

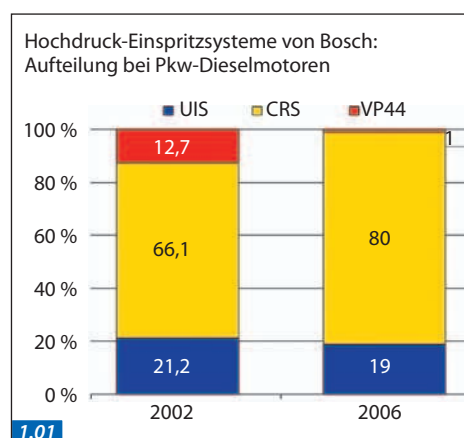
Immer unter Druck – der Aufbau von Common-Rail-Systemen

Wie die Grafik in Bild 1.01 zeigt, wird das Common-Rail-System (CRS) in nächster Zeit zumindest im Pkw-Bereich alle anderen Systeme verdrängen. Die Volkswagen AG (VAG) als letzter Vertreter des Pumpe-Düse-Systems wird ab 2010 ebenfalls nur noch Common-Rail-Systeme einsetzen.

1.1 Die Hochdruckerzeugung

„Common Rail“ heißt übersetzt soviel wie „gemeinsame Leitung“, was bedeutet, dass in diesem Einspritzsystem alle Teile des Hochdrucksystems unter einem Druck zwischen 200 und 1.800 bar stehen. Der Druck wird permanent von einer Hochdruckpumpe erzeugt. Damit die Hochdruckpumpe ihre Aufgabe erfüllen kann, sorgt eine mechanisch oder elektrisch angetriebene Vorförderpumpe dafür, dass der Kraftstoff mit einem Druck von 3 bis 6 bar an der Hochdruckpumpe ankommt. Die Vorförderpumpe findet man entweder im Tank als elektrisch angetriebene Rollenzellenpumpe und/oder direkt in der Hochdruckpumpe als Zahnrad- oder Flügelzellenpumpe. Ein federbelastetes Kugelventil begrenzt den Vordruck je nach Ausführung auf 3 bis 6 bar. Ein Teil des geförderten Kraftstoffs wird zur Schmierung und Kühlung der Pumpenmechanik benutzt (Grafiken 1.02 bis 1.07).

Zur Hochdruckerzeugung werden Kolbenpumpen mit ein bis vier Kolben einge-



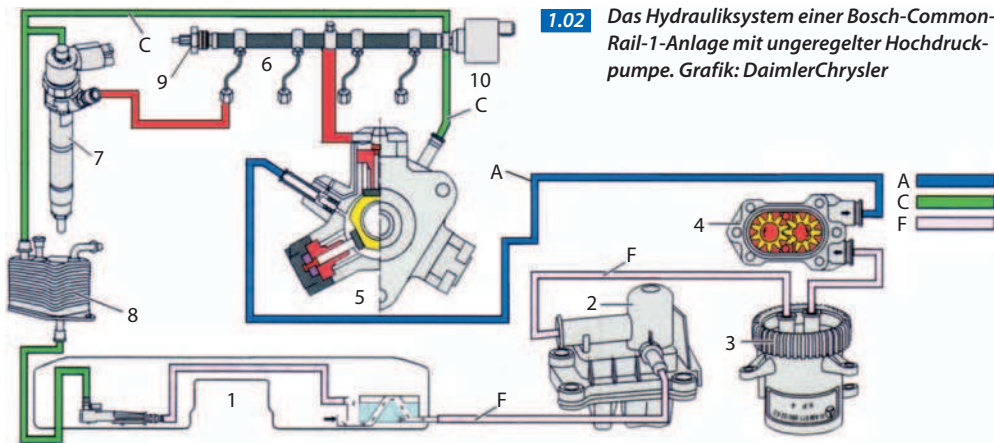
*Das Common-Rail-System auf dem Vormarsch.
Die Tage der Pumpe-Düse und der Verteilereinspritzpumpe sind im Pkw-Diesel gezählt.*

baut. Bei den Delphi- und Denso-HP-2-Pumpen (Grafiken 1.04 und 1.05) werden Radialkolbenpumpen mit einem umlaufenden Nockenring eingesetzt. Im Füllvorgang werden die Kolben durch den Vorförderdruck zum Nockenring gedrückt (Bild 1.08). Wenn sich der Nockenring weiter dreht, laufen die Rollen auf die Erhebungen des Nockenrings auf. Die Kolben werden zusammengedrückt.

Übersteigt der Druck im Pumpenraum den Raildruck, öffnet das Auslassventil und der Kraftstoff fließt durch die Hochdruckleitung zum Rail (Grafik 1.09).

Die Hochdruckpumpen von Bosch, Siemens und Delphi und neuerdings auch von

1 Immer unter Druck – der Aufbau von Common-Rail-Systemen



Denso werden von einem zentralen Exzenter angetrieben, der über Stößel die Pumpenkolben betätigt. Beim Füllvorgang werden die Pumpenkolben über den Vorförderdruck und die Kolbenfeder zum unteren Totpunkt bewegt. Der Kraftstoff strömt durch das Einlassventil in den Pumpenraum (Grafiken 1.06 und 1.07). Bei der Drehung der Exzenterwelle bewegen sich die Kolben nacheinander zum oberen Totpunkt. Überschreitet der Druck im Pumpenraum den Raildruck, öffnet das Auslassventil und der verdichtete Kraftstoff strömt zum Rail. Diese Art der Hochdruckerzeugung scheint sich langfristig durchzusetzen und wird auch inzwischen von den Herstellern Denso und Delphi benutzt.

Allen Pumpen ist gemeinsam, dass der Hochdruckaufbau – im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen – langsam erfolgen kann. Deshalb beträgt die Stoßbelastung des Pumpenantriebs nur ein Zehntel der Belastung eines Pumpe-Düse-Motors. So

können die Wechselintervalle der Zahnriemen auf bis zu 240.000 Kilometer gestreckt werden.

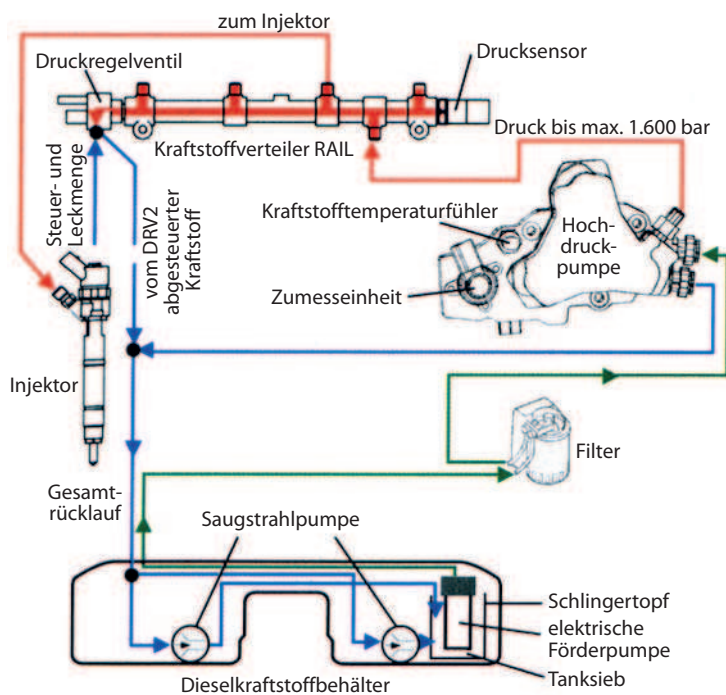
1.2 Die Hochdruckregelung

Ein weiterer Vorteil des Common-Rail-Systems besteht in der Tatsache, dass der Entwickler für jeden Betriebszustand den passenden Raildruck über ein Kennfeld festlegen kann. Dazu gehört eine Drucküberwachung durch den Raildrucksensor und die Beeinflussung des Raildrucks durch Stellglieder. Beim Common-Rail-1-System wurde der Raildruck nur hochdruckseitig geregelt. Ein Druckregelventil (Grafik 1.10, Seite 19) hält über die Feder (2) einen Druck von 50 bar (Siemens) oder 100 bar (Bosch). Das neue Druckregelventil der Bosch CP 4.1-Pumpe senkt im stromlosen Zustand den Raildruck auf den Umgebungsdruck ab. Damit will man die Entstehung von Dampfblasen verhindern,

die bei starker Abkühlung in einem geschlossenen Hochdruckraum auftreten können. Dampfblasen verzögern den Aufbau des Raildrucks beim Motorstart. Wird ein höherer Druck gewünscht, wird der Elektromagnet mit einem entsprechenden Tastverhältnis angesteuert und unterstützt die Schließkraft der Feder bis der gewünschte Druck erreicht ist. Bei zu hohem Druck wird das Tastverhältnis verkleinert, das Kugelventil öffnet, der Druck im Kraftstoff wird in den Rücklauf (3) abgelassen und der Druck sinkt auf den gewünschten Wert. Diese Art der Druckregelung hat den Nachteil, dass die Hochdruckpumpe immer mit voller Förderleistung laufen muss, was die Antriebsleistung und damit den

Kraftstoffverbrauch erhöht. Das Ablassen des Hochdruckkraftstoffs in den Rücklauf erhöht ebenfalls die Kraftstofftemperatur im Rücklauf, so dass ein Kraftstoffkühler erforderlich wird.

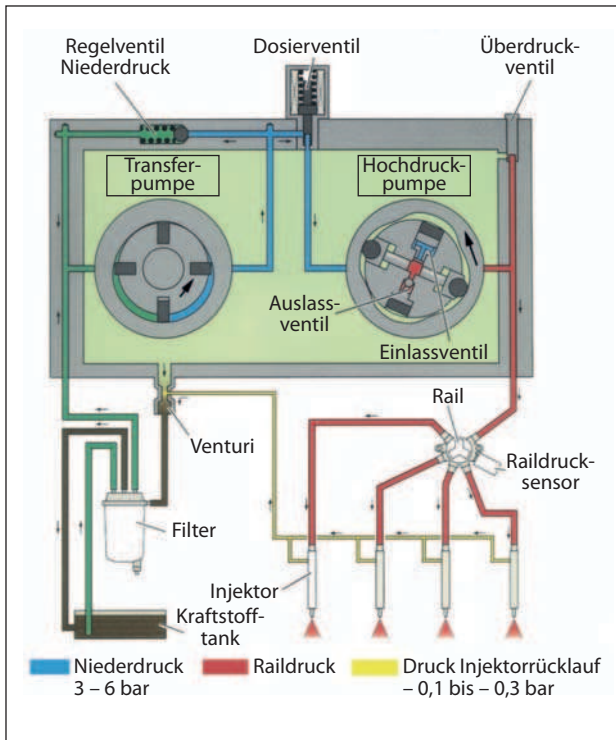
Bei den Common-Rail-Systemen der zweiten Generation haben alle Hersteller die Hochdruckregelung über die so genannte Saugdrosselung oder Mengenregelung eingesetzt. Mit dieser Art der Hochdruckregelung wird das Ziel verfolgt, nur soviel Hochdruck zu erzeugen wie in der Anlage verbraucht wird. Dadurch konnte die Leistungsaufnahme der Hochdruckpumpe und der Kraftstoffverbrauch im Teillastbereich um bis zu fünf Prozent gesenkt werden. Bei der Mengenregelung



1.03

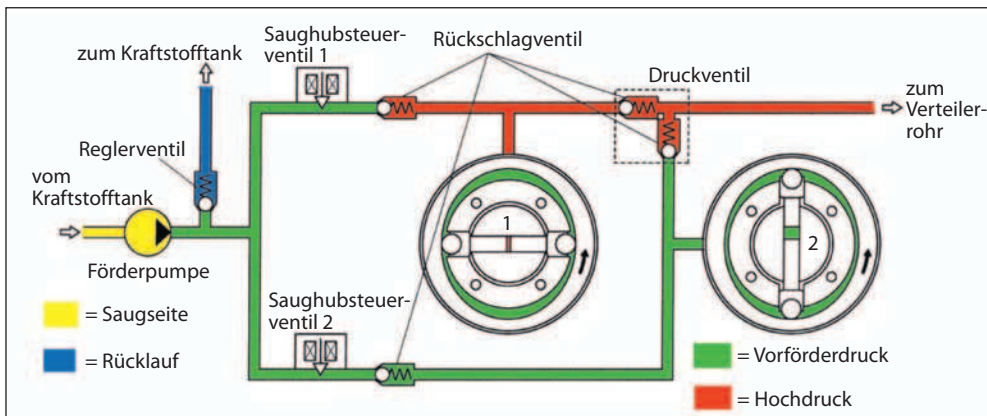
Das Hydrauliksystem einer Bosch-Common-Rail-2-Anlage mit mengen geregelter Hochdruckpumpe. Grafik: Daimler

1 Immer unter Druck – der Aufbau von Common-Rail-Systemen

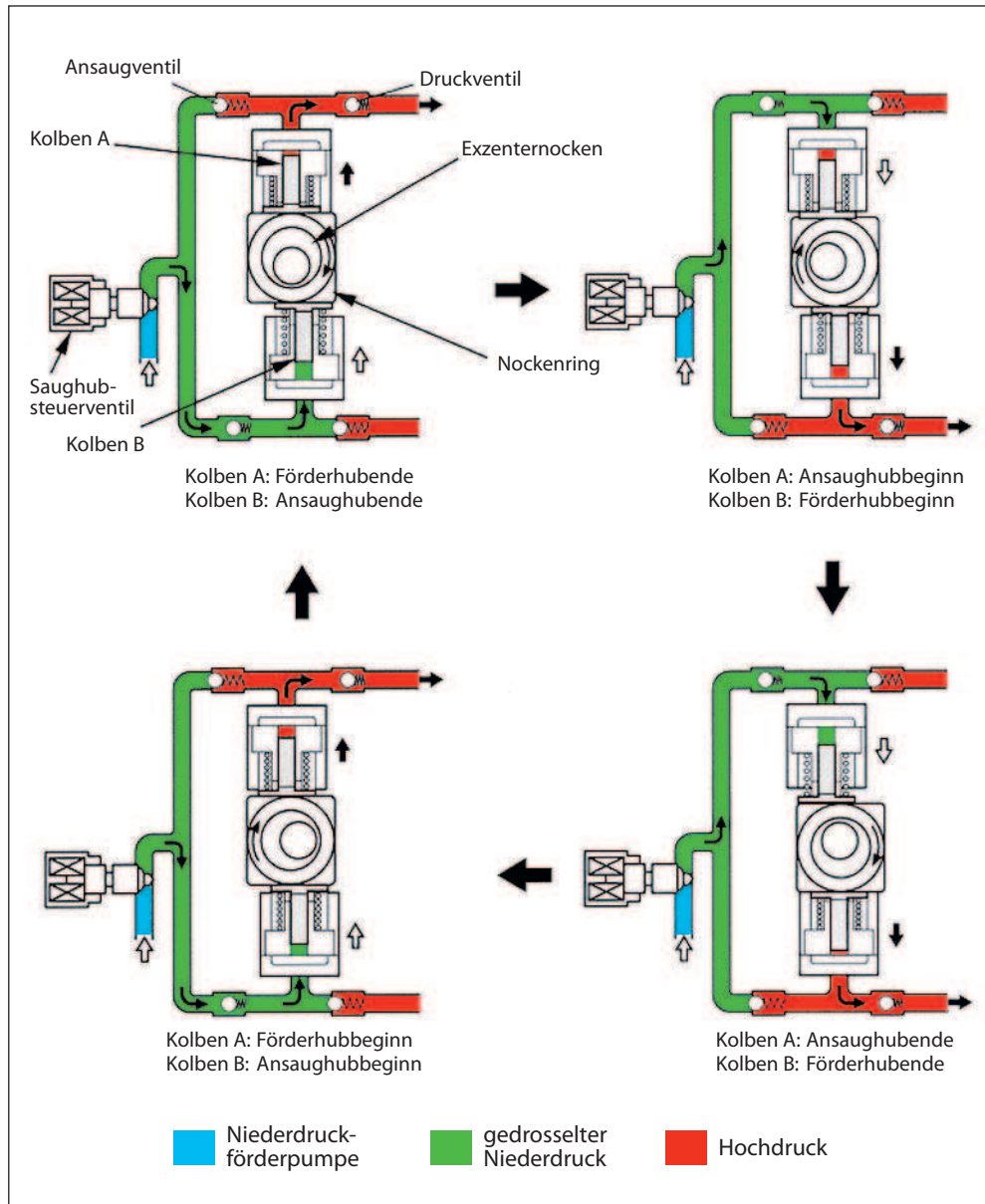


1.04

Das Delphi-Common-Rail-System regelt den Raildruck nur über das getaktete Dosierventil. Das mechanische Überdruckventil öffnet bei 1.800 bar. Grafik: Delphi



1.05 Die Denso-HP-2-Pumpe regelt den Raildruck mit zwei Saughubsteuerventilen. Das Überdruckventil im Rail öffnet bei 1.600 bar. Grafik: Toyota



1.06 Die Denso-HP-3-Pumpe arbeitet mit einem getakteten Saughubsteuerventil und einem Hochdruckregelventil im Rail. Grafik: Toyota