



## Selbststudienprogramm 352

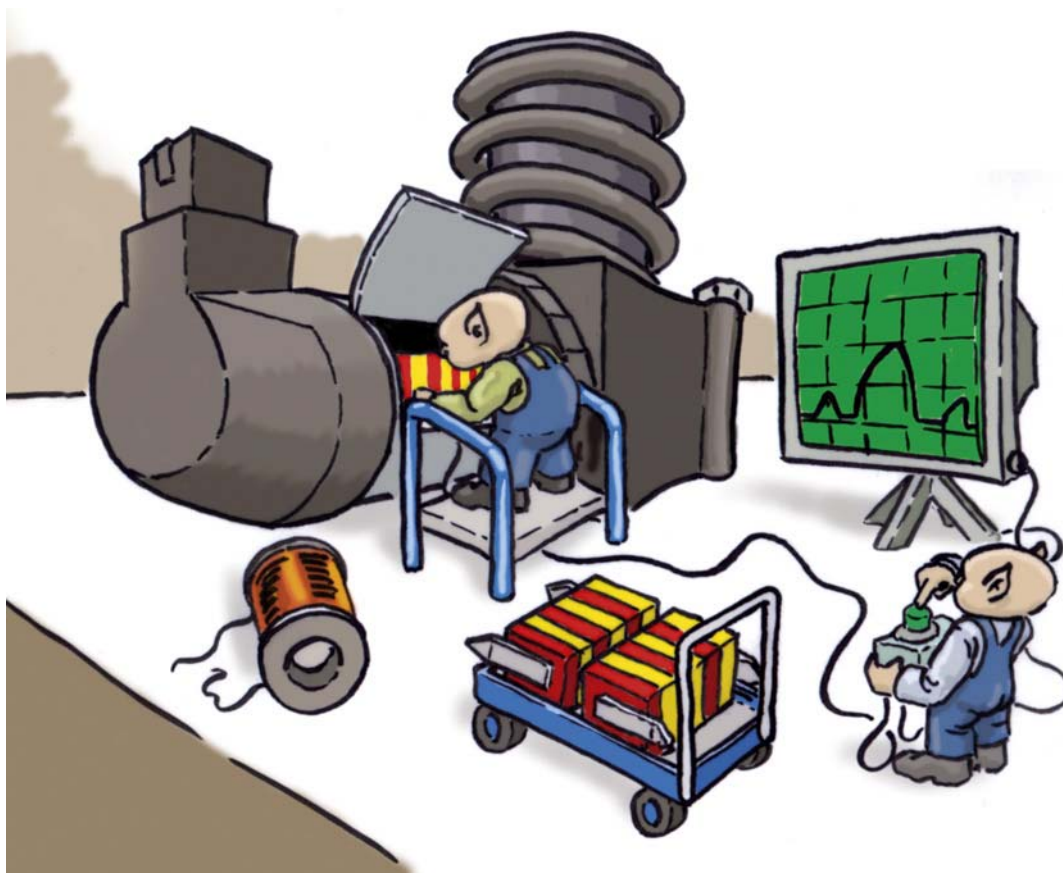
# Die Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil

Konstruktion und Funktion



Der Siegeszug der Dieselmotoren ist auf Grund des geringen Kraftstoffverbrauchs und der Fahrleistungen nicht mehr zu stoppen, aber trotzdem werden auch beim Dieselmotor die Ziele in Bezug auf die Emissionen, den Fahrkomfort und die Motorleistung immer höher gesetzt. Kundenzufriedenheit, Umweltschutz und Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben stehen stets im Vordergrund und können nur durch stetige Weiterentwicklung erreicht werden.

Durch die Einführung und die fortwährende Entwicklung der Pumpe-Düse-Einheit wurden in den Bereichen Einspritzdruck, Einspritzpräzision und Wirkungsgrad große Wettbewerbsvorteile erzielt. Zusammen mit der Siemens VDO Automotive AG ist jetzt eine Pumpe-Düse-Einheit entwickelt worden, die die bekannten Vorteile beibehält oder verbessert und dabei eine neue Flexibilität bei der Gestaltung der Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung ermöglicht. Verbesserte Gemischbildung, höherer Wirkungsgrad und geringere Geräuschemissionen sind die zukunftsweisenden Ergebnisse.



S352\_002

**NEU**



**Achtung  
Hinweis**



**Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und Funktion von Neuentwicklungen dar! Die Inhalte werden nicht aktualisiert.**

Aktuelle Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen KD-Literatur



<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>	
Allgemeines .....	4	
Die Verbesserungen .....	5	
<b>Aufbau</b> .....	<b>8</b>	
Überblick .....	8	
Das Piezo-Ventil .....	9	
Der Düsenfederraum .....	11	
<b>Einspritzvorgang</b> .....	<b>13</b>	
Die Voreinspritzung .....	13	
Die Haupteinspritzung .....	16	
Die Nacheinspritzung .....	18	
<b>Service</b> .....	<b>20</b>	
<b>Prüfen Sie Ihr Wissen</b> .....	<b>23</b>	



## Allgemeines

Die Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil (Version: PPD 1.1) ist eine Weiterentwicklung der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil. Wie der Name schon sagt, wurde unter anderem das Magnetventil durch ein schnelleres und besser steuerbares Piezo-Ventil ersetzt. Außerdem wurde die mechanische Steuerung der unterschiedlichen Einspritzdrücke innerhalb der Pumpe-Düse-Einheit verbessert, so dass z. B. der Ausweichkolben eingespart und damit das Hochdruckvolumen zugunsten des Wirkungsgrades verringert werden konnte.

Damit für die Motorenkonstruktion keine zusätzlichen Kosten entstehen, wurden die Einbaumaße und die Befestigung mit 2 Schrauben von der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil (PDE-P2) übernommen. Verbaut werden die neuen Pumpe-Düse-Einheiten zukünftig im neuen 2,0l-125kW-4V-TDI-Motor und später in weiteren TDI-Motoren mit 4 Ventilen.



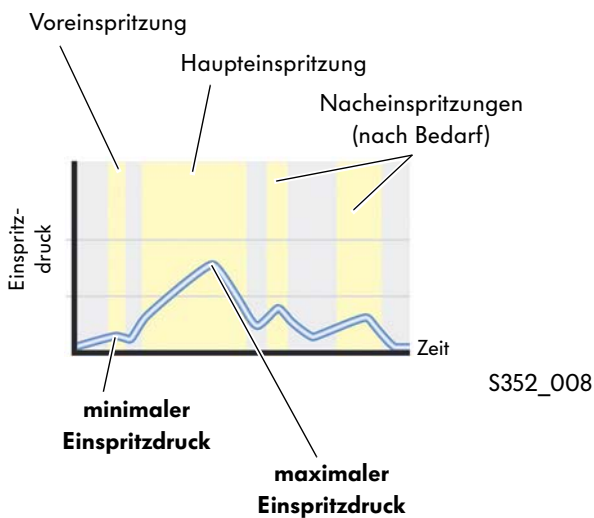
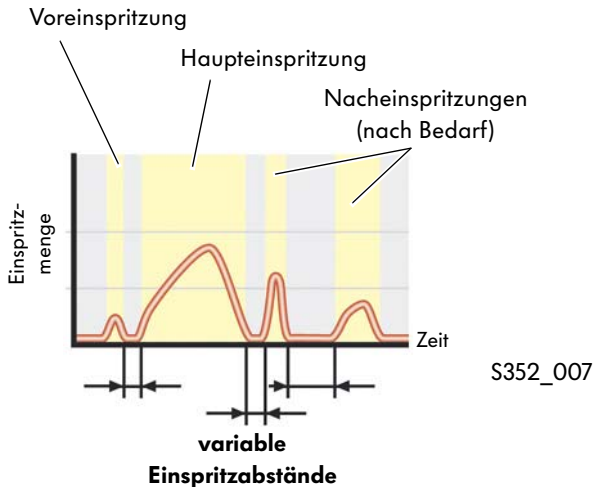
S352\_005

Für die Produktion der Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil wurde in Kooperation mit der Siemens VDO Automotive AG die Volkswagen Mechatronic GmbH & Co. KG gegründet. Der Sitz der neuen Produktionsstätte ist Stollberg in Sachsen.

Zur Zeit arbeiten etwa 200 Mitarbeiter an der Produktion der neuen Pumpe-Düse-Einheit.



## Die Verbesserungen



## Steuerung der Einspritzphasen

Aufgrund der ca. vierfach höheren Schaltgeschwindigkeit des neuen Piezo-Ventils gegenüber dem bisherigen Magnetventil ist es möglich, für jede Einspritzphase das Schaltventil zu schließen und wieder zu öffnen. Dadurch lassen sich die Einspritzphasen und die Einspritzmengen flexibler und genauer steuern.

## Einspritzdruck

Jede Einspritzphase hat ihre eigenen Anforderungen an den Einspritzdruck. Zum Beispiel benötigt die Voreinspritzung einen geringen Einspritzdruck und die Haupteinspritzung ein sehr hohen Einspritzdruck. Durch den erweiterten Einspritzdruckbereich (130-2200 bar) konnte auch hier eine Verbesserung erzielt werden. Ein besseres Emissionsverhalten und eine mögliche höhere Leistung sind die Folgen.

## Geräuschemissionen

Die typischen Geräuschemissionen bei TDI-Motoren entstehen im Leerlauf in erster Linie nicht durch die Verbrennung, sondern es sind Geräuschentwicklungen der Pumpe-Düse-Einheiten. Ausgelöst werden diese Geräusche durch schnelle, große Druckänderungen innerhalb der Pumpe-Düse-Einheit und deren Übertragung auf den Motor über den Antrieb der Pumpe-Düse-Einheiten.

Die Druckänderungen können jetzt mit Hilfe des schneller und exakter arbeitenden Piezo-Ventils geräuschemindernd beeinflusst werden.

Das Piezo-Ventil kann so präzise angesteuert werden,

dass auf Druckauf- und Druckabbau der einzelnen Einspritzphasen Einfluss genommen werden kann. Die mechanischen Geräusche, die der Antrieb überträgt, werden durch die Reduzierung des Pumpenkolben-Durchmessers verringert. Die benötigten Antriebskräfte der Pumpe-Düse-Einheit sind dadurch ebenfalls geringer.

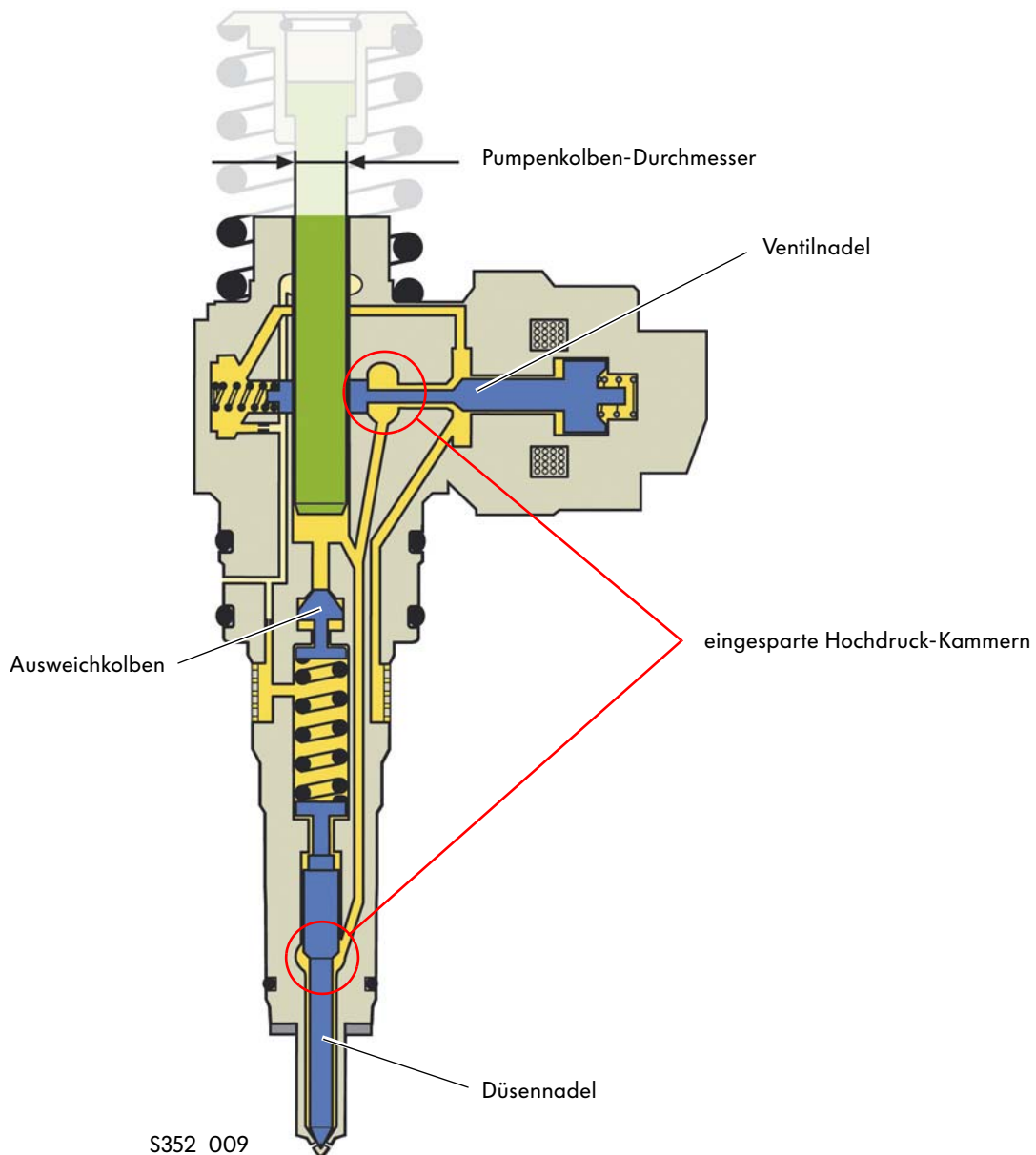
# Einleitung

## Wirkungsgrad

Ein höherer Wirkungsgrad bedeutet in diesem Fall geringere Antriebskräfte und dadurch auch geringeren Kraftstoffverbrauch. Erzielt wurde dieser höhere Wirkungsgrad durch die Einsparung der Hochdruck-Kammern und des Ausweichkolbens.

Das Hochdruck-Volumen wurde dadurch verringert und deshalb ist nur noch ein Pumpenkolben-Durchmesser von 6,35mm erforderlich, um die erforderlichen Einspritzmengen zu erzeugen.

## Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil



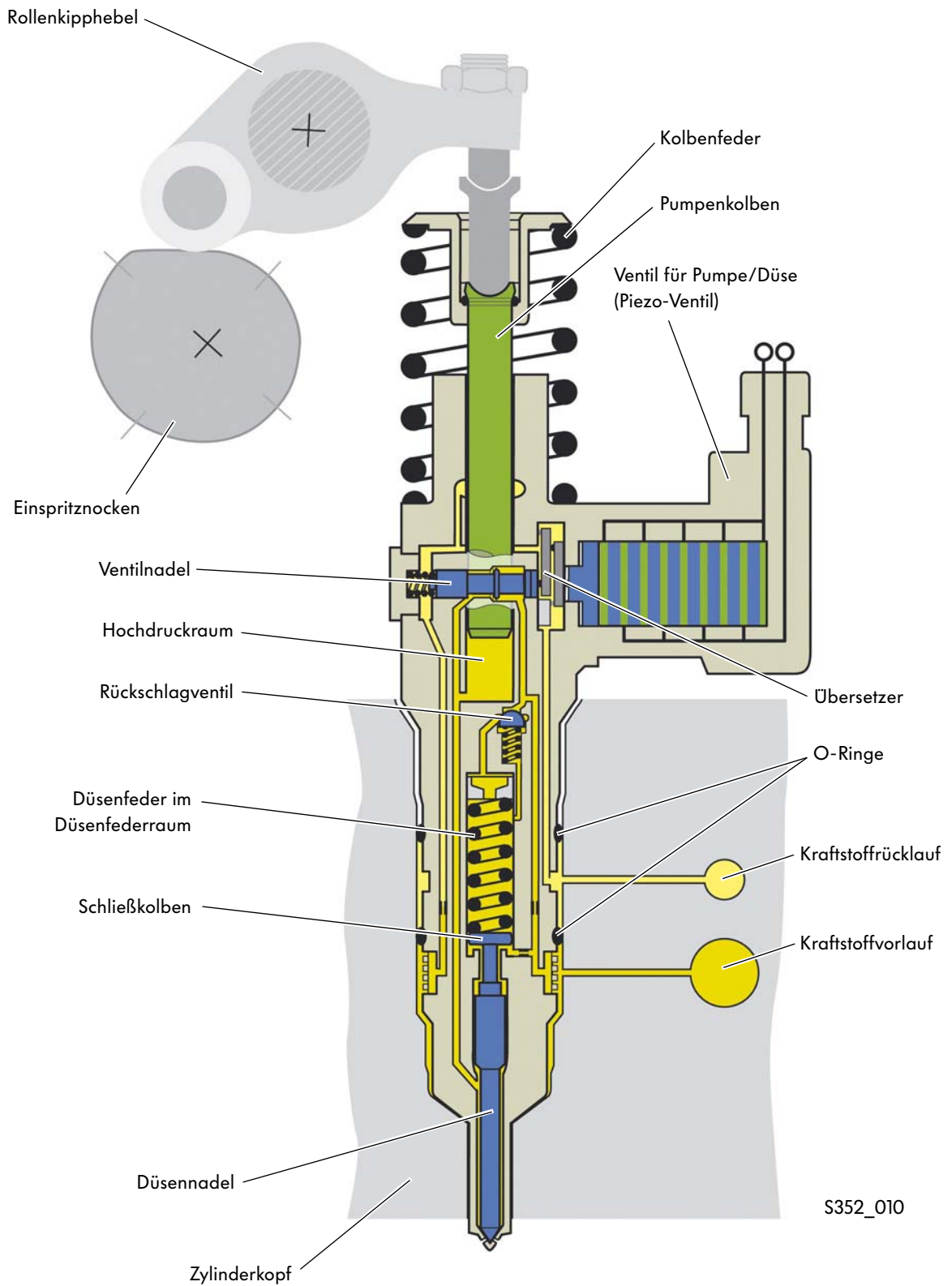
## Technische Daten auf einen Blick



	<b>Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil (PPD 1.1)</b>	<b>Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil (PDE-P2)</b>
Pumpenkolben-Durchmesser [mm]	6,35	8,0
minimaler Einspritzdruck [bar]	130	160
maximaler Einspritzdruck [bar]	2200	2050
mögliche Anzahl der Voreinspritzungen	0-2 (variabel)	1 (fest)
mögliche Anzahl der Nacheinspritzungen	0-2 (variabel)	0 oder 2
Abstand zwischen Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung [° Kurbelwinkel]	> 6 (variabel)	ca. 6-10 (fest)
Voreinspritzmenge [mm <sup>3</sup> ]	beliebig (> ca. 0,5)	ca. 1-3
Steuerung der Voreinspritzung	Piezo-Ventil (elektronisch)	Ausweichkolben (mechanisch-hydraulisch)
Druckanhebung für Haupteinspritzung	Schließkolben, Rückschlagventil	Ausweichkolben

# Aufbau

## Überblick



S352\_010

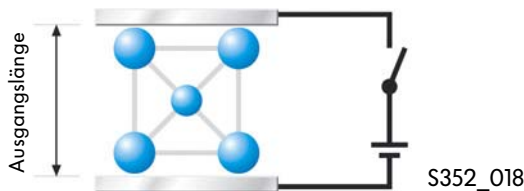
# Das Piezo-Ventil

Die wichtigste Neuheit bei der neuen Pumpe-Düse-Einheit ist das Piezo-Ventil, welches das bisher eingesetzte Magnetventil ersetzt. Das Piezo-Ventil hat höhere Schaltgeschwindigkeiten und der Schaltweg lässt sich über die Spannungsversorgung steuern. Es besteht aus einem Piezo-Aktor mit Gehäuse und Steckeranschluss, dem Übersetzer und der Ventalnadel im Pumpenkörper.

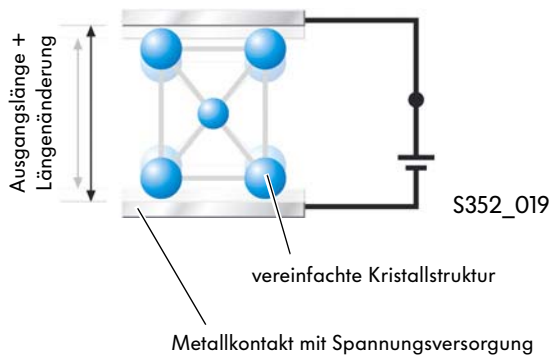


## Inverser piezoelektrischer Effekt (vereinfachte Kristallstruktur eines Piezo-Elementes)

### Piezo-Element ohne Spannung U



### Piezo-Element mit Spannung U



## Längenänderung eines Piezo-Elementes



## Piezo-Aktor

Piezo (griechisch) = drücken

Ein bekanntes Einsatzgebiet von Piezo-Elementen ist die Sensorik. Dabei wird auf ein Piezo-Element Druck ausgeübt und es entsteht eine messbare Spannung. Dieses Verhalten einer Kristallstruktur wird piezoelektrischer Effekt genannt.

Bei der Verwendung eines Piezo-Aktors wird dieses Verhalten umgekehrt genutzt. Zum Einsatz kommt der inverse (umgekehrte) piezoelektrische Effekt. Das heißt, an das Piezo-Element wird eine Spannung angelegt und die Kristallstruktur des Piezo-Elementes reagiert mit einer Längenänderung.

Die Längenänderung eines Piezo-Elementes verhält sich proportional (im gleichen Verhältnis) zu der angelegten Spannung. Das bedeutet, die Längenänderung eines Piezo-Elementes, beziehungsweise des Piezo-Aktors, ist über die Spannung steuerbar. Die Steuerspannung des Piezo-Aktors liegt zwischen 100V und 200V.

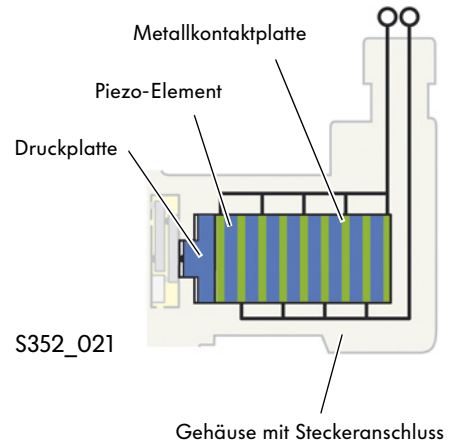
# Aufbau



Ein Piezo-Element hat eine Stärke von ca. 0,08mm und die Änderung bei angelegter Spannung beträgt nur 0,15%. Damit ein maximaler Schaltweg von ca. 0,04mm zustande kommt, müssen mehrere Piezo-Elemente gestapelt werden. In diesem Piezo-Stapel (auch „Piezo-Stack“ genannt) sind die einzelnen Piezo-Elemente durch Metallkontaktplatten (Spannungsversorgung) voneinander getrennt.

Zusammen mit der Druckplatte bildet der Piezo-Stack den Piezo-Aktor.

## Piezo-Aktor (schematisch)

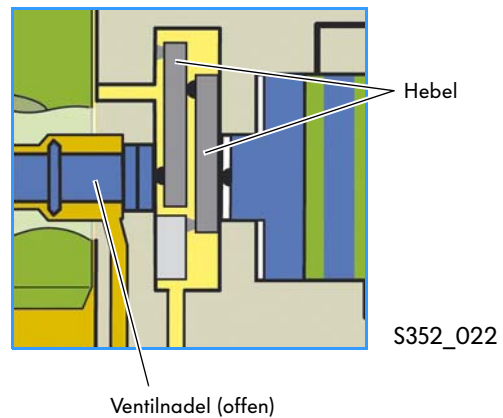


## Übersetzer

Der Piezo-Aktor hat einen Schaltweg von ca. 0,04mm. Die Ventalnadel benötigt aber einen Schaltweg von ca. 0,1mm. Um diese Differenz auszugleichen, wird ein Übersetzer in Form eines Hebelwerkes eingesetzt.

Ist der Piezo-Aktor nicht aktiviert, befindet sich der Übersetzer in Ruhestellung. Die Ventalnadel ist durch die Ventalnadelfeder geöffnet.

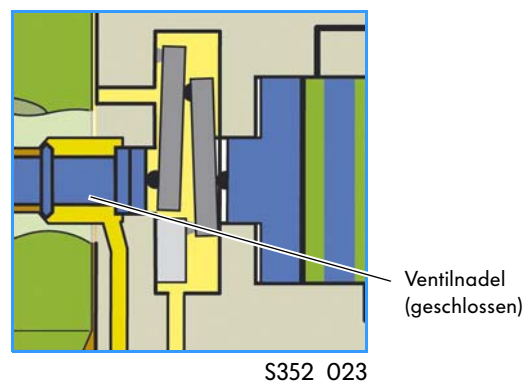
## Übersetzer in Ruhestellung



Ist der Piezo-Aktor aktiviert, drückt die Druckplatte auf den Übersetzer. Dieser verlängert mit Hilfe der Übersetzung des Hebelwerkes den Schaltweg auf ca. 0,1mm.

Die Ventalnadel ist geschlossen und der Einspritzdruck wird aufgebaut.

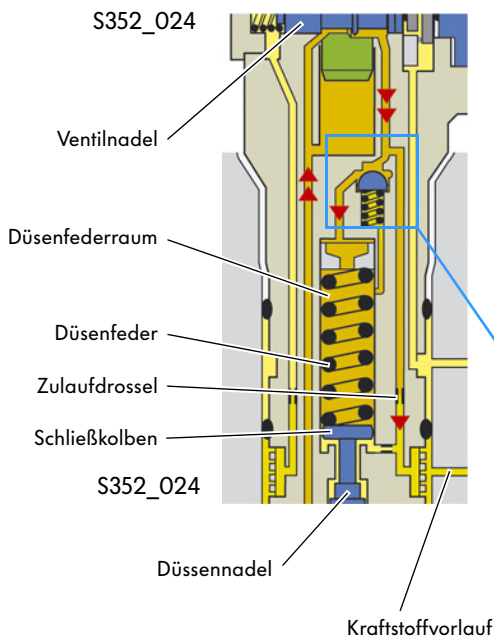
## Übersetzer betätigt





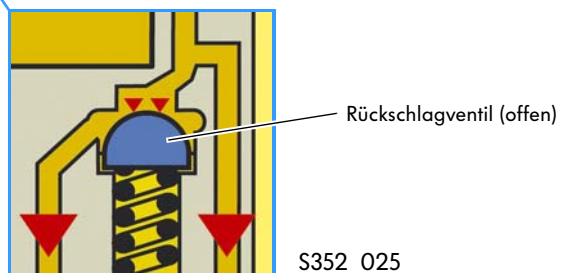
## Der Düsenfederraum

Im Düsenfederraum befindet sich die Düsenfeder, die zum einen für das Schließen der Düsennadel zuständig ist, und zum anderen das zu frühe Öffnen beim Beginn einer Einspritzphase verhindert. Die Anforderungen an die Düsenfederkraft (Düsennadelschließkraft) sind jedoch sehr unterschiedlich. Zum Beispiel muss die Düsennadel bei einer Voreinspritzung schon bei geringem Kraftstoffdruck öffnen, während sie bei einer Haupteinspritzung erst bei hohem Kraftstoffdruck öffnen darf. Zusätzlich soll die Düsennadel nach einer Einspritzphase sehr schnell geschlossen werden. Damit die Anforderungen an die Düsenfederkraft erfüllt werden, muss die Düsenfeder zum Beispiel für die Haupteinspritzung und für das Schließen der Düsennadel durch Kraftstoffhochdruck im Düsenfederraum unterstützt werden. Realisiert wird diese Unterstützung mit dem Rückschlagventil und dem Schließkolben.

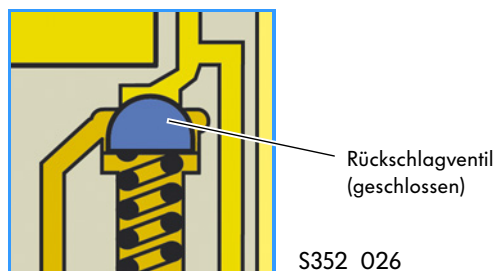


## Rückschlagventil

Der Düsenfederraum wird am Ende jeder Einspritzphase mit dem Kraftstoffhochdruck befüllt, der sich an der Ventalnadel vorbei zurück in den Kraftstoffvorlauf abbaut und dabei durch die Zulaufdrossel angestaut wird. Das Rückschlagventil wird durch den hohen Druck geöffnet und gibt den Weg in den Düsenfederraum frei.



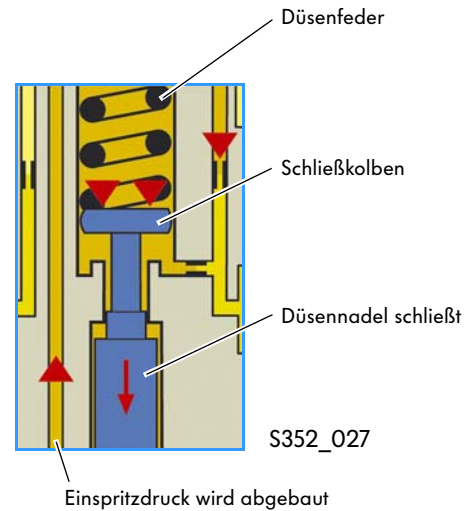
Der Kraftstoffhochdruck baut sich in den Kraftstoffvorlauf ab. Dadurch fällt der Kraftstoffdruck ab und das Rückschlagventil schließt. Somit wird der aufgebaute Druck im Düsenfederraum gehalten.



## Schließkolben

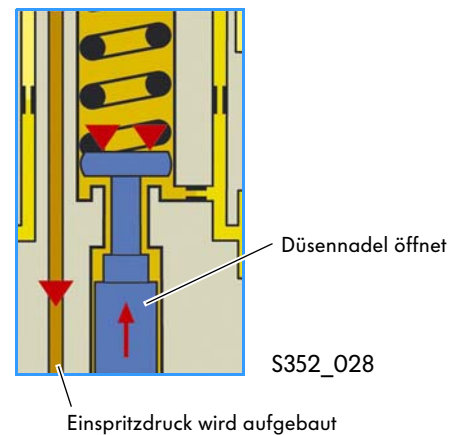
### Düsennadel schließen

Beim Beenden einer Einspritzphase wird der Düsenfederraum mit Kraftstoffhochdruck befüllt. Dieser Kraftstoffhochdruck drückt auf den Schließkolben und unterstützt damit die Düsenfeder beim Schließen der Düsennadel. Ein schnelles Schließen der Düsennadel wirkt sich positiv auf die Abgas-Emissionsentwicklung aus und ersetzt die Funktion des Ausweichkolbens, der bei der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil zum Einsatz kam.



### Düsennadel öffnen

Der nach dem Beenden einer Einspritzphase vom Rückschlagventil zurückgehaltene Kraftstoffhochdruck im Düsenfederraum wirkt sich auf den Beginn der nächsten Einspritzphase aus. Der Kraftstoffhochdruck unterstützt auch hier die Düsenfeder und verhindert somit ein zu frühes Öffnen der Düsennadel. Die Einspritzphase beginnt mit einem hohen Einspritzdruck. Dieser hohe Einspritzdruck ist besonders wichtig für die Verbrennung und Abgas-Emissionsentwicklung der Haupteinspritzung.



### Druckabbau

Die Voreinspritzung benötigt wiederum einen niedrigen Einspritzdruck. Deshalb muss sich nach einem Einspritzzyklus (Vor-, Haupteinspritzung und Nacheinspritzung) der Kraftstoffdruck im Düsenfederraum abbauen können. Realisiert wird dies durch einen Leckspalt am Schließkolben. Der Kraftstoffdruck baut sich zwischen den Einspritzzyklen ab, die Düsenfeder wird nicht mehr unterstützt und die Voreinspritzung kann mit einem niedrigen Einspritzdruck beginnen.

### Leckspalt am Schließkolben



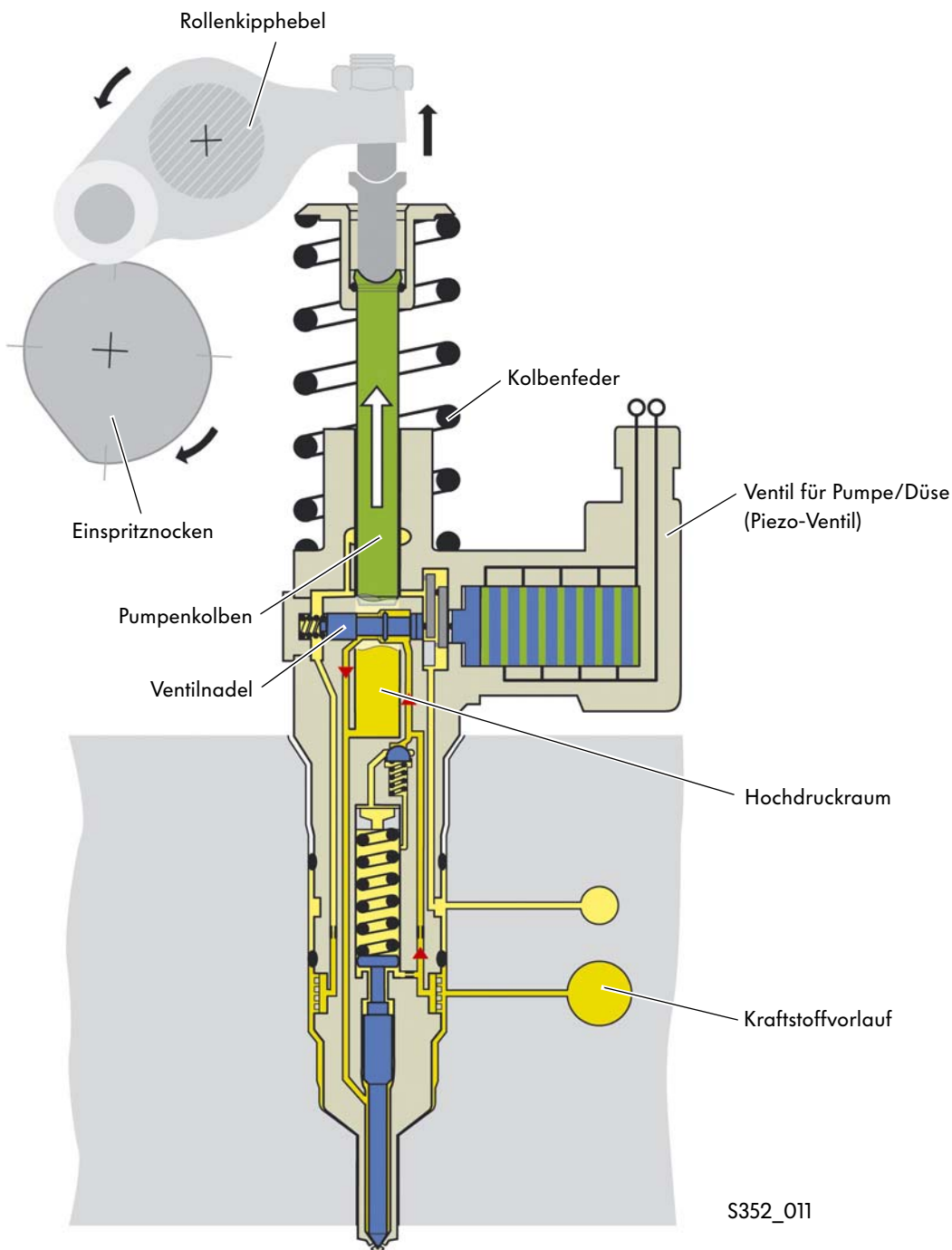
## Die Voreinspritzung

### Hochdruckraum befüllen

Aufgrund der Einspritznocken-Bewegung und der daraus folgenden Aufwärtsbewegung des Rollenkipphebels wird der Pumpenkolben von der Kolbenfeder nach oben gedrückt. Durch die spezielle Form des Einspritznockens wird eine langsame Aufwärtsbewegung erreicht.

Der Hochdruckraum vergrößert sich.

Das Piezo-Ventil ist nicht angesteuert und die Ventalnadel steht somit offen. Aus dem Kraftstoffvorlauf kann der Kraftstoff den Hochdruckraum befüllen.



S352\_011



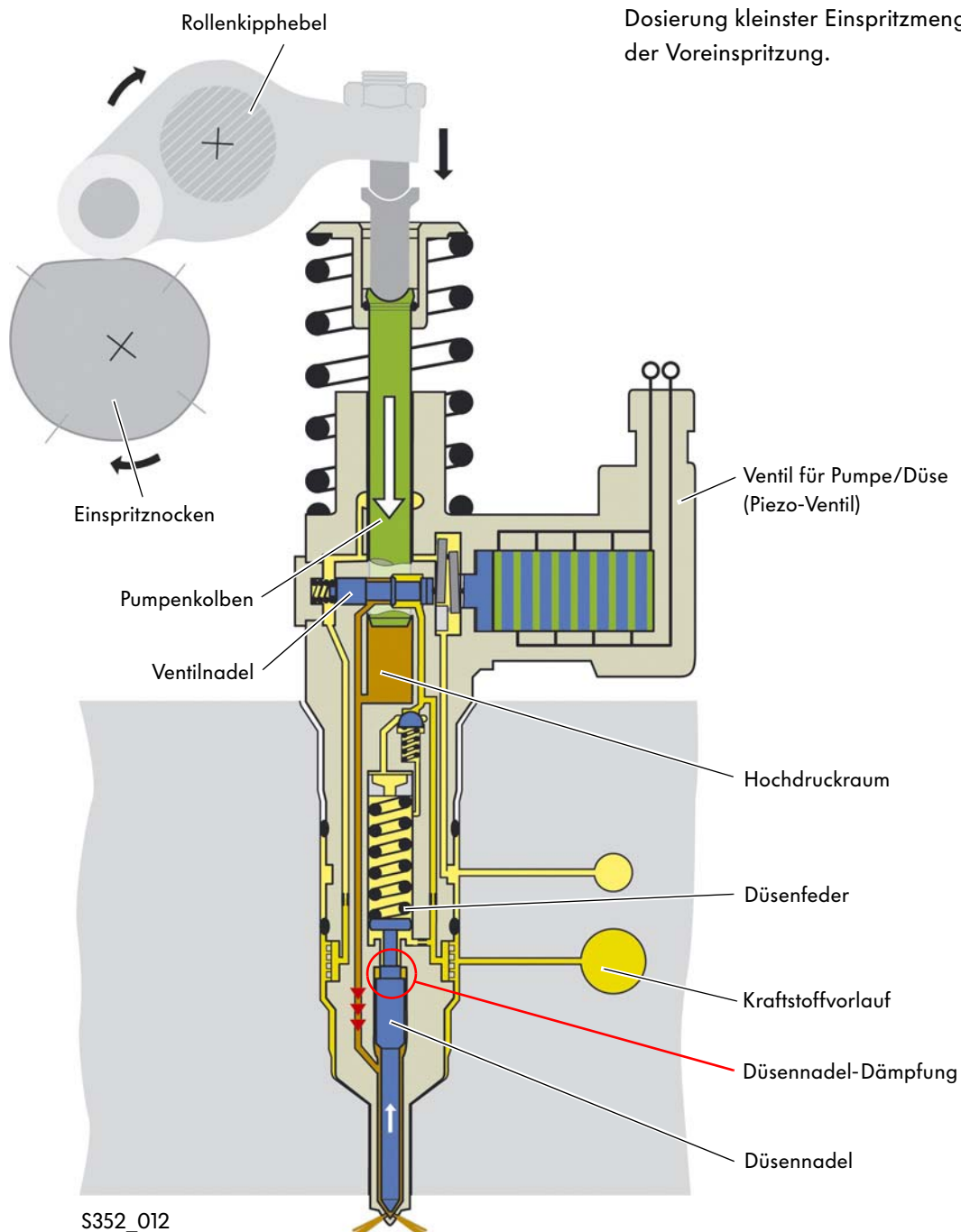
# Einspritzvorgang

## Voreinspritzung beginnt

Der Einspritznocken drückt über den Rollenkipphebel den Pumpenkolben mit hoher Geschwindigkeit nach unten. Der Kraftstoff wird in den Kraftstoffvorlauf zurückgedrückt bis das Piezo-Ventil angesteuert und damit geschlossen wird. Nach dem Schließen des Piezo-Ventils wird der Kraftstoff verdichtet und der Druckaufbau beginnt. Ab 130 bar ist der Kraftstoffdruck auf die Düsennadel größer als die Kraft der

Düsenfeder. Die Düsennadel wird angehoben und die Voreinspritzung beginnt.

Die Düsennadel-Dämpfung funktioniert genauso wie bei der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil. Der Hub der Düsennadel wird bei der Voreinspritzung durch ein hydraulisches Polster zwischen Düsennadel und Düsengehäuse beschränkt. Dieser beschränkte Öffnungshub der Düsennadel ermöglicht die genaue Dosierung kleinster Einspritzmengen bei der Voreinspritzung.

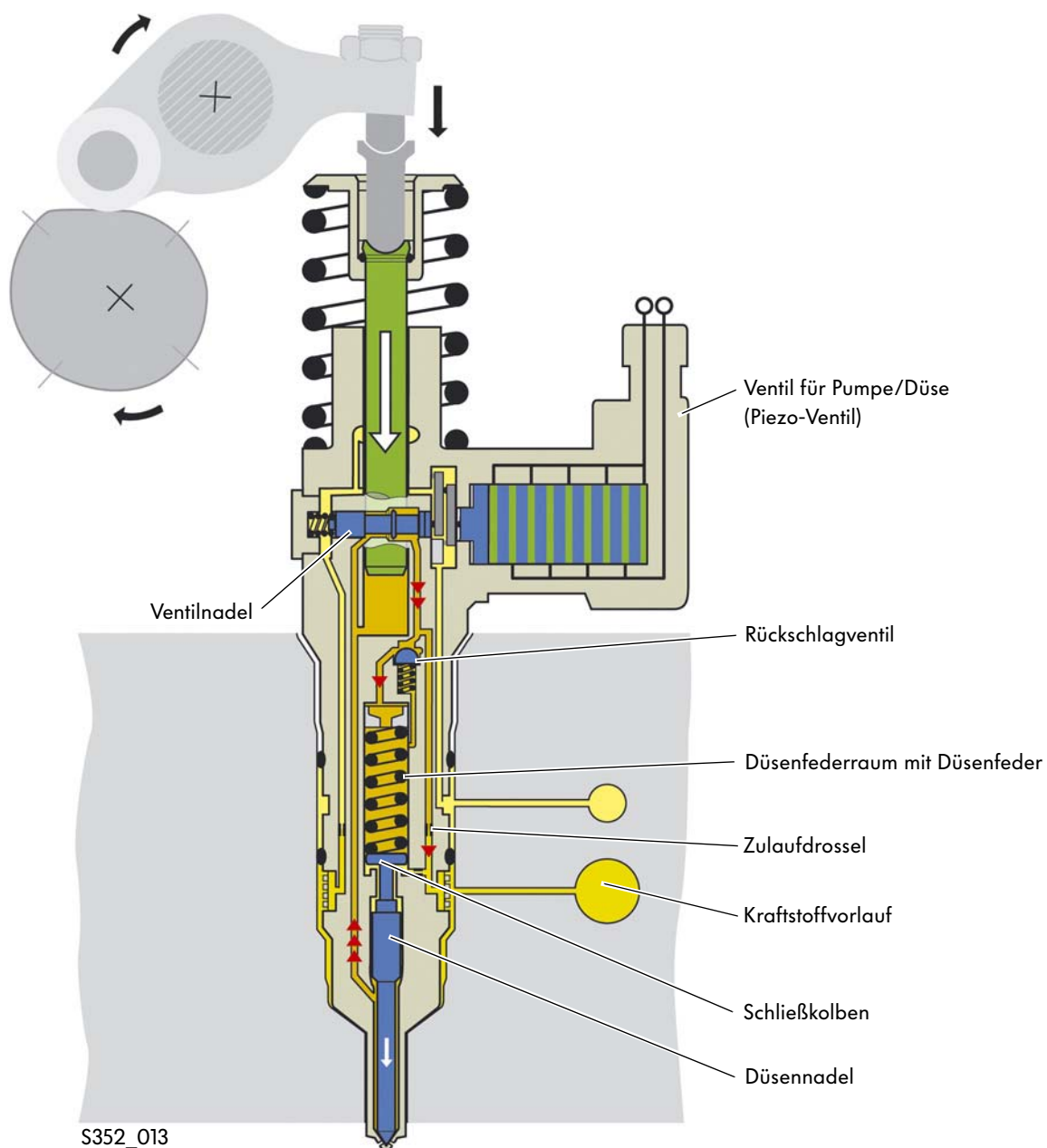


## Voreinspritzung beenden

Die Voreinspritzung wird beendet, indem das Piezo-Ventil die Ventilnadel öffnet. Der Kraftstoffhochdruck baut sich in den Kraftstoffvorlauf ab und die Düsennadel wird von der Düsenfeder geschlossen. Unterstützt wird die Düsenfeder von dem abfließenden Kraftstoffhochdruck, der durch die Zulaufdrossel zurückgehalten wird und über das sich öffnende Rückschlagventil in den Düsenfederraum gelangt. Dieser Kraftstoffhochdruck drückt auf den

Schließkolben und beschleunigt dadurch das Schließen der Düsennadel.

Je nach Betriebszustand des Motors kann das Motorsteuergerät ein oder zwei Voreinspritzungen pro Einspritzzyklus auslösen.



S352\_013



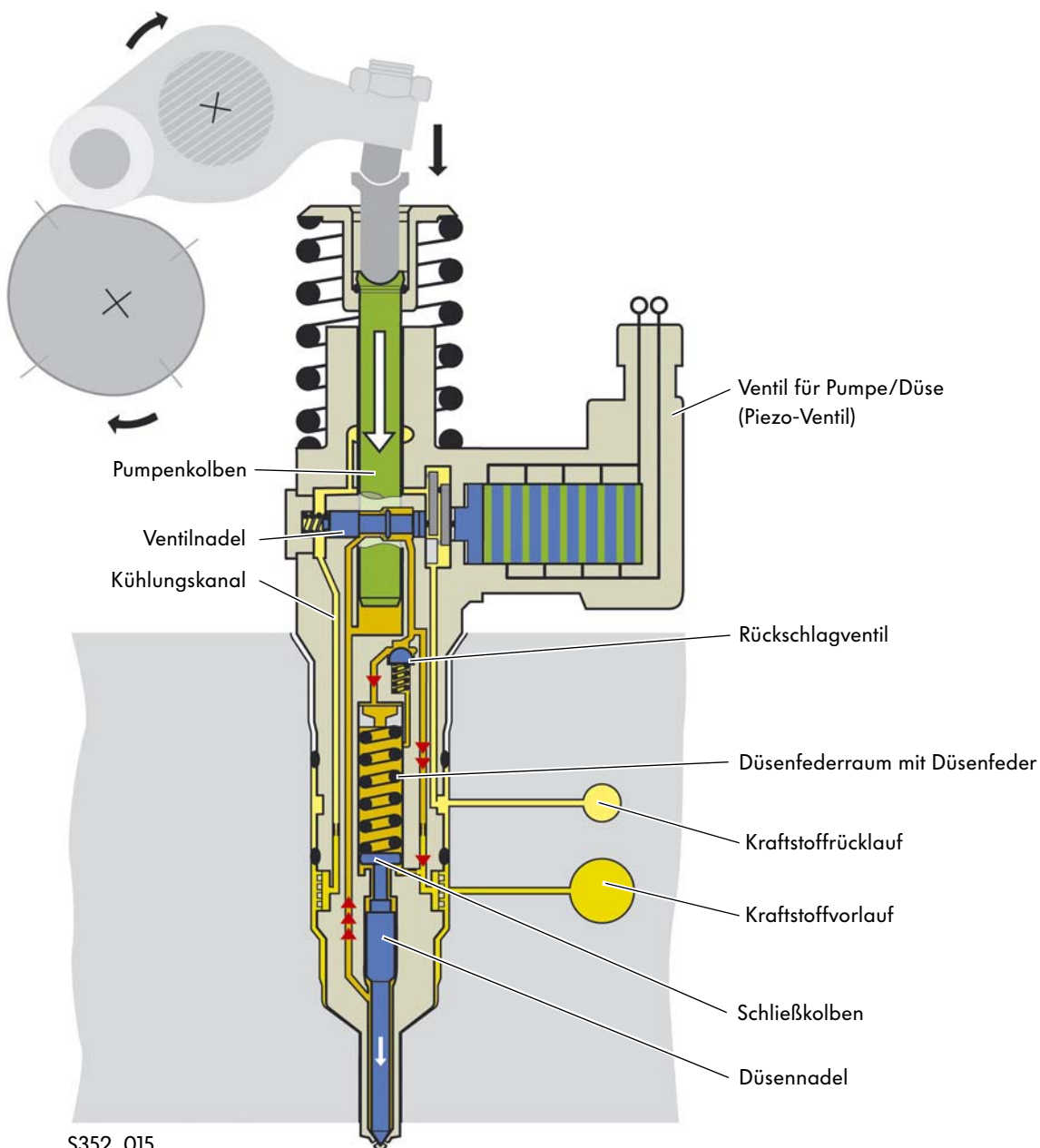


## Haupteinspritzung beenden

Durch das Öffnen der Ventalnadel wird die Haupteinspritzung beendet. Der Kraftstoffhochdruck baut sich, wie nach der Voreinspritzung, in den Kraftstoffvorlauf und den Düsenfederraum ab. Die Düsennadel wird durch die Düsenfeder und den Schließkolben geschlossen.

Die Kühlung erfolgt wie bei der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil. Der Kraftstoff fließt gedrosselt vom

Kraftstoffvorlauf durch die Pumpe-Düse-Einheit in den Kraftstoffrücklauf, und lässt den Leckage-Kraftstoff vom Pumpenkolben mit abfließen.



S352\_015



# Einspritzvorgang

## Die Nacheinspritzung

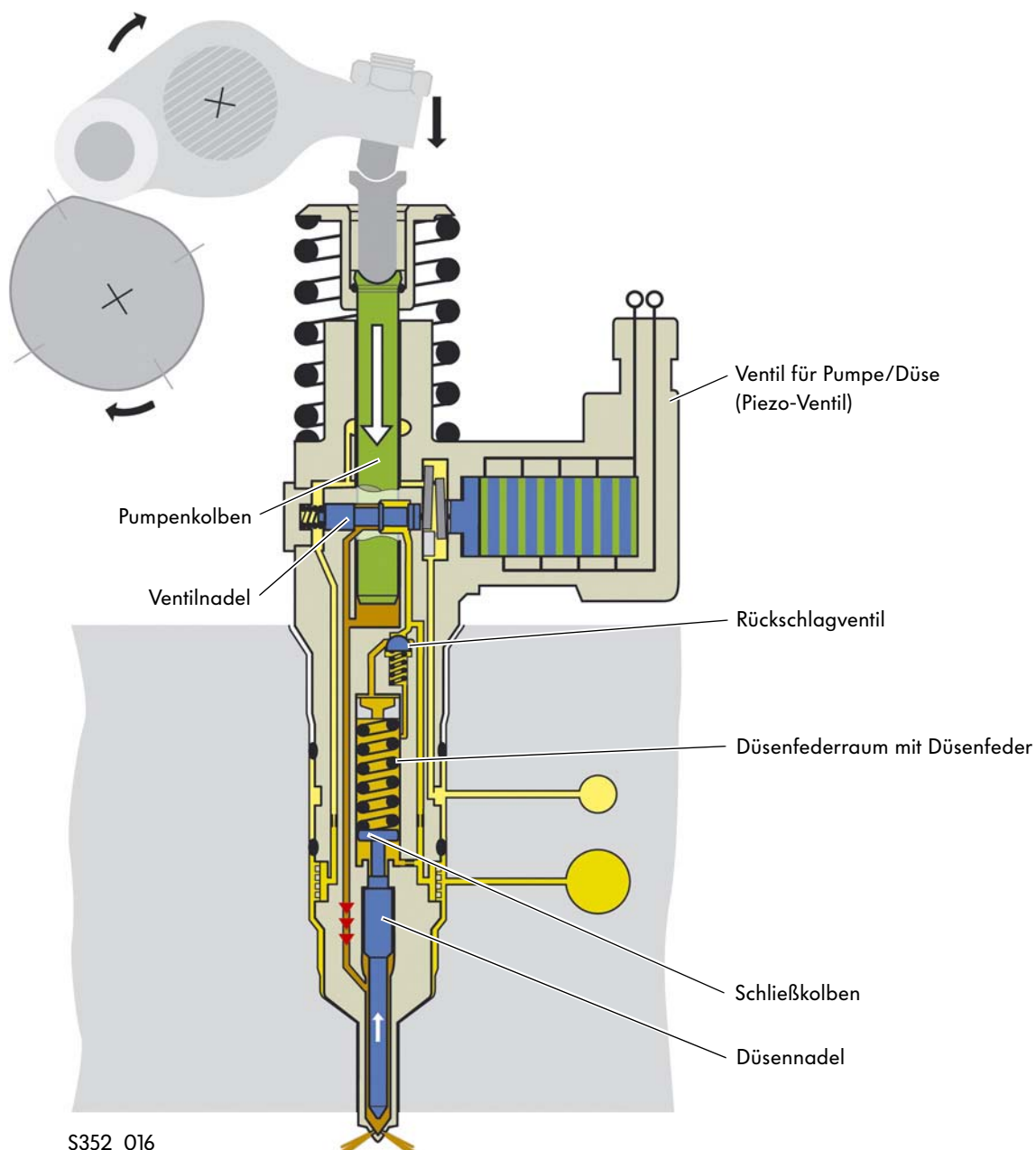
### Nacheinspritzung beginnt

Der Ablauf von Nacheinspritzungen wird anhand einer Nacheinspritzphase erklärt. In der Praxis werden meistens zwei Nacheinspritzungen ausgelöst, die aber prinzipiell identisch sind.

Nacheinspritzungen werden nur ausgelöst, wenn es die Regeneration eines Dieselpartikelfilters erfordert.

Der Pumpenkolben bewegt sich weiterhin nach unten und die Nacheinspritzung beginnt, nachdem die Ventilmadel geschlossen und der Düsenöffnungsdruck erreicht ist.

Die Nacheinspritzung funktioniert wie eine Haupteinspritzung, nur mit dem Unterschied, dass die Einspritzmenge und der Einspritzdruck geringer sein können, weil die Einspritzdauer kürzer ist.

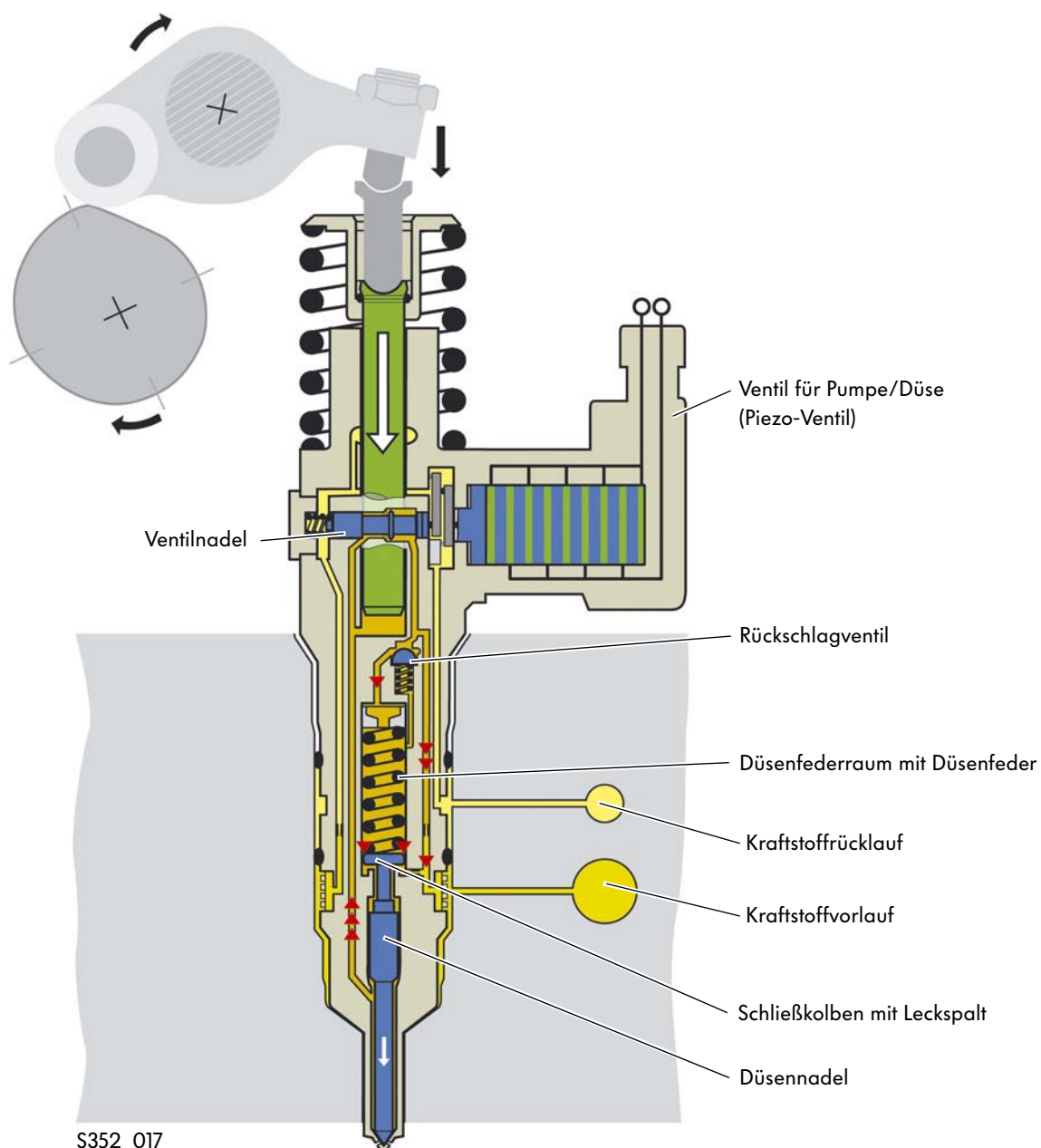


## Nacheinspritzung beenden

Beendet wird die Nacheinspritzung durch das Öffnen der Ventlnadel. Der Kraftstoffhochdruck baut sich ab und die Düsennadel schließt.

Im Düsenfederraum wird zu diesem Zeitpunkt wieder Kraftstoffhochdruck durch das geöffnete Rückschlagventil aufgebaut. Damit bei der nächsten Voreinspritzung wieder mit niedrigem Kraftstoffdruck eingespritzt werden kann, muss der Kraftstoffhochdruck

bis dahin aus dem Düsenfederraum entweichen können. Die Zeit zwischen den einzelnen Einspritzzyklen reicht aus, damit der Kraftstoff über einen Leckspalt am Schließkolben in den Kraftstoffvorlauf abfließt.



S352\_017



## Diagnose

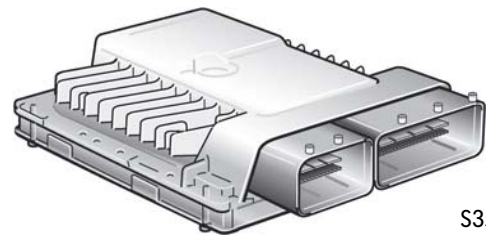
### Überwachung des Ventils für Pumpe-Düse (Piezo-Ventil)

Im Zusammenhang mit der neuen Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil wird auch ein neues Motorsteuergerät eingeführt, das Simos PPD 1. Die Diagnose des Simos PPD 1 funktioniert ähnlich wie bei der Motronic mit der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil.

Gemessen wird der tatsächliche Schließzeitpunkt der Ventalnadel anhand eines Knicks im Spannungsverlauf (BIP = Beginning of Injection Period = Einspritzbeginn). Dieser Spannungsknick wird durch das Auftreffen der Ventalnadel auf den Ventilsitz und der daraus entstehenden Kraft entgegengesetzt der Bewegungsrichtung des Piezo-Aktors erzeugt.

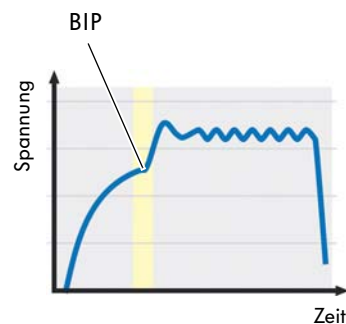
Für die Messung wird alle 5 Einspritzungen zwischen den Einspritzzyklen ein Testimpuls ausgelöst, um die Ventalnadel ohne störende Einflüsse (z. B. Kraftstoffhochdruck) zu schließen.

### Simos PPD 1



S352\_031

### Spannungsverlauf Piezo-Ventil



S352\_030

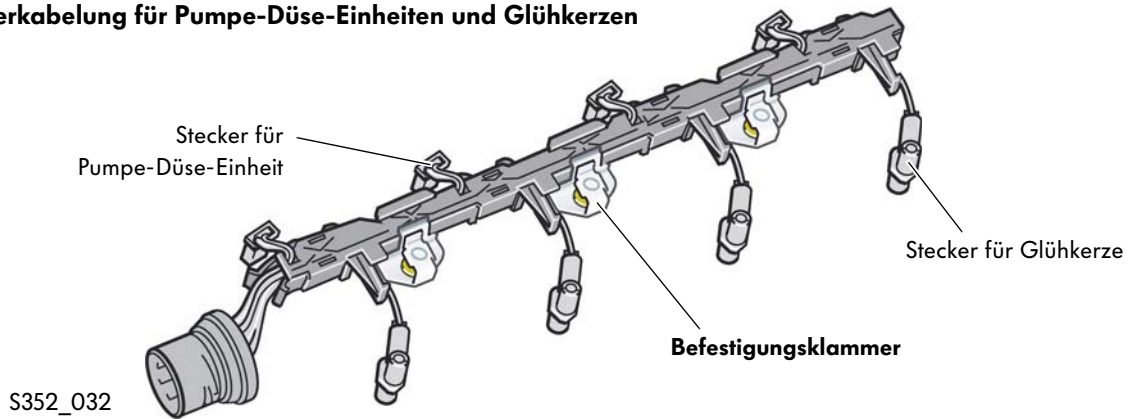
### Über- oder Unterschreiten der Regelgrenze

Befindet sich der BIP nicht innerhalb einer bestimmten Regelgrenze, wird in jedem Fall ein Fehlereintrag im Fehlerpeicher erzeugt. Je nach Art des festgestellten Fehlers wird die betroffene Pumpe-Düse-Einheit weiterhin angesteuert oder abgeschaltet. Im Falle einer Abschaltung wird der weiteren Beschädigung der Pumpe-Düse-Einheit und des Motors vorgebeugt.



## Aus- und Einbau

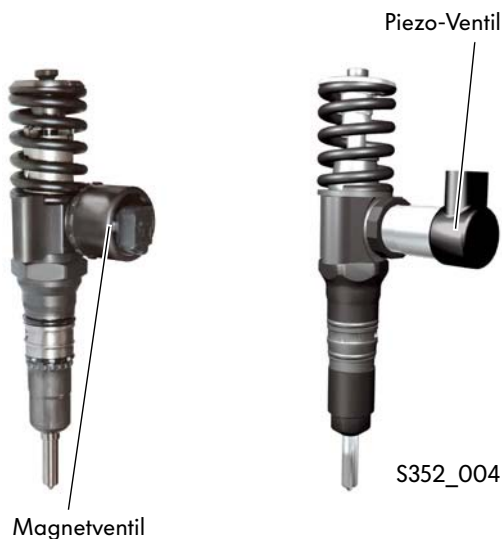
### Vorverkabelung für Pumpe-Düse-Einheiten und Glühkerzen



Beim Aus- bzw. Einbau der Vorverkabelung für Pumpe-Düse-Einheiten und Glühkerzen darf der Kabelkanal nicht von den Befestigungsklammern getrennt werden. Ein Aufbiegen der Befestigungsklammern und Herausnehmen des Kabelkanals kann einen Kabelbruch zur Folge haben. ELSA informiert Sie über die detaillierte Vorgehensweise!



### Einbaumaße und Verschraubung



Die Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil (PDE-P2/ 2 Befestigungsschrauben) und die Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil haben die gleichen Einbaumaße und die gleiche Verschraubung am Zylinderkopf. Aber der Wechsel von einer Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil zu einer Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil ist beim Austausch aufgrund der unterschiedlichen Anschlüsse und Steuerungen nicht möglich.

## Varianten der Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil

Es gibt von der Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil zwei Varianten, ein Vorgängermodell (PPD 1.0) und das in diesem Selbststudienprogramm beschriebene Modell (PPD 1.1). Das Vorgängermodell wird bereits im 2,0l-103kW-4V-TDI-Motor für den Passat ab Modelljahr 2006 verbaut und wird in der Produktion gleitend durch das aktuelle Modell (PPD 1.1) ersetzt. Diese beiden Varianten sind äußerlich nur durch die aufgedruckten Teilenummern zu unterscheiden und dürfen bei einem Austausch nicht verwechselt werden. Ein Mischverbau zwischen den beiden Varianten führt zu einem schlechten Motorlauf.

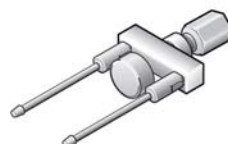


Achten Sie auf das äußere Erscheinungsbild und die Teilenummern der verschiedenen Pumpe-Düse-Einheiten, um eine Verwechslung beim Austausch zu vermeiden.



## Informationen zu den Spezialwerkzeugen

Der Auszieher T10163 in Verbindung mit dem Schlaghammer T10133 wird nicht nur zum Ausbau der Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil genutzt sondern auch für den Einbau.



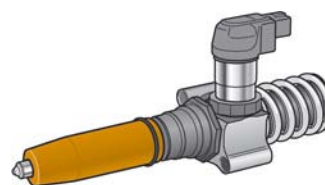
Auszieher T10163



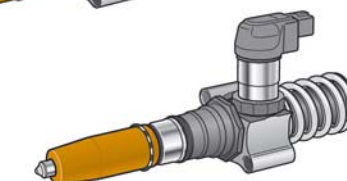
S352\_033

Schlaghammer T10133

Für die Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil werden die neuen Montagehülsen T10308 genutzt, um die O-Ringe zu montieren.



S352\_034



Montagehülsen T10308



ELSA informiert Sie über die detaillierten Vorgehensweisen!

## Welche Antwort ist richtig?

Es können eine, mehrere oder alle Antworten richtig sein.

### 1. Welche Aussagen zur Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil sind richtig?

- a) Durch das Entfallen des Magnetventils ist keine Verbindung zum Motorsteuergerät notwendig. Die Regelung der Einspritzdrücke erfolgt rein mechanisch mit Hilfe des Schließkolbens.
- b) Das Piezo-Ventil ist so schnell, dass es für jede Einspritzphase (Vor-, Haupt-, Nacheinspritzung) geöffnet und geschlossen werden kann.
- c) Wegen der Reduzierung des Pumpenkolben-Durchmessers hat die Pumpe-Düse-Einheit mit Piezo-Ventil ein geringeres Hochdruckvolumen und ist deshalb nur für Dieselmotoren mit kleinem Hubraum geeignet.
- d) Die Geräuschemissionen konnten aufgrund geringerer Antriebskräfte und besser abgestimmter Druckwechsel innerhalb der Pumpe-Düse-Einheit verringert werden.

### 2. Ergänzen Sie die folgenden Aussagen?

- a) Inverser piezoelektrischer Effekt heißt, dass sich ein Piezo-Element ..... , wenn eine Spannung angelegt wird.
- b) Damit die Haupteinspritzung mit einem höheren Einspritzdruck beginnt als die Voreinspritzung, wird die Düsenfeder vom ..... unterstützt.

### 3. Beim Aus- bzw. Einbau der Pumpe-Düse-Einheiten mit Piezo-Ventil ist zu beachten, dass ...

- a) sie mitsamt der Vorverkabelung demontiert werden müssen.
- b) die Einbaumaße und die Befestigung (Befestigung mit zwei Schrauben) von der Pumpe-Düse-Einheit mit Magnetventil übernommen wurde.
- c) die Vorverkabelung nur komplett demontiert werden darf (Kabelkanal und Befestigungsklammern).

1. b), d)  
2. a) vergrößert (auch: ausdehnt)  
2. b) Schließkolben/Kraftstoffhochdruck  
3. b), c)

Lösungen



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg  
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.  
000.2811.66.00 Technischer Stand 03.2005

Volkswagen AG  
Service Training VK-21  
Brieffach 1995  
38436 Wolfsburg

♻️ Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.