

Konrad Reif (Hrsg.)

Moderne Diesel- Einspritzsysteme

Common Rail und Einzelzylindersysteme

Mit 133 Abbildungen

Bosch Fachinformation Automobil



**VIEWEG+
TEUBNER**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Der Inhalt dieses Buches erschien bisher unter den Titeln:
Diesel-Speichereinspritzsystem Common Rail
Diesel-Einspritzsysteme Unit Injector System und Unit Pump System
herausgegeben von der Robert Bosch GmbH, Plochingen

1. Auflage 2010

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2010

Lektorat: Christian Kannenberg | Elisabeth Lange

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.viewegteubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Technische Redaktion: Gabriele McLemore

Satz: FROMM MediaDesign, Selters/Ts.

Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-1312-1

Vorwort

Die Technik im Kraftfahrzeug hat sich in den letzten Jahrzehnten stetig weiterentwickelt. Der Einzelne, der beruflich mit dem Thema beschäftigt ist, muss immer mehr tun, um mit diesen Neuerungen Schritt zu halten. Mittlerweile spielen viele neue Themen der Wissenschaft und Technik in Kraftfahrzeugen eine große Rolle. Dies sind nicht nur neue Themen aus der klassischen Fahrzeug- und Motorentechnik, sondern auch aus der Elektronik und aus der Informationstechnik. Diese Themen sind zwar für sich in unterschiedlichen Publikationen gedruckt oder im Internet dokumentiert, also prinzipiell für jeden verfügbar; jedoch ist für jemanden, der sich neu in ein Thema einarbeiten will, die Fülle der Literatur häufig weder überblickbar noch in der dafür verfügbaren Zeit lesbar. Aufgrund der verschiedenen beruflichen Tätigkeiten in der Automobil- und Zulieferindustrie sind zudem unterschiedlich tiefe Ausführungen gefragt.

Gerade heute ist es so wichtig wie früher: Wer die Entwicklung mit gestalten will, muss sich mit den grundlegenden wichtigen Themen gut auskennen. Hierbei sind nicht nur die Hochschulen mit den Studienangeboten und die Arbeitgeber mit Weiterbildungsmaßnahmen in der Pflicht. Der rasche Technologiewechsel zwingt zum lebenslangen Lernen, auch in Form des Selbststudiums.

Hier setzt die Schriftenreihe „Bosch Fachinformation Automobil“ an. Sie bietet eine umfassende und einheitliche Darstellung wichtiger Themen aus der Kraftfahrzeugtechnik in kompakter, verständlicher und praxisrelevanter Form. Dies ist dadurch möglich, dass die Inhalte von Fachleuten verfasst wurden, die in den Entwicklungsabteilungen von Bosch an genau den dargestellten Themen arbeiten. Die Schriftenreihe ist so gestaltet, dass sich auch ein Leser zurechtfindet, für den das Thema neu ist. Die Kapitel sind in einer Zeit lesbar, die auch ein sehr beschäftigter Arbeitnehmer dafür aufbringen kann.

Die Basis der Reihe sind die fünf bewährten, gebundenen Fachbücher. Sie ermöglichen einen umfassenden Einblick in das jeweilige Themengebiet. Anwendungsbezogene Darstellungen, anschauliche und aufwendig gestaltete Bilder ermöglichen den leichten Einstieg. Für den Bedarf an inhaltlich enger zugeschnittenen Themenbereichen bietet die siebenbändige broschiierte Reihe das richtige Angebot. Mit deutlich reduziertem Umfang, aber gleicher detaillierter Darstellung, ist das Hintergrundwissen zu konkreten Aufgabenstellungen professionell erklärt. Die schnelle Bereitstellung zielgerichteter Information zu thematisch abgegrenzten Wissensgebieten sind das Kennzeichen der 92 Einzelkapitel, die als pdf-Download zur sofortigen Nutzung bereitstehen. Eine individuelle Auswahl ermöglicht die Zusammenstellung nach eigenem Bedarf.

Im Laufe der Neukonzeption dieser Schriftenreihe ist es nicht möglich, alle Produkte gleichzeitig inhaltlich neu zu bearbeiten. Dies geschieht demnach Zug um Zug.

Der vorliegende Band „Moderne Diesel-Einspritzsysteme“ behandelt die Einspritzsysteme „Common Rail“ und „Unit Pump System“ (Pumpe-Düse) und „Unit Injector System“ (Pumpe-Leitung-Düse) einschließlich Kraftstoffversorgung, Hochdruckkomponenten und -verbindungen, Einspritzdüsen, Regelung und Diagnose. Er setzt sich aus den früheren gelben Heften „Diesel-Speichereinspritzsystem Common Rail“ und „Diesel-Einspritzsysteme Unit Injector System und Unit Pump System“ in der bisherigen Form zusammen. Eine inhaltliche Neubearbeitung wird folgen. Neu erstellt wurde das Stichwortverzeichnis, um die Inhalte dieses Buchs rasch zu erschließen.

Inhaltsverzeichnis

Systemübersicht Common Rail

Anwendungsgebiete	10
Aufbau	11
Arbeitsweise	12
Common Rail System für Pkw	16
Common Rail System für Nkw	21

Kraftstoffversorgung Niederdruckteil

Übersicht	24
Kraftstoffpumpe	26
Kraftstofffilter	30

Hochdruckkomponenten des Common Rail Systems

Übersicht	32
Injektor	34
Hochdruckpumpen	45
Rail (Hochdruckspeicher)	54
Hochdrucksensoren	55
Druckregelventil	56
Druckbegrenzungsventil	57

Einspritzdüsen

Lochdüsen	60
Weiterentwicklung der Düse	64

Hochdruckverbindungen

Hochdruckanschlüsse	66
Hochdruck-Kraftstoffleitungen	67

Elektronische Dieselregelung EDC für Common Rail

Systemübersicht	70
Common Rail System für Pkw	72
Common Rail System für Nkw	73
Datenverarbeitung	74
Regelung der Einspritzung	76
Lambda-Regelung für Pkw-Dieselmotoren	84
Momentengeführte EDC-Systeme	89
Datenaustausch mit anderen Systemen	92
Serielle Datenübertragung mit CAN	93

Diagnose

Überwachung im Fahrbetrieb (On-Board-Diagnose)	94
On Board Diagnostic System für Pkw und leichte Nkw	97
Diagnose in der Werkstatt	98
Diagnosefunktionen	100

Diesel-Einspritzsysteme im Überblick

Bauarten	102
Diesel-Einspritzsysteme im Überblick	107

Systemübersicht der Einzelzylinder-Systeme

Einzeleinspritzpumpen PF	108
Unit Injector System UIS und Unit Pump System UPS	110
Systembild UIS für Pkw	112
Systembild UIS/UPS für Nkw	114

Unit Injector System UIS

Einbau und Antrieb	116
Aufbau	117
Arbeitsweise des UI für Pkw	120
Arbeitsweise des UI für Nkw	123
Hochdruckmagnetventil	125
Diesel-Einspritz-Geschichte	127

Unit Pump System UPS

Einbau und Antrieb	128
Aufbau	128
Stromgeregelte Einspritzverlaufsformung CCRS	130
Dimensionen der Diesel-Einspritztechnik	131

Kraftstoffsystem (Niederdruck)

Übersicht	132
Tankeinbaueinheit	133
Kraftstoffpumpe	134
Kraftstoffrücklauf	136
Kraftstoffverteilung	137
Weitere Komponenten	137
Filtrationseffekte	139

Elektronische Dieselregelung EDC für Unit Injector System

Systemübersicht	140
Unit Injector System UIS für Pkw	142
Unit Injector System UIS und Unit Pump System UPS für Nkw	143
Regelung der Einspritzung	144
Prinzipieller Ablauf der Elektronischen Dieselregelung	152
Momentengeführte EDC-Systeme	153
Zylindererkennung	156
Lambda-Regelung für Pkw-Dieselmotoren	158

Abgasemissionen

Entstehung von Schadstoffen	162
Innere motorische Emissionsminderung	164
Abkürzungen	168
Sachwortverzeichnis	170

Autorenverzeichnis

Diesel-Speichereinspritzsystem Common Rail

Autoren

Dipl.-Ing. Felix Landhäußer,
 Dr.-Ing. Ulrich Projahn,
 Dipl.-Inform. Michael Heinzlmann,
 Dr.-Ing. Ralf Wirth (Common Rail System),
 Ing. grad. Peter Schelhas,
 Dipl.-Ing. Klaus Ortner (Kraftstoffpumpen),
 Dr.-Ing. Juan Luis Hernández Carabias
 (Kraftstofffilter),
 Dipl.-Ing. Sandro Soccol,
 Dirk Dörhöfer (Hochdruckpumpen),
 Ing. Herbert Strahberger,
 Ing. Helmut Sattmann (Rail und Anbau-
 komponenten),
 Dipl.-Ing. Thilo Klam,
 Dipl.-Ing. (FH) Andreas Rettich,
 Dr. techn. David Holzer,
 Dipl.-Ing. (FH) Andreas Koch (Magnetventil-
 Injektoren),
 Dr.-Ing. Patrick Mattes (Piezo-Inline-Injektor),
 Dipl.-Ing. Thomas Kügler (Einspritzdüsen),
 Dipl.-Ing. (FH) Mikel Lorente Susaeta,
 Dipl.-Ing. Martin Grosser,
 Dr.-Ing. Andreas Michalske (Elektronische
 Dieselregelung),
 Dr.-Ing. Günter Driedger,
 Dr. rer. nat. Walter Lehle,
 Dipl.-Ing. Wolfgang Schauer,
 Rainer Heinzmann (Diagnose)

Diesel-Einspritzsysteme Unit Injector System und Unit Pump System

Autoren und Mitwirkende

Dipl.-Ing. (HU) Carlos Alvarez-Avila,
 Dipl.-Ing. Guilherme Bittencourt,
 Dr. rer. nat. Carlos Blasco Remacha,
 Dr.-Ing. Günter Driedger,
 Dipl.-Ing. Stefan Eymann,
 Dipl.-Ing. Alessandro Fauda,
 Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Matthias Hickl,
 Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hirt,
 Dipl.-Ing. (FH) Guido Kampa,
 Dipl.-Betriebsw. Meike Keller,
 Dr. rer. nat. Walter Lehle,
 Dipl.-Ing. Rainer Merkle,
 Dipl.-Ing. Roger Potschin,
 Dr.-Ing. Ulrich Projahn,
 Dr. rer. nat. Andreas Rebmann,
 Dipl.-Ing. Walter Reinisch,
 Dipl.-Ing. Nestor Rodriguez-Amaya,
 Dipl.-Ing. Friedemann Weber,
 Dipl.-Ing. (FH) Willi Weippert,
 Dipl.-Ing. Ralf Wurm

Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich um Mitarbeiter der Robert Bosch GmbH, Stuttgart.

Systemübersicht Common Rail

Die Anforderungen an die Einspritzsysteme des Dieselmotors steigen ständig. Höhere Drücke, schnellere Schaltzeiten und eine flexible Anpassung des Einspritzverlaufs an den Betriebszustand des Motors machen den Dieselmotor sparsam, sauber und leistungsstark. So haben Dieselmotoren auch den Einzug in die automobile Oberklasse gefunden.

Eines dieser hoch entwickelten Einspritzsysteme ist das Speichereinspritzsystem Common Rail (CR). Der Hauptvorteil des Common Rail Systems liegt in den großen Variationsmöglichkeiten bei der Gestaltung des Einspritzdrucks und der Einspritzzeitpunkte. Dies wird durch die Entkopplung von Druckerzeugung (Hochdruckpumpe) und Einspritzung (Injektoren) erreicht. Als Druckspeicher dient dabei das Rail.

Anwendungsgebiete

Das Speichereinspritzsystem Common Rail für Motoren mit Diesel-Direkteinspritzung (Direct Injection, DI) wird in folgenden Fahrzeugen eingesetzt:

- Pkw mit sehr sparsamen Dreizylinder-Motoren von 0,8 l Hubraum, 30 kW (41 PS) Leistung, 100 Nm Drehmoment und einem Kraftstoffverbrauch von 3,5 l/100 km bis hin zu Achtzylinder-Motoren in Oberklassefahrzeugen mit ca. 4 l Hubraum, 180 kW (245 PS) Leistung und 560 Nm Drehmoment.
- Leichte Nkw mit Leistungen bis 30 kW/Zylinder sowie
- schwere Nkw bis hin zu Lokomotiven und Schiffen mit Leistungen bis ca. 200 kW/Zylinder.

1 Speichereinspritzsystem Common Rail an einem Fünfzylinder-Dieselmotor

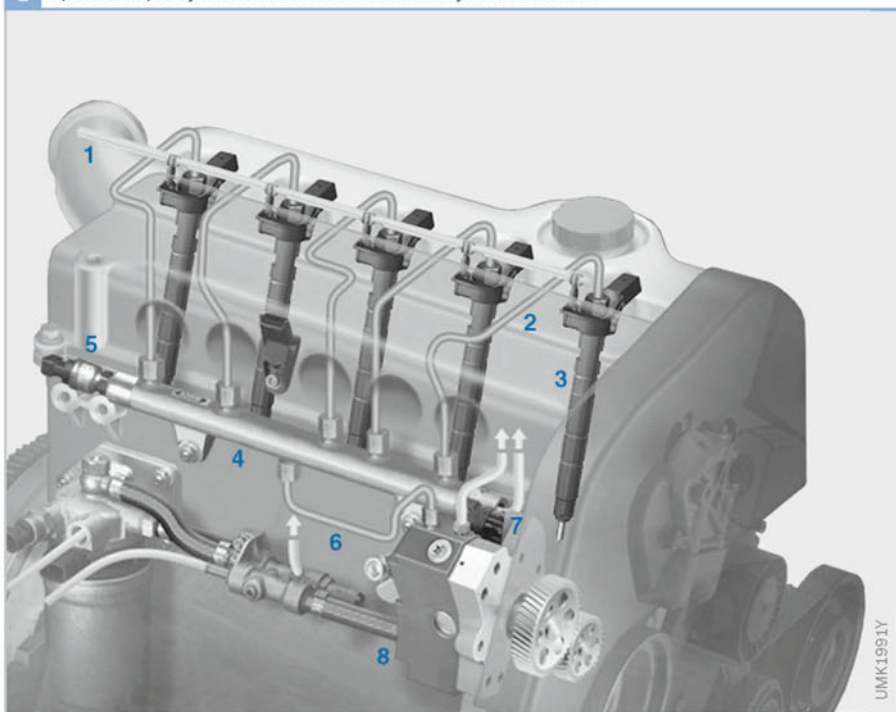


Bild 1

- 1 Kraftstoff-Rückleitung
- 2 Hochdruck-Kraftstoffleitung zum Injektor
- 3 Injektor
- 4 Rail
- 5 Raildrucksensor
- 6 Hochdruck-Kraftstoffleitung zum Rail
- 7 Kraftstoff-Rücklauf
- 8 Hochdruckpumpe

Das Common Rail System bietet eine hohe Flexibilität zur Anpassung der Einspritzung an den Motor. Das wird erreicht durch:

- ▶ Hohen Einspritzdruck bis ca. 1800 bar, zukünftig bis 2000 bar.
- ▶ An den Betriebszustand angepassten Einspritzdruck (200...1800 bar).
- ▶ Variablen Einspritzbeginn.
- ▶ Möglichkeit mehrerer Vor- und Nach-einspritzungen (selbst sehr späte Nach-einspritzungen sind möglich).

Damit leistet das Common Rail System einen Beitrag zur Erhöhung der spezifischen Leistung, zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs sowie zur Verringerung der Geräuschemission und des Schadstoffausstoßes von Dieselmotoren.

Common Rail ist heute für moderne schnell laufende Pkw-DI-Motoren das am häufigsten eingesetzte Einspritzsystem.

Aufbau

Das Common Rail System besteht aus folgenden Hauptgruppen (Bilder 1 und 2):

- ▶ Niederdruckteil mit den Komponenten der Kraftstoffversorgung,
- ▶ Hochdruckteil mit den Komponenten Hochdruckpumpe, Rail, Injektoren und Hochdruck-Kraftstoffleitungen,
- ▶ Elektronische Dieselregelung (EDC) mit den Systemblöcken Sensoren, Steuergerät und Stellglieder (Aktoren).

Kernbestandteile des Common Rail Systems sind die Injektoren. Sie enthalten ein schnell schaltendes Ventil (Magnetventil oder Piezosteller), über das die Einspritzdüse geöffnet und geschlossen wird. So kann der Einspritzvorgang für jeden Zylinder einzeln gesteuert werden.

2 Systembereiche einer Motorsteuerung mit Common Rail Einspritzsystem

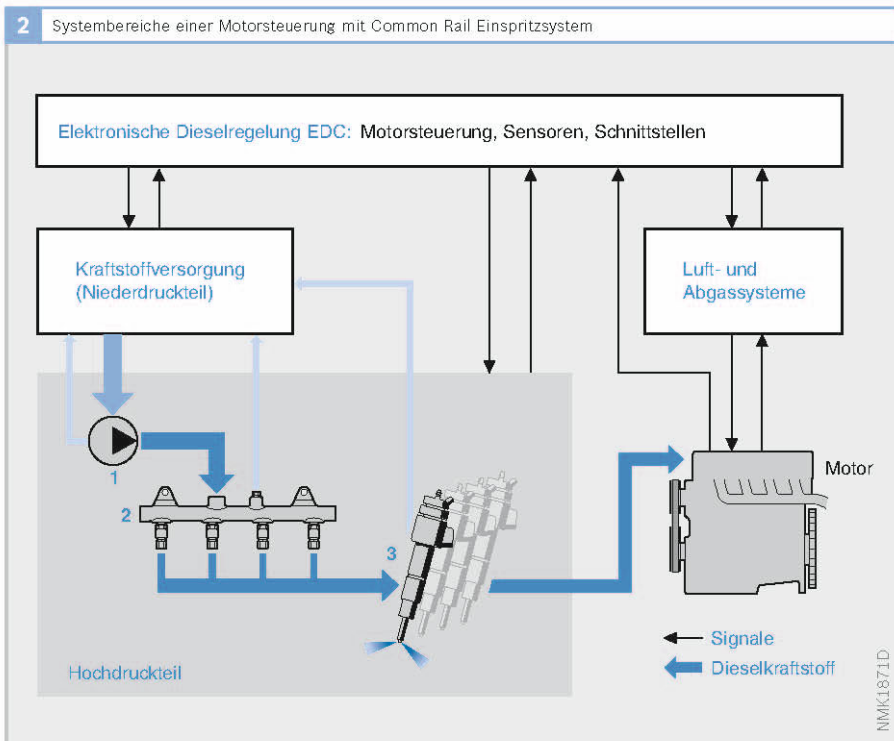


Bild 2

- 1 Hochdruckpumpe
- 2 Rail
- 3 Injektoren

Die Injektoren sind gemeinsam am Rail angeschlossen. Daher leitet sich der Name „Common Rail“ (englisch für „gemeinsame Schiene/Rohr“) ab.

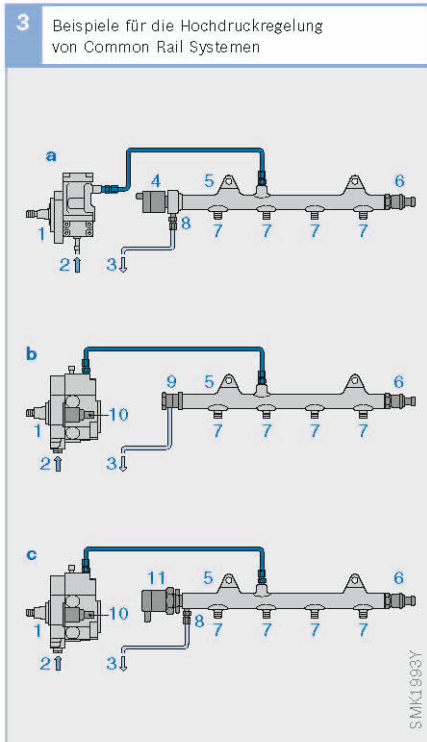
Kennzeichnend für das Common Rail System ist, dass der Systemdruck abhängig vom Betriebspunkt des Motors eingestellt werden kann. Die Einstellung des Drucks erfolgt über das Druckregelventil oder über die Zumesseinheit (Bild 3).

Der modulare Aufbau des Common Rail Systems erleichtert die Anpassung an die verschiedenen Motoren.

Bild 3

- a. Hochdruckseitige Druckregelung mit Druckregelventil für Pkw-Anwendung
- b. Saugseitige Druckregelung mit an der Hochdruckpumpe angeflanschter Zumesseinheit (für Pkw und Nkw)
- c. Saugseitige Druckregelung mit Zumesseinheit und zusätzliche Regelung mit Druckregelventil (für Pkw)

- 1 Hochdruckpumpe
- 2 Kraftstoffzulauf
- 3 Kraftstoffrücklauf
- 4 Druckregelventil
- 5 Rail
- 6 Raildrucksensor
- 7 Anschluss Injektor
- 8 Anschluss Kraftstoffrücklauf
- 9 Druckbegrenzungsventil
- 10 Zumesseinheit
- 11 Druckregelventil



Arbeitsweise

Beim Speichereinspritzsystem Common Rail sind Druckerzeugung und Einspritzung entkoppelt. Der Einspritzdruck wird unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt. Die Elektronische Dieselregelung (EDC) steuert die einzelnen Komponenten an.

Druckerzeugung

Die Entkopplung von Druckerzeugung und Einspritzung geschieht mithilfe eines Speichervolumens. Der unter Druck stehende Kraftstoff steht im Speichervolumen des „Common Rail“ für die Einspritzung bereit.

Eine vom Motor angetriebene, kontinuierlich arbeitende Hochdruckpumpe baut den gewünschten Einspritzdruck auf. Sie erhält den Druck im Rail weitgehend unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge aufrecht. Wegen der nahezu gleichförmigen Förderung kann die Hochdruckpumpe deutlich kleiner und mit geringerem Spitzenantriebsmoment ausgelegt sein als bei konventionellen Einspritzsystemen. Das hat auch eine deutliche Entlastung des Pumpenantriebes zur Folge.

Die Hochdruckpumpe ist als Radialkolbenpumpe, bei Nkw teilweise auch als Reihenpumpe ausgeführt.

Druckregelung

Je nach System kommen unterschiedliche Verfahren der Druckregelung zur Anwendung.

Hochdruckseitige Regelung

Bei Pkw-Systemen wird der gewünschte Raildruck über ein Druckregelventil hochdruckseitig geregelt (Bild 3a, Pos. 4). Nicht für die Einspritzung benötigter Kraftstoff fließt über das Druckregelventil in den Niederdruckkreis zurück. Diese Regelung ermöglicht eine schnelle Anpassung des Raildrucks bei Änderung des Betriebspunkts (z. B. bei Lastwechsel).

Die hochdruckseitige Regelung wurde bei den ersten Common Rail Systemen angewandt. Das Druckregelventil ist vorzugsweise am Rail, bei einzelnen Anwendungen direkt an der Hochdruckpumpe angebaut.

Saugseitige Mengenregelung

Eine weitere Möglichkeit, den Raildruck zu regeln, besteht in der saugseitigen Mengenregelung (Bild 3b). Die an der Hochdruckpumpe angeflanschte Zumesseinheit (10) sorgt dafür, dass die Pumpe exakt die Kraftstoffmenge in das Rail fördert, mit welcher der vom System geforderte Einspritzdruck aufrechterhalten wird. Ein Druckbegrenzungsventil (9) verhindert im Fehlerfall einen unzulässig hohen Anstieg des Raildrucks.

Mit der saugseitigen Mengenregelung ist die auf Hochdruck verdichtete Kraftstoffmenge und somit auch die Leistungsaufnahme der Pumpe geringer. Das wirkt sich positiv auf den Kraftstoffverbrauch aus. Außerdem wird die Temperatur des in den Kraftstoffbehälter rücklaufenden Kraftstoffs gegenüber der hochdruckseitigen Regelung reduziert.

Zweistellersystem

Das Zweistellersystem (Bild 3c) mit der saugseitigen Druckregelung über die Zumesseinheit und der hochdruckseitigen Regelung über das Druckregelventil kombiniert die Vorteile von hochdruckseitiger Regelung und saugseitiger Mengenregelung (s. Abschnitt „Common Rail System für Pkw“).

Einspritzung

Die Injektoren spritzen den Kraftstoff direkt in den Brennraum des Motors ein. Sie werden über kurze Hochdruck-Kraftstoffleitungen aus dem Rail versorgt. Das Motorsteuergerät steuert das im Injektor integrierte Schaltventil an, das die Einspritzdüse öffnet und wieder schließt. Öffnungsdauer des Injektors und Systemdruck bestimmen die eingebrachte Kraftstoffmenge. Sie ist bei konstantem Druck

proportional zur Einschaltzeit des Schaltventils und damit unabhängig von der Motor- bzw. Pumpendrehzahl (zeitgesteuerte Einspritzung).

Hydraulisches Leistungspotenzial

Die Trennung der Funktionen Druckerzeugung und Einspritzung eröffnet gegenüber konventionellen Einspritzsystemen einen weiteren Freiheitsgrad bei der Verbrennungsentwicklung: der Einspritzdruck kann im Kennfeld weitgehend frei gewählt werden. Der maximale Einspritzdruck beträgt derzeit 1800 bar.

Das Common Rail System ermöglicht mit Voreinspritzungen bzw. Mehrfacheinspritzungen eine weitere Absenkung von Abgasemissionen und reduziert deutlich das Verbrennungsgeräusch. Mit mehrmaligem Ansteuern des äußerst schnellen Schaltventils lassen sich Mehrfacheinspritzungen mit bis zu fünf Einspritzungen pro Einspritzzyklus erzeugen. Die Düsennadel schließt mit hydraulischer Unterstützung und sichert so ein rasches Spritzende.

Steuerung und Regelung

Arbeitsweise

Das Motorsteuergerät erfasst mithilfe der Sensoren die Fahrpedalstellung und den aktuellen Betriebszustand von Motor und Fahrzeug (siehe auch Kapitel „Elektronische Dieselregelung“). Dazu gehören unter anderem:

- ▶ Kurbelwellendrehzahl und -winkel,
- ▶ Raildruck,
- ▶ Ladedruck,
- ▶ Ansaugluft-, Kühlmittel- und Kraftstofftemperatur,
- ▶ angesaugte Luftmasse,
- ▶ Fahrgeschwindigkeit usw.

Das Steuergerät wertet die Eingangssignale aus und berechnet verbrennungssynchron die Ansteuersignale für das Druckregelventil oder die Zumesseinheit, die Injektoren und die übrigen Stellglieder (z. B. Abgasrückführventil, Steller des Turboladers).

Die erforderlichen kurzen Schaltzeiten für die Injektoren lassen sich mit den optimierten Hochdruckschaltventilen und einer speziellen Ansteuerung erreichen.

Das Winkel-Zeit-System gleicht den Einspritzzeitpunkt mit den Daten des Kurbel- und Nockenwellensensors an den Motorzustand an (Zeitsteuerung). Die Elektronische Dieselregelung (EDC) erlaubt es, die Einspritzmenge exakt zu dosieren. Außerdem bietet die EDC das Potenzial für weitere Zusatzfunktionen, die das Fahrverhalten verbessern und den Komfort erhöhen.

Grundfunktionen

Die Grundfunktionen steuern die Einspritzung von Dieseldieselkraftstoff zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Menge und mit dem vorgegebenen Druck. Sie sichern damit einen verbrauchsgünstigen und ruhigen Lauf des Dieselmotors.

Korrekturfunktionen für die Einspritzberechnung

Um Toleranzen von Einspritzsystem und Motor auszugleichen, stehen eine Reihe von Korrekturfunktionen zur Verfügung (s. Kapitel „Elektronische Dieselregelung“):

- ▶ Injektormengenabgleich,
- ▶ Nullmengenkalibrierung,
- ▶ Mengenausgleichsregelung,
- ▶ Mengenmittelwertadaption.

Zusatzfunktionen

Zusätzliche Steuer- und Regelfunktionen dienen einer Reduzierung der Abgasemissionen und des Kraftstoffverbrauchs oder erhöhen die Sicherheit und den Komfort. Beispiele dafür sind:

- ▶ Regelung der Abgasrückführung,
- ▶ Ladedruckregelung,
- ▶ Fahrgeschwindigkeitsregelung,
- ▶ elektronische Wegfahrsperre usw.

Die Integration der EDC in ein Fahrzeug-Gesamtsystem eröffnet ebenfalls eine Reihe neuer Möglichkeiten, z. B. Datenaustausch mit der Getriebesteuerung oder der Klimaregelung.

Eine Diagnoseschnittstelle erlaubt die Auswertung der gespeicherten Systemdaten bei der Fahrzeuginspektion.

Steuergerätekonfiguration

Da das Motorsteuergerät in der Regel nur bis zu acht Endstufen für die Injektoren besitzt, werden für Motoren mit mehr als acht Zylindern zwei Motorsteuergeräte eingesetzt. Sie sind über eine sehr schnelle interne CAN-Schnittstelle im „Master Slave“-Verbund gekoppelt. Dadurch steht auch mehr Mikrocontrollerkapazität zur Verfügung. Einige Funktionen sind jeweils fest einem Steuergerät zugeordnet (z. B. Mengenausgleichsregelung). Andere können bei der Konfiguration flexibel einem Steuergerät zugeordnet werden (z. B. die Erfassung von Sensoren).

► Dieselboom in Europa

Einsatz des Dieselmotors

Zu Beginn der Automobilgeschichte war der Ottomotor das Antriebsaggregat für Straßenfahrzeuge. Im Jahr 1927 wurden schließlich die ersten Nkw, 1936 dann auch Pkw mit Dieselmotoren ausgeliefert.

Im Nkw-Bereich konnte sich der Dieselmotor aufgrund seiner Wirtschaftlichkeit und Langlebigkeit durchsetzen. Im Pkw-Bereich hingegen führte der Dieselmotor lange Zeit noch ein Schattendasein. Erst mit den direkt einspritzenden modernen Dieselmotoren mit Aufladung – das Prinzip der Direkteinspritzung wurde schon bei den ersten Nkw-Dieselmotoren angewandt – hat sich das Erscheinungsbild des Diesels gewandelt. Mittlerweile liegt der Diesel-Anteil an neu zugelassenen Pkw in Europa bei annähernd 50%.

Merkmale des Dieselmotors

Was zeichnet den Dieselmotor der Gegenwart aus, dass er in Europa einen derartigen Boom erlebt?

Wirtschaftlichkeit

Zum einen ist der Kraftstoffverbrauch gegenüber vergleichbaren Ottomotoren immer noch geringer – das ergibt sich aus dem höheren Wirkungsgrad des Dieselmotors. Zum anderen werden Dieseldieselkraftstoffe in vielen europäischen Ländern geringer besteuert. Für Vielfahrer ist der Diesel somit trotz des höheren Anschaffungspreises die wirtschaftlichere Alternative.

Fahrspaß

Nahezu alle aktuellen Dieselmodelle arbeiten mit Aufladung. Dadurch kann schon im niedrigen Drehzahlbereich eine hohe Zylinderfüllung erreicht werden. Entsprechend hoch kann auch die zugemessene Kraftstoffmenge sein, wodurch der Motor ein hohes Drehmoment erzeugt. Daraus ergibt sich ein Drehmomentverlauf, der das Fahren mit hohem Drehmoment schon bei niedrigen Drehzahlen ermöglicht.

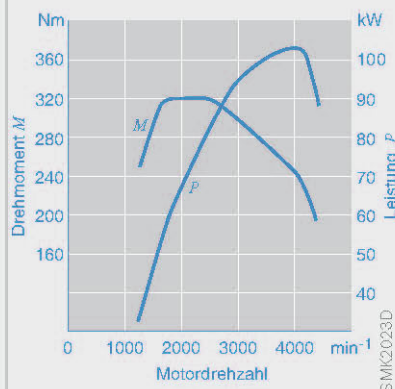
Das Drehmoment – und nicht etwa die Motorleistung – ist entscheidend für die Durchzugskraft des Motors. Im Vergleich zu einem Ottomotor ohne Aufladung kann auch mit einem leistungsschwächeren Dieselmotor mehr „Fahrspaß“ erreicht werden. Das Image des „lahmen Stinkers“ trifft auf Dieselfahrzeuge der neuen Generationen nicht mehr zu.

Umweltverträglichkeit

Die Rauchschwaden, die Dieselfahrzeuge früher im höheren Lastbetrieb produzierten, gehören der Vergangenheit an. Möglich wurde das durch verbesserte Einspritzsysteme und die Elektronische Diesele Regelung (EDC). Die Kraftstoffmenge kann mit diesen Systemen exakt dosiert und an den Motorbetriebspunkt und die Umgebungsbedingungen angepasst werden. Mit dieser Technik werden die aktuell gültigen Abgasnormen erfüllt.

Oxidationskatalysatoren, die Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) aus dem Abgas entfernen, sind beim Dieselmotor Standard. Mit weiteren Systemen zur Abgasnachbehandlung, wie z.B. Partikelfilter und NO_x-Speicher-katalysatoren, werden auch zukünftige verschärfte Abgasnormen erfüllt – auch die Normen der US-Gesetzgebung.

► Typischer Drehmoment- und Leistungsverlauf eines Pkw-Dieselmotors



Common Rail System für Pkw

Kraftstoffversorgung

Bei Common Rail Systemen für Pkw kommen für die Förderung des Kraftstoffs zur Hochdruckpumpe Elektrokraftstoffpumpen oder Zahnradpumpen zur Anwendung.

Systeme mit Elektrokraftstoffpumpe

Die Elektrokraftstoffpumpe – als Bestandteil der Tankeinbaueinheit im Kraftstoffbehälter eingesetzt (Intank) oder in der Kraftstoffzuleitung verbaut (Inline) – saugt den Kraftstoff über ein Vorfilter an und fördert ihn mit einem Druck von 6 bar zur Hochdruckpumpe (Bild 3). Die maximale Förderleistung beträgt 190 l/h. Um einen schnellen Motorstart zu gewährleisten, schaltet die Pumpe schon bei Drehen des Zündschlüssels ein. Damit ist sichergestellt, dass bei Motorstart der nötige Druck im Niederdruckkreis vorhanden ist.

In der Zuleitung zur Hochdruckpumpe ist der Kraftstofffilter (Feinfilter) eingebaut.

Systeme mit Zahnradpumpe

Die Zahnradpumpe ist an die Hochdruckpumpe angeflanscht und wird von deren Antriebswelle mit angetrieben (Bilder 1 und 2). Somit fördert die Zahnradpumpe erst bei Starten des Motors. Die Förderleistung ist abhängig von der Motordrehzahl und beträgt bis zu 400 l/h bei einem Druck bis zu 7 bar.

Im Kraftstoffbehälter ist ein Kraftstoff-Vorfilter eingebaut. Der Feinfilter befindet sich in der Zuleitung zur Zahnradpumpe.

Kombinationssysteme

Es gibt auch Anwendungen, die beide Pumpenarten einsetzen. Die Elektrokraftstoffpumpe sorgt insbesondere bei einem Heißstart für ein verbessertes Startverhalten, da die Förderleistung der Zahnradpumpe bei heißem und damit dünnflüssigerem Kraftstoff und niedriger Pumpendrehzahl verringert ist.

Hochdruckregelung

Beim Common Rail System der ersten Generation erfolgt die Regelung des Raildrucks über das Druckregelventil. Die Hochdruckpumpe (Ausführung CP1) fördert unabhängig vom Kraftstoffbedarf die maximale Fördermenge, das Druckregelventil führt überschüssig geförderten Kraftstoff in den Kraftstoffbehälter zurück.

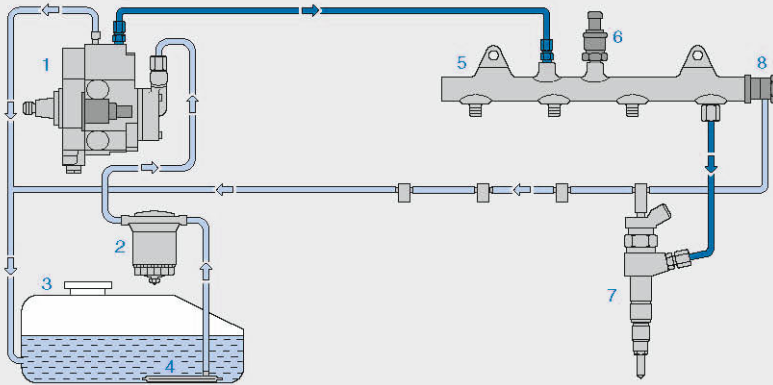
Das Common Rail System der zweiten Generation regelt den Raildruck niederdruckseitig über die Zumesseinheit (Bilder 1 und 2). Die Hochdruckpumpe (Ausführung CP3 und CP1H) muss nur die Kraftstoffmenge fördern, die der Motor tatsächlich benötigt. Der Energiebedarf der Hochdruckpumpe und damit der Kraftstoffverbrauch sind dadurch geringer.

Das Common Rail System der dritten Generation ist durch die Piezo-Inline-Injektoren gekennzeichnet (Bild 3).

Wenn der Druck nur auf der Niederdruckseite eingestellt werden kann, dauert bei schnellen negativen Lastwechseln der Druckabbau im Rail zu lange. Die Dynamik für die Druckanpassung an die veränderten Lastbedingungen ist zu träge. Dies ist insbesondere bei Piezo-Inline-Injektoren aufgrund der nur geringen inneren Leckagen der Fall. Einige Common Rail Systeme enthalten deshalb neben der Hochdruckpumpe mit Zumesseinheit zusätzlich ein Druckregelventil (Bild 3). Mit diesem Zweistellersystem werden die Vorteile der niederdruckseitigen Regelung mit dem günstigen dynamischen Verhalten der hochdruckseitigen Regelung kombiniert.

Ein weiterer Vorteil gegenüber der ausschließlich niederdruckseitigen Regelung ergibt sich dadurch, dass bei kaltem Motor eine hochdruckseitige Regelung vorgenommen werden kann. Die Hochdruckpumpe fördert somit mehr Kraftstoff als eingespritzt wird, die Druckregelung erfolgt über das Druckregelventil. Der Kraftstoff wird durch die Komprimierung erwärmt, wodurch auf eine zusätzliche Kraftstoffheizung verzichtet werden kann.

1 Beispiel für ein Common Rail System der zweiten Generation für einen Vierzylindermotor

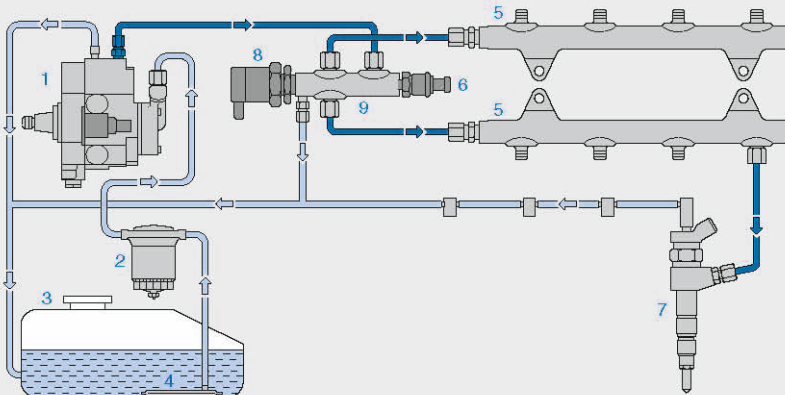


SMK2017Y

Bild 1

- 1 Hochdruckpumpe CP3 mit angebauter Zahnrad-Vorförderpumpe und Zumesseinheit
- 2 Kraftstofffilter mit Wasserabscheider und Heizung (optional)
- 3 Kraftstoffbehälter
- 4 Vorfilter
- 5 Rail
- 6 Raildrucksensor
- 7 Magnetventil-Injektor
- 8 Druckbegrenzungsventil

2 Beispiel für ein Common Rail System der zweiten Generation mit Zweistellersystem für einen V8-Motor

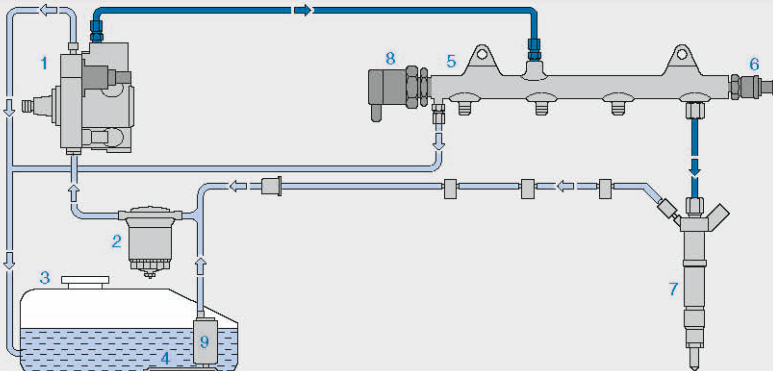


SMK2018Y

Bild 2

- 1 Hochdruckpumpe CP3 mit angebauter Zahnrad-Vorförderpumpe und Zumesseinheit
- 2 Kraftstofffilter mit Wasserabscheider und Heizung (optional)
- 3 Kraftstoffbehälter
- 4 Vorfilter
- 5 Rail
- 6 Raildrucksensor
- 7 Magnetventil-Injektor
- 8 Druckregelventil
- 9 Funktionsblock (Verteiler)

3 Beispiel für ein Common Rail System der dritten Generation mit Zweistellersystem für einen Vierzylindermotor



SMK2019Y

Bild 3

- 1 Hochdruckpumpe CP1H mit Zumesseinheit
- 2 Kraftstofffilter mit Wasserabscheider und Heizung (optional)
- 3 Kraftstoffbehälter
- 4 Vorfilter
- 5 Rail
- 6 Raildrucksensor
- 7 Piezo-Inline-Injektor
- 8 Druckregelventil
- 9 Elektrokraftstoffpumpe

Systembild Pkw

Bild 4 zeigt alle Komponenten eines Common Rail Systems für einen Vierzylinder-Pkw-Dieselmotor mit Volllausstattung. Je nach Fahrzeugtyp und Einsatzart kommen einzelne Komponenten nicht zur Anwendung.

Um eine übersichtlichere Darstellung zu erhalten, sind die Sensoren und Sollwertgeber (A) nicht an ihrem Einbauort dargestellt. Ausnahme bilden die Sensoren der Abgasnachbehandlung (F) und der Raildrucksensor, da ihre Einbauposition zum Verständnis der Anlage notwendig ist.

Bild 4

Motor, Motorsteuerung und Hochdruck-Einspritzkomponenten

- 17 Hochdruckpumpe
- 18 Zumesseinheit
- 25 Motorsteuergerät
- 26 Rail
- 27 Raildrucksensor
- 28 Druckregelventil (DRV-2)
- 29 Injektor
- 30 Glühstiftkerze
- 31 Dieselmotor (DI)
- M** Drehmoment

A Sensoren und Sollwertgeber

- 1 Fahrpedalsensor
- 2 Kupplungsschalter
- 3 Bremskontakte (2)
- 4 Bedienteil für Fahrgeschwindigkeitsregler
- 5 Glüh-Start-Schalter („Zündschloss“)
- 6 Fahrgeschwindigkeitssensor
- 7 Kurbelwellendrehzahlsensor (induktiv)
- 8 Nockenwellendrehzahlsensor (Induktiv- oder Hall-Sensor)
- 9 Motortemperatursensor (im Kühlmittelkreislauf)
- 10 Ansauglufttemperatursensor
- 11 Ladedrucksensor
- 12 Heißfilm-Luftmassenmesser (Ansaugluft)

B Schnittstellen

- 13 Kombiinstrument mit Signalausgabe für Kraftstoffverbrauch, Drehzahl usw.
- 14 Klimakompressor mit Bedienteil

Über den CAN-Bus im Bereich „Schnittstellen“ (B) ist der Datenaustausch zu den verschiedensten Bereichen möglich:

- Starter,
- Generator,
- elektronische Wegfahrsperre,
- Getriebesteuerung,
- Antriebsschlupfregelung (ASR) und
- Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP).

Auch das Kombiinstrument (13) und die Klimaanlage (14) können über den CAN-Bus angeschlossen sein.

Für die Abgasnachbehandlung werden zwei mögliche Kombinationssysteme aufgeführt. Ein DPF-System (a) und ein Kombinationssystem (b) mit NO_x-Speicherkatalysator und Diesel-Partikelfilter (DPF).

- 15 Diagnoseschnittstelle
- 16 Glühzeitsteuergerät
- CAN Controller Area Network
(serieller Datenbus im Kraftfahrzeug)

C Kraftstoffversorgung (Niederdruckteil)

- 19 Kraftstofffilter mit Überströmventil
- 20 Kraftstoffbehälter mit Vorfilter und Elektrokraftstoffpumpe, EKP (Vorförderpumpe)
- 21 Füllstandsensor

D Additivsystem

- 22 Additivdosiereinheit
- 23 Additiv-Control-Steuergerät
- 24 Additivtank

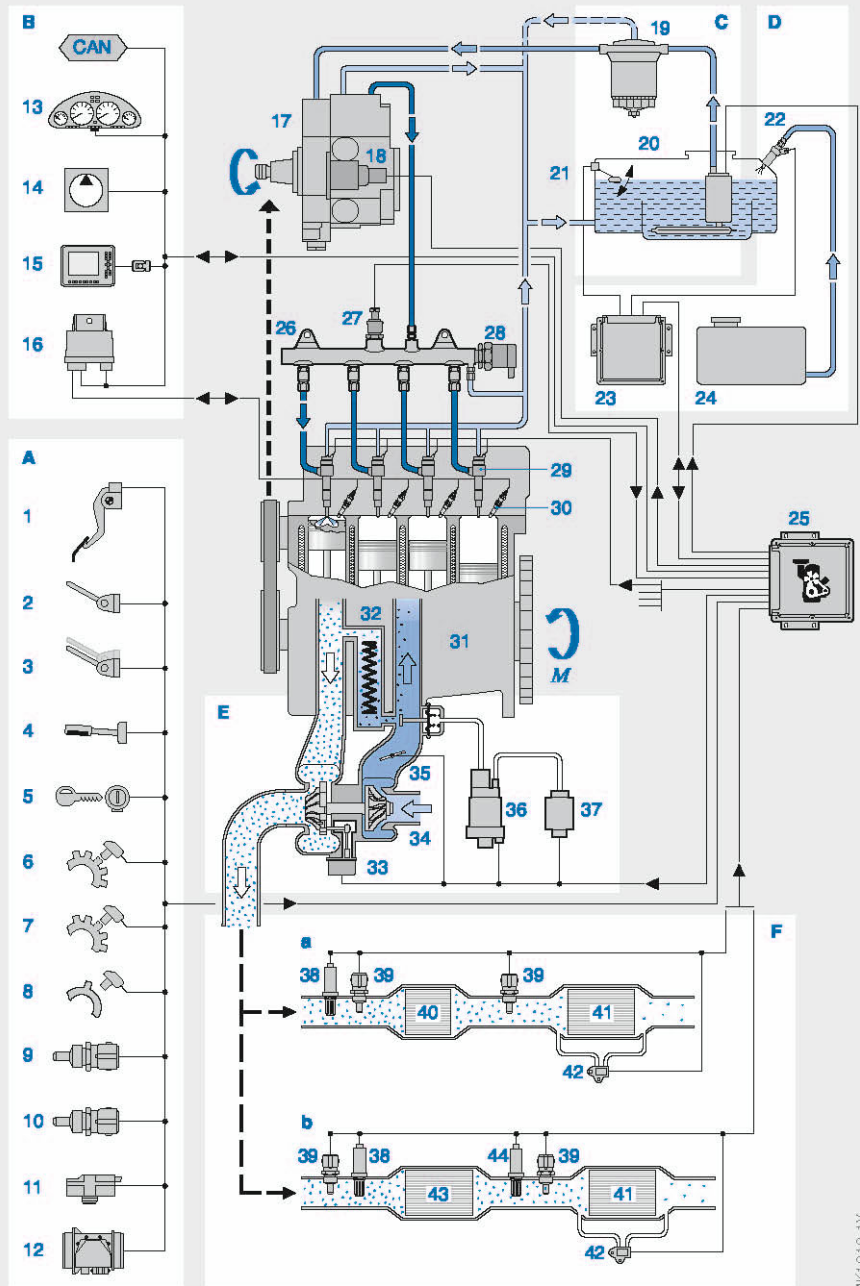
E Luftversorgung

- 32 Abgasrückführkühler
- 33 Ladedrucksteller
- 34 Abgasturbolader (hier mit variabler Turbinengeometrie, VTG)
- 35 Regelklappe
- 36 Abgasrückführsteller
- 37 Unterdruckpumpe

F Abgasnachbehandlung

- 38 Breitband-Lambda-Sonde LSU
- 39 Abgastemperatursensor
- 40 Oxidationskatalysator
- 41 Diesel-Partikelfilter (DPF)
- 42 Differenzdrucksensor
- 43 NO_x-Speicherkatalysator
- 44 Breitband-Lambda-Sonde, optional NO_x-Sensor

4 Diesel-Einspritzanlage für Pkw mit Common Rail Einspritzsystem



SMK1819-1Y

► Diesel-Einspritzsysteme im Überblick

Einsatzgebiete

Dieselmotoren zeichnen sich durch ihre hohe Wirtschaftlichkeit aus. Seit dem Produktionsbeginn der ersten Serien-Einspritzpumpe von Bosch im Jahre 1927 werden die Einspritzsysteme ständig weiterentwickelt.

- Dieselmotoren werden in vielfältigen Ausführungen eingesetzt (Bild 1), z.B. als
- Antrieb für mobile Stromerzeuger (bis ca. 10 kW/Zylinder),
 - schnell laufende Motoren für Pkw und leichte Nkw (bis ca. 50 kW/Zylinder),
 - Motoren für Bau-, Land- und Forstwirtschaft (bis ca. 50 kW/Zylinder),
 - Motoren für schwere Nkw, Busse und Schlepper (bis ca. 80 kW/Zylinder),
 - Stationärmotoren, z. B. für Notstromaggregate (bis ca. 160 kW/Zylinder),
 - Motoren für Lokomotiven und Schiffe (bis zu 1000 kW/Zylinder).

Anforderungen

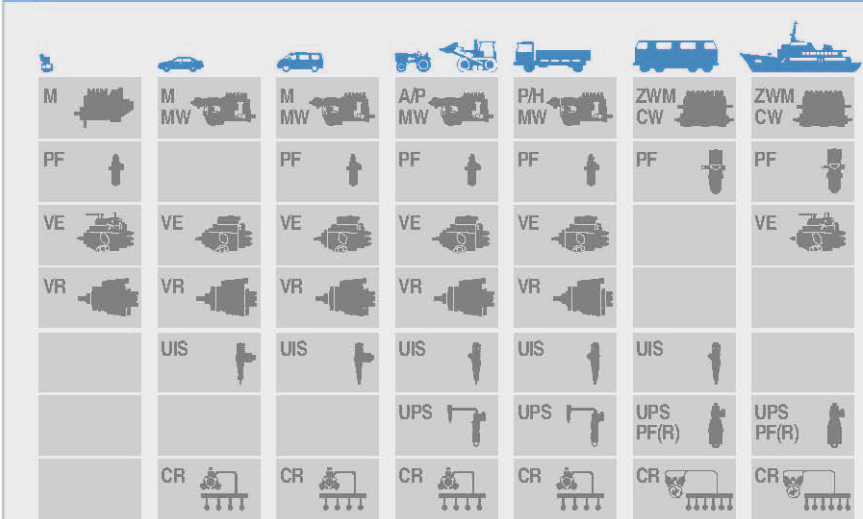
Schärfer werdende Vorschriften für Abgas- und Geräuschemissionen und der Wunsch nach niedrigerem Kraftstoffverbrauch stellen immer neue Anforderungen an die Einspritzanlage eines Dieselmotors.

Grundsätzlich muss die Einspritzanlage den Kraftstoff für eine gute Gemischaufbereitung je nach Diesel-Verbrennungsverfahren (Direkt- oder Indirekteinspritzung) und Betriebszustand mit hohem Druck (heute zwischen 350 und 2050 bar) in den Brennraum des Dieselmotors einspritzen und dabei die Einspritzmenge mit der größtmöglichen Genauigkeit dosieren. Die Last- und Drehzahlregelung des Dieselmotors wird über die Kraftstoffmenge ohne Drosselung der Ansaugluft vorgenommen.

Die mechanische Regelung für Diesel-Einspritzsysteme wird zunehmend durch die Elektronische Dieselregelung (EDC) verdrängt. Im Pkw und Nkw werden die neuen Dieseleinspritzsysteme ausschließlich durch EDC geregelt.

► Anwendungsgebiete der Bosch-Diesel-Einspritzsysteme

Bild 1
M, MW,
A, P, H,
ZWM,
CW Reiheneinspritz-
pumpen mit
ansteigender
Baugröße
PF Einzeleinspritz-
pumpen
VE Axialkolben-
Verteilereinspritzpumpen
VR Radialkolben-
Verteilereinspritzpumpen
UIS Unit Injector
System
UPS Unit Pump
System
CR Common Rail
System



UMK1 563-4Y