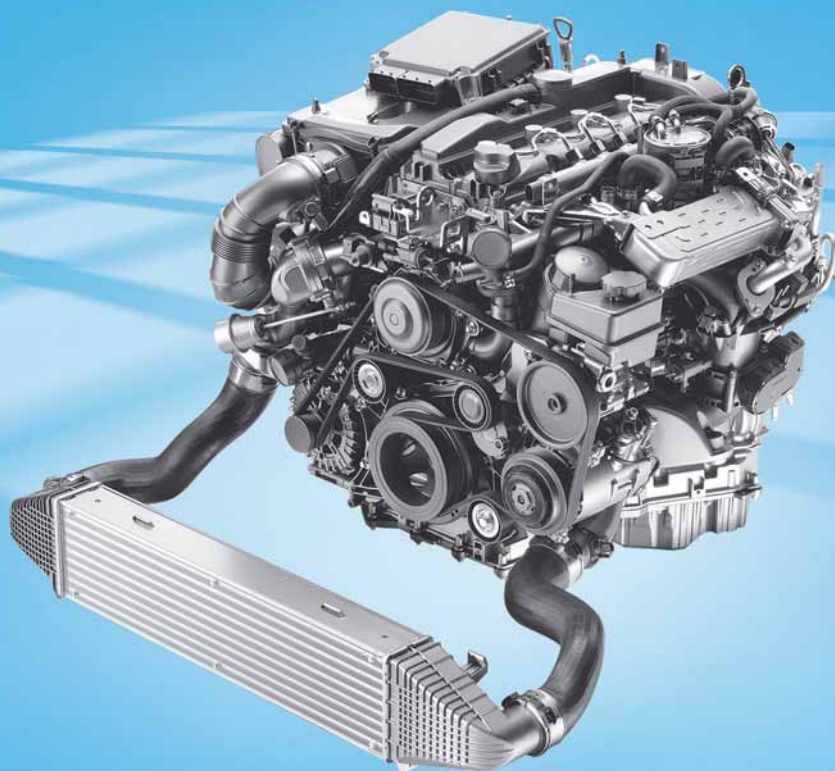




Neue Reihenmotoren-Generation 4-Zylinder OM 651

Einführungsschrift

Mercedes-Benz



Einführung neue Reihenmotoren-Generation 4-Zylinder OM 651

Bestellung von Werkstatt-Information

Sämtliche gedruckte Werkstatt-Information von GSP/OI, wie zum Beispiel Einführungsschriften, Systembeschreibungen, Funktionsbeschreibungen, Ratgeber Technik, Tabellenbücher und Aufkleber, können Sie wie folgt bestellen:

Innerhalb Deutschlands

Über unseren GSP/OI-Shop im Internet

Link: <http://gsp-ti-shop.de>

oder alternativ

E-Mail: customer.support@daimler.com

Telefon: +49-(0)1805/010-7979

Telefax: +49-(0)1805/010-7978

Außerhalb Deutschlands

Bitte wenden Sie sich an den für Ihren Markt zuständigen Ansprechpartner.

Produkt Portfolio

Über unser vollständiges Produkt-Portfolio können Sie sich auch in unserem Internet-Portal umfassend informieren.

Link: <http://open.aftersales.daimler.com>

Fragen und Anregungen

Haben Sie zum vorliegenden Produkt Fragen, Anregungen oder Vorschläge, schreiben Sie uns bitte.

E-Mail: customer.support@daimler.com

Telefax: +49-(0)18 05/0 10-79 78

oder alternativ

Adresse: Daimler AG
GSP/OIS
HPC R822, W002
D-70546 Stuttgart

© 2008 by Daimler AG

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung oder Nutzung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Daimler AG, Abteilung GSP/OIS, HPC R822, W002, D-70546 Stuttgart.

Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Verbreitung, Bearbeitung, Übersetzung, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und/oder Verarbeitung in elektronischen Systemen, einschließlich Datenbanken und Online-Diensten.

Bild-Nr. des Titelbildes: P01.00-3119-00

Bestell-Nr. dieser Publikation: 6516 1364 00

08/2008

Vorwort	5
---------	---

Übersicht

Kurzbeschreibung	6
Motordaten	7
Highlights	8
Motoransichten	9
Systemvergleich	10
Auf einen Blick	11

Mechanik

Kurbelgehäuse	12
Zylinderkopf	13
Ölwanne	14
Kurbeltrieb	15
Ventiltrieb	17
Rädertrieb	18
Riementrieb	19

Verbrennung

Common-Rail Einspritzung	20
Aufladung	24
Luftversorgung	29
Abgassystem	32
Abgasanlage	34

Kühlung und Schmierung

Motorkühlung	36
Motorschmierung und Ölkreislauf	38
Ölpumpe	40
Kühlmittelpumpe	41

Elektrik und Elektronik

Motorsteuergerät	42
Glühsystem	43

Pneumatik

Unterdrucksteuerung	44
---------------------	----

Umweltschutz

Emissionsreduzierung	46
----------------------	----

Service-Informationen

Neuerungen	48
------------	----

Sonderwerkzeug

Motor	50
Abkürzungen	55
Stichwörter	56

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

in der vorliegenden Einführungsschrift stellen wir Ihnen den neuen 4-Zylinder-Reihen-Dieselmotor 651 von Mercedes-Benz vor.

Auf diese Weise bieten wir Ihnen im Vorfeld der Markteinführung die Möglichkeit, die technischen Highlights dieses neuen Motors kennen zu lernen. Diese Broschüre dient vor allem in den Bereichen Service und Instandhaltung/-setzung sowie im After-Sales-Bereich zur Information. Kenntnisse über bereits eingeführte Typenreihen und Aggregate von Mercedes-Benz setzen wir dabei voraus.

Der inhaltliche Schwerpunkt dieser Einführungsschrift liegt auf der Vorstellung von neuen und veränderten Bauteilen, Systemen, Systemkomponenten und ihren Funktionen.

Die vorliegende Einführungsschrift soll einen Überblick über den Umfang der technischen Neuerungen geben und einen Einblick in die aufwändigen Konstruktionen ermöglichen.

Diese Einführungsschrift ist jedoch keinesfalls eine Basis für Reparaturen oder technische Diagnosen. Hierfür stehen Ihnen weiterführende Informationen im Werkstatt-Informationssystem (WIS) und im Diagnose-Assistenz-System (DAS) zur Verfügung.

Das WIS wird monatlich aktualisiert. Die dort hinterlegten Informationen entsprechen also immer dem neuesten technischen Stand unserer Fahrzeuge.

Die Inhalte dieser Broschüre werden nicht gepflegt, Nachträge sind nicht vorgesehen. Änderungen und Neuerungen veröffentlichen wir in den entsprechenden Literaturarten im WIS. Die Angaben in dieser Einführungsschrift können daher von einem neueren Stand der Information im WIS abweichen.

Alle Angaben zu technischen Daten, Ausstattungen und Lieferumfängen haben den Stand des Redaktionsschlusses im Juli 2008 und können daher vom Serienstand abweichen.

Daimler AG

Technische Information und Werkstatteinrichtungen
(GSP/OI)

Kurzbeschreibung

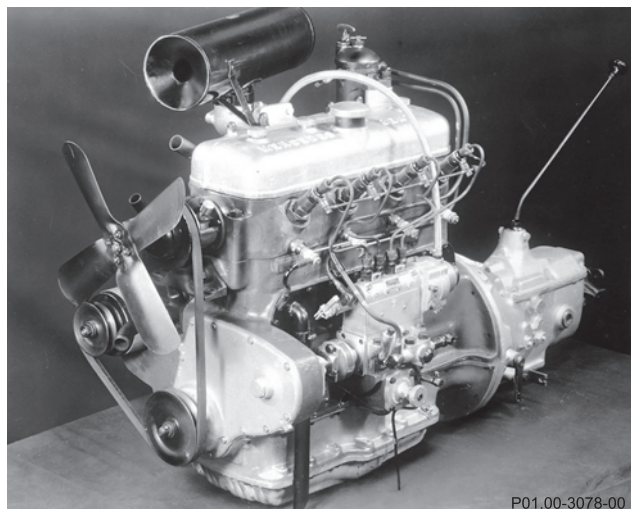
Motorbaureihe 651

Ab Oktober 2008 kommt die neue Generation des 4-Zylinder-Dieselmotors 651 mit dem Common Rail Direct Injection (CDI)-System der zweiten Generation von Delphi auf den Markt.

Der Motor 651 erzielt eine Nennleistung von 150 kW mit einem Hubraum von 2 143 cm³ und einem Verbrauch von lediglich 5,4 Liter Diesel pro 100 Kilometer. Trotz dieser hohen Leistung und einem Motor-drehmoment von 500 Nm gelang es, den CO₂-Ausstoß weiter zu reduzieren. Hinzu kommt, dass die zukünftige Euro-5-Norm eingehalten wird.

Im Mittelpunkt des neuen Motors steht die zweistufige Turboaufladung. Das System besteht aus einer Kombination eines kleinen Hochdruck- und eines großen Niederdruck-Abgasturboladers. Für einen ruhigeren Motorlauf verfügt der Motor 651 zusätzlich über zwei Lanchester-Ausgleichswellen.

Um die neuen gesetzlichen Vorschriften des Euro NCAP-Crashtests für einen verbesserten Fußgängerschutz zu erfüllen, wurde der Rädertrieb in Kombination mit dem Kettentrieb auf der Kraftabgabeseite angeordnet. Durch den Raumgewinn zwischen Motor und Motorhaube verringern sich die Verletzungsfolgen für Fußgänger.



Motor 138

Mit 2,6 l Hubraum und 33 kW wurde er 1936 im Mercedes-Benz 260 D, dem ersten Diesel-Pkw der Welt, eingesetzt.



Motor 651

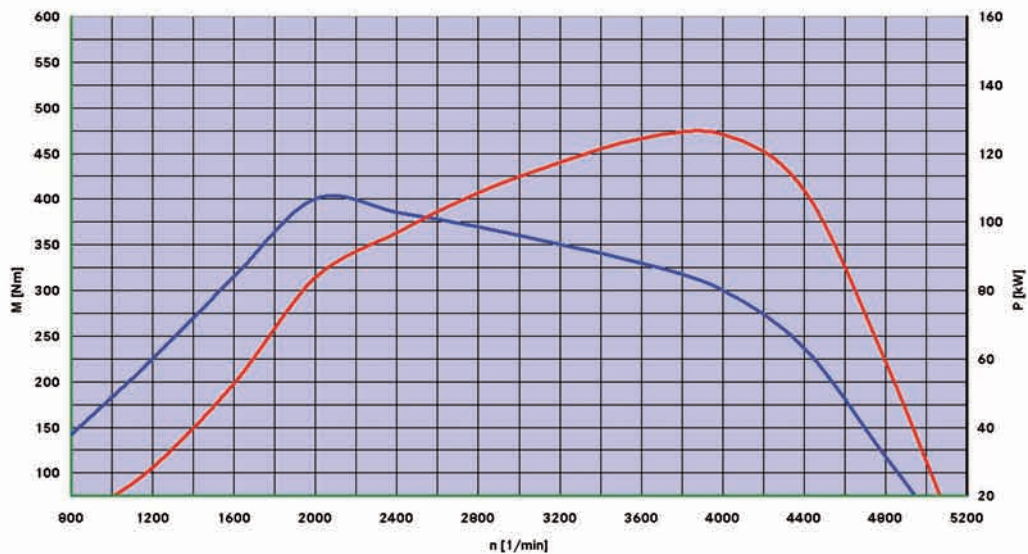
Mit 2,2 l Hubraum und 150 kW wird er ab Oktober 2008 in der C-Klasse eingesetzt.

Hinweis

Eine ausführliche Beschreibung des neuen CDI-Systems erscheint in der Systembeschreibung zum Motor 651.

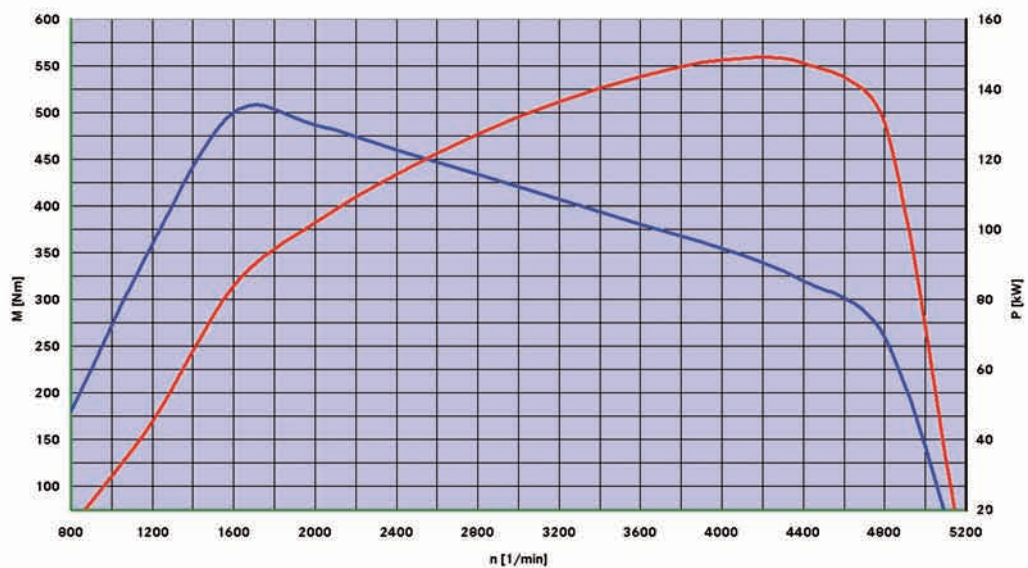
Bestellnummer: 6516 1363 00

Vergleich		Motor 646.821 EVO	Motor 651.911	Differenz
Hubraum	cm ³	2 148	2 143	-0,2 %
Nennleistung	kW bei 1/min	125 3 800	150 4 200	+20 %
Nenn Drehmoment	Nm bei 1/min	400 2 000	500 1 600...1 800	+25 %
Maximaldrehzahl	1/min	4 900	5 200	+6 %



P00.01-3117-00

Motor 646.821 EVO



P00.01-3118-00

Motor 651.911

n Drehzahl M Drehmoment P Leistung

Highlights

Neuerungen

Durch den Einsatz neuester innovativer Technologien wurden mit dem Motor 651 beispielgebende Werte hinsichtlich Leistungs- und Drehmomentcharakteristik, Wirtschaftlichkeit, Abgas-Emissionen und Lauf-ruhe erzielt. Darunter sind einige Neuentwicklungen, die derzeit in dieser Kombination bei keinem anderen Pkw-Dieselmotor serienmäßig anzutreffen sind.

Technologie

Die wichtigsten technischen Merkmale des neuen Motors sind:

- Zweistufige Turboaufladung mit starrer Geometrie
- Direkt gesteuerte Piezo-Injektoren
- Rädertrieb in Kombination mit Kettentrieb an der Kraftabgabeseite
- Durch Ansaugluft gekühltes Motorsteuergerät auf dem Luftfiltergehäuse
- Hauptlagerbrücke mit integriertem Lanchestergehäuse
- Zwei Lanchester-Ausgleichswellen
- Antriebsrad auf Kurbelwelle reibgeschweißt
- Torsions-Schwingungsdämpfer mit Vierfachverschraubung
- Universeller Steuergehäusedeckel für die Adaption verschiedener Getriebebaumuster
- Aggregateträger mit variabler Anordnung je nach Fahrzeugkonzept
- Zwei Klopfensoren
- Zweigeteilte Ölwanne (geräuschoptimiert)
- Ölwannenunterteil aus Kunststoff

Wärmemanagement

Das neue Wärmemanagement besteht aus:

- Abschaltbare Kühlmittelpumpe
- Zylinderkopf mit zweiteiligem Wassermantel
- Abschaltbare Ölspritzdüsen und die damit verbundene Kolbenbodenkühlung
- Reinölseitig volumengesteuerte Ölpumpe



Hinweis

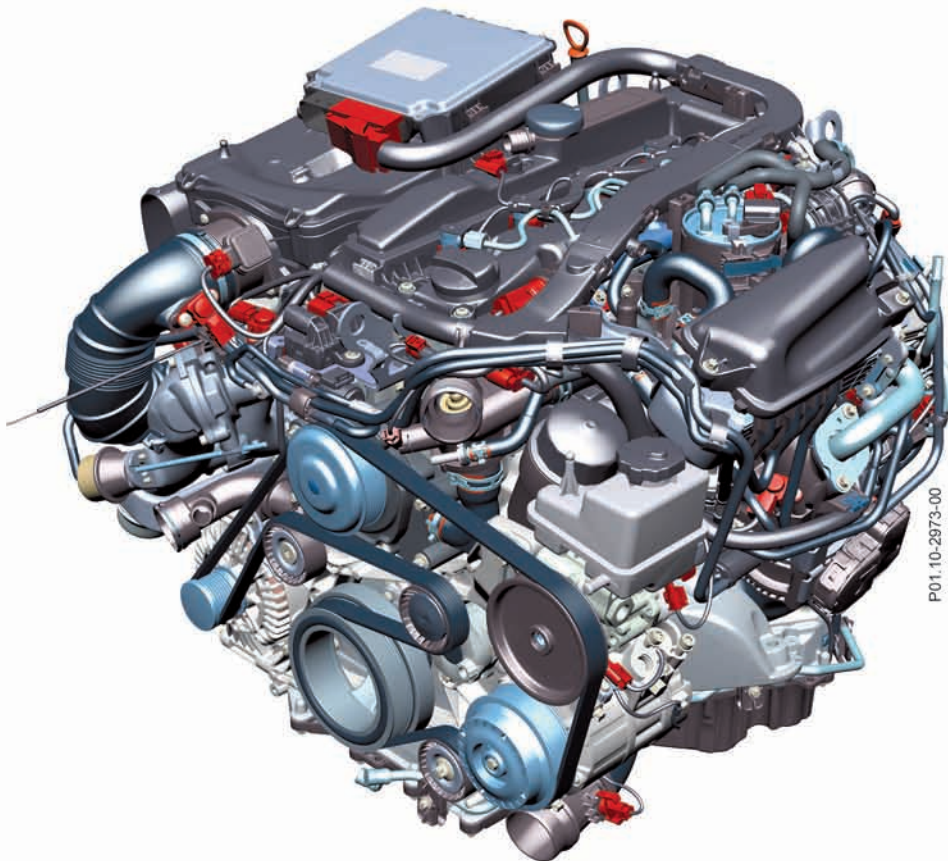
Bei reibgeschweißten Verbindungen werden zwei Teile kraftschlüssig miteinander verbunden. Durch die Anwendung von Reibung und Druck kommt es ohne Schweißzusatz zu einer festen Verbindung.



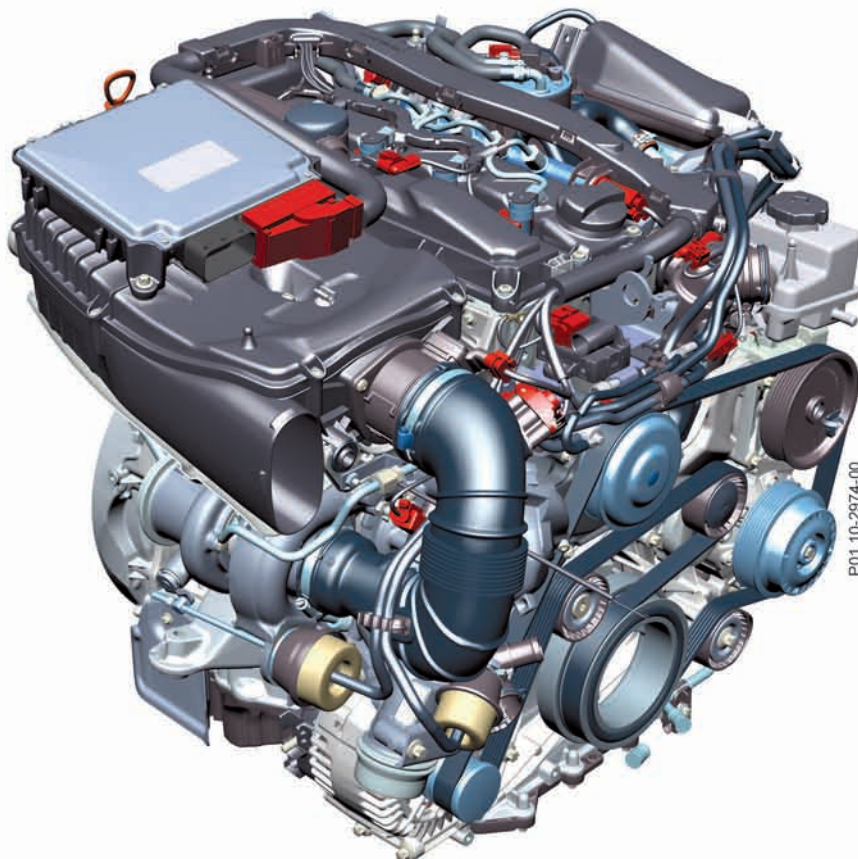
Hinweis

Weitere Informationen zur Reparatur und Wartung des Motors 651 finden Sie im Werkstatt-Informationssystem (WIS).





Motor 651: Seitenansicht von links



Motor 651: Seitenansicht von rechts

Systemvergleich

Vergleich		Motor 646.821EVO C 220 CDI	Motor 651.911 C 250 CDI
Markteinführung		06/2006	10/2008
Verbrennungsverfahren		Diesel Direkteinspritzung	
Zylinderanzahl		4	
Zylinderanordnung		Reihe	
Bohrung	mm	88,3	83,0
Hub	mm	88,3	99,0
Verdichtung	e	16,5:1	16,2:1
Nockenwellen - Antrieb		Kette 2-fach	Kette 1-fach
Nockenwellen - Anzahl		2	2
Ventilbetätigung		Tassenstößel mit hydraulischem Ventilspielausgleich	Rollenschlepphebel mit hydraulischem Ventilspielausgleich
Laderart		1-stufige Turboaufladung mit variabler Turbinen- geometrie	2-stufige Turboaufladung mit starrer Geometrie
Ladedruckregelung		elektrisch	pneumatisch
Maßnahmen zur schadstoffarmen Verbrennung		Einlasskanalabschaltung, Abgasrückführung (AGR) mit separatem AGR-Kühler	Einlasskanalabschaltung, AGR-Kühlung und AGR-Bypass
Kraftstoffinjektor - Bauart		Magnetspuleninjektor	Direkt gesteuerter Piezo-Injektor
Kraftstoffinjektor - Durchmesser	mm	17	19
Zündfolge		1-3-4-2	
Ölpumpe - Antrieb		Kette 1-fach	Rädertrieb
Generator - Stromstärke	A	200	180
Motorgewicht DIN (trocken) ca.	kg	190	203



Ziel	Maßnahmen Motor 65 1
Komfort- optimierung	Steiferes Kurbelgehäuse mit durchgehender Kurbelwellenlagerbrücke
	Breite Kurbelwellenhauptlagerung; reibungsoptimiert mit Bundlager
	Zwei untenliegende Lanchester-Ausgleichswellen für ruhigen Motorlauf
	Zylinderkopfhaube aus Kunststoff mit integrierter Entlüftung
	Wartungsfreie und langlebige Einfachkette als Nockenwellenantrieb
	Motorabdeckung mit angepasster Akustikdämmung
Verbrauchs- optimierung	Optimierte Strömungsverhältnisse (Luftführung, Einlasskanäle)
	Zweistufige Turboaufladung
	Optimierte Ladeluftkühlung und Abgasrückführ-Kühlung
	Reduzierung der Reibleistung durch Rädertrieb und wälzgelagerte Ausgleichswellen
Erfüllung der Abgasgrenzwerte (Euro-5-Norm)	Optimierte Brennraumgestaltung
	7-Loch-Einspritzdüsen
	Präzisere Einspritzzeiten
	Optimierte Luftführung
	Abgasrückführung (AGR) mit AGR-Vorkühler und AGR-Kühler, AGR-Ventil und geschaltetem AGR-Bypass
	Elektrische Ansaugluftdrosselung
	Abschaltbare Kühlmittelpumpe und abschaltbare Ölspritzdüsen
	Abgasanlage mit Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter

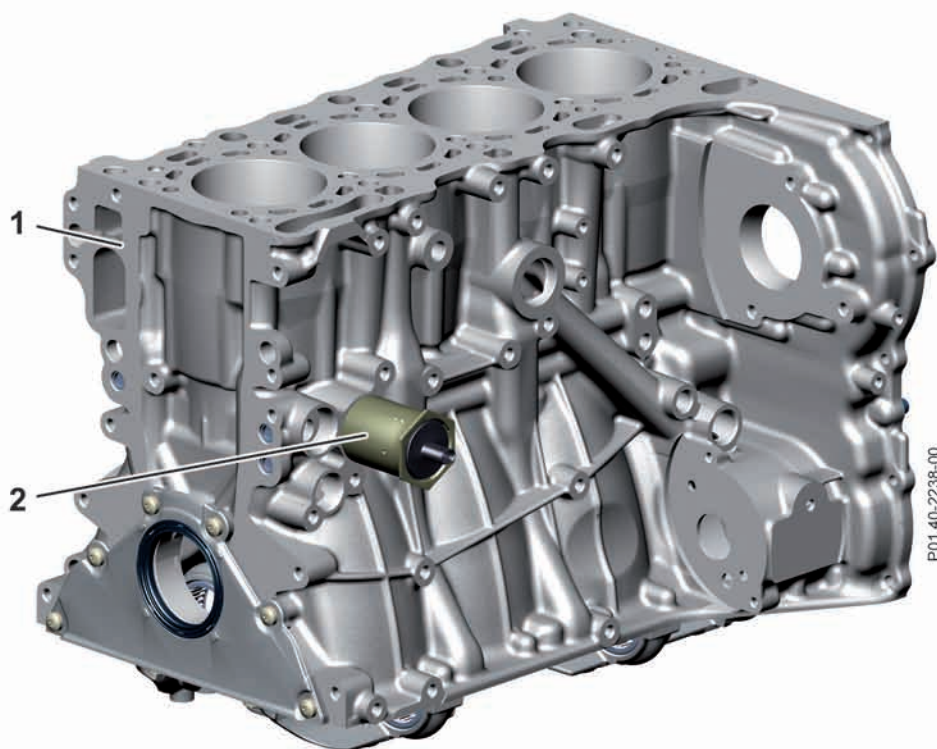
Kurbelgehäuse

Allgemein

Bei der Entwicklung des Motors 651 wurde für die Konstruktion des Kurbelgehäuses ein raumoptimiertes Gesamtkonzept verfolgt. So befindet sich der Rädertrieb mit dem Antrieb der Ölpumpe und der Lanchester-Ausgleichswellen auf der Kraftabgabeseite. Das Kurbelgehäuse aus Grauguss wird im Sandgussverfahren hergestellt.

Aus dem neuen Baukonzept ergeben sich folgende Vorteile:

- 4 cm kürzeres Kurbelgehäuse gegenüber dem Vorgänger
- Verbesserter Fußgängerschutz, durch Anordnung des Rädertriebs und des Nockenwellenantriebs an der Kraftabgabeseite
- Universeller Steuergehäusedeckel für die Adaption verschiedener Getriebebaumuster



Kurbelgehäuse

1 Kurbelgehäuse

2 Absperrventil Ölspritzdüsen



Allgemein

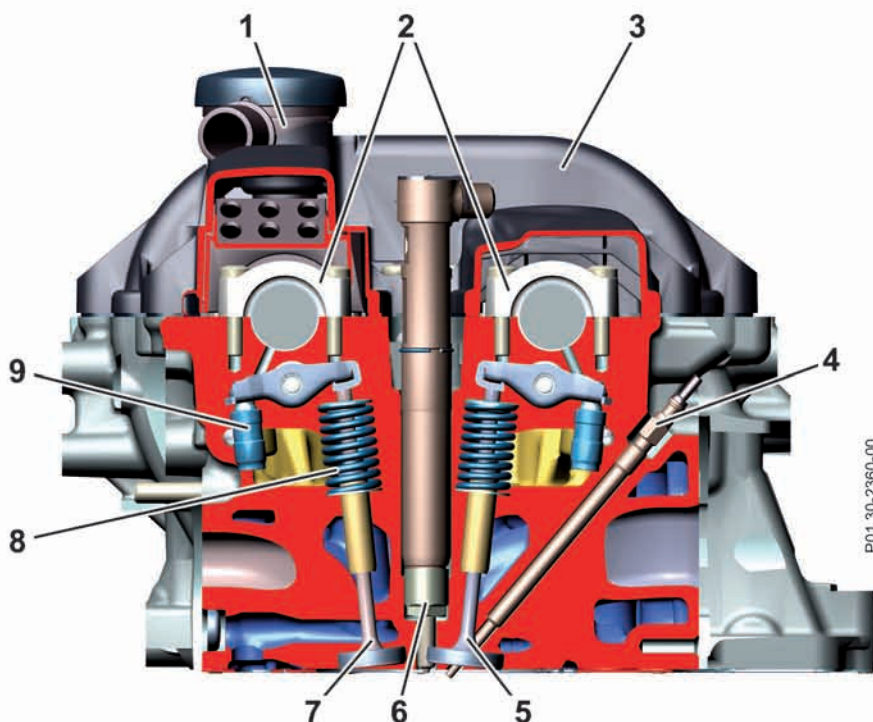
Der Zylinderkopf besteht aus hochfestem Aluminium. Er ist mit zwei Nockenwellen und mit vier Ventilen pro Zylinder ausgestattet. Die Zylinderkopfhaube besteht aus Kunststoff mit einer integrierten Entlüftung. Der Zylinderkopf zeichnet sich durch folgende Neuerungen aus:

- einen maximalen Zünddruck von 200 bar (bisher 160 bar)
- Tangential- und Spiraleinlasskanäle
- Bohrung für Piezo-Injektor mit 19 mm Durchmesser

Der obere Kanal des zweiteiligen Wassermantels versorgt den Zylinderkopf mit Kühlmittel. Vorteile des zweiteiligen Wassermantels sind:

- höhere konstruktive Steifigkeit
- bessere Wärmeabfuhr
- verbessertes Wärmemanagement

Das verbesserte Wärmemanagement kommt besonders in den Bereichen zum Tragen, die sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Erst durch die gezielte Kühlung der einzelnen Komponenten ist der hohe Zünddruck von 200 bar möglich. Das erhöhte Druckpotential und die optimierte Einspritzmenge führen zu dem hohen Motordrehmoment von 500 Nm und der Motorleistung von 150 kW.



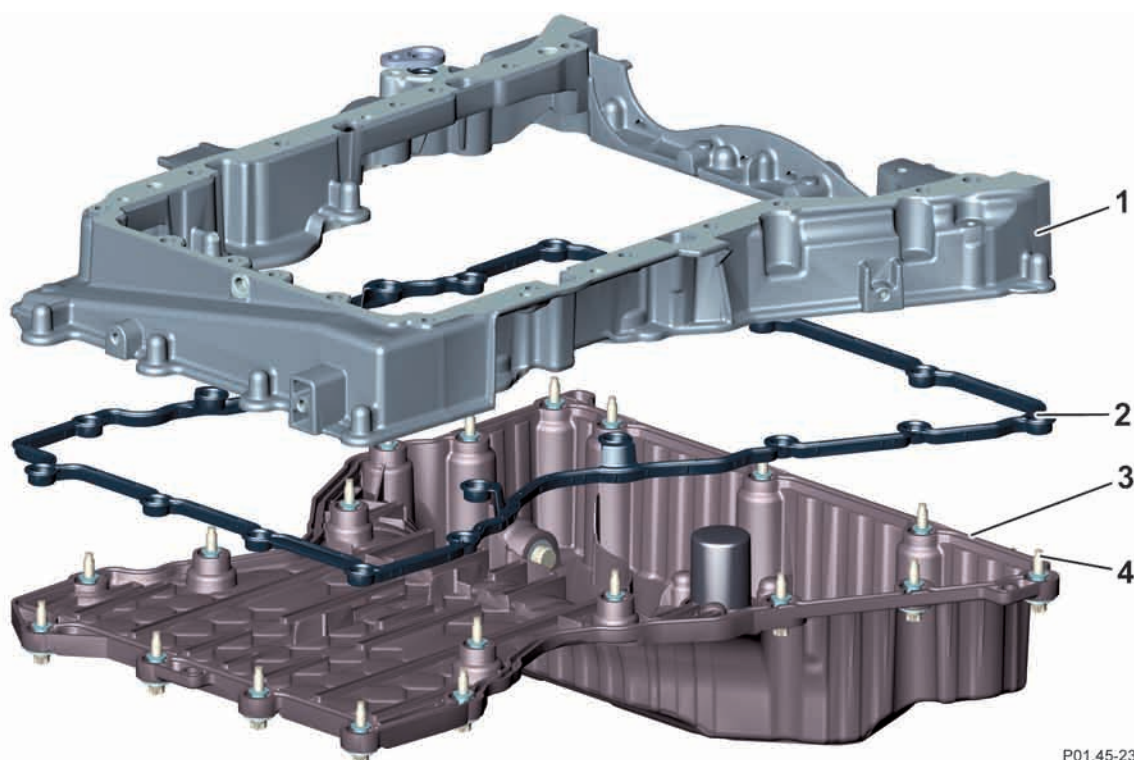
Schnittbild Zylinderkopf

- | | | |
|---------------------|------------------|------------------------|
| 1 Entlüftung | 4 Glühkerze | 7 Einlassventil |
| 2 Hauptlagerbrücke | 5 Auslassventil | 8 Ventilsfeder |
| 3 Zylinderkopfhaube | 6 Piezo-Injektor | 9 Ventilspielausgleich |

Ölwanne

Besonderheiten der Konstruktion

- Zweiteilige Ausführung
- Unterteil der Ölwanne aus Kunststoff
- Geräuschoptimiert
- Service- und kostenoptimierte Ersatzteile
- Verlustgesicherte Schrauben
- Einbaukontrolle durch spezielle Pins an der Dichtung



P01.45-2329-00

Ölwanne

- 1 Oberteil der Ölwanne
2 Dichtung mit Pins

- 3 Unterteil der Ölwanne (Kunststoff)
4 Schrauben mit Verlustsicherung

Hinweis

Durch das Volumen des Gehäuses und durch die Größe der Ablaufbohrungen im Schalter Ölstandskontrolle werden kurzzeitige Niveauschwankungen ausgeglichen. Dies verhindert unnötige Warnmeldungen, wie sie z.B. durch Kurvenfahrten ausgelöst werden könnten.

Kurbelwelle

Die geschmiedete Kurbelwelle mit acht Ausgleichsgewichten ist als weitere effektive Schwingungsdämpfung fünffach gelagert. Die Radien der Hubzapfen sind gewalzt und zeichnen sich deshalb durch hohe Festigkeit aus. Des Weiteren ist die Verbindung zwischen dem Antriebsrad und der Kurbelwelle reibgeschweißt.

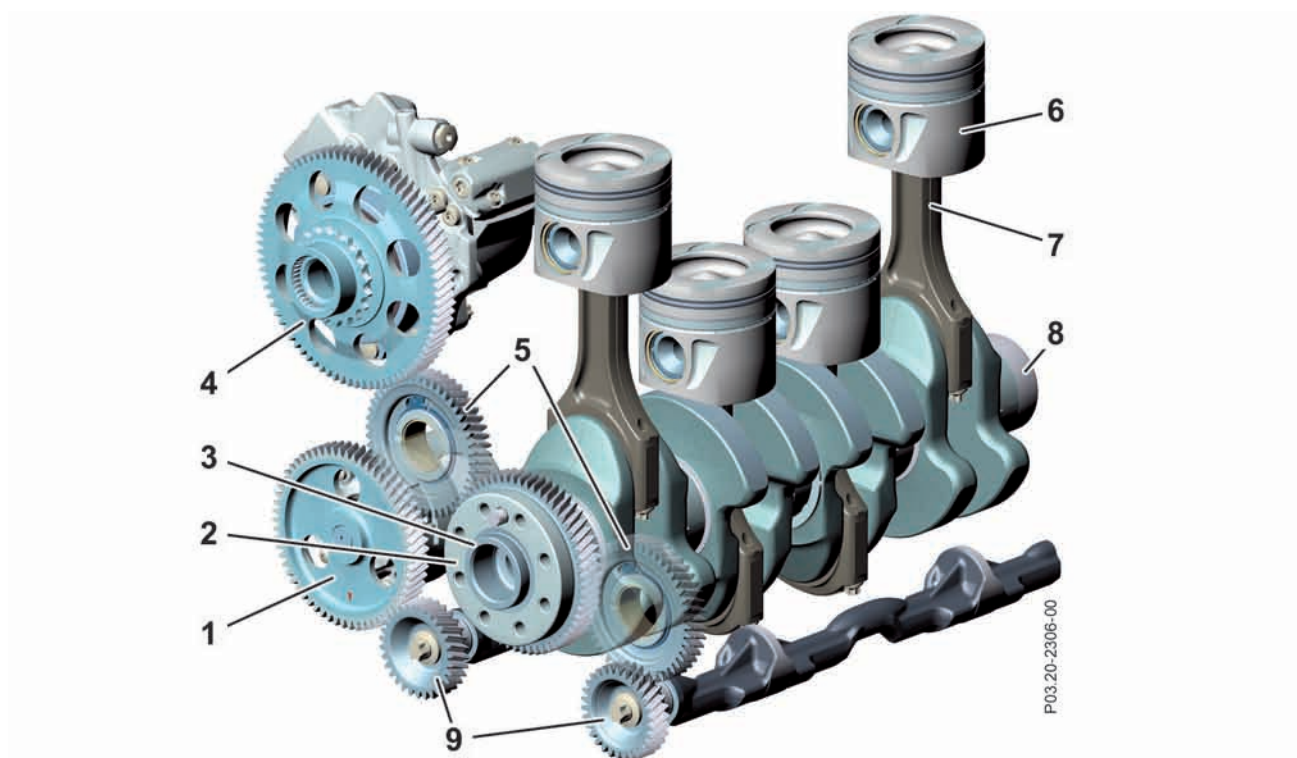
Der Torsionsschwingungsdämpfer ist an der Kurbelwelle über eine Vierfach-Verschraubung befestigt.

Pleuel

Die gewichtsoptimierten Pleuel bestehen aus geschmiedetem Stahl und sind auf der Höhe der Lagerschalen 'gecrackt'.

Ausgleichswellen

Zwei Lanchester-Ausgleichswellen sind in die Hauptlagerbrücke integriert und in Wälzlager dreifach gelagert. Sie werden über den Rädertrieb gegenläufig angetrieben, um den auftretenden Massenkräfte zweiter Ordnung entgegenzuwirken. Dadurch wird ein ruhiger Motorlauf erzielt.



Kurbeltrieb mit Rädertrieb

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 Antriebsrad Öl- und Unterdruckpumpe | 4 Antriebsrad Hochdruckpumpe | 8 Torsionsschwingungsdämpfer |
| 2 Kurbelwellenrad | 5 Zwischenräder (Verspannräder) | 9 Lanchester-Antriebsräder |
| 3 Kurbelwelle | 6 Kolben | |
| | 7 Pleuel | |

i Hinweis

Die Kolben aus Aluminium laufen reibungsoptimiert in Grauguss-Zylinderlaufbahnen. Sie sind bei diesem Motor alle einheitlich gefertigt. Daher entfällt bei diesem Motor die bisherige Unterscheidung von A-, B- oder X-Größen.

Kurbeltrieb

Nockenwellen

Der Rädertrieb treibt über eine Steuerkette die Nockenwellenräder und die damit verbundenen Nockenwellen an. Die wartungsfreie Steuerkette hat sich durch ihre Langlebigkeit bewährt. Die Nocken werden mittels Innenhochdruckformen (IHU) auf der Nockenwelle fixiert.

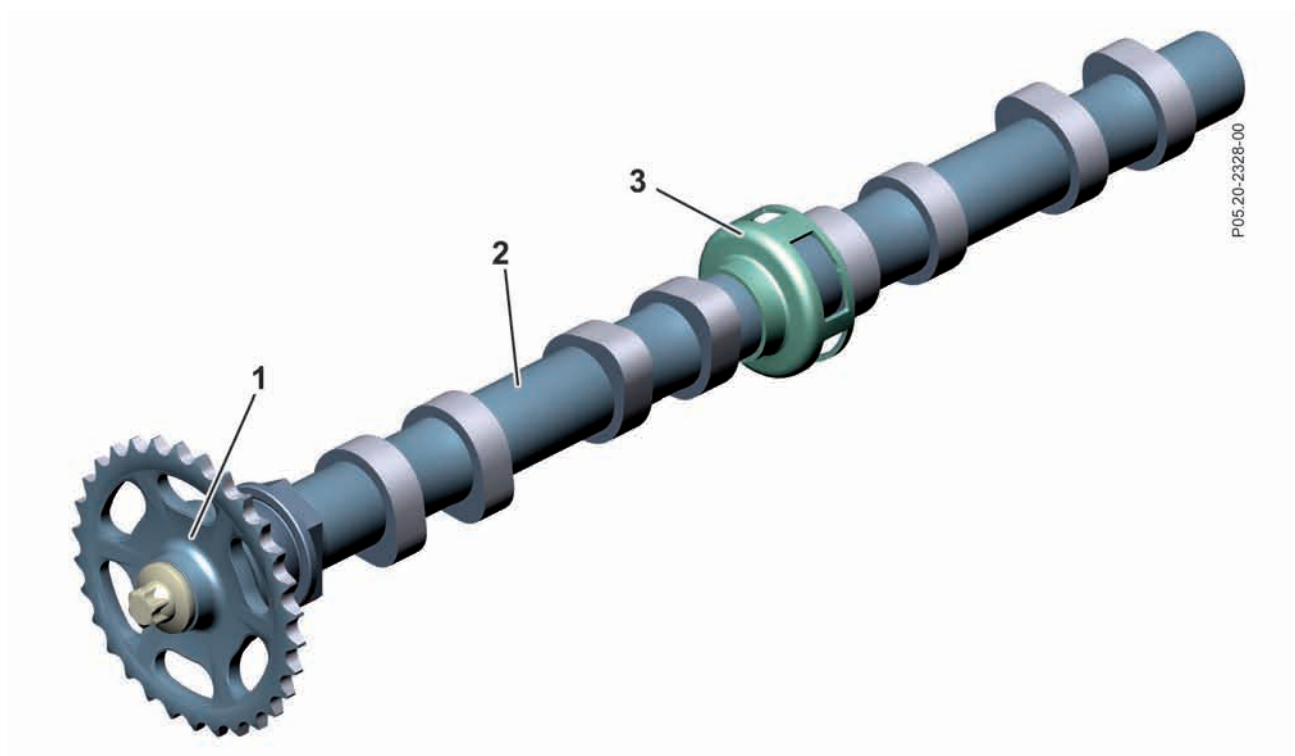
Nockenwellenrad

Das Nockenwellenrad ist mit einer Zentralschraube an der Nockenwelle befestigt. Die Zentralschraube der Nockenwelle hat ein Linksgewinde.

Sensorrad

Das Sensorrad ist auf der Auslassnockenwelle befestigt. In Verbindung mit dem Hallsensor ermöglicht das Sensorrad, die Nockenwellenposition und -drehzahl zu erkennen.

Der Hallsensor erzeugt durch einen eingebauten Dauermagneten ein Magnetfeld. Das Magnetfeld wird während des Motorlaufs durch eine Lochblende auf dem Sensorrad periodisch unterbrochen. Das so erzeugte Signal wird vom Steuergerät CDI verwendet, und dient als Ersatzsignal für den Motornotlauf, wenn der Positionssensor für die Kurbelwelle ausfällt.



Auslassnockenwelle mit Sensorrad

1 Antriebsrad

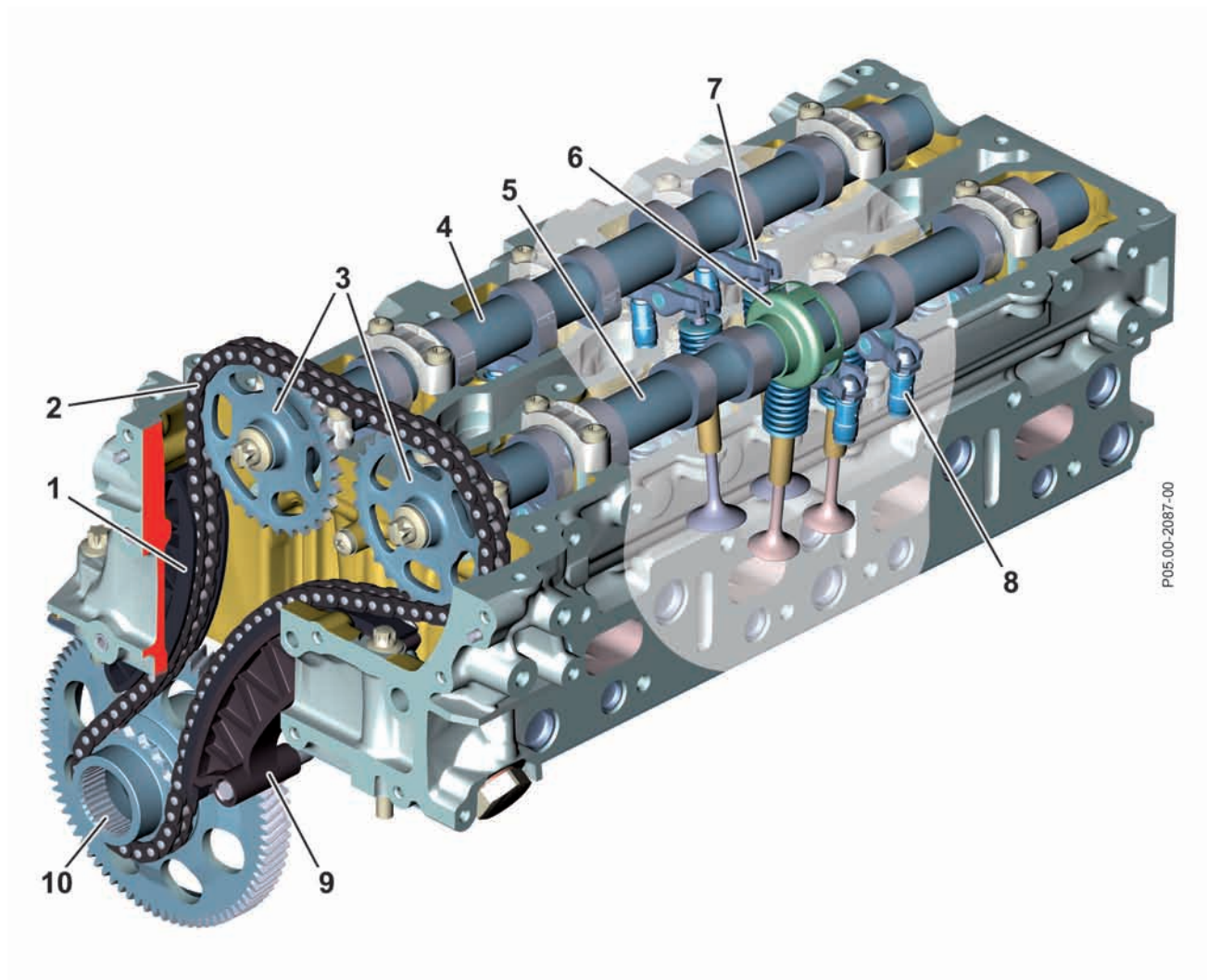
2 Auslassnockenwelle

3 Sensorrad mit Lochblende

Ventiltrieb mit hydraulischem Ventilspielausgleich

Der Ventiltrieb wurde nach den Zielvorgaben der Reibungsoptimierung und der Reduzierung der bewegten Massen überarbeitet.

Die Nockenwellen steuern pro Zylinder zwei Einlass- und zwei Auslassventile. Diese Ventilsteuerung erfolgt über reibungsarme Rollenschlepphebel mit hydraulischem Ventilspielausgleich.



Ventiltrieb

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 Gleitschiene | 6 Sensorrad mit Lochblende |
| 2 Steuerkette | 7 Rollenschlepphebel |
| 3 Antriebsräder Nockenwelle | 8 Hydraulischer Ventilspielausgleich |
| 4 Einlassnockenwelle | 9 Kettenspanner |
| 5 Auslassnockenwelle | 10 Antriebsrad Steuerkette |

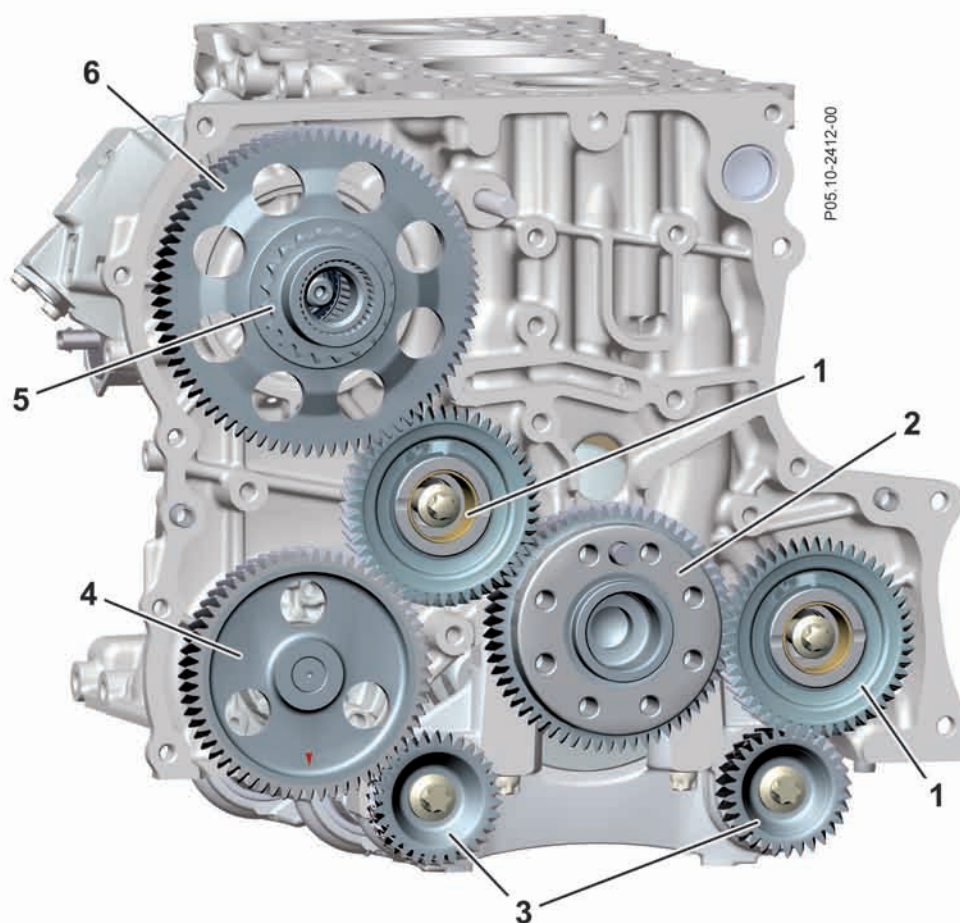
Rädertrieb

Antrieb über den Rädertrieb

Eine der wichtigsten Innovationen ist der Rädertrieb in Kombination mit dem Kettentrieb auf der Kraftabgabeseite. Angesichts der verminderten Schwingungen, die von der Kurbelwelle ausgehen, wird ein merklich ruhigerer Motorlauf erzielt.

Über den neuartigen Rädertrieb werden folgende Komponenten angetrieben:

- Lanchester-Ausgleichswellen
- Ölpumpe
- Hochdruckpumpe
- Unterdruckpumpe über die zentral durchgehende Antriebswelle der Ölpumpe

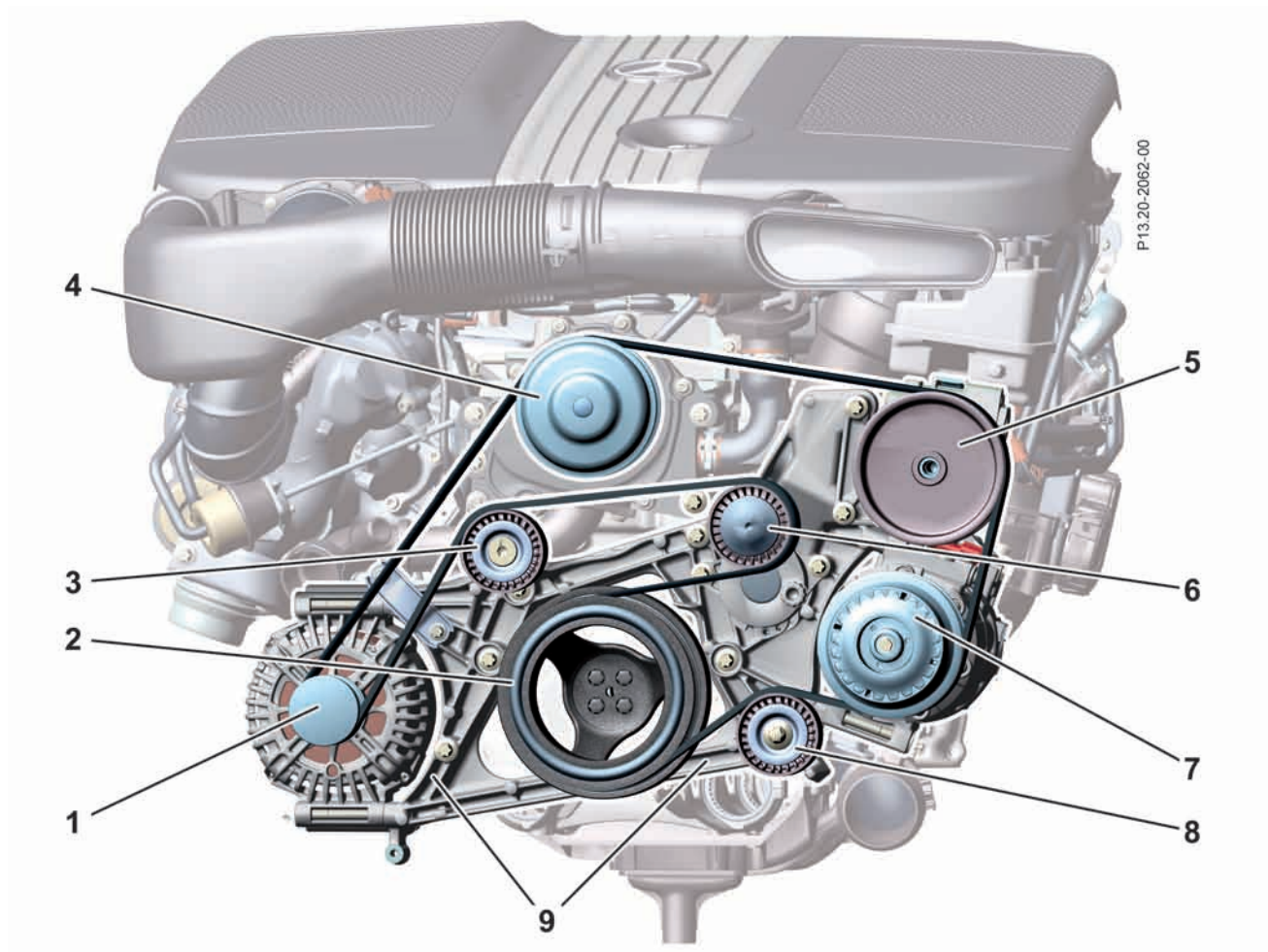


Rädertrieb

- | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1 Zwischenräder | 4 Antriebsrad Öl- und Unterdruckpumpe | 6 Antriebsrad Hochdruckpumpe |
| 2 Kurbelwellenrad | 5 Kettenantriebsrad | |
| 3 Lanchester-Antriebsräder | | |

Riemenverlauf

Der Antrieb der Nebenaggregate erfolgt durch einen einteiligen, wartungsarmen Keilrippenriemen. Der Keilrippenriemen wird durch einen automatischen Riemen-spanner mit Spannrolle gespannt.



Riemenverlauf

- | | | |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1 Generator | 4 Kühlmittelpumpe | 7 Kältemittelverdichter |
| 2 Riemenscheibe | 5 Lenkhilfpumpe | 8 Umlenkrolle |
| 3 Umlenkrolle | 6 Riemenspanner mit Spannrolle | 9 Aggregateträger |

Common-Rail Einspritzung

Einspritztechnologie

Beim Motor 651 kommt die neue Common-Rail-Technik der zweiten Generation von Delphi zum Einsatz. Der maximale Einspritzdruck wurde um 400 bar auf 2 000 bar gesteigert. Neu ist hierbei das Piezo-Injektor-Konzept mit direkter Düsennadelsteuerung. Durch die direkte Ansteuerung werden Einspritzvolumenänderungen schnell und mit höchster Genauigkeit durchgeführt.

Mit den Piezo-Injektoren ergeben sich folgende Verbesserungen:

- Höhere Flexibilität bei der Ansteuerung der Einspritzzeitpunkte
- Niedrigerer Kraftstoffverbrauch
- Gesteigerte Leistung
- Minimierte Verbrennungsgeräusche
- Verminderte Emissionen
- Verbesserte Motorlaufruhe

Die Wesentliche Neuerungen des Einspritzsystems sind:

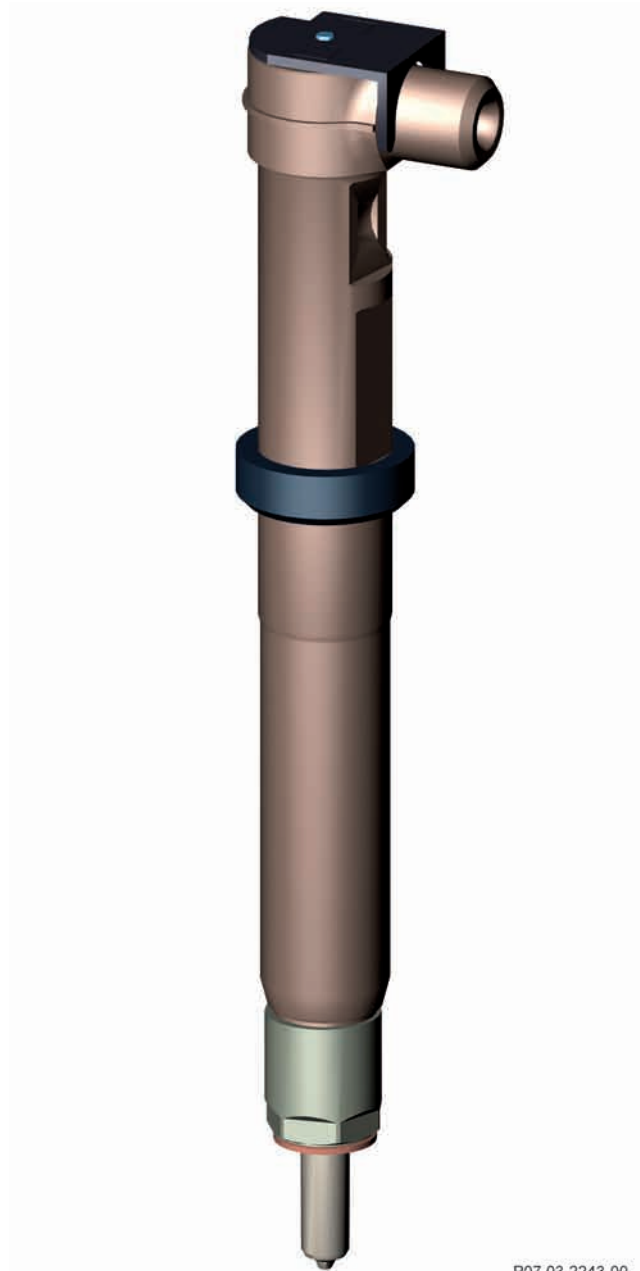
- Hochdruckpumpe mit zwei Pumpenelementen (max. Einspritzdruck 2 000 bar)
- Elektronische Motorsteuerung mit erweiterter Ansteuerungsfunktion der Einspritzzeitpunkte
- Leckölfreies Einspritzsystem mit Piezo-Injektoren

Erst das erhöhte Druckpotential ermöglichte die Steigerung der Motorleistung auf 150 kW/204 PS und des Motordrehmoments auf 500 Nm. Parallel dazu konnte das Rohemissionsverhalten deutlich verbessert werden.

Piezo-Injektoren

Wichtiger Bestandteil der neuen Common Rail-Technik sind die völlig neu entwickelten Piezo-Injektoren. Die Injektornadel wird mit Hilfe eines piezokeramischen Aktors direkt angesteuert, statt durch eine hydraulische Unterstützung bewegt zu werden. Der Piezo-Injektor spritzt dadurch im Vergleich mit herkömmlichen Kraftstoffinjektoren den Kraftstoff schneller, mit verbesserter Sprühzerstäubung und mit größerer Genauigkeit in die Brennraum ein.

Eine Besonderheit dieses Systems ist, dass sich die Piezo-Injektoren bei Spannungsaufbau öffnen und nicht bei Spannungsabfall.



P07.03-2243-00

Piezo-Injektor

⚠️ Warnung

Wegen der **Gefahr der Motorbeschädigung** dürfen bei laufendem Motor keine Verbindungen am Einspritzsystem gelöst werden.

Die Injektorkupplung darf bei laufendem Motor nicht abgezogen und gegen Masse geschaltet werden, sonst wird eine Einspritzung ausgelöst.

⚠️ Achtung Lebensgefahr!

Während des Motorlaufs liegt an den Piezo-Injektoren eine **Hochspannung** von bis zu 250 V an.

Common-Rail Einspritzung

Vorteile der neuen Einspritztechnik

Die erzielten Verbesserungen sind unter anderem ein größeres, verfügbares Einspritzvolumen sowie eine besonders feine und schnelle Dosierung der Einspritzmengen durch exakt abgestimmte Schaltzeiten. In Kombination mit der Direktansteuerung der Piezo-Injektoren durch das Steuergerät CDI lässt sich die Kraftstoffeinspritzung noch genauer an die jeweiligen Last- und Drehzahl-Verhältnisse anpassen. Dies geschieht beispielsweise durch präzise Mehrfacheinspritzungen und ermöglicht weitere Reduktionen von Kraftstoffverbrauch, Verbrennungsgeräusch und Abgasemission. Gleichzeitig läuft der Motor im Leerlauf deutlich ruhiger.

Einspritzmenge

Einspritzzeitpunkt und Einspritzdauer werden durch die folgenden Faktoren bestimmt:

- Direkte Ansteuerung der Piezo-Keramik
- Öffnungs-/Schließgeschwindigkeit der Düsennadel
- Höhe des Nadelhubs
- Düsengeometrie mit 7-Loch-Düsenmodul
- Motorlast
- Drehmomentanforderung

Hinweis

Bei Arbeiten am Einspritzsystem (z. B. Piezo-Injektor, Druckleitungen, Rail, Hochdruckpumpe) ist besonders auf Qualität und Sauberkeit zu achten, da schon geringste Verunreinigungen sehr schnell zu Motorlaufbeanstandungen und Sachschäden führen können.

Einspritzmengenkorrektur

Die Einspritzmengenkorrektur unterteilt sich in zwei Teilbereiche:

- Haupteinspritzmengen-Korrektur
- Nullmengenkalibrierung

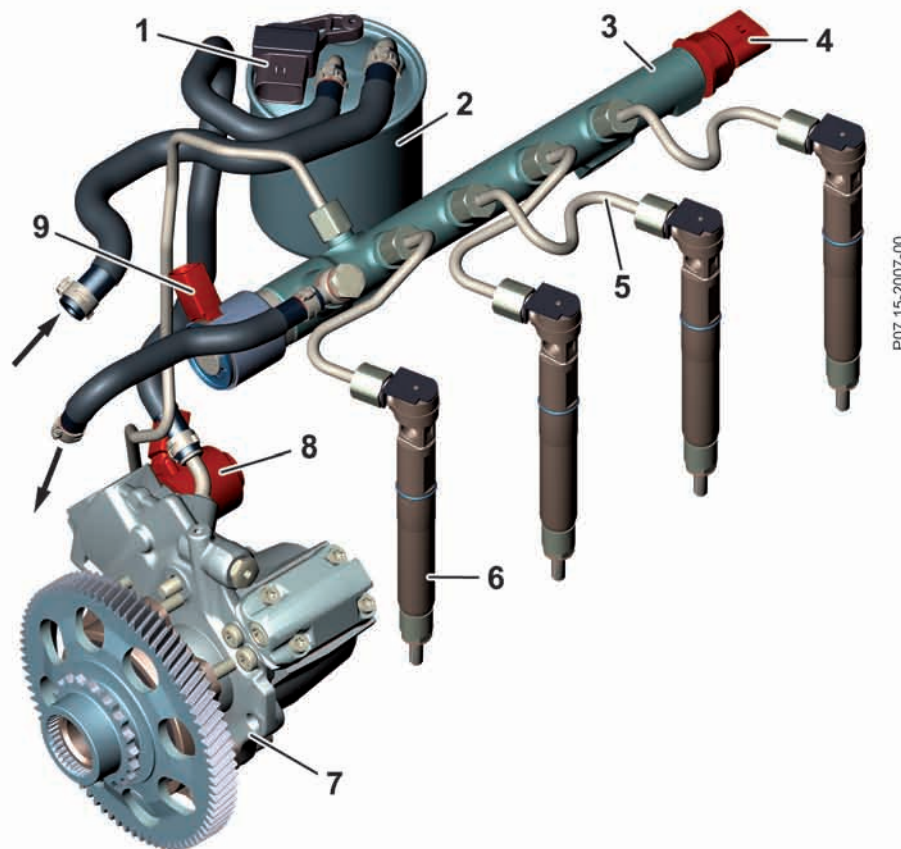
Haupteinspritzmengen-Korrektur

Bei der Haupteinspritzmengen-Korrektur wird mit Hilfe der Lambdasonde vor dem Katalysator die eingespritzte Menge korrigiert. Dabei wird die Einspritzmenge so lange verändert, bis der im Steuergerät CDI hinterlegte Lambda-Sollwert erreicht ist.

Nullmengenkalibrierung

Die Reibung beim Öffnen und Schließen der Piezo-Injektoren führt zu Verschleiß am Düsensitz der Düsenadel. Daraus ergibt sich über die Laufzeit eine Veränderung der Einspritzmenge.

Diese veränderte Einspritzmenge kann durch eine Anpassung der Ansteuerdauer (Nullmengenkalibrierung) korrigiert werden. Bei Motoren mit Delphi-Einspritzsystem erfolgt die Korrektur mit Hilfe der zwei Klopfensensoren.



CDI Einspritzsystem

- | | | |
|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 Heizelement Kraftstoff | 4 Raildrucksensor | 7 Hochdruckpumpe |
| 2 Kraftstofffiltergehäuse | 5 Druckleitung | 8 Mengenregelventil |
| 3 Rail | 6 Piezo-Injektor | 9 Druckregelventil |

Aufladung

Allgemeines

Mit dem Motor 651 setzt Mercedes-Benz die Entwicklung der zweistufigen Turboaufladung in einem Pkw bei den 4-Zylinder-Reihen-Dieselmotoren fort (Vorgänger mit einer zweistufigen Turboaufladung ist der Motor 646 im Mercedes-Benz Sprinter).

Aufbau

Die zweistufige Turboaufladung beinhaltet zwei unterschiedlich große Abgasturbolader mit einer Bypassregelung, um höhere Nennleistungen und Luftmassendurchsätze auch bei niedrigen Drehzahlen zu erreichen. Der Ladedruck wird über die Ladedruckregelklappe (LRK), das Wastegate und die Ladeluft-Bypassklappe geregelt. Diese Steuerung findet unter Berücksichtigung der jeweiligen Drehmomentanforderung des Motors kennfeldabhängig statt.

Vorteile der zweistufigen, geregelten Turboaufladung

Diese aufwändige, bedarfsgerechte Steuerung der Ladeluftzufuhr mit Hilfe zweier Abgasturbolader bietet folgende Vorteile:

- Spürbar dynamischeres Anfahrverhalten
- Keine Anfahrschwäche (Turboloch)
- Harmonisches Fahrverhalten
- Spürbar bessere Fahrleistungen über den gesamten Drehzahlbereich
- Gute Beschleunigung (kraftvolles Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen)
- Auslegung des Hochdruck-Abgasturboladers für einen schnellen Ladedruckaufbau bei niedrigen Motordrehzahlen
- Auslegung des Niederdruck-Abgasturboladers für einen hohen Ladedruck und hohen Gasdurchsatz bei mittleren und hohen Motordrehzahlen

Die motorseitigen Auswirkungen sind:

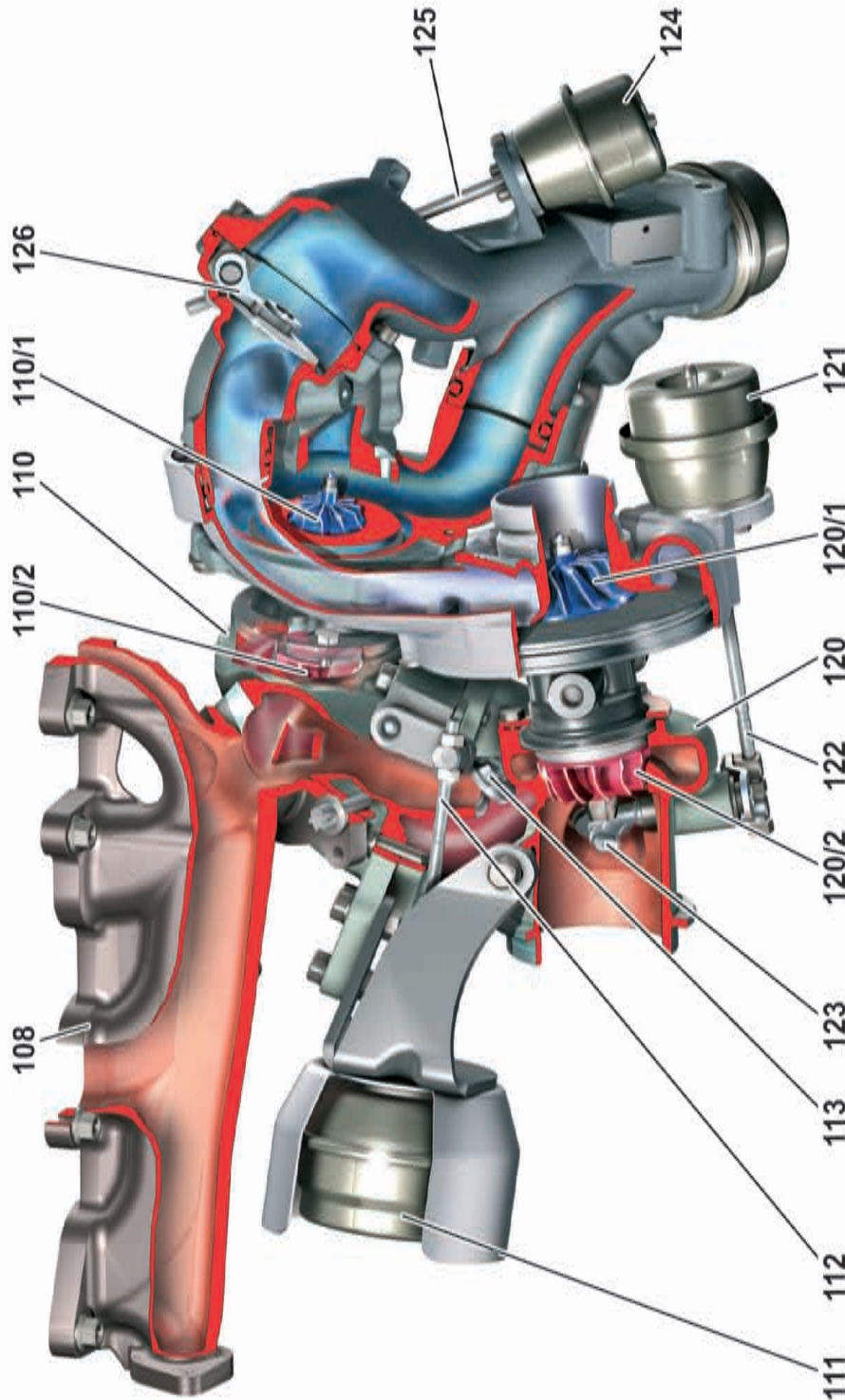
- Bessere Zylinderfüllung und somit höhere Leistung
- Harmonischer Drehmomentverlauf auf extrem hohem Niveau
- Gesteigerte Nennleistung bei harmonischem Drehmomentverlauf
- Geringerer Kraftstoffverbrauch
- Hohe Lebensdauer und Zuverlässigkeit
- Reduzierte Stickoxid (NO_x)-Emissionen

Funktionsablauf Ladedruckregelung

Für einen besseren Überblick über die Funktionsweise der zweistufigen Turboaufladung sind drei verschiedene Zustände im Volllastbetrieb ausgewählt worden. Anhand dieser Zustände soll der genaue Ablauf erklärt und dargestellt werden.

Folgende Zustände der Ladedruckregelung werden beschrieben:

- Volllastbetrieb bis 1 200 1/min
- Volllastbetrieb zwischen 1 200 und 2 800 1/min
- Volllastbetrieb ab 2 800 1/min



P09 4D-2351-00

Zweistufige Turboaufladung

108	Abgaskrümmer	113	Ladedruckregelklappe	123	Wastegate
110	Hochdruck-Abgasturbolader (HD-Lader)	120	Niederdruck-Abgasturbolader (ND-Lader)	124	Unterdruckdose Bypassklappe Ladeluft
110/1	Verdichterrad HD-Lader	120/1	Verdichterrad ND-Lader	125	Verstellstange Bypassklappe Ladeluft
110/2	Turbinenrad HD-Lader	120/2	Turbinenrad ND-Lader	126	Bypassklappe Ladeluft
111	Unterdruckdose (Ladedruckregelklappe)	121	Unterdruckdose Wastegate		
112	Verstellstange (Ladedruckregelklappe)	122	Verstellstange Wastegate		

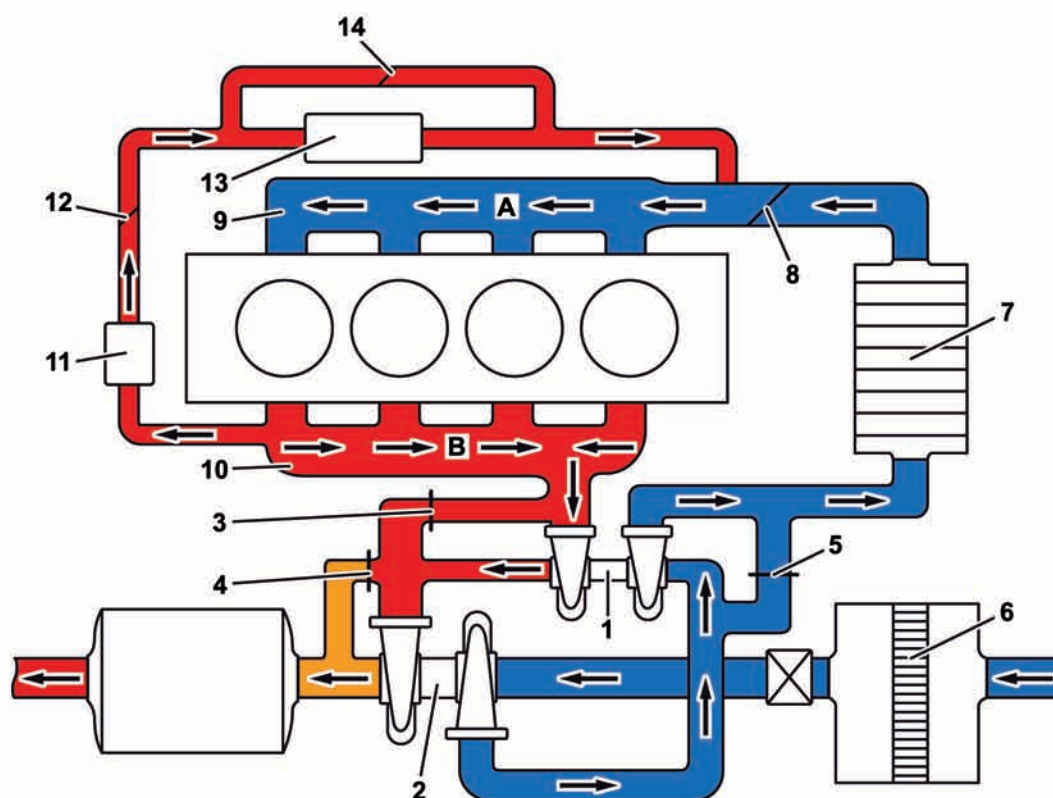
Aufladung

Ladedruckregelung im Volllastbetrieb bis 1 200 1/min

Bis zu einer Motordrehzahl von 1 200 1/min im Volllastbetrieb ist die Ladedruckregelklappe (LRK) fast geschlossen. In diesem Zustand strömt der gesamte Abgasstrom über das Turbinenrad des Hochdruck-Abgasturboladers (HD-Lader) zum Turbinenrad des Niederdruck-Abgasturboladers (ND-Lader) und danach zur Abgasanlage.

Der größte Teil der Abgasenergie wirkt auf das Turbinenrad des HD-Laders, der den Hauptteil des erforderlichen Ladedrucks erzeugt. Das bewirkt trotz niedrigen Abgasstroms einen sich sehr schnell aufbauenden hohen Ladedruck.

Die restliche Abgasenergie wirkt auf das Turbinenrad des ND-Laders, das über die Laderwelle das Verdichterrad antreibt. Der ND-Lader wirkt somit nicht als Strömungsbremse. Das Wastegate und die Bypassklappe Ladeluft sind in diesem Betriebszustand geschlossen.



P09.40-2348-00

Schematische Darstellung Ladedruckregelung Volllastbetrieb bis 1 200 1/min

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| A Ansaugluft | 4 Wastegate | 10 Abgaskrümmen |
| B Abgasstrom | 5 Bypassklappe Ladeluft | 11 Abgasrückführ (AGR)-Vorkühler |
| 1 Hochdruck-Abgasturbolader | 6 Luftfilter | 12 AGR-Stellglied |
| 2 Niederdruck-Abgasturbolader | 7 Ladeluftkühler | 13 AGR-Kühler |
| 3 Ladedruckregelklappe (LRK) | 8 Drosselklappensteller | 14 Bypassklappe AGR |
| | 9 Ansaugkrümmer | |



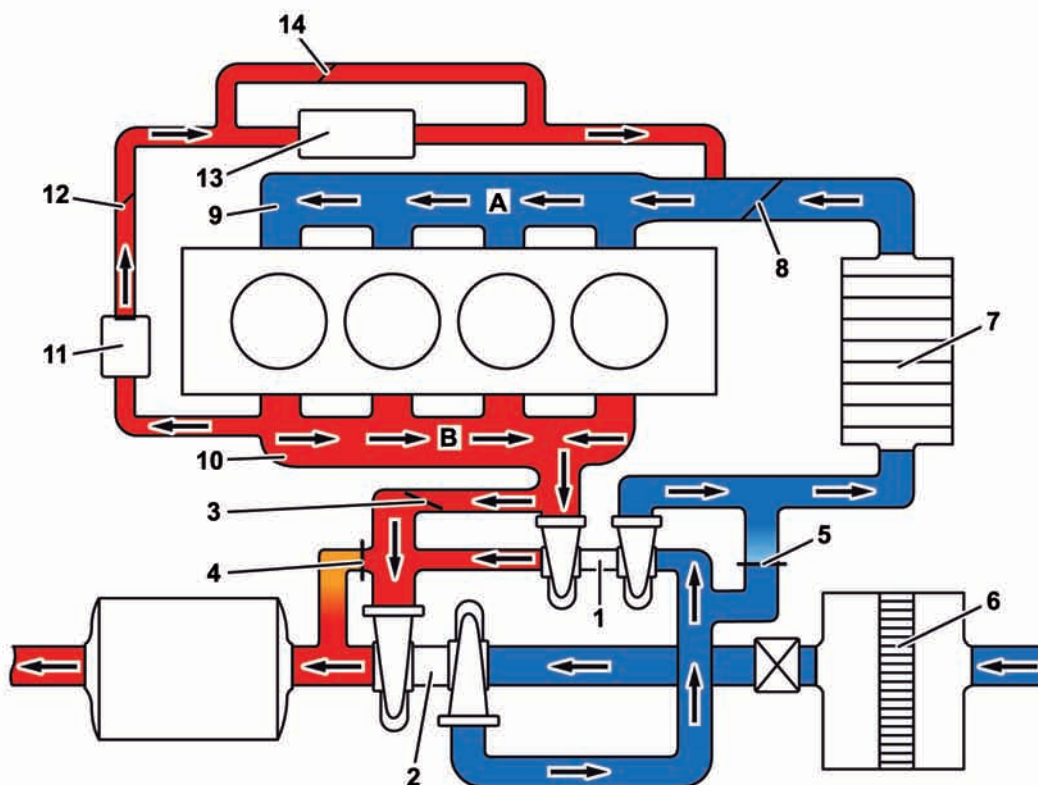
Ladedruckregelung im Volllastbetrieb zwischen 1 200 und 2 800 1/min

Ab einer Motordehzahl von 1 200 1/min im Volllastbetrieb wird die Ladedruckregelklappe (LRK) im Arbeitsbereich (Öffnungsquerschnitt) von 5 % bis 95 % in Abhängigkeit vom benötigten Ladedruck geöffnet.

Dabei wird der ND-Lader mit steigendem Öffnungsquerschnitt der LRK kontinuierlich zugeschaltet und von einer größeren Abgasmenge durchströmt. Dabei wird die angesaugte Reinluft weiter vorverdichtet.

In diesem Zustand ergänzen sich so die beiden Lader und stellen gemeinsam den erforderlichen Ladedruck zur Verfügung.

Das Wastegate und die Bypassklappe Ladeluft sind in diesem Betriebszustand geschlossen.



P09.40-2349-00

Schematische Darstellung Ladedruckregelung Volllastbetrieb zwischen 1 200 und 2 800 1/min

A	Ansaugluft	4	Wastegate	10	Abgaskrümmen
B	Abgasstrom	5	Bypassklappe Ladeluft	11	Abgasrückführ (AGR)-Vorkühler
1	Hockdruck-Abgasturbolader	6	Luftfilter	12	AGR-Stellglied
2	Niederdruck-Abgasturbolader	7	Ladeluftkühler	13	AGR-Kühler
3	Ladedruckregelklappe (LRK)	8	Drosselklappensteller	14	Bypassklappe AGR
		9	Ansaugkrümmer		

Aufladung

Ladedruckregelung im Volllastbetrieb ab 2 800 1/min

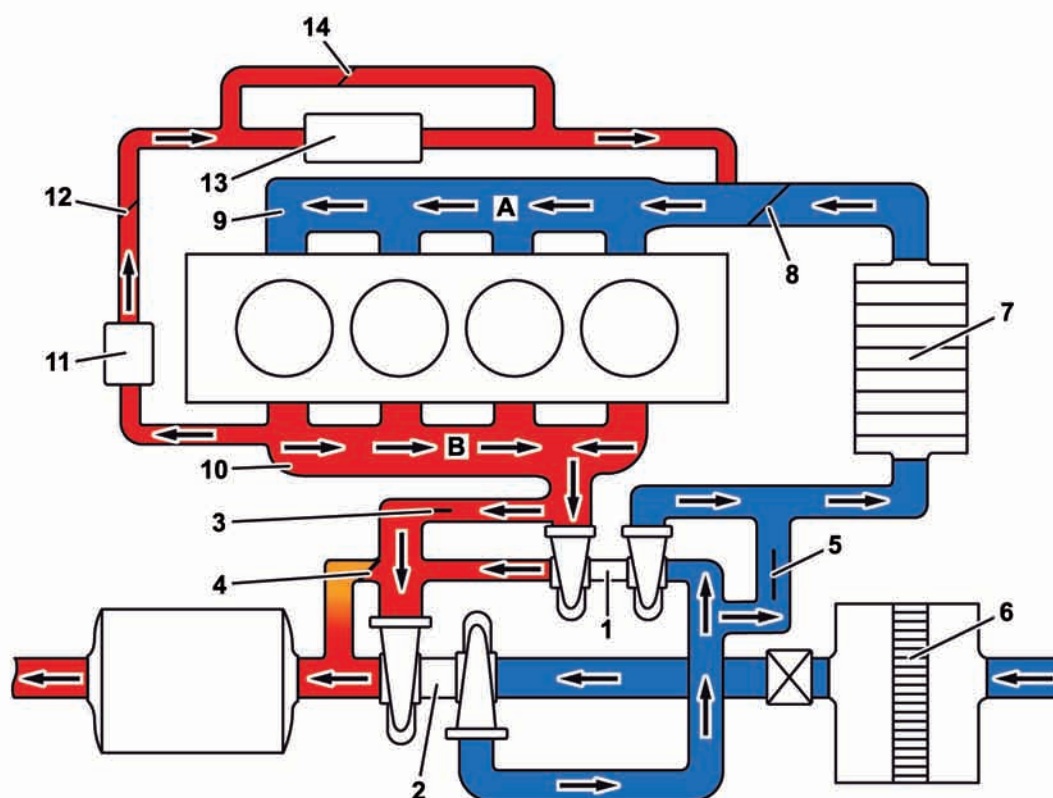
Ab einer Motordrehzahl von 2 800 1/min ist die LRK vollständig geöffnet. Dadurch wird fast der gesamte Abgasmassenstrom durch den Bypasskanal verlustarm der ND-Turbine zugeführt und der Abgasgegendruck in seiner Höhe begrenzt.

Durch diese Vorgehensweise leistet der HD-Lader keinen Beitrag mehr zur Ladedruckerhöhung. Der HD-Lader hat seine Stopfgrenze erreicht. Das bedeutet, er kann nicht mehr Ladedruck erzeugen und würde bei einer weiteren Beladung einen deutlichen Abfall der Turbinendrehzahl bewirken.

Um einen Druckverlust und eine zusätzliche Erwärmung der Ladeluft bei der Durchströmung des HD-Verdichters zu vermeiden, wird daher die Bypassklappe Ladeluft geöffnet, so dass der Hauptteil des Luftstromes auf direktem, verlustarmem Weg dem Ladeluftkühler zugeführt wird.

Über das Wastegate wird die Turbinenleistung der ND-Turbine im Motorkennfeld bedarfsgerecht abhängig vom Lastzustand geregelt.

Je nach Lastzustand kann der HD-Lader bei niedrigen Motordrehzahlen einen hohen Ladedruck aufbauen und bei hohen Motordrehzahlen eine Überlastung des ND-Laders vermeiden.



P09.40-2350-00

Schematische Darstellung Ladedruckregelung Volllastbetrieb ab 2 800 /min

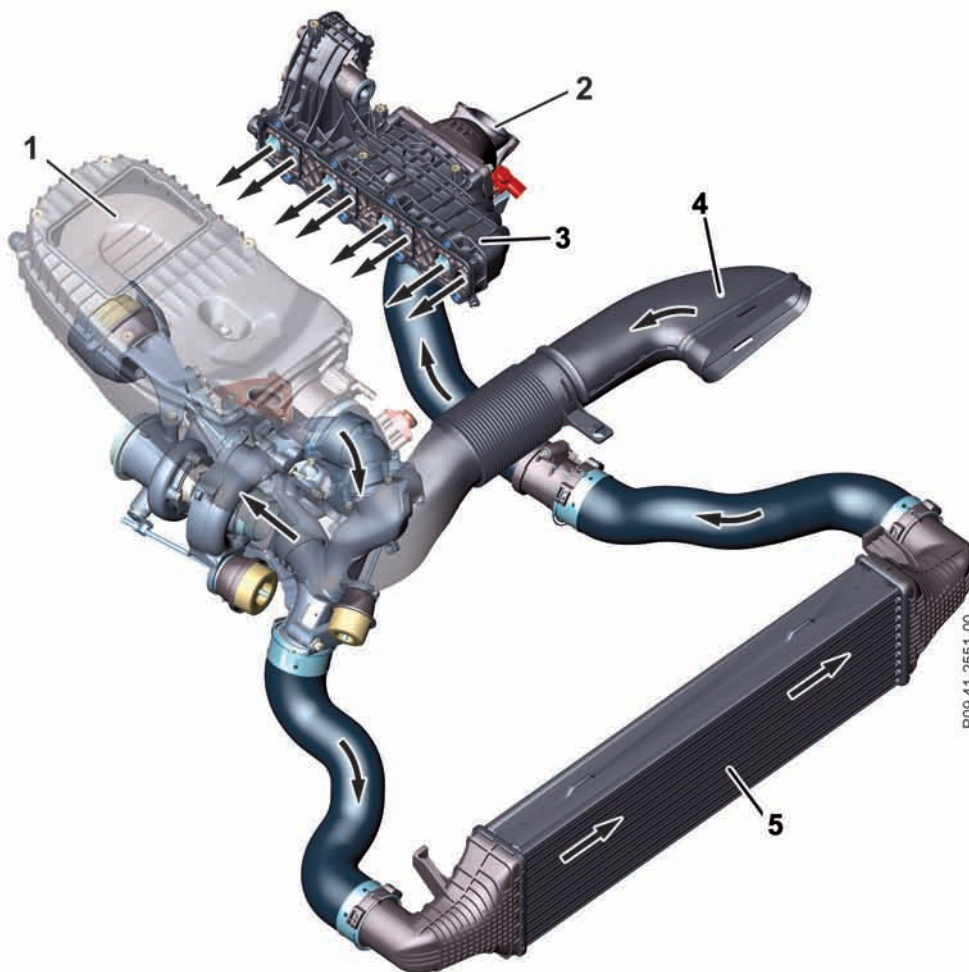
A Ansaugluft	4 Wastegate	10 Abgaskrümmer
B Abgasstrom	5 Bypassklappe Ladeluft	11 Abgasrückführ (AGR)-Vorkühler
1 Hochdruck-Abgasturbolader	6 Luftfilter	12 AGR-Stellglied
2 Niederdruck-Abgasturbolader	7 Ladeluftkühler	13 AGR-Kühler
3 Ladedruckregelklappe (LRK)	8 Drosselklappensteller	14 Bypassklappe AGR

Luftführung

Der Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM) befindet sich in der Reinluftleitung nach dem Luftfiltergehäuse. Er ermittelt die Masse und die Temperatur der angesaugten Luft und stellt die Messergebnisse der Motor-elektronik als Eingangsgröße zur Verfügung.

Der ND-Lader saugt über die Reinluftleitung und den Luftfilter die Reinluft an und verdichtet sie. Die von den Abgasturboladern verdichtete Luft durchströmt den Ladeluftkühler und wird dabei gekühlt.

Der Drosselklappensteller beeinflusst die dem Motor zugeführte Luftmenge und das Mischverhältnis von Ladeluft und nach der Drosselklappe beigemischttem rückgeführtem Abgas. Das Luftgemisch wird anschließend über das Ladeluftverteilerrohr direkt dem Brennraum zugeführt.



Luftführung

- 1 Luftfiltergehäuse
- 2 Drosselklappe
- 3 Ladeluftverteilerrohr

- 4 Reinluftleitung
- 5 Ladeluftkühler

Luftversorgung

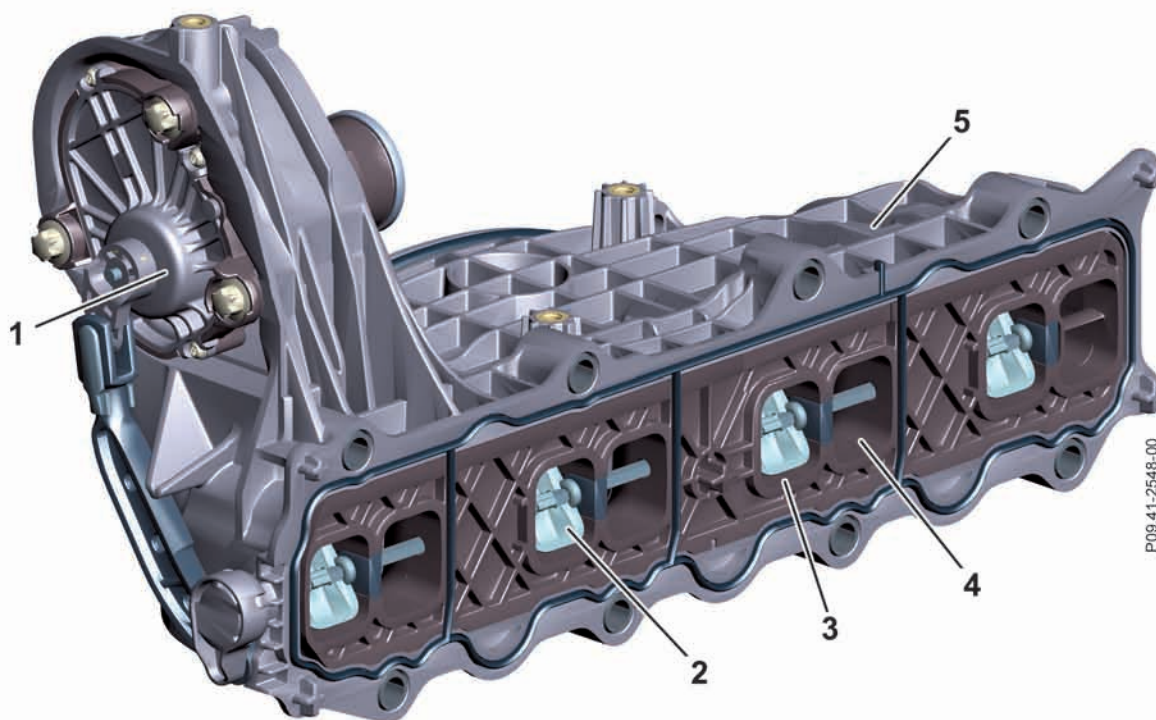
Einlasskanalabschaltung

Die Einlasskanalabschaltung (EKAS) sorgt für das bestmögliche Verhältnis zwischen Luftverwirbelung und Luftmasse in allen Lastzuständen des Motors und damit für einen optimalen Füllungsgrad. Das Abgasverhalten und die Motorleistung werden so optimiert. Das Ladeluftverteilerrohr besteht aus Kunststoff und die Klappen sind aus Metall.

Im Ladeluftverteilerrohr sind für jeden Zylinder je ein permanent geöffneter Tangentialeinlasskanal und ein klappengesteuerter Spiraleinlasskanal vorhanden. Die Klappen sind über eine Welle miteinander verbunden. Das Steuergerät CDI steuert kennfeldabhängig die Stellung der Klappen.

Beim Wechsel von Teil- zu Volllast werden die Klappen in den Spiraleinlasskanälen kennfeldabhängig geöffnet.

Bei einem Fehler oder bei Unterbrechung der Versorgungsspannung werden die Klappen in den Spiraleinlasskanälen durch die Rückstellfeder mechanisch geöffnet.



Ladeluftverteilerrohr

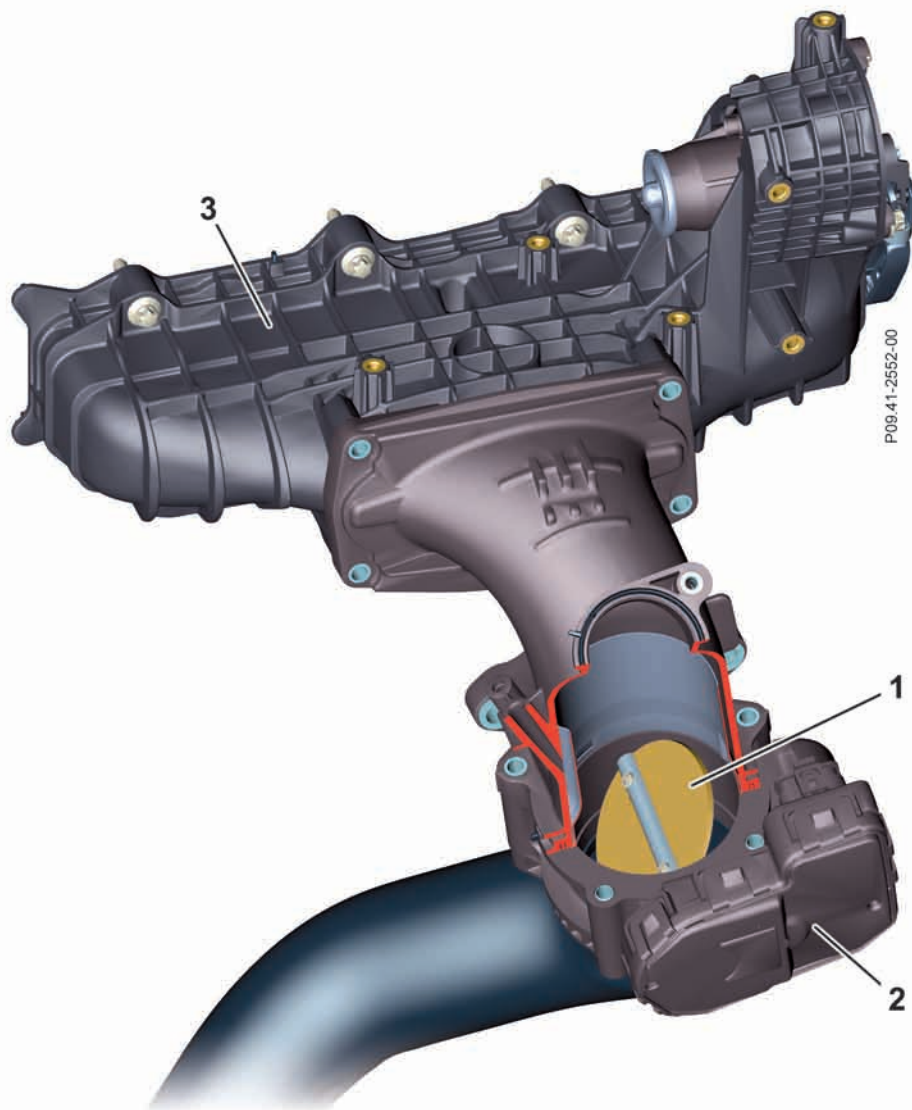
- 1 Stellmotor
- 2 Stellklappe
- 3 Spiraleinlasskanal

- 4 Tangentialeinlasskanal
- 5 Ladeluftverteilerrohr

Drosselklappe

Der Drosselklappensteller beeinflusst über die Drosselklappe die dem Motor zugeführte Luftmenge und das Mischverhältnis von Ladeluft und nach der Drosselklappe beigemischtem rückgeführtem Abgas.

Wird der Motor abgeschaltet, wird die Drosselklappe geschlossen. Dadurch werden die Vibrationen des Motors beim Abschalten gering gehalten.



Drosselklappe

1 Drosselklappe

2 Drosselklappensteller

3 Ladeluftverteilerrohr

Abgassystem

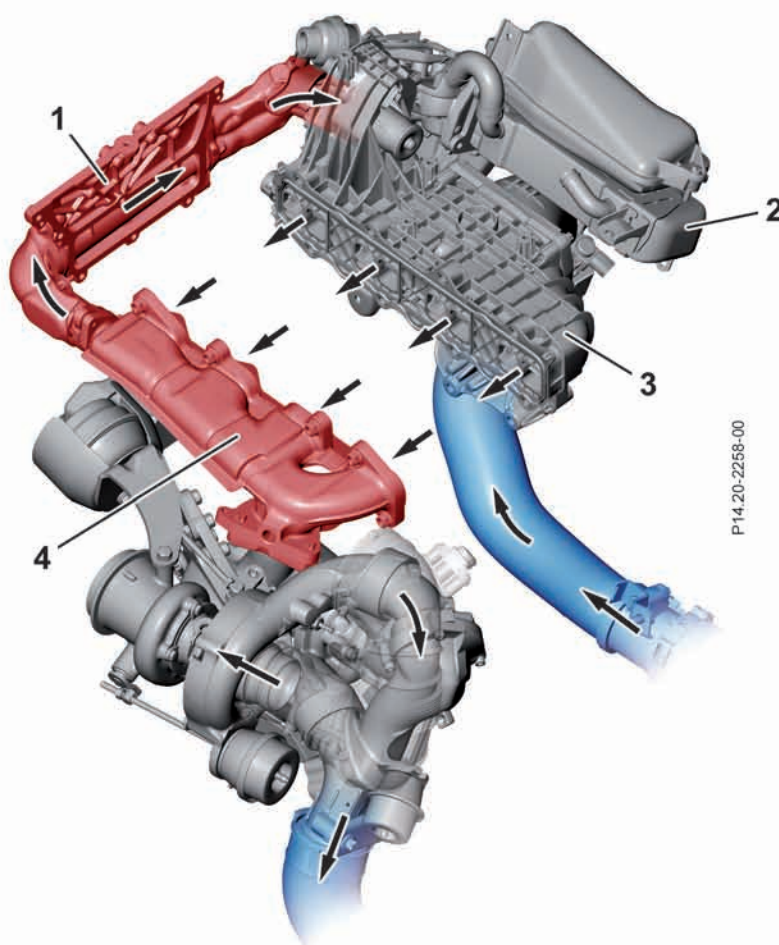
Abgasrückführung

Das Abgassystem des Motors 651 kombiniert zwei Technologien zur Emissionsreduzierung. Durch die Abgasrückführung (AGR) wird die Stickoxid (NO_x)-Emission verringert und durch die Abgasreinigung die Emission von Kohlenwasserstoffen (HC) und Rußpartikeln verringert.

Bei der Abgasrückführung wird wieder ein Teil des Abgasstroms über die AGR-Strecke der Ladeluft zugeführt.

Das rückgeführte Abgas gelangt über einen Vorkühler in die AGR-Strecke. Dort wird es temperaturabhängig gekühlt oder direkt der Ladeluft zugeführt. Über das Ladeluftverteilerrohr gelangt das Abgas- Luft-Gemisch direkt in den Brennraum.

Durch die Abgasrückführung sinken die Sauerstoff (O_2)-Konzentration und die Verbrennungstemperatur.



Abgasrückführung

- 1 AGR-Vorkühler
- 2 AGR-Kühler

- 3 Ladeluftverteilerrohr
- 4 Abgaskrümmen



Abgasrückführ-Strecke

Über den Abgaskrümmmer gelangt ein Teil der Abgase in die Abgasrückführung.

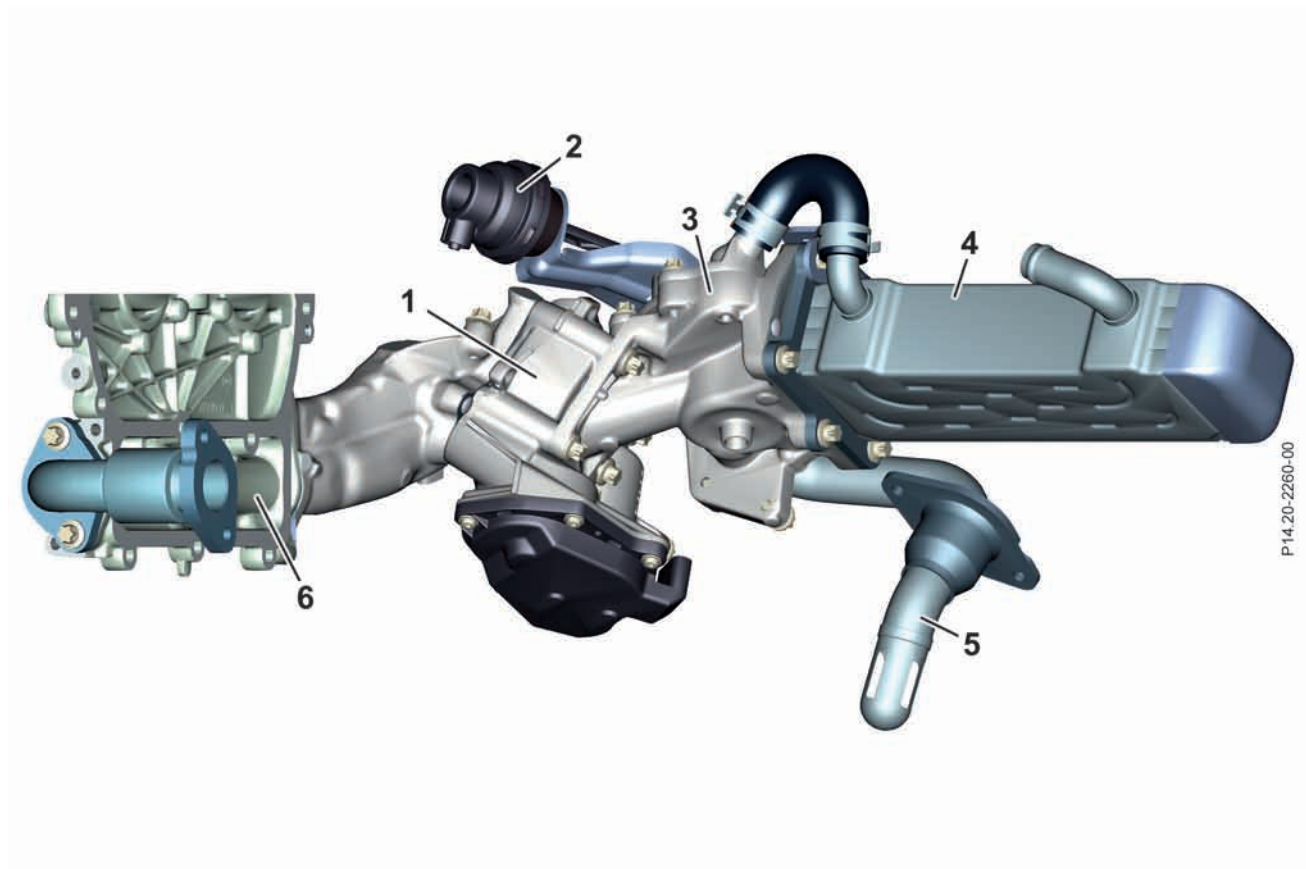
Die AGR-Strecke setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- AGR-Vorkühler
- AGR-Steller
- AGR-Bypassklappe
- AGR-Kühler

Durch den AGR-Steller wird die eintretende Abgasmenge gesteuert.

Das Steuergerät CDI steuert über ein pulsweitenmoduliertes Signal den AGR-Steller an, der daraufhin den Öffnungsquerschnitt des AGR-Ventils vergrößert oder verkleinert. Um den Wirkungsgrad weiter zu erhöhen, kann je nach Anforderung das Abgas über den AGR-Kühler geleitet und weiter gekühlt werden.

Ist die einströmende Abgastemperatur jedoch zu gering, wird über eine Bypassklappe der Weg zum AGR-Kühler geschlossen und das Abgas wird direkt zum Ladeluftverteilerrohr geleitet. Das Umschaltventil für die Bypassklappe wird durch eine Unterdruckdose gesteuert.



P14.20-2260-00

AGR-Strecke

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1 AGR-Steller | 4 AGR-Kühler |
| 2 Unterdruckdose | 5 AGR-Rohr |
| 3 AGR-Bypass | 6 AGR-Vorkühler |

Abgasanlage

Oxidationskatalysator

Der Oxidationskatalysator ist Teil der Abgasanlage und befindet sich im Abgasstrang nach dem Abgasurbolader.

Die aus hochtemperaturfestem Magnesium-Aluminium-Alumosilikat bestehende Keramik ist mit mehreren 1 000 kleinen Kanälen durchzogen. Der keramische Monolith reagiert äußerst empfindlich auf mechanische Spannungen und ist in einem Edelstahlgehäuse befestigt.

Die einzelnen Schadstoffkomponenten werden wie folgt oxidiert:

Vor Oxidation	Nach Oxidation
$2\text{CO} + \text{O}_2$	2CO_2
$4\text{HC} + 5\text{O}_2$	$2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$

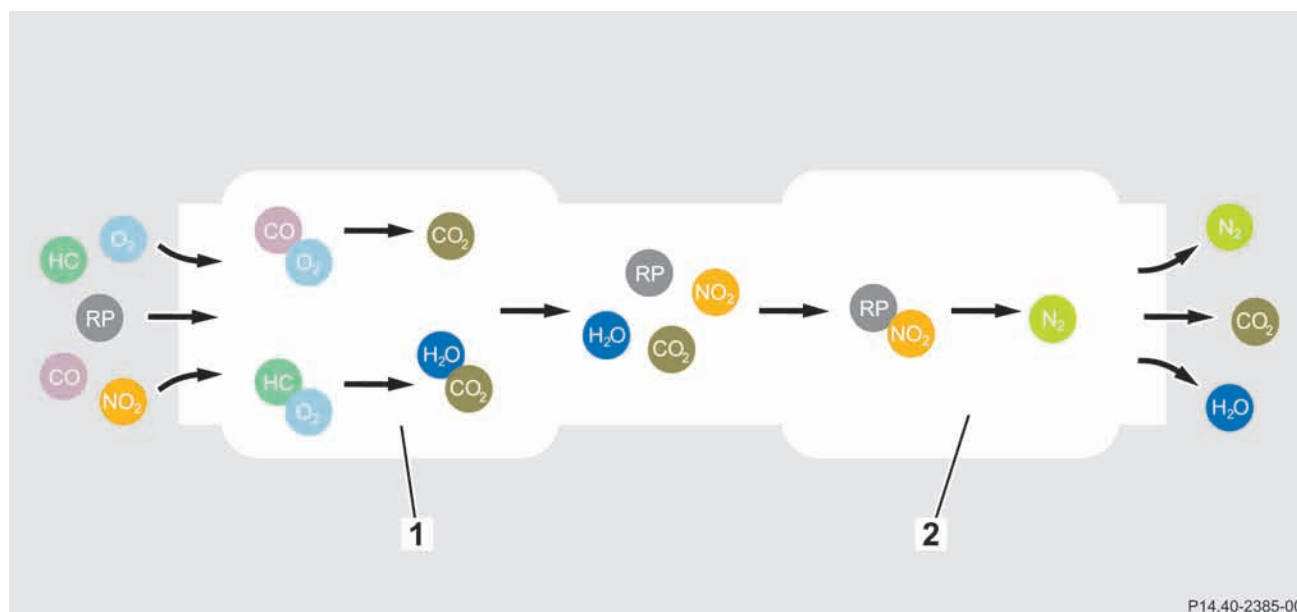
Dieselpartikelfilter (DPF)

Der Dieselpartikelfilter (DPF) bildet eine Einheit mit dem Oxidationskatalysator.

Der keramische DPF besteht aus Siliziumkarbid und ist mit Platin beschichtet. Die einzelnen Kanäle sind abwechselnd vorne und hinten geöffnet und durch poröse Filterwände voneinander getrennt.

Wenn das ungefilterte Abgas durch den porösen keramischen Wabenfilter strömt, werden die Rußpartikel durch die porösen Filterwände zurückgehalten. Über den Differenzdrucksensor ermittelt das Steuergerät CDI den Beladungszustand des DPF. Dafür wird der Abgasdruck vor und nach dem DPF gemessen. Ist ein bestimmter Wert erreicht, wird die Regeneration des DPF eingeleitet. Für den Rußabbbrand sind Temperaturen von über 600 °C notwendig. Um diese hohen Temperaturen zu erreichen, veranlasst das Steuergerät CDI folgende Schritte:

- Nacheinspritzung
- Abgasrückführung mit Drosselung der Ansaugluft
- DPF-Glühen



Schematische Darstellung Oxidationskatalysator und DPF

1 Oxidationskatalysator	CO ₂ Kohlendioxid	N ₂ Stickstoff
2 DPF	O ₂ Sauerstoff	NO ₂ Stickoxid
	HC Kohlenwasserstoff	PM Rußpartikel
CO Kohlenmonoxid	H ₂ O Wasser	

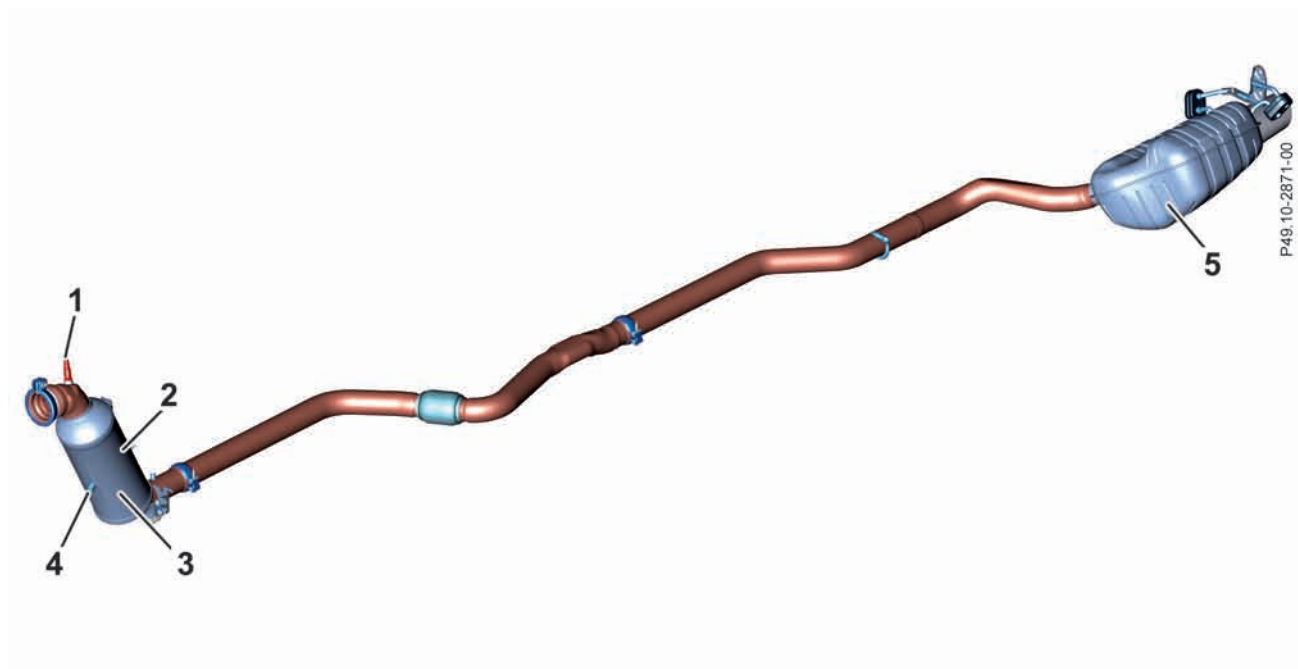
DPF-Regeneration

Durch die zunehmende Rußbelastung des DPF steigt der Abgasgegendruck an. Über einen Sensor wird die Druckdifferenz vor und nach dem DPF ermittelt und an das Motorsteuergerät gemeldet. Bei Erreichen des dort hinterlegten Schwellenwertes wird die Regeneration des DPF eingeleitet.

Eine Regeneration wird im Fahrbetrieb durchschnittlich zwischen 800 und 1 000 km, abhängig von Rußemission und Filtergröße, durchgeführt.

Wird im normalen Fahrbetrieb die zur Regeneration notwendige Abgastemperatur nicht erreicht, wird durch die gezielte Nacheinspritzung in die Brennräume die Abgastemperatur erhöht. Der Regenerationsvorgang dauert nur wenige Minuten und ist abhängig von:

- Motordrehzahl
- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Abgastemperatur



Abgasanlage

- 1 Lambdasonde vor Katalysator
- 2 Oxidationskatalysator
- 3 Dieselpartikelfilter

- 4 Temperatursensor vor Dieselpartikelfilter
- 5 Endschalldämpfer

i Hinweis

Ist eine DPF-Regeneration im Alltagsbetrieb nicht möglich, leuchtet im Kombiinstrument die Motor-Diagnose-Warnleuchte auf.

Motorkühlung

Motorkühlung und Kühlkreislauf

Die Kühlmittelpumpe fördert das Kühlmittel in zwei separate Kanäle. Der untere Kanal versorgt das Kurbelgehäuse und den Öl-Wasser-Wärmetauscher mit Kühlmittel und der obere Kanal versorgt den Zylinderkopf mit Kühlmittel. Parallel zum oberen Kanal verläuft die AGR-Strecke. Folgende Komponenten der AGR-Strecke werden mit Kühlmittel versorgt:

- AGR-Ventil
- AGR-Bypassgehäuse
- AGR-Vorkühler und AGR-Kühler

Wärmemanagement

Damit sich der Brennraum schneller aufheizen kann, wird beim Motorkaltstart die Kühlmittelpumpe abgeschaltet.

Die Kühlmittelpumpe wird beim Kaltstart für max. 500 s abgeschaltet, wenn folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die im Steuergerät gespeicherten Grenzwerte für die Ansaugluft- und Kühlmitteltemperatur sowie für die eingespritzte Kraftstoffgesamtmenge sind noch nicht erreicht.
- Die Motordrehzahl bzw. Einspritzmenge hat den festgelegten Grenzwert nicht überschritten.
- Vom Steuer- und Bediengerät Klimatisierungsautomatik wurde kein „Heizen“ angefordert.

Durch die Stellung des Kühlmittelthermostats kann die durchfließende Kühlmittelmenge zum Kühler bzw. direkt zur Kühlmittelpumpe exakt eingestellt werden. Auf diese Weise wird die Temperatur des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf geregelt.

Das Kühlmittelthermostat wird über das integrierte Heizelement gesteuert. Die Kühlmittelpumpe und das Heizelement werden über das Steuergerät CDI gesteuert.

Bei geschlossenem Kühlmittelthermostat strömt das Kühlmittel wieder zur Kühlmittelpumpe und wird dem Kreislauf erneut zugeführt.

Ist die Betriebstemperatur des Motors erreicht, wird das Kühlmittelthermostat geöffnet und der Kühlkreislauf hinzugeschaltet. Der Kühler ist damit in den Kreislauf des Kühlmittels einbezogen.

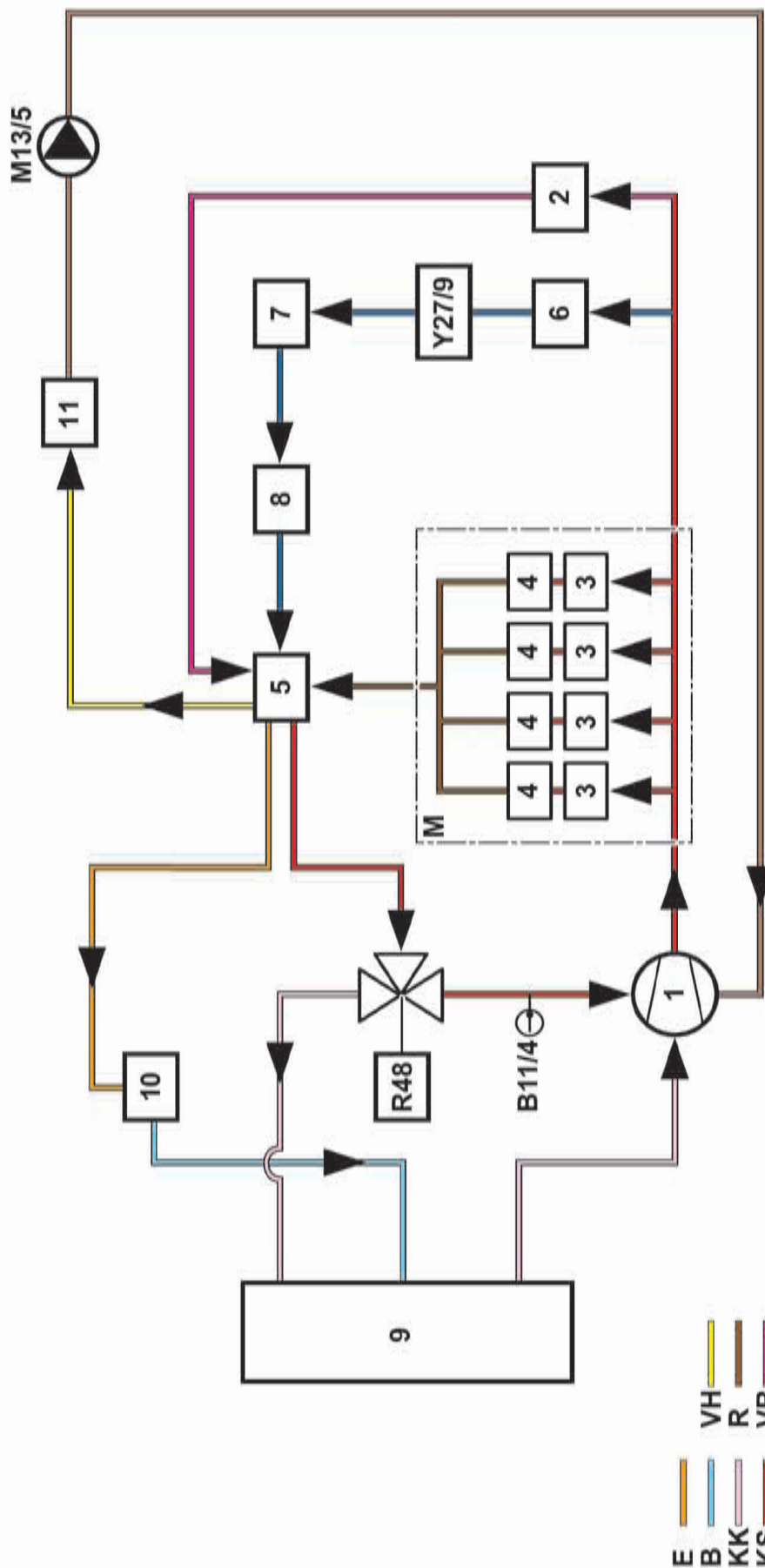
Eine Befüllleitung zwischen dem Kühlmittelausgleichsbehälter und dem Kühler gleicht den Kühlmittelstand aus.

Eine Entlüftungsleitung entlüftet das Kühlsystem zwischen dem Kühlmittelausgleichsbehälter und dem Gehäuse des Kühlmittelthermostats.

Hinweis

Das Heizelement des Kühlmittelthermostats darf nicht aus dem Thermostatgehäuse entfernt bzw. demontiert werden. Der konventionelle Öffnungspunkt verschiebt sich, wenn das Gehäuse beschädigt wird oder eine Flüssigkeit in das Gehäuse gelangt.

Detaillierte Angaben hierzu liefert das Werkstatt-Informationssystem (WIS).



Motorschmierung und Ölkreislauf

Schmiersystem

Die Motorschmierung mindert die mechanische Reibung und damit den Verschleiß der beweglichen Bauteile. Zusätzlich werden durch die Ölpolster zwischen den Lagern und Laufflächen Stöße und Vibrationen gemindert. Ein Differenzdruckventil ist parallel zum Öl-Wasser-Wärmetauscher eingebaut, damit die Schmierung des Motors in jedem Fall gesichert ist. Das Öl kann dadurch um den Öl-Wasser-Wärmetauscher geleitet werden.

Ölkreislauf

Über den Ölkreislauf des Motors werden alle beweglichen Bauteile am Motor mit Motoröl geschmiert bzw. gekühlt.

Der Ölkreislauf des Motors wird über die Ölpumpe mit Motoröl versorgt. Zusätzlich wird die Unterdruckpumpe über die Ölpumpe angetrieben und mit Motoröl versorgt. Folgende Komponenten werden im Kurbelgehäuse über den Hauptölkanal mit Motoröl versorgt:

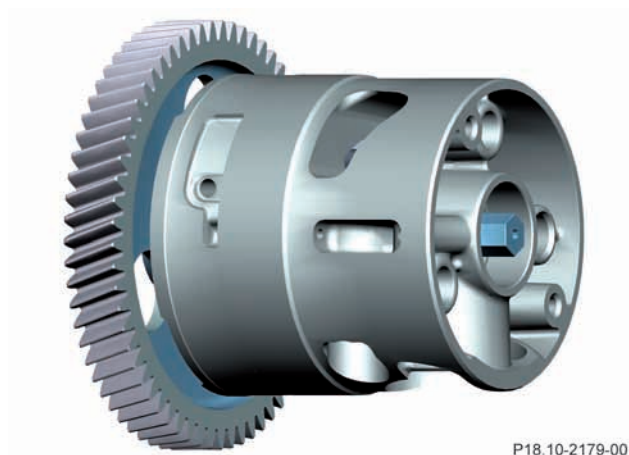
- Kurbelwellenlager
- Pleuellager
- Zwischenräder
- Ölspritzdüsen

Durch einen Bypass des Hauptölkanals werden die beiden Abgasturbolader mit Motoröl versorgt.

Vom Hauptölkanal zweigt eine Ölversorgung für den Zylinderkopf ab. Folgende Schmierstellen werden im Zylinderkopf mit Motoröl versorgt:

- Steuerkettenspanner
- Einlass-Nockenwelle
- Auslass-Nockenwelle
- Hydraulischer Ventilspielausgleich

Über Rücklaufkanäle gelangt das Motoröl in die Ölwanne zurück.

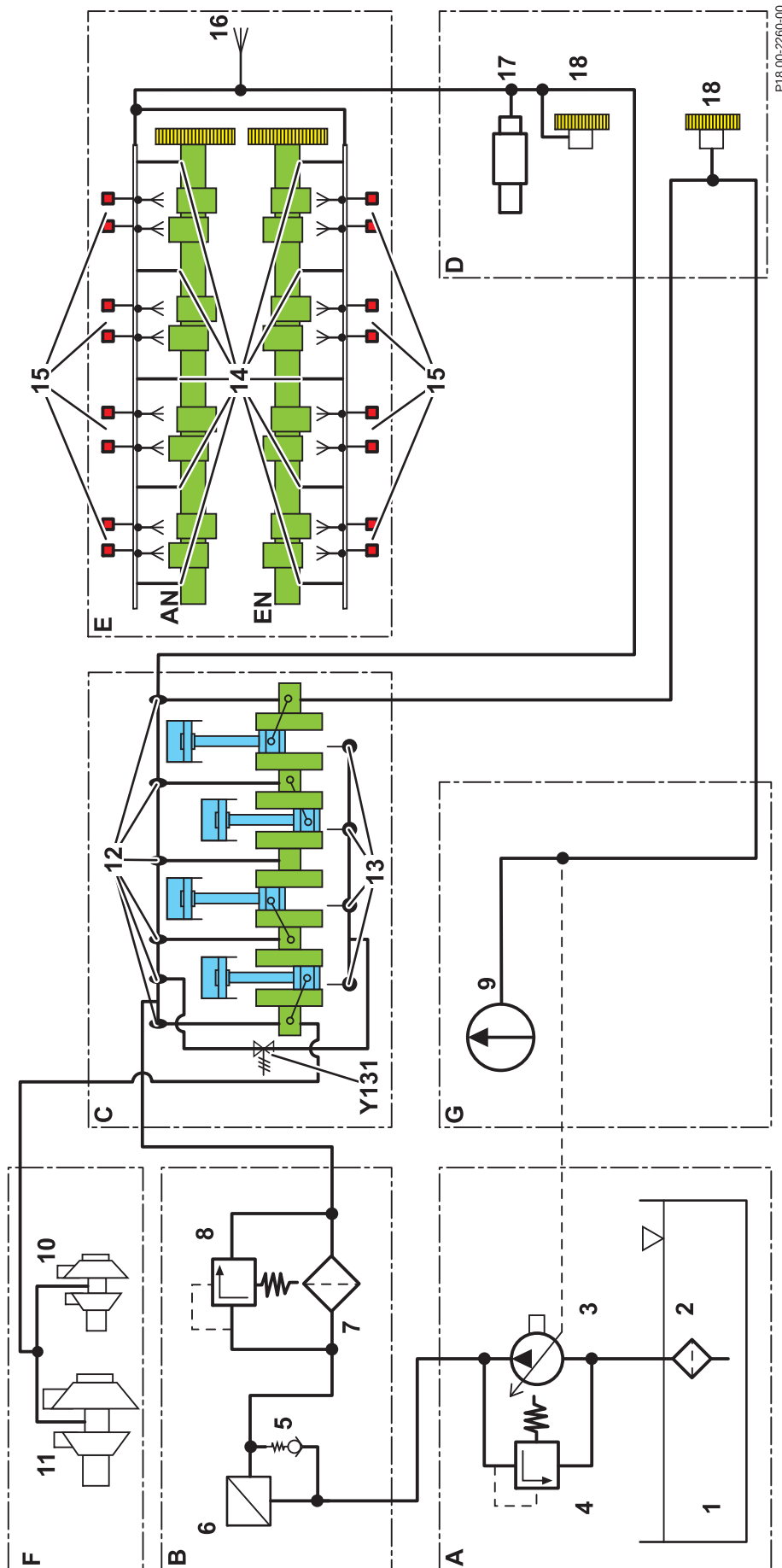


P18.10-2179-00

Ölpumpe

i Hinweis

Zur Überwachung des Ölstands wird der Schalter Ölstandskontrolle und zur Überwachung der Öltemperatur der Öltemperatursensor vom Steuergerät CDI eingelesen.



Ölkreislauf

1	Ölwanne	10	HD-Lader	17	Kettenspanner	EN	Einlassnockenwelle
2	Vorfilter	11	ND-Lader	18	Zwischenrad des Rädertriebs	F	Aufladung
3	Ölpumpe (volumengeregt)	12	Ölkanal Hauptlager Kurbelwelle und Pleuellager	A	Ölwanne mit Ölpumpe	G	Unterdruckpumpe
4	Druckbegrenzungsventil	13	Ölspritzdüsen	AN	Auslassnockenwelle	Y131	Absperrventil Ölspritzdüsen
5	Differenzdruckventil	14	Hauptlager Nockenwellen	B	Ölfiltermodul		
6	Öl-Wasser-Wärmetauscher	15	Hydraulischer Ventilspielausgleich	C	Kurbelgehäuse		
7	Ölfiltereinsatz	16	Ölspritzdüse Steuerkette	D	Rädertrieb		
8	Ölfilterumgehungsventil			E	Zylinderkopf		
9	Unterdruckpumpe						

Ölpumpe

Ölpumpe

Die Ölpumpe ist reinölseitig volumengesteuert und als Flügelzellenpumpe ausgelegt. Der Regeldruck beträgt 4,7 bar.

Die Ölpumpe wird über den Rädertrieb angetrieben und besitzt ein integriertes Druckbegrenzungsventil, das den Öldruck auf ein Maximum von 10 bar begrenzt. Sobald der Motor startet, wird das Motoröl über die Saugleitung mit integriertem Vorfilter am Ölsaugrohr angesaugt und über die Druckleitung zum Ölfiltermodul mit integriertem Öl-Wasser-Wärmetauscher gefördert.

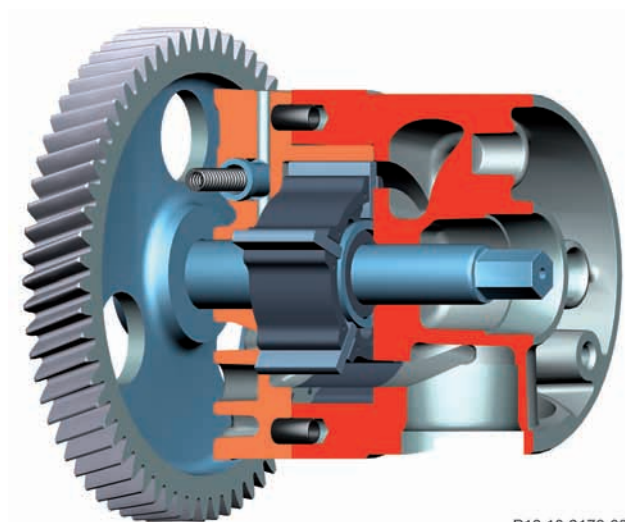
In der Kaltstartphase des Motors sorgt der Öl-Wasser-Wärmetauscher für eine schnellere Erwärmung und in der Warmlaufphase sorgt er für eine ausreichende Kühlung des Motoröls. Sollte der Durchfluss des Öls unzureichend sein, kann das Öl durch das parallel eingebaute Bypassventil am Öl-Wasser-Wärmetauscher vorbei geleitet werden. Erst danach gelangt das Motoröl in die Ölfiltereinheit, wobei das Öl von außen nach innen fließt und dabei gereinigt wird. Bei zu geringem Durchfluss, z.B. durch einen zu hohen Schmutzanteil, öffnet das parallel eingebaute Ölfilter-Umgehungsventil den Durchfluss um den Ölfilter herum.

Ölspritzdüsen

Die Ölspritzdüsen und der damit verbundene Ölzulauf der Kolbenbodenkühlung werden über das Absperrventil der Ölspritzdüsen aktiv abgeschaltet. Die Ölspritzdüsen werden in der Nachstartphase durch das Steuergerät CDI unter folgenden Bedingungen abgeschaltet:

- Motoröltemperatur ist größer als -10 °C und:
- Die max. Abschaltedauer (in Abhängigkeit von Ansaugluft und Motoröltemperatur) ist noch nicht erreicht
- oder:
- Die Motordrehzahl oder die Einspritzmenge hat einen festgelegten Grenzwert noch nicht erreicht

Werden die Ölspritzdüsen einmal zugeschaltet, werden sie nicht mehr abgeschaltet, solange der Motor läuft.



P18.10-2178-00

Schnittbild Ölpumpe

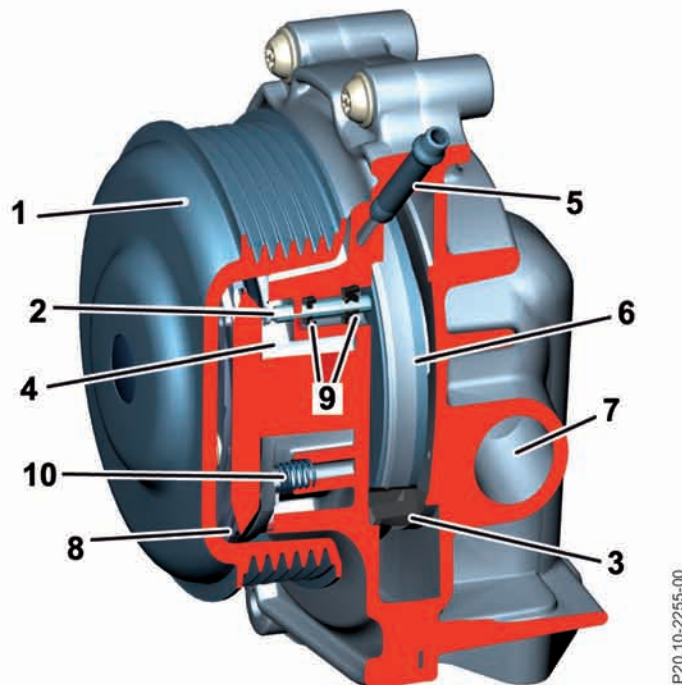
Kühlmittelpumpe

Die Kühlmittelpumpe sorgt für die Zirkulation des Kühlmittels im Kühlmittelkreislauf. Sie besteht aus Kunststoff und trägt damit zur Gewichtsreduktion bei.

Funktion

Die Kühlmittelpumpe wird über die Riemenscheibe mittels eines Keilrippenriemens angetrieben. Die Drehbewegung der Riemenscheibe wird über die Nabe auf die Welle übertragen. Über die Welle wird das Flügelrad angetrieben und dadurch wird das Kühlmittel zum Zirkulieren gebracht.

Der Kühlmittelfluss kann durch das Umschaltventil der Kühlmittelpumpe, das sich links am Drosselklappensteller befindet, mittels Unterdruck gestoppt werden. Dabei wird ein Regelschieber über das Flügelrad geschoben und somit der Kühlmittelzulauf geschlossen.



Schnittbild Kühlmittelpumpe

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1 Riemenscheibe | 6 Flügelrad |
| 2 Regelstange | 7 Kühlmittelablauf |
| 3 Regelschieber | 8 Rollmembran |
| 4 Evakuierungsraum | 9 Stangendichtung |
| 5 Unterdruckanschluss | 10 Druckfeder |

Motorsteuergerät

Steuergerät CDI

Das Steuergerät CDI befindet sich auf dem Luftfiltergehäuse. Das Steuergerät CDI ist an der Unterseite mit Kühlrippen ausgestattet, die in das Innere des Luftfiltergehäuses ragen und von der angesaugten Luft gekühlt werden.

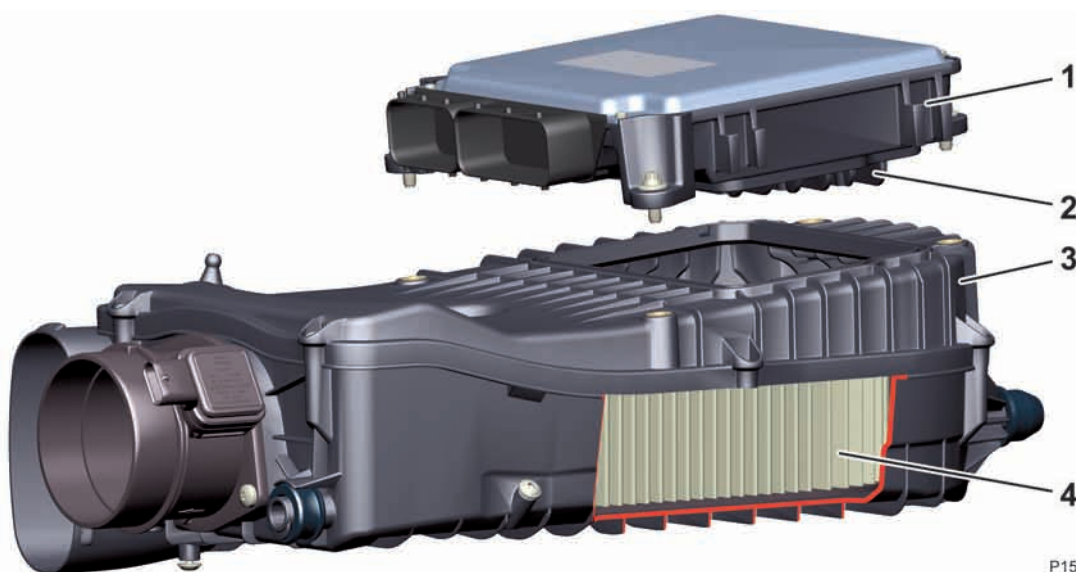
Die Aufgabe des Steuergeräts CDI unterteilt sich in folgende Teilaufgaben:

- Motordrehmoment-Regelung
- Einspritzregelung
- Aufladung
- Schubabschaltung
- Wärmemanagement
- Abgasrückführung (AGR)
- Abgasreinigung

Das Steuergerät CDI dient als Schnittstelle zwischen dem Antriebs-CAN (CAN C) und dem Fahrwerk-CAN (CAN E).

Zur Überwachung aller Systemkomponenten und Funktionen verfügt die Motorsteuerung über einen Fehlerspeicher und leistungsfähige Diagnosefunktionen. Diese betreffen folgende Punkte:

- Kontrolle des Fehlerspeichers
- Diagnose Motorsteuerung
- Europäische On-Board-Diagnose (EOBD)
- Diagnose über CAN-Bus
- Diagnose über K-Leitung



P15.00-2190-00

Steuergerät CDI auf dem Luftfiltergehäuse

- 1 Steuergerät CDI
- 2 Kühlrippen

- 3 Luftfiltergehäuse
- 4 Luftfilter

Schnellstartglühsystem

Das elektronisch gesteuerte Schnellstartglühsystem besteht aus einer Glühendstufe und vier keramischen Glühkerzen. Das Schnellstartglühsystem ermöglicht bei hoher Kühlmitteltemperatur einen sofortigen Motorstart ohne Vorglühen. Um die Kaltstart- und die Warmlaufeigenschaften des Motors zu verbessern, wird über die regelbare Glühtemperatur schrittweise nachgeglüht. Das Steuergerät CDI regelt dabei die Spannung an den Glühkerzen zeit- und temperaturabhängig über die Glühendstufe.

Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- Kurze Vorglühzeit
- Stabiler Leerlauf
- Geringe Abgasemission
- Gutes Ansprechverhalten
- Regelbare Glühtemperatur

Es wird zwischen folgenden Glüharten unterschieden:

- Vorglühen
- Startbereitschaftsglühen
- Nachglühen
- Diagnoseglühen
- DPF-Glühen
- Notglühen

Gefahr eines Motorschadens

Sicherheitshinweise für den Umgang mit keramischen Glühkerzen:

- Glühkerzen nur aus ungeöffneter Originalverpackung verwenden.
- Wurde die Glühkerze fallengelassen, darf sie nicht mehr verwendet werden.
- Achtung: Es kann zu Motorschäden kommen, da die Glühkerzen sehr stoßempfindlich sind! Es könnten sich Haarrisse im Keramikeinsatz bilden. Als Folge davon könnten sich Teile lösen und während des Motorlaufs in den Brennraum fallen. Behandeln Sie die Glühkerzen immer mit größter Vorsicht!
- Vor dem Ausbau des Zylinderkopfs müssen die Glühkerzen ausgebaut werden und dürfen erst nach dem Einbau des Zylinderkopfs wieder eingebaut werden.



P15.20-2181-00

Keramische Glühkerze

Hinweis

Tritt ein Fehler in der Vorglühanlage, an den Glühkerzen oder an den Leitungen auf, so wird dieser durch die Vorglüh-Kontrollleuchte angezeigt und zusätzlich im Steuergerät CDI abgespeichert.

Unterdrucksteuerung

Unterdrucksteuerung

Die Unterdruckpumpe wird indirekt über den Ölpumpenantrieb angetrieben. Sie erzeugt den Unterdruck und ist über ihre Hauptleitung zum Bremskraftverstärker mit dem Unterdrucksystem verbunden. Zum System gehören:

- Unterdruckspeicher
- Druckwandler Wastegate-Regelung
- Druckwandler Ladedruckregelklappe
- Umschaltventil Bypass AGR-Kühler
- Umschaltventil Bypassklappe Ladeluft
- Umschaltventil Kühlmittelpumpe

Durch ein pulsweitenmoduliertes Signal werden folgende Komponenten angesteuert:

- Druckwandler Ladedruckregelklappe
 - Die Ladedruckregelklappe öffnet sich stufenlos und regelt den Abgasstrom zwischen HD- und ND-Lader.
- Druckwandler Wastegate-Regelung
 - Das Wastegate öffnet sich stufenlos. Ein Teil des Abgasstroms wird am ND-Lader vorbei in die Abgasanlage geleitet.
- Umschaltventil Bypassklappe Ladeluft
 - Die Bypassklappe öffnet sich und entlastet den HD-Lader.
- Umschaltventil Bypass AGR-Kühler
 - Der Bypass vor dem AGR-Kühler öffnet sich, der Abgasstrom wird durch den AGR-Kühler geleitet.
- Umschaltventil Kühlmittelpumpe
 - Durch die in der Kühlmittelpumpe integrierte Regelmechanik wird der Kühlmittelzufluss zur Kühlmittelpumpe verschlossen.



P07.09-2039-00

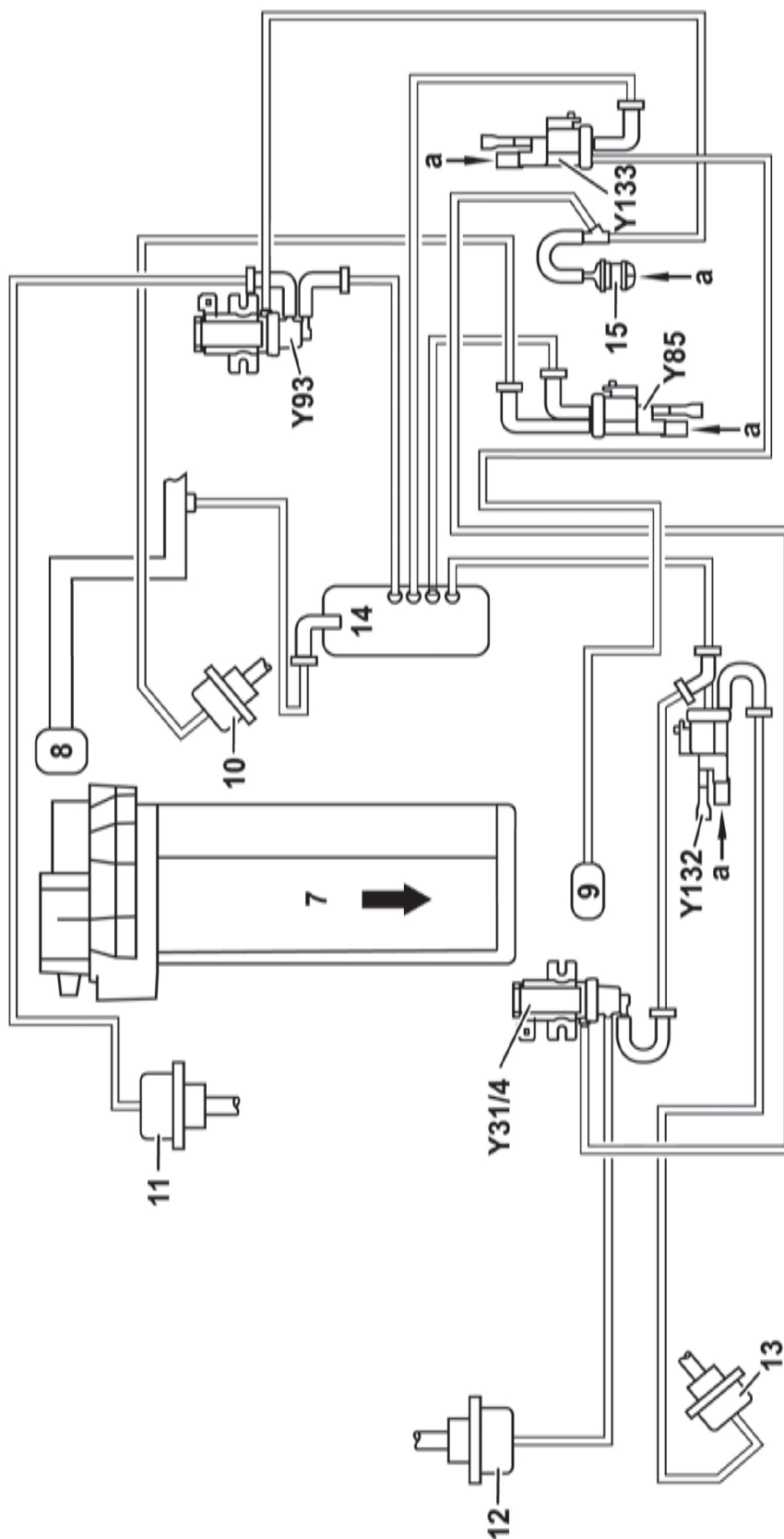
Unterdruckpumpe

Hinweis

Die Belüftung des Druckwandlers der Wastegate-Regelung und der Ladedruckregelklappe erfolgt über den gleichen BelüftungsfILTER.

Gefahr eines Motorschadens

Bei der Montage der Unterdruckleitungen ist die jeweilige Farbkennzeichnung der Unterdruckleitung und der Unterdruckdose zu beachten, sonst besteht die Gefahr eines Motorschadens.



P07.09-2038-00

Unterdruckanlage dargestellt am Motor 651.911

- ↑
 a Fahrtrichtungsfeil
 7 Umgebungsdruck
 8 Zylinderkopf
 8 Unterdruckpumpe
 9 Kühlmittelpumpe
 10 Unterdruckdose Bypass AGR-Kühler

- 11 *Unterdruckdose Ladedruckregelklappe*
12 *Unterdruckdose Wastegate*
13 *Unterdruckdose Bypassklappe Ladeluft*
14 *Unterdruckspeicher*
15 *Belüftungsfilter für Y31/4 und Y93*

- | | |
|-------|--------------------------------------|
| Y31/4 | Druckwandler Wastegateregulung |
| Y85 | Umschaltventil Bypass AGR-Kühler |
| Y93 | Druckwandler Ladedruckregelklappe |
| Y132 | Umschaltventil Bypassklappe Ladeluft |
| Y133 | Umschaltventil Kühlmittelpumpe |

Emissionsreduzierung

Maßnahmen zur Emissionsreduzierung

Die umfangreichen technischen Neuerungen in der Entwicklung des neuen Motors 651 ermöglichen es, die Rohemissionen noch weiter abzusenken. Sogar ohne BlueTEC-Technologie wird die Euro-5-Norm eingehalten. Der neue Motor hat das Potential, die Grenzwerte für die Euro-6-Norm und die amerikanische BIN5-Vorschrift zu erreichen.

Mechanische Maßnahmen

- Reinölseitig volumengesteuerte Ölpumpe mit gesteuertem Druckniveau (Kennfeld)
- Reibleistungsoptimierte Unterdruckpumpe
- Kolbenbolzen mit PVD-Beschichtung

Technische Umsetzung

Eine weitere Reduktion der Rohemissionen wird durch die Optimierung folgender Komponenten, die am Ölkreislauf beteiligt sind, erzielt:

- Die Spritzdüse der Steuerkette entfällt
- Der Regeldruck wird auf 2,5 bar abgesenkt
- Abschaltbare Kolbenbodenkühlung
- Wälzlagerung der Lanchester-Ausgleichswellen
- Zwischenräder
- Reduzierte Druckwiderstände

Reduzierung der CO₂-Emissionen

Die neue Common Rail-Technik schafft Voraussetzungen für eine höhere Flexibilität im Einspritz-Timing und bewirkt dadurch einen weicheren Motorlauf, einen niedrigeren Kraftstoffverbrauch und verminderte Emissionen. So konnte der CO₂-Ausstoß um bis zu 13 % gesenkt werden. Die dafür entscheidenden Neuerungen sind der um 400 bar auf maximal 2 000 bar gesteigerte Raildruck, sowie ein neues Piezo-Injektor-Konzept mit direkter Düsennadelsteuerung.

Reduzierung der Stickoxide

Durch eine Reduzierung der Verdichtung von 16,5 : 1 auf 16,2 : 1 konnte der Verbrennungsprozess so optimiert werden, dass er nachhaltig die Rohemissionen verringert.

Vor allem hinsichtlich der Stickoxide konnten deutliche Verbesserungen erzielt werden.

Durch die Abgasrückführung wird der Stickoxidanteil im Abgas gesenkt.

Hinweis

Die Abkürzung PVD steht für „Physical Vapour Deposition“. Dabei handelt es sich um ein Beschichtungsverfahren bzw. um eine Dünnschichttechnologie, bei der sich die Schicht direkt durch Kondensation eines Materialdampfes auf dem Ausgangsmaterial bildet.

Wärmemanagement

Das neu konzipierte Wärmemanagement umfasst neben der Optimierung des Warmlaufs und der Kühlung folgende Funktionsabläufe:

- Heizbrennverfahren
- Überhitzungsschutz
- Nachstartphase

Die Abgasemission wird durch das erweiterte Wärmemanagement verringert. Die unten aufgeführte Tabelle zeigt die neuen Maßnahmen und die daraus resultierenden Ergebnisse.

Abgasreinigung

Durch die Abgasreinigung in der Abgasanlage können viele Schadstoffe im Vorfeld umgewandelt werden. Durch die Verwendung eines Oxidationskatalysators und eines Dieselpartikelfilters (DPF) können folgende Schadstoffe im Abgas reduziert werden:

- Stickoxide (NO_x)
- Kohlenwasserstoffe (HC)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Rußpartikel

Maßnahme	Ergebnis
Schaltbare Ölspritzdüsen und Kühlmittelpumpe	Dadurch ergibt sich eine schnellere Aufwärmphase nach dem Kaltstart.
Zweiteiliger Wassermantel	Dadurch entsteht eine bessere Steuerung und Wärmeabfuhr.
Optimierte AGR-Kühlleistung	Temperatur und Sauerstoffkonzentration im Brennraum werden gesenkt, was ein kühleres Kraftstoff-Luft-Gemisch ergibt und die Rußbildung vermindert. Der austretende Abgasstrom wird vermindert.
Reinölseitig volumengesteuerte Ölpumpe	Dadurch ergibt sich ein geringerer Antriebswiderstand.

Neuerungen

Zweistufige Turboaufladung

Die Unterdruckdosen des Abgasturboladers können im eingebauten Zustand einzeln getauscht werden.

Hier vorab einige wichtige Punkte, die zu beachten sind:

- Die Farbcodierungen an den Steuerleitungen
- Die Sicherung der Muttern mit temperaturbeständigem Lack

Ölspritzdüsen

Die Ölspritzdüsen können einzeln getauscht werden. Der genaue Sitz wird durch eine Positionsschraube festgelegt.

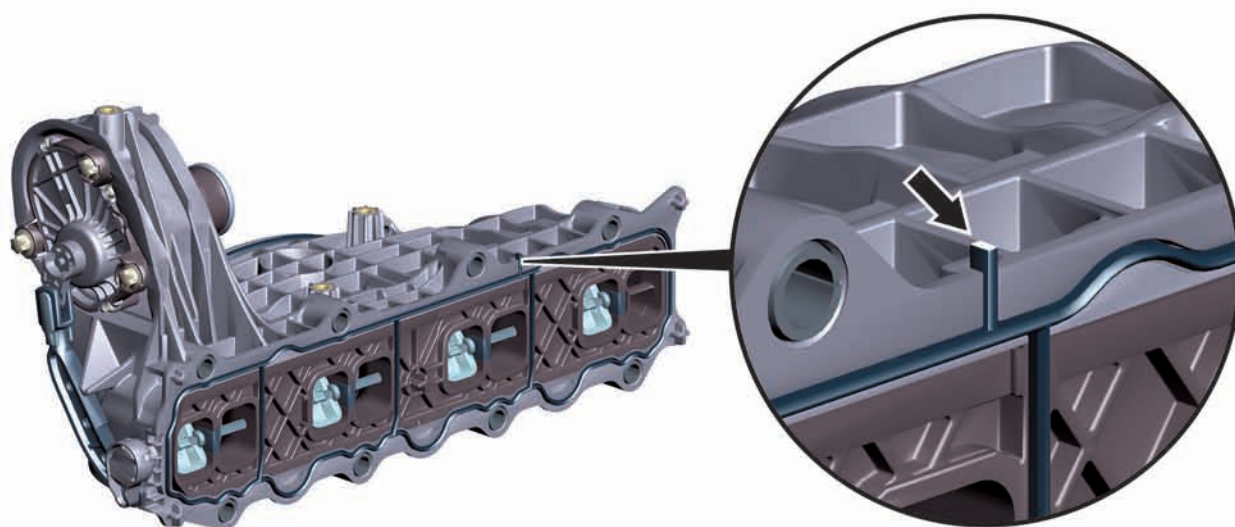
Kurbelwelle

Der Torsions-Schwingungsdämpfer (TSD) hat eine Vierfachverschraubung. So werden die wirkenden Kräfte auf vier Schrauben verteilt, woraus sich ein geringerer Kraftaufwand pro Schraube ergibt. Ein Sonderwerkzeug für eine leichte Montage ist vorhanden.

Das Signal des Nockenwellensensors dient dem Steuergerät CDI als Ersatzwert für die Motorsteuerung. Fällt der Sensor für die Kurbelwelle aus, kann der Motor in der Notlauffunktion über den Nockenwellensensor betrieben und gestartet werden.

Dichtungen

Die Dichtungen im Abgasbereich sind mit Pins und Polygonzügen ausgestattet. Eine Vorfixierung der Dichtungen und Schrauben, die komfortabel gegen ein Herausfallen gesichert sind, vereinfacht die Montage. Zusätzlich sind die Dichtungen mit einem Einbau-Kontrollpin versehen. Nach der Montage kann überprüft werden, ob die Dichtung eingebaut ist.



P09.41-2550-00

Dichtung mit Einbau-Kontrollpin (Pfeil) am Beispiel des Ladeluftverteilerrohrs

Piezo-Injektor

Gekennzeichnet werden die Piezo-Injektoren mit einem 24-stelligen I2C-Code.

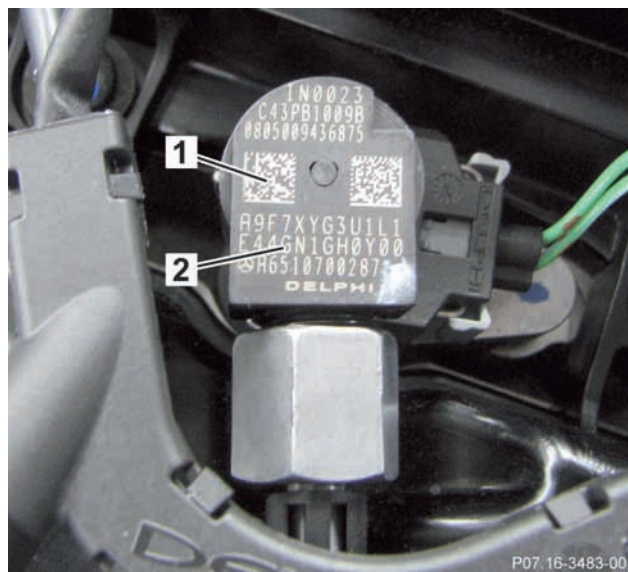
Die I2C-Codierung erlaubt eine noch genauere Abstimmung (Einspritzmenge und Einspritzzeit) der einzelnen Piezo-Injektoren im Neuzustand.

Wird ein Piezo-Injektor erneuert, muss diese Codierung dem Steuergerät CDI mittels Star Diagnosis mitgeteilt werden.

Data Matrix-Code

Einige Bauteile sind mit einem Matrix-Code versehen. Der Code wird überwiegend mittels Lasertechnik aufgebracht.

Dieser Code beinhaltet Informationen, die nur für die Qualität und Montage von wesentlicher Bedeutung sind. Für den Service hat der Code keinerlei Bedeutung.



Piezo-Injektor

- 1 Data Matrix-Code
- 2 I2C-Code



Hinweis

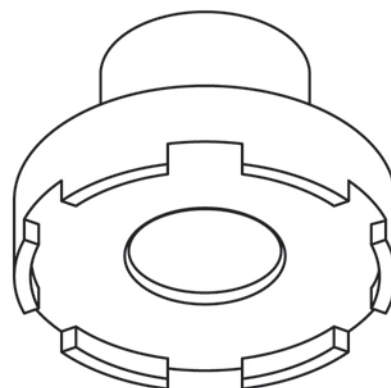
Bei den hier dargestellten Neuerungen und Hinweisen handelt es sich nicht um Reparaturanleitungen!

Weitere Informationen zur Reparatur und Wartung des Motors 651 finden Sie im Werkstatt-Informationssystem (WIS).

Motor

Steckschlüssel

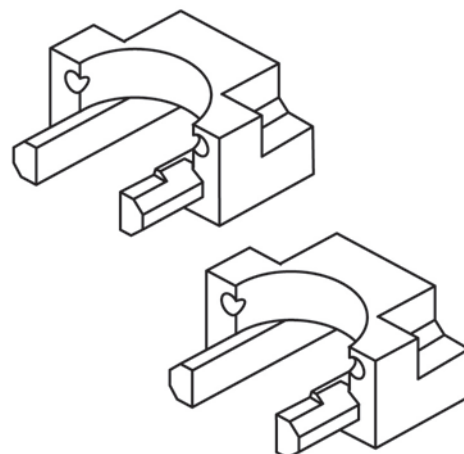
Verwendung	Zur Demontage des Schaltventils zur Steuerung der Kolbenkühlung.
Teile-Nummer	W 651 589 00 09 00
FG	18
Satz	B



P58.20-2239-00

Niederhalter

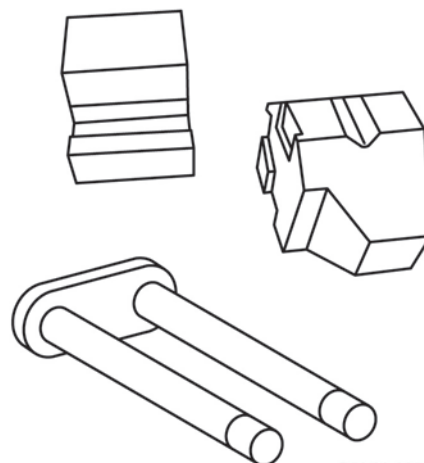
Verwendung	Fixierung der Nockenwelle beim Anziehen oder Lösen der Nockenwellenräder.
Teile-Nummer	W 651 589 01 40 00
FG	05
Satz	C



P58.20-2244-00

Montage-Einsätze

Verwendung	Zum Aufpressen und Vernieten der Außenlaschen der Hülseketten.
Teile-Nummer	W 651 589 04 63 00
FG	05
Satz	C

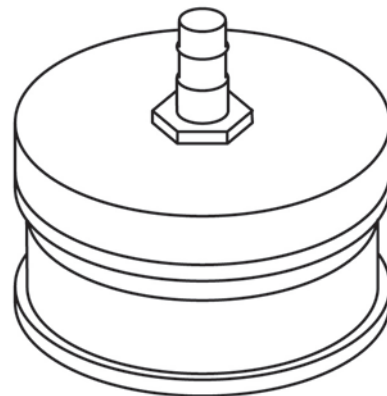


P58.20-2251-00



Dichtheitsprüfadapter

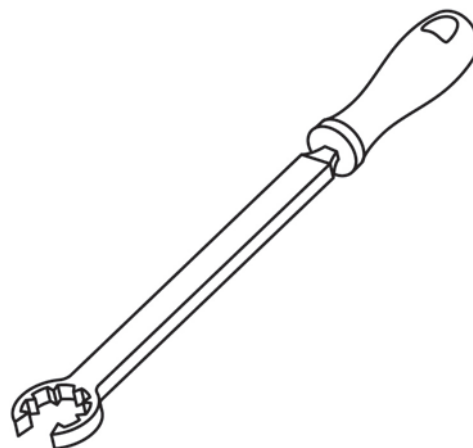
Verwendung	Zur Dichtheitsprüfung des Ladeluftsystems.
Teile-Nummer	W 651 589 02 91 00
FG	09
Satz	B



P58.20-2249-00

Gegenhalter

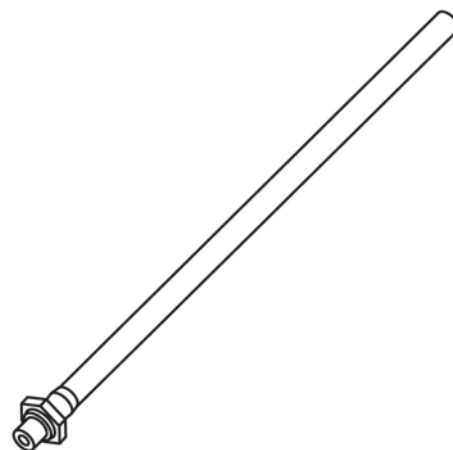
Verwendung	Zum Halten des Ritzels der Hochdruckpumpe bei der Demontage und Montage.
Teile-Nummer	W 651 589 04 40 00
FG	07
Satz	B



P58.20-2250-00

Ventilprüfadapter

Verwendung	Zur Messung der Rücklaufmenge am Druckregelventil.
Teile-Nummer	W 651 589 01 91 00
FG	07
Satz	B

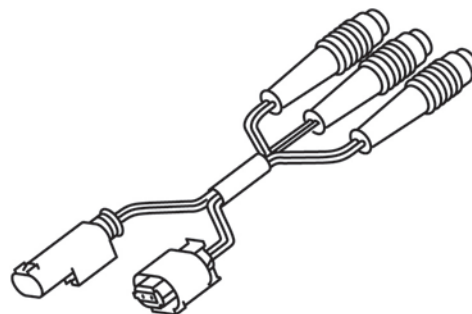


P58.20-2247-00

Motor

Adapterkabel 3-polig

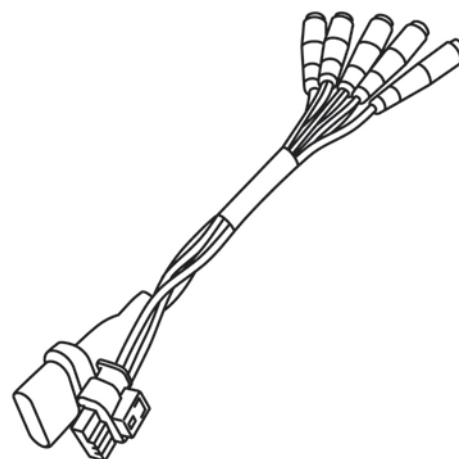
Verwendung	Zur Prüfung des Hallgebers an der Nockenwelle.
Teile-Nummer	W 651 589 01 63 00
FG	15
Satz	B



P58.20-2246-00

Adapterkabel 5-polig

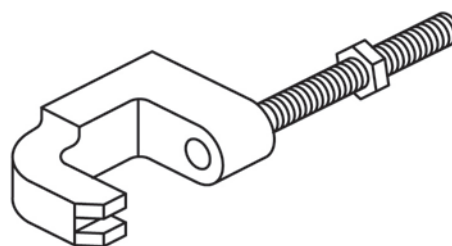
Verwendung	Zur Prüfung von Widerständen und Spannungen z.B. an den Stellern der Abgasrückführung, Drosselklappe und Einlasskanalabschaltung.
Teile-Nummer	W 651 589 00 63 00
FG	15
Satz	B



P58.20-2243-00

Ausschlagklaue

Verwendung	Zum Ausschlagen der Kraftstoffinjektoren.
Teile-Nummer	W 651 589 00 33 00
FG	07
Satz	B

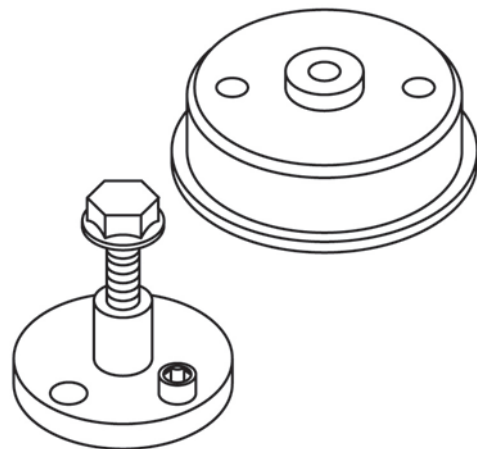


P58.20-2240-00



Einziehwerkzeug Radialwellendichtring hinten

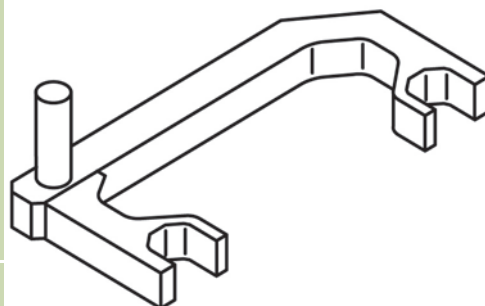
Verwendung	Zum Einziehen des hinteren Radialwellendichtrings der Kurbelwelle.
Teile-Nummer	W 651 589 01 61 00
FG	03
Satz	B



P58.20-2245-00

Montagewerkzeug

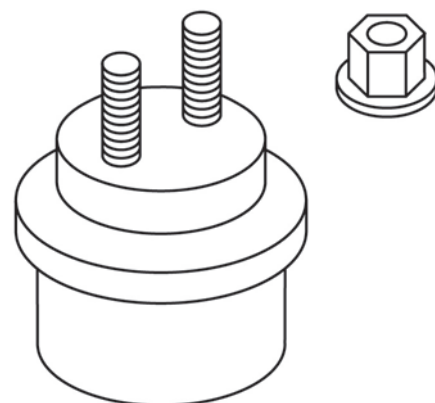
Verwendung	Zur Fixierung der Ausgleichswellen bei der Demontage und Montage der Antriebszahn- räder.
Teile-Nummer	W 651 589 02 63 00
FG	03
Satz	C



P58.20-2248-00

Einziehwerkzeug Radialwellendichtring vorne

Verwendung	Zum Einziehen des vorderen Radialwellendichtrings der Kurbelwelle.
Teile-Nummer	W 651 589 00 61 00
FG	03
Satz	B

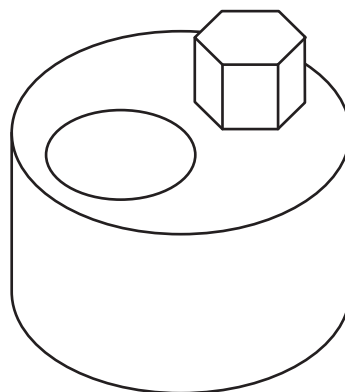


P58.20-2242-00

Motor

Gegenhalter

Verwendung	Zur Fixierung der Kurbelwellen-Riemenscheibe beim Lösen der Befestigungsschrauben.
Teile-Nummer	W 651 589 00 40 00
FG	03
Satz	B



P58.20-2241-00

Hinweis

Weiterführende Informationen zu Werkstattausrüstungen, handelsüblichen Werkzeugen und Sonderwerkzeugen finden Sie im Internet unter:
<http://gotis.aftersales.mercedes-benz.com>



AGR

Abgasrückführung

CAN

Controller Area Network

CDI

Common Rail Direct Injection

CO

Kohlenmonoxid

CO₂

Kohlendioxid

DAS

Diagnose-Assistenz-System

DPF

Dieselpartikelfilter

EOBD

Europäische On-Board-Diagnose

Euro NCAP

European New Car Assessment Program

HC

Kohlenwasserstoff

HFM

Heißfilm-Luftmassenmesser

H₂O

Wasser

IHU

Innenhochdruckformen

LIN

Local Interconnect Network

NEFZ

Verbrauchsermittlung Neuer Europäischer Fahrzyklus

NO_x

Stickoxide

O₂

Sauerstoff

PVD

Physical Vapour Deposition

TSD

Torsionsschwingungsdämpfer

WIS

Werkstatt-Informationen-System

A

Abgasreinigung	47
Abgasrückführ-Strecke	33
Abgasrückführung	32
Aufladung	24
Ausgleichswelle	15

B

Bohrung	10
-------------------	----

C

CO ₂ -Maßnahmen	46
--------------------------------------	----

D

Data Matrix-Code	49
Dichtungen	48
Dieselpartikelfilter	34
Drosselklappe	31
Druckwandler	
Ladedruckregelklappe	44
Wastegate-Regelung	44

E

Einlasskanalabschaltung	30
Einspritzmengenkorrektur	23
Einspritztechnologie	20
Emissionsreduzierung	46

G

Glühsystem	43
----------------------	----

H

Haupteinspritzmengen-Korrektur	23
--	----

Hub	10
---------------	----

Hubraum	7
-------------------	---

K

Kühlkreislauf	37
Kühlmittelpumpe	41
Kühlung	36
Kurbelgehäuse	12
Kurbeltrieb	15
Kurbelwelle	15

L

Ladedruckregelung	26
Leistungsdiagramm	7
Luftführung	29
Luftversorgung	29

M

Motorgewicht	10
Motorkühlung	36

N

Nenndrehmoment	7
Nennleistung	7
Nockenwellen	16
Nullmengenkalibrierung	23

O

Ölkreislauf	38
Ölpumpe	40
Ölspritzdüsen	40
Ölwanne	14
Oxidationskatalysator	34



P		Steuergerät CDI	42
Piezo-Injektor	21, 49	Stopfgrenze	28
Pleuel	15	U	
R		Umschaltventil	
Rädertrieb	18	Bypass AGR-Kühler	44
Riementrieb	19	Bypassklappe Ladeluft	44
Riemenverlauf	19	Kühlmittelpumpe	44
Rollenschlepphebel	17	Unterdruckpumpe	44
S		Unterdrucksteuerung	44
Schmiersystem	38	V	
Schnellstartglühsystem	43	Ventilspielausgleich	17
Sensorrad	16	Ventiltrieb	17
Sonderwerkzeug		Verbrennungsverfahren	10
Adapterkabel 3-polig	52	Verdichtung	10
Adapterkabel 5-polig	52	W	
Ausschlagklaue	52	Wärmemanagement	8, 36, 47
Dichtheitsprüfadapter	51	Z	
Einziehwerkzeug Radialwellendichtring hinten	53	Zylinderanordnung	10
Einziehwerkzeug Radialwellendichtring vorne	53	Zylinderanzahl	10
Gegenhalter	51, 54	Zylinderkopf	13
Montage-Einsätze	50		
Montagewerkzeug	53		
Niederhalter	50		
Steckschlüssel	50		
Ventilprüfadapter	51		