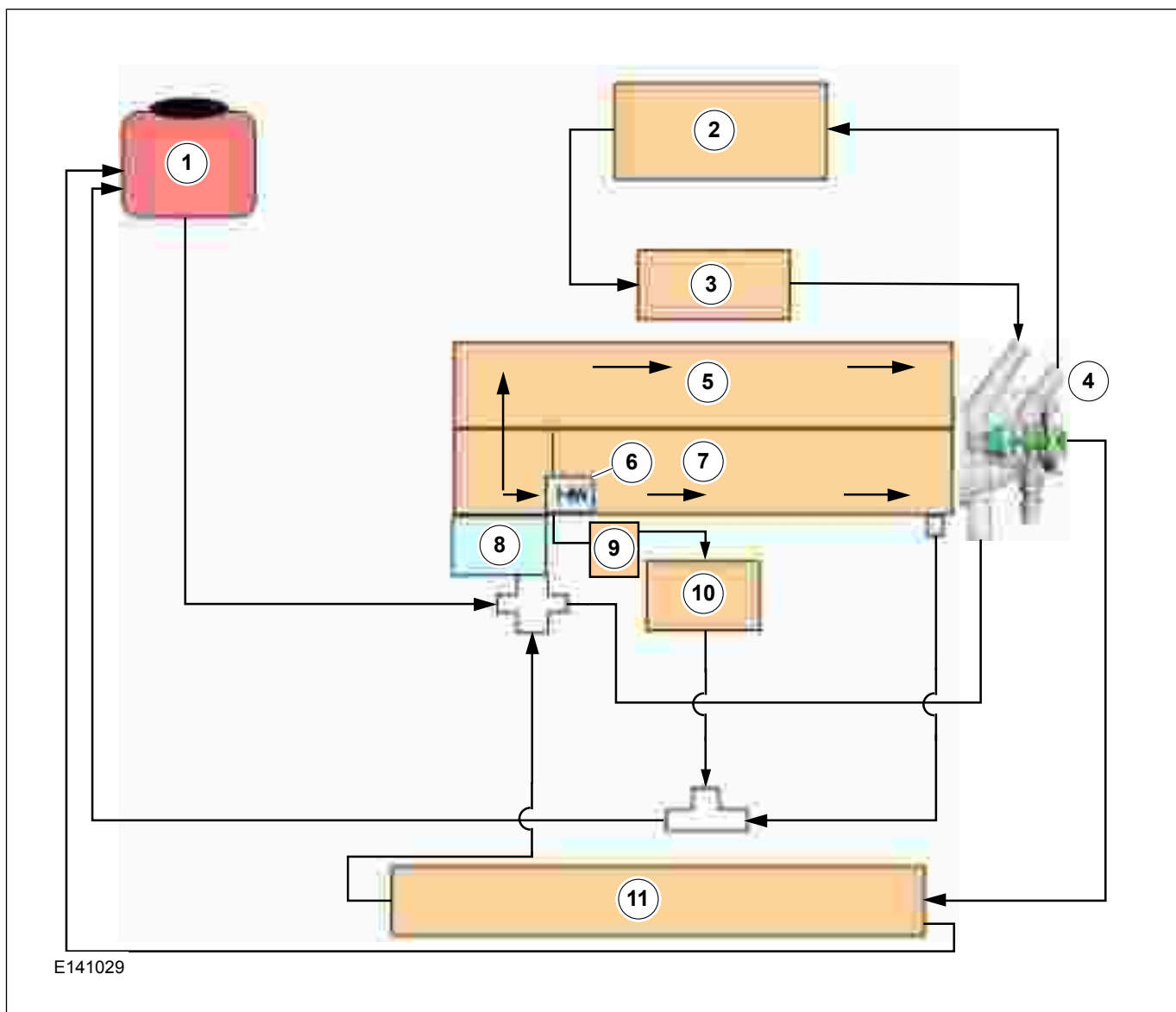
- |  |   |
|--|---|
| 1 Ausgleichbehälter  | 6 Thermostat – Motorblock                       |
| 2 Wärmetauscher  | 7 Zylinderblock und Zylinderkopf – Einlassseite |
| 3 Ölkühler   | 8 Mechanische Kühlmittelpumpe                   |
| 4 Gehäuse – Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf und Bypassventil | 9 Elektrische Kühlmittelpumpe                   |
| 5 Zylinderkopf – Auslasseite   | 10 Abgasturbolader                              |
|  | 11 Kühler                                       |

## Phase 3



- 3 Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf
- 4 Bypassventil
- 7 Kühlmittelstrom zum Kühler

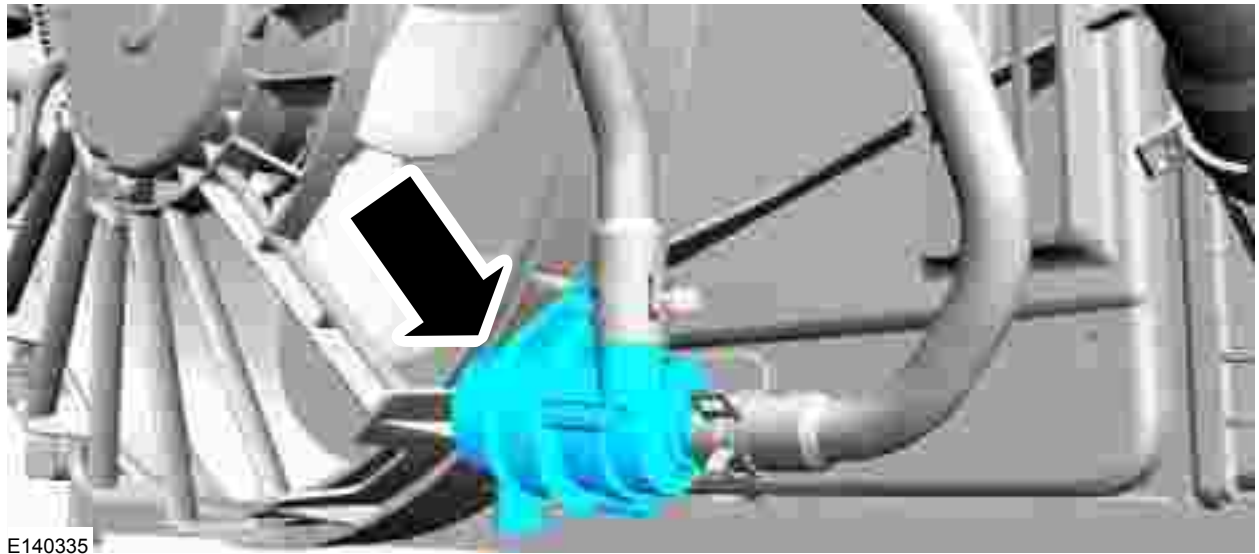
Das Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf öffnet bei einer Kühlmitteltemperatur von **92 °C** und ist bei **106 °C** vollständig geöffnet. Gleichzeitig verschließt der Thermostat das Bypassventil. Damit wird sichergestellt, dass der gesamte Kühlmittelstrom, unabhängig vom Kühlmitteldruck, stets über den Kühler geleitet wird.



- |  |   |
|--|---|
| 1 Ausgleichbehälter  | 6 Thermostat – Motorblock                       |
| 2 Wärmetauscher  | 7 Zylinderblock und Zylinderkopf – Einlassseite |
| 3 Ölkühler   | 8 Mechanische Kühlmittelpumpe                   |
| 4 Gehäuse – Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf und Bypassventil | 9 Elektrische Kühlmittelpumpe                   |
| 5 Zylinderkopf – Auslasseite   | 10 Abgasturbolader                              |
|  | 11 Kühler                                       |

## Bauteilbeschreibung

## Elektrische Kühlmittelpumpe



Beim diesem Motor ist im Kühlmittelkreislauf, zusätzlich zur üblichen mechanischen Kühlmittelpumpe, eine elektrische Kühlmittelpumpe verbaut.

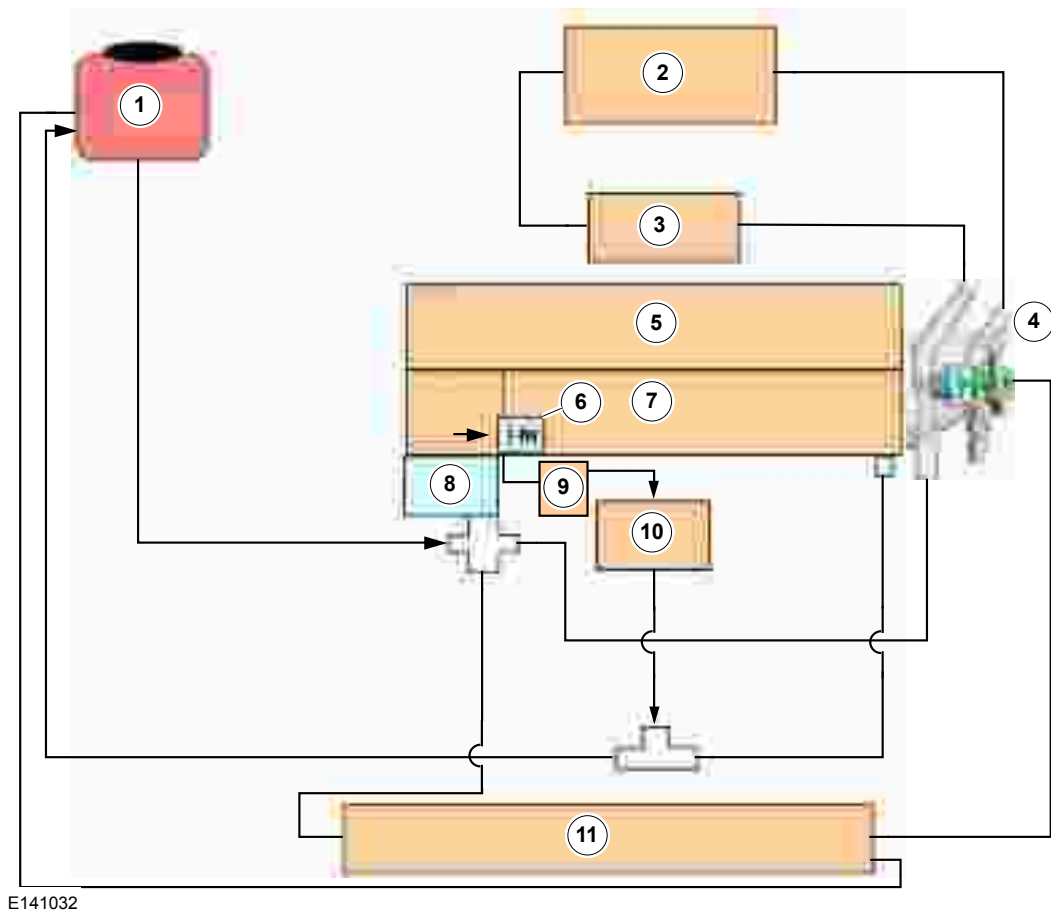
Die Pumpe ist über eine Haltevorrichtung am Kühlerlüftergehäuse befestigt.

Die Kühlmittelpumpe wird **nur dann aktiviert**, wenn die **Kühlmitteltemperatur einen kritischen Wert** übersteigt. Dies kann insbesondere dann vorkommen, wenn der Motor längere Zeit mit hoher Last betrieben und unmittelbar im Anschluss daran

abgestellt wurde. Zum Beispiel nach langer Autobahnfahrt mit hoher Geschwindigkeit und anschließendem Anfahren einer Raststätte. Nach dem Abstellen des Motors kommt es dann zu überhöhter Stauwärme um den Motor herum

Um Beschädigungen durch diese Stauwärme zu vermeiden, wird die elektrische Kühlmittelpumpe vom PCM aktiviert.

Es kann somit sein, dass die elektrische Kühlmittelpumpe noch eine bestimmte Zeit nachläuft.



E141032

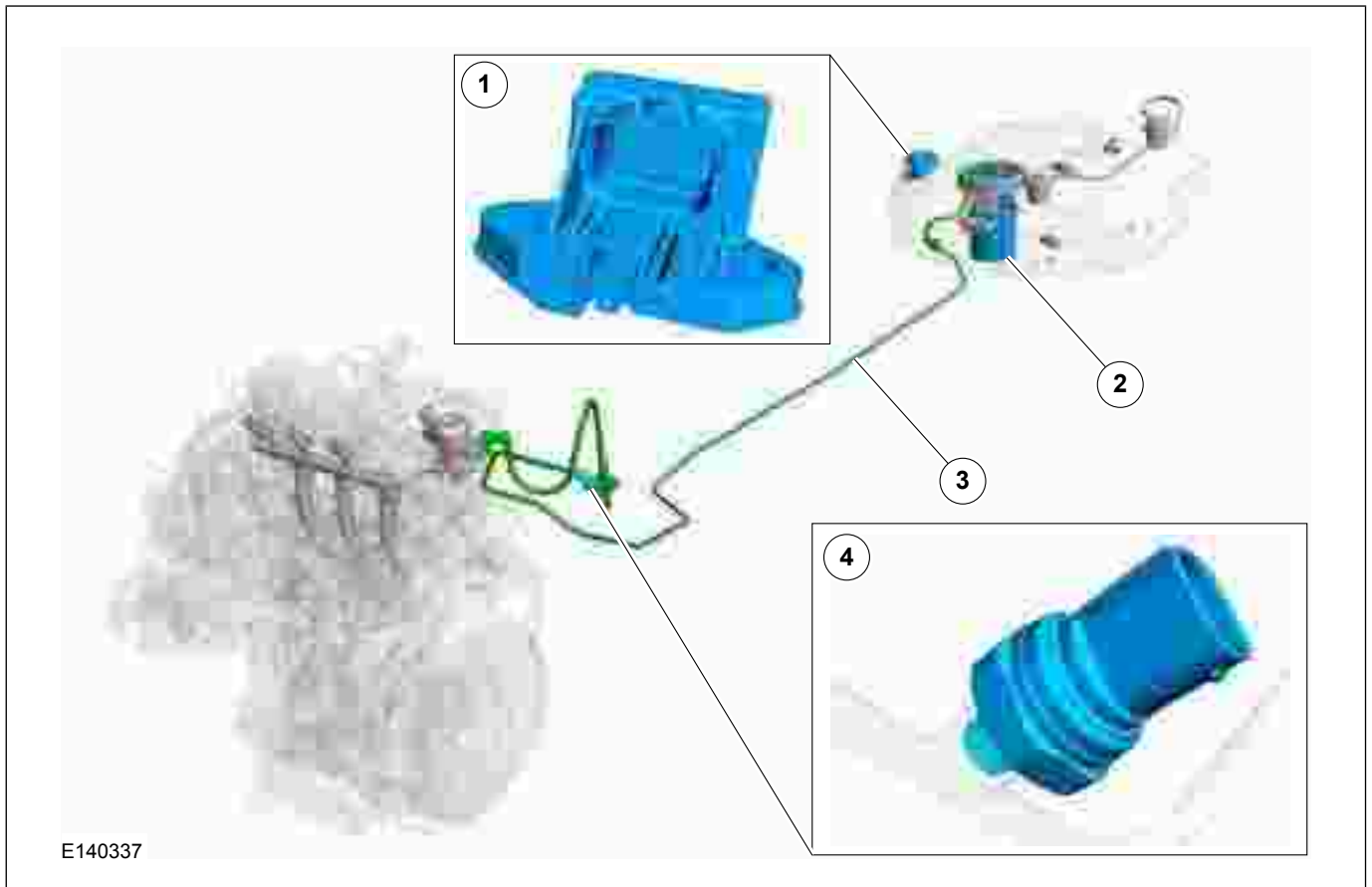
- |  |   |
|--|---|
| 1 Ausgleichbehälter  | 6 Thermostat – Motorblock                       |
| 2 Wärmetauscher  | 7 Zylinderblock und Zylinderkopf – Einlassseite |
| 3 Ölkühler   | 8 Mechanische Kühlmittelpumpe                   |
| 4 Gehäuse – Thermostat – kleiner/großer Kühlmittelkreislauf und Bypassventil | 9 Elektrische Kühlmittelpumpe                   |
| 5 Zylinderkopf – Auslasseite   | 10 Abgasturbolader                              |
|  | 11 Kühler                                       |

Bei aktivierter elektrischer Kühlmittelpumpe fließt das Kühlmittel über der Abgasturbolader zum Ausgleichsbehälter

und von dort über die mechanische Kühlmittelpumpe in den Motorblock zur elektrischen Kühlmittelpumpe.

## Einbaulage

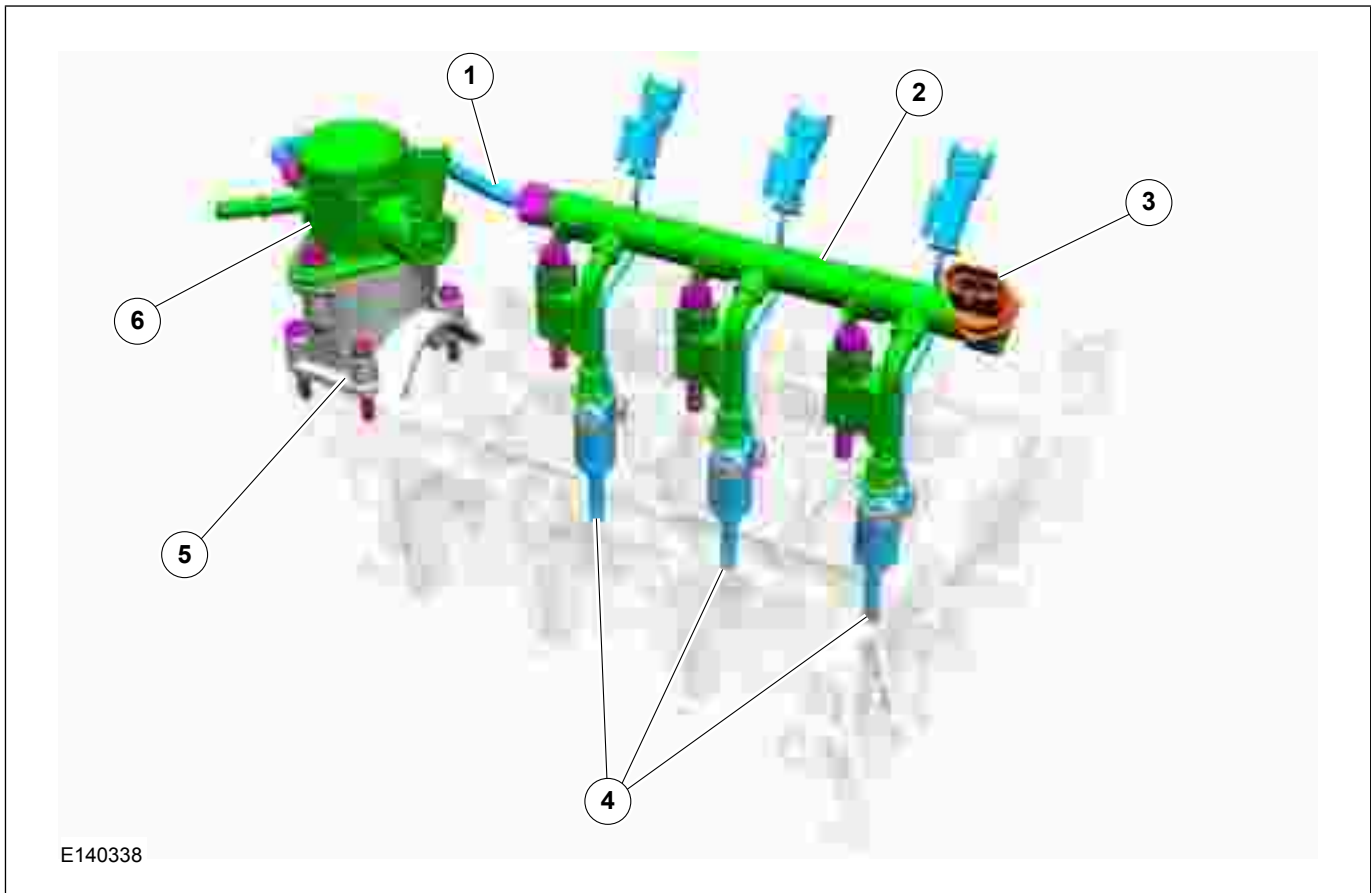
### Niederdrucksystem



- 1 FPDM (Modul - Kraftstoffpumpe) –  
von innen auf den Fahrzeugboden  
geschraubt
- 2 Kraftstoffpumpeneinheit

- 3 Kraftstoffleitung
- 4 Kraftstoffdruck-Sensor –  
Niederdrucksystem

## Hochdrucksystem



- 1 Kraftstoffhochdruckleitung
- 2 Kraftstoffverteilerrohr
- 3 Kraftstoffdruck-Sensor

- 4 Einspritzventile
- 5 Aufnahme – Hochdruckpumpe
- 6 Hochdruckpumpe

## Übersicht

### Allgemeines

Benzin-Direkteinspritzsysteme sind durch eine Hochdruckeinspritzung direkt in den Brennraum gekennzeichnet.

Das Luft-/Kraftstoff-Gemisch entsteht wie beim Dieselmotor innerhalb des Brennraums (innere Gemischbildung).

Das Benzin-Direkteinspritzsystem besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Hochdruckpumpe
- Kraftstoffverteilerrohr
- Einspritzventile

Die Kraftstoffhochdruckleitung verbindet die Hochdruckpumpe mit dem Kraftstoffverteilerrohr.

Am Kraftstoffverteilerrohr befinden sich der Kraftstoffdruck-Sensor sowie die Aufnahmen für die Einspritzventile.



## Vorteil der Direkteinspritzung gegenüber der Saugrohreinspritzung

Bei der **Saugrohreinspritzung** wird Kraftstoff in den Ansaugkanal eingespritzt. Der eingespritzte Kraftstoff kommt dabei mit den Oberflächen des Ansaugkanals und des Einspritzventils in Berührung. Dies führt dazu, dass sich je nach vorliegender Wand- und Gemischtemperatur, Kraftstoff an den Oberflächen der Bauteile niederschlägt und sich somit ein **Wandfilm** bildet.

Der Kraftstoff, der sich als Wandfilm niederschlägt, wird als **Wandfilmverlust** bezeichnet.

Die **direkte Einspritzung** bietet dem Kraftstoff nur wenig Strömungshindernisse. Entsprechend gering sind somit auch die Wandfilmverluste. Dies wirkt sich positiv auf den Kraftstoffverbrauch und auf die Abgasemissionen aus.

## Kühleffekt

Durch die direkte Einspritzung des Kraftstoffs wird die Temperatur im Brennraum gesenkt. Gegenüber einem vergleichbaren Turbomotor mit Saugrohreinspritzung kann dadurch das **geometrische Verdichtungsverhältnis** erhöht und somit die Effizienz des Motors gesteigert werden.

## Bedarfsgerechte Kraftstoffniederdruckregelung

Das Kraftstoffniederdrucksystem hat **keinen** Kraftstoffrücklauf. Der Kraftstoffniederdruck wird den Motorbetriebsbedingungen entsprechend bedarfsgerecht geregelt.

Für die Regelung des Kraftstoffdrucks ist vom Innenraum zugänglich ein separates FPDM verbaut. Dieses stellt den erforderlichen Kraftstoffdruck nach Vorgabe durch das PCM ein.

## Funktions- und Bauteilbeschreibung

### Funktionsbeschreibung

### Hochdruckerzeugung

Die elektrische Kraftstoffpumpe fördert Kraftstoff zur Hochdruckpumpe.

Die Hochdruckpumpe erzeugt, abhängig vom Betriebspunkt des Motors, den Kraftstoffsystemdruck.

Der unter Hochdruck stehende Kraftstoff gelangt in das Kraftstoffverteilerrohr und wird dort gespeichert.

Der Kraftstoffdruck wird über den Kraftstoffdruck-Sensor gemessen. Über das Kraftstoffdosierventil wird ein Kraftstoffdruck zwischen 40 und 150 bar eingestellt.

Am Kraftstoffverteilerrohr sind die Einspritzventile angebracht. Sie werden vom PCM angesteuert und spritzen den Kraftstoff in den Brennraum des Zylinders ein.

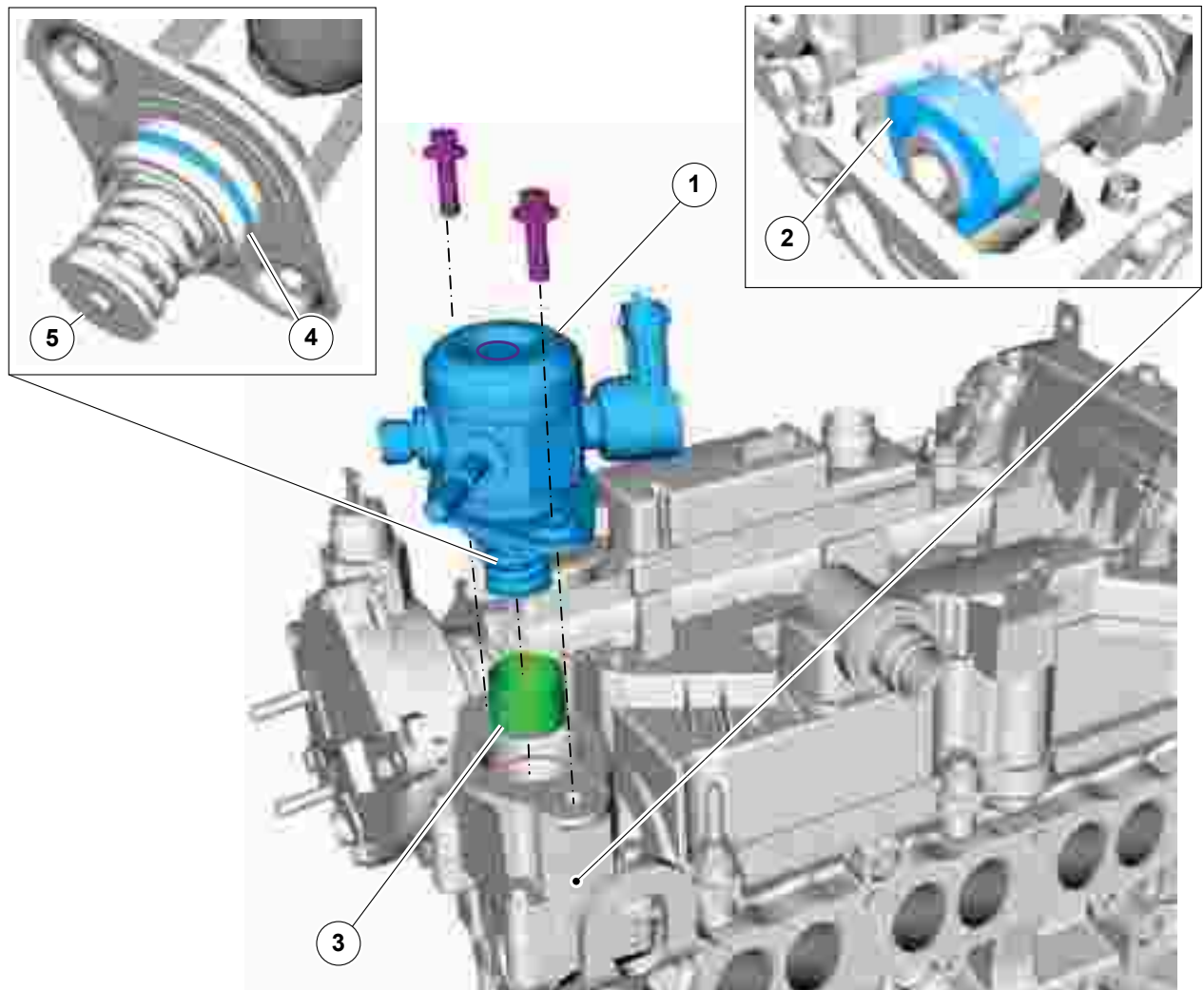
### **Brennverfahren**

Als Brennverfahren bezeichnet man bei der Benzin-Direkteinspritzung die Art und Weise, wie die Gemischbildung und die Energieumsetzung zustande kommen.

Bei diesem Motor wird das **strahlgeführte Brennverfahren** eingesetzt. Die Einspritzventile sitzen zentral oben im Brennraumdach des jeweiligen Zylinders, mittig zwischen den Ein- und Auslassventilen. Dies ermöglicht eine noch gleichmäßigere Verteilung des Kraftstoffs und damit eine weitere optimierte Gemischaufbereitung im Brennraum.

### **Bauteilbeschreibung**

## Hochdruckpumpe



E140339

1 Hochdruckpumpe

2 Dreifach-Nocken

3 Tassenstößel

4 O-Ring

5 Pumpenstößel

Die Hochdruckpumpe vom Typ HDP5 ist eine in Öl laufende, nockengetriebene **Einzyylinderpumpe**.

In die Pumpe integriert sind

- das Kraftstoffdosierventil,
- ein hochdruckseitiges Druckbegrenzungsventil und
- ein niederdruckseitiger, Druckdämpfer.

Der Antrieb des Pumpenkolbenstößels erfolgt über einen **Dreifach-Nocken**. Der Nocken ist Teil der Einlassnockenwelle.

Die Schnittstelle zwischen dem Dreifach-Nocken auf der Einlassnockenwelle und dem Pumpenkolbenstößel bildet ein Tassenstößel.

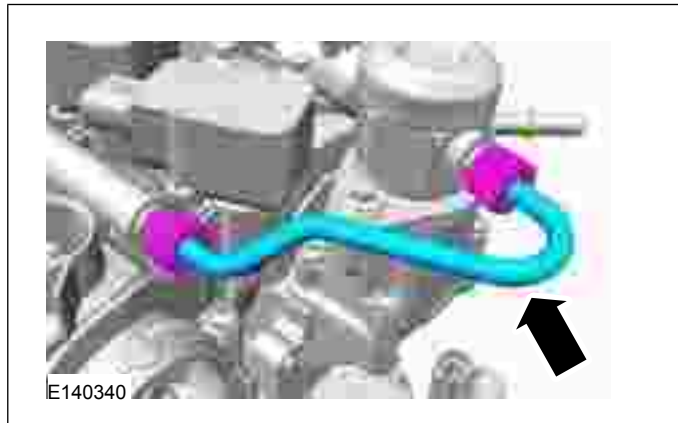
Die Abdichtung der Hochdruckpumpe erfolgt über einen O-Ring.

Die Fördermenge in das Kraftstoffverteilerrohr wird über ein Kraftstoffdosierventil gesteuert. Die Fördermenge ist abhängig von der Motordrehzahl und der Ansteuerung des Kraftstoffdosierventils.

Die Hochdruckpumpe erzeugt einen maximalen Kraftstoffdruck von **150 bar**.

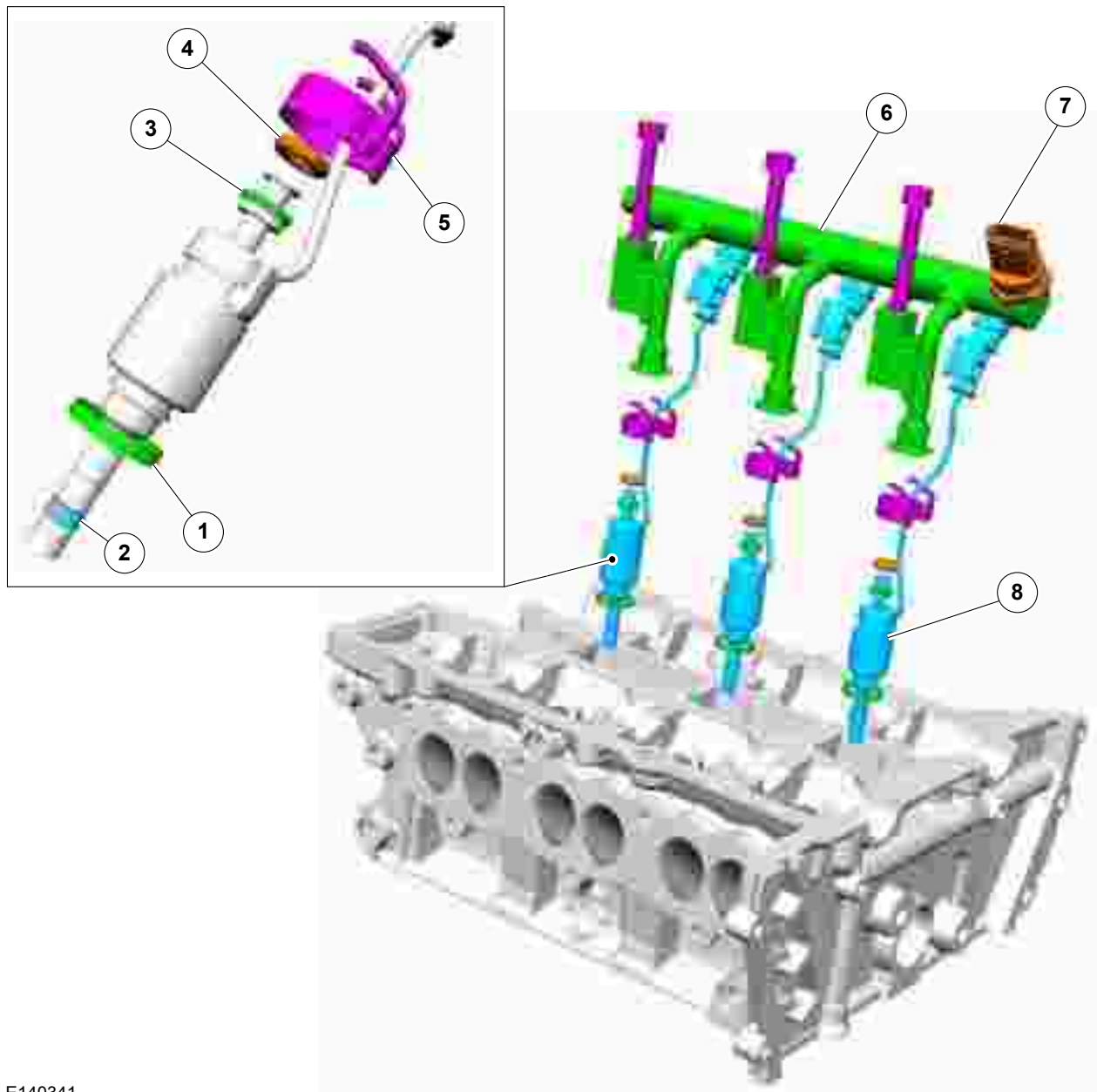
**BEACHTEN:** Das Kraftstoffdosierventil kann im Service nicht separat getauscht werden. Im Fehlerfall muss die komplette Hochdruckpumpe ersetzt werden.

### Kraftstoffhochdruckleitung



**BEACHTEN:** Nach jedem Lösen der Kraftstoffhochdruckleitung muss diese unbedingt ersetzt werden. Grund: Durch Deformierungen an den Überwurfmutter der alten Leitung können beim Wiederfestziehen Undichtigkeiten entstehen.

## Einspritzventile



E140341

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| 1 Distanzring        | 5 Niederhalter            |
| 2 Brennraumdichtring | 6 Kraftstoffverteilerrohr |
| 3 Stützscheibe       | 7 Kraftstoffdruck-Sensor  |
| 4 O-Ring             | 8 Einspritzventil         |

Die Einspritzventile sind zusammen mit dem Kraftstoffverteilerrohr von oben auf den Zylinderkopf montiert. Zusätzliche Kraftstoffhochdruckleitungen entfallen somit.

**BEACHTEN:** Die Befestigungsschrauben des Kraftstoffverteilerrohrs müssen in einer bestimmten Reihenfolge gelöst und angezogen werden. Hierzu sind unbedingt die Hinweise der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

Für die Abdichtung zum Kraftstoffverteilerrohr befindet sich am oberen Ende des Einspritzventils ein O-Ring. Eine Stützscheibe unter dem O-Ring stützt den O-Ring und gewährt somit den passgenauen Sitz.

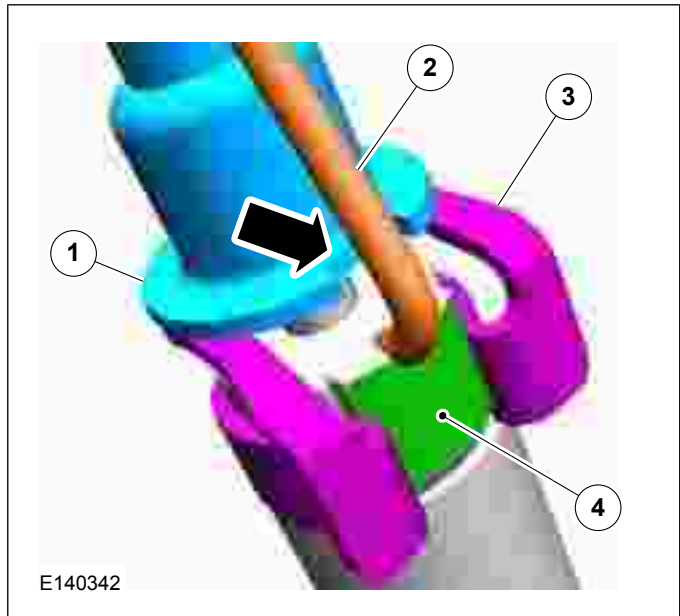
Der Brennraumdichtring (Teflonring) am unteren Ende des Einspritzventils dichtet das Einspritzventil zum Brennraum hin ab.

**Hinweis:** Für den Einbau eines neuen Brennraumdichtrings muss ein Spezialwerkzeug verwendet werden. Hierzu sind die Anweisungen der aktuellen Werkstattliteratur zu beachten.

Zwischen jedem Einspritzventil und der jeweiligen Aufnahme im Kraftstoffverteilerrohr befindet sich ein Niederhalter. Über die Niederhalter werden die Einspritzventile vorgespannt. Dabei stützt sich das Einspritzventil auf einem Distanzring ab. Dadurch wird der

passgenaue Sitz der Einspritzventile zu den Brennraumöffnungen am Zylinderkopf optimal gewährleistet.

### Service-Hinweise

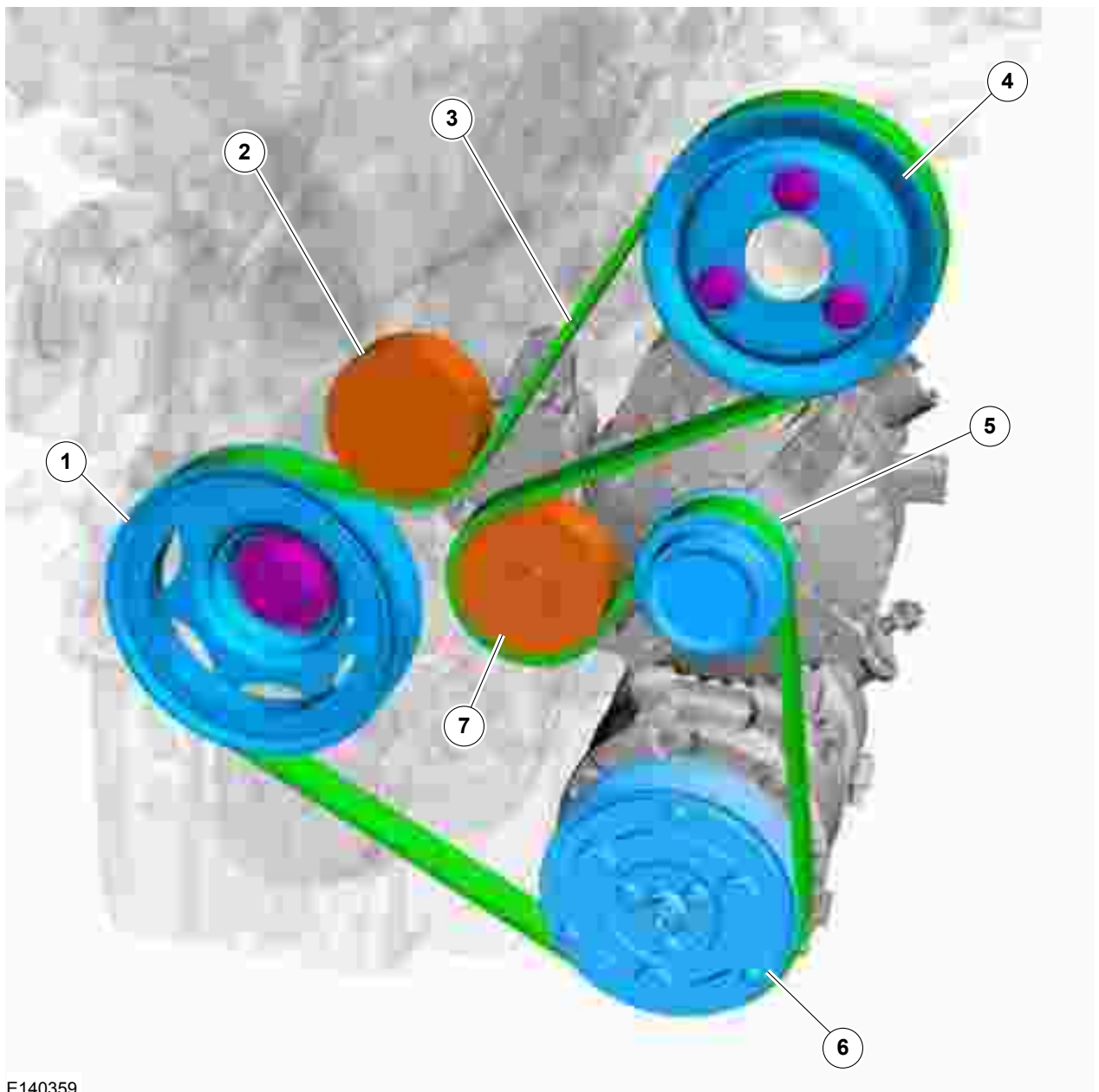


- 1 Aufnahme – Einspritzventil am Kraftstoffverteilerrohr
- 2 Elektrische Leitung – Einspritzventil
- 3 Niederhalter
- 4 Führung – Niederhalter

Nach dem Ausbau der Einspritzventile müssen die Niederhalter ausgetauscht werden.

Vor dem Einbau des Kraftstoffverteilerrohrs sind die Einspritzventile in der korrekten Position auszurichten. Dazu muss der Niederhalter in die Führung am Einspritzventil geschoben werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die elektrische Leitung des Einspritzventils nicht eingeklemmt wird (Pfeil).

## Einbaulage

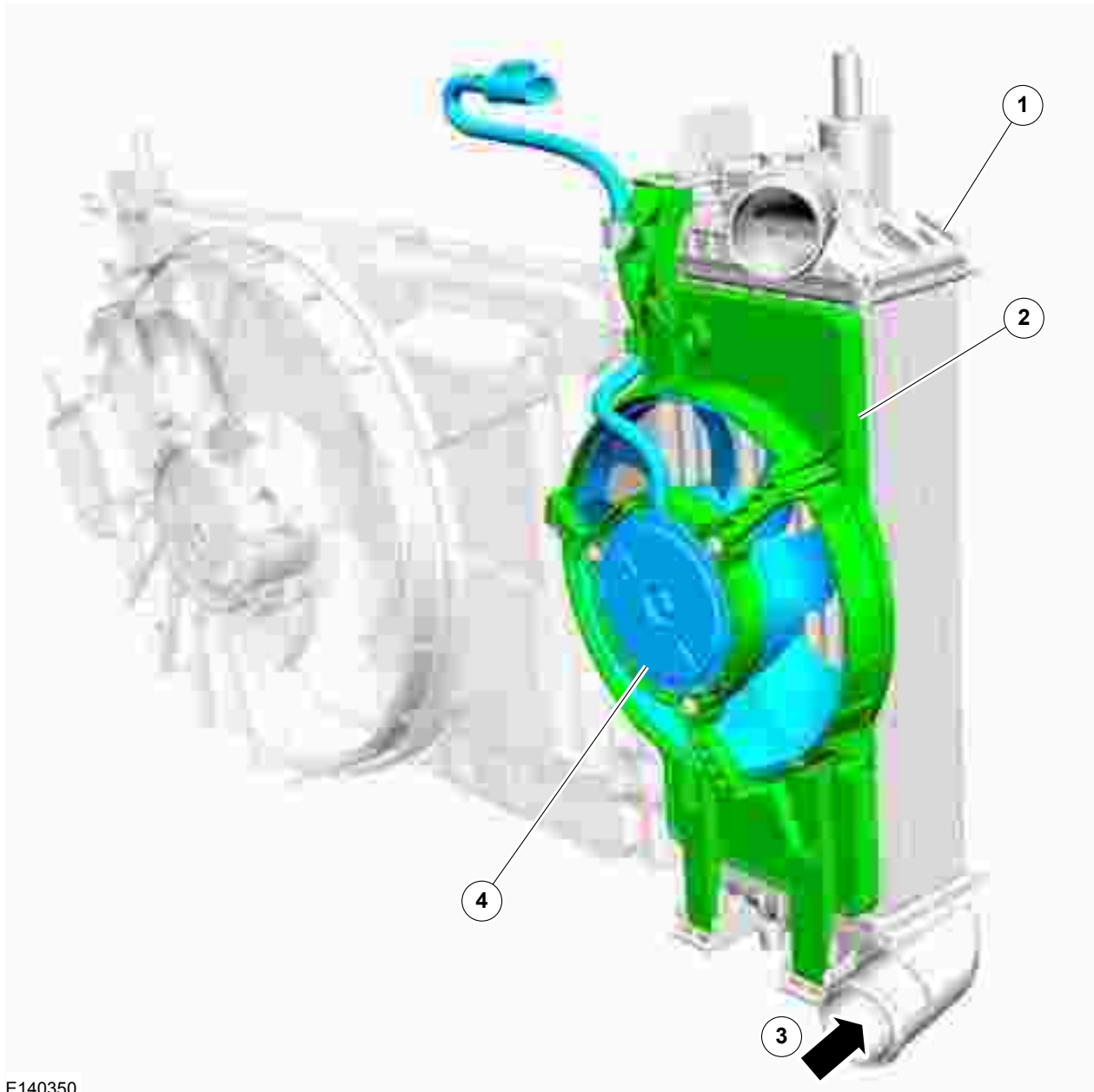


E140359

- |  |  |
|--|--|
| 1 Kurbelwellenriemenscheibe/schwingungsdämpfer | 5 Generatorriemenscheibe   |
| 2 Umlenkrolle                                  | 6 Riemenscheibe – Kältemittelkompressor                            |
| 3 Mehrriillenriemen                            | 7 Automatischer Riemenspanner für Antriebsriemen – Zusatzaggregate |
| 4 Kühlmittelpumpenriemenscheibe                |  |



## Einbaulage



E140350

1 Ladeluftkühler

2 Lüftergehäuse

3 Ladelufteinlass

4 Lüftermotor



## **Übersicht**

### **Ladeluftkühlung**

#### **Allgemeines**

Über die Ladeluftkühlung können die Leistung aufgeladener Motoren gesteigert und gleichzeitig die Schadstoffemissionen reduziert werden.

Während des Verdichtens erwärmt sich die Ladeluft. Da warme Luft eine geringere Dichte hat als kalte Luft, wirkt sich die Erwärmung nachteilig aus.

Der dem Abgasturbolader nachgeschaltete Ladeluftkühler kühlt die verdichtete Luft wieder ab. Durch die Verringerung der Temperatur der zugeführten Luft, ist im gleichen Volumen eine größere Luftmenge

enthalten. Somit gelangt mehr Sauerstoff in die Brennräume, so dass mehr Kraftstoff verbrannt werden kann und dadurch die Leistung des Motors steigt.

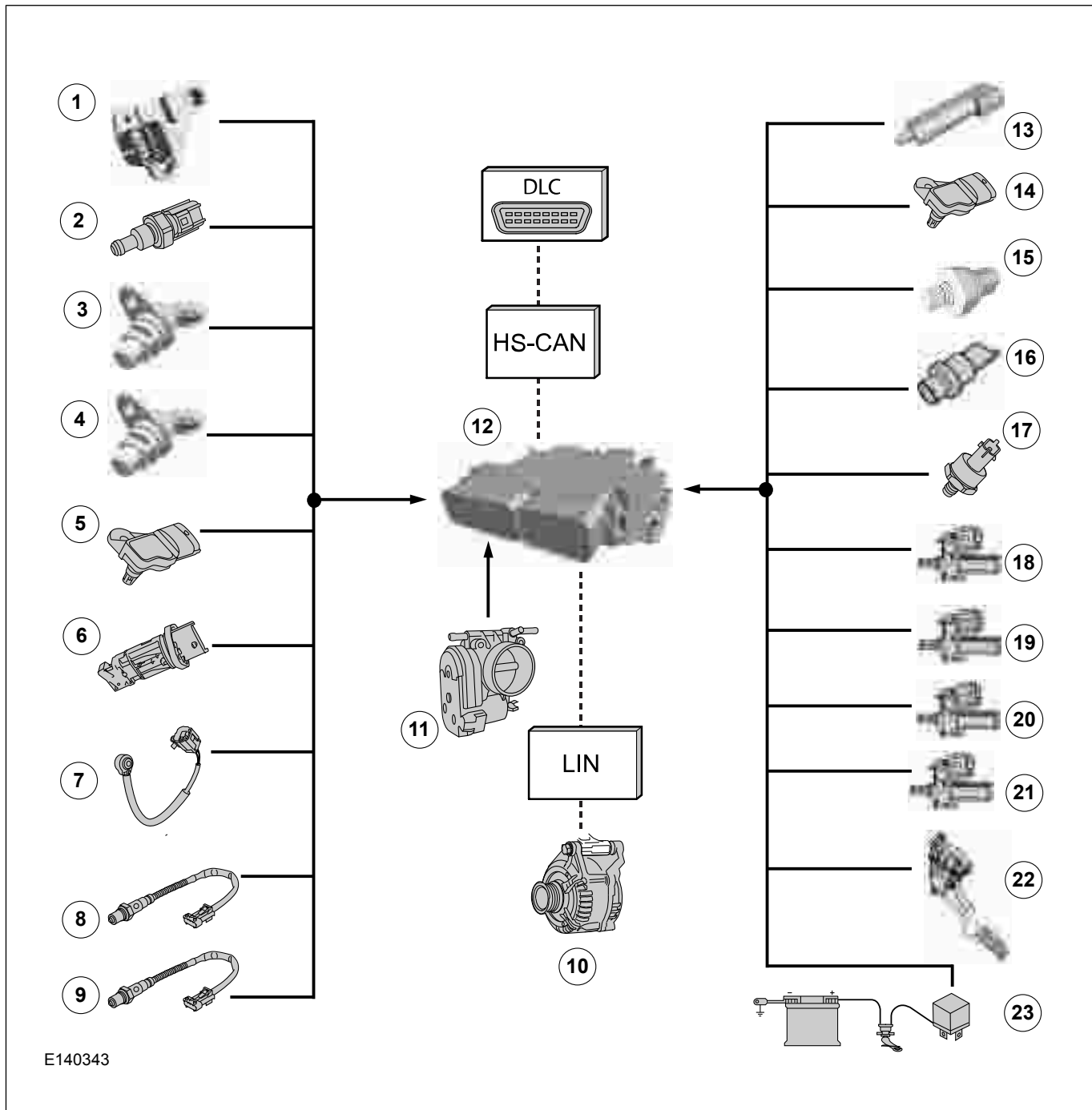
#### **Lüfterunterstützte Ladeluftkühlung**

Bei hoher Motorlast und niedriger Fahrgeschwindigkeit kann es sein, dass der normale Fahrtwind für eine optimale Ladeluftkühlung nicht ausreichend ist. Unter diesen Bedingungen wird der am Ladeluftkühler verbaute Lüfter vom PCM eingeschaltet.

Zum Ein- und Ausschalten des Lüfters dient als Haupteingangsgröße das Signal des Temperatursensors vom MAPT (Saugrohr-Absolutdruck und -temperatur)-Sensor.

# Funktions- und Bauteilbeschreibung Systemdiagramm

## Eingangssignale



1 CKP-Sensor (Hall)

2 ECT-Sensor

3 CMP-Sensor – Einlassnockenwelle (Hall)

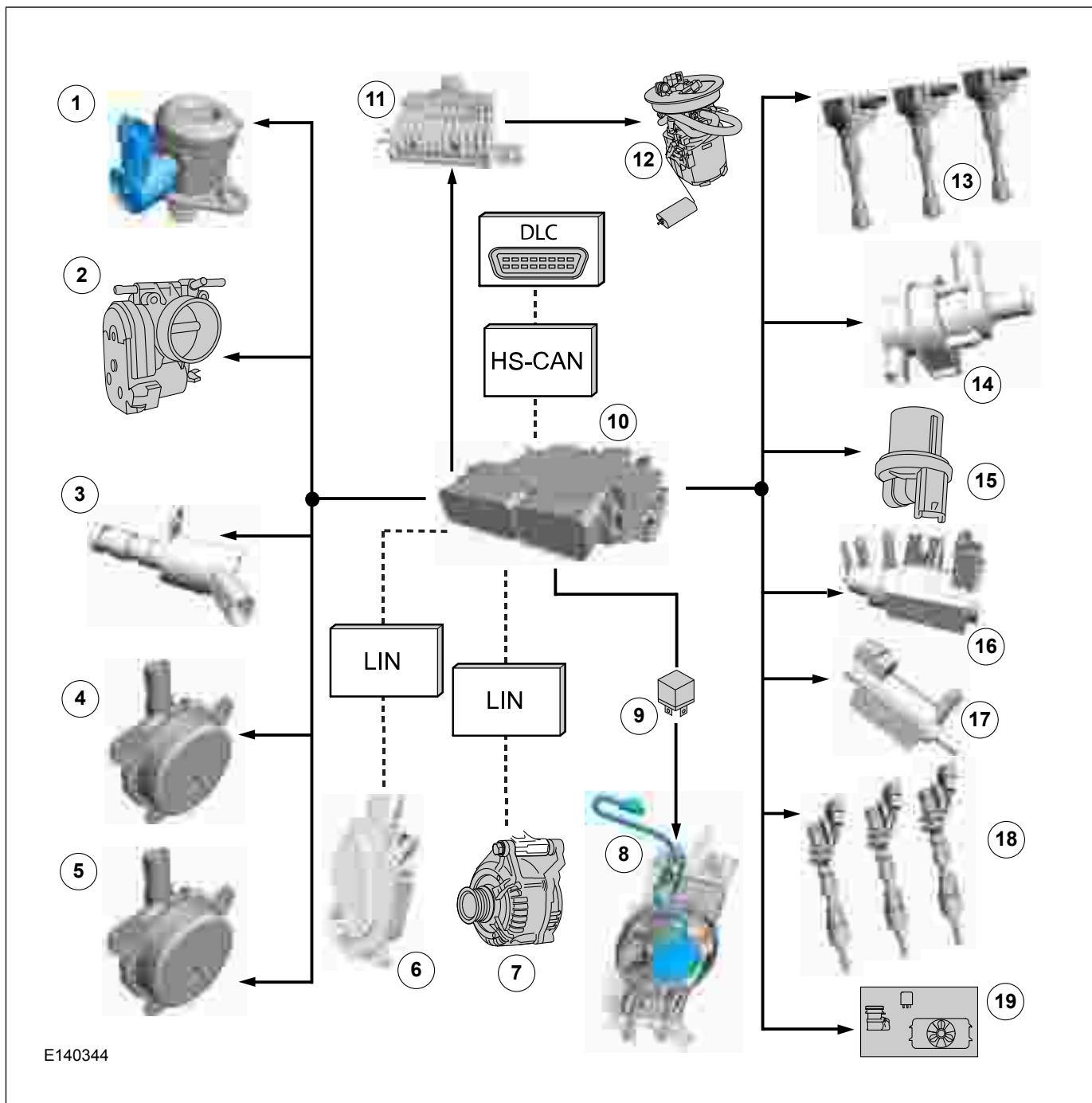
4 CMP-Sensor – Auslassnockenwelle (Hall)

5 MAP-Sensor (Ansaugkrümmer)

6 (Luftmassenstrom- und Temperatur)-Sensor

- |    |   |    |  |
|----|---|----|--|
| 7  | KS (Klopfsensor)                                  | 16 | EOP-Schalter   |
| 8  | Breitband-HO2S (beheizte<br>Lambdasonde)          | 17 | Kraftstoffdruck-Sensor –<br>Hochdruckkreis           |
| 9  | Zwei-Punkt-HO2S                                   | 18 | Bremslichtschalter                                   |
| 10 | Generator   | 19 | BPP (Bremspedalstellung)-Schalter                    |
| 11 | Stellungs-Sensoren – Elektrische<br>Drosselklappe | 20 | CPP<br>(Kupplungspedalstellung)-Schalter<br>– 75 %   |
| 12 | PCM   | 21 | CPP-Schalter – 25 %                                  |
| 13 | Umgebungslufttemperatur-Sensor                    | 22 | APP (Fahrpedalstellung)-Sensor                       |
| 14 | MAPT-Sensor (Ladeluftkühler)                      | 23 | Batterie, Zündschalter und<br>Stromversorgungsrelais |
| 15 | Kraftstoffdruck-Sensor –<br>Niederdruckkreis      |    |  |

## Ausgangssignale



- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | Kraftstoffdosierventil  | 5 | Magnetschalter –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Auslassnockenwelle |
| 2 | Elektrische Drosselklappe (DC<br>(Gleichstrom)-Motor)               | 6 | Modul – aktive Kühlerjalousie                                       |
| 3 | Magnetventil – Ölpumpenverstellung                                  | 7 | Generator   |
| 4 | Magnetschalter –<br>Nockenwellenverstellung –<br>Einlassnockenwelle | 8 | Motor – Ladeluftkühler  |

- |    |   |    |  |
|----|---|----|--|
| 9  | Relais –<br>Ladeluftkühlerlüftersteuerung | 15 | Magnetventil – EVAP<br>(Kraftstoffverdunstung) |
| 10 | PCM                                       | 16 | Magnetventil – Umluftventil                    |
| 11 | FPDM                                      | 17 | Magnetventil – Ladedruckregelung               |
| 12 | Elektrische Kraftstoffpumpeneinheit       | 18 | Einspritzventile                               |
| 13 | Zündspulen – Direktzündung                | 19 | Kühlerlüftersteuerung und<br>Klimakompressor   |
| 14 | Elektrische Kühlmittelpumpe               |    |  |

## Funktionsbeschreibung

Die Motorregelung erfolgt durch das PCM.

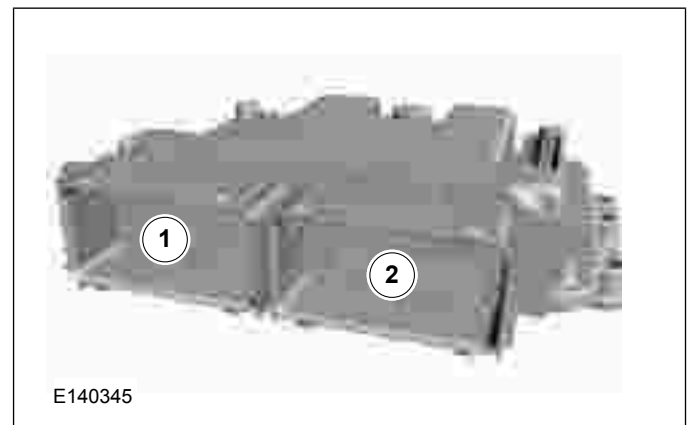
Im PCM laufen die Informationen der verschiedenen Sensoren, Geber und Schalter zusammen. Ebenso erhält das PCM Informationen über den CAN (Steuergerätenetzwerk)-Datenbus von anderen Steuergeräten. Alle Informationen werden im PCM verarbeitet und dienen der Steuerung bzw. Regelung verschiedener Stellglieder.

Das Steuerungsprogramm (die Software) ist in einem Speicher abgelegt. Die Ausführung des Programms übernimmt ein Mikroprozessor.

Die **Besonderheiten** bei diesem Motorregelungssystem sind die **magnetventilgesteuerte Ölpumpenverstellung**, die neue **Nockenwellenverstellung**, die **elektrische Kühlmittelpumpe** und die **Lüftersteuerung für den Ladeluftkühler**.

## Bauteilbeschreibung

### PCM



Das PCM hat die Bezeichnung **MED 17.0.1**. Die Software hat die Bezeichnung Bosch GS. Ab Modelljahr 2013 wird die Software mit der Bezeichnung **FGEC (Ford Gasoline Engine Control)** eingeführt.

Die Sensoren, die Stellglieder, die Datenbusverbindungen und die Stromversorgung sind über **zwei** vielpolige Steckverbindungen an das PCM angeschlossen.

Anzahl der Pins pro Stecker:

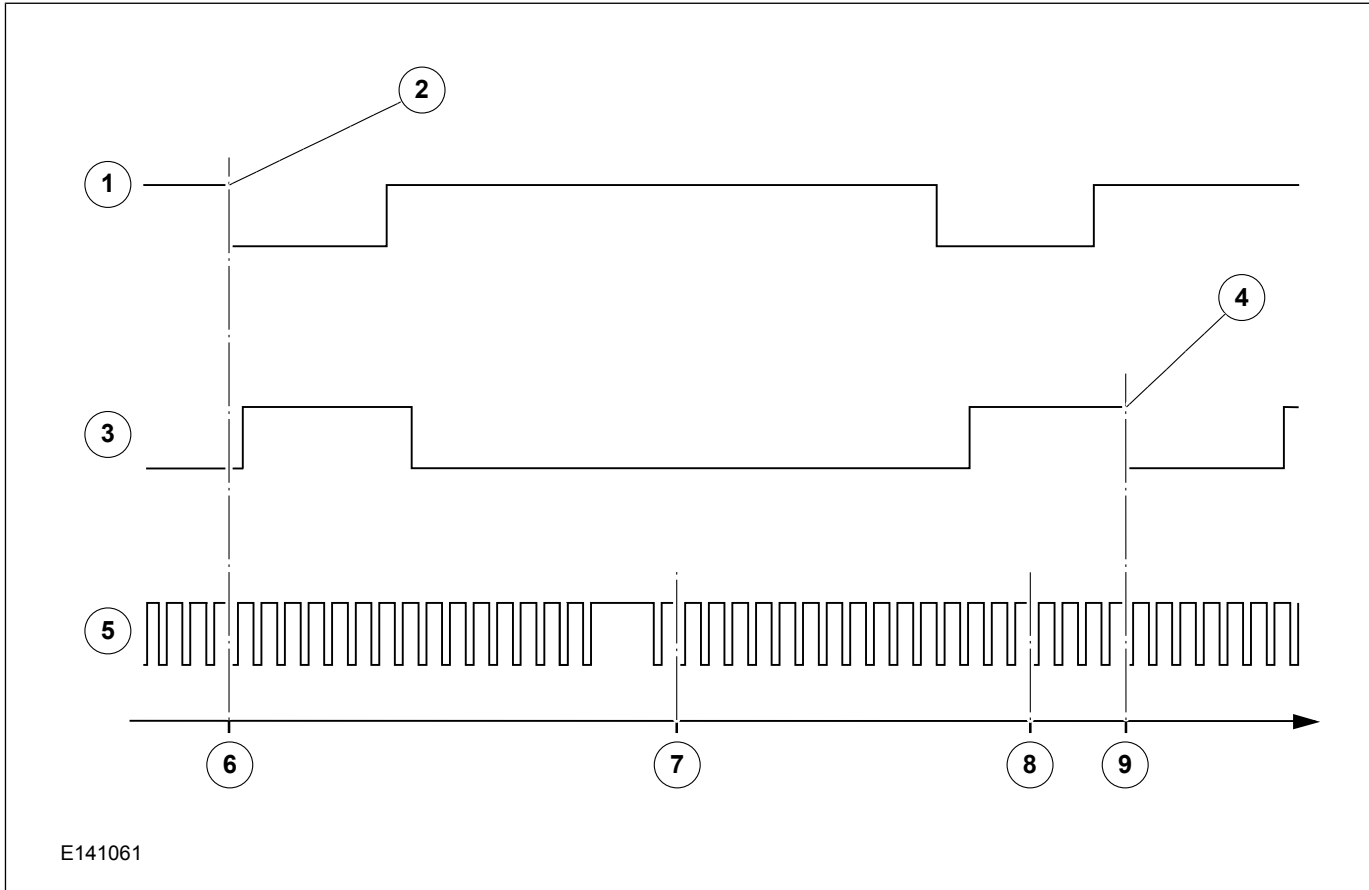
- Stecker 1 = 76 Pins
- Stecker 2 = 84 Pins

Der Mikroprozessor im PCM hat eine Taktfrequenz von 80 MHz.

## Steuerung der Nockenwellen

Um die variablen Nockenwellen individuell anzusteuern, benötigt das PCM die genaue

Position der Nockenwellen und der Kurbelwelle. Die Rechtecksignale werden von den jeweiligen CMP-Sensoren sowie vom CKP-Sensor an das PCM übertragen.



- 1 Rechtecksignal des CMP-Sensors Auslassnockenwelle
- 2 0°-Position der Auslassnockenwelle
- 3 Rechtecksignal des CMP-Sensors Einlassnockenwelle
- 4 0°-Position der Einlassnockenwelle

- 5 Rechtecksignal des CKP-Sensors
- 6 204° vor OT
- 7 90° vor OT
- 8 OT
- 9 24° nach OT

Das PCM errechnet die genaue Position des Motors anhand des Bezugspunkts (90° vor OT) in Verbindung mit den jeweiligen Bezugspunkt der Ein- und Auslassnockenwellen (0°-Positionen). Im PCM sind die 0°-Position der Nockenwellen zur Stellung der Kurbelwelle hinterlegt. Die

0°-Position der Auslassnockenwelle liegt bei 204° vor OT und die der Einlassnockenwelle bei 24° nach OT.

Entsprechend des im PCM hinterlegten Kennfelds für die Nockenwellensteuerung, werden die Magnetschalter – Nockenwellenverstellung – Einlass- und Auslassnockenwelle angesteuert.

### Kraftstoffdruck-Sensor

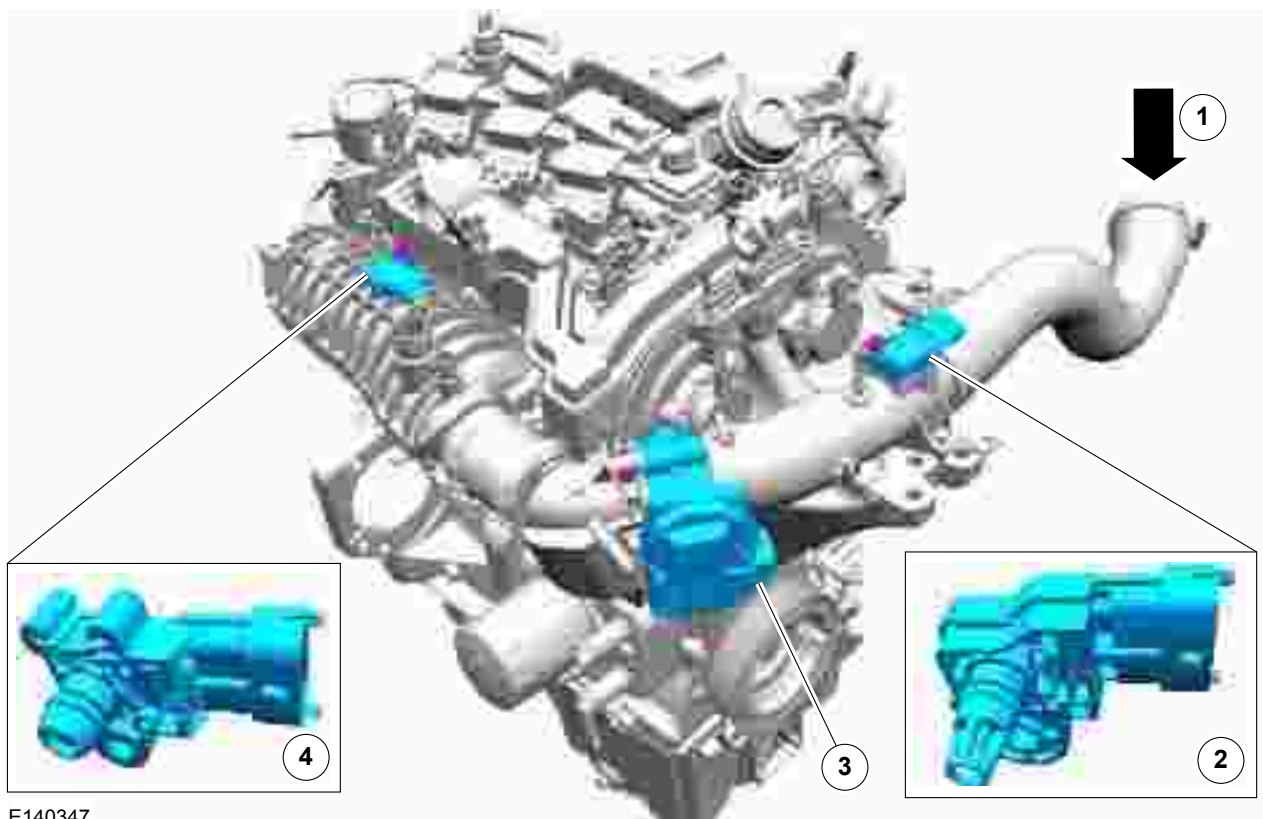


Über den Kraftstoffdrucksensor wird der Kraftstoffdruck im Kraftstoffverteilerrohr gemessen. Der Wert dient als Istgröße für die Druckregelung im Kraftstoffverteilerrohr.

Die genaue Einhaltung des vorgegebenen Kraftstoffdrucks im Kraftstoffverteilerrohr ist entscheidend für die Schadstoff-Emissionen und die Motorleistung.

Der Kraftstoffdruck-Sensor funktioniert, zusammen mit dem Kraftstoffdosierventil, im **geschlossenen Regelkreis**.

### MAP-Sensor und MAPT-Sensor



- 1 Luftstrom vom Ladeluftkühler
- 2 MAPT-Sensor

- 3 Elektrische Drosselklappe
- 4 MAP-Sensor

Der **MAP-Sensor** ist im Ansaugkrümmer verbaut. Er dient, zusammen mit dem MAFT-Sensor, zur Berechnung der vom Motor angesaugten Luftmasse.

Der **MAPT-Sensor** befindet sich am Ladeluftschlauch, vor der elektrischen Drosselklappe. Er dient zur Bestimmung des tatsächlich vorhandenen Ladedrucks sowie der Ladelufttemperatur.

### Kraftstoffdosierventil



**BEACHTEN:** Das Kraftstoffdosierventil ist Teil der Hochdruckpumpe und kann im Service nicht separat getauscht werden. Im Fehlerfall muss die komplette Hochdruckpumpe ausgetauscht werden.

Es ist als Magnetventil ausgeführt und ermöglicht eine bedarfsgerechte Kraftstoffzumessung in das Kraftstoffverteilerrohr.

Über das Kraftstoffdosierventil wird nur soviel Kraftstoff zum Kraftstoffverteilerrohr gefördert, wie zur Kraftstoffeinspritzung und zum Aufrechterhalten des erforderlichen Kraftstoffdrucks benötigt wird.

Im stromlosen Zustand ist es **vollständig geöffnet**.

Das Kraftstoffdosierventil funktioniert, zusammen mit dem **Kraftstoffdruck-Sensor**, im geschlossenen Regelkreis.

### Auswirkungen im Fehlerfall

Im Fehlerfall bleibt das Ventil geöffnet. Der Motor läuft im Notlaufmodus mit dem Kraftstoffdruck aus dem Niederdrucksystem.

### Diagnose

Das PCM beinhaltet eine Fehlerstrategie, die über die Endstufe einen Fehler im Stromkreis erkennt.

Der Stromkreis des Kraftstoffdosierventils wird überwacht auf

- offenen Regelkreis (zum Beispiel verursacht durch einen Kabelbruch oder abgezogenen Kabelstecker),
- Kurzschluss nach Batterie und Masse.

Eine **permanente Ansteuerung** führt zur **Zerstörung** des Kraftstoffdosierventils. Daher ist die Überwachung auf **Kurzschluss nach Masse** von **besonderer Bedeutung**. Sobald ein Kurzschluss nach Masse erkannt wird, unterbricht das PCM die



Spannungsversorgung zum Kraftstoffdosierventil nach etwa **0,8 Sekunden**. Bis zum nächsten Fahrzyklus findet nun keine weitere Prüfung statt. Das bedeutet, auch wenn der Fehler während des gleichen Fahrzyklus nicht mehr auftritt, bleibt das System weiter im Notlaufmodus.

Bei einem **Kurzschluss nach Batterie oder offenen Regelkreis** geht das System ebenfalls in den Notlaufmodus. Die Spannungsversorgung zum Kraftstoffdosierventil bleibt jedoch aufrecht erhalten. Der Notlaufmodus wird verlassen, sobald die Fehlfunktion behoben ist.

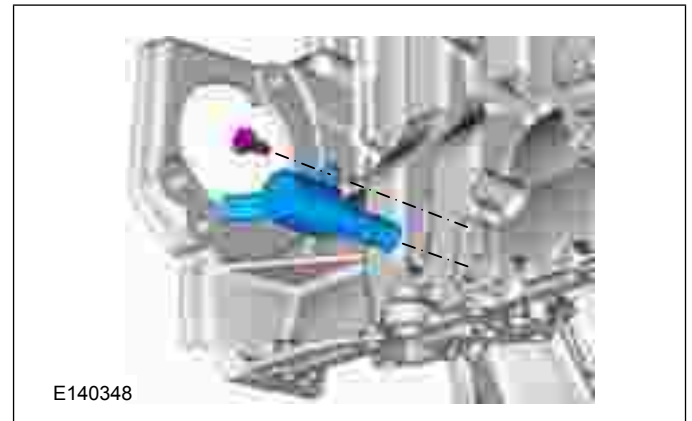
### Einspritzventile

Die Düse eines jeden Einspritzventils verfügt über **sechs** Austrittsöffnungen.

Jeder der sechs konischen Einspritzstrahlen ist individuell an die Gegebenheiten des Brennraums angepasst.

Die Einspritzventile sitzen zentral oben im Brennraumdach des jeweiligen Zylinders, mittig zwischen den Ein- und Auslassventilen. Durch diese Anordnung der Einspritzventile kommt das **strahlgeführte** Brennverfahren zum Einsatz. Dies ermöglicht eine noch gleichmäßigere Verteilung des Kraftstoffs und damit eine weitere optimierte Gemischaufbereitung im Brennraum.

### Magnetventil – Ölpumpenverstellung



Bei diesem System wird die Förderleistung der variablen Ölpumpe kontinuierlich dem benötigten Ölvolumenstrom je nach Temperatur, Drehzahl und Lastzustand des Motors flexibel angeglichen.

Die individuelle Einstellung des Ölvolumenstroms funktioniert elektrohydraulisch über das Magnetventil – Ölpumpenverstellung. Es ist im stromlosen Zustand geschlossen, d. h. der hydraulische Steuerkolben wird nicht mit Öldruck beaufschlagt (Hochdruck-Modus).

Die Ansteuerung des Magnetventils erfolgt über PWM (Pulsweitenmodulierung). Grundsätzlich gilt folgendes:

- Das **Magnetventil ist geschlossen** (Hochdruck-Modus) bei
  - einer Motordrehzahl über 3000 1/min und hoher Motorlast
  - einer Motordrehzahl über 4750 1/min und niedriger Motorlast

Unter allen anderen Bedingungen ist das **Magnetventil geöffnet** (Niederdruck-Modus).

**Auswirkungen im Fehlerfall**

Bei Ausfall des Magnetventils liefert die Ölpumpe einen höheren Volumenstrom als meist erforderlich. Dies kann bei einer Öldruckprüfung festgestellt werden (siehe aktuelle Werkstattliteratur).

**Diagnose**

Das PCM überwacht den Stromkreis zum Magnetventil auf Kurzschluss und offenen Regelkreis.

Mögliche DTC (Fehlercode):

- P06DA, P06DB, P06DC.

APP	accelerator pedal position Fahrpedalstellung	EVAP	evaporative emission Kraftstoffverdunstung
BPP	brake pedal position Bremspedalstellung	FPDM	fuel pump driver module Modul - Kraftstoffpumpe
CAN	controller area network Steuergerätenetzwerk	HO2S	heated oxygen sensor beheizte Lambdasonde
CKP	crankshaft position Kurbelwellenstellung	KS	knock sensor Klopfsensor
CMP	camshaft position Nockenwellenstellung	MAFT	mass air flow and temperature Luftmassenstrom- und Temperatur
CO2	carbon dioxide Kohlendioxid	MAP	manifold absolute pressure Saugrohr-Absolutdruck
CPP	clutch pedal position Kupplungspedalstellung	MAPT	manifold absolute pressure and temperature Saugrohr-Absolutdruck und -temperatur
DC	direct current Gleichstrom	PCM	powertrain control module Antriebsstrangsteuergerät
DTC	diagnostic trouble code Fehlercode	PWM	pulse width modulation Pulsweitenmodulierung
ECT	engine coolant temperature Kühlmitteltemperatur	OT	top dead center oberer Totpunkt
EOP	engine oil pressure Motoröldruck		

## Abkürzungsverzeichnis

---

VCT     variable camshaft timing  
          Nockenwellenverstellung