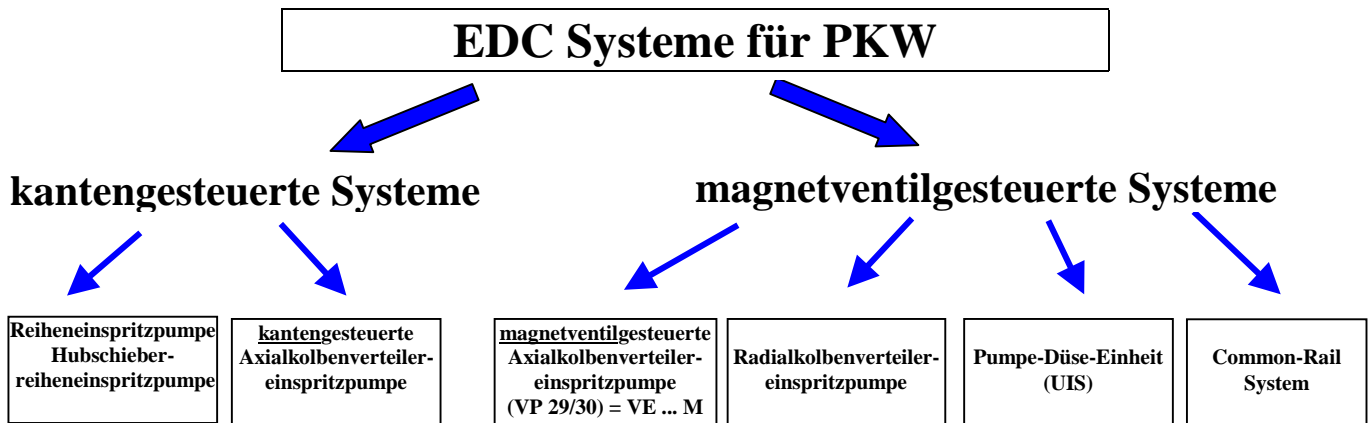


4. Überblick über EDC – Systeme für Pkw



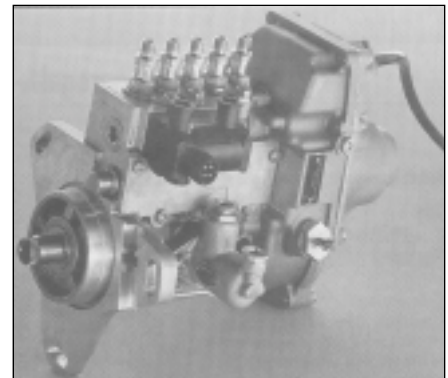
weiterhin unterscheidet man zwischen:

- nockengetriebenen Einspritzsystemen (bisher alle außer Common Rail) und
- Speichereinspritzsysteme (Common Rail)

5. elektronisch geregelte Reiheneinspritzpumpe + Hubschieberreiheneinspritzpumpe

Man erkennt:

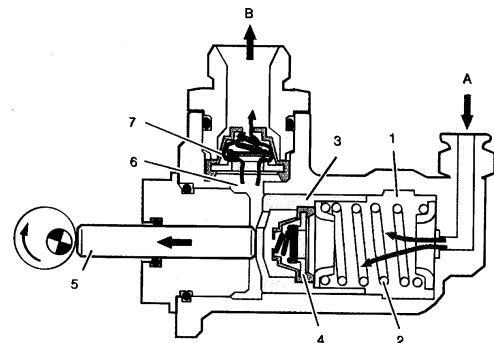
- EHAB
- Kraftstoffförderpumpe
- eingesetzte Nockenwellenarretierung



Bemerkenswerte Bauteile

Kraftstoffförderpumpe

einfachwirkende Pumpe ohne Handbetätigung
fördert bei Starterdrehzahl (ca 150. Umdrehungen / Minute)
300 cm³ pro Minute



Mengenstellwerk

(Seite EP Multi 030)

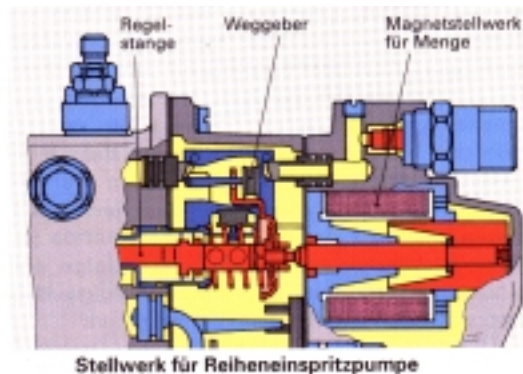
erhält von Steuergerät pulsweitenmoduliertes

Rechtecksignal (100 – 200 Hz) (

Betriebsspannung: 8,5 ... 14,5 V

Widerstand der Spule 0,3 ... 1,2 Ohm

Achtung: sehr geringer Widerstand der Spule, deshalb Funktionsprüfung mit 12 V nur kurze Zeit



Stellwerk für Reiheneinspritzpumpe

Regelweggeber

(Seite EP Multi 030)

Aufgabe: Der Regelwertgeber meldet dem Steuergerät den Istwert der Regelstangenposition.

Der HDK – Regelweggeber (Halbdifferenzial – Kurzschlussringsensor)¹

(siehe hierzu auch „Kurzschlussringsensor, Halbdifferentialsensor, Kurzschlussringscheibensensor“ im Anhang !!)

Der HDK – Geber ist ein kontaktloser (verschleißloser) Weggeber. Er kann die Position der Regelstange mit einer **Genauigkeit von 0,2 mm** bestimmen.

Die Wirkungsweise des Gebers beruht auf der Tatsache, dass sich der Wechselstromwiderstand einer Spule mit ihrer Induktivität ändert.

Der Geber besteht aus einer **Messspule** und einem Kurzschlussring, der sich mit der Regelstange bewegt. Die Messspule wird mit einer Wechselspannung von 10 Kilohertz beaufschlagt. Das wechselnde Magnetfeld erzeugt im Kurzschlussring einen Wechselstrom und ein entgegengesetztes Magnetfeld, welches die wirksame Länge des Eisenkerns begrenzt.

Im Gegensatz zur Abbildung ist der Eisenkern konisch, weshalb sich beim Verschieben der Luftspalt ändert.

Durch die Form des Eisenkerns wird eine lineare Veränderung des Ausgangssignals erreicht.

Bei höherem Wechselstromwiderstand muss das Steuergerät die Amplitude der Wechselspannung vergrößern, um die Stromstärke gleich zu halten.

Die Höhe der Wechselspannung ist das Maß für die Stellung der Regelstange. Die Messspannung

wird mit der Höhe jener Spannung verglichen, die von einer **Vergleichsspule** mit feststehendem Kurzschlussring erzeugt wird. Dies verhindert ein Verfälschen des Messergebnisses durch Temperatureinflüsse.

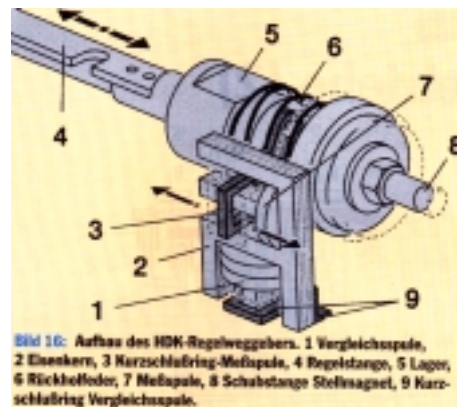


Bild 16: Aufbau des HDK-Regelweggebers. 1 Vergleichsspule, 2 Eisenkern, 3 Kurzschlussring-Messspule, 4 Regelstange, 5 Lager, 6 Rückholfeder, 7 Messspule, 8 Schabstange Stellmagnet, 9 Kurzschlussring Vergleichsspule.

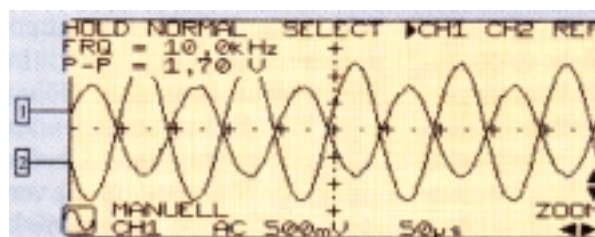


Bild 17: Signalspannung des HDK-Gebers bei Nullförderung. Kurve 1: Messspannung, Amplitude 1,7 V. Kurve 2: Vergleichsspannung, Amplitude 2,5 Volt.

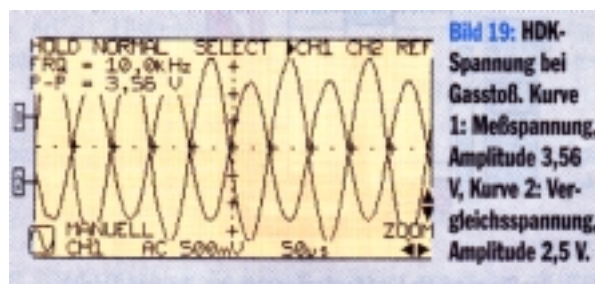


Bild 19: HDK-Spannung bei Gasstoß. Kurve 1: Messspannung, Amplitude 3,56 V, Kurve 2: Vergleichsspannung, Amplitude 2,5 V.

¹ Mot Jufa 7/1999 S. 11

Tip: Bei fehlenden Signalen sollten die Spulen auf Durchgang (Sollwert: 18 bis 25 Ohm) und Masseschluß geprüft werden. Sind die Spulen in Ordnung, zeigt ein Test bei abgezogenem Pumpenstecker, ob die Wechselspannungsversorgung durch das Steuergerät in Ordnung ist. Sind die Leitungen zum Steuergerät okay, muss das Steuergerät erneuert werden.



elektro-hydraulischer Absteller (EHAB)

(Seite EP-Multi 031)

Bei elektronisch geregelten Reiheneinspritzanlagen wird der Motor normalerweise abgestellt, indem die Regelstange durch das Mengensteuerwerk (Seite EP-Multi 030) in die Stellung „Nullförderung“ bewegt wird.

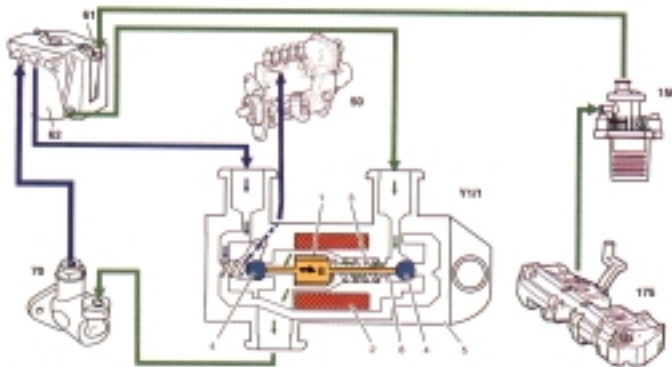
Der EHAB dient zur Notabschaltung der Einspritzpumpe.

Bei Notabstellung schaltet der EHAB die Kraftstoffzufuhr zur Einspritzpumpe so um, dass der Saugraum der Einspritzpumpe leergesaugt wird. (schnelles Abstellen des Motors).

Würden nur die Kraftstoffzufuhr zur Reiheneinspritzpumpe unterbrochen, so würde der Motor noch ca. 30 – 40 Sek. weiterlaufen, da im Saugraum der Einspritzpumpe Kraftstoff“vorrat“.

Im stromlosen Zustand (Notfall) stellt der EHAB den Motor innerhalb von 1 Sekunde ab.

jedes 7. bis 8. mal wird der Motor vom Steuergerät durch das EHAB abgestellt, um die Funktionsfähigkeit des Bauteils zu prüfen !!

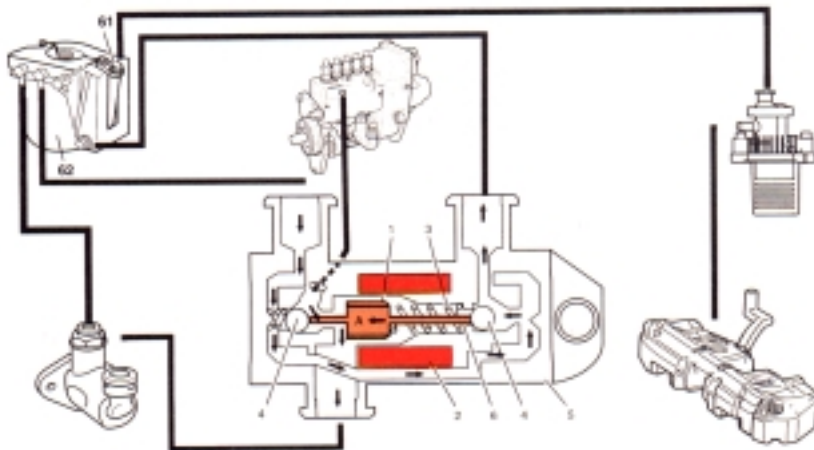


Funktionsweise:

Bei **Zündung „ein“** wird durch das Magnetfeld der Spule der Anker mit den Kugelventilen gegen die Federkraft nach rechts bewegt. Hierdurch fließt der Kraftstoff auf der Saugseite vom Kraftstoffbehälter zum Wärmetauscher (Kraftstoffvorwärmung), Kraftstoffvorfilter, über den elektrohydraulischen Absteller zur Kraftstoffpumpe. Von der Kraftstoffpumpe gelangt der Kraftstoff durch das Hauptfilter und den elektrohydraulischen Absteller zum Saugraum der Einspritzpumpe.

Kraftstoffverlauf: Kraftstoffbehälter → Wärmetauscher → Kraftstoffvorfilter → EHAB → Kraftstoffpumpe → Kraftstoffhauptfilter → EHAB → Saugraum der Reiheneinspritzpumpe

Stellung stromlos (Zündung aus)



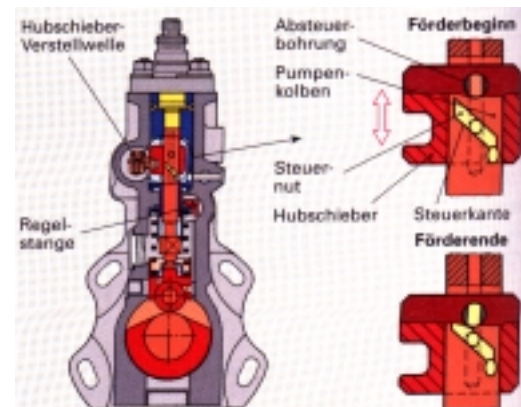
Bei **Zündung „aus“** bewegt die Druckfeder die Ventilstange mit den beiden Kugelventilen nach links in die „Stop“ – Stellung. Hierdurch wird nun der Kraftstoff von der Kraftstoffpumpe aus dem Einspritzpumpen-Saugraum in umgekehrter Richtung durch den Kraftstoffhauptfilter und den EHAB gesaugt und fließt von der Kraftstoffpumpe über den EHAB in umgekehrter Richtung durch den Vorfilter und den Wärmetauscher zurück zum Kraftstoffbehälter.

Kraftstoffverlauf: Saugraum der Reiheneinspritzpumpe → EHAB → Kraftstoffhauptfilter → Kraftstoffpumpe → EHAB → Kraftstoffvorfilter → Wärmetauscher → Kraftstoffbehälter

Die Hubschieberreiheneinspritzpumpe

Die Hubschieberreiheneinspritzpumpe hat einen hohlgebohrten Pumpenkolben mit quer durch den hohlgebohrten Pumpenkolben verlaufender Steuerbohrung und einer schräg verlaufenden Steuerkante. **Ein Hubschieber, welcher auf dem Pumpenkolben gleitet, kann durch ein Stellmagnetwerk in der Höhe verstellt werden.** Die Kraftstoff – Förderung beginnt, sobald die Absteuerbohrung vom Regelschieber verschlossen wird, d.h. sobald die Absteuerbohrung des Pumpenkolbens in den Hubschieber eingetaucht ist. (ähnlich wie Regelschieber bei Axialkolbenverteilereinspritzpumpe).

Die Mengensteuerung erfolgt wie bei der normalen Reiheneinspritzpumpe durch Verdrehen des Pumpenkolbens.



Verstellung des **Förderbeginns** durch Anheben oder Absenken des Hubschiebers. Je höher der Hubschieber angehoben wird, desto später der Förderbeginn.

Verändern der **Einspritzmenge** durch Verdrehen des Pumpenkolbens (wie bei „normaler“ Reiheneinspritzpumpe).

6. elektronisch geregelte Axialkolbenverteilereinspritzpumpe (VE-Pumpe)

Bemerkenswerte Bauteile

Nadelbewegungsgeber

Der Nadelbewegungsgeber gibt bei entsprechender Bewegung der Düsenadel ein Spannungssignal ab, das sich abhängig von Motordrehzahl und Motorlast verändert. Für das Steuergerät bedeutet eine Signalspannung von mehr als 0,15 V Spritzbeginn. Der weitere Signalverlauf ist für das Steuergerät nicht von Interesse.

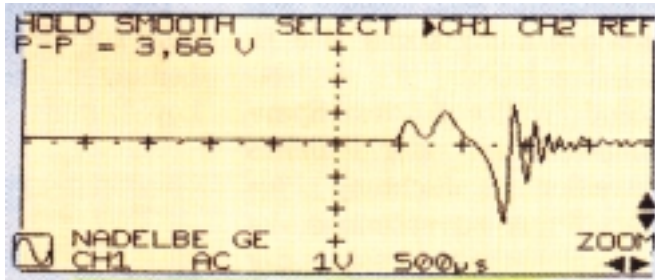


Bild 6: Signal des Nadelbewegungsgebers im Leerlauf

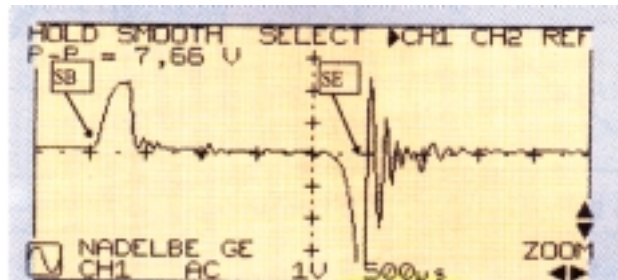


Bild 7: Signal des Nadelbewegungsgebers bei einem Gasstoß. SB = Spritzbeginn, SE = Spritzende.

Tip: Ist am Oszilloskop kein Signal vorhanden, sollte der Verbindungsstecker in der Nähe der Düse getrennt und die Geberspule auf Durchgang (Sollwert: 90 bis 130 Ohm) und Masseschluß geprüft werden. Auf der Gegenseite des Steckers, also an den Leitungen zum Steuergerät, muss bei eingeschalteter Zündung eine Spannung von 5 Volt anliegen. Ist keine Spannung vorhanden, sind entweder die Leitungen zum Steuergerät oder das Steuergerät selbst defekt.²

Mengenstellwerk und Elektrischer Absteller (ELAB)

Bei elektronisch geregelten Axialkolbenverteilereinspritzpumpe wird der Motor normalerweise abgestellt, indem das Mengenstellwerk den Regelschieber in Position „Nullförderung“ verschiebt.

Der elektrischer Absteller (ELAB) dient nur zur Notabschaltung der Einspritzpumpe.

Pedalwertgeber

Versorgungsspannung vom Steuergerät zwischen Anschluß

2 und 3: **5 V**

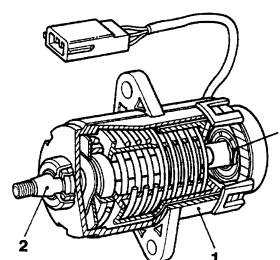
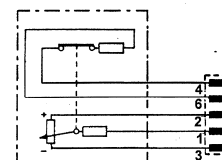
Schleiferspannung zwischen Anschluß 1 und 3:

Leerlauf: 0,5 V

Vollast: 4,5 V

Sicherheitsschalter öffnet bei **0,7 V**

(Plausibilitätsüberwachung)



- 1 = Pedalwertgeber
- 2 = Betätigungswelle
- 3 = Potentiometer (Schleifer)

² Mot Jufa 7/1999 S. 8

7. Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe (VR-Pumpe)

Einspritzdruck

Am Pumpenausgang werden Drücke von 900 bar erzeugt, die sich an der Einspritzdüse bis auf 1.300 bar erhöhen.

zwei Steuergeräte

„Eine Dieseleinspritzanlage mit Radialkolbenverteiler einspritzpumpe (VR) hat zwei Steuergeräte für die elektronische Dieselregelung: ein Motor- und ein Pumpensteuergerät.

Diese Aufteilung ist notwendig, um einerseits eine Überhitzung bestimmter elektronischer Bauelemente und andererseits den Einfluß von Störsignalen zu vermeiden, die aufgrund der teilweise **sehr hohen Ströme (bis zu 20 A)** in der Einspritzpumpe entstehen können.“³

in der Regel kein Nadelbewegungssensor

Radialkolbenverteiler einspritzpumpen **haben in der Regel keinen Nadelbewegungssensor. Der Förderbeginn wird durch BIP ermittelt, der tatsächliche Einspritzbeginn kann vom Steuergerät nur „vermutet“ werden.**

➔ **Förderbeginn-Istwert** wird vom Steuergerät durch elektronische Erkennung des Schließzeitpunktes des Magnetventils (**BIP** Begin of Injection Period) ermittelt.

Während der Ansteuerung des Magnetventils steigt der Strom zunächst auf 20 Ampere. Wenn sich aufgrund des Magnetfelds der Abstand zwischen Ankerplatte und Magnetkern (Luftspalt) reduziert, sinkt der Strom.

Dadurch erkennt die Detektorschaltung im Pumpensteuergerät, dass das Ventil geschlossen ist. Somit beginnt der Fördervorgang.⁴

Der Schließstrom des Magnetventils beträgt ca. 20 A, der Haltestrom des Magnetventils beträgt ca. 12 A.

Der Schließzeitpunkt des Ventils bestimmt den Förderbeginn der Einspritzpumpe. Durch Erkennung des Schließzeitpunktes erhält das Pumpensteuergerät eine exakte Information über den Förderbeginn.

➔ **Der Ist-Wert der Verstellung des Rollenringes** wird durch den **Drehwinkelsensor** (Inkrementrad) in der Einspritzpumpe ermittelt. Aus seinem Signal ermittelt das Steuergerät weiterhin die Drehzahl und die momentane Stellung der Verteilerwelle.

Der Förderbeginn und das Förderende wird vom Magnetventil bestimmt. Die Verstellung des Nockenring dient dazu, einen geeigneten Einspritzratenverlauf zu erzielen (Nockenform bestimmt Einspritzratenverlauf).

Problem bei Austausch von Einspritzdüsen:

Der Düsenöffnungsdruck muß genau mit Vorgabe übereinstimmen, da sich sonst, wegen abweichender Laufzeit, eine Verfälschung der vom Steuergerät angenommenen Einspritzbeginn-Istwerte ergibt .

Bei höherem Öffnungsdruck erfolgt die tatsächliche Einspritzung später da Druckaufbau längere Zeit benötigt (Elastizität in der Leitung ...). Deshalb sind im Handel nur komplette und eingestellte Düsenhalterkombination (Düsenhalter mit Düsen) im Austausch erhältlich.

Ausblick: zukünftige (neuentwickelte) Verteiler einspritzpumpen ermöglichen auch eine Voreinspritzung.

selten: Systeme mit Spritzbeginnregelung

(Nur) Systeme mit Spritzbeginnregelung verfügen über einen Nadelbewegungsfühler

³ Bosch Technische Unterrichtung !Diesel-Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe“ Ausgabe 97/98 S. 14

⁴ vgl. Aufschlagerkennung beim System Pumpendüse !!

8. Common Rail System

Kraftstoffvorwärmung

Aufgrund der hohen Durchflussmengen beim Common-Rail-System scheidet wegen des hohen Energiebedarfes eine elektrische Kraftstoffheizung aus. Es kann deshalb nur ein Kühlwasser-Kraftstoff-Wärmetauscher oder ein temperaturabhängiges Kraftstoffkurzschlussventil verwendet werden.

Bei BMW wird ein Kraftstoff-Kurzschlußventil (Bimetallventil) verwendet, welches bei niedrigen Temperaturen den heißen Kraftstoff aus der Rücklaufleitung wieder in den Kraftstofffilter zurückführt.

Kraftstoff – Vorförderpumpe

Hat die Aufgabe, die Hochdruckpumpe mit genügend Kraftstoff zu versorgen.

Die Förderpumpe muß zur schnellen Förderung von Luft, die sich nach dem Leerfahren des Kraftstoffbehälters in den Leitungen befinden könnte, ausgelegt werden. Deshalb ist sie für den hydraulischen Betrieb überdimensioniert.

Mit einem in die Förderpumpe integrierten Druckregler wird der Förderdruck auf 2,5 bar geregelt. Der Förderdruck wird mit Hilfe eines Zulaufdrucksensors überwacht, da bei einer Unterschreitung des Zulaufdruck von 1,5 bar eine Beschädigung der Hochdruckpumpe aufgrund Minderbefüllung eintreten kann.

2 mögliche Bauarten:

- mechanisch angetriebene Zahnradkraftstoffpumpe
- elektrisch angetriebene Rollenzellenpumpe

Elektrisches Abschaltventil

Ein elektrisches Abschaltventil, welches bei Mercedes-Motoren zwischen Kraftstoff-Förderpumpe und Hochdruckpumpe eingebaut ist, **dient zur Notabschaltung** der Anlage (ELAB).

Hochdruckpumpe

Funktionsweise

Die Hochdruckpumpe ist eine Radialkolbenpumpe mit drei Pumpenelementen, welche über einen Excenternocken betätigt werden. Zur Reduzierung der Antriebsleistung im unteren Teillastbereich kann ein Pumpenelement (Zylinder) abgeschaltet werden (Saugventil wird durch einen Elektromagneten permanent offen gehalten).

Kühlung, Schmierung

Die Hochdruckpumpe wird vom Kraftstoff gekühlt und geschmiert.

Antrieb

Die Hochdruckpumpe wird entweder mit halber Motordrehzahl (von der Nockenwelle) oder mit $\frac{3}{4}$ Motordrehzahl angetrieben.

Antriebsdrehmoment, Antriebsleistung

Mit drei Förderhüben pro Umdrehung ergeben sich geringe Antriebs-Spitzendrehmomente und eine gleichmäßige Belastung des Pumpenantriebs.

Das Drehmoment erreicht mit 16 Nm nur etwa $\frac{1}{9}$ des für eine vergleichbare Verteilereinspritzpumpe benötigten Drehmoments⁵.

⁵ Bosch Technische Unterrichtung „Diesel-Speoichereinspritzsystem Common Rail“ Ausgabe 98/99 S. 18

Damit stellt Common Rail an den Pumpenantrieb geringere Anforderungen als konventionelle Einspritzsysteme. Die zum Pumpenantrieb erforderliche Leistung steigt proportional zum eingestellten Druck im Rail und zur Drehzahl der Pumpe (Fördermenge).

Bei einem 2-Liter Motor bei Nenndrehzahl und einem Druck von 1350 bar im Rail nimmt die Pumpe eine Leistung von 3,8 kW auf.

Der hohe Leistungsbedarf entsteht dadurch, dass die Kraftstoffhochdruckpumpe immer gegen den hohen Druck im Rail fördern muss und dass viel mehr Kraftstoff gefördert werden muß als tatsächlich eingespritzt wird, denn:

Mengenbilanz

Die Mengenbilanz setzt sich zusammen aus:

- der **ingespritzten Kraftstoffmenge**
- die **Steermenge der Injektoren** (Injektornadel wird durch Kraftstoffdruck geöffnet und geschlossen).
- die **Leckverluste in den Injektoren**, welche sehr hoch sind, da diese ständig unter hohem Druck stehen
- die **Regelmenge des Druckregelventils** (Regelung des Raildrucks erfolgt dadurch, dass ein Teil des hoch verdichteten Kraftstoffs vom Druckregelventil wieder in den Rücklauf zum Kraftstoffbehälter entspannt wird.)
- einer **Dynamikreserve** für schnelle Druckänderungen (bei schneller Laständerungen soll Raildruck sich schnell verändern können)
- **Leckverluste Hochdruckpumpe**

Mengenbilanz bei Vollast und einer Motordrehzahl von 1200 1/min (Optimum !)

Einspritzmenge	33,3 %
Steermenge für Injektoren	7,5 %
Leckverluste in Injektoren	9,5 %
Regelmenge Druckregelventil	8,7 %
Dynamikreserve	16 %
Leckverluste Hochdruckpumpe	25 %

Nur maximal ein Drittel des von der Hochdruckpumpe mit hohem Druck verdichtete **Kraftstoff wird eingespritzt**, die restlichen zwei Drittel strömen zurück in den Kraftstoffbehälter. Die zum Verdichten des Kraftstoffs zuvor von der Hochdruckpumpe benötigte Energie findet sich in Form von Wärme im Kraftstoff in der Rücklaufleitung wieder.

In allen übrigen Drehzahl und Lastbereichen ist das Verhältnis Einspritzmenge / Verluste noch größer !!

Besonderheit der neuen Hochdruckpumpe CP3 im System M67 bei BMW

	CP1 (M57)	CP 3 (M 67)
Förderprinzip	3 Kolben-Radialpumpe mit Excenterantrieb	
Max. Förderdruck	1350 bar	1600 bar ①
Min. Zulaufdruck	1,9 bar	0 bar ②
Max. Drehzahl/Nenndruck	3300 U/min/1350 bar	4000 U/min/1350 bar
Übersetzungsverhältnis (KW)	4 : 3	6 : 5

- ①** kommt zur Zeit beim M67 noch nicht zum Einsatz, sondern erst in zukünftigen CR-Systemen, bei denen die Druckregelung anhand einer saugseitigen Mengenregelung realisiert wird.
- ②** Die CP3 ist für einen sauggedrosselten Betrieb geeignet Diese Besonderheit wird im M67 noch nicht genutzt.

Das Magnetventil für die saugseitige Volumenstromregelung wird beim M67 zur Zeit nur in der Funktion eines „ELAB“ (d.h. zur Notabschaltung) eingesetzt. Bei zukünftigen CR-Systemen wird das Magnetventil als saugseitige Volumenstromregelung zur Druckregelung verwendet.

Hochdruckspeicher (Rail)

Der Hochdruckspeicher hat die Aufgabe, die Druckschwingungen, die durch die Pumpenförderung und die Einspritzung entstehen, durch das Speichervolumen zu dämpfen. Innerhalb des Rail bleibt der Kraftstoffdruck, auch nach der Entnahme der Einspritzmenge, nahezu gleich, da **aufgrund der Elastizität des Kraftstoffes** eine Speicherwirkung entsteht. (d.h. bei sehr hohen Drücken ist Kraftstoff kompressibel).

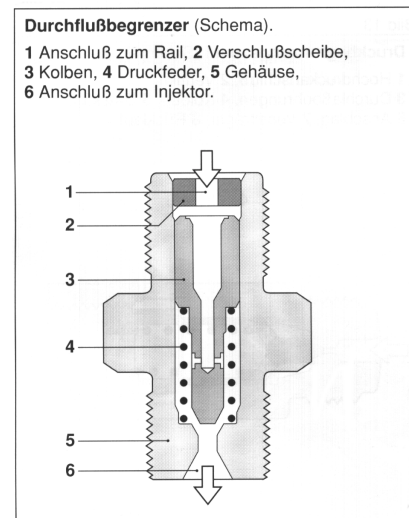
Der Innendurchmesser des Rails beträgt (bei BMW) 9 mm.

Durchflußbegrenzer

Eine Common-Rail-Anlage **kann** mit Durchflußbegrenzern ausgestattet sein (optional).

Die Durchflußbegrenzer haben die Aufgabe, den unwahrscheinlichen Fall einer Dauereinspritzung eines Injektors zu vermeiden. Um diese Aufgabe zu erfüllen, verschließt der Durchflußbegrenzer bei Überschreiten einer maximalen Entnahmemenge aus dem Rail den Zulauf zu dem betroffenen Injektor.

Der Durchflußbegrenzer besteht aus einem Metallgehäuse mit einem Außengewinde zum Anschrauben an das Rail (Hochdruck) und einem Außengewinde zum Einschrauben in die Injektorleitungen.



Funktion:

Normalbetrieb:

Der Kolben befindet sich in seiner Ruhelage, d.h. am Anschlag auf der Seite des Rail. Durch die Einspritzung sinkt der Druck auf der Injektorseite leicht ab, wodurch der Kolben in Richtung Injektor bewegt wird. Die Volumenentnahme durch den Injektor kompensiert der Durchflußbegrenzer durch das vom Kolben verdrängte Volumen und nicht durch die Drossel, da diese dafür zu klein ist. Am Ende der Einspritzung stoppt der Kolben, ohne den Dichtsitz zu verschließen. Die Feder drückt ihn in seine Ruhelage zurück; durch die Drossel strömt der Kraftstoff nach.

Die Feder und die Drosselbohrung sind so dimensioniert, dass bei maximaler Einspritzmenge (eine Sicherheitsreserve eingeschlossen) der Kolben wieder zum Anschlag auf der Seite des Rails gelangen kann. Diese Ruhelage wird gehalten, bis die nächste Einspritzung stattfindet.

Störbetrieb bei großer Leckmenge (z.B. Injektor dauernd geöffnet)

Von seiner Ruhelage aus wird der Kolben wegen der großen Entnahmemenge bis in den Dichtsitz am Auslaß gerückt. Er bleibt dann bis zum Abstellen des Motors an seinem Anschlag auf der Seite des Injektors und verschließt damit den Zulauf zum Injektor.

Störbetrieb bei kleiner Leckmenge

Seine Ruhelage erreicht der Kolben wegen einer Leckmenge nicht mehr. Nach einigen Einspritzungen bewegt sich der Kolben bis in den Dichtsitz der Auslassbohrung. Auch hier bleibt der Kolben bis zum Abstellen des Motors an seinem Anschlag auf der Injektorseite und verschließt damit den Zulauf zum Injektor..

Druckregelventil

Das Druckregelventil hat die Aufgabe, den Druck im Rail abhängig vom Lastzustand des Motors einzustellen und zu halten.

Es ist, je nach Einbauraum, entweder direkt an die Hochdruckpumpe oder am Rail angebaut.

Die Kraft, welche auf die Ventilkugel wirkt, wird von einer Feder und der Kraft des Ankers eines Elektromagneten erzeugt.

Die Feder ist so ausgelegt, dass sich ein Druck von ca. 100 bar einstellt (= Mindestraildruck)

Wenn der Druck im Rail erhöht werden soll, wird zusätzlich zur Federkraft eine magnetische Kraft aufgebaut.

Die magnetische Kraft des Elektromagneten ist proportional zum Ansteuerstrom.

Die Variation des Ansteuerstroms wird durch Takten (Pulsweitenmodulation) erreicht. Die Taktfrequenz ist mit 1 kHz ausreichend hoch, um störende Ankerbewegungen bzw. Druckschwankungen im Rail zu vermeiden..

Druckbegrenzungsventil

Das Druckbegrenzungsventil hat die Aufgabe, im Falle einer Störung des Druckregelventils den Kraftstoffdruck auf **maximal 1500 bar zu begrenzen** (= Überdruckventil)

Injektoren

An den Injektoren des Common-Rail-Systems liegt kontinuierlich der Raildruck an. Die Zeitpunkt und die Dauer der Kraftstoffeinspritzung wird durch elektrisches Ansteuern der Magnetventile der Injektoren erreicht, wodurch die Düsennadel vom Kraftstoffdruck geöffnet, bzw. in stromlosen Zustand, geschlossen wird.

Der Hub der Düsennadel beträgt nur 0,2 mm !⁶

Die Einspritzmenge ergibt sich aus dem Querschnitt der Düsenbohrungen, dem (veränderlichen) Einspritzdruck (Raildruck) und Öffnungsdauer der Injektoren

Funktionsweise

Der Kraftstoff wird vom Hochdruckanschluß über einen Zulaufkanal zur Düse sowie über die Zulaufdrossel ($\varnothing = 0,24$ mm) in den Ventilsteuerraum geführt. Der Ventilsteuerraum ist über eine Ablaufdrossel ($\varnothing = 0,26$ mm), die durch ein Magnetventil geöffnet werden kann, mit dem Kraftstoffrücklauf verbunden.

Im geschlossenen Zustand der Ablaufdrossel (Magnetventil ohne Strom) überwiegt die hydraulische Kraft auf den Ventilsteuerkolben gegenüber der Kraft auf die Druckschulter der Düsennadel. Infolgedessen wird die Düsennadel in ihren Sitz gepresst und schließt den Hochdruckkanal dicht zum Verbrennungsraum des Motors ab. Es kann kein Kraftstoff in den Brennraum gelangen.

Die wirksame Fläche des Steuerkolbens ist ungefähr 50 % größer als die wirksame Fläche der Druckschulter der Düsennadel.

Beim Ansteuern des Magnetventils wird die Ablaufdrossel geöffnet. Dadurch sinkt der Druck im Ventilsteuerraum und damit die hydraulische Kraft auf den Ventilsteuerkolben. Sobald die hydraulische Kraft jene auf die Druckschulter der Düsennadel unterschreitet, öffnet die Düsennadel, so dass der Kraftstoff durch die Spritzlöcher in den Verbrennungsraum gelangen kann.

Diese indirekte Ansteuerung der Düsennadel über ein hydraulisches Kräfteverstärkersystem wird deshalb eingesetzt, weil die zu einem schnellen Öffnen der Düsennadel benötigten Kräfte mit dem Magnetventil nicht direkt erzeugt werden können.

Die Schaltzeit des Magnetventils beträgt 0,2 Millisekunden !

⁶ Angabe in Broschüre BMW Service Training S. 31

Der maximale Hub des Magnetventils beträgt nur ca. 50 Mikrometer (0,05 mm) !

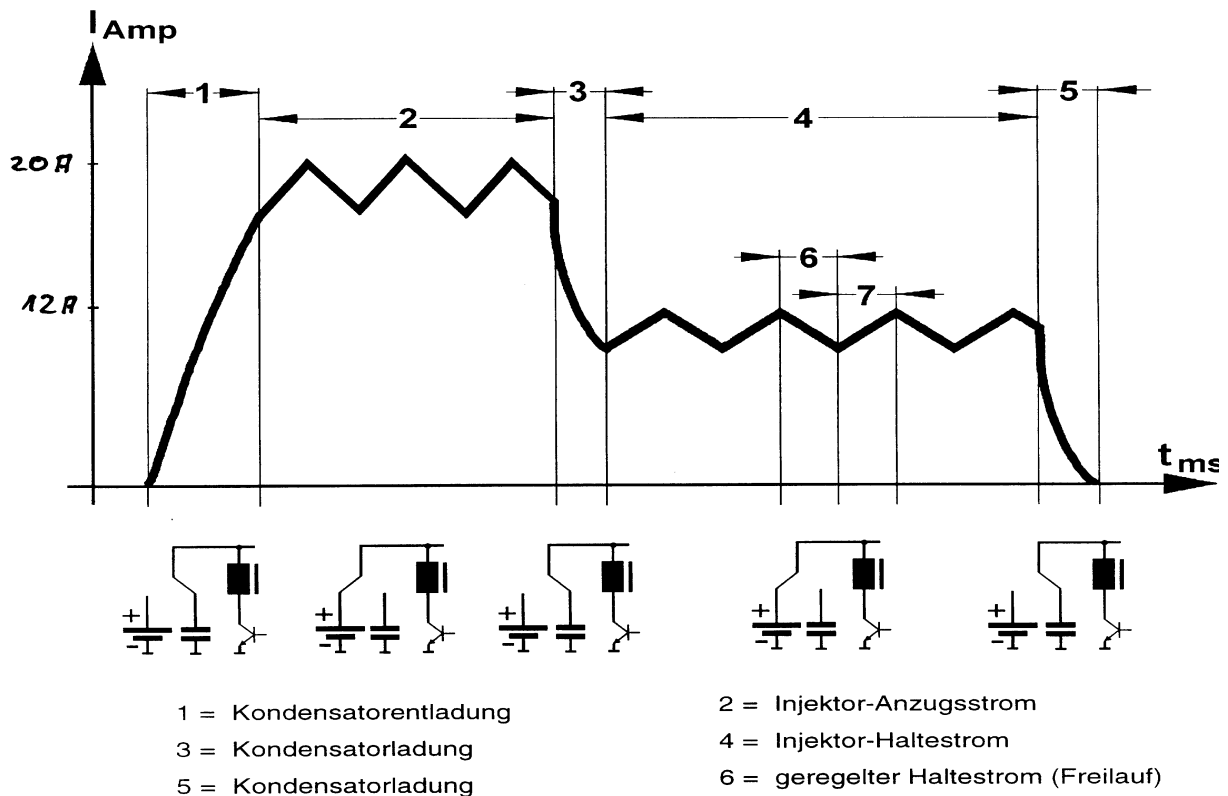
Um sehr kleine Pilotmengen (Voreinspritzmengen) von etwa 1,5 mm³/Hub bei hohen Drücken stabil darstellen zu können, muss das Magnetventil sehr schnell bis zum Anschlag öffnen und wieder schließen. Dies bedeutet, dass das Magnetventil eine sehr schnelle Schaltzeit von etwa 200 Mikrosekunden (Beginn des Ansteuerimpulses bis zum Hubanschlag) haben muss.

Dazu ist eine höhere Spannung notwendig, die durch Entladen eines Kondensators erreicht wird. Durch Abgabe der Energie aus dem Kondensator an die Spule des Injektors **wird der Ansteuerstrom innerhalb weniger Mikrosekunden erreicht**. Danach sinkt die Spannung etwa auf das Bordnetzniveau ab, und der Stromfluss wird durch die Fahrzeugbatterie weiter aufrecht erhalten.

Um diese geringe Schaltzeit des Magnetventils zu erreichen muss dieses mit einer höheren Spannung angesteuert werden. Die höhere Spannung wird von einem Kondensator im Steuergerät erzeugt.

Mit einem Zweipunktregler wird der Strom während der Anzugsphase (0,3 ms) auf einem Wert gehalten, der sicheres Öffnen des Injektors garantiert (ca. 20 A). Nach dieser Zeit ist der Injektor stabil offen, und das Stromniveau wird für die Haltephase bis zur Beendigung der Ansteuerung gesenkt (ca. 12 A). Dies ist möglich, da der Luftspalt des magnetischen Kreises nun geringer ist.

Während der Anzugsphase fließt in der Injektorspule ein Strom von ca. 20 A. Der Haltestrom beträgt ca. 12 A)

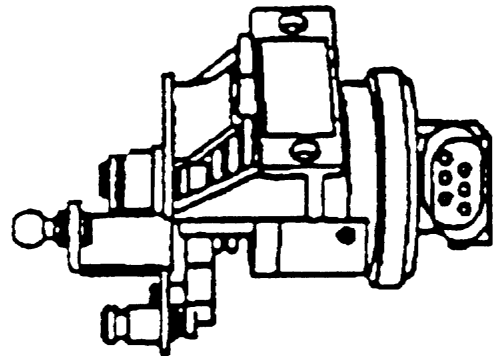


Common Rail Pedalwertgeber

Aus Sicherheitsgründen werden 2 Potentiometer verwendet, welche mit verschiedenen Spannungen (Poti 1 mit **2,5 V**, Poti 2 mit **5 V**) betrieben werden.

Die Ausgangsspannungen beider Potis werden im vom Steuergerät verglichen.

wenn z.B. die Ausgangsspannung von Poti 1 = 1,5 V muß Ausgangsspannung Poti 2 genau 3 V sein. (**Plausibilitätsprüfung**)



Wenn nicht: Fehler

Das Überwachungskonzept

Sicherung gegen Dauereinspritzung

Eine Sicherung gegen Dauereinspritzung stellen die (von einigen Motorherstellern verwendeten) Durchflußbegrenzer dar (siehe Thema „Durchflußbegrenzer“ weiter oben).

Sicherung gegen äußere und innere Undichtigkeiten

Bei allen Common-Rail Anlagen findet eine Überwachung dadurch statt, dass ein ständiger **Vergleich zwischen Raildruck-Istwert mit einem im Steuergerät abgespeicherten Raildruck-Sollwert** stattfindet.

Hierdurch kann eine äußere und eine innere Leckage des Systems erkannt werden, d.h, Kraftstoffverlust nach außen z.B. durch eine undichte Verschraubung oder Rohrleitung wird ebenso erkannt wie eine ständig geöffnete Injektornadel.

Auf diese Weise werden auch undichte Injektordüsen erkannt. So kann ein Mikropartikel im Sitz der Düse, der die Düse mit einem Hub von 30 Mikrometern offenhält, gerade noch erkannt werden.

Wird eine Undichtigkeit im System diagnostiziert, so wird die gesamte Anlage abgeschaltet.

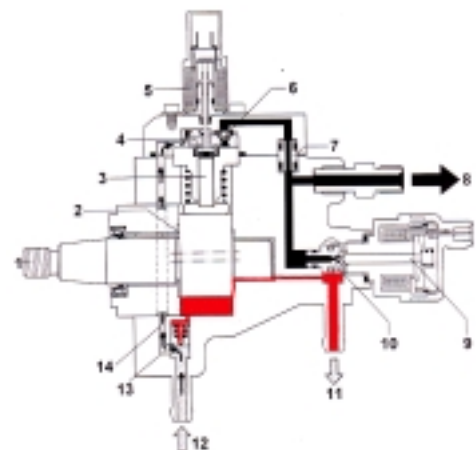
Bis zur sicheren Diagnose und bis zum Abschalten des Motors kann eine geringe Zeitspanne vergehen, in welcher eine Dauereinspritzung stattfinden könnte. Messungen ergaben, dass hierbei sehr hohe Brennraumdrücke von bis zu 300 bar eintreten können. Die Spitzendrücke sind jedoch nur sehr kurzzeitig, die mittleren Verbrennungsdrücke sind deutlich niedriger. (Bei Dauereinspritzung ist die im Brennraum vorhandene Luft entscheidend. Eine starke Steigerung der Einspritzmenge im Brennraum ergibt deshalb keine weitere Erhöhung der Brennraumdrücke).

„Als Ergebnis der Versuche wurde festgestellt, dass bei einer Auslegung des Triebwerks für einen kurzzeitigen Brennraumdruck von 240 bar kein bleibender Triebwerksschaden auftritt.“⁷

Überschreitet der Raildruck 1400 bar erfolgt ebenfalls eine Notabschaltung.

Sicherung bei abgequetschter Leckölleitung

Der Staudruck in der Leckölleitung wirkt auf die Rückseite des Drosselventils. Dieses und verschließt daraufhin den Kraftstoffzulauf zur Hochdruckpumpe.



⁷ MTZ Motortechnische Zeitschrift 58 (1997) 10 S. 579

Notlaufverhalten

Bei Fehlern, welche die Einspritzanlage nicht außer Gefecht setzen (z.B. defekter Temperaturfühler, zu niedriger Ladedruck, defekter Luftmassenmesser, Ausfall des Fahrpedalgebers), wird die Vollast-Menge zurückgenommen oder die Leerlaufdrehzahl angehoben.

Praxistip: Ein Zylindervergleich durch Abziehen der Injektorstecker ist nicht möglich. Nach dem Abziehen des Steckers wird der Fehler erkannt, der Motor wird abgestellt. Für diese Testmethode benötigt man einen zusätzlichen Injektor, der an den offenen Injektorstecker angeschlossen wird. Dann läuft der Motor auch mit drei Zylindern.

Kraftstofftemperaturen, Kraftstoffkühler

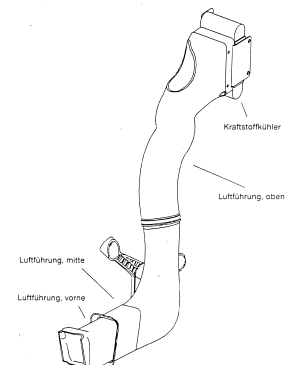
Im Rücklauf entstehen Kraftstofftemperaturen bis **140°C**.

„Besonders kritisch erweist sich die Wärmeentwicklung bei hoher Außentemperatur, sehr geringem Tankinhalt und Vollastfahrt. Hier muss Vorsorge getroffen werden, dass die Kunststoffteile im Tank oder der Kunststofftank selbst nicht beschädigt wird. Die effektivste, aber auch teuerste Lösung ist die Verwendung einer Kraftstoffkühlung.“⁸

Der Kraftstoffkühler eines Common-Rail-Systems ist in der Regel ein Kraftstoff-Kühlwasser Wärmetauscher. Die Kühlwassertemperatur wird mit einem zusätzlichen Niedertemperaturkühler vor dem Eintritt in den Kraftstoffkühler gesenkt.

BMW verwendet Luftgekühlte Wärmetauscher.

Kühlluftführung bei BMW



Bei Stahl-Kraftstoffbehältern reicht es jedoch, zumindest bei Vier- und Fünfzylindermotoren, die Kunststoffeinbauten temperaturfest zu machen.

Informationsaustausch mit anderen Steuergeräten

Mit anderen Elektroniksystemen, etwa dem ABS, dem Kombiinstrument und dem elektronischen Zündschloß erfolgt der Informationsaustausch großenteils über CAN-Bus.

⁸ MTZ Motortechnische Zeitschrift 58 (1997) 10 S. 580

9. Pumpendüsen-Systeme (Unit Injector Systems)

Pumpensteuergerät

Das Pumpensteuergerät schaltet hohe Spannungen und Ströme und muss deshalb von Kraftstoff gekühlt werden.

Auf dem Weg vom Kraftstoffbehälter zur Pumpe durchströmt der Kraftstoff das am Motorblock befestigte Steuergerät. Der Kraftstoff dient hier zur Kühlung der Endstufen, die Ströme von 16 Ampere bei 90 Volt schalten müssen⁹.

Magnetventil

Wird der Elektromagnet der Steckpumpe angesteuert, vergehen etwa 1 bis 1,2 Millisekunden Ansprechzeit (motortemperaturabhängig), bis das Ventil gegen den Federdruck der Rückstellfeder schließt. Während dieser Ansprechzeit steigt der Strom auf ungefähr 16 Ampere und sinkt bei verringertem Luftspalt auf 10 A. Der Spannungsimpuls des geschlossenen Ventils wird durch die Detektorschaltung im Steuergerät erkannt.¹⁰ (Aufschlagerkennung)

Antriebsspitzenmoment der Nockenwelle bei Betätigung der Pumpendüsen

„Die Pumpendüsen – Kipphebel müssen wesentlich höhere Kräfte übertragen als die Nachbarn zur Ventilbetätigung“¹¹.

Aufschlagerkennung¹²

Aufschlagerkennung = Einspritzbeginn – Istwertmeldung durch Erkennung des Aufschlages des Magnetventils

Während der Ansteuerung des Steckpumpenmagneten steigt der Strom zunächst auf 16 Ampere. Wenn sich aufgrund des Magnetfelds der Abstand zwischen Ankerplatte und Magnetkern (Luftspalt) reduziert, sinkt der Strom auf 10 A. Dadurch erkennt die Detektorschaltung im PLD – Steuergerät, dass das Ventil geschlossen ist. Somit beginnt der Einspritzvorgang.

Voreinspritzung

(Seite EP-Multi 042 ff.)

Zur Verbesserung des Motorlaufs (weicher Lauf) wird bei UIS Systemen für PKW Voreinspritzung eingesetzt (nicht bei LKW).

Die Voreinspritzung wird durch besondere Konstruktion des Einspritzelementes (Speichervolumen mit Speicherkolben) erreicht.

(also nicht durch Nockenform, auch nicht durch Magnetventil)

⁹ Mot Jufa 23/1998 S. 6

¹⁰ Mot Jufa 9/1999 S. 10

¹¹ Mot Jufa 23/1998 S. 6

¹² Mot Jufa 25/1997 S. 4