

Standard-Reiheneinspritzpumpen PE

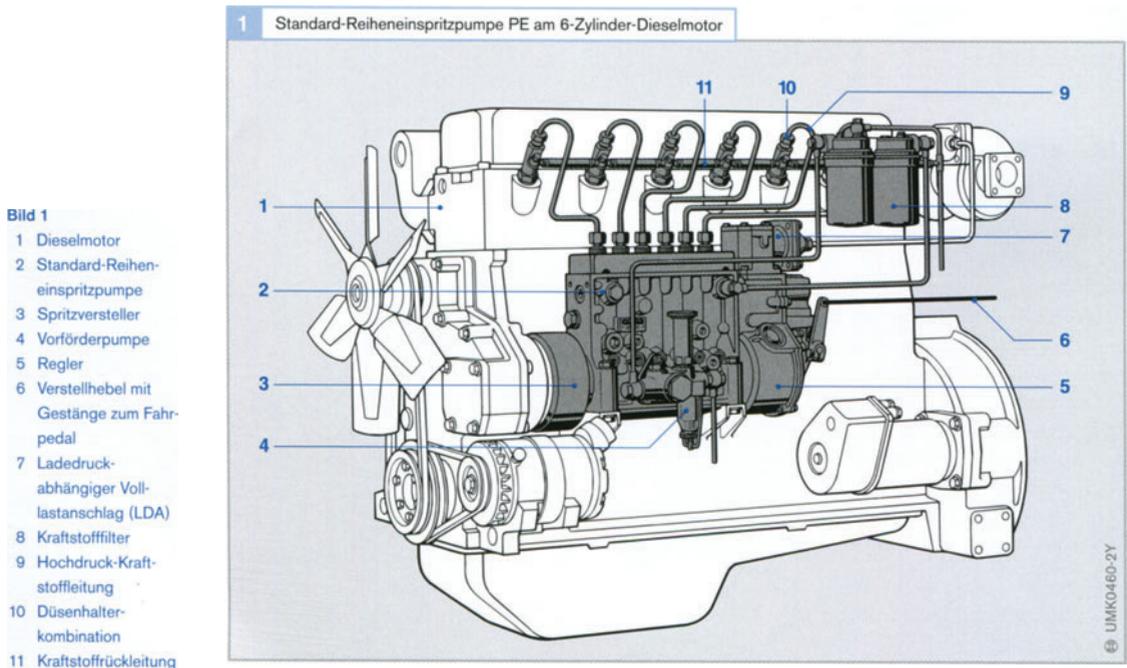
Reiheneinspritzpumpen zählen zu den Klassikern der Dieseleinspritztechnik. Seit 1927 bringen diese zuverlässigen Einspritzpumpen den Dieselmotor in Schwung. Dabei sind sie ständig weiterentwickelt und an das entsprechende Einsatzgebiet angepasst worden. Reiheneinspritzpumpen sind für den Einsatz in Stationärmotoren, Nkw sowie Bau- und Landmaschinen vorgesehen. Sie ermöglichen hohe Zylinderleistungen bei Dieselmotoren von 2...12 Zylindern. In Verbindung Drehzahlregler, Spritzversteller und verschiedene Zusatzkomponenten bietet die Reiheneinspritzpumpe ein großes Maß an Flexibilität. Reiheneinspritzpumpen für Pkw werden heute nicht mehr produziert.

Die vom Dieselmotor abgegebene Leistung hängt wesentlich auch von der eingespritzten Kraftstoffmenge ab. Die Reiheneinspritzpumpe muss den unterschiedlichsten Motorbelastungen immer die richtige Kraftstoffmenge zumessen.

Für eine gute Gemischaufbereitung muss eine Einspritzpumpe den Kraftstoff je nach Diesel-Verbrennungsverfahren mit sehr hohem Druck einspritzen und mit größtmöglicher Präzision dosieren. Eine optimale Abstimmung zwischen der Schadstoffemission, dem Kraftstoffverbrauch und dem Laufgeräusch (Ganghärte) des Dieselmotors erfordert eine Genauigkeit des Spritzbeginns von ca. 1°KW (Grad Kurbelwellenwinkel).

Zur Steuerung des Spritzbeginns und zur Kompensation der Druckwellenlaufzeit in der Einspritzleitung dient bei der Standard-Reiheneinspritzpumpe ein Spritzversteller (Bild 1, Pos. 3), der den Förderbeginn der Einspritzpumpe mit steigender Drehzahl in Richtung „Früh“ verstellt (siehe Kapitel „Regler für Reiheneinspritzpumpen“). In Sonderfällen ist eine lastabhängige Steuerung vorgesehen. Die Laststeuerung und Drehzahlsteuerung des Dieselmotors wird von der Einspritzmenge bestimmt.

Man unterscheidet zwischen Standard-Reiheneinspritzpumpen und Hubschieber-Reiheneinspritzpumpen.



Einbau und Antrieb

Die Reiheneinspritzpumpe ist direkt am Dieselmotor angebracht (Bild 1). Der Motor treibt die Nockenwelle der Einspritzpumpe an. Bei Zweitakt-Motoren entspricht die Pumpendrehzahl der Kurbelwelldrehzahl. Bei Viertakt-Motoren beträgt die Pumpendrehzahl die Hälfte der Kurbelwelldrehzahl – sie entspricht also der Nockenwelldrehzahl des Motors.

Zur Erzeugung der hohen Einspritzdrücke muss die Antriebsverbindung zwischen der Einspritzpumpe und dem Motor möglichst „drehsteif“ sein.

Zur Schmierung der beweglichen Pumpenteile (z. B. Nockenwellen, Rollenstößel usw.) ist eine bestimmte Menge Öl in der Einspritzpumpe vorhanden. Die Einspritzpumpe ist an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen, sodass das Öl während des Betriebs umgewälzt wird.

Aufbau und Arbeitsweise

Die Reiheneinspritzpumpen PE haben eine eigene Nockenwelle, die im Aluminiumgehäuse integriert ist (Bild 2, Pos. 14). Sie wird entweder über eine Kupplungseinheit, einen Spritzversteller oder direkt mit dem Motor gekoppelt. Diese integrierte Nockenwelle gab der Reiheneinspritzpumpe die Bezeichnung PE: Sie bedeutet Einspritzpumpe mit Eigenantrieb für die Pumpenelemente.

Über jedem Nocken der Nockenwelle befindet sich für jeden Motorzylinder ein Rollenstößel (13) mit einem Federteller (12). Der Federteller verbindet den Pumpenkolben (8) formschlüssig mit dem Rollenstößel. Der Pumpenzylinder (4) führt den Pumpenkolben. Beide Teile zusammen bilden das Pumpenelement.

2 Standard-Reiheneinspritzpumpe PE für einen 6-Zylinder-Dieselmotor

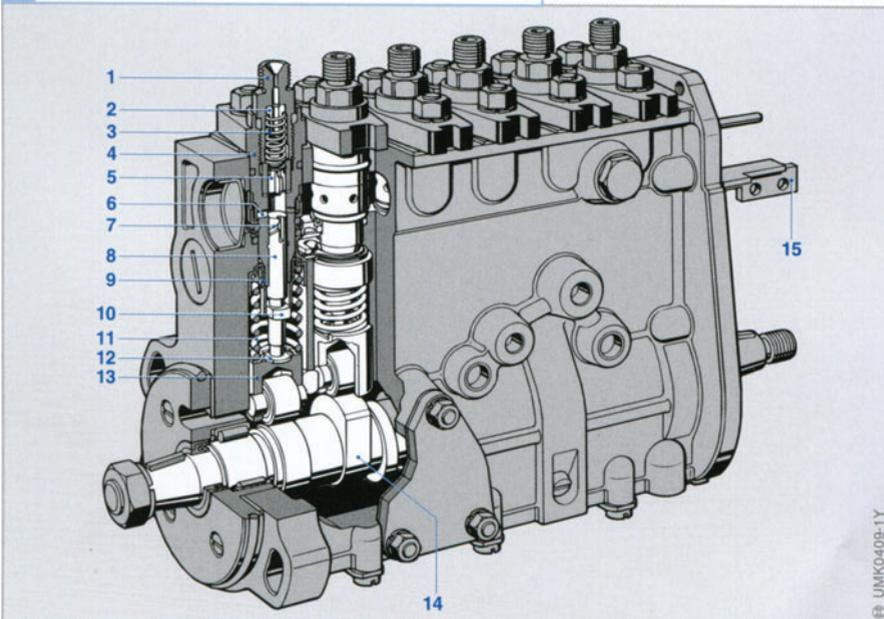


Bild 2

- 1 Druckventilhalter
- 2 Füllstück
- 3 Druckventilfeder
- 4 Pumpenzylinder
- 5 Druckventilkegel
- 6 Saug- und Steuerbohrung
- 7 Steuerkante
- 8 Pumpenkolben
- 9 Regelhülse
- 10 Kolbenfahne
- 11 Kolbenfeder
- 12 Federteller
- 13 Rollenstößel
- 14 Nockenwelle
- 15 Regelstange

Aufbau des Pumpenelements

Pumpenelemente bestehen in ihrer Grundausführung aus dem Pumpenkolben (Bild 3, Pos. 9) und dem Pumpenzylinder (8). Der Pumpenzylinder hat eine oder zwei Zulaufbohrungen, die vom Saugraum (1) ins Innere des Pumpenzylinders führen. Über dem Pumpenelement sitzt der Druckventilhalter (5) mit dem Druckventilkegel (7). Die Regelhülse (3) stellt die Verbindung zwischen dem Pumpenkolben und der Regelstange (10) her. Die im Pumpengehäuse verschiebbare Regelstange dreht – gesteuert durch den im Kapitel „Regler für Reiheneinspritzpumpen“ beschriebenen Regler – über einen Zahnkranz bzw. über einen Lenkhebel die formschlüssige Einheit „Regelhülse-Pumpenkolben“. Dies ermöglicht eine exakte Regulierung der Fördermenge.

Der Gesamthub des Pumpenkolbens ist unveränderlich. Der Nutzhub und damit die Fördermenge kann durch das Verdrehen des Pumpenkolbens verändert werden.

Der Pumpenkolben hat neben einer Längsnut (Bild 4, Pos. 2) seitlich eine Ausfräsung (7). Die entstehende Schrägkante an der Kolbenwand wird als Steuerkante (6) bezeichnet.

Für Einspritzdrücke bis 600 bar genügt eine Steuerkante, für höhere Drücke muss der Kolben mit zwei gegenüberliegenden Steuerkanten versehen werden. Diese Maßnahme verhindert ein „Fressen“ der Elemente, da der Kolben durch den Einspritzdruck nicht mehr seitlich gegen die Zylinderwand gepresst wird.

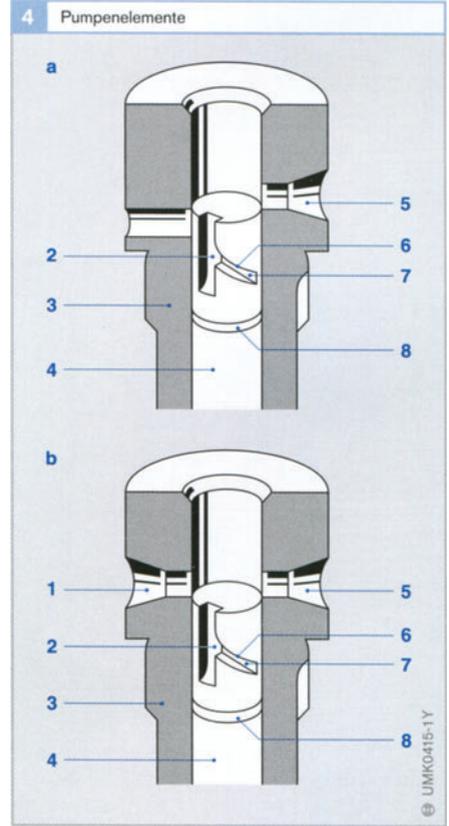
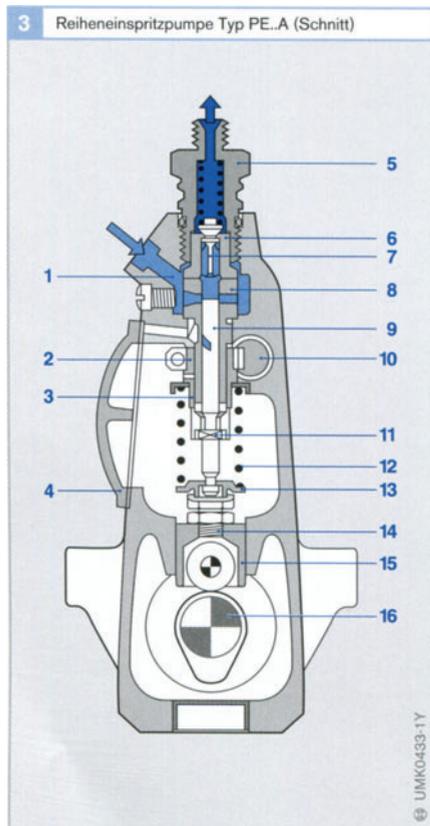
Bild 3

- 1 Saugraum
- 2 Zahnsegment
- 3 Regelhülse
- 4 Federraumdeckel
- 5 Druckventilhalter
- 6 Druckventilträger
- 7 Druckventilkegel
- 8 Pumpenzylinder
- 9 Pumpenkolben
- 10 Regelstange
- 11 Kolbenfahne
- 12 Kolbenfeder
- 13 Federteller
- 14 Einstellschraube
- 15 Rollenstößel
- 16 Nockenwelle

Bild 4

- a Einlochelement
- b Zweilochelement

- 1 Zulaufbohrung
- 2 Längsnut
- 3 Pumpenzylinder
- 4 Pumpenkolben
- 5 Steuerbohrung (Zu- und Rücklauf)
- 6 Steuerkante
- 7 seitliche Ausfräsung
- 8 Ringnut zur Schmierung



Im Zylinder sind dann ein oder zwei Bohrungen für den Kraftstoffzu- und Rücklauf angeordnet (Bild 4).

Der Pumpenkolben ist so fein in den Pumpenzylinder eingepasst, dass er auch bei sehr hohen Drücken und niedrigen Drehzahlen ohne zusätzliches Dichtelement abdichtet. Wegen der exakten Einpassung des Pumpenkolbens in den Pumpenzylinder dürfen nur vollständige Pumpenelemente ausgewechselt werden.

Die mögliche Einspritzmenge hängt vom Hubvolumen der Pumpenzylinder ab. Die maximalen Einspritzdrücke können je nach Ausführung zwischen 400 und 1350 bar an der Düse betragen.

Die Winkelversetzung von einem Nocken zum nächsten auf der Nockenwelle gewährleistet eine exakte Übereinstimmung der Einspritzfolge mit der Zündfolge und dem Zündabstand des Motors.

5 Pumpenelemente (Antrieb)

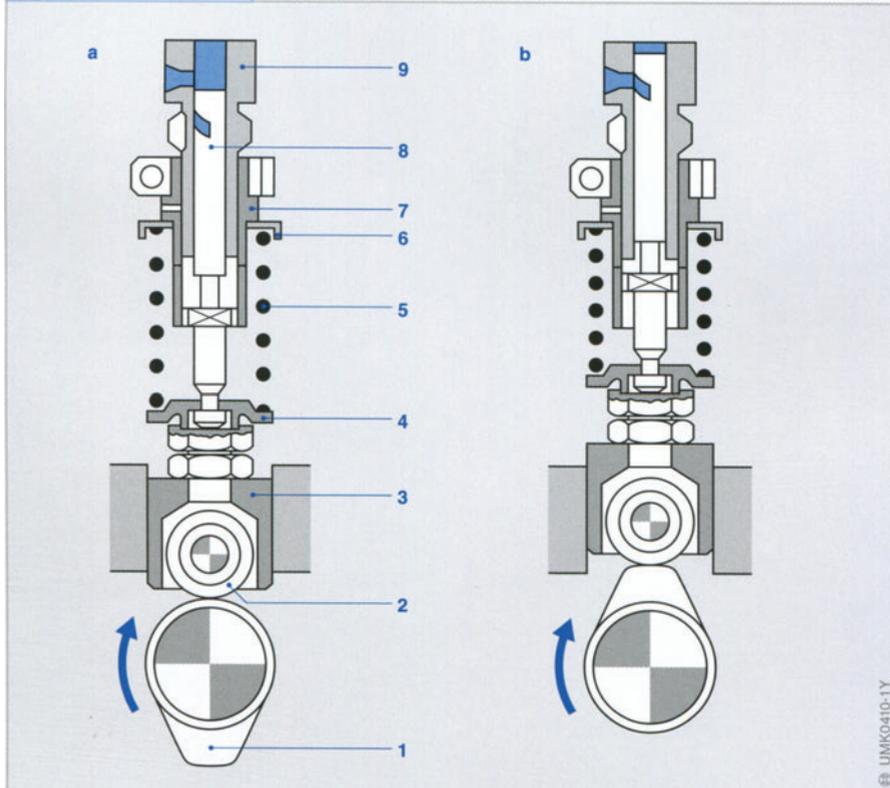


Bild 5

- a UT-Stellung
- b OT-Stellung

- 1 Nocken
- 2 Rolle
- 3 Rollenstößel
- 4 unterer Federteller
- 5 Kolbenfeder
- 6 oberer Federteller
- 7 Regelhülse
- 8 Pumpenkolben
- 9 Pumpenzylinder

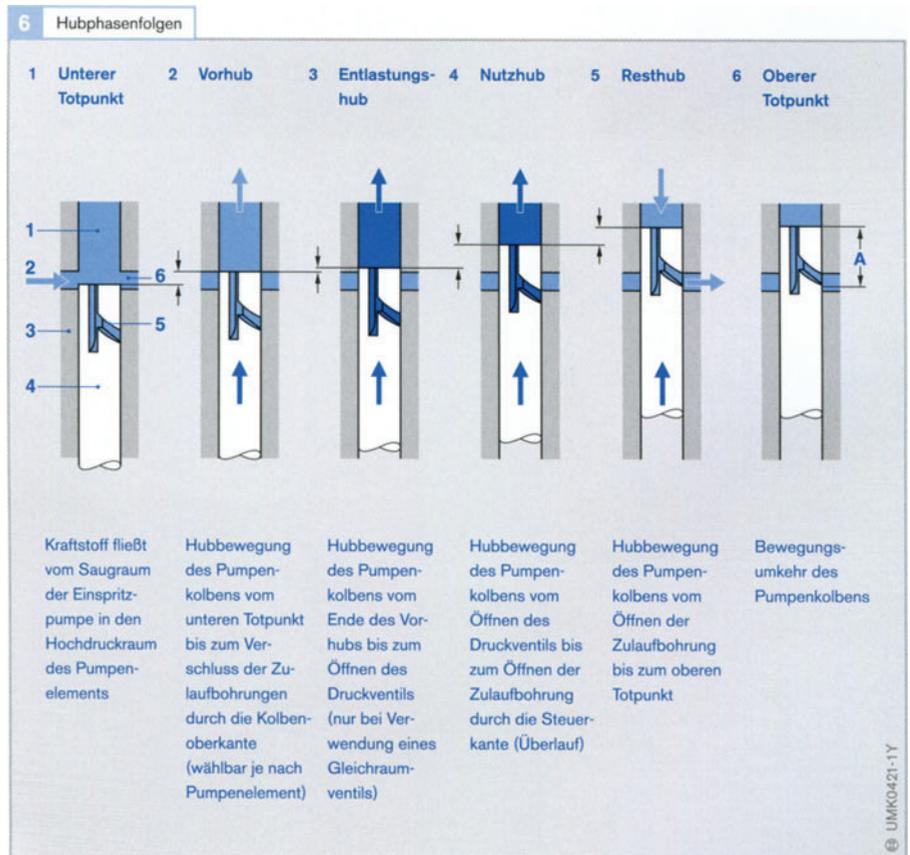
Arbeitsweise des Pumpenelements (Hubphasenfolge)

Die Drehbewegung der Nockenwelle wird direkt in eine Hubbewegung des Rollenstößels und somit auch in eine Hubbewegung des Pumpenkolbens umgewandelt.

Den Förderhub in Richtung des oberen Totpunkts OT übernimmt der Nocken. Eine Kolbenfeder bewerkstelligt die Rückführung in Richtung des unteren Totpunkts UT. Sie ist so dimensioniert, dass die Rolle auch bei maximaler Drehzahl nicht vom Nocken abspringt; denn ein Abspringen und mit ihm ein Wiederaufprallen der Rolle im Dauerbetrieb würde zwangsläufig zu einer Beschädigung der Nockenlaufbahn bzw. der Rolle führen.

Das Pumpenelement arbeitet nach dem Überströmprinzip mit Schrägkantensteuerung (Bild 6). Dieses Prinzip wird für die Reiheneinspritzpumpen PE und für die Einzelspritzpumpen PF angewandt.

Im unteren Totpunkt des Pumpenkolbens sind die Zulaufbohrungen im Pumpenzylinder offen. Durch sie kann der unter dem Förderpumpendruck stehende Kraftstoff vom Saugraum in den Hochdruckraum strömen. In der Aufwärtsbewegung verschließt der Pumpenkolben die Zulaufbohrungen. Man bezeichnet diese Phase des Kolbenhubs als Vorhub. Im weiteren Verlauf der Hubbewegung wird der Kraftstoffdruck im Hochdruckraum erhöht, was zu einer Öffnung des Druckventils über dem



7 Fördermengenregelung

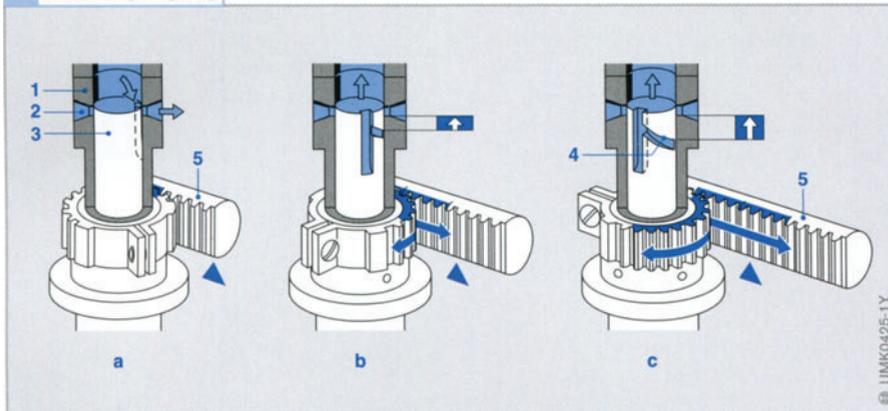


Bild 7

- a Nullförderung
- b Teilförderung
- c Vollförderung

- 1 Pumpenzylinder
- 2 Zulaufbohrung
- 3 Pumpenkolben
- 4 Steuerkante
- 5 gezeichnete Regelstange

Pumpenelement führt. Bei der Verwendung eines Gleichraumventils GRV (Beschreibung im Abschnitt „Druckventile“) durchläuft der Kolben noch den Entlastungshub. Nach dem Öffnen des Druckventils strömt der Kraftstoff während des Nutzhubes durch die Druckleitung zur Einspritzdüse. Diese spritzt den Kraftstoff schließlich fein dosiert in den Brennraum des Motors ein.

Gibt die Steuerkante des Pumpenkolbens die Steuerbohrung bzw. die Zulaufbohrung wieder frei, so ist der Nutzhub beendet. Von diesem Zeitpunkt an wird kein Kraftstoff mehr zur Einspritzdüse gefördert, da der Kraftstoff während des Resthubes durch die Längsnut vom Hochdruckraum in den Saugraum zurückgedrückt wird und so der Druck im Pumpenelement zusammenbricht.

Nach einer Bewegungsumkehr im oberen Totpunkt fließt der Kraftstoff so lange durch die Längsnut vom Saugraum in den Hochdruckraum zurück, bis die Steuerkante die Steuerbohrung bzw. die Zulaufbohrung wieder verschließt. Bei weiterem Kolbenrücklauf entsteht im Pumpenzylinder ein Unterdruck. Mit der Freigabe der Zulaufbohrung strömt wieder Kraftstoff in den Hochdruckraum. Der Zyklus beginnt von vorn.

Fördermengenregelung

Die Kraftstoffmenge lässt sich durch das Verändern des Nutzhubes steuern (Bild 7). Hierzu verdreht die Regelstange (5) den Pumpenkolben (3) so, dass mit der schräg verlaufenden Steuerkante (4) des Pumpenkolbens der Zeitpunkt des Förderendes und damit die Fördermenge verändert werden kann (Absteuern).

Bei der Endstellung für die Nullförderung (a) befindet sich die Längsnut direkt vor der Ansaugbohrung. Dadurch ist der Druckraum während des gesamten Hubes mit dem Saugraum verbunden. Es wird also kein Kraftstoff gefördert. In diese Stellung werden die Pumpenkolben gebracht, wenn der Motor abgestellt werden soll.

Für die Teilförderung (b) wird je nach Stellung des Pumpenkolbens früher abgesteuert.

Bei Vollförderung (c) wird erst beim Erreichen des maximalen Nutzhubes abgesteuert, also erst mit dem Erreichen der größtmöglichen Fördermenge.

Die Bewegungsübertragung zwischen Regelstange und Pumpenkolben kann – wie in Bild 7 dargestellt – über eine gezeichnete Regelstange und ein auf der Regelhülse aufgeklemmtes Zahnsegment¹⁾ oder über eine Regelstange mit Führungsschlitzen und einem Stift bzw. einem Kugelkopf²⁾ erfolgen.

- 1) PE...A und PF(R)-Pumpen
- 2) PE...M, MW, P, R, ZW(M) und CW-Pumpen

Pumpenelement mit Leckrückführung

Ist die Einspritzpumpe an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen, so führt der Leckkraftstoff unter Umständen zu einer Verdünnung des Motoröls. Elemente mit einer Leckrückführung zum Saugraum der Einspritzpumpe vermeiden dies weitgehend. Es gibt zwei Varianten:

- Eine Ringnut im Kolben (Bild 8a, Pos. 3) sammelt den Leckkraftstoff und führt ihn über sinnvoll angeordnete Nuten im Kolben (2) in den Saugraum zurück.
- Der Leckkraftstoff fließt über eine Ringnut im Pumpenzylinder (Bild 8b, Pos. 4) und über eine Bohrung (1) in den Saugraum zurück.

Pumpenkolbenvarianten

Spezielle Anforderungen wie Geräuschreduzierung oder Schadstoffminderung im Abgas machen die lastabhängige Veränderung des Förderbeginns notwendig. Pumpenkolben, die zusätzlich zu der unten liegenden Steuerkante (Bild 9, Pos.1) über eine oben liegende Steuerkante (2) verfügen, ermöglichen eine lastabhängige Steuerung des Förderbeginns. Um das Startverhalten einiger Motortypen zu verbessern, werden spezielle Pumpenkolben mit einer Startnut (3) verwendet. Diese Startnut – als zusätzliche Aussparung an der Oberkante – wirkt nur in der Startstellung der Pumpenkolben. Sie ergibt – relativ zur Kurbelwellenstellung – einen um 5...10° späteren Förderbeginn.

Bild 8

- a Ausführung mit Ringnut im Kolben
 - b Ausführung mit Ringnut im Zylinder
- 1 Leckrückführbohrung
 - 2 Leckrückführnuten
 - 3 Ringnut im Pumpenkolben
 - 4 Ringnut im Pumpenzylinder

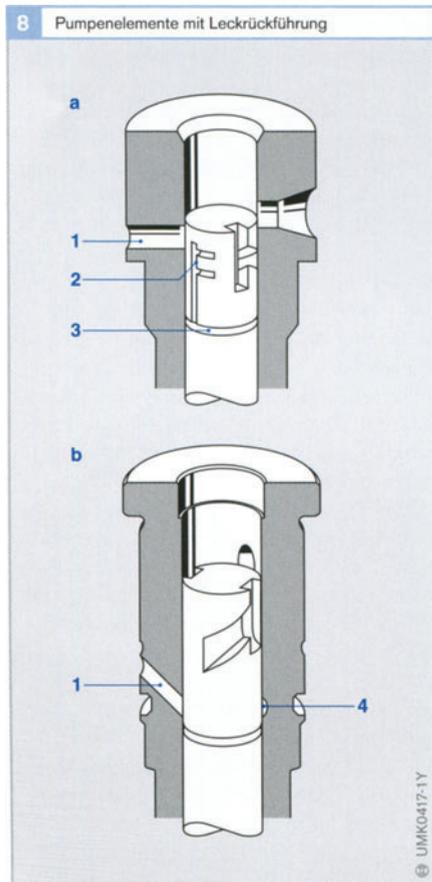
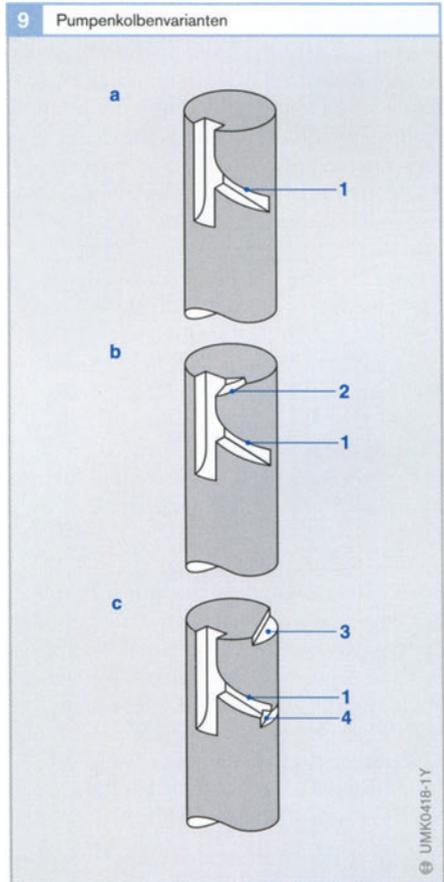


Bild 9

- a Steuerkante unten liegend
 - b Steuerkante unten und oben liegend
 - c Steuerkante unten liegend mit Startnut
- 1 Unten liegende Steuerkante
 - 2 oben liegende Steuerkante
 - 3 Startnut
 - 4 Nut zur Startmengebegrenzung



© UMK0417-1Y

© UMK0418-1Y

Nockenformen

Unterschiedliche Brennraumformen und Verbrennungsverfahren verlangen individuelle Einspritzbedingungen. Das heißt: für den jeweiligen Motortyp ist eine spezielle Abstimmung des Einspritzvorgangs erforderlich. Die Kolbengeschwindigkeit (und damit auch die Dauer der Einspritzung) hängt vom Nockenhub relativ zum Nockenwellenwinkel ab. Aus diesem Grund gibt es für den praktischen Einsatz Nockenformen in verschiedenen Ausführungen. Um die Einspritzbedingungen wie „Einspritzverlauf“ und „Druckbelastung“ zu verbessern, können rechnerisch Sondernockenformen bestimmt werden.

Auch die Ablaufflanke des Nockens lässt sich variieren (Bild 10): es gibt symmetrische Nocken (a), Nocken mit exzentrischem Ablauf (b) und rücklaufhemmende Nocken, die ein Starten des Motors in ungewollter Drehrichtung erschweren (c).

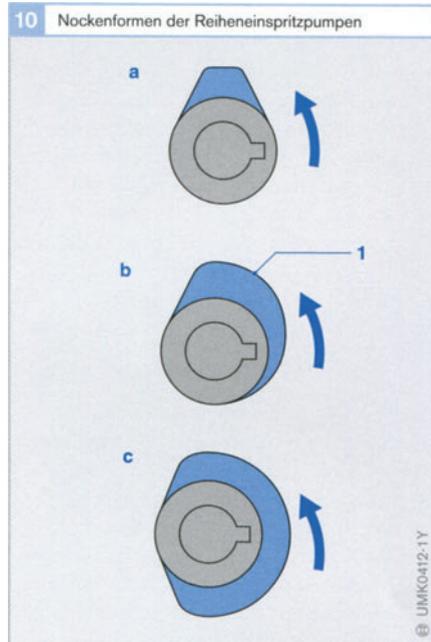


Bild 10

- a Symmetrischer Nocken
 - b Nocken mit exzentrischem Ablauf
 - c rücklaufhemmender Nocken
- 1 Ablaufflanke

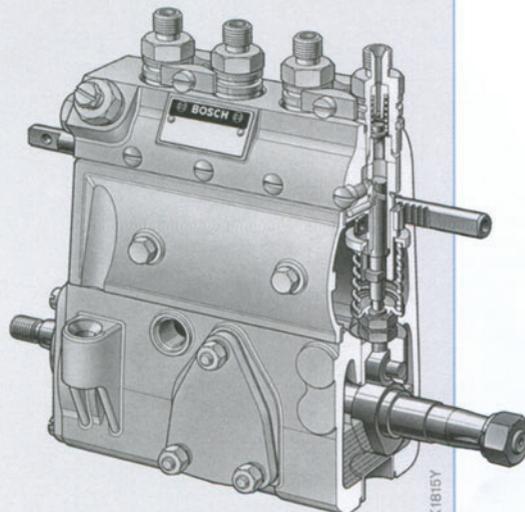
Reiheneinspritzpumpen-Geschichte(n)

Kein anderes Diesel-Einspritzsystem kann auf eine so lange Geschichte zurückblicken wie die Bosch-Reiheneinspritzpumpen. Bereits 1927 liefen die ersten dieser zuverlässigen Pumpen bei Bosch in Stuttgart vom Band.

Das Funktionsprinzip blieb gleich, jedoch wurden die Pumpen und die Regler ständig an die neuen Anforderungen angepasst und verbessert. Die Elektronische Dieselregelung 1987 und die Hubschieber-Reiheneinspritzpumpe 1993 eröffneten ein neues Potenzial.

Die Reiheneinspritzpumpen zählen in vielen Bereichen auch heute noch nicht zum „alten Eisen“. So haben 2001 ca. 150 000 Einspritzpumpen des Typs P und H das Bosch-Werk in Homburg verlassen!

Reiheneinspritzpumpe Typ PE..A



Druckventil

Das Druckventil ist zwischen Pumpenelement und Hochdruckleitung angebracht. Es hat die Aufgabe, im Hochdruckkreis die Hochdruckleitung vom Elementraum nach der Einspritzung zu trennen. Außerdem entlastet es nach der Einspritzung die Hochdruckleitung und den Düsenraum auf einen vorgegebenen Standdruck. Diese Entlastung bewirkt ein rasches und exaktes Schließen der Düse und verhindert ein unerwünschtes Nachspritzen des Kraftstoffs in den Brennraum des Motors.

Beim Fördervorgang hebt der zunehmende Druck im Hochdruckraum den Druckventilkegel (Bild 11, Pos. 3) von seinem Ventilsitz (4) im Druckventilträger (5) ab. Der Kraftstoff wird über den Druckventilhalter (1) in die Hochdruckleitung zur Einspritzdüse gefördert. Sobald die Steuerkante des Pumpenkolbens den Einspritzvorgang absteuert, fällt der Druck im Hochdruckraum ab. Der Druckventilkegel wird damit von der Ventilsfeder (2) auf seinen Sitz zurückgedrückt. Der Raum über dem Pumpenkolben und der Hochdruckkreis sind durch diesen Vorgang bis zum nächsten Förderhub voneinander getrennt.

Bild 11

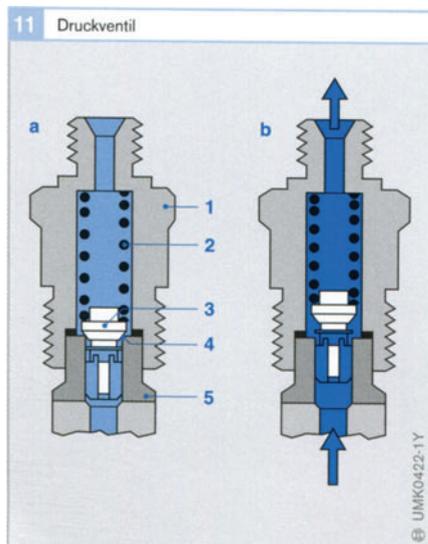
- a Geschlossen
- b bei Förderung

- 1 Druckventilhalter
- 2 Druckventilfeder
- 3 Druckventilkegel
- 4 Ventilsitz
- 5 Druckventilträger

Bild 12

- a Normal
- b mit Anschluss für Angleichung

- 1 Ventilsitz
- 2 Entlastungskolben (Entlastungsbund)
- 3 Ringnut
- 4 Druckventilschaft
- 5 Längsnut
- 6 Anschluss für Angleichung



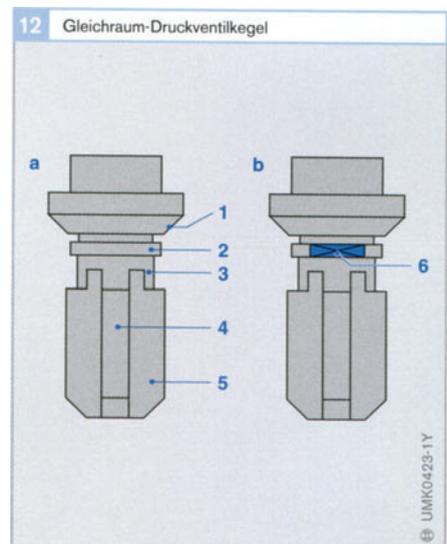
Gleichraumventil ohne Rückströmdrossel

Beim Gleichraumventil GRV ist ein Teil des Ventilschafts als „Entlastungskolben“ geformt (Bild 12, Pos. 2). Dieser ist mit geringem Spiel in die Ventilfehrung eingepasst. Beim Absteuern taucht der Entlastungskolben in die Ventilfehrung ein und schließt die Hochdruckleitung gegen den Hochdruckraum ab. Dabei vergrößert sich das dem Kraftstoff in der Hochdruckleitung zur Verfügung stehende Volumen um das Hubvolumen des Entlastungskolbens. Dieses Entlastungsvolumen ist auf die Länge der Druckleitung abgestimmt; diese darf deshalb nicht verändert werden.

Um gewünschte Fördermengenverläufe zu ermöglichen, werden in Sonderfällen Angleichventile verwendet. Sie haben an dem Entlastungskolben einen zusätzlichen Anschluss (6).

Gleichraumventil mit Rückströmdrossel

Das Rückströmdrosselventil (RDV oder RSD) kann an Stelle des Gleichraumventils verwendet werden. Es hat die Aufgabe, rücklaufende Druckwellen, die beim Schließen der Düse entstehen, zu dämpfen und unschädlich zu machen. Dadurch werden Verschleißerscheinungen und Kavitation



im Hochdruckraum verringert bzw. ganz vermieden. Auch ungewollte Nacheinspritzungen werden verhindert.

Die Rückströmdrossel ist im oberen Teil des Druckventilhalters integriert (Bild 13), also zwischen Gleichraumventil und Hochdruckleitung. Der Ventilkörper (4) hat eine kleine, an die Betriebsbedingungen angepasste Bohrung (3), die so bemessen ist, dass sich einerseits die gewünschte Drosselung ergibt, andererseits aber Druckwellenreflexionen weitgehend vermieden werden. In Förderrichtung öffnet das Ventil. Es findet keine Drosselung statt. Als Ventilkörper dient für Drücke bis ca. 800 bar eine Platte, für höhere Drücke ein geführter Kegel.

Pumpen mit Rückströmdrosselventil sind „offene Systeme“, d. h. beim Vor- oder Entlastungshub entspricht der Standdruck in der Einspritzleitung dem Saugraumdruck. Dieser muss deshalb mindestens 3 bar betragen.

Gleichdruckventil

Das Gleichdruckventil (GDV) wird bei Einspritzpumpen mit hohen Einspritzdrücken verwendet (Bild 14). Es besteht aus einem

Vorlaufventil in Förderrichtung (bestehend aus Druckventil, 1, 2, 3) und einem Druckhalteventil in Rückströmrichtung (bestehend aus 2, 5, 6, 7, 8), das in den Druckventilkegel (2) integriert ist. Das Druckhalteventil gewährleistet unter allen Betriebsbedingungen einen möglichst konstanten Leitungsstanddruck zwischen den Einspritzungen. Die Vorteile des Gleichdruckventils liegen in der Vermeidung von Kavitation und in einer besseren hydraulischen Stabilität und damit verbundenen genaueren Einspritzungen.

Beim Förderhub wirkt das Ventil wie ein gewöhnliches Druckventil. Bei Förderende ist die Kugel (7) zunächst geöffnet und das Ventil wirkt wie ein Ventil mit Rückströmdrossel. Ist der Schließdruck erreicht, schließt die Druckfeder (5) das Rückströmventil und hält somit den Druck in der Hochdruckleitung konstant.

Für eine störungsfreie Funktion des Gleichdruckventils sind allerdings höhere Einstellgenauigkeiten und Reglermodifikationen nötig. Es wird für Hochdruck-Einspritzpumpen (ab ca. 800 bar) und für kleine schnell laufende Direkteinspritzmotoren verwendet.

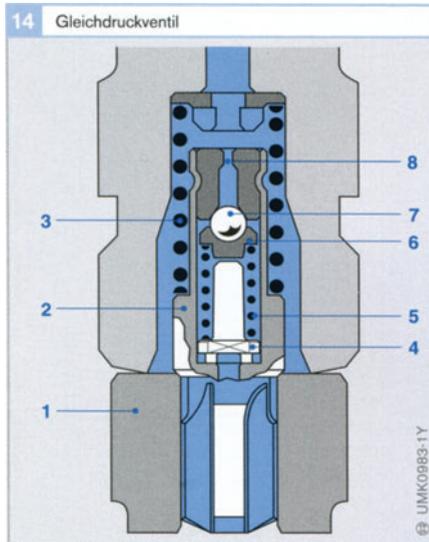
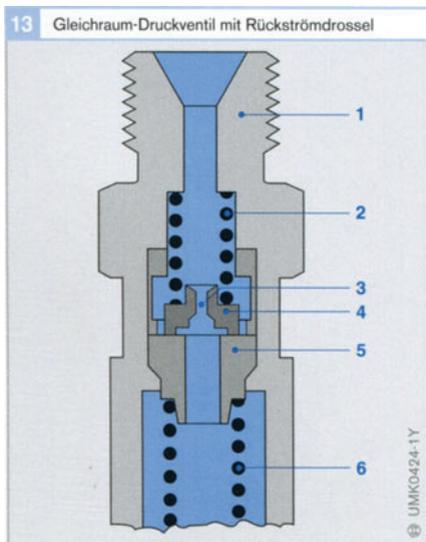


Bild 13

- 1 Druckventilhalter
- 2 Ventildrossel
- 3 Durchflussdrossel
- 4 Ventilkörper
- 5 Ventilträger
- 6 Druckventilfeder

Bild 14

- 1 Druckventilträger
- 2 Druckventilkegel
- 3 Druckventilfeder
- 4 Füllstück
- 5 Druckfeder
- 6 Federteller
- 7 Kugel
- 8 Durchflussdrossel

Ausführungen

Der Leistungsbereich von Dieselmotoren mit Reiheneinspritzpumpen erstreckt sich von 10 bis zu 200 kW pro Zylinder. Verschiedenartige Pumpenausführungen ermöglichen diesen weiten Leistungsbereich. Alle Ausführungen sind in Baureihen zusammengefasst, die sich zum Teil in ihren Leistungsbereichen überschneiden. Die verschiedenen Pumpengrößen A, M, MW und P werden in Großserien gefertigt (Bild 1).

Bei den Standard-Reiheneinspritzpumpen gibt es zwei voneinander abweichende Bauweisen:

- die offene Bauweise der M- und A-Pumpe mit seitlichem Deckel und
- die geschlossene Bauweise der MW- und P-Pumpe, bei der die Pumpenelemente von oben eingesteckt sind.

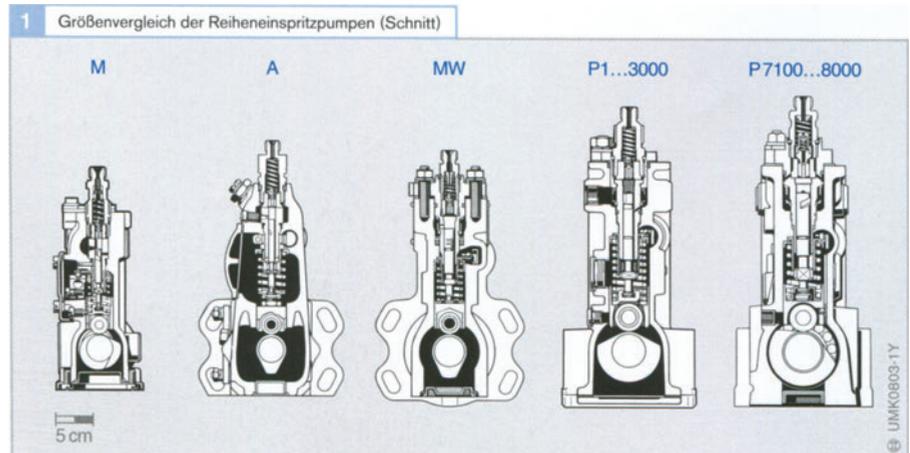
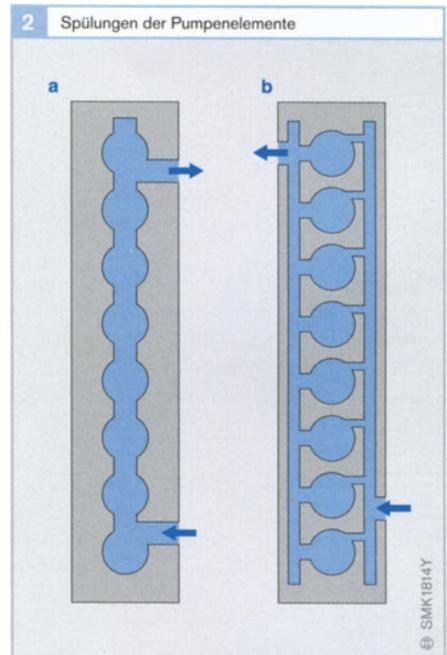
Für noch höhere Zylinderleistungen stehen die Baugrößen P10, ZW, P9 und CW zur Verfügung.

Es gibt zwei Arten, die Pumpenelemente mit Kraftstoff zu versorgen, d. h. zu spülen (Bild 2):

Bei der *Längsspülung* (a) fließt der Kraftstoff *nacheinander* durch alle Pumpenelemente.

Bei der *Querspülung* (b) werden alle Elemente durch *einen Kanal* versorgt. So wirkt der Absteuerdruck nicht auf den nächsten Zylinder. Dadurch ergibt sich eine kleinere Mengentoleranz und eine genauere Zuteilung.

Bild 2
a Längsspülung
b Querspülung (für Pumpentyp P-8000)



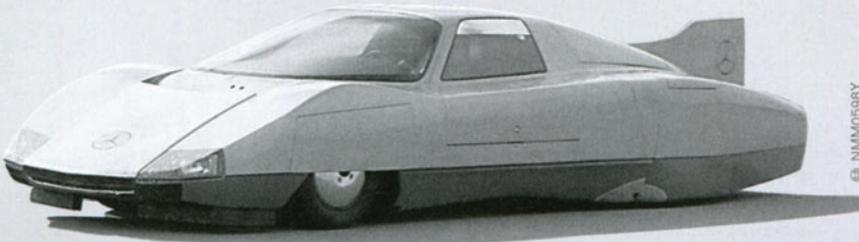
► Dieselrekorde 1978

Im April 1978 stellte das Versuchsfahrzeug Mercedes-Benz C111-III neun, zum Teil heute noch gültige Geschwindigkeits-Weltrekorde und elf internationale Klassenrekorde auf. Einige dieser Rekorde wurden bis dahin von Fahrzeugen mit Ottomotoren gehalten.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit der Rekordfahrten betrug ca. 325 km/h. Die höchste Geschwindigkeit wurde mit 338 km/h gemessen. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch lag bei nur knapp 16 l/100 km.

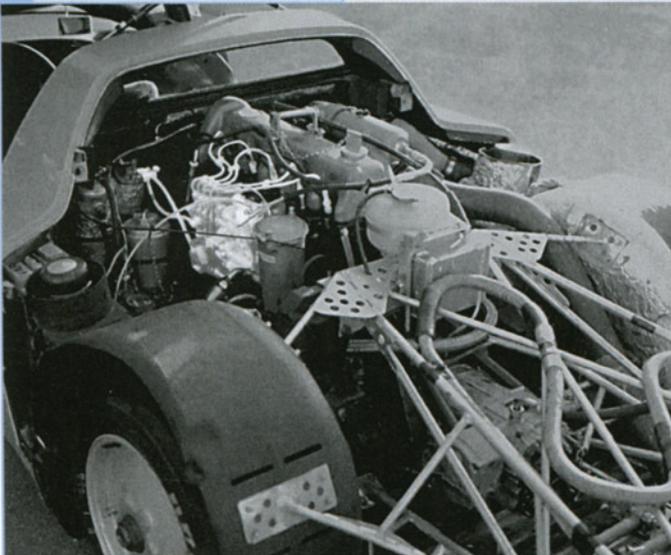
Möglich wurden diese Leistungen vor allem durch die besonders stromlinienförmige Karosserie aus Kunststoff. Ihr cw-Wert war für damalige Verhältnisse mit 0,195 sensationell niedrig.

Angetrieben wurde das Fahrzeug von einem 3 / Fünfzylinder-Reihen-Dieselmotor mit einer maximalen Leistung von 170 kW (230 PS). Dieser Motor hatte damit die doppelte Leistung seines Serienpendants. Das maximale Drehmoment von 401 Nm erreichte der Motor bei 3600 min⁻¹. Ein Turbolader und ein Ladeluftkühler ermöglichten diese Leistung.



© NMM0598Y

► Motorraum des Mercedes-Benz C111-III



Die Turboladerdrehzahl erreichte bei Nenndrehzahl des Motors 150 000 min⁻¹.

Für die exakte Kraftstoffzuführung sorgte eine Bosch Reiheneinspritzpumpe PE..M.

© NMM0599Y

Einspritzpumpengrößen M

Die Reiheneinspritzpumpe der Größe M (Bilder 3 und 4) ist die kleinste Reiheneinspritzpumpe der Baureihe PE. Sie hat ein Leichtmetallgehäuse (Aluminium), das über einen Flansch am Motor befestigt ist.

Die M-Pumpe ist eine Reiheneinspritzpumpe der offenen Bauart; sie ist seitlich und am Boden mit einem Deckel versehen. Der Spitzendruck ist bei der M-Pumpe pumpenseitig auf 400 bar begrenzt.

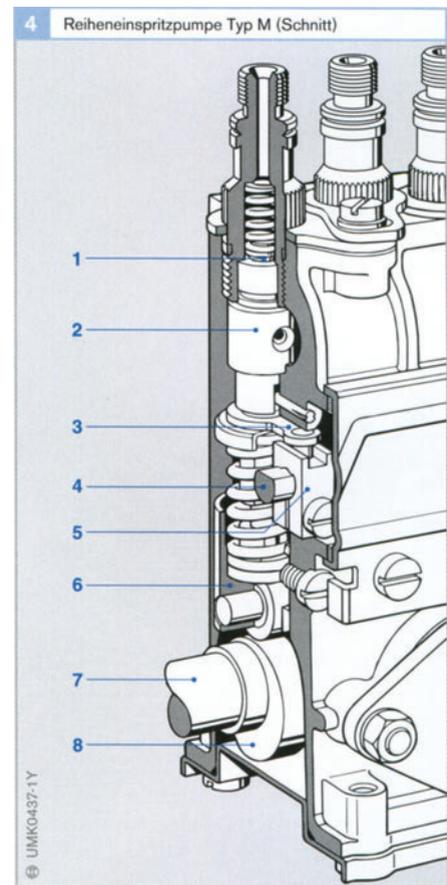
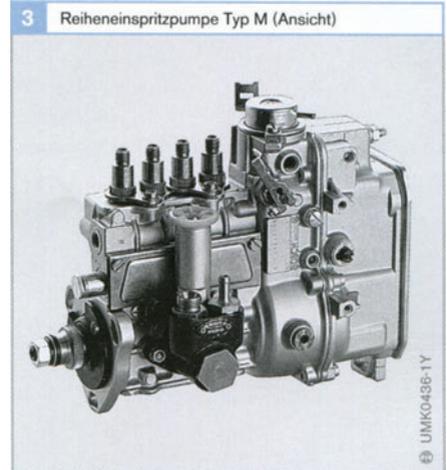
Nach der Demontage des an der Seite befindlichen Deckels kann die Fördermenge der Pumpenelemente eingestellt und aneinander angeglichen werden. Die Einzeleinstellung lässt sich dabei durch das Verschieben der Klemmstücke (Bild 4, Pos. 5) auf der Regelstange (4) vornehmen. Während des Betriebs der Einspritzpumpe wird über die Regelstange die Stellung des Pumpenkolbens und damit die Fördermenge innerhalb des konstruktiv definierten Bereichs bestimmt. Die Regelstange besteht bei der M-Pumpe aus einem abgeflachten Rundstahl. Auf dieser Regelstange befinden sich die mit einer Nut versehenen Klemmstücke. Der Hebel (3), der mit der Regelhülse fest verbunden ist, stellt mit seinem eingienieteten Bolzen die Verbindung zum jeweiligen Klemmstück her. Dieses Konstruktionsprinzip bezeichnet man als Lenkerregulierung.

Die Pumpenkolben liegen direkt auf den Rollenstößeln (6) auf. Die Vorhubeinstellung wird durch Auswahl von Stößelrollen mit unterschiedlichen Durchmessern vorgenommen.

Die M-Pumpe gibt es in 4-, 5- und 6-Zylinder-Versionen, wobei mit ihnen ausschließlich ein Betrieb mit Diesel-Kraftstoff möglich ist.

Bild 4

- 1 Druckventil
- 2 Pumpenzylinder
- 3 Hebel der Regelhülse
- 4 Regelstange
- 5 Klemmstück
- 6 Rollenstößel
- 7 Nockenwelle
- 8 Nocken



Einspritzpumpengrößen A

Die Reiheneinspritzpumpe der Größe A (Bilder 5 und 6) schließt sich mit ihrer größeren Fördermenge an die Einspritzpumpe der Größe M an.

Sie hat ebenfalls ein Leichtmetallgehäuse und kann sowohl über eine Flansch- als auch über eine Wannenfestigung mit dem Motor verbunden werden.

Bei der A-Pumpe, die gleichfalls eine Einspritzpumpe der offenen Bauart ist, wird der Pumpenzylinder (Bild 6, Pos. 2) direkt von oben in das Aluminiumgehäuse eingesetzt. Er wird mit dem Druckventilhalter über den Druckventilträger gegen das Pumpengehäuse gepresst. Die Dichtungsdrücke, die viel höher als die hydraulischen Förderdrücke sind, müssen von dem Pumpengehäuse aufgenommen werden. Aus diesem Grund ist der Spitzendruck bei der A-Pumpe pumpenseitig auf 600 bar begrenzt.

Die A-Pumpe hat (im Gegensatz zur M-Pumpe) für die Einstellung des Vorhubes eine Einstellschraube (7). Dies erleichtert die Grundeinstellung. Die Einstellschraube ist in den Rollenstößel eingeschraubt und mit einer Gegenmutter fixiert.

Als weiterer Unterschied zur M-Pumpe hat die A-Pumpe statt der Lenkerregulierung eine Ritzelregulierung. Dabei ist die Regelstange (4) als Zahnstange ausgeführt. Auf der Regelhülse (5) ist ein Zahnsegment festgeklemmt. Nach dem Lösen der Klemmschraube lässt sich, zum Gleichstellen der Fördermenge der einzelnen Pumpenelemente, die Regelhülse relativ zum Zahnsegment verdrehen.

Alle Einstellarbeiten können bei dieser Bauweise nur bei Stillstand der Pumpe und bei offenem Gehäuse durchgeführt werden. Das Gehäuse hat zur Erfüllung dieser Aufgabe einen Federraumdeckel, der wie bei der M-Pumpe seitlich abgenommen werden kann.

Die A-Pumpe wird in Ausführungen bis zu 12 Zylindern hergestellt und ist im Gegensatz zur M-Pumpe bereits für den Mehrstoffbetrieb geeignet.

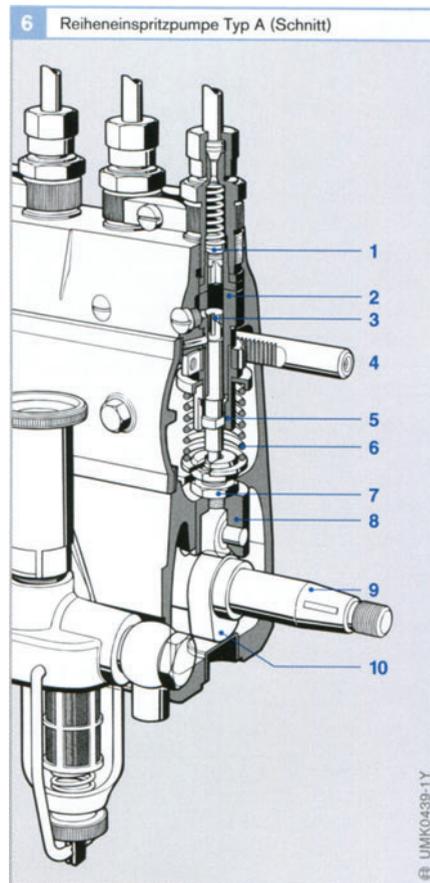
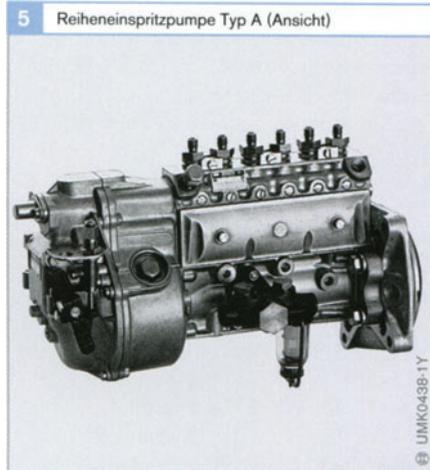


Bild 6

- 1 Druckventil
- 2 Pumpenzylinder
- 3 Pumpenkolben
- 4 Regelstange
- 5 Regelhülse
- 6 Kolbenfeder
- 7 Einstellschraube
- 8 Rollenstößel
- 9 Nockenwelle
- 10 Nocken

Einspritzpumpengrößen MW

Für höhere Pumpenleistungen wurde die Reiheneinspritzpumpe der Größe MW entwickelt (Bilder 7 und 8).

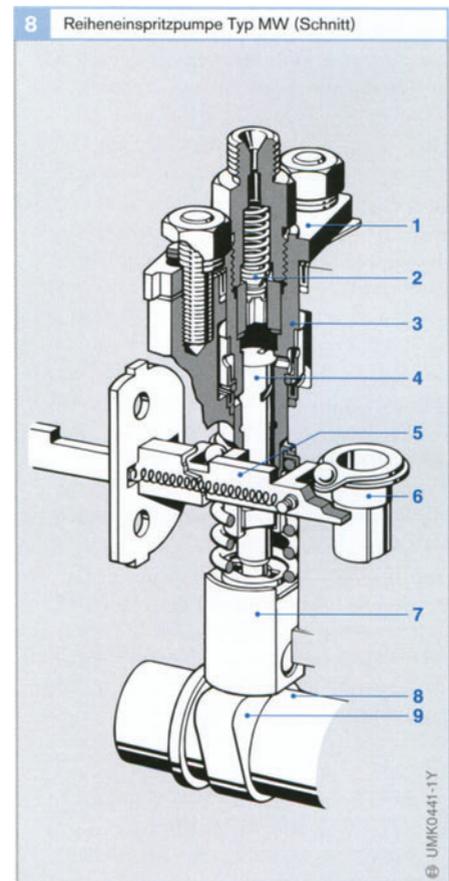
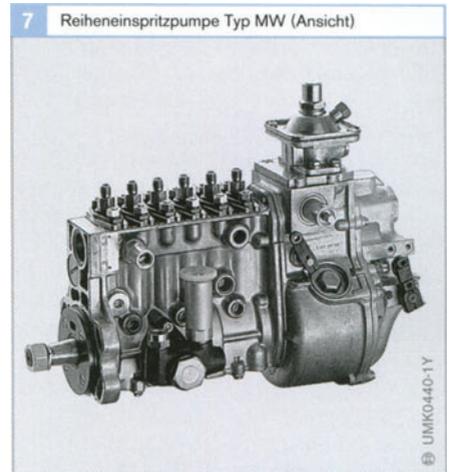
Die MW-Pumpe ist eine Reiheneinspritzpumpe der geschlossenen Bauart; sie ist in ihrem Spitzendruck pumpenseitig auf 900 bar begrenzt, ebenfalls in einem Leichtmetallgehäuse aufgebaut und mit dem Motor über Flachbett-, Flansch- oder Wannenbefestigung koppelbar.

Ihre Konstruktion weicht erheblich von den Baureihen der M- und der A-Pumpe ab. So ist das Hauptunterscheidungsmerkmal der MW-Pumpe der Elementverband, der von oben in das Gehäuse eingesetzt wird. Der Elementverband wird außerhalb des Gehäuses zusammengeschraubt und besteht aus Pumpenzylinder (Bild 8, Pos. 3), Druckventil (2) und Druckventilhalter. Bei der MW-Pumpe ist der Druckventilhalter direkt in den nach oben verlängerten Pumpenzylinder eingeschraubt. Verschieden dicke Ausgleichscheiben bzw. -platten, die zwischen das Gehäuse und den Elementverband montiert sind, ermöglichen die Einstellung des Vorhubes. Die Einstellung der Gleichförderung zwischen den verschiedenen Pumpenzylindern wird von außen durch das Verdrehen des Elementverbandes vorgenommen. Der Flansch (1) weist hierzu Langlöcher auf. Die Stellung des Pumpenkolbens bleibt dabei unverändert.

Die MW-Pumpe gibt es bei den verschiedenen Befestigungsarten in Versionen bis zu 8 Zylindern. Sie eignet sich nur für Dieselmotoren. Die MW-Pumpen werden für Neuentwicklungen nicht mehr eingesetzt.

Bild 8

- 1 Befestigungsflansch des Pumpenelements
- 2 Druckventil
- 3 Pumpenzylinder
- 4 Pumpenkolben
- 5 Regelstange
- 6 Regelhülse
- 7 Rollenstößel
- 8 Nockenwelle
- 9 Nocken



Einspritzpumpengrößen P

Ebenfalls für höhere Pumpenleistungen wurde die Reiheneinspritzpumpe der Größe P entwickelt (Bilder 9 und 10). Sie ist wie die MW-Pumpe eine Einspritzpumpe der geschlossenen Bauart und wird über eine Boden- oder Flanschbefestigung mit dem Motor verbunden. Bei einer P-Pumpe für einen Spitzendruck bis 850 bar pumpenseitig steckt der Pumpenzylinder (Bild 10, Pos. 4) in einer zusätzlichen Flanschbuchse (3), in der sich das Gewinde für den Druckventilhalter befindet. Bei dieser Ausführung belasten die Dichtkräfte das Gehäuse nicht. Die Einstellung des Vorhubes bei der P-Pumpe verläuft wie bei der MW-Pumpe.

Reiheneinspritzpumpen mit geringen Einspritzdrücken arbeiten mit der herkömmlichen Saugraumspülung, bei der die Saugräume der einzelnen Zylinder vom Kraftstoffzulauf bis zum Kraftstoffrücklauf hintereinander in Richtung der Pumpenlängsachse durchströmt werden (Längsspülung). Bei P-Pumpen der Ausführung P 8000, die für pumpenseitige Einspritzdrücke bis 1150 bar ausgelegt sind, würde dieses Durchspülungsverfahren innerhalb der Einspritzpumpe zu einer starken Temperaturdifferenz (bis zu 40°C) im Kraftstoff zwischen dem ersten und letzten Zylinder führen. Dadurch würden in die Brennräume des Motors unterschiedliche „Energienengen“ eingespritzt (die Energiedichte des Kraftstoffs verringert sich bei steigender Temperatur und mithin größer werdendem Volumen). Aus diesem Grund verfügen diese Einspritzpumpen über eine Querspülung, bei der die Saugräume der einzelnen Zylinder durch Drosselstellen voneinander abgeschottet sind und unter annähernd gleichen Temperaturbedingungen parallel (quer zur Pumpenlängsachse) durchströmt werden.

Die P-Pumpe wird in Versionen mit bis zu 12 Zylindern hergestellt und ist sowohl für Dieselbetrieb als auch für Vielstoffbetrieb geeignet.

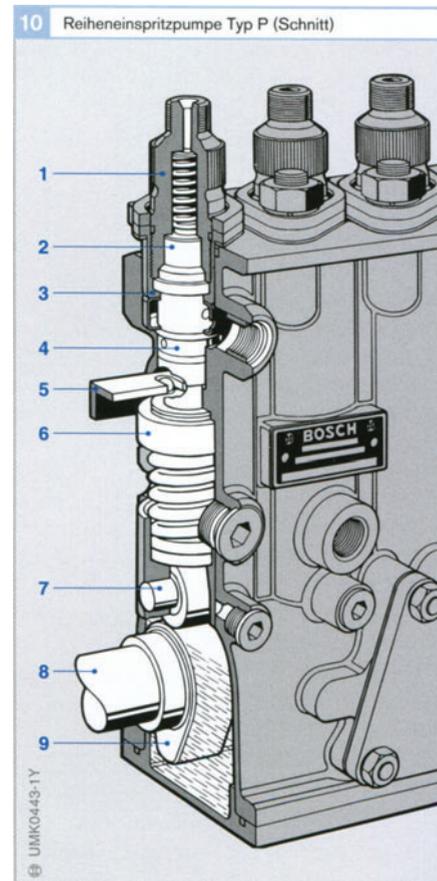
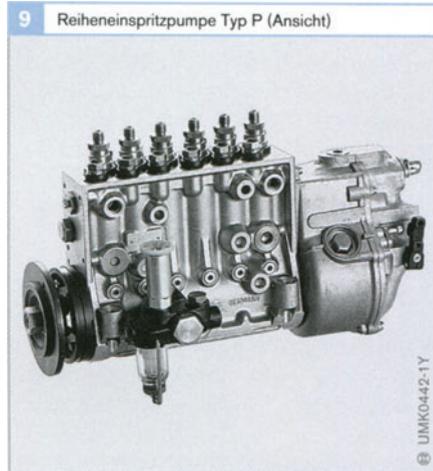


Bild 10

- 1 Druckventilhalter
- 2 Druckventil
- 3 Flanschbuchse
- 4 Pumpenzylinder
- 5 Regelstange
- 6 Regelhülse
- 7 Rollenstößel
- 8 Nockenwelle
- 9 Nocken

Einspritzpumpengröße P10

Die Reiheneinspritzpumpe der Größe P10 ist die kleinste der im Folgenden beschriebenen Baureihen für größere Dieselmotoren, wie sie in Off Highway-Anwendungen für Stationärmotoren, Bau- und Landmaschinen, Sonderfahrzeuge, Lokomotiven und Schiffe eingesetzt werden. Die Befestigung am Motor erfolgt über ein Flachbett.

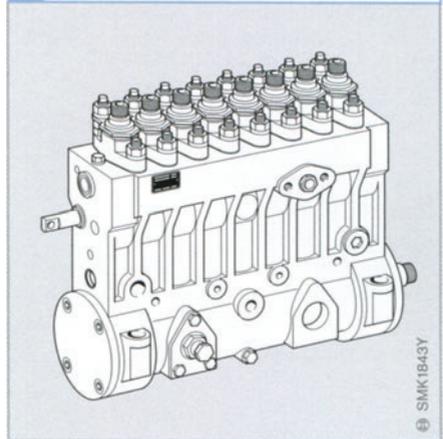
Der düsenseitige Spitzendruck ist auf ca. 1200 bar begrenzt.

Das geschlossene Leichtmetallgehäuse (Bild 12, Pos. 13) nimmt die von oben eingesteckten Flanschelemente auf. Diese bestehen aus dem Pumpenzylinder (5), dem Gleichdruckventil und dem Pumpenkolben (12). Schraubbolzen (3) halten sie in ihrer Position. Ein Druckventilhalter (1) dichtet die Gleichdruckventile ab. Dadurch ist das Gehäuse nicht durch die Dichtkräfte belastet. Direkt in die Pumpenzylinder sind Prallschutzschrauben (4) eingebaut, die das Gehäuse vor Beschädigungen durch den energiereichen Absteuerstrahl beim Förderende schützen. Auf der Regelhülse (8) befinden sich zwei Lenker mit schmalen zylindrischen Endstücken, die in entsprechende Schlitze der Regelstange (6) eingreifen.

Für die Mengengleichstellung der Pumpenelemente weisen die in Flanschform ausgeführten Pumpenzylinder Langlöcher auf. Die Pumpenzylinder können so in geeigneter Weise vor dem Festschrauben justiert werden. Die Einstellung des Vorhubs erfolgt durch das Unterlegen von verschiedenen dicken Ausgleichsscheiben (2) zwischen Pumpenzylinder und Gehäuse. Zum einfacheren Austausch sind diese Ausgleichsscheiben geschlitzt und können somit seitlich eingeschoben werden.

Zur Demontage des Rollenstößels (10) bei Wartungsarbeiten wird zunächst der Pumpenzylinder ausgebaut. Anschließend wird der oberhalb der Kolbenfeder (9) sitzende Federteller (7) nach unten gedrückt. Ein nach innen spannender Federring (11) entriegelt dadurch den Federteller. Damit können Federteller, Regelhülse, Kolbenfeder,

11 Reiheneinspritzpumpe Typ P10 (Ansicht)



12 Reiheneinspritzpumpe Typ P10 (Schnitt)

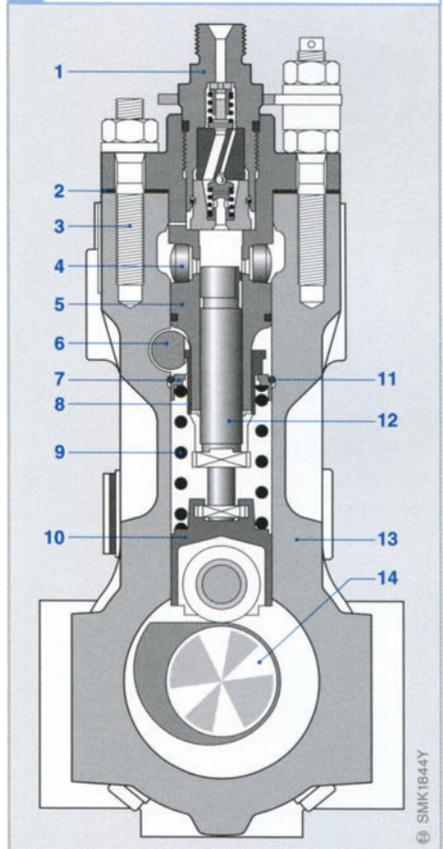


Bild 12

- 1 Ventilhalter des Gleichdruckventils
- 2 Ausgleichsscheiben
- 3 Schraubbolzen
- 4 Prallschutzschraube
- 5 Pumpenzylinder mit Anschlussflansch
- 6 Regelstange
- 7 Federteller
- 8 Regelhülse
- 9 Kolbenfeder
- 10 Rollenstößel
- 11 Federring
- 12 Pumpenkolben
- 13 Gehäuse
- 14 Nockenwelle

Pumpenkolben und Rollenstößel nach oben ausgebaut werden.

Zum Einbau der genannten Bauteile wird die Kolbenfeder über den Federteller gespannt und der Federring mit einer Vorrichtung nach außen in seine Sicherungsposition im Gehäuse gedrückt.

Die Nockenwelle ist an den Enden mit Rollenlagern im Gehäuse gelagert. Zur Erzielung einer hohen Biegesteifigkeit ist sie durch ein oder zwei halbschalige Gleitlager unterstützt.

Die Einspritzpumpe der Größe P10 ist an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen. Eine Drosselbohrung bestimmt die zugeführte Schmierölmenge. Die Saugräume der einzelnen Pumpenelemente sind miteinander verbunden und die Pumpe wird in der Längsachse vom Kraftstoff durchströmt (Längsspülung). Die Kraftstoffvorförderpumpe ist meist eine vom Motor angetriebene Zahnradpumpe oder Elektrokraftstoffpumpe. Sie liefert zur guten Spülung (und damit zur Kühlung der Einspritzpumpe) ein Mehrfaches der einzuspritzenden Kraftstoffmenge.

Die Einspritzpumpen der Größe P10 werden in Ausführungen mit 6, 8 und 12 Zylindern gefertigt und sind für Dieselbetrieb und in Sonderausführung für den Mehrstoffbetrieb geeignet.

Einspritzpumpengröße P9

Die Reiheneinspritzpumpe der Größe P9 entspricht in ihren konstruktiven Details weitgehend der Größe P10. Sie ist jedoch etwas größer und damit zwischen den ZW- und CW-Pumpen angesiedelt.

Die Einspritzpumpe der Größe P9 weist ein geschlossenes Leichtmetallgehäuse auf. Der düsenseitige Druck ist ebenfalls auf ca. 1200 bar beschränkt. Die Montage am Motor erfolgt mit einer Wannensicherung. Es werden Pumpen für 6, 8 und 12 Zylinder gefertigt. Die Steuerung der Fördermenge der Einspritzpumpe erfolgt durch einen vom Motorhersteller beigestellten hydraulischen oder elektromechanischen Regler.

Einspritzpumpengröße ZW

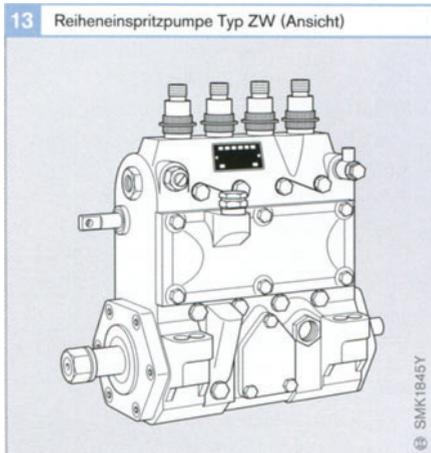
Die Reiheneinspritzpumpe der Größe ZW (Bild 13) weist ein offenes Leichtmetallgehäuse auf. Die Verbindung der Einspritzpumpe mit dem Motor erfolgt über eine Wannensicherung. Der düsenseitige Spitzendruck ist auf 950 bar begrenzt.

Der in das Gehäuse (Bild 14, nächste Seite, Pos. 18) eingeschraubte Druckventilhalter (1) gewährleistet die Abdichtung zwischen Druckventil und Pumpenzylinder (2) und überträgt zusätzlich die hydraulischen Kolbenkräfte. Eine Elementfixierschraube (14) fixiert den Pumpenzylinder in seiner Position.

Je zwei in das Gehäuse gegenüber den Steuerbohrungen eingesetzte gehärtete Prallschutzschrauben (3) schützen das Gehäuse vor Beschädigungen durch den energiereichen Absteuerstrahl.

Die Steuerung der Fördermenge erfolgt über eine als Zahnstange ausgeführte Regelstange (4). Sie greift in die Zahnsegmente ein, die auf die Regelhülsen (6) aufgeklemmt sind.

Zur Gleichstellung der Fördermengen der einzelnen Pumpenelemente wird die Klemmschraube (15) gelockert. Nun lässt sich das Zahnsegment relativ zur Regelhülse verdrehen. Anschließend müssen die Klemmschrauben wieder festgezogen werden.



Die Einstellung des Vorhubes erfolgt mit dem Einbau und gegebenenfalls Austausch einer Vorhubplatte (9) oder einer Schraube im Rollenstößel (10).

Für den Ausbau der Nockenwelle (11) kann der Rollenstößel in seiner oberen Endposition durch eine seitlich eindrehbare Halteschraube (17) festgehalten werden. Die Lagerung der Nockenwelle erfolgt durch Rollenlager. Bei vielzylindriger Ausführung sind außerdem ein oder zwei zusätzliche halbschalige Gleitlager vorhanden.

Als Kraftstoffvorförderpumpe kann eine Kolbenförderpumpe seitlich an das Gehäuse angeflanscht werden oder eine Zahnrad- oder Elektrokraftstoffpumpe zum Einsatz kommen. Die Schmierung der Einspritzpumpe erfolgt durch den Schmierölkreislauf des Motors.

Die Einspritzpumpen der Größe ZW werden in Ausführungen von 4...12 Zylindern gefertigt. Sie eignen sich für den Dieselmotorbetrieb. Einspritzpumpen mit der Bezeichnung ZW (M) sind für den Mehrstoffbetrieb ausgelegt.

Einspritzpumpengröße CW

Die Reiheneinspritzpumpe der Größe CW schließt die Baugrößen der Bosch-Reiheneinspritzpumpen nach oben hin ab. Das typische Anwendungsgebiet dieser Baugröße sind schwere und relativ langsam laufende Schiffsmotoren und Off Highway-Motoren mit Nenndrehzahlen bis zu 1800 min^{-1} und Zylinderleistungen bis 200 kW.

Bereits die 6-Zylinder-Ausführung dieser Einspritzpumpe mit einem geschlossenen Gehäuse aus Sphäroguss weist ein Gewicht von rund 100 kg auf – dies entspricht dem Gewicht eines Pkw-Motors der Mittelklasse.

Die Fixierung der Pumpe am Motor erfolgt über eine Bodenbefestigung mit acht Schrauben.

Der düsenseitige Spitzendruck ist auf ca. 1000 bar begrenzt.

Die Dicht- und Haltekräfte der Pumpenzylinder mit ihren Kolbendurchmessern bis

Bild 14

- 1 Ventilhalter des Gleichdruckventils
- 2 Pumpenzylinder
- 3 Prallschutzschraube
- 4 Regelstange
- 5 Regelstangenführungsschraube
- 6 Regelhülse
- 7 Pumpenkolben
- 8 Kolbenfeder
- 9 Vorhubplatte
- 10 Rollenstößel
- 11 Nockenwelle
- 12 Ölstandskontrollschraube
- 13 Öleinfüllschraube
- 14 Elementfixierschraube
- 15 Klemmschraube
- 16 Deckel
- 17 Halteschraube
- 18 Gehäuse

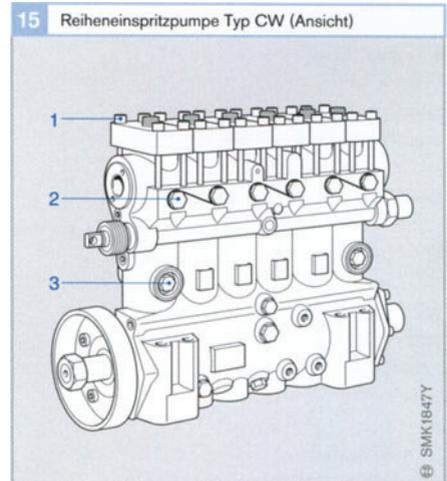
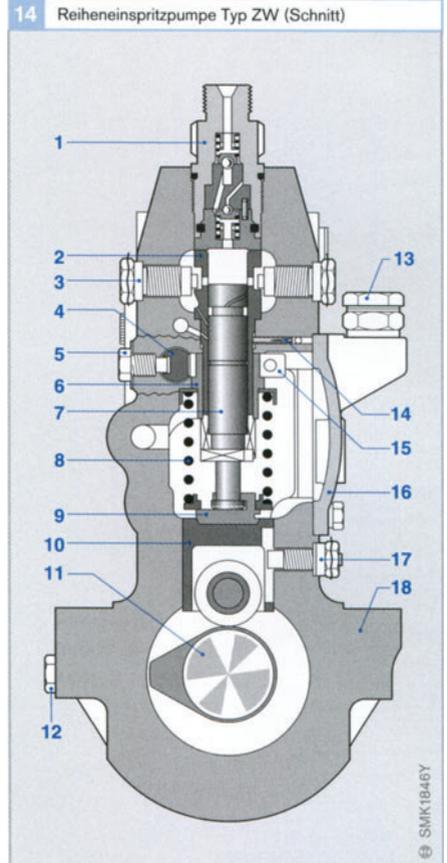


Bild 15

- 1 Klemmschraube
- 2 Prallschutzschraube
- 3 Schraubendeckel

zu 20 mm werden von jeweils vier kräftigen Klemmschrauben (Bild 15, Pos. 1) auf das Pumpengehäuse übertragen.

Die Regelstange ist als Zahnstange ausgeführt. Die Mengengleichstellung der Pumpenelemente lässt sich über kleine seitliche Öffnungen im Gehäuse justieren. Sie sind durch Schraubdeckel (3) verschlossen. Zur Vorhubeinstellung werden Platten von unterschiedlicher Dicke zwischen den Rollenstößel und den Pumpenkolben eingelegt.

Die Kraftstoffversorgung erfolgt über eine vom Motor angetriebene Zahnradpumpe oder über eine Elektrokraftstoffpumpe.

Für die Regelung kommen vom Motorhersteller gestellte hydraulische oder elektro-mechanische Regler zur Anwendung.

Die Pumpe wird in Ausführungen mit 6, 8 und 10 Zylindern gefertigt und ist für Dieselbetrieb geeignet.

Reiheneinspritzpumpen für Sonderanwendungen

Neben dem Betrieb für Verbrennungsmotoren gibt es noch eine Reihe von Sonderanwendungen, bei denen (z. B. von einem Elektromotor angetriebene) Reiheneinspritzpumpen eingesetzt werden. Dies sind z. B. Anwendungen

- der chemischen Industrie,
- der Textilindustrie,
- des Werkzeugmaschinenbaus und
- des Anlagenbaus.

Einspritzpumpen für diesen Bereich werden *Presspumpen* genannt. Dafür werden hauptsächlich Einspritzpumpen des Typs P und ZW(M) eingesetzt. Auch Einzeleinspritzpumpen des Typs PE ohne eigene Nockenwelle können eingesetzt werden.

Bei den oben aufgeführten Anwendungen müssen Flüssigkeiten in sehr kleinen, aber genau bemessenen Mengen unter hohem Druck gefördert oder fein und gleichmäßig zerstäubt werden. Dazu kommt häufig noch die Forderung, dass sich die Fördermenge schnell, stufenlos und auf möglichst einfache Weise verändern lässt.

Die zu fördernden Flüssigkeiten dürfen die Pumpenmaterialien (Aluminium, Kupfer, Stahl, Perbunan, Nylon) chemisch nicht merklich angreifen und keinerlei feste, d. h. schleifende Bestandteile enthalten; nur so wird eine vorzeitige Abnutzung der Pumpenelemente verhindert. Gegebenenfalls müssen die Flüssigkeiten vor Eintritt in die Presspumpe sorgfältig gefiltert werden. Je nach Flüssigkeit müssen an der Presspumpe besondere Bauteile eingesetzt werden (z. B. nicht rostende Druckfedern, oberflächenbehandelte Saugräume, spezielle Dichtringe).

Flüssigkeiten höherer Viskosität müssen der Presspumpe mit entsprechendem Überdruck zugeführt oder vor Eintritt in das Filter durch Erwärmung (bis max. 80 °C) dünnflüssig gemacht werden.

Viskositätsgrenzen der Förderflüssigkeiten sind $v = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; bzw. mit Erhöhung des Saugraumdrucks auf bis zu 2 bar $v = 38 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

Das zu fördernde Medium soll mit einem Druck bis zu 2 bar – je nach Viskosität – dem Saugraum zuströmen. Dies kann durch eine an die Presspumpe angebaute Vorförderpumpe, eine entsprechende Fallhöhe oder einen unter Druck stehenden Flüssigkeitsbehälter gewährleistet sein.

Fördermengen werden mit handelsüblichen Dieselmotoren gemessen. Bei Flüssigkeiten anderer Viskosität kann die geförderte Menge davon abweichen. Eine genaue Feststellung der maximalen Fördermenge ist nur durch Messungen mit der zu fördernden Flüssigkeit in der eingebauten Anlage möglich.

Der zulässige *Förderdruck* hängt auch davon ab, ob intermittierender oder Dauerbetrieb vorliegt. Bei Presspumpen des Typs ZW(M) sind unter bestimmten Bedingungen maximale Drücke bis 1000 bar zulässig (Anfrage notwendig). Wenn während des Betriebs ein unzulässig hoher Spitzendruck auftreten kann, muss in die Druckleitung ein Sicherheitsventil eingebaut werden.

Reiheneinspritzpumpen PE für andere Kraftstoffe

Sonderbauarten von Dieselmotoren können auch mit anderen „alternativen“ Kraftstoffen betrieben werden. Dafür werden veränderte MW- und P-Pumpen eingesetzt.

Mehrstoffbetrieb

Mehrstoffmotoren können außer mit Dieselkraftstoff auch mit Benzin, Petroleum oder Kerosin betrieben werden. Der Übergang von einer Kraftstoffsorte zu einer anderen erfordert Anpassungsmaßnahmen an der Kraftstoffzuteilung, um zu große Leistungsunterschiede zu vermeiden. Die wichtigsten Kraftstoffcharakteristiken sind Siedepunkt, Dichte und Viskosität. Damit diese Eigenschaften optimal aufeinander abgestimmt werden können, sind konstruktive Maßnahmen an der Einspritzausrüstung und am Motor notwendig.

Wegen niedrigerer Siedepunkte alternativer Kraftstoffe wird der Saugraum der Einspritzpumpe intensiver und unter höherem Druck durchspült. Hierfür steht eine besondere Vorförderpumpe zur Verfügung.

Bei Kraftstoffen geringer Dichte (z. B. Benzin) wird die Volllastmenge mithilfe eines umschaltbaren Regelstangenanschlags vergrößert.

Um bei geringer Kraftstoffviskosität die Leckverluste zu verhindern, haben die Pumpenelemente eine Lecksperre, die durch zwei Ringnuten im Pumpenzylinder realisiert ist (siehe Abschnitt „Pumpenelement mit Leckrückführung“). Die obere Nut steht durch eine Bohrung mit dem Saugraum der Einspritzpumpe in Verbindung. Der beim Druckhub zwischen Kolben und Zylinder durchleckende Kraftstoff entspannt sich in dieser Nut und fließt durch die Bohrung in den Saugraum zurück.

Die untere Nut hat eine Zulaufbohrung für das Sperröl. In diese Nut wird Öl aus dem Schmierölkreislauf des Motors über ein Feinfilter unter Druck hineingepresst. Dieser Druck ist bei normalen Betriebsdrehzahlen höher als der Kraftstoffdruck im Saugraum,

wodurch das Pumpenelement zuverlässig abgedichtet wird. Ein Rückschlagventil verhindert das Übertreten von Kraftstoff in den Schmierölkreislauf, wenn der Öldruck im Leerlauf unter einen bestimmten Wert sinkt.

Alkoholbetrieb

Reiheneinspritzpumpen die entsprechend behandelt und nachgerüstet sind eignen sich auch für Alkoholmotoren die mit Methanol oder Ethanol betrieben werden können. Zu den Änderungen gehört:

- der Einsatz besonderer Dichtungen,
- ein besonderer Schutz der alkoholbenetzten Oberflächen,
- der Einsatz rostfreier Stahlfedern und
- die Benutzung besonderer Schmieröle.

Für die Zufuhr einer äquivalenten Energiemenge liegt der erforderliche Förderumfang bei Methanol um 2,3-mal und bei Ethanol um 1,7-mal höher als bei Dieselkraftstoff. An den Druckventil- und Düsennadelsitzen muss mit stärkerem Verschleiß gegenüber dem Betrieb mit Dieselkraftstoff gerechnet werden.

Betrieb mit Bio-Kraftstoffen (FAME¹⁾)

Für den Betrieb mit FAME muss die Einspritzpumpe ähnlich wie für den Alkoholbetrieb geändert werden.

RME²⁾ ist eines der verwendeten FAME. Bei *unveränderten Einspritzpumpen* dürfen derzeit max. 5 % RME entsprechend des europäischen Normentwurfs aus dem Jahr 2000 dem Dieselkraftstoff beigemischt werden. Bei höherem Anteil oder bei schlechterer Qualität kann es zu Verstopfungen oder Schäden am Einspritzsystem kommen. Zukünftig sollen noch andere FAME in reiner Form und als Zumischung zum Dieselkraftstoff ($\leq 5\%$) eingesetzt werden.

Eine endgültige Norm für FAME ist derzeit in Arbeit. Darin müssen Eigenschaften, Stabilität und die max. zulässigen Verunreinigungen genau festgelegt werden. Nur so ist ein störungsfreier Betrieb des Einspritzsystems und des Motors sichergestellt.

1) FAME: Fatty Acid Methyl Ester, d. h. Fettsäuremethylester tierischen oder pflanzlichen Ursprungs
2) RME: Rapsöl-methylester

Betrieb der Reiheneinspritzpumpen

Für einen störungsfreien Betrieb müssen die Einspritzpumpen richtig eingestellt, vollständig entlüftet, an den Motorschmierölkreislauf angeschlossen und ihr Förderbeginn auf den Motor abgestimmt sein. Nur so lässt sich ein optimales Verbrauchs-Leistungs-Verhältnis des Dieselmotors erzielen und die Erfüllung der immer strenger werdenden Abgasvorschriften erreichen. Dies macht einen Einspritzpumpen-Prüfstand unentbehrlich (siehe Kapitel „Werkstatt-Technik“).

Entlüften

Luftblasen im Kraftstoff beeinträchtigen den Betrieb der Einspritzpumpe oder verhindern ihn ganz. Nach jedem Filterwechsel oder sonstigen Arbeiten an der Einspritzpumpe ist die Anlage stets zu entlüften. Im laufenden Betrieb entlüftet sich die Anlage zuverlässig über das Überströmventil am Kraftstofffilter (Dauerentlüftung). Bei Einspritzpumpen ohne Überströmventil wird eine Drossel verwendet.

Schmieren

Einspritzpumpen und Drehzahlregler werden an den Schmierölkreislauf des Motors angeschlossen, da die Einspritzpumpe bei dieser Schmierungsart wartungsfrei läuft.

Der Schmierölrücklauf zum Motor ist bei Boden- bzw. Wannenbefestigung der Einspritzpumpe mit einer Rücklaufleitung realisiert (Bild 1). Ist die Einspritzpumpe durch einen Stirnflansch befestigt, kann der Rücklauf direkt durch die Nockenwellenlagerung oder über besondere Bohrungen stattfinden.

Die Ölstandskontrolle wird gleichzeitig mit dem vom Motorenhersteller vorgeschriebenen Motorölwechsel durch das Lösen der Ölkontrollschraube am Regler vorgenommen. Einspritzpumpen und Regler mit getrenntem Ölhaushalt haben zur Ölstandskontrolle einen eigenen Pegelstab.

Stilllegen

Soll der Motor und damit auch die Einspritzpumpe für längere Zeit außer Betrieb genommen werden, so darf kein Dieseldieselkraftstoff in der Einspritzpumpe verbleiben. Durch das Verharzen des Diesel-Kraftstoffs würden die Pumpenkolben und die Druckventile verkleben und möglicherweise korrodieren. Aus diesem Grund wird der im Kraftstoffbehälter befindliche Dieseldieselkraftstoff mit einem zuverlässigen Rostschutzöl bis zu einem 10%igen Anteil ergänzt und 15 Minuten gespült. Denselben Zusatz an Rostschutzöl erhält auch das Schmieröl im Nockenraum der Einspritzpumpe.

Neue Einspritzpumpen sind bereits werksseitig mit einem wirksamen Korrosionsschutz versehen, wenn sie mit einem „p“ gekennzeichnet sind.

1 Schmierölanschlüsse von Reiheneinspritzpumpen

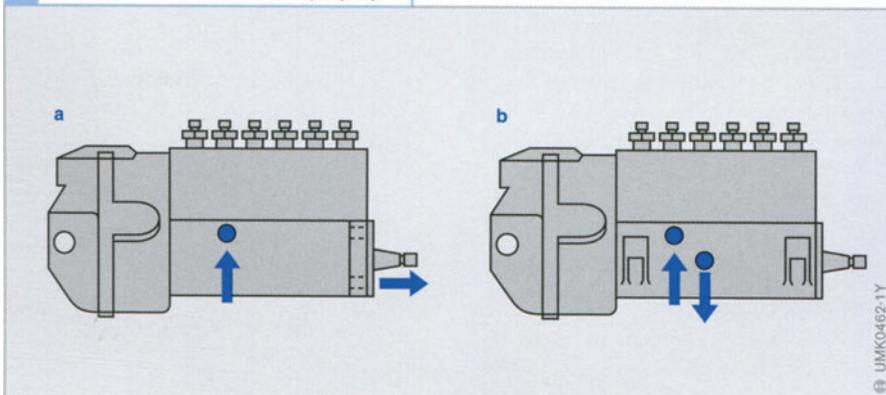


Bild 1

- a Rücklauf über antriebsseitigen Lagerdeckel
- b Rücklauf über Rücklaufleitung