

Schulter der Düsenadel und öffnet sie gegen die Federkraft. Nach Beendigung der Einspritzung schließt die Feder die Düsenadel. Der **Düsenöffnungsdruck** p_0 wird durch die Vorspannung der Feder eingestellt. Dafür gilt die Formel:

$$p_0 = \frac{\pi F_v}{4 (D^2 - d^2)} \quad (56)$$

F_v = Federvorspannkraft

D, d = Durchmesser, siehe Bild 7.2.16

Die Düsenadel wird sehr exakt in den Düsenkörper eingepaßt, und beide Teile können genau wie Einspritzkolben und Einspritzzylinder nur zusammen ausgetauscht werden. Der an der Düsenadel entstehende Leckkraftstoff wird in der Leckkraftstoffleitung zum Tank zurückgeführt.

Die gebräuchlichen **Einspritzdüsen** sind:

1. Lochdüse (Bild 7.2.16)

Sie wird in Motoren mit direkter Einspritzung eingebaut. Die Lochdüse wird mit bis zu 12 Bohrungen gefertigt. Die Bohrungsdurchmesser beginnen mit 0,2 mm. Die endgültige Gestalt einer Lochdüse wird im Motorenversuch festgelegt; dabei müssen die verschiedenen Düsenvarianten hinsichtlich Lochzahl, Bohrungsdurchmesser, Bohrungslänge, Winkel zwischen den Löchern und Winkel der Bohrungen zur Senkrechten in ihrem Einfluß auf Leistung und spezifischen Kraftstoffverbrauch untersucht werden.

Der Düsenöffnungsdruck liegt zwischen 150 und 250 bar.

2. Zapfendüse (Bild 7.2.17)

Die Zapfendüse findet in Kammermotoren Verwendung. Der Zapfen an der Düsenadel formt die Gestalt des austretenden Kraftstoffstrahls und hält die Düsenbohrung frei von Koksansatz. Der Düsenöffnungsdruck ist niedriger als bei der Lochdüse; er beträgt 80 bis 125 bar.

Bei der Drosselzapfendüse drosselt der Zapfen am Hubanfang die Menge des ausspritzenden Kraftstoffs. Dadurch wird der Motorlauf weicher.

7.2.4.4 Vereinfachte Berechnung der Düsenbohrung

Die endgültigen Abmessungen der Bohrungen werden auf dem Prüfstand festgelegt. Bevor man aber mit den Versuchen beginnt, liefert die Berechnung den vorläufigen Bohrungsdurchmesser.

Für die **vereinfachte Berechnung** wird angenommen, daß der Kraftstoff inkompressibel ist und der Einspritzdruck konstant bleibt.

Die Formel für den Massenstrom \dot{m} (Masse je Zeiteinheit) ist:

$$\dot{m} = \mu \rho A c$$

μ = Ausflußzahl, für scharfkantige Öffnungen $\approx 0,6$

ρ = Kraftstoffdichte

A = Austrittsfläche

c = Austrittsgeschwindigkeit

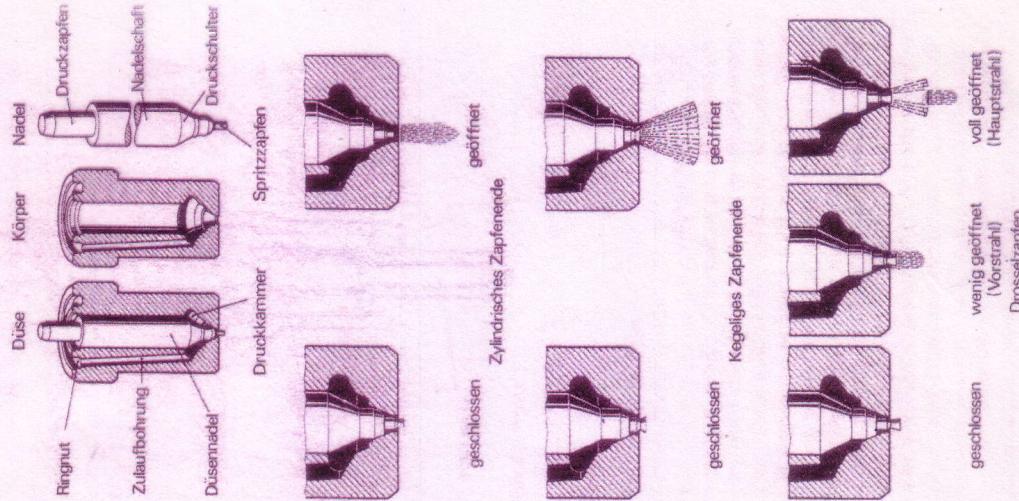


Bild 7.2.17 Zapfendüse (Fa. Bosch)

Die Austrittsgeschwindigkeit erhält man aus der Formel:

$$c = \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_E - p_V)}$$

p_E = Einspritzdruck

p_V = Verdichtungsdruck im Zylinder

Aus beiden Formeln ergibt sich:

$$\dot{m} = \mu A \sqrt{2 \rho (p_E - p_V)}$$

Die Formel für den Gesamtquerschnitt A lautet:

(57)

$$A = \frac{\dot{m}}{\mu \sqrt{2 \rho (p_E - p_V)}}$$

Besitzt die Düse z_B Austrittsbohrungen, so errechnet man den Bohrungsdurchmesser nach der Formel:

(58)

$$d_{b0} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{z_B \pi}}$$

Der Massenstrom \dot{m} wird mit Hilfe der je Arbeitspiel und Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge m' und der dafür zur Verfügung stehenden Zeit t bestimmt:

$$\dot{m} = m' / t$$

Die je Arbeitspiel und Zylinder eingespritzte Kraftstoffmenge ist:

$$m' = \frac{b_c P_e}{n i z}$$

b_c = spezifischer Kraftstoffverbrauch

P_e = effektive Leistung

n = Drehzahl

i = Zahl der Arbeitsspiele je Umdrehung

z = Zylinderzahl

i = 0,5, Viertaktmotor

i = 1, Zweitaktmotor

z = Zylinderzahl

Die Einspritzzeit t ergibt sich aus der Formel:

$$t = \frac{\alpha_E}{2 \pi n}$$

α_E = Einspritzwinkel im Bogenmaß (Kurbelwinkel, während dem der Kraftstoff eingespritzt wird)

Mit Hilfe der beiden vorstehenden Gleichungen erhält man die Formel für den Massenstrom \dot{m} :

$$\dot{m} = \frac{b_c P_e 2 \pi}{i z \alpha_E}$$

Beispiel 10

Für einen Zweitakte Dieselmotor mit direkter Einspritzung ist der vorläufige Durchmesser der Düsenbohrungen für eine Sechschloßdüse zu berechnen. Gegeben sind:

$P_e = 1000$ kW

$b_c = 230$ g/kWh

$z = 5$

$\alpha_E = 20^\circ$ KW bei Vollast

$p_V = 50$ bar

$p_E = 300$ bar

$\rho = 830$ kg/m³ für Dieselföl

Lösung

Zuerst wird mit Formel (59) \dot{m} berechnet:

$$\dot{m} = \frac{b_c P_e 2 \pi}{i z \alpha_E} = \frac{230 \frac{g}{kWh} \cdot 1000 \text{ kW} \cdot 2 \pi}{1 \cdot 5 \cdot \frac{20}{180} \pi}$$

$$\dot{m} = 828000 \frac{g}{h} = 0,230 \frac{kg}{s}$$

Den Gesamtquerschnitt A erhält man nun nach Formel (57):

$$A = \frac{\dot{m}}{\mu \sqrt{2 \rho (p_E - p_V)}}$$

$$A = \frac{0,230 \frac{kg}{s}}{0,6 \sqrt{2 \cdot 830 \frac{kg}{m^3} (300 - 50) \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}}}$$

$$A = 1,88 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 1,88 \text{ mm}^2$$

Der vorläufige Durchmesser der Düsenbohrungen ergibt sich nach Formel (58):

$$d_{b0} = \sqrt{\frac{1,88 \text{ mm}^2 \cdot 4}{6 \cdot \pi}} = 0,632 \text{ mm}$$

Die Düse wird mit 6 Bohrungen mit einem Durchmesser von 0,63 mm angefertigt.