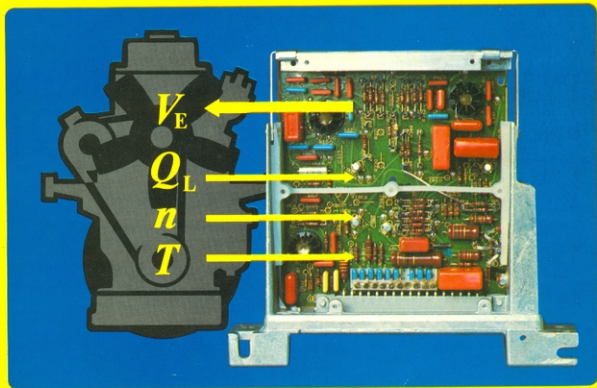


BOSCH

Technische Unterrichtung



Benzineinspritzung D- und L-Jetronic

D- und L-Jetronic

2	Elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung	15	L-Jetronic
2	Gemischaubereitung	15	Anlagenschema
3	Luft-Kraftstoff-Verhältnis	16	Arbeitsprinzip
4	Prinzip der Jetronic	16	Vorteile der Luftmengenmessung
4	Kraftstoffsystem	16	Luftmengenmesser
4	Elektrokraftstoffpumpe	19	Einspritzzeitpunkt
5	Kraftstoff-Druckregler	19	Einspritzdauer
6	Elektroeinspritzventil	19	Anpassung an Betriebsbedingungen
6	Ansaugsystem	19	Leerlauf und Vollastanreicherung
6	Anpassung bei Kaltstart und Warmlauf	20	Starten
6	Kaltstart	20	Relaiskombination
7	Elektrostartventil	20	Kraftstoff-Druckregler
7	Thermoschalter und Thermozeitschalter	20	Elektroeinspritzventile
8	Warmlauf		
8	Temperaturfühler		
8	Zusatzluftschieber	21	Lambda-Sonde
10	D-Jetronic	21	Allgemeines
10	Anlagenschema	21	Aufbau
11	Arbeitsprinzip	21	Wirkungsweise
11	Einspritzzeitpunkt	22	Funktion
11	Einspritzdauer		
12	Druckfühler	23	Literatur-Hinweise
12	Anpassung an Betriebsbedingungen	24	Fachwortverzeichnis
13	Vollast	26	Die Testseite
14	Höhenkorrektur		
14	Beschleunigung		
14	Drosselklappenschalter		
14	Schiebebetrieb		
14	Ansauglufttemperatur		
14	Temperaturfühler		

Elektronisch gesteuerte Benzeinspritzung

• Sicherheit

Die Benzineinspritzung ist keineswegs eine Entwicklung der jüngsten Zeit. Bereits vor mehr als 60 Jahren wurde damit begonnen, Flugmotoren mit Einspritzanlagen auszurüsten. Die Entwicklung leistungsfähiger Flugzeuge ermöglichte Flüge in größeren Höhen, bei stärkeren Wettereinflüssen, sowie Flugzustände, bei denen eine Kraftstoffversorgung mit den herkömmlichen Vergasersystemen nicht immer gewährleistet war. Die Benzineinspritzung mittels Einspritzpumpen ermöglichte die vollständige Beherrschung dieser Probleme.

• Leistungssteigerung

In den 50er Jahren erzielten die Rennsportwagen von Daimler-Benz, die legendären Silberpfeile, Sieg auf Sieg. Grundlage dieser Erfolge waren die zuverlässigen und leistungsstarken Rennmotoren mit Benzineinspritzung. Die konsequente Weiterentwicklung der Einspritzanlagen, basierend auf den Erfahrungen mit Einspritzanlagen für Dieselmotoren, führte zur sicheren Beherrschung der Höchstleistungen unter der extremen Belastung des Rennens.

Die hohen Kosten einer Benzeinspritzung mit Einspritzpumpen rechtfertigten in den Jahren danach nur die Verwendung in Sportwagen oder anspruchsvollen Reiselimousinen. Für die Verwendung im Großserienfahrzeug war die Benzeinspritzung noch zu aufwendig.

• Sparsamkeit

Mit der herkömmlichen Art der Kraftstoffzuteilung war man nicht in der Lage, den Kraftstoffverbrauch ohne Leistungseinbußen zu senken. Die stetige Steigerung der Weltmarktpreise für Mineralöle verlangte aber eine Lösung des Problems. Mit der Benzineinspritzung kann die Kraftstoffzuteilung exakt an den tatsächlichen Kraftstoffbedarf des Motors bei den verschiedensten Lastzuständen angepaßt werden. Eine genaue Anpassung führt zu einer Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs.

• Sauberes Abgas

Ein weiteres Problem, das die Entwicklung von Einspritzanlagen entscheidend beeinflusste, war der Anteil der gesundheitsschädigenden Bestandteile im Abgas. Dieser ließ sich nur durch die genaue Einhaltung eines bestimmten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses vermindern. Auch hier kam die Benzineinspritzung mit der Möglichkeit einer genauen Kraftstoffzumessung den Bemühungen der Konstrukteure entgegen.

Elektronisch gesteuerte Benzeinspritzung

Neue Technologien ermöglichten es, ein Einspritzsystem für die Verwendung im Großserien-Fahrzeugbau zu entwickeln.

Meßfühler erfassen den Betriebszustand des Motors, leiten die Informationen in Form elektrischer Signale einem elektronischen Steuergerät zu, das daraus den Kraftstoffbedarf des Motors ermittelt und die Einspritzventile ansteuert, welche dem Motor den benötigten Kraftstoff zuteilen.

Als Ergebnis intensiver Entwicklungsarbeit wurde im Jahre 1967 eine elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung zur Serienreife gebracht.

Bei der Entwicklung der elektronisch gesteuerten Benzineinspritzung wurden unterschiedliche Ziele verfolgt. So wurde einmal bei gleichbleibender Leistung die Reduzierung der Schadstoffkonzentration im Abgas verlangt, während zum anderen auf eine Leistungssteigerung, teilweise gleichzeitig mit Abgasentgiftung entwickelt wurde. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen mit Jetronic-Anlagen im Hinblick auf die immer schärfer werdenden Bestimmungen zur Abgasentgiftung war es immer möglich, die geforderten Grenzwerte einzuhalten.

Der Gewinn an Drehmoment wird vor allem durch eine optimale Gestaltung des Ansaugsystems erreicht. Die damit verbundene Anhebung der Drehmomentkurve bei niedrigen und hohen Drehzahlen erhöht deutlich spürbar die Elastizität des Motors.

Im Vergleich zum Vergaser verringert sich der Kraftstoffverbrauch mit der Einspritzanlage im gemischten Streckenbetrieb, während im Stadtverkehr die Ersparnis je nach Verkehrsverhältnissen und Fahrweise noch größer ist.

Gemisch- aufbereitung

Im Otto-Motor wird das Luft-Kraftstoff-Gemisch in einem für die Zündung und Verbrennung geeigneten Mischungsverhältnis verdichtet und durch einen elektrischen Funken gezündet. Die Gemischbildung beginnt mit der Zuführung des Kraftstoffes zu der angesaugten Luft. Die Füllung der Zylinder richtet sich nach den wechselnden Betriebsverhältnissen des Motors.

Die Aufgabe der Kraftstoffzumesung besteht somit darin, die Kraftstoffmenge der jeweiligen Luftmenge anzupassen. Dies kann grundsätzlich auf zwei Arten geschehen: Die Kraftstoffmenge wird entweder vom Vergaser oder von der Einspritzanlage zugeteilt.

Die Entscheidung darüber, ob zur Gemischaufbereitung ein Vergaser oder eine Einspritzanlage eingesetzt wird, hängt hauptsächlich von den Anforderungen ab, die bezüglich der Reinhaltung der Luft, aber auch der Motorleistung und des Kraftstoffverbrauchs gestellt werden.

Vor allem die Verringerung der schädlichen Abgasbestandteile erfordert für jeden Fahrzustand ein genaues Einhalten des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses.

Als eine der Möglichkeiten, die Schadstoffemission zu verringern, bietet sich die elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung von Gebot an.

Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Eine einwandfreie Zündung und Verbrennung des Luft-Kraftstoff-Gemisches findet nur innerhalb bestimmter Mischungsverhältnisse statt. Bei Benzin beträgt das Verhältnis zur vollständigen Verbrennung des Kraftstoffes (stöchiometrisches Verhältnis) im Mittel 14:1. Das heißt, etwa 14 kg Luft sind zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Kraftstoff erforderlich. Bei diesem, dem sogenannten stöchiometrischen Verhältnis ist die Luftzahl $\lambda = 1$.

1

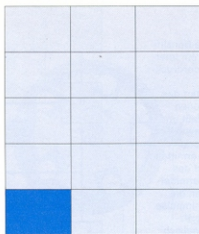


Bild 1
Luft-Kraftstoff-Gemisch
14 kg Luft sind zur Ver-
brennung von 1 kg
Kraftstoff erforderlich.

2

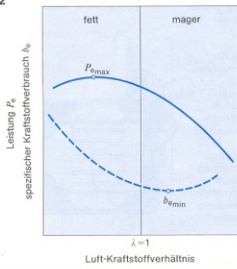


Bild 2
Abhängigkeit der
Leistung und des spezi-
fischen Kraftstoffver-
brauchs vom Luft-
Kraftstoff-Verhältnis.

Dieser Wert λ (Lambda) ermittelt sich wie folgt:

$$\lambda = \frac{\text{zugeführte Luftmenge}}{\text{theoretischer Luftbedarf}}$$

$\lambda = 0,9$
bedeutet fettes Gemisch, d. h. Luftmangel, zugeführte Luftmenge kleiner als theoretischer Luftbedarf.

$\lambda = 1,1$
bedeutet mageres Gemisch, d. h. Luftüberschuß, zugeführte Luftmenge größer als theoretischer Luftbedarf.

Otto-Motoren erreichen bei 5 bis 10% Luftmangel ($\lambda = 0,95 \dots 0,90$) die größte Leistung, bei etwa 10% Luftüberschuß ($\lambda = 1,1$) den minimalen Kraftstoffverbrauch.

Bei Luftmangel wird der Kraftstoff nicht genügend ausgenutzt, außerdem ist der Anteil an unverbrannten schädlichen Bestandteilen im Abgas höher. Bei Luftüberschuß wird die Leistung geringer und wegen der langsameren Verbrennung ergibt sich eine höhere Motor- und Abgastemperatur.

Zwischen $\lambda = 0,7 \dots 1,3$ muß das vom Otto-Motor angesaugte Gemisch liegen, unabhängig davon, ob der Motor mit Vergaser oder Einspritzanlage ausgerüstet ist.

Prinzip der Jetronic

Die elektronisch gesteuerte Benzeinspritzung „Jetronic“ ist ein intermittierend arbeitendes Niederdruck-Einspritzsystem.

Die für den Kraftstoffbedarf des Motors repräsentativen Größen werden von Meßfühlern erfaßt und in elektrische Signale umgewandelt. Das elektronische Steuergerät verarbeitet diese Signale und ermittelt daraus den Kraftstoffbedarf des Motors. Entsprechend der ermittelten Kraftstoffmenge erhalten die Einspritzventile elektrische Impulse vom Steuergerät. Die Einspritzventile werden elektromagnetisch betätigt und spritzen den Kraftstoff vor die Einlaßventile des Motors.

Die Jetronic besteht aus folgenden Komponenten:

- Kraftstoffsystem
Förderung, Druckerzeugung, Druckregelung, Reinigung, Einspritzventile.
- Meßfühler
erfassen alle für die exakte Kraftstoffzuteilung notwendigen Größen des Motors.
- Elektronisches Steuergerät
Verarbeitung der von den Meßfühlern gelieferten Daten, Ermittlung der Einspritzdauer, Steuerung der Einspritzventile.

Die in der D- und L-Jetronic gemeinsam verwendeten Komponenten werden nachfolgend beschrieben, die spezifischen Komponenten der D-Jetronic und der L-Jetronic in den entsprechenden Systembeschreibungen.

Kraftstoffsystem

Im Kraftstoffsystem der Anlage saugt eine Kraftstoffpumpe den Kraftstoff vom Tank an und drückt ihn über eine Ringleitung und deren Abzweigungen zu den elektromagnetisch betätigten Einspritzventilen. Der Kraftstoffdruck an den Ventilen wird durch einen Kraftstoffdruckregler konstant gehalten.

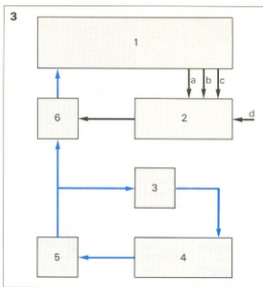


Bild 3
Prinzip der Jetronic

- 1 Motor
 - 2 Steuergerät
 - 3 Kraftstoffdruckregler
 - 4 Kraftstoffbehälter
 - 5 Einspritzventile
 - 6 Motor
- a Korrektur (Motor)
b Motordrehzahl
c Saugrohrdruck oder Luftmenge
d Korrektur (Umgebung)

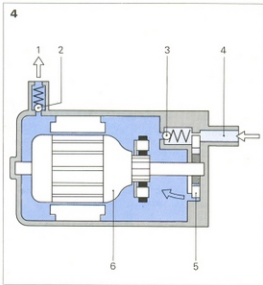


Bild 4
Elektrokraftstoffpumpe

- 1 Druckseite
- 2 Rückschlagventil
- 3 Überdruckventil
- 4 Saugseite
- 5 Rollenzellenpumpe
- 6 Anker des Elektromotors

Der überschüssige Kraftstoff fließt drucklos zum Tank zurück. Ein Kraftstofffilter zwischen der Elektrokraftstoffpumpe und den Einspritzventilen hält Verunreinigungen zurück.

Elektrokraftstoffpumpe

Als Kraftstoffförderpumpe wird eine Rollenzellenpumpe verwendet, die von einem permanent erregten Elektromotor angetrieben wird. Die exzentrisch im Pumpengehäuse angeordnete Läuferscheibe enthält an ihrem Umfang Metallrollen, die durch die Zentrifugalkraft nach außen gepreßt werden und als Dichtung wirken.

In den sich bildenden Hohlräumen zwischen den Rollen wird der Kraftstoff gefördert und in die Druckleitung gepreßt. Der Elektromotor ist von Kraftstoff umgeben. Eine Explosionsgefahr besteht nicht, da sich kein zündfähiges Gemisch im Motor-Pumpengehäuse befindet. Die Pumpe fördert mehr Kraftstoff, als der Motor maximal benötigt, um bei allen Betriebszuständen den Druck im Kraftstoffsystem aufrecht erhalten zu können.

Beim Einschalten der Zündung läuft die Pumpe nur solange, wie der Startschalter betätigt wird. Läuft der Motor, so schaltet das elektronische Steuergerät die Pumpe ein. Mit dieser Sicherheitsschaltung wird vermieden, daß bei einem eventuell defekten Einspritzventil bei eingeschalteter Zündung der betreffende Zylinder mit Kraftstoff vollläuft (Vollaufsicherung).

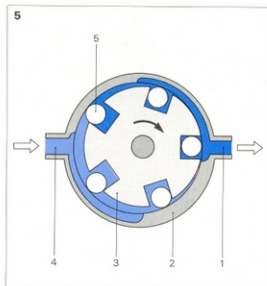


Bild 5
Rollenzellenpumpe

- 1 Druckseite
- 2 Pumpengehäuse
- 3 Pumpenläufer
- 4 Saugseite
- 5 Rolle

Kraftstoffdruckregler

Der Kraftstoffdruck wird durch einen Druckregler auf einem konstanten Wert gehalten. Der Druckregler besteht aus einem Metallgehäuse, in dem eine federbelastete Membran beim Überschreiten des eingestellten Druckes die Öffnung zu einem Überströmkanal freigibt. Bei der D-Jetronic ist der Regler einstellbar, der Systemdruck beträgt 2 ... 2,2 bar. Bei der L-Jetronic ist der Druck je nach Motortyp werksseitig fest auf 2,5 bar oder 3 bar eingestellt.

bar ist die Maßeinheit für den Druck. Für den praktischen Gebrauch gilt:

$$1 \text{ bar} \approx 1 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

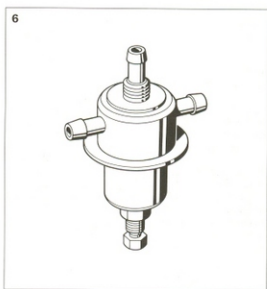


Bild 6
Kraftstoffdruckregler
(D-Jetronic)

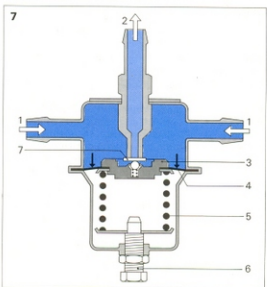


Bild 7
Schnittbild des
Kraftstoffdruckreglers

- 1 Kraftstoffanschluß
- 2 Rücklauf zum Kraftstoffbehälter
- 3 Ventilträger
- 4 Membran
- 5 Druckfeder
- 6 Einstellschraube
- 7 Ventil

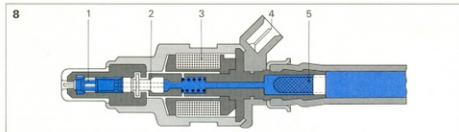


Bild 8
Schnittbild des Einspritzventils

- 1 Düsennadel
- 2 Magnetanker
- 3 Magnetwicklung
- 4 el. Anschluß
- 5 Filter

Elektroeinspritzventil

Jedem Zylinder ist ein elektromagnetisch betätigtes Einspritzventil zugeordnet. Das Einspritzventil ist in das Saugrohr eingebaut und spritzt den Kraftstoff vor das Einlaßventil.

Diese Einspritzvariante hat den Vorteil nicht nur mit niederen Einspritzdrücken auszukommen, sondern sie ermöglicht auch das Abspritzen in Gruppen und verringert so den geräte-technischen Aufwand erheblich.

Bei der D-Jetronic werden bei 4-Zylinder-Motoren 2 Gruppen zu je 2 Einspritzventilen gebildet. Die Ventile einer Gruppe sind elektrisch parallel geschaltet und öffnen gleichzeitig. Entsprechendes gilt für 6- bzw. 8-Zylinder-Motoren. (2 Gruppen zu je 3 bzw. 4 Gruppen zu je 2 Ventilen.)

Bei der L-Jetronic sind alle Einspritzventile zu einer Gruppe zusammengefaßt.

Dies bedeutet eine weitere, wesentliche Vereinfachung des Systems. Um trotzdem eine ausreichende Gleichmäßigkeit der Kraftstoffaufbereitung zu erzielen, wird zweimal pro Nockenwellenumdrehung jeweils die Hälfte der für einen Arbeitszyklus benötigten Kraftstoffmenge eingespritzt.

Das elektromagnetisch betätigte Einspritzventil besteht im wesentlichen aus einem Ventilkörper und einer Düsennadel mit aufgesetztem Magnetanker. Der bewegliche Anker ist fest mit der Düsennadel



Bild 9
Einspritzventil

verbunden, die von einer Schraubenfeder auf den Dichtsitz des Düsenkörpers gedrückt wird. Der Ventilkörper enthält im hinteren Teil die Magnetwicklung und im vorderen Teil die Führung für die Düsennadel.

Die vom Steuergerät kommenden Impulse bauen in der Wicklung ein Magnetfeld auf. Dadurch wird der Anker angezogen und hebt die Düsennadel von ihrem Sitz ab. Der Weg für den unter Druck stehenden Kraftstoff wird frei. Der Hub des Ankers beträgt etwa 0,15 mm. Die Öffnungszeit wird vom elektronischen Steuergerät bestimmt und richtet sich nach dem jeweiligen Betriebszustand des Motors.

Anpassung bei Kaltstart und Warmlauf

Neben der exakten Dosierung in allen Lastzuständen des warmen Motors sind für ein einwandfreies Motorverhalten eine Reihe von Korrekturmaßnahmen erforderlich:

- Anreicherung des Gemisches bei Kaltstart
- Anreicherung des Gemisches während des Warmlaufens.

Diese Korrekturen erfolgen bei der D- und L-Jetronic in derselben Weise.

Unterschiedlich je System erfolgen dagegen die Korrekturen für folgende Betriebszustände:

- Anreicherung des Gemisches bei Beschleunigung
- Vollastanreicherung
- Anpassung bei Schiebebetrieb
- Temperatur der Ansaugluft
- Kompensation des Höheneinflusses.

Ansaugsystem

Die zur Verbrennung des Kraftstoffs notwendige Luftmenge gelangt vom Luftfilter an der Drosselklappe vorbei in das Sammel-saugrohr. Von hier zweigen zu jedem Zylinder gleichlange Einzelsaugrohre ab. Auf diese Weise wird eine exakte gleiche Luftverteilung auf die einzelnen Zylinder erreicht. Die Gemischbildung beginnt mit der Einspritzung der Kraftstoffmenge in die durch die Bewegung der Kolben angesaugte Luftmenge.

Kaltstart

Bei kaltem Motor schlägt sich Kraftstoff im Saugrohr und an den Zylinderwänden nieder. Dadurch vermischt sich weniger Kraftstoff mit der angesaugten Luft als bei warmem Motor. Das heißt, es entsteht kein zündfähiges Gemisch. Das Elektrostartventil nahe der Drosselklappe sorgt dafür, daß die Luft im Sammelaustrich mit fein zerstäubtem Kraftstoff angereichert wird. Das Elektrostartventil spritzt aber nur dann ein, wenn der Starter betätigt wird und gleichzeitig ein im Kühlwasser befindlicher Thermo- schalter oder Thermozeitschalter geschlossen ist.

Elektrostartventil

Eine Schraubenfeder drückt den beweglichen Anker des Elektromagneten mit der Dichtung gegen den Ventilsitz und sperrt den Kraftstoffzulauf ab.

Bei angezogenem Anker wird der Ventilsitz freigegeben. Der Kraftstoff strömt am Anker vorbei und gelangt zur Dralldüse. In der Dralldüse wird der Kraftstoff in Rotation versetzt und verläßt die Düse fein zerstäubt.

Thermoschalter und Thermozeitschalter

Der Thermo- schalter schließt oder öffnet in Abhängigkeit von der Temperatur den Stromkreis des Elektrostartventils. Das bedeutet, das Startventil wird nur bei Motortemperaturen unterhalb einer bestimmten Temperatur – je nach Motortyp – zwischen $\pm 0^{\circ}\text{C}$ und $+15^{\circ}\text{C}$ betätigt.

Der Thermozeitschalter erfüllt dieselbe Aufgabe wie der Thermo- schalter, bewirkt aber zusätzlich noch eine zeitliche Begrenzung der Einschalt- dauer des Elektrostart- ventils.

Dies ist bei Motoren notwendig, die bei fettem Startgemisch zu einem Benetzen der Zündkerzen neigen. Der Thermozeitschalter ist so ausgelegt, daß die maximale Einschalt- dauer während des Startens bei einer Kühlmitteltemperatur von -20°C je nach Motortyp zwischen 5 und 20 Sekunden beträgt, mit steigender Kühlmitteltemperatur abnimmt und bei $+20^{\circ}\text{C}$... 40°C den Wert Null erreicht.

Die zeitliche Begrenzung wird im Thermozeitschalter durch ein elektrisch beheiztes Bimetall vorgenommen, welches in Abhängigkeit zur Temperatur nach einer bestimmten Heizzeit den Stromkreis unter- bricht.

10

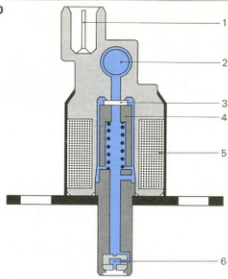


Bild 10

Elektrostartventil

- 1 el. Anschluß
- 2 Kraftstoffzulauf
- 3 Dichtung
- 4 Magnetanker
- 5 Magnetwicklung
- 6 Dralldüse

11



Bild 11

Thermozeitschalter

12

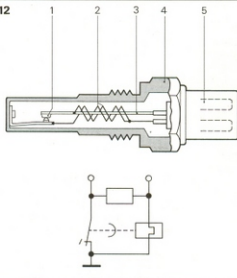


Bild 12

Schnittbild des Thermo- zeitschalters

- 1 Kontakt
- 2 Heizwicklungen
- 3 Thermobimetall- streifen
- 4 Gehäuse
- 5 el. Anschluß

Warmlauf

An den Kaltstart schließt sich die Warmlaufphase des Motors an. Der Motor benötigt eine beträchtliche Warmlaufanreicherung, weil ein Teil des Kraftstoffes an den noch kalten Zylinderwänden kondensiert. Außerdem würde sich ohne zusätzliche Kraftstoffanreicherung nach dem Wegfallen der vom Kaltstartventil eingespritzten zusätzlichen Kraftstoffmenge ein erheblicher Drehzahlabfall bemerkbar machen.

Unmittelbar nach dem Start, zum Beispiel bei -20°C muß je nach Motortyp zwei- bis dreimal soviel Kraftstoff wie in betriebswarmem Zustand eingespritzt werden.

Diese Anreicherung muß mit steigender Motortemperatur zurückgenommen werden und mit Erreichen der Betriebstemperatur eingestellt werden. Um diese Regelvorgänge auslösen zu können, muß dem Steuergerät die Motortemperatur mitgeteilt werden. Dies geschieht durch den Temperaturfühler.

Temperaturfühler

Der Temperaturfühler besteht aus einem hohlen Gewindebolzen, in den ein NTC-Widerstand eingebettet ist. NTC bedeutet Negativer Temperatur Coefficient und charakterisiert damit die Eigenschaft: Der aus einem Halbleitermaterial hergestellte Widerstand verringert bei steigender Temperatur seinen elektrischen Widerstand. Diese Änderung wird zu Meßzwecken herangezogen.

Der Temperaturfühler wird bei wassergekühlten Motoren in das Thermostatgehäuse eingebaut, wo er vom Kühlwasser umspült wird und dessen Temperatur annimmt. Bei luftgekühlten Motoren wird der Temperaturfühler in den Zylinderkopf des Motors eingebaut.

13



Bild 13
Temperaturfühler

14

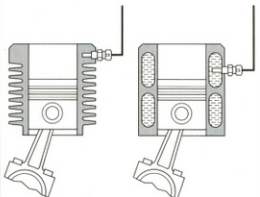


Bild 14
Anbau des Temperaturfühlers an luft- bzw. wassergekühlte Motoren.

Zusatzluftschieber

Zur Überwindung der erhöhten Reibungswiderstände muß der kalte Motor im Leerlauf ein höheres Drehmoment abgeben. Neben einem fetteren Luft-Kraftstoff-Gemisch beim Kaltstart und anschließendem Warmlauf wird auch eine zusätzliche Luftmenge im Leerlauf benötigt.

Auf diese Zusatzluftmenge reagiert das Steuergerät mit einer erhöhten Kraftstoffzumessung. Dem Motor steht somit mehr Gemisch für den Warmlauf zur Verfügung.

Die Steuerung der Zusatzluft erfolgt durch einen die Drosselklappe umgehenden Zusatzluftschieber (siehe Anlagenschema auf der letzten Seite).

Der Öffnungsquerschnitt des Zusatzluftschiebers stellt sich in Abhängigkeit von der Temperatur so ein, daß bei jeder Motortemperatur die notwendige Leerlaufdrehzahl eingehalten wird. Bei steigender Motortemperatur wird der Luftdurchlaß stetig verringert und ist bei etwa $+60$ bis $+70^{\circ}\text{C}$ Kühlmitteltemperatur ganz geschlossen.

15

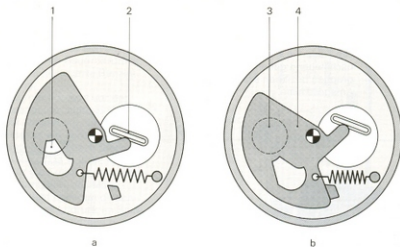


Bild 15
Funktionsschema des
Zusatzluftschiebers
mit Fremdbeheizung

1 Öffnung für Zusatzluft
2 Bimetall mit Heiz-
wicklung
3 Querschnitt der
Umgehungsleitung
im Bildteil a teilweise
frei, im Bildteil b
verschlossen
4 Absperrschieber
(Blende)
a Umgehungsleitung
teilweise geöffnet
b Umgehungsleitung
geschlossen
(betriebswarmer
Motor)

Es kommen verschiedene Arten von Zusatzluftschiebern zur Anwendung.

Bei der Ausführung mit Absperrschieber erfolgt die Betätigung durch einen Bimetallstreifen, welcher elektrisch beheizt wird. Beim Starten des Motors wird diese Heizung eingeschaltet. Dadurch biegt sich der Bimetallstreifen und dreht den Absperrschieber entgegen der Rückstellkraft einer Feder. Der Absperrschieber verändert dadurch den Querschnitt des Zusatzluftkanals.

Bei der Ausführung mit Drehschieber erfolgt die Betätigung durch eine elektrisch beheizte Bimetallspirale. Bei luftgekühlten Motoren steht die Bimetallspirale mit dem Motoröl im Kurbelgehäuse in Verbindung. Eine andere Ausführung wird durch ein Dehnstoffelement betätigt. Es besteht aus einem Metallzylinder, der mit einer sich unter Wärmeeinwirkung ausdehnenden, wachsähnlichen Substanz gefüllt ist. Bei Erwärmung dehnt sich diese Substanz aus und verdrängt gegen die Rückstellkraft einer Feder einen Zylinderstift. Dieser betätigt einen Kolben, welcher den Querschnitt des Zusatzluftkanals verändert. Der Einbau dieser Variante des Zusatzluftschiebers erfolgt derart, daß das Dehnstoffelement vom Kühlwasser umgeben ist.

16

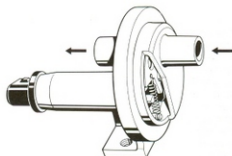


Bild 16
Zusatzluftschieber mit
Fremdbeheizung

17

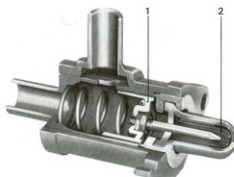


Bild 17
Zusatzluftschieber mit
Dehnstoffelement

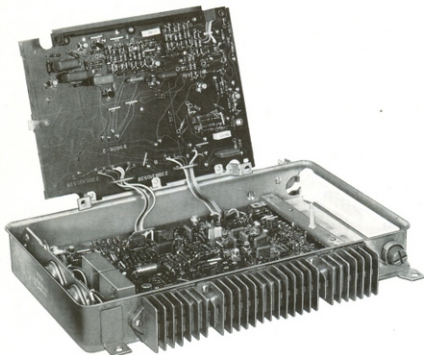
1 Kolben
2 Dehnstoffelement

Klappen Sie bitte das Bild auf der letzten Seite aus.

Die Zahlen in Klammern unter den nachstehend genannten Baugruppen beziehen sich auf dieses Anlagenschema.

18

Bild 18
Steuergerät der
D-Jetronic



Elektronisches Steuergerät (1)

Es empfängt Angaben über Saugrohrdruck, Ansaugluft-Temperatur, Kühlwasser- bzw. Zylinderkopf-Temperatur, Stellung und Bewegung der Drosselklappe, den Startvorgang sowie über Motordrehzahl und Einspritzzeitpunkt, verarbeitet diese Daten, gibt elektrische Impulse an die Elektroinspritzventile und schaltet die Kraftstoffpumpe ein. Es ist mit den elektrischen Aggregaten über einen Vielfachstecker und Kabelbaum verbunden. Es enthält etwa 300 Bauelemente, davon ca. 70 Halbleiter. Es ist in der Technik der gedruckten Schaltung aufgebaut.

Einspritzventil (2)
spritzt den Kraftstoff in die Saugrohre der Zylinder.

Druckfühler (3)

gibt Daten über die Motorbelastung an das Steuergerät.

Temperaturfühler (4)

melden die Temperaturen von Luft, Kühlwasser oder Zylinderkopf an das Steuergerät.

Thermoschalter (5)

oder Thermozeitschalter schaltet das Elektrostartventil.

Elektrostartventil (6)

spritzt während des Startens bei niederen Temperaturen zusätzlich Kraftstoff in das Ansaugrohr.

Elektrokraftstoffpumpe (7)
fördert stetig Kraftstoff zu den Einspritzventilen.

Kraftstofffilter (8)

ist zur Kraftstoffreinigung in die Kraftstoffleitung eingebaut.

Kraftstoffdruckregler (9)

hält den Druck in den Kraftstoffleitungen konstant.

Zusatzluftschieber (10)

sorgt temperaturabhängig für mehr Luft während des Warmlaufens.

Drosselklappenschalter (11)

signalisiert dem Steuergerät Leerlauf, Beschleunigung und Vollast.

Einspritzauslöser (12)

sitzt im Zündverteiler und gibt dem Steuergerät Impulse für den Einspritzbeginn und Information über die Motordrehzahl.

Arbeitsprinzip

Bei der von Bosch entwickelten D-Jetronic handelt es sich um eine vorwiegend durch Saugrohrdruck und Drehzahl gesteuerte Benzeinspritzung.

Im Saugrohr herrscht vor der Drosselklappe der atmosphärische Druck der Umgebung, hinter der Drosselklappe ein niedrigerer Druck, der sich – je nach Stellung der Drosselklappe – laufend verändert. Für die Ermittlung der wichtigsten Information, der Motorbelastung, zieht man nun diesen niedrigeren Absolutdruck im Sammeldsaugrohr als Meßgröße heran. Der Druck im Sammeldsaugrohr ist ein Maß für das Volumen der angesaugten Luft und damit der Motorbelastung. Die Information über den Druck im Sammeldsaugrohr vermittelt der Druckfühler. Die Anlage heißt deshalb „druckfühler-gesteuerte“ oder kurz „D-Jetronic“.

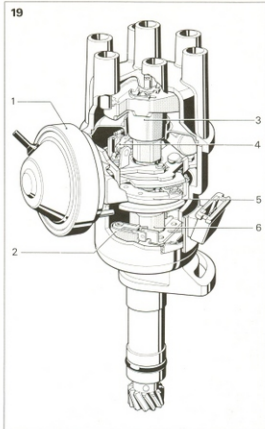


Bild 19
Zündverteiler mit
Einspritzauslöser
(6 Zylinder)

- 1 Unterdruckdose
- 2 Einspritzauslöser
- 3 Verteilerläufer
- 4 Unterbrecherkontakt
- 5 Fliehkraftabhängiger Versteller
- 6 Nocken

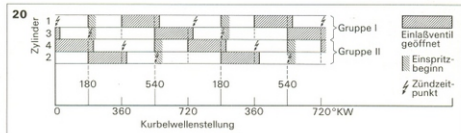


Bild 20
Einspritzdiagramm
(D-Jetronic)

Einspritzzeitpunkt

Der Beginn des Impulses zum Öffnen der Einspritzventile wird – entsprechend der Nockenwellenstellung – von besonderen Kontakten im Zündverteiler bestimmt. Diese Kontakte sind unter der fliehkraftabhängigen Verstelleinrichtung im Zündverteiler eingebaut und werden durch einen Nocken auf der Verteilerwelle betätigt. Außerdem erhält das Steuergerät in Form des zeitlichen Abstandes der Auslöseimpulse Informationen über die Motordrehzahl, die unter anderem zur Errechnung der Einspritzdauer mit herangezogen wird.

Einspritzdauer

Die Einspritzdauer wird hauptsächlich von zwei Faktoren bestimmt: Vom Lastzustand des Motors und der Drehzahl. Druckfühler und Einspritzauslöser liefern die erforderlichen Signale an das Steuergerät. Dieses läßt über elektrische Impulse nach errechneter Dauer die Einspritzventile mehr oder weniger Kraftstoff einspritzen. Auf diese Weise wird die „Kraftstoffgrundmenge“ festgelegt.

Grundsätzlich muß beachtet werden: den Beginn der Einspritzung bewirkt der Einspritzauslöser im Zündverteiler. Die Dauer der Einspritzung – und damit die Einspritzmenge – bestimmt der Druckfühler über den elektronischen Zeitschalter im Steuergerät.

Druckfühler

Das Meßsystem des Druckfühlers ist in einem dichten Metallgehäuse eingebaut, das über eine Leitung mit dem Sammelsaugrohr des Motors in Verbindung steht. Der Druckfühler enthält zwei Membrandosen, die den Anker einer Spule verschieben. Mit zunehmender Last, d. h. mit zunehmendem Absolutdruck im Sammelsaugrohr werden die Membrandosen zusammengedrückt und der Anker weiter in die Spule gezogen, wodurch sich deren Induktivität verändert. Es handelt sich somit um einen Meßwandler, welcher ein pneumatisches Signal in ein elektrisches umwandelt. Der Induktivgeber (des Druckfühlers) ist an einen elektronischen Zeitgeber im Steuergerät angeschlossen. Dieser bestimmt die Dauer der elektrischen Impulse zu den Einspritzventilen. Während der Impulsdauer ist die Einspritzventilgruppe geöffnet. Damit wird der Saugrohrdruck unmittelbar in die entsprechende Einspritzdauer umgewandelt.

Bei geschlossener Drosselklappe ist der Saugrohrdruck niedrig. Die Membrandosen sind weniger stark zusammengedrückt und schieben den Anker aus der Spule. Die Induktivität der Spule wird kleiner, der Impuls wird kürzer, die Ventile spritzen weniger Kraftstoff ab.

21

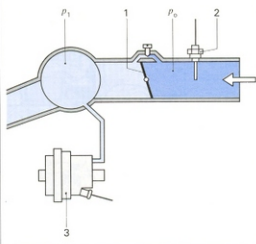


Bild 21
Druckverhältnisse im
Saugrohr

- p_0 atmosphärischer
Druck
 p_1 Druck im Sammel-
saugrohr
1 Drosselklappe
2 Temperaturfühler
3 Druckfühler

22

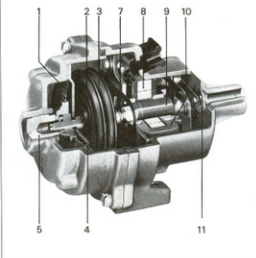


Bild 22
Druckfühler mit zusätz-
licher Membran für die
Vollastanreicherung

- 1 Membran
2 Membrandose
3 Membrandose
4 Teillastanschlag
5 Vollastanschlag
7 Blattfeder
8 Spule
9 Anker
10 Kern
11 Ventil

Anpassung an Betriebsbedingungen

Vollast

Bei Teillastbetrieb des Motors wird der Kraftstoff so bemessen, daß der Kraftstoffverbrauch und der Anteil unverbrannter Abgasbestandteile möglichst gering ist.

Bei Vollast dagegen wird die Kraftstoffmenge nach der maximalen Leistung festgelegt, d. h., es muß bei Vollast zusätzlich Kraftstoff eingespritzt werden.

Die Information für diese Vollastanreicherung (Druckverhältnisse im Saugrohr) gibt der Druckfühler. Gesteuert vom Membranteil verändert sich die Induktivität der Spule. Im Teillastbereich (Bild 24) ist der Atmosphärendruck p_o größer als der Druck im Saugrohr p_i . Die Membran legt sich infolgedessen an ihren Teillastanschlag an. Nur die Membrandosen 1 und 2 wirken auf den Anker.

Im Vollastfall (Bild 25) ist der Saugrohrdruck etwa gleich dem atmosphärischen Druck. Die Feder ist dann in der Lage, die Membran gegen ihren Vollastanschlag zu drücken.

Diese zusätzliche Bewegung überlagert sich der Bewegung durch die Membrandosen 1 und 2 und signalisiert dem Steuergerät den Vollastfall.

Bei Anlagen, die verschärften Abgasbedingungen unterliegen, wird die Vollastanreicherung durch einen weiteren Kontakt im Drosselklappenschalter gesteuert. Dadurch entfällt der Membranteil des Druckfühlers für die Vollastanreicherung.

23

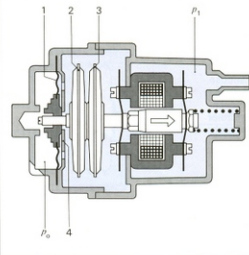


Bild 23
Druckfühler bei Leerlauf
 $p_i < p_o$
Grundfunktion:
Membrandosen (2/3)
gedehnt
Zusatzfunktion:
Membran (1) liegt am
Teillastanschlag (4)
1 Membran
2 Membrandose
3 Membrandose
4 Teillastanschlag
 p_o Atmosphärendruck
 p_i Saugrohrdruck

24

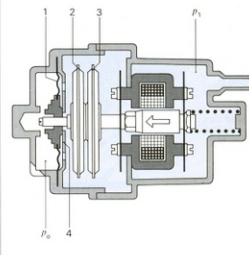


Bild 24
Druckfühler bei Teillast
 $p_i < p_o$
Grundfunktion:
Membrandosen (2/3)
leicht zusammengedrückt
Zusatzfunktion:
Membran (1) liegt am
Teillastanschlag (4)
1 Membran
2 Membrandose
3 Membrandose
4 Teillastanschlag
 p_o Atmosphärendruck
 p_i Saugrohrdruck

25

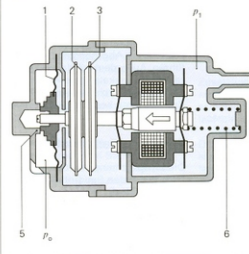


Bild 25
Druckfühler bei Vollast
 $p_i \approx p_o$
Grundfunktion:
Membrandosen (2/3)
zusammengedrückt
Zusatzfunktion:
Membran (1) liegt am
Vollastanschlag (5)
1 Membran
2 Membrandose
3 Membrandose
5 Vollastanschlag
6 Feder
 p_o Atmosphärendruck
 p_i Saugrohrdruck

Höhenkorrektur

In Anlagen mit Vollastanreicherung über den Drosselklappenschalter enthält der Druckfühler keine Doppelmembrandose, sondern eine geschlossene Membrandose und eine weitere, gegenüber der freien Atmosphäre offene Membrandose. Damit wird nicht allein der Absolutdruck im Saugrohr, sondern auch der Differenzdruck zwischen freier Atmosphäre und Sammel-saugrohr mitberücksichtigt. In der Praxis heißt dies, daß im Teillastbereich eine weitaus bessere Anpassung des Motors an unterschiedliche Höhenlagen erreicht wird.

Beschleunigung

Beim Öffnen der Drosselklappe – also beim Beschleunigen – meldet der Druckfühler den Druckanstieg mit einer geringen Verzögerung an das Steuergerät. Diese geringe Ansprechverzögerung ist deshalb vorhanden, weil der Druckaufbau im Druckfühler gegenüber der Drosselklappenänderung eine gewisse Zeit erfordert. Um diese geringe Ansprechverzögerung zu überbrücken, ist ein Drosselklappenschalter vorhanden, der beim Öffnen der Drosselklappe über das Steuergerät für zusätzliche Einspritzimpulse sorgt.

Drosselklappenschalter

Der Drosselklappenschalter ist mit Schleifkontakten und Kontaktbahnen ausgerüstet. Er wird entsprechend der Drosselklappenbewegung unmittelbar durch die Drosselklappenwelle betätigt. Beim Beschleunigen greift der Schleifkontakt die kammförmigen Kontaktbahnen ab und bewirkt dadurch sowohl eine Verlängerung der Einspritzzeit sowie zusätzliche Einspritzimpulse für die Beschleunigungsanreicherung.

Schiebebetrieb

Die Verbrennung wird im Schiebetrieb aufrecht erhalten, weil hierbei der Ausstoß schädlicher Abgasbestandteile geringer ist als bei Wiederinbetriebnahme eines Motors, dessen Brennraum nach dem Aussetzen der Verbrennung erkaltete. Da sich in einem erkalteten

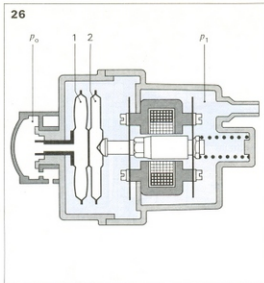


Bild 26
Druckfühler ohne Membran für die Vollastanreicherung, mit Höhenkorrektur

p_0 Atmosphärendruck
1 Membrandose 1, offen
2 Membrandose 2, geschlossen
 p_1 Saugrohrdruck

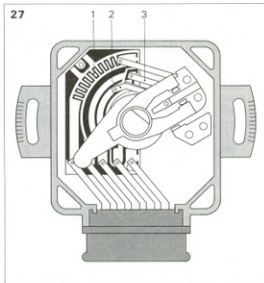


Bild 27
Drosselklappenschalter

1 Kontaktbahn für Beschleunigungsanreicherung
2 Vollaustkontakt
3 Leerlaufkontakt

ten Brennraum eine schlechtere Durchmischung von Luft und Kraftstoff ergibt, würde dies beim erneuten Zünden zum Ausstoß einer unzulässig hohen Menge an unvollständig verbrannten und damit schädlichen Abgasbestandteilen führen. Außerdem würde bei Motoren mit Abgaskatalysatoren die Gefahr des Durchbrennens dieser Katalysatoren bestehen.

Ansauglufttemperatur

Die Einspritzmenge wird in erster Linie durch den Saugrohrdruck gesteuert. Jedoch gilt die Steuerung der Kraftstoffmenge exakt nur für eine konstante Temperatur, denn bei niedriger Außentemperatur ist die Dichte und damit auch das Gewicht der angesaugten Luft höher,

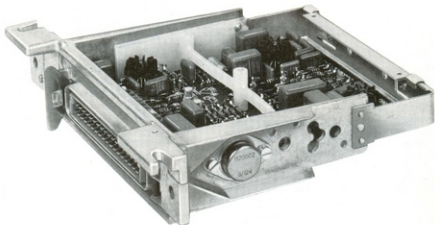
so daß das Luft-Kraftstoff-Gemisch magerer würde, falls die Steuerung die Lufttemperatur nicht berücksichtigen würde. Vor allem bei Außentemperaturen von $\pm 0^\circ \text{C}$ bis -20°C kann dies zu Verbrennungsaussetzern führen. Um diesen Nachteil zu vermeiden, wird ein Temperaturfühler eingebaut (Bild 21). Mit abnehmender Lufttemperatur (höherer Luftdichte) bewirkt dieser Temperaturfühler über das Steuergerät eine Zunahme der Einspritzmenge entsprechend der Luftdichte.

Der Temperaturfühler besteht aus einem in ein Metallgehäuse eingebauten temperaturabhängigen Widerstand (Bild 13).

Klappen Sie bitte das Bild auf der letzten Seite aus.
Die Zahlen in Klammern unter den nachstehend genannten Baugruppen beziehen sich auf dieses Anlagenschema.

28

Bild 28
Steuergerät der
L-Jetronic



Elektronisches Steuergerät (1)
Es empfängt Angaben über die Luftmenge, Kühlwasser bzw. Zylinderkopftemperatur, Stellung der Drosselklappe, den Startvorgang sowie über Motordrehzahl und Einspritzzeitpunkt, verarbeitet diese Daten und gibt elektrische Impulse an die Elektroinspritzventile. Es ist mit den elektrischen Aggregaten über einen Vielfachstecker und Kabelbaum verbunden. Es enthält etwa 80 Bauelemente, davon 3 integrierte Schaltkreise. Es ist in der Technik der gedruckten Schaltung aufgebaut.

Einspritzventil (2)
spritzt den Kraftstoff in die Saugrohre der Zylinder.

Luftmengenmesser (3)
gibt Daten über die angesaugte Luftmenge an das Steuergerät und schaltet die Kraftstoffpumpe ein.

Temperaturfühler (4)
melden die Temperatur von Kühlwasser oder Zylinderkopf.

Thermozeitschalter (5)
schaltet selbsttätig das Elektrostartventil.

Elektrostartventil (6)
spritzt während des Startens bei niederen Temperaturen zusätzlich Kraftstoff in das Ansaugrohr.

Elektrokraftstoffpumpe (7)
fördert stetig Kraftstoff zu den Einspritzventilen.

Kraftstofffilter (8)
ist zur Kraftstoffreinigung in die Kraftstoffleitung eingebaut.

Kraftstoffdruckregler (9)
hält den Druck in den Kraftstoffleitungen konstant.

Zusatzluftschieber (10)
sorgt temperaturabhängig für zusätzliche Luft während des Warmlaufens.

Drosselklappenschalter (11)
signalisiert dem Steuergerät Leerlauf und Vollast.

Relaiskombination (12)
schaltet das Steuergerät und die Kraftstoffpumpe ein.

Arbeitsprinzip

Bei der von Bosch entwickelten L-Jetronic handelt es sich um eine Benzeinspritzung, die durch die angesaugte Luftmenge gesteuert wird. Bei ihrer Entwicklung wurde die Reduzierung der schädlichen Abgasbestandteile sowie ein vereinfachter Aufbau der Einspritzanlage in den Vordergrund gestellt. Diese verschiedenartigen Aufgaben werden durch das neue Prinzip der Luftmengenmessung erfüllt. Weiterhin ergeben sich Vorteile durch Anwendung integrierter Schaltkreise im elektronischen Steuergerät und durch die konstruktive Vereinfachung einzelner Aggregate.

Im Kapitel „Luft-Kraftstoff-Verhältnis“ wurde erläutert, daß das stöchiometrische Verhältnis Luft:Kraftstoff bei 14:1 liegt. Daraus ist zu erkennen, daß die angesaugte Luftmenge ein sehr genaues Maß für die erforderliche Kraftstoffmenge ist.

Die Messung der angesaugten Luftmenge geschieht mit einem speziell für die Anforderungen im Kraftfahrzeug entwickelten Luftmengenmesser. Er übermittelt dem elektronischen Steuergerät die wichtigste Information für die Kraftstoffzumessung. Die Anlage heißt deshalb „luftmengengesteuerte“ oder kurz „L-Jetronic“.

Vorteile der Luftmengenmessung

- Das Einspritzsystem mit Luftmengenmessung erfaßt alle motorischen Änderungen, die während der Lebensdauer des Fahrzeuges auftreten können. (Verschleiß, Ablagerungen im Brennraum, Änderung der Ventileinstellung.) Eine gleichbleibend gute Abgasqualität ist damit gesichert.
- Ein Teil des Abgases kann bei der L-Jetronic zur Senkung der Brennraumtemperatur zurückgeführt werden. Der Luftmengenmesser mißt nur die angesaugte Frischluft, und das Steuergerät teilt nur die für den Frischluftanteil notwendige Kraftstoffmenge zu.
- Eine zusätzliche Einrichtung zur Beschleunigungsanreicherung kann entfallen, da das vom Luftmengenmesser abgegebene Signal der Luftfüllung der Zylinder zeitlich voraussetzt. Außerdem ergibt sich eine bessere Leerlaufstabilität.

29

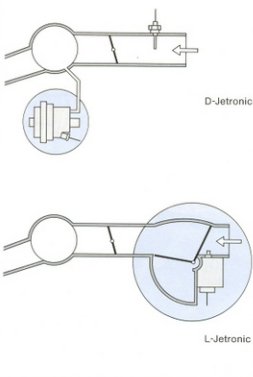


Bild 29
Vergleich der Meßsysteme
oben: D-Jetronic
(Druckfühler)
unten: L-Jetronic
(Luftmengenmesser)

Luftmengenmesser

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ansaugsystem der L-Jetronic und dem Ansaugsystem der D-Jetronic besteht im Luftmengenmesser, einem Aggregat, das dem Einspritzsystem den Namen gegeben hat.

Der Luftmengenmesser hat die Aufgabe, ein von der angesaugten Luftmenge abhängiges Spannungssignal zu liefern. Dieses Signal und die Information der Drehzahl werden als Haupteingangssgrößen für das Steuergerät zur Bestimmung der Einspritzzeit herangezogen. Im Luftmengenmesser übt die vom Motor angesaugte Luftmenge eine Kraft auf eine bewegliche Stauklappe aus. Die Stauklappe wird entsprechend der Luftströmung und der wirksamen Rückstellkraft einer Feder in einer bestimmten Winkelstellung gehalten, die auf ein Potentiometer übertragen wird.

Eine an der Stauklappe fest angebrachte Kompensationsklappe kompensiert, da sie die gleiche wirk-same Fläche hat, eventuell auftre-tende Rückdruckschwingungen, so daß diese ohne Einfluß auf die Luft-mengenmessung bleiben. Gleich-zeitig bewirkt die Kompensations-klappe in Verbindung mit einem Dämpfungsvolumen eine Verrin-gerung der Schwingungen im Meß-system.

In der Stauklappe befindet sich außerdem ein Rückschlagventil, das bei Rückdruckspitzen den Luft-mengenmesser vor Beschädigung schützt.

Abbildung 32 zeigt die Zusam-menhänge zwischen Luftmenge, Klappenwinkel, Potentiometerspan-nung und eingespritztem Kraftstoff. Geht man von einer bestimmten angesaugten Luftmenge aus, die durch den Luftmengenmesser strömt (Punkt Q), so ergibt sich die theoretisch notwendige Kraftstoff-menge (Punkt D). Außerdem stellt sich in Abhängigkeit von der Luft-menge ein bestimmter Klappenwin-kel (Punkt A) ein. Durch den an-nähernd logarithmischen Kurven-verlauf bleibt der relative Meßfehler im gesamten Bereich weitgehend konstant, was für eine genaue An-passung im Leerlauf und bei Teillast Vorteile bringt. Das von der Stau-klappe betätigte Potentiometer lie-fert – gemäß der Winkelstellung der Stauklappe – ein Spannungssignal (Punkt B) an das Steuergerät.

Vom Steuergerät werden die Ein-spritzventile angesteuert, wobei der Punkt C die eingespritzte Kraftstoff-menge in Abhängigkeit von der Potentiometerspannung, der Punkt D die eingespritzte Kraftstoff-menge in Abhängigkeit von der Luftmenge darstellt. Man erkennt, daß die theoretisch notwendige und die praktisch eingespritzte Kraftstoff-menge gleich sind (Linie C–D).

30

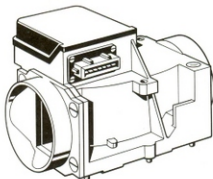


Bild 30
Luftmengenmesser

31

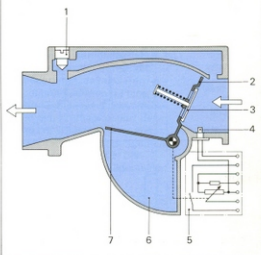


Bild 31
Schnittbild des Luft-mengenmessers

- 1 Gemischeinstell-schraube für den Leerlaufbereich
- 2 Stauklappe
- 3 Rückschlagventil
- 4 Lufttemperaturfühler
- 5 el. Anschlüsse
- 6 Dämpfungsvolumen
- 7 Kompensationsklappe

32

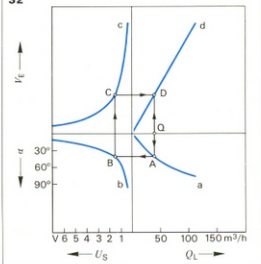


Bild 32
Zusammenhänge zwischen Luftmenge, Klappenwinkel, Spannung am Potentiometer und eingespritzter Kraftstoffmenge

- a Klappenwinkel α des Luftmengenmessers
- b Spannung am Potentiometer U_s
- c Vom Steuergerät ermittelte Kraftstoffmenge V_E
- d Theoretisch benötigte Kraftstoffmenge des Motors, aus der angesaugten Luftmenge Q_L ermittelt

33

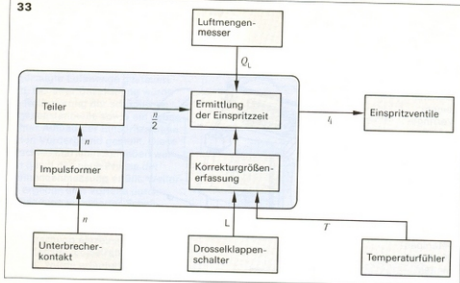


Bild 33
 Funktionsschema der
 L-Jetronic
 Signale für:
 n Drehzahl
 Q_L Luftmenge
 T Temperatur
 i_i Einspritzzeit
 L Leerlauf, Vollast

34

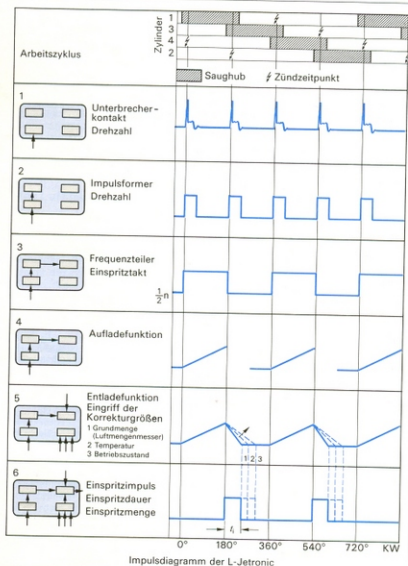


Bild 34
 Impulsdiagramm der
 L-Jetronic

Einspritzzeitpunkt

Alle Einspritzventile sind elektrisch parallel geschaltet und spritzen gleichzeitig zweimal pro Nockenwellenumdrehung jeweils die Hälfte der benötigten Kraftstoffmenge ab. Dadurch vereinfacht sich der elektronische Aufwand im Steuergerät, außerdem ist eine Zuordnung zwischen Nockenwellenwinkel und Einspritzzeitpunkt nicht mehr notwendig. Damit entfällt der Einspritzauslöser im Zündverteiler. Die Steuerung der Einspritzimpulse erfolgt vom Unterbrecherkontakt.

Bei einem 4-Zylinder-Motor öffnet der Unterbrecherkontakt viermal pro Arbeitszyklus des Motors. Da aber nur zweimal abgespritzt wird, muß im Steuergerät eine Halbierung der Frequenz vorgenommen werden. Bei 6-Zylinder-Motoren gilt entsprechend ein Untersetzungsfaktor 3.

Einspritzdauer

Die Abbildung 34 zeigt die prinzipielle Funktion des Steuergerätes.

Die vom Unterbrecherkontakt des Zündverteilers kommenden Impulse (1) werden im Impulsformer in rechteckige Impulse umgewandelt (2).

Da die Einspritzung zweimal pro Nockenwellenumdrehung erfolgt, der Unterbrecherkontakt aber vier Impulse pro Nockenwellenumdrehung liefert, muß die Frequenz im Frequenzteiler halbiert werden (3).

Die Rechteckimpulse werden zur Aufladung eines Kondensators verwendet (4). Mit der Entladung des Kondensators beginnt der Einspritzimpuls t_1 , wobei die Stauklappenstellung im Luftmengensensor als Maß für die angesaugte Luftmenge Q_1 , die ausschlaggebende Größe für die Einspritzdauer ist. Verschiedene Korrekturgrößen (Vollast und Leerlauf über Drosselklappenschalter, Motortemperatur über Temperaturfühler) ergeben zusammen mit dem Signal des Luftmengensensors und der Einspritzfrequenz (aus der Drehzahl) die Einspritzdauer (5), die als Impulse an die Einspritzventile (6) gegeben werden.

35

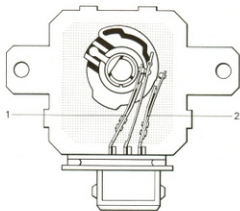


Bild 35
Drosselklappenschalter
1 Leerlaufkontakt
2 Vollastkontakt

Anpassung an Betriebsbedingungen

Im Vergleich zur D-Jetronic sind bei der L-Jetronic weniger Korrekturen für die Einspritzzeit notwendig. Dies liegt daran, daß das Prinzip der Luftmengenmessung eine Vielzahl von Einflüssen direkt erfaßt, welche den Kraftstoffbedarf des Motors beeinflussen. Die Anpassung an Kaltstartbedingungen und Warmlauf erfolgt wie bei der D-Jetronic und ist im allgemeinen Teil beschrieben.

Leerlauf und Vollast

Der Drosselklappenschalter ist gegenüber dem der D-Jetronic stark vereinfacht worden. Die Kontaktbahnen der Übergangsanreicherung sind weggefallen. Der Drosselklappenschalter enthält nur noch je einen Kontakt für Leerlauf und Vollast. Der Schaltkontakt wird in einer Kulisse geführt und schließt bei einer bestimmten Drosselklappenstellung die Kontakte für Leerlauf bzw. Vollast. Die Ausgangssignale verarbeitet das Steuergerät bei der Bemessung der Einspritzdauer.

Starten

Relais-Kombination

Beim Einschalten der Zündung schaltet sie die Batteriespannung an das Steuergerät und die Einspritzventile, beim Starten die Elektrokraftstoffpumpe, das Elektrostartventil, den Thermostatschalter und den Zusatzluftschieber ein. Springt der Motor an, wird die Stromversorgung für Pumpe und Zusatzluftschieber über einen Kontakt im Luftmengensensor aufrechterhalten. War der Startversuch nicht erfolgreich, so unterbricht die Relais-Kombination den Kraftstoffpumpenstromkreis (Voll-
laufsicherung).

Kraftstoffdruckregler

Ein wesentlicher Unterschied zum Druckregler der D-Jetronic besteht darin, daß die Federkammer durch eine Leitung mit dem Saugrohr in Verbindung steht. Man hält dadurch die Differenz zwischen Saugrohrdruck und Kraftstoffdruck konstant. Der Druckabfall über die Einspritzventile ist damit für alle Lastzustände gleich.

Elektroeinspritzventile

Die Einspritzventile der L-Jetronic unterscheiden sich von den Ausführungen, die bei der D-Jetronic Verwendung finden, nur durch einen kleineren Öffnungsquerschnitt. Diese Verringerung ist notwendig, weil ein zweimaliges Einspritzen des Kraftstoffes je Nockenwellenumdrehung erfolgt, während bei der D-Jetronic nur einmal abgespritzt wird.

36

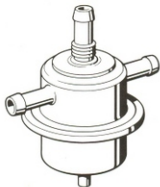


Bild 36
Kraftstoffdruckregler
(L-Jetronic)

37

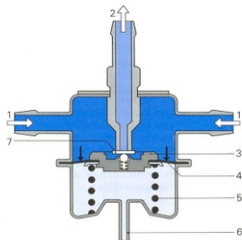


Bild 37
Schnittbild des
Druckreglers
1 Kraftstoffanschluß
2 Rücklauf zum Kraft-
stoffbehälter
3 Ventilträger
4 Membran
5 Druckfeder
6 Saugrohranschluß
7 Ventil

Lambda-Sonde

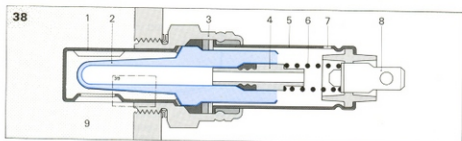


Bild 38
Schnittbild der Lambda-Sonde

- 1 Schutzrohr
- 2 Sondenkeramik
- 3 Gehäuse
- 4 Kontakthülse
- 5 Schutzhülse
- 6 Kontaktfeder
- 7 Belüftungsöffnung
- 8 el. Anschluß
- 9 Abgas

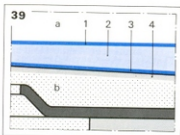


Bild 39
Ausschnitt aus Bild 38

- a Luftseite
- b Abgasseite
- 1 el. leitende Schicht
- 2 Sondenkeramik
- 3 el. leitende Schicht
- 4 poröse Keramikschicht

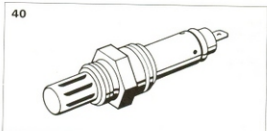


Bild 40
Lambda-Sonde

Allgemeines

Die schärfer werdenden Bestimmungen zur Verringerung der Schadstoffemission von Verbrennungsmotoren zwingen zu einer immer genaueren Gemischzumessung.

Bosch hat eine Sonde entwickelt, die den Sauerstoffgehalt des Abgases mißt. Das Ausgangssignal dieser Sonde wird zur Regelung des Luft-Kraftstoff-Gemisches benutzt und ermöglicht dadurch – zusammen mit speziellen Abgaskatalysatoren – schadstoffärmere Abgase.

Aufbau

Die Abbildung 38 zeigt den Aufbau der Lambda-Sonde. Die Sondenkeramik befindet sich in einem Gehäuse, welches vor mechanischen Einflüssen schützt und zur Montage dient. Der äußere Teil der Keramikkörpers befindet sich im Abgasstrom, der innere Teil steht mit der Umgebungsluft in Verbindung.

Der Keramikkörper besteht im wesentlichen aus Zirkondioxid. Seine Oberflächen sind mit Elektroden aus einer gasdurchlässigen Platinschicht von geringer Dicke versehen. Zusätzlich ist auf der Seite, die dem Abgas ausgesetzt ist, eine poröse Keramikschicht aufgebracht. Diese Schicht schützt die Elektrodenoberfläche vor Verschmutzung durch Verbrennungsrückstände im Abgasstrom und gewährleistet gleichbleibende Eigenschaften der Sonde.

Wirkungsweise

Die Wirkungsweise der Sonde beruht darauf, daß das verwendete Keramikmaterial bei Temperaturen ab etwa 300° C für Sauerstoffionen leitend wird. Ist der Sauerstoffanteil auf beiden Seiten der Sonde verschieden groß, so entsteht auf Grund der besonderen Eigenschaften des verwendeten Werkstoffes zwischen den beiden Grenzflächen eine elektrische Spannung. Diese Spannung ist ein Maß für den Unterschied des Sauerstoffanteils auf beiden Seiten der Sonde.

Im Abgas des Verbrennungsmotors sind auch bei Verbrennung mit Kraftstoffüberschuß noch Restsauerstoffanteile enthalten. Bei $\lambda = 0,95$ sind dies beispielsweise 0,2...0,3 Vol-% Sauerstoff. Der Restsauerstoffgehalt ist in starkem Maße von der Zusammensetzung des Luft-Kraftstoff-Gemisches, welches dem Motor zur Verbrennung zugeführt wird, abhängig.

Diese Abhängigkeit ermöglicht es, den Sauerstoffanteil im Abgas als Maß für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis und damit für die Luftzahl λ heranzuziehen.

Durch entsprechende Auswahl der Sondenmaterialien ist es gelungen, die höchste Empfindlichkeit der Sonde in den Bereich von $\lambda = 1$ zu legen.

Funktion

Die besondere Empfindlichkeit der λ -Sonde im Bereich von $\lambda = 1$ gestattet es, das Ausgangssignal der Sonde als Istwert in das Steuergerät der Jetronic einzugeben. Dadurch ist es möglich, einen Regelkreis zu bilden. Das heißt, es findet eine Kontrolle darüber statt, ob das vorgegebene Luft-Kraftstoff-Gemisch wirklich zu einer schadstoffarmen Verbrennung führt. Weicht das Gemisch von dem vorgegebenen Wert ab, so wird dies von der λ -Sonde am Restsauerstoffgehalt des Abgases erkannt und in Form eines elektrischen Signals dem Steuergerät mitgeteilt. Das Steuergerät ermittelt daraus eine Änderung der Einspritzzeit und korrigiert somit nahezu trägeheitslos das Luft-Kraftstoff-Gemisch.

Mit Hilfe des λ -Regelkreises und Jetronic-Anlagen wird jene Genauigkeit in der Gemischzusammensetzung erreicht, die zum wirkungsvollen Betrieb von Abgaskatalysatoren zur Entgiftung des Abgases notwendig sind. (Vergl. Bosch Technische Unterrichtung „Benzineinspritzung K-Jetronic“, Bestellnummer VDT-UBP 741/1 und „Elektronik 2“, Bestellnummer VDT-UBE 760/1.)

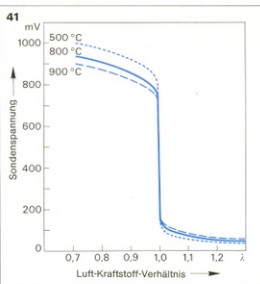


Bild 41
Charakteristik der
Lambda-Sonde

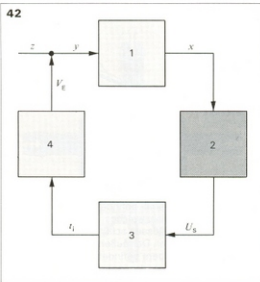


Bild 42
Vereinfachte schematische Darstellung des λ -Regelkreises zur Regelung des Luft-Kraftstoff-Gemisches.

- 1 Regelstrecke (Motor)
- 2 Meßglied (λ -Sonde)
- 3 Regler (Steuergerät)
- 4 Stellglied (Einspritzventile)
- x Regelgröße (Sauerstoffanteil im Abgas)
- U_λ Sondenspannung (Funktion von x)
- i_i Steuerimpuls für Einspritzventile
- V_E eingespritzte Kraftstoffmenge
- z Störgröße (z. B. veränderte Betriebsbedingungen)
- y Luft-Kraftstoff-gemisch

Literatur- Hinweise

Baumann, G.:
Eine elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung für Otto-Motoren.
Bosch Techn. Berichte 2 (1967) H. 3,
S. 107; MTZ 28 (1967), S. 475.

Scholl, H.:
Elektronische Benzineinspritzung.
ATZ 70 (1968) S. 115. Elektronisch
gesteuerte Benzineinspritzung.
Weiterentwicklung der Jetronic.
Bosch Techn. Berichte 3 (1969)
H. 1, S. 3.

Rittmannsberger, N.:
Eine elektronisch gesteuerte
Benzineinspritzung. ETZ-B (1970)
Bd. 22, H. 2, S. 23.

Scholl, H., und Söll, W.:
Die elektronisch gesteuerte Benzin-
einspritzung, Feinwerktechnik
(1970) H. 5, S. 210.

Glöckler, O., Rittmannsberger, N.,
und Scholl, H.:
Weiterentwicklung der elektronisch
gesteuerten Benzineinspritzung
„Jetronic“. ATZ 73 (1971), 4.

Scholl, H.:
Elektronische Benzineinspritzung
mit Steuerung durch Luftmenge und
Motordrehzahl. MTZ 34 (1973), 4.

Glöckler, O., Kraus, B.:
L-Jetronic – Elektronisches Benzin-
einspritzsystem mit Luftmengen-
messung
Bosch Technische Berichte
Band 5 (1975) Heft 1, S. 7

Fachwort- verzeichnis

Abgasrückführung

Vorgang, bei dem ein Teil des Abgases dem Motor erneut zugeführt wird. Die Rückführung erfolgt in das Sammel-saugrohr.

Arbeitszyklus (des Verbrennungsmotors)

Ein Arbeitszyklus umfaßt alle Vorgänge im Zylinder, angefangen von einem bestimmten Zustand bis zur nächsten Wiederholung des gleichen Zustandes. Beim 4-Takt-Motor umfaßt ein Arbeitszyklus 2 Umdrehungen der Kurbelwelle, entsprechend 4 Hubs der Kolben.

Benzineinspritzung

Zuführung der Kraftstoffmenge zu der angesaugten Luftmenge mittels Einspritzanlage.

Bimetall

Zwei mechanisch miteinander verbundene Metalle mit verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Die durch Erwärmung entstehende Verbiegung des Bimetalls wird zu Meß- und Regelzwecken herangezogen.

Bypass

Umgehungsleitung.

Dämpfungsvolumen

Raum im Luftmengenmesser, in dem sich die Dämpfungs-klappe bewegt (Stoßdämpferfunktion).

D-Jetronic

Elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung mit Druckfühler.

Drahdüse

Einspritzdüse, in der der Kraftstoff durch tangentielle Einlaufbohrungen in Rotation versetzt wird und die Düse fein zerstäubt verläßt.

Drosselklappenschalter

Schalter, der durch die Drosselklappe betätigt wird. Der Drosselklappenschalter signalisiert dem Steuergerät die Betriebszustände Leerlauf und Vollast.

Druckfühler

Gerät, das den zu messenden Druck in Form elektrischer Signale dem Steuergerät meldet.

Einspritzauslöser

Auslösekontakte im Zündverteiler der D-Jetronic, die dem Steuergerät die Impulse für den Einspritzbeginn signalisieren und die Drehzahl-information liefern.

Einspritzdauer

Zeit, während der die Einspritzventile geöffnet sind.

Einzelsaugrohr

Die Zylinder werden über die Einzelsaugrohre, die am Sammel-saugrohr angeschlossen sind, mit Luft versorgt.

Einspritzzeitpunkt

Zeitpunkt, an dem die Einspritzventile öffnen.

Elektrode

Leitendes Teil, das dazu dient, elektrischen Strom einem Medium zuzuleiten.

Elektroeinspritzventil

Elektromagnetisch betätigtes Einspritzventil.

Elektrokraftstoffpumpe

Kraftstoffpumpe mit elektrischem Antrieb.

Elektrostartventil

Elektromagnetisch betätigte Einspritzdüse, die während dem Startvorgang bei kaltem Motor zusätzlichen Kraftstoff in fein zerstäubter Form in das Sammel-saugrohr des Motors spritzt.

Fettes Gemisch

Luftmangel, $\lambda < 1$, zugeführte Luftmenge kleiner als theoretischer Luftbedarf.

Höhenkorrektur

Die Luftdichte nimmt mit steigender Höhe ab. Bei gleichbleibender Kraftstoffzumessung würde das Luft-Kraftstoff-Gemisch zu stark angereichert. Die Kraftstoffmenge wird deshalb verändert. Dieser Vorgang wird als Höhenkorrektur bezeichnet.

Integrierte Schaltung

Elektronische Schaltung, bestehend aus untrennbar miteinander verbundenen Halbleiterbauelementen auf einer einzigen, meist sehr kleinen Trägerplatte. Kurzbezeichnung IC.

Intermittierend

Unterbrechend. Intermittierende Einspritzung bedeutet, daß der Kraftstoff nicht kontinuierlich, sondern taktweise eingespritzt wird.

Ionen

Atome, Moleküle oder Molekülgruppen mit elektrischer Ladung.

Kaltstart

Start bei kaltem Motor.

Katalysator

Stoff, der durch seine Anwesenheit chemische Reaktionen fördert, ohne sich selbst dabei zu verändern.

Kondensationsverlust

Bei kaltem Motor kondensieren Kraftstoffteilchen aus dem Luft-Kraftstoff-Gemisch an den noch kalten Saugrohr- und Brennraumwänden. Das Gemisch wird dadurch magerer.

Kraftstoffdruckregler

Regelgerät, welches den Differenzdruck zwischen Kraftstoffdruck und Saugrohrdruck konstant hält (L-Jetronic).

Kraftstoffgrundmenge

Die eingespritzte Kraftstoffmenge abzüglich aller sich durch Korrekturen ergebenden Mehrmengen.

L-Jetronic

Elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung mit Luftmengenmesser.

λ -Sonde (Lambda-Sonde)

Sonde zur Messung des Sauerstoffgehaltes im Abgas.

Luftmengenmesser

Gerät zur Messung der angesaugten Luftmenge.

Luftzahl

Quotient aus zugeführter Luftmenge und theoretischem Luftbedarf für vollständige Verbrennung des Kraftstoffes. Formelzeichen λ .

Mageres Gemisch

Luftüberschuß, $\lambda > 1$, zugeführte Luftmenge größer als theoretischer Luftbedarf.

Meßwandler (Meßfühler)

Geräte, die physikalische Größen in andere umformen. Beispiel: Wärme oder Druck usw. in elektrische Signale.

NTC-Widerstand

Temperaturabhängiger Halbleiterwiderstand, dessen Widerstandswert mit steigender Temperatur abnimmt (Heißeiter). NTC bedeutet Negativer Temperatur Coefficient.

Otto-Motor

Verbrennungsmotor, bei dem die Verbrennung des verdichteten Luft-Kraftstoff-Gemisches durch eine zeitlich gesteuerte Fremdzündung eingeleitet wird.

Potentiometer

Elektrischer Widerstand, dessen Widerstandswert mechanisch geändert werden kann.

Relaiskombination

Schaltung, aus zwei Relais bestehend. Mit der Relaiskombination wird das Steuergerät eingeschaltet sowie die Startfunktionen für die Kraftstoffpumpe und das Startventil ausgelöst.

Rollenzellenpumpe

Kraftstoffpumpe mit exzentrisch zur Pumpenachse angeordneter Läufer-scheibe. In Aussparungen am Umfang der Läufer-scheibe befinden sich Metallrollen, die durch die Zentrifugalkraft an das Pumpengehäuse gepreßt werden und als Dichtung wirken. Der Kraftstoff wird in den Hohlräumen zwischen den Rollen gefördert und in die Druckleitung gepreßt.

Rückdruckschwingung

Durch Fehlzündungen verursachter, plötzlicher Druckanstieg im Sammel-saugrohr.

Sammelsaugrohr

Teil des Ansaugsystems von Otto-Motoren, welches dem Motor Luft zuführt. Vom Sammel-saugrohr aus führen Einzelsaugrohre zu den einzelnen Zylindern. Die Drosselklappe befindet sich am Sammel-saugrohr.

Schiebebetrieb

Fahrzustand, bei dem der Motor vom Fahrzeug angetrieben wird, zum Beispiel bei Talfahrt.

Stauklappe

Im Luftmengenmesser angeordnete Klappe, deren Stellung ein Maß für die vom Motor angesaugte Luftmenge ist.

Stöchiometrisches Verhältnis

Verhältnis der theoretisch notwendigen Menge Luft zur vollständigen Verbrennung einer bestimmten Menge Kraftstoff. Für Benzin beträgt das Verhältnis im Mittel 14:1, d. h. 14 kg Luft auf 1 kg Kraftstoff.

Teillast

Lastbereich zwischen Leerlauf und Vollast.

Temperaturfühler

Einrichtung, die Temperaturen mißt und in Form elektrischer Größen an das Steuergerät meldet.

Thermoschalter

Temperaturabhängig betätigter Schalter.

Thermozeitschalter

Schalter, der temperaturabhängig schaltet, mit zeitlicher Begrenzung der Einschalt-dauer.

Vollaufsicherung

Sicherheitsschaltung bei Jetronic-Anlagen, die ein Vollaufen der Zylinder mit Kraftstoff verhindert.

Warmlauf

Übergang vom kalten zum betriebswarmen Motor.

Warmlaufenreicherung

Um die Abmagerung des Luft-Kraftstoff-Gemisches durch Kondensationsverluste auszugleichen, wird dem Motor eine zusätzliche Kraftstoffmenge zugeführt.

Zündfähiges Gemisch

Ein Luft-Kraftstoff-Gemisch ist zündfähig im Bereich von $\lambda = 0,7 \dots 1,3$.

Zusatzluftschieber

In die Umgehungsleitung der Drosselklappe eingebautes Absperrgerät mit Lochblende, das in kaltem Zustand den Durchgang für zusätzliche Luft freigibt und mittels elektrisch aufgeheiztem Bimetall den Durchgang bei betriebswarmem Motor sperrt.

Die Testseite

Die Testseite gibt Ihnen die Möglichkeit, Ihr Wissen über den in diesem Unterrichtsheft behandelten Stoff zu überprüfen.

Zur Kontrolle finden Sie am Ende der Fragen die richtigen Antworten.

1. Wie groß ist die zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Kraftstoff notwendige Luftmenge?

☐ a) 1 kg
☐ b) 14 kg
☐ c) 28 kg

2. Wie nennt man das Verhältnis von Luft und Kraftstoff bei vollständiger Verbrennung?

☐ a) Mischungsverhältnis
☐ b) stöchiometrisches Verhältnis
☐ c) Füllungsverhältnis

3. Bei geschlossener Drosselklappe und laufendem Motor ist der Druck im Sammelrohr im Vergleich zum Luftdruck vor der Drosselklappe:

☐ a) niedriger
☐ b) gleich hoch
☐ c) höher

4. Das Elektrostartventil spritzt zusätzlichen Kraftstoff:

☐ a) direkt in die Zylinder
☐ b) in das Sammelrohr
☐ c) vor die Drosselklappe

5. Wie werden die Einspritzventile betätigt?

☐ a) mechanisch
☐ b) elektromagnetisch
☐ c) hydraulisch

6. Der Motor benötigt Zusatzluft:

☐ a) im Leerlauf nach Kaltstart
☐ b) im betriebswarmen Zustand
☐ c) beim Beschleunigen

7. Die Zusatzluft wird dem Motor zugeführt durch:

☐ a) den Zusatzluftschieber
☐ b) den Zusatzlufttrichter
☐ c) durch das Startventil

8. Die D-Jetronic wird hauptsächlich gesteuert:

☐ a) durch den Luftmengenmesser?
☐ b) durch die Drosselklappe
☐ c) durch den Druckfühler

9. Welches Aggregat beeinflusst bei der D-Jetronic im wesentlichen die Einspritzdauer?

☐ a) der Druckfühler
☐ b) der Drosselklappenschalter
☐ c) der Druckregler

10. Welches Bauelement bestimmt bei der D-Jetronic den Beginn der Einspritzung?

☐ a) der Unterbrecherkontakt im Zündverteiler
☐ b) der Einspritzauslöser im Zündverteiler
☐ c) der Druckfühler

11. Die Maßeinheit 1 bar entspricht bei technischer Anwendung:

☐ a) 1 atü,
☐ b) annähernd $1 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

12. Die L-Jetronic wird hauptsächlich gesteuert durch:

☐ a) den Luftdruck
☐ b) den Druckfühler
☐ c) den Luftmengenmesser

13. Eine Justierung der L-Jetronic ist erforderlich:

☐ a) bei Alterung des Motors
☐ b) ist nicht erforderlich
☐ c) bei Änderung der Ventileinstellung

14. Die Stauklappe im Luftmengenmesser:

☐ a) gibt in Abhängigkeit zur Luftmenge mittels eines Potentiometers ein Spannungssignal zum Steuergerät
☐ b) regelt die Luftmenge
☐ c) übernimmt die Funktion der Drosselklappe

15. Der Beginn der Einspritzung wird bei der L-Jetronic ausgelöst durch:

☐ a) den Luftmengenmesser
☐ b) den Einspritzauslöser im Zündverteiler
☐ c) den Unterbrecherkontakt

16. Die Luftmengenmessung erfordert:

☐ a) mehr Korrekturgrößen
☐ b) weniger Korrekturgrößen
☐ c) ein aufwendiges Steuergerät

17. Welche zusätzliche Funktion hat der Thermostatschalter gegenüber dem Thermo-schalter?

☐ a) er schaltet bei zunehmender Kühlmitteltemperatur ab
☐ b) er begrenzt zeitlich die Einschaltdauer des Startventils
☐ c) er betätigt den Zusatzluftschieber

18. Unter der Luftzahl λ (Lambda) versteht man:

☐ a) das spezifische Gewicht von Luft
☐ b) die angesaugte Luftmenge
☐ c) das Verhältnis von zugeführter Luftmenge zu theoretischem Luftbedarf bei vollständiger motorischer Verbrennung

19. Die λ -Sonde mißt:

☐ a) die Abgasmenge
☐ b) den im Abgas vorhandenen Restsauerstoff
☐ c) die Abgastemperatur

Richtige Antworten:

1. b, 2. b, 3. b, 4. c, 5. b, 6. a, 7. a, 8. c, 9. a, 10. b, 11. b, 12. c, 13. b, 14. a, 15. c, 16. b, 17. b, 18. c, 19. b.

Erläuterungen zum Anlagenschema

D-Jetronic

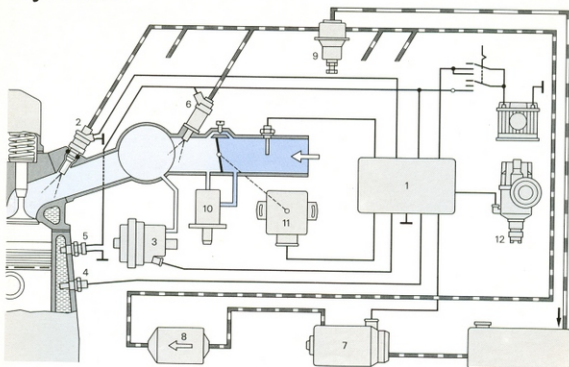
- 1 Elektronisches Steuergerät
- 2 Einspritzventil
- 3 Druckfühler
- 4 Temperaturfühler
- 5 Thermozeitschalter oder Thermozeitschalter
- 6 Elektrostartventil
- 7 Elektrokraftstoffpumpe
- 8 Kraftstofffilter
- 9 Kraftstoffdruckregler
- 10 Zusatzluftschieber
- 11 Drosselklappenschalter
- 12 Einspritzauslöser

L-Jetronic

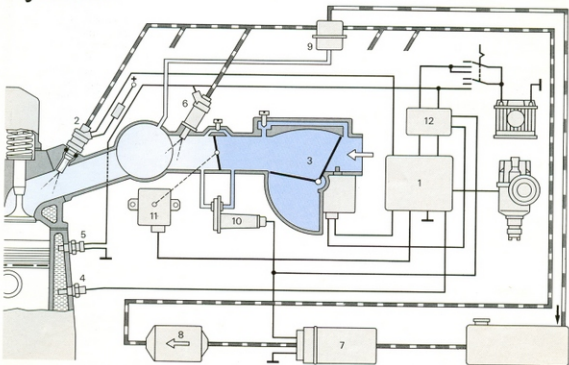
- 1 Elektronisches Steuergerät
- 2 Einspritzventil
- 3 Luftmengenmesser
- 4 Temperaturfühler
- 5 Thermozeitschalter
- 6 Elektrostartventil
- 7 Elektrokraftstoffpumpe
- 8 Kraftstofffilter
- 9 Kraftstoffdruckregler
- 10 Zusatzluftschieber
- 11 Drosselklappenschalter
- 12 Relaiskombination

-  Atmosphärischer Druck (p_a)
-  Druck im Saugrohr (p_1)
-  Kraftstoff
-  Kühlwasser

D-Jetronic



L-Jetronic



BOSCH