

Kraftstoffversorgung

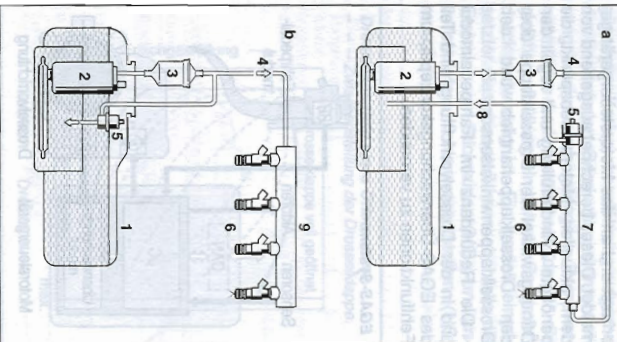
Kraftstoffförderung bei Saugrohr-einspritzung

Standardsystem

Eine elektrisch angetriebene Kraftstoffpumpe, EKP (S. 599f), fördert den Kraftstoff und erzeugt den Einspritzdruck. Der Kraftstoff wird aus dem Kraftstoffbehälter angesaugt und durch Papierfilter (Kraftstofffilter, s. S. 604) in eine Druckleitung gepresst, von wo aus er zu dem am Motor

Kraftstoffförderung bei Saugrohr-einspritzung.

- a) Standardsystem,
 b) Rücklaufreifes System,
 1 Kraftstoffbehälter, 2 Elektrokräftstoffpumpe,
 3 Kraftstofffilter, 4 Druckleitung,
 5 Druckregler, 6 Einspritzventile,
 7 Kraftstoffventile (durchströmt),
 8 Rücklaufleitung, 9 Kraftstoffventile (nicht durchströmt).



montierten Kraftstoffventiler mit den Einspritzventilen fließt. Der Druckregler ist am Kraftstoffventiler angebracht. Er hält den Differenzdruck über dem Zurnessspalt unabhängig von der Motorlast (Saugrohrdruck) konstant.

Die vom Verbrennungsmotor nicht benötigte Kraftstoffmenge strömt durch den Kraftstoffventiler über eine am Druckregler angeschlossene Rücklaufleitung zurück in den Kraftstoffbehälter. Der zurückgeförderte Kraftstoff wird auf dem Weg vom Motor zum Kraftstoffbehälter erwärmt. Es kommt zu einem Anstieg der Kraftstofftemperatur im Kraftstoffbehälter. Abhängig von dieser Temperatur entstehen Kraftstoffdämpfe. Diese werden unweilschonend über ein Tankentlüftungssystem in einem Aktivkohlefilter zwischengespeichert und über das Saugrohr der angesaugten Luft und damit dem Motor zugeführt (S. 541).

Rücklaufreifes System

Beim rücklaufreifen Kraftstoffversorgungssystem ist die Erwärmung des Kraftstoffs im Kraftstoffbehälter geringer als beim Standardsystem. Damit lassen sich die gesetzlichen Auflagen bezüglich der Kraftstoffverdunstung an einem Fahrzeug leichter erfüllen.

Der Druckregler befindet sich im Kraftstoffbehälter oder in seiner unmittelbaren Nähe. Dadurch entfällt die Rücklaufleitung vom Motor zum Kraftstoffbehälter. Nur die von den Einspritzventilen abgepumpte Kraftstoffmenge wird dem nicht durchströmten Kraftstoffventiler zugeführt. Die von der Elektrokräftstoffpumpe geförderte Mehrmenge wird sofort in den Kraftstoffbehälter geleitet, ohne den Umweg über den Motorraum nehmen zu müssen. Bei sonst gleichen Randbedingungen lässt sich die Temperatur des Kraftstoffs im Kraftstoffbehälter fahrzeugspezifisch um ca. 10 K reduzieren und dadurch die verdampfte Kraftstoffmenge auf rund ein Drittel verringern.

Bedarfregeliges System

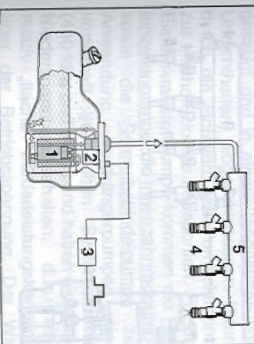
Eine weitere Verringerung der Kraftstofftemperatur im Kraftstoffbehälter und gleichzeitig eine Verbrauchssenkung kann durch Einsatz eines bedarfregeligen Systems erzielt werden. Dabei wird

von der Kraftstoffpumpe nur die gerade vom Motor verbrauchte und zur Einspritzung des Drucks notwendige Kraftstoffmenge über die Kraftstoffpumpe gefördert. Der mechanische Druckregler entfällt. Die Druckregelung erfolgt über einen geschlossenen Regelkreis im Motorsteuergerät mit Druckmessung über einen Niederdrucksensor. Zur Einstellung der Fördermenge der Kraftstoffpumpe wird deren Betriebsspannung über ein vom Motorsteuergerät angesteuertes Taktniveau verändert. Ein Druckentlastungsventil vervollständigt das System (zur Vermeidung von zu hohem Kraftstoffdruck durch Aufheizen des Kraftstoffs bei Schubabschalten und Abstellen).

Neben der weiteren Verringerung der Kraftstofftemperatur und der Verbrauchs-senkung von bis zu 0,1/100 km kann der variabel einstellbare Druck zur Erhöhung des Kraftstoffdrucks unter Heißlastbedingungen oder zur Erweiterung des Zulassungsbereichs der Einspritzventile bei Turboanwendungen genutzt werden. Des Weiteren ergeben sich deutlich verbesserte Diagnosemöglichkeiten des Kraftstoffsystems gegenüber bisherigen Systemen. Ein weiterer Vorteil ist die Berücksichtigung des Kraftstoffdrucks bei der Einspritzzeitberechnung im Motorsteuergerät, insbesondere während des Druckaufbaus im Start.

Kraftstoffförderung bei Saugrohr-einspritzung.

- Bedarfregeliges System,
 1 Elektrokräftstoffpumpe mit Kraftstofffilter (Kraftstofffilter, alternativ auch außerhalb Tank), 2 Druckentlastungsventil und Drucksensor, 3 Taktniveau, 4 Einspritzventile,
 5 Kraftstoffventiler (nicht durchströmt).



Kraftstoffförderung bei Benzin-Direkteinspritzung

Bei der direkten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum muss der Kraftstoff im Schichtladebetrieb im Vergleich zur Einspritzung in das Saugrohr gegen höhere Drücke eingespritzt werden. Zudem steht für die Einspritzung nur ein verringertes Zeitfenster zur Verfügung. Kraftstoffsysteme für Benzin-Direkteinspritzung (BDE) benötigen deshalb einen erhöhten Kraftstoffdruck. Das Kraftstoffsystem unterteilt sich in den Niederdruckkreislauf und den Hochdruckkreislauf.

Niederdruckkreis

Als Niederdruckkreislauf für BDE kommen im Prinzip die aus der Saugrohr-einspritzung bekannten Kraftstoffsysteme und Komponenten zum Einsatz. Dadurch, dass die derzeit eingesetzten Hochdruckpumpen im Allgemeinen im Heißstart und Heißbetrieb zur Vermehrung von Dampfblasenbildung einen erhöhten Vordruck benötigen, kann es vorteilhaft sein, den Niederdruck zu variieren. Dies geschieht idealerweise durch den Einsatz eines bedarfregeligen Niederdrucksystems. Es kommen aber auch rücklaufreife Systeme mit umschaltbarem Vordruck – gesteuert über ein Absperrventil – oder aber Systeme mit konstant hohem Vordruck zum Einsatz.

Hochdruckkreis

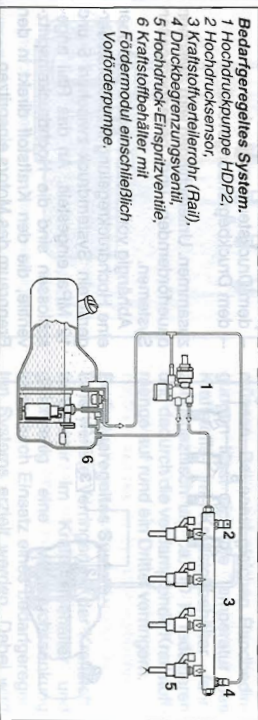
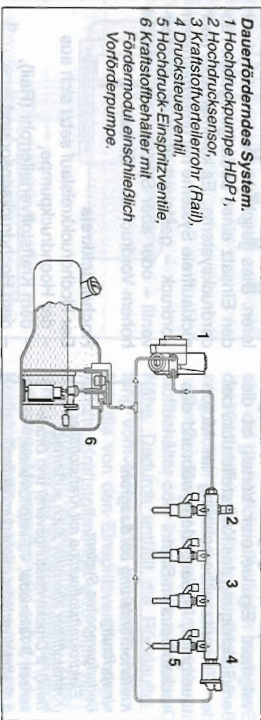
Der Hochdruckkreislauf setzt sich aus der Hochdruckpumpe,
 – dem Kraftstoffventilerohr (Rail),
 – dem Hochdrucksensor und
 je nach System
 – dem Drucksteuerventil oder
 – dem Druckbegrenzungsventil

zusammen. Unterschieden wird zwischen dauerfördernden und bedarfregeligen Systemen.

Abhängig vom Betriebspunkt wird über eine Hochdruckregelung im Motorsteuergerät ein Systemdruck zwischen 5 und 12 MPa eingestellt. An das Rail angeschlossenen sind die Hochdruckeinspritzventile, die den Kraftstoff direkt in den Brennraum des Motors einspritzen.

Dauerförmendes System

Eine von der Motorkockenwelle angetriebene Pumpe, z. B. die Dreizylinder-Radialkolbenpumpe HDP1 (S. 602), fördert den Kraftstoff gegen den Systemdruck in das Rail. Die Fördermenge der Pumpe ist nicht einstellbar. Der überschüssige, nicht für die Einspritzung und Aufrechterhaltung des Drucks benötigte Kraftstoff, wird durch das Drucksventil entspannt und in den Niederdruckkreislauf zurückgeführt. Das Drucksventil wird durch das Motorsteuergerät so angesteuert, dass sich der je nach Betriebspunkt gewünschte Druck einstellt. Das Drucksventil dient gleichzeitig als mechanisches Druckbegrenzungsventil. Bei dauerförmenden Systemen wird in den meisten Betriebspunkten mehr Kraftstoff auf den Systemdruck verdichtet, als der Motor benötigt. Dies kostet zusätzliche Leistung und die über das Drucksventil entspannte überschüssige Kraftstoffmenge trägt zu Erwärmung des Kraftstoffs bei. Daraus ergibt sich ein Vorteil für bedarfsgeregelte Systeme.



Bedarfsgeregeltes System

Eine in der Fördermenge einstellbare Pumpe, z. B. die Einzylinder-Radialkolbenpumpe HDP2 (S. 603), fördert nur den Kraftstoff gegen den Systemdruck ins Rail, welcher für die Einspritzung und Aufrechterhaltung des Drucks benötigt wird. Die Pumpe wird von der Motorkockenwelle angetrieben. Die Regelung im Motorsteuergerät steuert die Pumpe so an, dass sich im Rail der je nach Betriebspunkt gewünschte Systemdruck einstellt. Im Rail ist ein mechanisches Druckbegrenzungsventil notwendig.

Durch die diskrete Förderung der Einzylinder-Radialkolbenpumpe ist gegenüber dem dauerförmenden System mit Dreizylinder-Radialkolbenpumpe ein größeres Railvolumen notwendig, um die durch die Einspritzungen hervorgerufenen Druckeinbrüche auf dem gleichen Niveau zu halten.

Komponenten der Kraftstoffförderung

Elektrokraftstoffpumpe

Aufgabe

Die Elektrokraftstoffpumpe (EKP) muss dem Motor bei allen Betriebszuständen ausreichend Kraftstoff mit dem zum Einspritzen nötigen Druck zuführen. Die wesentlichen Anforderungen sind:

- Fördermenge zwischen 60 und 250 l/h bei Nennspannung.
- Druck im Kraftstoffsystem zwischen 300 und 650 kPa.
- Aufbau des Systemdrucks ab 50...60% der Nennspannung; abstimmend hierfür ist der Betrieb bei Kaltstart.

Aufbau und Prinzipien

Die Elektrokraftstoffpumpe besteht aus:

- Anschlussdeckel mit elektrischen Anschlüssen, Rückschlagventil (gegen Auslaufen des Kraftstoffsystems) sowie dem hydraulischen Ausgang. Der Anschlussdeckel enthält üblicherweise auch die Kohlebürsten für den Betrieb des Kommutator-Antriebsmotors und Elemente für die Funkenstörung (Drosselspulen und ggf. Kondensatoren).
- Elektromotor mit Anker und Permanentmagneten (Standard ist Kupferkommutator, für Sonderanwendungen und Dieselsysteme werden Kohlekommutatoren eingesetzt).
- Pumpenteil, ausgeführt als Verdänger- oder Strömungspumpe.

Verdängerpumpe

In einer Verdängerpumpe werden grundsätzlich Flüssigkeitsvolumina angesaugt und in einem (abgesenken von Undichtigkeiten) abgeschlossenen Raum durch die Rotation des Pumpelements zur Hochdruckseite transportiert. Für die Elektrokraftstoffpumpe kommen die Bolenzellenpumpe, die Innenzahnradpumpe sowie die Schraubspindelpumpe zur Anwendung. Verdängerpumpen sind vorteilhaft bei hohen Systemdrücken (450 kPa und mehr) und haben ein gutes Niederdruckverhalten, d.h. eine relativ „flache“ Förderleistungskennlinie über der Betriebsspannung. Der Wir-

kungsgrad kann bis zu 25% betragen, je nach Detailausführung und Einbausituation können die unvermeidlichen Druckschwankungen Geräusche verursachen.

Während für die klassische Funktion der Elektrokraftstoffpumpe in elektronischen Benzinreizsystemen die Verdängerpumpe von der Strömungspumpe weitgehend abgelöst wurde, ergibt sich für die Verdängerpumpe ein neues Anwendungsfeld bei der Vorförderung für Direkteinspritzsysteme (Benzin und Diesel) mit ihrem wesentlich erweiterten Druckbedarf bzw. Viskositätsbereich.

Strömungspumpe

Für die Benzinanwendungen bis 500 kPa haben sich Strömungspumpen durchgesetzt. Ein mit zahlreichen Schrauben im Bereich des Umfangs versehenes Laufrad dreht sich in einer aus zwei feststehenden Gehäusestellen bestehenden Kammer. Diese Gehäusestelle weisen im Bereich der Laufradschaufeln jeweils einen Kanal auf. Die Kanäle beginnen in Höhe der Saugöffnung und enden dort.

Aufbau der Elektrokraftstoffpumpe am Beispiel einer Strömungspumpe.

- 1 Elektrischer Anschluss.
- 2 hydraulischer Anschluss (Kraftstoffauslass).
- 3 Rückschlagventil.
- 4 Kohlebürsten.
- 5 Motoranker mit Permanentmagnet.
- 6 Laufrad der Strömungspumpe.
- 7 hydraulischer Anschluss (Kraftstoffzufuss).

