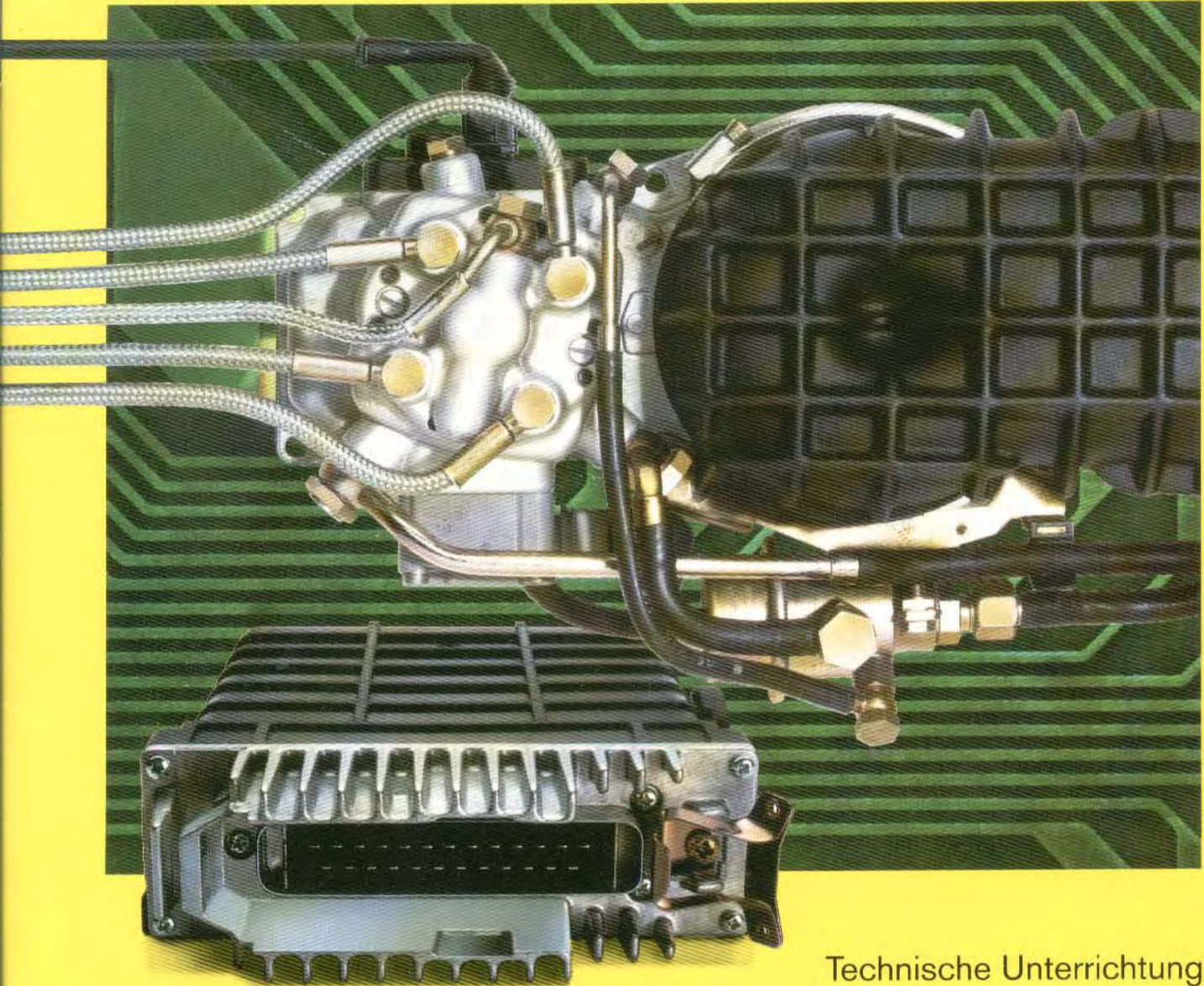


Motorsteuerung für Ottomotoren

Benzineinspritzsystem KE-Jetronic

Jetzt mit
Werkstattprüftechnik

Ausgabe 96/97



Technische Unterrichtung



BOSCH

Herausgeber:

© Robert Bosch GmbH, 1997
Postfach 30 02 20,
D-70442 Stuttgart,
Unternehmensbereich Kraftfahrzeug-Ausrüstung,
Abteilung Technische Information (KH/VDT).

Chefredaktion:

Dipl.-Ing. (FH) Horst Bauer.

Redaktion:

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Dietsche,
Dipl.-Ing. (BA) Jürgen Crepin,
Folkhart Dinkler.

Redaktionelle Bearbeitung in Zusammenarbeit mit
den zuständigen Fachabteilungen unseres Hauses.

Gestaltung:

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Adler,
Joachim Kaiser,
Helmut Flaig (Zweckwerbung Kirchheim).

Technische Grafik:

Bauer & Partner, Stuttgart,
Technische Publikation, Waiblingen.

Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich
um Mitarbeiter der Robert Bosch GmbH, Stuttgart.

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung,
auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen
schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe
gestattet. Abbildungen, Beschreibungen, Schema-
zeichnungen und andere Angaben dienen nur der
Erläuterung und Darstellung des Textes. Sie können
nicht als Grundlage für Konstruktion, Einbau und
Lieferumfang verwendet werden. Wir übernehmen
keine Haftung für die Übereinstimmung des Inhalts
mit den jeweils geltenden gesetzlichen Vorschriften.
Haftung ist ausgeschlossen.
Änderungen vorbehalten.

Printed in Germany.
Imprimé en Allemagne.

3, Ausgabe, Februar 1997.

KE-Jetronic

Jetronic-Einspritzanlagen haben sich seit ihrer Einführung millionenfach bewährt.

Diese Entwicklung wurde durch die Vorteile begünstigt, die das Einspritzen von Kraftstoff in Zusammenhang mit den Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, nach Leistungsfähigkeit und nicht zuletzt nach besserer Abgasqualität bieten kann. Stand am Anfang der Entwicklung der Benzineinspritzung die Leistungssteigerung im Vordergrund, so sind es jetzt Kraftstoffverbrauch und möglichst geringe Schadstoffemission.

Die mechanischen Einspritzsysteme können diesen erweiterten Anforderungskatalog nicht erfüllen. Deshalb wurde die bewährte K-Jetronic durch eine zusätzliche Elektronik intelligenter und leistungsfähiger gemacht.

Diese Synthese aus mechanischer Grundfunktion und elektronischer Anpassungs- und Optimierungsfunktion ist die KE-Jetronic.

Wie die KE-Jetronic funktioniert, wie sie aufgebaut ist, welche Charakteristika sie hat und wie sie geprüft werden kann, wird in diesem Heft erklärt.

Verbrennung im Ottomotor

Ottomotor 2

Gemischbildung

Einflußgrößen 4

Anpassung an Betriebszustände 5

Gemischaufbereitungssysteme 6

KE-Jetronic

Systemübersicht, Vorteile 10

Kraftstoffversorgung 12

Kraftstoffzumessung 16

Anpassung an Betriebszustände 20

Ergänzungsfunktionen 31

Elektrische Schaltung 34

Werkstattprüftechnik 36

Beispiele für Fahrzeugverwendung

(ab 1981)

Audi: Coupé, Quattro, 80, 90, 100, 200.

BMW: 318, 520.

Ferrari: BB, Mondial, Testarossa, 208, 308, 328, 412 i.

Ford: Capri, Escort, Orion, Sierra.

Lancia: Thema.

Mercedes-Benz: 230 GE, 380 SEC, 500 SEC.

Nissan: Santana.

Peugeot: 505, 604.

Porsche: 911.

Renault: 25

Rolls Royce: Corniche, Silver Spirit, Silver Spur.

Saab: 900.

Seat: Toledo.

Volvo: 240, 740, 760, 940.

VW: Caddy, Corrado, Golf Cabriolet, Golf I, Golf II, Jetta, Passat, Santana, Scirocco.

Verbrennung im Ottomotor

Ottomotor

Wirkungsweise

Der Ottomotor¹⁾ ist ein fremdgezündeter Verbrennungsmotor, der die im Kraftstoff enthaltene Energie in Bewegungsenergie umwandelt.

Beim Ottomotor bilden Gemischaufbereitungsanlagen außerhalb des Verbrennungsraums ein Luft-Kraftstoff-Gemisch (auf der Basis von Benzin oder Gas). Das Gemisch strömt, angesaugt vom abwärtsgehenden Kolben, in den Verbrennungsraum. Hier wird es während der Aufwärtsbewegung des Kolbens verdichtet. Eine zeitlich gesteuerte Fremdzündung leitet über die Zündkerze die Verbrennung des Gemisches ein. Die freiwerdende Verbrennungswärme erhöht den Druck im Zylinder, und der Kolben bewegt sich unter Arbeitsabgabe an den Kurbeltrieb wieder nach unten. Nach jeder Verbrennung werden die verbrannten

Gase aus dem Zylinder verdrängt und frisches Luft-Kraftstoff-Gemisch angesaugt. Dieser Gaswechsel findet beim Kraftfahrzeugmotor vorwiegend nach dem Viertakt-Prinzip statt. Ein Arbeitsspiel benötigt dazu zwei Kurbelwellenumdrehungen.

Viertakt-Verfahren

Beim Viertakt-Ottomotor steuern Gaswechselventile den Gaswechsel. Sie öffnen oder schließen die Ein- und Auslaßkanäle des Zylinders:

1. Takt: Ansaugen,
2. Takt: Verdichten und Zünden,
3. Takt: Verbrennen und Arbeiten,
4. Takt: Ausstoßen.

Ansaugtakt

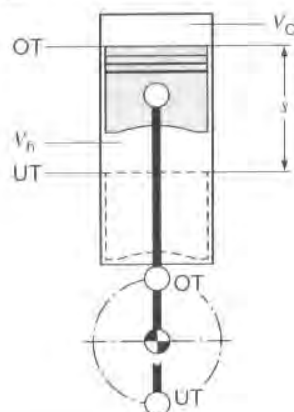
Einlaßventil: offen,
Auslaßventil: geschlossen,
Kolbenbewegung: abwärts,
Verbrennung: keine.

Der abwärtsgehende Kolben vergrößert das Volumen im Zylinder und saugt frisches Luft-Kraftstoff-Gemisch über das geöffnete Einlaßventil an.

Verdichtungstakt

Einlaßventil: geschlossen,
Auslaßventil: geschlossen,
Kolbenbewegung: aufwärts,
Verbrennung: Entflammungsphase
(Zündung).

Bild 1: Prinzip des Hubkolbenmotors.
*OT Oberer Totpunkt, UT unterer Totpunkt,
 V_h Hubvolumen, V_C Kompressionsvolumen,
 s Kolbenhub.*



¹⁾ Nach Nikolaus August Otto (1832 bis 1891), der 1878 auf der Pariser Weltausstellung erstmals einen Gasmotor mit Verdichtung nach dem Viertakt-Arbeitsprinzip zeigte.

Der aufwärtsgehende Kolben verkleinert das Volumen im Zylinder und verdichtet das Luft-Kraftstoff-Gemisch. Kurz vor dem Erreichen des oberen Totpunktes (OT) entzündet die Zündkerze das verdichtete Luft-Kraftstoff-Gemisch und leitet so die Verbrennung ein.

Aus Hubvolumen V_h und Kompressionsvolumen V_C ergibt sich das Verdichtungsverhältnis $\epsilon = (V_h + V_C) / V_C$.

Das Verdichtungsverhältnis ϵ beträgt je nach Motorbauweise 7...13. Mit der Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses eines Verbrennungsmotors steigt dessen thermischer Wirkungsgrad, und der Kraftstoff kann effektiver genutzt werden. Eine Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses von 6 auf 8 ergibt z. B. eine Steigerung des thermischen Wirkungsgrades von 12%. Die Klopfgrenze legt die Höhe der Verdichtung fest. Klopfen bedeutet eine unkontrollierte Gemischverbrennung mit steilem Druckanstieg. Klopfende Verbrennung führt zu Motorschäden. Durch geeignete Kraftstoffe und Brennraumgestaltung kann die Klopfgrenze zu höherer Verdichtung verschoben werden.

Arbeitstakt

Einlaßventil: geschlossen,
Auslaßventil: geschlossen,
Kolbenbewegung: abwärts,
Verbrennung: Durchbrennphase.

Nachdem der Zündfunke an der Zündkerze das verdichtete Luft-Kraftstoff-Gemisch entzündet hat, steigt die Temperatur durch die Verbrennung des Gemisches an.

Der Druck im Zylinder nimmt zu und treibt den Kolben abwärts. Er gibt über die Pleuelstange an die Kurbelwelle Arbeit ab, die als Motorleistung zur Verfügung steht.

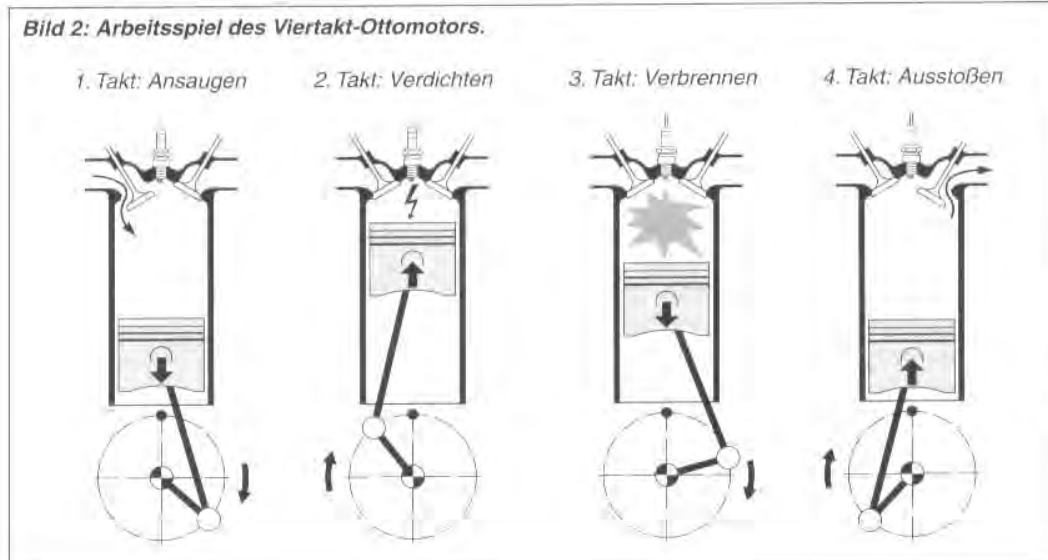
Die Leistung steigt mit zunehmender Drehzahl und zunehmendem Drehmoment ($P = M \cdot \omega$).

Die Leistungs- und Drehmomentencharakteristik des Verbrennungsmotors bedingen ein Getriebe zur Anpassung an die Erfordernisse des Fahrbetriebes.

Ausstoßtakt

Einlaßventil: geschlossen,
Auslaßventil: offen,
Kolbenbewegung: aufwärts,
Verbrennung: keine.

Der aufwärtsgehende Kolben stößt die verbrannten Gase (Abgase) über das geöffnete Auslaßventil aus. Danach wiederholt sich der Zyklus. Die Ventilöffnungszeiten überschneiden sich etwas, wodurch Gasströmungen und -schwingungen zum besseren Füllen und Entleeren des Zylinders ausgenützt werden.



Gemischbildung

Übersicht

Einflußgrößen

Luft-Kraftstoff-Gemisch

Ein Ottomotor benötigt zum Betrieb ein bestimmtes Luft-Kraftstoff-Verhältnis. Die ideale theoretisch vollständige Verbrennung liegt bei einem Verhältnis von 14,7:1 vor. Dies wird auch als stöchiometrisches Verhältnis bezeichnet. Bestimmte Betriebszustände des Motors erfordern eine Gemischkorrektur.

Der spezifische Kraftstoffverbrauch eines Ottomotors ist im wesentlichen vom Mischungsverhältnis des Luft-Kraftstoff-Gemisches abhängig. Für die reale vollständige Verbrennung und damit für möglichst geringen Kraftstoffverbrauch ist ein Luftüberschuß notwendig, dem jedoch wegen der Entflammbarkeit des Gemisches und der verfügbaren Brenndauer Grenzen gesetzt sind.

Bei den derzeitig verfügbaren Motoren ist der Kraftstoffverbrauch bei einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis von etwa 15...18 kg Luft zu 1 kg Kraftstoff am geringsten. Anschaulich dargestellt bedeutet dies, daß zur Verbrennung von einem Liter Benzin etwa 10 000 Liter Luft notwendig sind (Bild 1).

Da Fahrzeugmotoren die meiste Zeit im Teillastbereich betrieben werden, sind die Motoren in ihrer Bauweise auf geringen Kraftstoffverbrauch in diesem Bereich ausgelegt. Für die anderen Betriebszustände wie Leerlauf und Vollast ist eine kraftstoffreichere Gemischzusammensetzung günstiger. Das Gemischaufbereitungssystem muß in der Lage sein, diese variablen Forderungen zu erfüllen.

Luftzahl

Zur Kennzeichnung dafür, wie weit das tatsächlich vorhandene Luft-Kraftstoff-Gemisch vom theoretisch notwendigen (14,7:1) abweicht, hat man die Luftzahl bzw. das Luftverhältnis λ (Lambda) gewählt:

λ = zugeführte Luftmasse/Luftbedarf für stöchiometrische Verbrennung

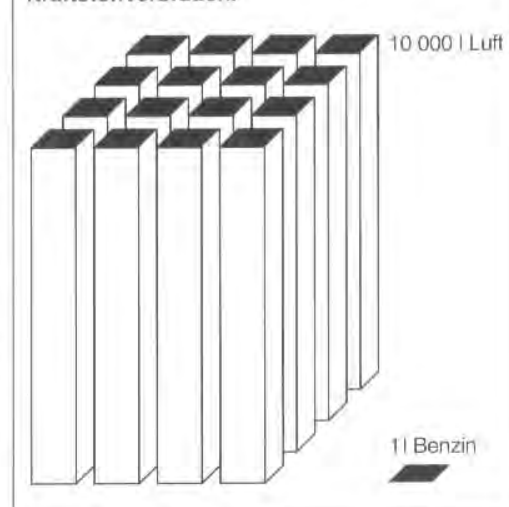
$\lambda = 1$: Die zugeführte Luftmasse entspricht der theoretisch notwendigen.

$\lambda < 1$: Es herrscht Luftmangel oder fettes Gemisch. Erhöhte Leistung ergibt sich bei $\lambda = 0,85 \dots 0,95$.

$\lambda > 1$: Luftüberschuß oder mageres Gemisch herrscht im Bereich von $\lambda = 1,05 \dots 1,3$. Bei dieser Luftzahl sind verringerter Kraftstoffverbrauch und verringerte Leistung zu verzeichnen.

$\lambda > 1,3$: Das Gemisch ist nicht mehr zündwillig. Es treten Verbrennungsaussetzer auf. Die Laufunruhe nimmt stark zu.

Bild 1: Luft-Kraftstoff-Verhältnis für Verbrennung mit geringstem spezifischen Kraftstoffverbrauch.



Ottomotoren erreichen ihre Höchstleistung bei 5...15% Luftmangel ($\lambda = 0,95 \dots 0,85$), geringsten Kraftstoffverbrauch bei 10...20% Luftüberschuß ($\lambda = 1,1 \dots 1,2$) und einwandfreien Leerlauf bei $\lambda = 1,0$.

Die Bilder 2 und 3 zeigen die Abhängigkeit der Leistung und des spezifischen Kraftstoffverbrauchs sowie der Schadstoffentwicklung von der Luftzahl λ . Daraus läßt sich ableiten, daß es kein ideales Luftverhältnis gibt, bei dem alle Faktoren den günstigsten Wert annehmen. In der Praxis haben sich Luftzahlen von $\lambda = 0,9 \dots 1,1$ als zweckmäßig erwiesen.

Zur katalytischen Abgasnachbehandlung durch einen Dreiwege-Katalysator ist die exakte Einhaltung von $\lambda = 1$ bei betriebswarmem Motor unbedingt erforderlich. Um dies zu erreichen, muß die angesaugte Luftmenge genau ermittelt und eine exakt dosierte Kraftstoffmenge zugemessen werden.

Neben der genauen Einspritzmenge ist für den Verbrennungsablauf auch ein homogenes Gemisch erforderlich. Dazu ist eine gute Zerstäubung des Kraftstoffes notwendig.

Wird diese Voraussetzung nicht erfüllt, schlagen sich große Kraftstofftropfen am Saugrohr nieder, was zu erhöhten HC-Emissionen führt.

Anpassung an Betriebszustände

Bei einigen Betriebszuständen weicht der Kraftstoffbedarf stark vom stationären Bedarf des betriebswarmen Motors ab, so daß korrigierende Eingriffe in die Gemischbildung notwendig sind.

Kaltstart

Beim Kaltstart verarmt das angesaugte Luft-Kraftstoff-Gemisch, es magert ab. Dies ist zurückzuführen auf ungenügende Durchmischung der angesaugten Luft mit dem Kraftstoff, auf geringe Verdampfung des Kraftstoffs und auf starke Wandbenetzung wegen der niedrigen Temperaturen. Um dies auszugleichen und das „Anspringen“ des kalten Motors zu erleichtern, muß im Augenblick des Starts zusätzlich Kraftstoff zugeführt werden.

Nachstartphase

Nach dem Start ist bei tiefen Temperaturen für kurze Zeit ein Anreichern mit zusätzlichem Kraftstoff notwendig, bis durch erhöhte Brennraumtemperatur eine verbesserte Gemischaufbereitung im Zylinder erfolgt ist. Zusätzlich ergibt sich durch das fette Gemisch ein größeres Drehmoment und dadurch ein besserer Übergang auf die gewünschte Leerlaufdrehzahl.

Bild 2: Einfluß der Luftzahl λ auf Leistung P und spezifischen Kraftstoffverbrauch b_e .

a) Fettes Gemisch (Luftmangel),
b) mageres Gemisch (Luftüberschuß).

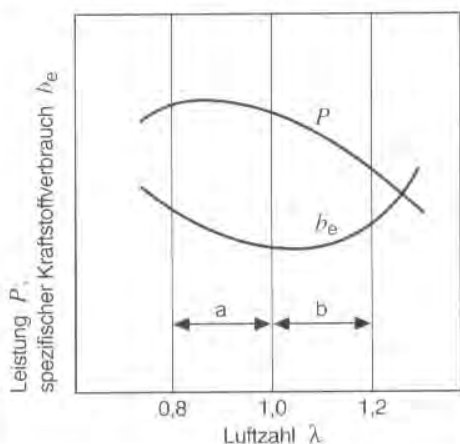
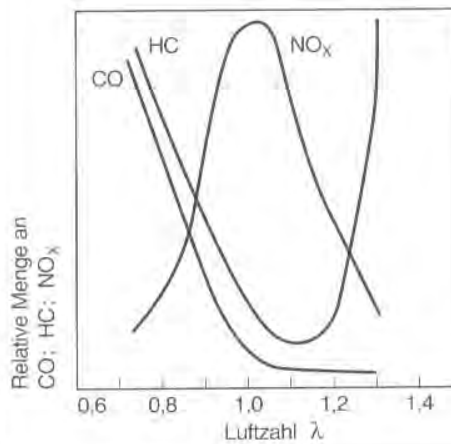


Bild 3: Einfluß der Luftzahl λ auf die Schadstoffzusammensetzung im Abgas.



Warmlaufphase

An den Kaltstart und die Nachstartphase schließt sich die Warmlaufphase des Motors an. Der Motor benötigt in dieser Phase eine Warmlaufenreicherung, weil ein Teil des Kraftstoffs an den noch kalten Zylinderwänden kondensiert. Da die Kraftstoffaufbereitung mit abnehmenden Temperaturen schlechter wird (z. B. wegen geringerer Durchmischung von Luft und Kraftstoff sowie großer Kraftstofftröpfchen), ergibt sich im Saugrohr ein Kraftstoffniederschlag, der erst bei höheren Temperaturen verdampft. Diese genannten Einflüsse bedingen ein mit fallender Temperatur zunehmendes „Anfetten“.

Teillast

Bei Teillast steht das Abstimmen der Gemischanpassung auf minimalen Kraftstoffverbrauch im Vordergrund. Zur Erfüllung von strengen Abgasgrenzwerten wird beim Einsatz des Dreiwege-Katalysators vermehrt eine Abstimmung auf $\lambda = 1$ erforderlich.

Vollast

Bei vollständig geöffneter Drosselklappe soll der Motor sein größtmögliches Drehmoment bzw. seine größtmögliche Leistung abgeben. Wie aus Bild 2 ersichtlich, muß hierzu das Luft-Kraftstoff-Gemisch auf $\lambda = 0,85 \dots 0,90$ angereichert werden.

Beschleunigung

Beim schnellen Öffnen der Drosselklappe magert das Luft-Kraftstoff-Verhältnis infolge eingeschränkter Verdampfungsneigung des Kraftstoffs bei erhöhtem Saugrohrunterdruck (stärkere Wandfilmbildung) kurzzeitig ab. Um ein gutes Übergangsverhalten zu erzielen, bedarf es einer von der Motortemperatur abhängigen Gemischanreicherung. Mit dieser Anreicherung läßt sich ein gutes Beschleunigungsverhalten erreichen.

Schiebebetrieb

Durch das Unterbrechen der Kraftstoffzumessung im Schiebebetrieb läßt sich der Kraftstoffverbrauch beim Bergab-

fahren und bei jedem Bremsen, also auch im Stadtverkehr, verringern. Zudem entstehen in diesen Betriebsphasen keine schädlichen Abgase.

Gemischanpassung in großer Höhe

Mit zunehmender Höhe (z. B. bei Fahrten im Gebirge) nimmt die Dichte der Luft ab. Das heißt: das vom Motor angesaugte Luftvolumen besitzt in Höhenlagen eine kleinere Masse als in Niederungen. Wird dieser Zusammenhang in der Gemischbildung nicht berücksichtigt, so ergibt sich eine übermäßige Anreicherung, die zu einem Kraftstoffmehrerbrauch und erhöhtem Schadstoffausstoß führt.

Gemischaufbereitungssysteme

Vergaser oder Einspritzsysteme haben die Aufgabe, ein dem jeweiligen Betriebszustand des Motors bestmöglich angepaßtes Luft-Kraftstoff-Gemisch bereitzustellen.

Seit einigen Jahren wird zur Gemischaufbereitung hauptsächlich die Einspritzung eingesetzt, begünstigt durch die Vorteile, die das Einspritzen von Kraftstoff in Zusammenhang mit den Forderungen nach Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit, einwandfreiem Fahrverhalten und nach geringerem Schadstoffgehalt des Abgases bietet. Die Einspritzung läßt eine sehr genaue Zumessung des Kraftstoffs in Abhängigkeit vom Betriebs- und Lastzustand des Motors unter Berücksichtigung der Umwelteinflüsse zu. Die Gemischzusammensetzung wird dabei so gesteuert, daß der Schadstoffanteil im Abgas gering ist.

Einzeleinspritzung

Die Einzeleinspritzung bietet ideale Voraussetzungen für die Erfüllung dieser Aufgaben. Bei Einzeleinspritzanlagen ist jedem Zylinder ein Einspritzventil zugeordnet, das den Kraftstoff direkt vor das Einlaßventil des Zylinders spritzt. Beispiele hierfür sind die KE- und L-Jetronic mit ihren jeweiligen Varianten (Bild 4).

Mechanisches Einspritzsystem

Bei den mechanischen Einspritzanlagen ist die K-Jetronic weit verbreitet. Das System arbeitet antriebslos und spritzt den Kraftstoff kontinuierlich ein.

Kombiniertes mechanisch-elektronisches Einspritzsystem

Die KE-Jetronic basiert auf dem mechanischen Grundsystem der K-Jetronic. Sie ermöglicht durch erweiterte Betriebsdatenerfassung elektronisch gesteuerte Zusatzfunktionen, um die Einspritzmenge den verschiedenen Motorbetriebszuständen exakter anzupassen.

Elektronische Einspritzsysteme

Elektronisch gesteuerte Einspritzsysteme spritzen den Kraftstoff mit elektromagnetisch betätigten Einspritzventilen intermittierend ein. Beispiele: L-Jetronic, LH-Jetronic und Motronic als integriertes Zünd- und Einspritzsystem.

Zentraleinspritzung

Die Zentraleinspritzung ist ein elektronisch gesteuertes Einspritzsystem, bei

dem ein elektromagnetisches Einspritzventil an zentraler Stelle oberhalb der Drosselklappe den Kraftstoff intermittierend in das Saugrohr einspritzt.

Mono-Jetronic ist die Bezeichnung des Bosch-Zentraleinspritzsystems (Bild 5).

Vorteile der EinspritzungWeniger Kraftstoffverbrauch

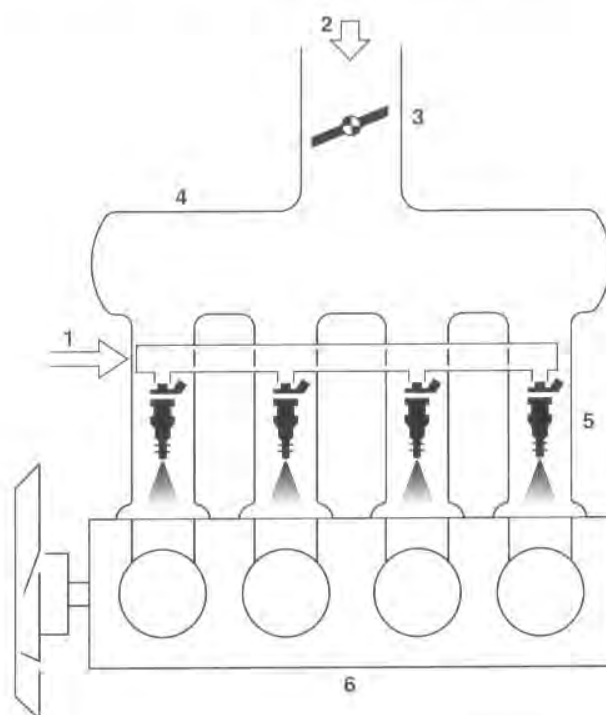
Das Erfassen aller für den Motorbetrieb notwendigen Betriebsdaten (z.B. Drehzahl, Last, Temperatur, Drosselklappenstellung) ermöglicht eine exakte Anpassung an stationäre und instationäre Betriebszustände. Dadurch ist sichergestellt, daß nur soviel Kraftstoff zuge-messen wird, wie der Motor unter den jeweiligen Betriebsbedingungen gerade benötigt.

Höhere Leistung

Der Einsatz von K- und L-Jetronic-Anlagen ermöglicht eine optimale Gestaltung der Ansaugwege, wodurch ein größeres Drehmoment aufgrund besserer Zylinderfüllung zu erzielen ist. Das

Bild 4: Einzeleinspritzung.

1 Kraftstoff, 2 Luft, 3 Drosselklappe, 4 Saugrohr, 5 Einspritzventile, 6 Motor.



Ergebnis sind höhere spezifische Leistung und ein praxisgerechter Drehmomentverlauf. Durch die bei Einspritzanlagen übliche Trennung von Luftbedarfsmessung und Kraftstoffzumessung kann auch mit der Mono-Jetronic gegenüber dem Vergaser aufgrund der weniger gedrosselten Ansaugwege eine höhere Leistung erzielt werden.

Verzögerungsfreie Beschleunigungen

Die Jetronic-Anlagen passen sich wechselnden Lastbedingungen nahezu verzögerungsfrei an. Dies gilt sowohl für Einzel- als auch für Zentraleinspritzanlagen: Bei Einzeleinspritzung wird der Kraftstoff direkt vor die Einlaßventile des Motors gespritzt, wobei sich eine Wandbenetzung weitestgehend vermeiden läßt. Bei Zentraleinspritzung muß aufgrund des Gemischtransportes im Saugrohr der Wandfilmaufbau und -abbau bei instationären Vorgängen berücksichtigt werden. Dies wird durch entsprechende System- und Funktionsgestaltung bei der Kraftstoffzumessung und Gemischbildung erreicht.

Verbesserter Kaltstart und Warmlauf

Durch die genaue Dosierung des Kraftstoffes, abhängig von der Motortemperatur und der Startdrehzahl, ergeben sich kurze Startzeiten und ein rasches Hochlaufen in den Leerlauf.

Im Warmlauf stellen sich durch das exakte Anpassen der Kraftstoffmenge ein gleichmäßiger Rundlauf des Motors und eine spontane Gasannahme bei möglichst geringem Kraftstoffverbrauch ein.

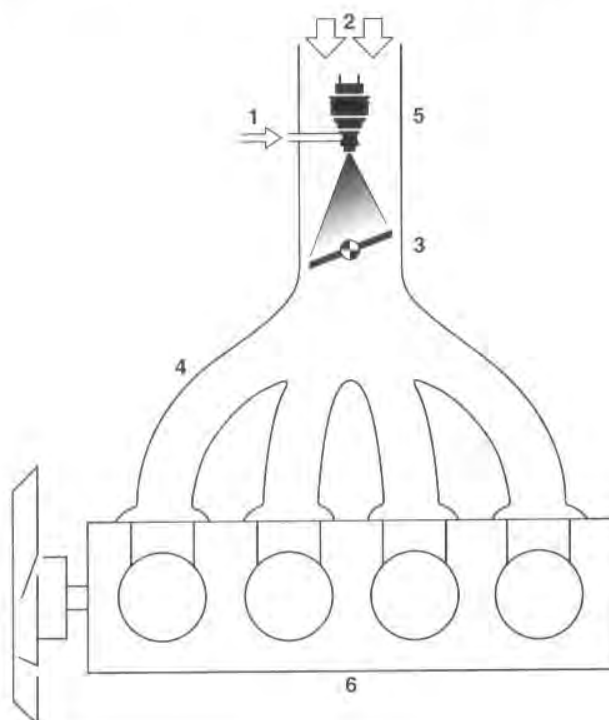
Schadstoffarmes Abgas

Die Konzentration der Schadstoffe im Abgas steht in direktem Zusammenhang mit dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis. Will man den Motor mit der geringsten Schadstoffemission betreiben, so setzt dies eine Gemischbildung voraus, die in der Lage ist, ein bestimmtes Luft-Kraftstoff-Verhältnis sicherzustellen.

Die Jetronic-Anlagen arbeiten so präzise, daß die hierfür notwendige Genauigkeit der Gemischbildung eingehalten wird.

Bild 5: Zentraleinspritzung.

1 Kraftstoff, 2 Luft, 3 Drosselklappe, 4 Saugrohr, 5 Einspritzventil, 6 Motor.



Einspritz-Geschichte(n)

Die Benzineinspritzung hat eine lange, fast 100jährige Vergangenheit. Bereits 1898 fertigte die Gasmotorenfabrik Deutz Stempelpumpen zur Benzineinspritzung in kleinen Stückzahlen.

Nachdem man wenig später das heutige Vergaserprinzip entdeckte, war die Benzineinspritzung beim damaligen Stand der Technik nicht mehr konkurrenzfähig.

Bei Bosch fiel bereits 1912 der Startschuß für die ersten Versuche an Benzin-Einspritzpumpen. 1937 ging dann der erste Flugzeugmotor, 1200 PS Leistung, mit Bosch-Benzineinspritzung in Serie. Die Unsicherheit der Vergasertechnik wegen Vereisung und Brandgefahr hatte die Entwicklung der Benzineinspritzung gerade in diesem Bereich gefördert. Die eigentliche Ära der Bosch-Benzineinspritzung begann, doch bis zur Benzineinspritzung in einem Pkw war es noch ein weiter Weg.

1951 wurde eine Bosch-Direkteinspritzung zum ersten Mal serienmäßig in einen Kleinwagen eingebaut, und einige Jahre später folgte der Einbau im legendären 300 SL, einem Seriensportwagen von Daimler-Benz.

In den Folgejahren wurden die mechanischen Einspritzpumpen immer weiterentwickelt und ...

1967 gelang der Benzineinspritzung ein weiterer Schritt nach vorn: das erste elektronische Einspritz-System: die Saugrohrdruck-gesteuerte D-Jetronic!

1973 kam dann die luftmengenmessende L-Jetronic auf den Markt, zeitgleich mit der mechanisch-hydraulisch gesteuerten K-Jetronic, ebenfalls ein luftmengenmessendes System.

1979 wurde ein neues System eingeführt: die Motronic mit der digitalen Verarbeitung vieler Motorfunktionen. Dieses System verband die L-Jetronic und eine elektronische Kennfeldzündung. Der erste Mikroprozessor in einem Automobil!

1982 wurde die um einen elektronischen Regelkreis und die Lambda-Sonde erweiterte K-Jetronic als KE-Jetronic angeboten.

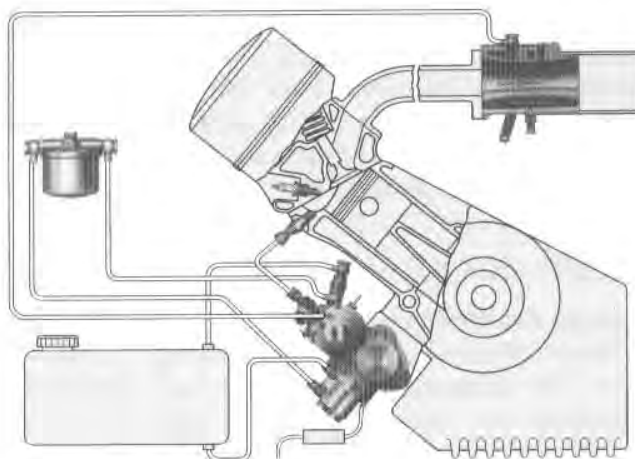
Ab 1983 kam die Mono-Jetronic hinzu: ein besonders kostengünstiges Zentraleinspritzsystem, das die Ausrüstung mit Jetronic auch bei kleineren Fahrzeugen möglich machte.

Bosch-Benzineinspritzungen fanden sich im Jahre 1991 weltweit in über 37 Millionen Kraftfahrzeugen.

1992 wurden 5,6 Millionen Motorsteuerungssysteme geliefert, hiervon 2,5 Millionen Mono-Jetronic- und Mono-Motronic-Systeme, 2 Millionen Motronic-Systeme.

Das Vordringen der Einspritzung im Automobil ist unaufhaltsam.

*Bosch-Benzineinspritzung
aus dem Jahre 1954.*



KE-Jetronic

Systemübersicht

Das Grundsystem der KE-Jetronic ist ein mechanisch-hydraulisches Einspritzsystem. Zur Erhöhung der Flexibilität und zur Aufschaltung weiterer Funktionen ergänzt ein elektronisches Steuergerät dieses Grundsystem.

Weitere Komponenten sind:

- der Sensor für die vom Motor angesaugte Luftmenge,
- der Drucksteller, der in die Gemischzusammensetzung eingreift und
- der Druckregler, der den Systemdruck konstant hält und beim Abstellen des Motors eine bestimmte Schließfunktion ausübt.

Funktion

Eine vom Luftstrom ausgelenkte Stauscheibe steuert den Kraftstoffzumeßkolben und öffnet damit mehr oder weniger die Zumeßschlitze. In der Grundfunktion mißt die KE-Jetronic den Kraftstoff in Abhängigkeit von der vom Motor angesaugten Luftmenge, der Hauptsteuergröße, zu.

Das Einspritzsystem KE-Jetronic erfaßt Betriebsdaten des Motors über Sensoren, deren Ausgangssignale ein elektronisches Steuergerät verarbeitet. Dieses elektronische Steuergerät steuert einen elektrohydraulisch arbeitenden Drucksteller, der die Einspritzmenge den verschiedenen Betriebszuständen im erforderlichen Maß anpaßt. Bei Störung arbeitet die KE-Jetronic mit der Grundfunktion. Dem Fahrer steht dann bei warmem Motor noch ein Einspritzsystem mit guter Funktion zur Verfügung.

Vorteile der KE-Jetronic

Geringer Kraftstoffverbrauch

Bei herkömmlicher Gemischaufbereitung führen die unterschiedlich langen Ansaugwege zu unterschiedlicher Gemischzusammensetzung für die einzelnen Zylinder.

Beim Einspritzsystem KE-Jetronic verfügt jeder Zylinder über ein eigenes Einspritzventil. Die Einspritzventile spritzen den Kraftstoff kontinuierlich auf die Einlaßventile. Der eingespritzte Kraftstoff verdampft und vermischt sich intensiv mit der angesaugten Luft. Hierdurch ist neben der genauen Dosierung eine exakte Gleichverteilung des Kraftstoffes auf die Motorzylinder gegeben. Da die Ansaugrohre nur der Luftführung dienen, ist die Kondensation des Kraftstoffes an den Saugrohrwänden – ein Verbrauchserhöhender Faktor – nahezu ausgeschlossen.

Die KE-Jetronic sorgt für einen deutlich geringeren Kraftstoffverbrauch, vor allem während der Warmlaufphase, bei Beschleunigungsanreicherung und Vollast sowie durch Unterbrechen des Kraftstoffzuflusses im Schiebebetrieb.

Anpassung an Betriebszustände

Während der Betriebszustände Nachstart, Warmlauf, Beschleunigung und Vollast weicht der Kraftstoffbedarf stark vom Normalwert ab.

Die KE-Jetronic greift über ihr elektronisches Steuergerät korrigierend in die Gemischbildung ein, um die Kraftstoffmehrmenge oder Kraftstoffmindermenge exakt zuzuteilen.

Durch zusätzliche Sensoren für das Erfassen der Motortemperatur, der Drosselklappenstellung (Lastsignal) und der Stauscheibenbewegung des Luftmengenmessers (entspricht etwa der zeitlichen Änderung der Motorleistung) reicht das elektronische Steuergerät über den elektrohydraulischen Drucksteller das Luft-Kraftstoff-Gemisch an oder mäßert es ab.

Die KE-Jetronic spricht schnell auf die verschiedenen Motor-Betriebszustände an, bewirkt einen günstigen Drehmomentverlauf und eine hohe Motorelastizität. Daraus resultieren Vorteile beim Fahren in energiesparenden niedrigen Drehzahlen und höchstmöglichem Gang sowie gutes Fahrverhalten.

Sicheres Startverhalten ist ein weiterer Vorteil der KE-Jetronic.

Die im Schiebebetrieb wirksam werden-
de, ruckfrei arbeitende Schubabschal-
tung spricht abhängig von der Motor-
temperatur und -drehzahl an und unter-
bricht den Kraftstoffzufluß. Die Folge ist
eine Verbrauchssenkung.

Da im Schiebebetrieb kein Kraftstoff ver-
brennt, entstehen keine schädlichen Ab-
gase.

Schadstoffarmes Abgas

Voraussetzung für geringe schädliche
Abgasanteile ist eine nahezu vollstän-
dige Verbrennung des Kraftstoffs. Die
KE-Jetronic mißt jedem Zylinder exakt
die Kraftstoffmenge zu, die der jeweilige
Betriebs- und Lastwechselzustand des
Motors erfordert. Die erforderliche Ge-
mischzusammensetzung wird zum Bei-
spiel durch die zeitlich rasch zurück-
genommene Nachstartanhebung oder
durch die schnell ansprechende Be-
schleunigungsanreicherung so genau

eingehalten, daß eine minimale Schad-
stoff-Emission gewährleistet ist. Eine
weitere Abgasverbesserung ist mit der
Lambda-Regelung und mit der kataly-
tischen Abgasnachbehandlung möglich
(Bild 1).

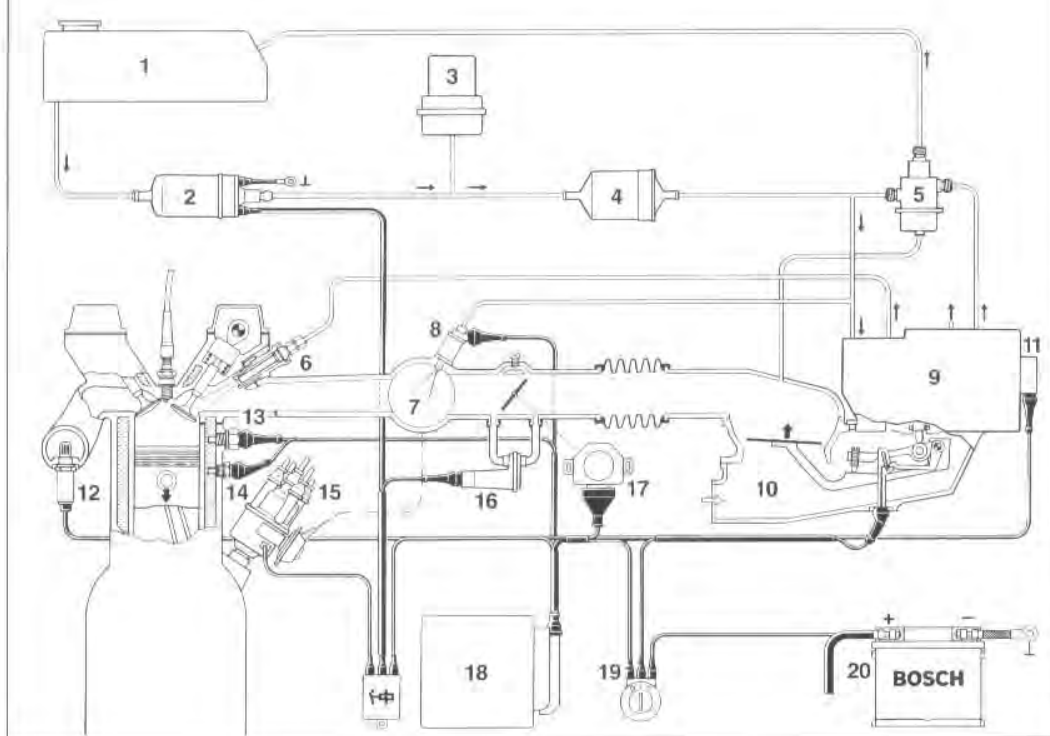
Höhere spezifische Leistung

Das Einspritzsystem KE-Jetronic erlaubt
durch eine strömungsgünstige Gestal-
tung des Ansaugsystems eine leistungs-
steigernde Zylinderfüllung. Kurze Ein-
spritzwege stellen das Leistungspoten-
tial des Motors verzögerungsfrei zur
Verfügung.

Die KE-Jetronic erzielt – wie alle anderen
Jetronic-Systeme – eine deutliche Lei-
stungssteigerung bei unverändertem
Hubraum, ohne daß dies zu erhöhtem
Kraftstoffverbrauch führt. Sie ermöglicht
sparsame Motoren mit hoher spezifi-
scher Leistung, guter Elastizität und be-
achtlicher Laufkultur.

Bild 1: Schema einer KE-Jetronic-Anlage mit Lambda-Regelung.

1 Kraftstoffbehälter, 2 Elektrokraftstoffpumpe, 3 Kraftstoffspeicher, 4 Kraftstofffilter, 5 Systemdruckregler,
6 Einspritzventil, 7 Sammelsaugrohr, 8 Kaltstartventil, 9 Kraftstoffmengenteiler, 10 Luftmengenmesser,
11 elektrohydraulischer Drucksteller, 12 Lambda-Sonde, 13 Thermosteinschalter,
14 Motortempersensor, 15 Zündverteiler, 16 Zusatzluftschieber, 17 Drosselklappenschalter,
18 Steuergerät, 19 Zünd-Start-Schalter, 20 Batterie.



Kraftstoffversorgung

Das System zur Kraftstoffversorgung besteht aus:

- Elektrokraftstoffpumpe (Bild 2),
- Kraftstoffspeicher,
- Kraftstofffilter (Bild 4),
- Systemdruckregler und
- Einspritzventilen.

Eine elektrisch angetriebene Rollenzellenpumpe fördert den Kraftstoff vom Kraftstoffbehälter mit einem Druck von über 5 bar in einen Kraftstoffspeicher und durch einen Filter in den Kraftstoffmengen-teiler. Vom Kraftstoffmengen-teiler fließt der Kraftstoff zu den Einspritzventilen. Die Einspritzventile spritzen den Kraftstoff kontinuierlich in die Ansaugkanäle des Motors. Daher die Systembezeichnung KE (kontinuierlich, elektronisch). Beim Öffnen der Einlaßventile wird das Gemisch in die Zylinder gesaugt.

Der Kraftstoff-Systemdruckregler hält den Versorgungsdruck im System konstant und leitet den überschüssigen Kraftstoff zum Kraftstoffbehälter zurück. Bei der ständigen Durchspülung des Kraftstoff-Versorgungssystems steht immer kühler Kraftstoff zur Verfügung. Dadurch läßt sich Dampfblasenbildung vermeiden und ein gutes Heißstartverhalten erreichen.

Elektrokraftstoffpumpe

Die Elektrokraftstoffpumpe ist eine von einem permanent erregten Elektromotor angetriebene Rollenzellenpumpe. Die im Pumpengehäuse exzentrisch angeordnete Läuferscheibe enthält an ihrem Umfang Metallrollen, die in nutförmigen Ausparungen gelagert sind und durch die Zentrifugalkraft gegen das Pumpengehäuse gepreßt werden.

Die Rollen wirken als umlaufende Dichtung. In den sich zwischen den Rollen bildenden Hohlräumen wird der Kraftstoff gefördert. Eine Pumpwirkung kommt dadurch zustande, daß die Rollen nach Abschluß der Zulaufbohrung die einge-

Bild 2: Elektrokraftstoffpumpe.

1 Saugseite, 2 Druckbegrenzer,
3 Rollenzellenpumpe, 4 Motoranker,
5 Rückschlagventil, 6 Druckseite.

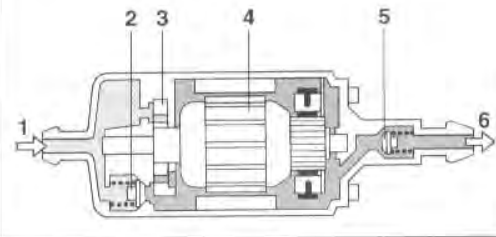


Bild 3: Pumpvorgang Rollenzellenpumpe.

1 Saugseite, 2 Läuferscheibe, 3 Rolle,
4 Grundplatte, 5 Druckseite.

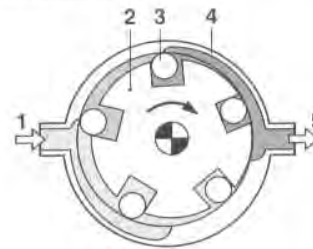
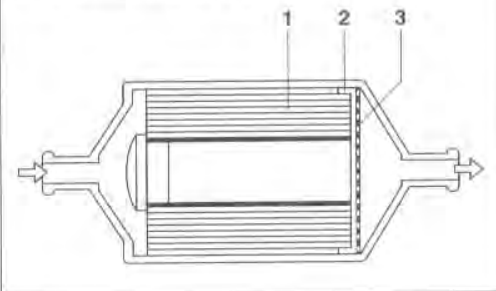


Bild 4: Kraftstofffilter.

1 Papierfilter, 2 Sieb, 3 Stützplatte.



schlossene Kraftstoffmenge vor sich herschieben, bis der Kraftstoff die Pumpe durch die Abflußbohrung verläßt (Bild 3). Der Kraftstoff durchströmt den Elektromotor. Eine Explosionsgefahr besteht dabei nicht, da sich kein zündfähiges Gemisch im Motor-Pumpengehäuse befindet.

Die Elektrokraftstoffpumpe fördert mehr Kraftstoff als der Verbrennungsmotor maximal benötigt, um bei allen vorkommenden Betriebszuständen den Druck im Kraftstoffsystem aufrechtzuerhalten. Ein Rückschlagventil in der Pumpe entkoppelt das Kraftstoffsystem vom Kraftstoffbehälter, indem es das Rückströmen

von Kraftstoff zum Kraftstoffbehälter verhindert.

Die Elektrokraftstoffpumpe läuft sofort beim Betätigen des Zünd-Start-Schalters an und bleibt ständig eingeschaltet, nachdem der Motor angesprungen ist.

Eine Sicherheitsschaltung vermeidet das Fördern von Kraftstoff bei eingeschalteter Zündung und stehendem Motor zum Beispiel nach einem Unfall.

Die Kraftstoffpumpe befindet sich in unmittelbarer Nähe des Kraftstoffbehälters und arbeitet wartungsfrei.

Kraftstoffspeicher

Der Kraftstoffspeicher hält nach dem Abstellen des Motors für eine gewisse Zeit den Druck im Kraftstoff-Versorgungssystem, um das erneute Starten, besonders des heißen Motors, zu erleichtern. Die besondere Bauweise (Bild 5) des Speichergehäuses wirkt dämpfend auf das Geräusch der Elektrokraftstoffpumpe.

Der Innenraum des Kraftstoffspeichers ist durch eine Membran in zwei Kammern unterteilt. Eine Kammer dient als Speicher für den Kraftstoff. Die andere Kammer bildet ein Ausgleichsvolumen und steht über einen Entlüftungsanschluß mit der Atmosphäre oder mit dem Kraftstoffbehälter in Verbindung. Während des Betriebs ist die Speicherkammer mit Kraftstoff gefüllt. Die Membran wölbt sich dabei gegen den Druck der Feder bis zum Anschlag in den Federraum. In dieser Stellung, die dem größten Speichervolumen entspricht, verbleibt die Membran, solange der Motor läuft.

Kraftstofffilter

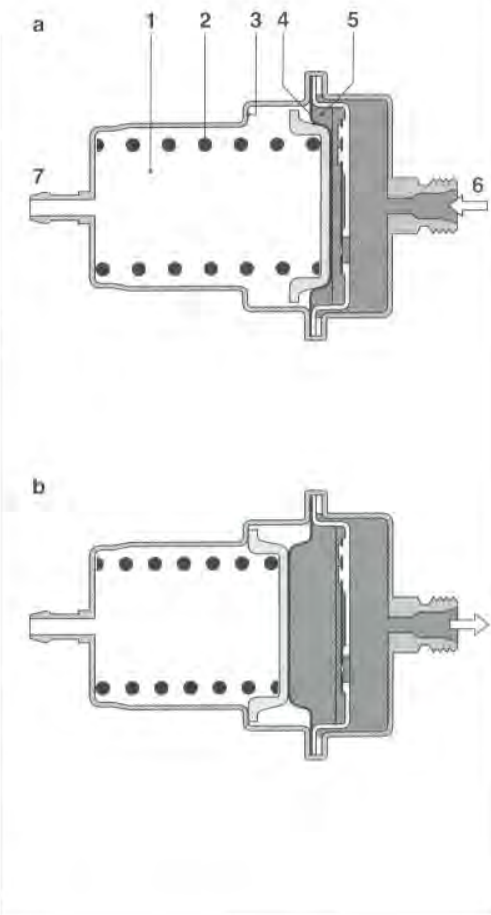
Das Kraftstofffilter hält Verunreinigungen im Kraftstoff zurück, die die Funktion der Einspritzanlage beeinträchtigen könnten. Das Filter enthält einen Papiereinsatz mit einer mittleren Porenweite von $10\ \mu\text{m}$ und ein nachgeschaltetes Sieb (Bild 4). Diese Kombination erzielt einen hohen Reinigungseffekt.

Eine Stützplatte fixiert das Filter in einem Metallgehäuse. Die Filterstandzeit ist von

Bild 5: Kraftstoffspeicher.

a) Leer, b) gefüllt.

1 Federkammer, 2 Feder, 3 Anschlag, 4 Membran, 5 Speichervolumen, 6 Kraftstoffzu- bzw. -abfluß, 7 Verbindung zur Atmosphäre.



der Verschmutzung des Kraftstoffes abhängig. Das Filter ist hinter dem Kraftstoffspeicher in die Kraftstoffleitung eingebaut. Die auf dem Filtergehäuse mit einem Pfeil angegebene Durchflußrichtung muß beim Filterwechsel unbedingt eingehalten werden.

Systemdruckregler

Der Systemdruckregler hält den Druck im Kraftstoffsystem konstant.

Bei der KE-Jetronic ist der hydraulische Gegendruck auf den Steuerkolben gleich dem Systemdruck. Der Steuerdruck muß genau eingehalten werden, weil sich eine Schwankung dieses Druckes direkt auf das Luft-Kraftstoff-Verhältnis auswirken

würde. Dies trifft besonders auch dann zu, wenn sich die Fördermenge der Elektrokraftstoffpumpe und die dem Motor eingespritzte Kraftstoffmenge stark ändern.

Bild 6 zeigt einen Schnitt durch den Systemdruckregler. Von links fließt der Kraftstoff zu. Auf der rechten Seite befindet sich der Rücklaufanschluß vom Mengenteiler. Oben ist die Rücklaufleitung zum Kraftstoffbehälter angeschlossen.

Sobald beim Start die Elektrokraftstoffpumpe Druck erzeugt, wandert die Regelmembran des Druckreglers nach unten. Zunächst folgt der verschiebbare Ventilkörper der Membran, weil ihn die obenliegende Gegenfeder nachschiebt. Nach einem kurzen Hub stößt der Ventilkörper an einen festen Anschlag und die Druckregelfunktion setzt ein. Die vom Kraftstoffmengenteiler rücklaufende Kraftstoffmenge, die sich aus der Durchströmung des Druckstellers und der Leckmenge des Steuerkolbens zusammensetzt, kann zusammen mit der Abregelmenge über den jetzt geöffneten Dichtsitz zum Kraftstoffbehälter zurückfließen.

Beim Abstellen des Motors schaltet die Elektrokraftstoffpumpe ebenfalls ab. Wenn daraufhin der Druck im Kraftstoff-

versorgungssystem sinkt, dann geht der Ventilteller auf den Regelsitz zurück. Er schiebt anschließend den Ventilkörper entgegen der Kraft der Gegenfeder nach oben vor sich her, bis die Dichtung den Rücklauf zum Kraftstoffbehälter schließt.

Der Druck im Kraftstoff-Versorgungssystem sinkt rasch auf den Schließdruck ab, so daß die Einspritzventile dicht schließen. Dann steigt der Druck im System wieder auf den durch den Kraftstoffspeicher bestimmten Wert an (Bild 7).

Einspritzventile

Die Einspritzventile öffnen bei einem bestimmten Druck und zerstäuben (Bild 8) den Kraftstoff durch Schwingungen der Ventilnadel. Sie spritzen den zugemessenen Kraftstoff in die Ansaugrohre vor die Einlaßventile der Zylinder. Die Einspritzventile sind in einem Halter befestigt, der sie gut gegen die vom Motor abgestrahlte Wärme isoliert.

Die Einspritzventile haben keine Zu- meßfunktion. Sie öffnen selbsttätig, sobald der Öffnungsdruck zum Beispiel 3,5 bar überschreitet. Sie besitzen ein Nadelventil (Bild 9), dessen Nadel beim Einspritzen mit hoher Frequenz schwach hörbar schwingt („schnarrt“). Dadurch

Bild 6: Kraftstoff-Systemdruckregler.

- 1 Rücklauf vom Mengenteiler
- 2 zum Kraftstoffbehälter
- 3 Einstellschraube
- 4 Gegenfeder
- 5 Dichtung
- 6 Zulauf
- 7 Ventilteller
- 8 Membran
- 9 Regelfeder
- 10 Ventilkörper

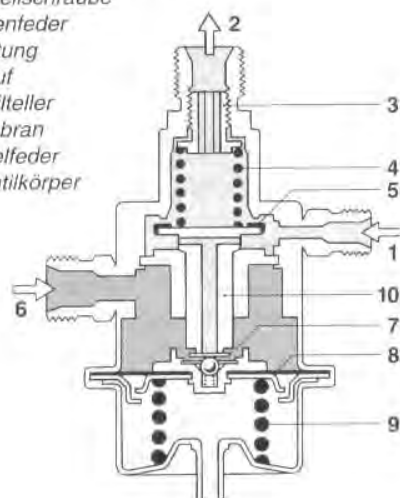
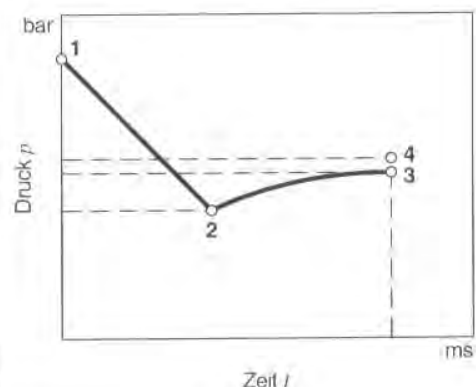


Bild 7: Druckverlauf nach Abstellen des Motors.

Der Druck fällt vom Systemnormaldruck (1) zunächst auf den Schließdruck (2) des Druckreglers. Dann steigt er, bedingt durch den Kraftstoffspeicher, auf den Wert (3), der unter dem Öffnungsdruck (4) der Einspritzventile liegt.



wird eine gute Zerstäubung des Kraftstoffes selbst bei kleinsten Einspritzmengen erreicht.

Nach dem Abstellen des Motors schließen die Einspritzventile dicht ab, wenn der Druck im Kraftstoffversorgungssystem unter ihren Öffnungsdruck sinkt. Dadurch kann nach dem Abstellen des Motors kein Kraftstoff mehr in die Ansaugrohre und damit zu den Einlaßventilen des Motors gelangen.

Luftumfaßte Einspritzventile

Luftumfaßte Einspritzventile verbessern die Gemischaufbereitung besonders im Leerlauf. Unter Ausnutzung des Druckabfalls über der Drosselklappe wird ein Teil der vom Motor angesaugten Luft über die Einspritzventile geführt (Bild 10), wodurch der Kraftstoff an der Austrittsstelle sehr gut zerstäubt. Die luftumfaßten Ventile verringern den Kraftstoffverbrauch und die schädlichen Abgasanteile.

Bild 8: Strahlbilder eines KE-Jetronic-Einspritzventils ohne (links) und mit Luftumfassung.
Die Luft wirkt ständig ein und zerstäubt den Kraftstoff noch feiner (rechts).



Bild 9: Einspritzventil.

- a) In Ruhestellung
b) In Betriebsstellung
1 Ventilgehäuse
2 Filter
3 Ventalnadel
4 Ventilsitz

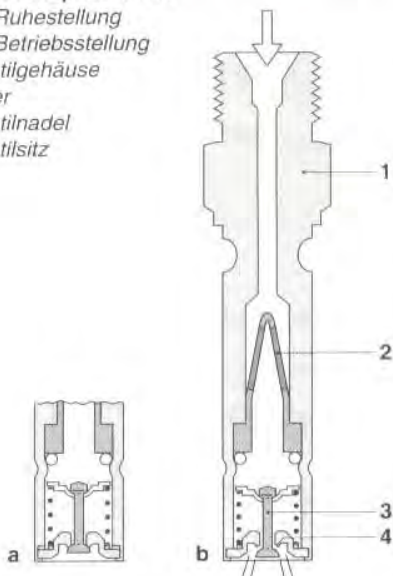
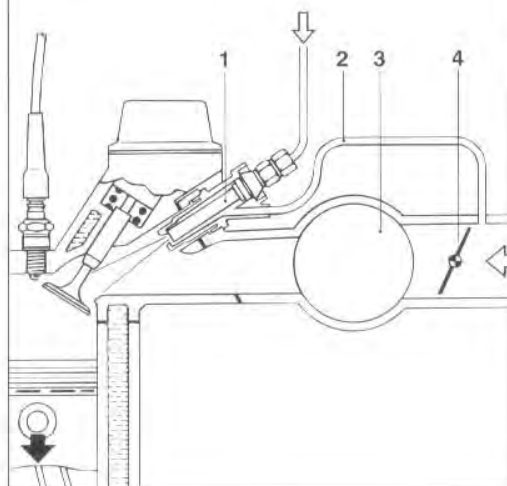


Bild 10: Einspritzventil mit Luftumfassung.

- 1 Einspritzventil, 2 Luftversorgungsleitung,
3 Sammelsaugrohr, 4 Drosselklappe.



Kraftstoffzumessung

Aufgabe der Gemischaufbereitung ist die Zumessung einer Kraftstoffmenge, die der angesaugten Luftmenge entspricht. Die Kraftstoffzumessung erfolgt in der Grundfunktion durch den Luftmengenmesser und den Kraftstoffmengenteiler. Bei einigen Betriebszuständen weicht der Kraftstoffbedarf aber stark vom Normalwert ab, so daß hier zusätzliche Eingriffe in die Gemischbildung erforderlich sind.

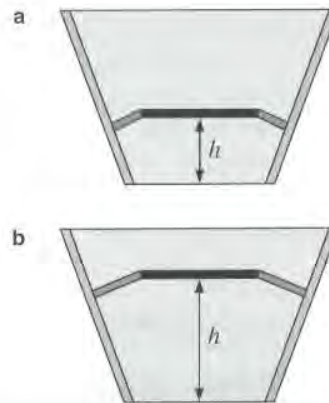
Luftmengenmesser

Die vom Motor angesaugte Luftmenge ist ein Maß für dessen Leistungsaufnahme. Der Luftmengenmesser arbeitet nach dem Schwebekörperprinzip und mißt die vom Motor angesaugte Luftmenge (Bild 12).

Die Ansaugluftmenge dient als Hauptsteuergröße zum Bilden der Grundeinspritzmenge. Die Ansaugluftmenge ist die richtige physikalische Größe, um den Kraftstoffbedarf abzuleiten. Veränderungen im Ansaugverhalten des Motors bleiben daher ohne Auswirkungen auf die

Bild 12: Prinzip des Luftmengenmessers.

a) Angesaugte Luftmenge gering, Stauscheibe ist wenig angehoben, b) angesaugte Luftmenge groß, Stauscheibe ist stark angehoben.



Gemischbildung. Da die angesaugte Luftmenge erst den Luftmengenmesser passieren muß, bevor sie in den Motor gelangt, eilt die Luftmengenmessung der tatsächlichen Luftfüllung in den Zylindern zeitlich voraus. Dies ermöglicht – neben anderen, nachfolgend beschriebenen Maßnahmen – die richtige Gemischanpassung zu jeder Zeit.

Bild 11: Steigstrom-Luftmengenmesser.

a) Stauscheibe in Ruhestellung

b) Stauscheibe in Arbeitsstellung

- 1 Lufttrichter
- 2 Stauscheibe
- 3 Entlastungsquerschnitt
- 4 Gemischeinstellschraube
- 5 Drehpunkt
- 6 Hebel
- 7 Blattfeder

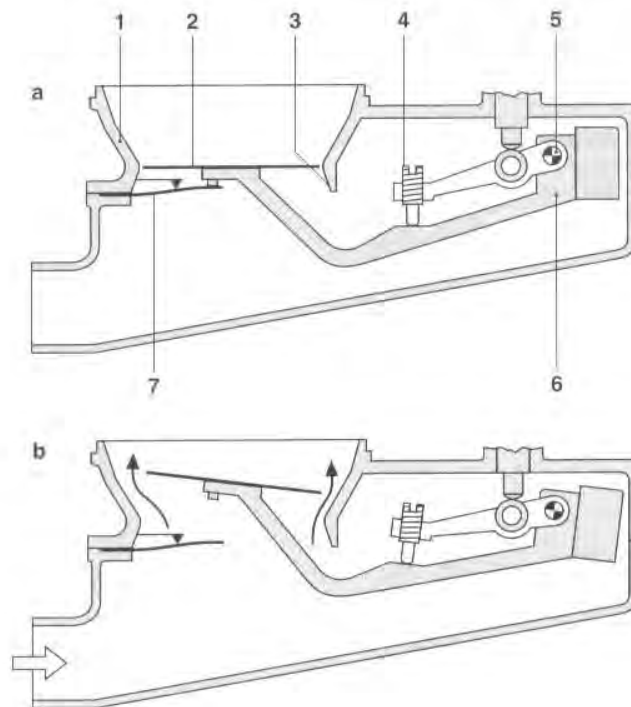
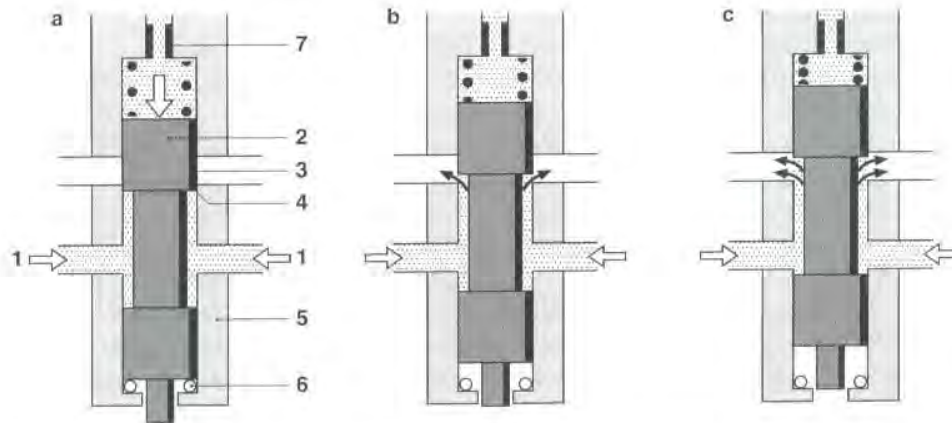


Bild 13: Schlitzträger mit Steuerkolben.

a) Ruhestellung, b) Teillast, c) Vollast

1 Kraftstoffzulauf, 2 Steuerkolben, 3 Steuerschlitz im Schlitzträger, 4 Steuerkante, 5 Schlitzträger, 6 axialer Dichtring, 7 Dämpfungsdrossel.



Die gesamte vom Motor angesaugte Luftmenge strömt durch den Luftmengenmesser, der vor der Drosselklappe eingebaut ist.

Der Luftmengenmesser besteht aus einem Luftrichter, in dem sich eine bewegliche Stauscheibe (Schwebekörper) befindet. Die durch den Luftrichter strömende Luft bewegt die Stauscheibe um ein bestimmtes Maß aus ihrer Ruhelage (Bild 11).

Ein Hebelsystem überträgt die Bewegungen der Stauscheibe auf einen Steuerkolben, der die bei Grundfunktionen erforderliche Kraftstoffgrundmenge bestimmt. Bei möglichen Saugrohrrückzündungen (Fehlzündungen) des Motors können erhebliche Druckstöße im Ansaugsystem auftreten. Der Luftmengenmesser ist deshalb so gebaut, daß die Stauscheibe bei einer Rückzündung in die Gegenrichtung schwingen kann. Dadurch entsteht ein Entlastungsquerschnitt.

Ein Gummipuffer begrenzt den Abwärtshub (beim Fallstrom-Luftmengenmesser den Aufwärtshub).

Ein Gegengewicht gleicht das Gewicht von Stauscheibe und Hebelsystem aus (beim Fallstrom-Luftmengenmesser durch Zugfeder).

Eine einstellbare Blattfeder sorgt für korrekte Nulllage in der Abstellphase.

Kraftstoffmengenteiler

Der Kraftstoffmengenteiler teilt die Kraftstoffgrundmenge entsprechend der Stellung der Stauscheibe im Luftmengenmesser den einzelnen Zylindern zu.

Die Stellung der Stauscheibe ist ein Maß für die vom Motor angesaugte Luftmenge. Ein Hebel überträgt die Stellung der Stauscheibe auf den Steuerkolben.

Je nach seiner Stellung im Schlitzträger gibt der Steuerkolben einen entsprechenden Querschnitt der Steuerschlitze frei, durch die der Kraftstoff zu den Differenzdruckventilen und damit zu den Einspritzventilen strömen kann (Bild 13).

Bei kleinem Hub der Stauscheibe ist der Steuerkolben nur wenig angehoben und damit nur ein kleiner Querschnitt der Steuerschlitze freigegeben. Bei großem Hub der Stauscheibe gibt der Steuerkolben einen größeren Querschnitt der Steuerschlitze frei. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Stauscheibenhub und freigegebenem Querschnitt an den Steuerschlitzen.

Auf den Steuerkolben wirkt – entgegen der von der Stauscheibe übertragenen Hubbewegung – eine hydraulische Kraft, die einen konstanten Druckabfall der Luft an der Stauscheibe bewirkt und den Steuerkolben immer der Bewegung des Stauscheibenhebels folgen läßt. Bei be-

stimmten Ausführungen unterstützt eine Druckfeder (Bild 14) die hydraulische Kraft und verhindert ein Hochsaugen des Steuerkolbens durch Unterdruck beim Abkühlen der Anlage.

Eine genaue Regelung des Systemdruckes ist notwendig, weil sich eine Schwankung direkt auf das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (bzw. λ -Wert) auswirken würde. Eine Dämpfungs-drossel (Bild 14) dämpft Schwingungen, die durch Stauscheibenkräfte angeregt werden können.

Stellt man den Motor ab, dann senkt sich der Steuerkolben auf einen axial wirkenden Dichtring (Bilder 13 bis 15). Er ist von einer Einstellschraube gehalten und für eine günstige Überdeckung der Steuer-schlitze in der Höhe einstellbar.

Bei der KE-Jetronic ruht der Steuerkolben auf der Axialdichtung, weil die Druckfeder und der Systemrestdruck auf den Steuerkolben wirken. Diese Maßnahme verhindert einen Druckverlust durch Leckmenge an der Steuerkolbenführung. Somit wird ein Entleeren des Kraftstoffspeichers über den Steuerkolbenspalt verhindert.

Der Systemdruck soll bei abgestelltem Motor höher als der Dampfdruck sein, der der jeweiligen Kraftstofftemperatur entspricht.

Differenzdruckventile

Differenzdruckventile im Kraftstoffmengen-teiler bewirken einen bestimmten Druckabfall an den Steuerschlitzen.

Der Luftmengenmesser hat eine lineare Charakteristik. Das bedeutet, daß bei doppelter Luftmenge der Hub der Stauscheibe doppelt so groß ist. Soll dieser Hub eine Veränderung der Kraftstoffgrundmenge im gleichen Verhältnis zur Folge haben, so muß an den Steuerschlitzen (Bild 15) ein konstanter Druckabfall – unabhängig von der durchströmenden Kraftstoffmenge – sichergestellt sein.

Die Differenzdruckventile halten die Druckdifferenz zwischen Ober- und Unterkammer unabhängig vom Kraftstoffdurchsatz konstant. Der Differenzdruck beträgt in der Regel 0,2 bar. Man erreicht damit eine hohe Zumeßgenauigkeit.

Als Differenzdruckventile werden Flach-sitzventile verwendet. Sie befinden sich

Bild 14: Kraftstoffmengenteiler mit Differenzdruckventilen.

1 Kraftstoffzulauf (Systemdruck), 2 Oberkammer des Differenzdruckventils, 3 Leitung zum Einspritzventil, 4 Steuerkolben, 5 Steuerkante und Steuerschlitz, 6 Ventilmembran, 7 Ventildruckfeder, 8 Unterkammer des Differenzdruckventils, 9 axialer Dichtring, 10 Druckfeder, 11 Kraftstoff vom elektrohydraulischen Drucksteller, 12 Drossel, 13 Rücklaufleitung.

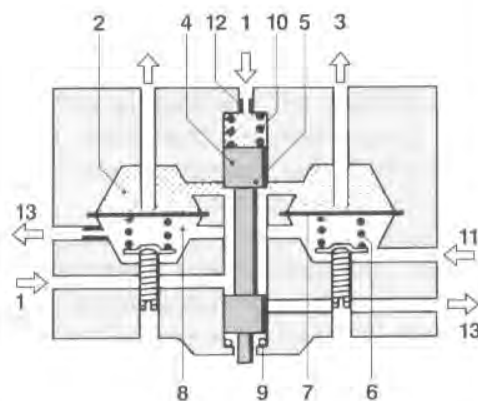
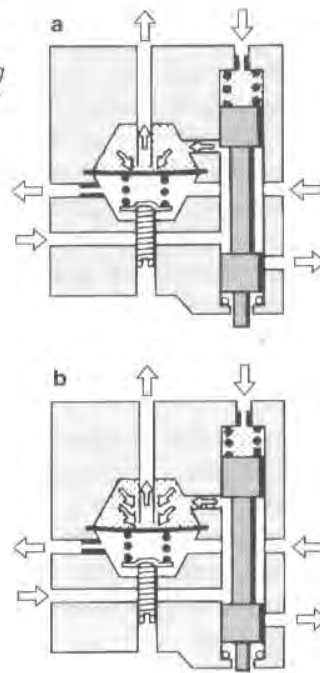


Bild 15: Differenzdruckventil.

a) Stellung bei kleiner Einspritzmenge
b) Stellung bei großer Einspritzmenge



im Mengenteiler und sind je einem Steuerschlitz zugeordnet. Eine Membran trennt die Ober- von der Unterkammer des Ventils (Bilder 14 bis 16).

Die Unterkammern aller Ventile sind durch eine Ringleitung miteinander verbunden, ebenso besteht eine Verbindung mit dem elektrohydraulischen Drucksteller. Der Ventilschlitz befindet sich in der Oberkammer.

Die Oberkammern sind mit je einem Steuerschlitz und je einem Anschluß zum Einspritzventil verbunden. Sie sind gegeneinander abgedichtet. Der Druckabfall an den Steuerschlitz wird durch die Kraft einer Schraubenfeder in der Unterkammer und durch den wirksamen Membrandurchmesser sowie durch den elektrohydraulischen Drucksteller bestimmt.

Strömt eine große Kraftstoffgrundmenge in die Oberkammer, so wölbt sich die Membran nach unten und öffnet den Auslaßquerschnitt des Ventils, bis sich wieder der eingestellte Differenzdruck ergibt. Wird die Durchflußmenge geringer, so verringert sich aufgrund des Kräftegleichgewichts an der Membran

der Ventilquerschnitt, bis sich wieder eine Druckdifferenz von 0,2 bar einstellt. An der Membran herrscht also Kräftegleichgewicht, das für jede Kraftstoffgrundmenge durch Regeln des Ventilquerschnitts aufrechterhalten wird (Bild 15).

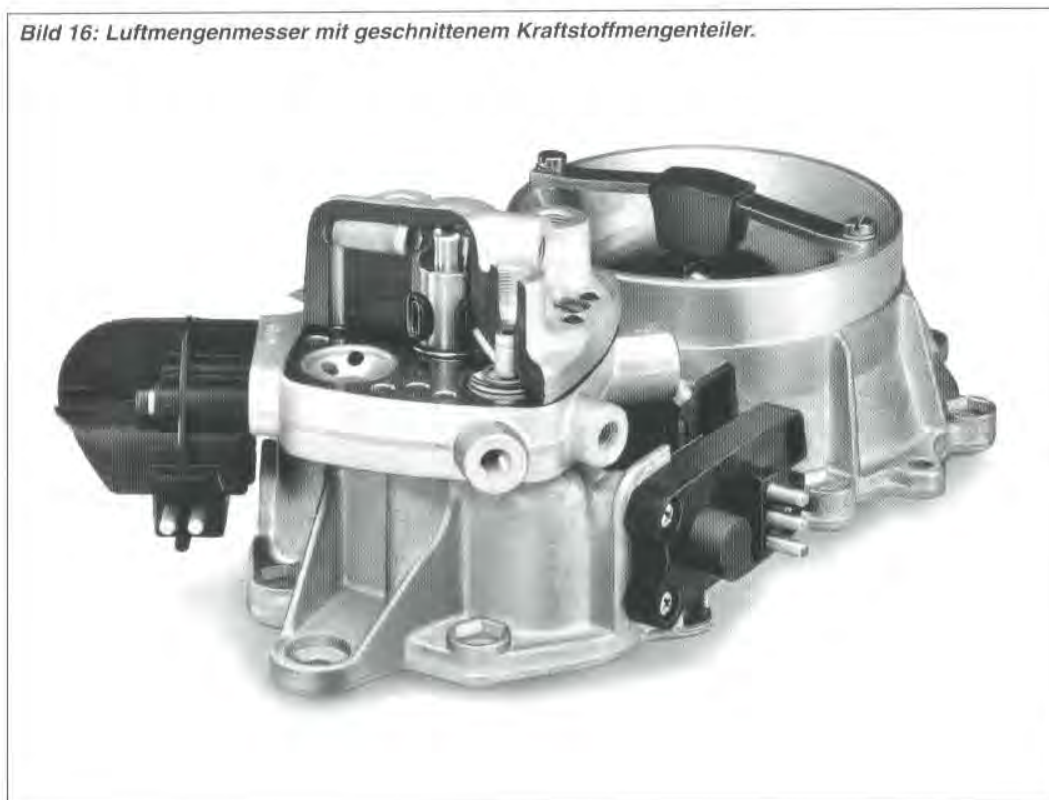
In der Kraftstoffzuleitung zum elektrohydraulischen Drucksteller befindet sich ein weiteres Feinfilter mit einem magnetischen Abscheider für eisenhaltige Verunreinigungen.

Gemischbildung

Die Gemischbildung erfolgt im Saugrohr und im Zylinder des Motors.

Die von den Einspritzventilen kontinuierlich eingespritzte Kraftstoffmenge wird dem Einlaßventil des Motors vorgelagert. Beim Öffnen des Einlaßventils reißt die angesaugte Luftmenge die Kraftstoffwolke mit und bewirkt durch Verwirbelung während des Ansaugtaktes die Bildung eines zündfähigen Gemisches.

Bild 16: Luftmengenmesser mit geschnittenem Kraftstoffmengenteiler.



Anpassung an Betriebszustände

Über die bisher beschriebene Grundfunktion hinaus erfordern bestimmte Betriebszustände korrigierende Eingriffe in die Gemischbildung, um die Leistung, die Abgaszusammensetzung und das Startverhalten sowie das Fahrverhalten zu verbessern.

Durch zusätzliche Sensoren für die Motortemperatur und die Drosselklappenstellung (Lastsignal) kann das Steuergerät der KE-Jetronic diese Anpassungsaufgaben besser erfüllen als ein mechanisches System.

Grundanpassung

Die Grundanpassung des Gemischs an die Betriebsbedingungen Leerlauf, Teillast und Vollast erfolgt durch eine bestimmte Gestaltung des Lufttrichters (Bild 17).

Bei konstanter Form des Lufttrichters ergibt sich über den gesamten Hubbereich (Meßbereich) des Luftmengenmessers ein konstantes Gemisch. Es ist jedoch erforderlich, in bestimmten Betriebsbereichen wie Leerlauf, Teillast und Vollast ein für jeweils diesen Betriebsbereich optimales Gemisch dem Motor zuzuteilen. In der Praxis bedeutet dies fettere Gemische für Leerlauf und Vollast sowie mageres Gemisch für den Teillastbereich. Man erreicht diese Anpassung durch verschiedene Kegelwinkel des Lufttrichters im Luftmengenmesser (Bild 18).

Bildet der Lufttrichter einen flacheren Kegel als die Grundform (die für ein bestimmtes Gemisch, z. B. bei $\lambda = 1$ festgelegt wurde), so ergibt sich ein mageres Gemisch. Bei einem steileren Kegelwinkel wird die Stauscheibe bei der gleichen vom Motor angesaugten Luftmenge weiter angehoben. Dadurch mißt der Steuerkolben mehr Kraftstoff zu, und das Gemisch ist fetter. Der Lufttrichter kann dementsprechend so geformt sein, daß sich je nach Stauscheibenstellung (Leerlauf, Teillast, Vollast) ein unterschiedlich angereichertes Gemisch ergibt. Bei der KE-Jetronic ist der Lufttrichter bevorzugt

so geformt, daß sich im gesamten Arbeitsbereich ein Gemisch mit $\lambda = 1$ einstellt.

Elektronisches Steuergerät

Das elektronische Steuergerät wertet die von den Sensoren gelieferten Daten über den Betriebszustand des Motors aus. Es bildet daraus einen Steuerstrom für den elektrohydraulischen Drucksteller (Bild 19).

Betriebsdatenerfassung

Um über die angesaugte Luftmenge hinaus Kriterien für die notwendige Kraftstoffmenge zu erhalten, muß eine Reihe von Betriebsdaten von Sensoren erfaßt und dem elektronischen Steuergerät gemeldet werden.

Bild 17: Einfluß des Lufttrichter-Kegelwinkels auf die Auslenkung der Stauscheibe bei gleichem Luftdurchsatz.

- a) Grundform des Lufttrichters ergibt Hub h ,
- b) steilere Trichterform – bei gleicher Luftmenge größerer Hub h ,
- c) flachere Trichterform – bei gleicher Luftmenge geringerer Hub h .

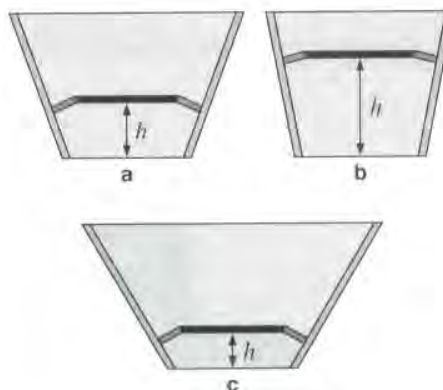


Bild 18: Trichterkorrekturen am Luftmesser.
1 Für Vollast, 2 für Teillast, 3 für Leerlauf.



Tabelle 1. Anpassungen.

Betriebskenngröße	Erfassung durch
Vollast Leerlauf	Drosselklappen- schalter
Drehzahl	Zündauslöse- system (meist im Zündverteiler)
Start	Zünd-Start- Schalter
Motortemperatur	Motortemperatur- sensor
Luftdruck	Barometerdosen- sensor
Gemisch- zusammensetzung	Lambda-Sonde

Die Sensoren sind im Zusammenhang mit der jeweiligen Anpassungsfunktion beschrieben.

Aufbau und Arbeitsweise

Die elektronische Schaltung ist je nach Funktionsumfang in Analogtechnik oder einer Analog-/Digital-Mischtechnik gebaut. Darauf aufbauend kommen die Module für Lambda-Regelung und Leerlaufdrehzahlregelung dazu. Steuergeräte mit größerem Funktionsumfang sind in Digitaltechnik gebaut.

Die auf einer Leiterplatte untergebrachten elektronischen Bauelemente sind integrierte Schaltungen (wie z. B. Operationsverstärker, Komparatoren und Spannungsstabilisator), Transistoren, Dioden, Widerstände und Kondensatoren. Die Leiterplatten sind in das Gehäuse eingeschoben.

Das Gehäuse kann ein Druckausgleichselement haben. Ein 25poliger Stecker verbindet das Steuergerät mit Batterie, Sensoren und Stellglied.

Das Steuergerät verarbeitet die Eingabesignale der Sensoren und berechnet hieraus den Steuerstrom für den elektrohydraulischen Drucksteller.

Spannungsstabilisierung

Das Steuergerät benötigt eine stabile Spannung, die unabhängig von der Bordnetzspannung konstant sein muß.

Mit dieser Spannung wird der von den Motorzustandsgrößen abhängige Strom für den elektrohydraulischen Drucksteller gebildet. Die Stabilisierung der Steuergerätespannung geschieht in einer integrierten Schaltung.

EingangsfILTER

EingangsfILTER filtern aus den Eingangssignalen der Sensoren eventuell vorhandene Störsignale heraus.

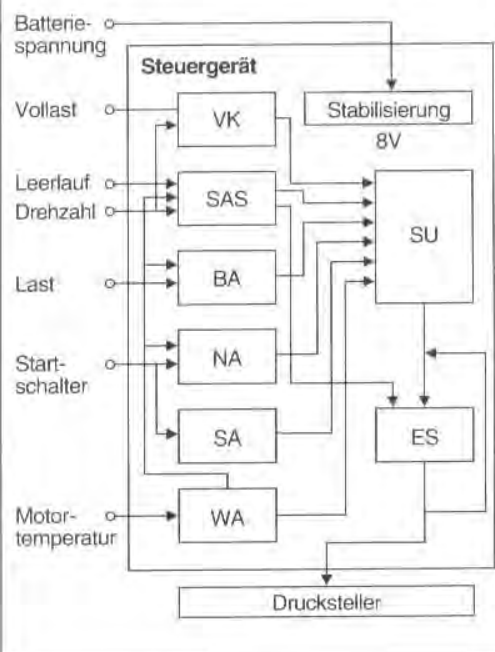
Summierer

Im Summierer werden die ausgewerteten Sensorsignale zusammengefaßt. Die elektrisch aufbereiteten Korrektursignale werden in einer Operationsschaltung summiert und anschließend dem Stromregler zugeführt.

Bild 19: Blockschaltbild eines KE-Jetronic-Steuergerätes in Analogtechnik.

Die Korrektursignale aus den verschiedenen Blöcken werden im Summierer zusammengefaßt, in der Endstufe verstärkt und dem elektrohydraulischen Drucksteller zugeleitet.

VK Vollstarkorrektur
SAS Schubabschaltung
BA Beschleunigungsanreicherung
NA Nachstartanhebung
SA Startanhebung
WA Warmlaufenreicherung
SU Summierer
ES Endstufe



Endstufe

Die Endstufe erzeugt einen Ansteuerstrom für den Drucksteller. Dabei ist es möglich, in den Drucksteller entgegengesetzt gerichtete Ströme zu leiten, um den Druckabfall zu vergrößern oder zu verringern.

Mit einem stetig angesteuerten Transistor läßt sich die Stromstärke im Drucksteller in positiver Richtung beliebig einstellen. In negativer Richtung fließt der Strom bei Schiebetrieb (Schubabschaltung). Dieser Strom beeinflusst den Differenzdruck in den Differenzdruckventilen so, daß die Kraftstoffzufuhr zu den Einspritzventilen unterbunden wird.

Weitere Endstufen

Bei Bedarf sind weitere Endstufen möglich. Damit können Ventile zur Abgasrückführung, ein Nebenschlußquerschnitt zur Drosselklappe für Leerlaufdrehzahlregelung usw. gesteuert werden.

Elektrohydraulischer Drucksteller

Der elektrohydraulische Drucksteller verändert in Abhängigkeit vom Betriebs-

zustand des Motors und dem entsprechend dazu vom Steuergerät gebildeten Stromsignal den Druck in den Unterkammern der Differenzdruckventile. Dadurch verändert sich die den Einspritzventilen zugemessene Kraftstoffmenge.

Aufbau

Der elektrohydraulische Drucksteller ist an den Kraftstoffmengenteiler angebaut (Bild 20) und stellt einen Differenzdruckregler dar, der nach Art eines Düse-Prallplatte-Systems arbeitet und dessen Druckabfall von einem elektrischen Strom gesteuert wird. Zwischen zwei Doppel-Magnetpolen hängt in einem Gehäuse aus nicht magnetischem Material ein Anker in reibungsfreier Spannungslagerung. Diese besteht aus einer Membranplatte aus federelastischem Werkstoff.

Arbeitsweise

In den Magnetpolen und den zugehörigen Luftspalten überlagern sich die Magnetflüsse eines Dauermagneten (gestrichelte Linie im Bild 21) und eines

Bild 20: Elektrohydraulischer Drucksteller am Kraftstoffmengenteiler.

Durch die vom Steuergerät erzielte Beeinflussung der Prallplatte (11) läßt sich der Kraftstoffdruck in den Oberkammern der Differenzdruckventile beeinflussen und somit die zugeteilte Kraftstoffmenge. Auf diese Weise sind Anpassungs- und Korrekturfunktionen möglich.

- 1 Stauklappe
- 2 Kraftstoffmengenteiler
- 3 Kraftstoffzufluß (Systemdruck)
- 4 Kraftstoff zu den Einspritzventilen
- 5 Kraftstoff-Rücklaufleitung zum Druckregler
- 6 Festdrossel
- 7 Oberkammer
- 8 Unterkammer
- 9 Membran
- 10 Drucksteller
- 11 Prallplatte
- 12 Düse
- 13 Magnetpol
- 14 Luftspalt

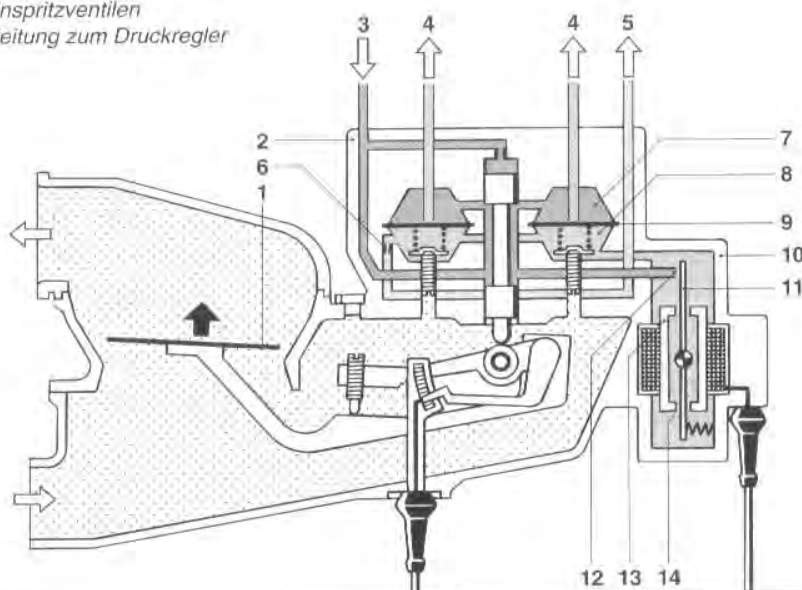
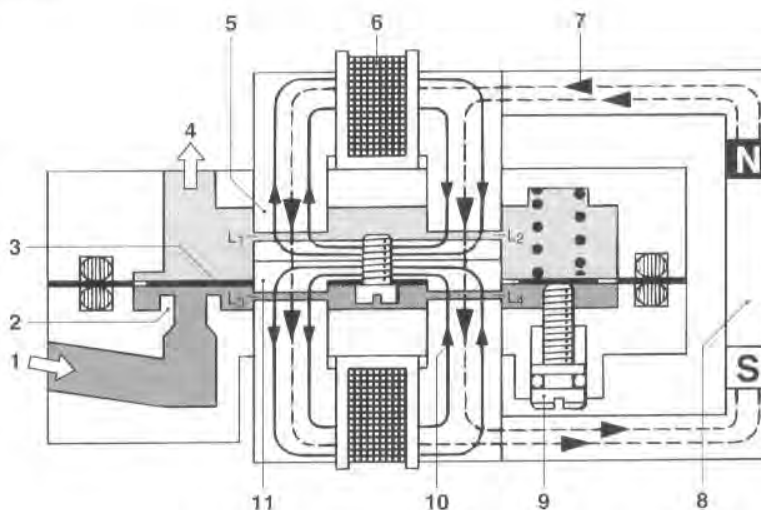


Bild 21: Querschnitt des elektrohydraulischen Druckstellers.

- 1 Kraftstoffzufluß (Systemdruck)
- 2 Düse
- 3 Prallplatte
- 4 Kraftstoffabfluß
- 5 Magnetpol
- 6 Magnetspule
- 7 Dauermagnetfluß
- 8 Permanentmagnet (um 90 Grad in die Zeichenebene gerückt)
- 9 Einstellschraube für Grundmoment
- 10 Elektromagnetfluß
- 11 Anker (L_1 bis L_4 Luftspalte)



Elektromagneten (ausgezogene Linien). Der Dauermagnet liegt real um 90 Grad zur Bildebene versetzt. Die Wege der Magnetflußanteile über die beiden Polpaare sind symmetrisch und gleich lang. Die Magnetflüsse gehen von den Polen über Luftspalte auf den Anker über und von dort durch den Anker hindurch.

In den zwei diagonal zueinander liegenden Luftspalten L_2 , L_3 (Bild 21) addieren sich der dauermagnetische und der elektromagnetische Fluß, in den beiden anderen Luftspalten L_1 , L_4 (Bild 21) subtrahieren sich diese magnetischen Flüsse. Auf den Anker, der die Prallplatte bewegt, wirkt in dem Luftspalt eine Anzugskraft, die proportional zum Quadrat des magnetischen Flusses ist.

Weil der dauermagnetische Fluß konstant und der elektromagnetische Fluß proportional zum elektrischen Strom in der Magnetspule ist, ist das resultierende Drehmoment proportional zum Strom.

Das Grundmoment auf den Anker ist so gewählt, daß sich in stromlosem Zustand des Druckstellers ein Grunddifferenzdruck ergibt, der vorzugsweise $\lambda = 1$ entspricht. So ist bei Stromunterbrechung ein Notfahrbetrieb ohne Korrekturfunktionen sichergestellt.

Der Kraftstoffstrahl, der über die Düse eintritt, versucht die Prallplatte entgegen

den magnetischen und mechanischen Kräften wegzudrücken. Die Druckdifferenz zwischen dem Zulauf- und dem Rücklaufanschluß bei einer Durchströmung, die durch eine in Reihe geschaltete Festschraube bestimmt ist, ist proportional zum elektrischen Strom. Der entsprechend dem Druckstellerstrom veränderbare Druckabfall an der Düse ergibt einen veränderbaren Unterkammerdruck.

Um den gleichen Wert ändert sich der Oberkammerdruck. Dies wiederum bewirkt eine veränderte Differenz zwischen Oberkammer- und Systemdruck (also an den Steuerschlitzen) und stellt somit ein Mittel zum Beeinflussen der zu den Einspritzventilen strömenden Kraftstoffmenge dar.

Infolge der kleinen elektromagnetischen Zeitkonstanten und der geringen zu bewegenden Masse reagiert der Drucksteller sehr schnell auf Stromänderungen an seinen Eingangsklemmen. Kehrt man die Richtung des Stromes um, dann zieht der Anker die Prallplatte von der Düse weg. Dabei fällt am Drucksteller ein Druck von wenigen Hundertstel bar ab. Damit können z. B. Zusatzfunktionen wie Schubabschaltung und Drehzahlbegrenzung mit einer Absperrung der Kraftstoffzuführung zu den Einspritzventilen erfüllt werden.

Kaltstartanreicherung

Abhängig von der Motortemperatur spritzt das Kaltstartventil während des Startens zeitlich begrenzt eine zusätzliche Menge Kraftstoff ein.

Dies geschieht, um beim Kaltstart die Kondensationsverluste des Kraftstoffanteils im angesaugten Gemisch auszugleichen und das Anspringen des kalten Motors zu erleichtern. Dazu gibt das Steuergerät im Start wegen der starken Drehzahlschwankungen und der deshalb fehlerbedingten Luftmengenmessung ein festes Lastsignal vor, das mit einem motortemperaturabhängigen Faktor bewertet ist.

Das Einspritzen dieser zusätzlichen Kraftstoffmenge erfolgt durch das Kaltstartventil in das Sammelsaugrohr. Die Einschaltdauer des Kaltstartventils wird von einem Thermozeitschalter in Abhängigkeit von der Motortemperatur zeitlich begrenzt.

Der beschriebene Vorgang wird Kaltstartanreicherung genannt. Bei der Kaltstartanreicherung wird das Gemisch „fetter“, d. h. die Luftzahl λ ist vorübergehend kleiner als 1.

Kaltstartventil

Das Kaltstartventil (Bild 22) ist ein elektromagnetisch betätigtes Ventil. Im Ventil sitzt die Wicklung des Elektromagneten. In Ruhestellung preßt eine Feder den beweglichen Anker des Elektromagneten gegen eine Dichtung und verschließt damit das Ventil.

Beim Erregen des Elektromagneten gibt der nunmehr vom Ventilsitz abgehobene Magnetanker den Kraftstoffdurchfluß frei. Der Kraftstoff gelangt tangential in eine Düse, die dem Strahl einen Drall verleiht. Die Dralldüse zerstäubt den Kraftstoff besonders fein und reichert die Luft im Sammelsaugrohr hinter der Drosselklappe mit Kraftstoff an. Das Kaltstartventil ist so an das Sammelsaugrohr angebaut, daß eine günstige Verteilung des Luft-Kraftstoff-Gemisches auf alle Zylinder gegeben ist.

Thermozeitschalter

Der Thermozeitschalter begrenzt zeit- und temperaturabhängig die Spritzzeit des Kaltstartventils.

Der Thermozeitschalter (Bild 23) besteht

Bild 22: Kaltstartventil betätigt.

1 Elektrischer Anschluß, 2 Kraftstoffzufluß mit Filtersieb, 3 Ventil (Magnetanker), 4 Magnetwicklung, 5 Dralldüse, 6 Ventilsitz.

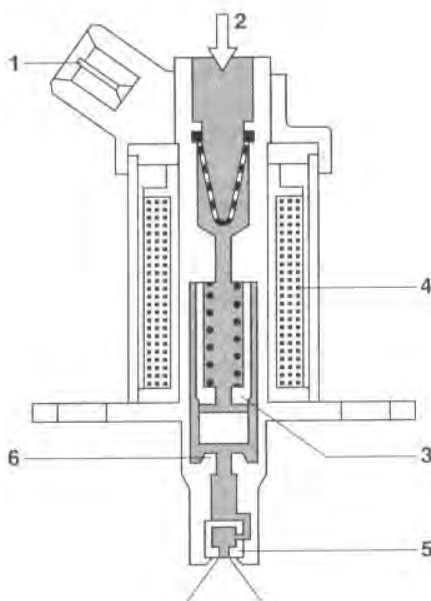
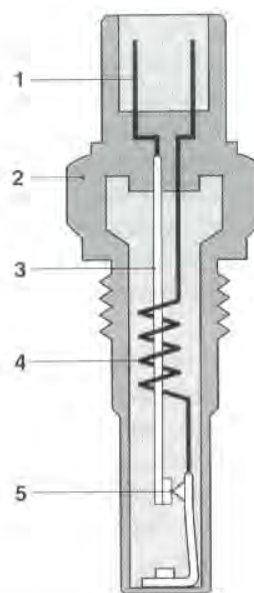


Bild 23: Thermozeitschalter.

1 Elektrischer Anschluß, 2 Gehäuse, 3 Bimetall, 4 Heizwicklungen, 5 elektrischer Kontakt.



aus einem elektrisch beheizten Bimetallstreifen, der in Abhängigkeit von seiner Temperatur einen Kontakt öffnet oder schließt. Die Ansteuerung erfolgt über den Zünd-Start-Schalter. Der Thermozeitschalter ist an einer für die Motortemperatur repräsentativen Stelle befestigt. Der Thermozeitschalter begrenzt beim Kaltstart die Einschaltdauer des Kaltstartventils. Bei länger dauerndem Startvorgang oder wiederholtem Startversuch spritzt das Kaltstartventil nicht mehr ein.

Die Einschaltdauer ist dabei abhängig von der Erwärmung des Thermozeitschalters durch die Motorwärme und durch die in ihm selbst befindliche elektrische Heizung. Diese Eigenheizung ist erforderlich, um die Einschaltdauer des Startventils zu begrenzen und um das Gemisch nicht zu stark anzureichern, damit der Motor nicht „absäuft“.

Beim Kaltstart ist für das Bemessen der Einschaltdauer hauptsächlich die Leistung der Heizwicklungen maßgebend (Abschaltung z. B. bei -20°C nach etwa 7,5 Sekunden).

Bei betriebswarmem Motor erwärmt sich der Thermozeitschalter durch die Motorwärme so weit, daß er ständig geöffnet ist und ein Einschalten des Kaltstartventils verhindert.

Nachstartanreicherung

Das Anreichern mit zusätzlichem Kraftstoff verbessert bei tiefen Temperaturen das Nachstartverhalten.

Die Funktion ist so angepaßt, daß ein einwandfreier Hochlauf bei allen Temperaturen unter Minimierung der Kraftstoffmenge gegeben ist.

Die Nachstartanreicherung ist temperatur- und zeitabhängig; sie wird von einem temperaturabhängigen Anfangswert annähernd linear mit der Zeit zurückgenommen. Die Anreicherungsdauer ist demnach eine Funktion der Temperatur bei Auslösebeginn.

Das Steuergerät hält die von der Motortemperatur abhängige Anreicherung des Gemisches etwa 4,5 Sekunden auf ihrem Maximalwert und regelt dann ab, nach einem Start bei 20°C innerhalb 20 Sekunden.

Motortemperatursensor

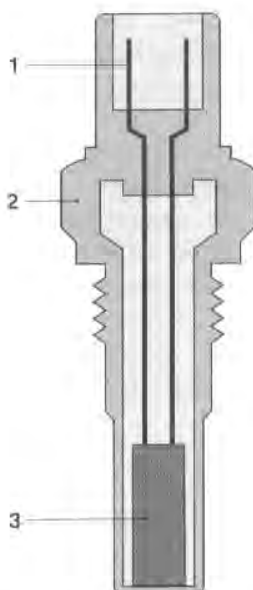
Der Motortemperatursensor mißt die Motortemperatur und gibt ein elektrisches Signal an das Steuergerät.

Der Motortemperatursensor (Bild 24) ist bei luftgekühlten Motoren in den Motorblock eingeschraubt. Bei wassergekühlten Motoren ragt er in das Kühlmittel.

Der Sensor „meldet“ den der jeweiligen Temperatur entsprechenden elektrischen Widerstand an das Steuergerät, das über den elektrohydraulischen Drucksteller die einzuspritzende Kraftstoffmenge im Nachstart und beim Warmlaufen des Motors anpaßt. Der Temperatursensor besteht aus einem NTC-Widerstand, der in eine Gewindehülse eingebettet ist.

NTC bedeutet Negativer Temperaturkoeffizient und charakterisiert damit seine Eigenschaft: Der aus einem Halbleitermaterial hergestellte Widerstand verringert bei steigender Temperatur seinen elektrischen Widerstand.

Bild 24: Motortemperatursensor.
1 Elektrischer Anschluß, 2 Gehäuse,
3 NTC-Widerstand.



Warmlaufenreicherung

Während des Warmlaufs erhält der Motor, abhängig von Temperatur, Last und Drehzahl, zusätzlichen Kraftstoff.

Der Motortemperatursensor erfaßt die Kühlmitteltemperatur und meldet sie dem Steuergerät. Es setzt sie in einen entsprechenden Steuerstrom für den Drucksteller um. Dabei ist das Anpassen über den elektrohydraulischen Drucksteller so vorgesehen, daß sich bei allen Temperaturen bei möglichst geringem Anfeften ein einwandfreier Verbrennungsablauf einstellt.

Beschleunigungsanreicherung

Während des Beschleunigens bei nicht betriebswarmem Motor mißt die KE-Jetronic zusätzlich Kraftstoff zu.

Öffnet sich die Drosselklappe plötzlich, so magert das Luft-Kraftstoff-Gemisch kurzzeitig ab. Es bedarf einer kurzzeitigen Gemischanreicherung, um ein gutes Übergangsverhalten zu erzielen.

Das Steuergerät erkennt bei kaltem Motor aus der zeitlichen Veränderung des Lastsignals, ob ein Beschleunigungsvorgang vorliegt und löst in diesem Fall eine Beschleunigungsanreicherung aus. Damit läßt sich ein „Beschleunigungsloch“ vermeiden. Bei kaltem Motor ist wegen der weniger guten Gemischaufbereitung und eventueller Saugrohrbeheizung eine zusätzliche Anreicherung erforderlich.

Der Größtwert der Beschleunigungsanreicherung ist eine Funktion der Temperatur. Bei der Auslösung dieser Beschleunigungsanreicherung entsteht ein nadelförmiger Anreicherungsimpuls mit einer Dauer von etwa 1 Sekunde. Die Beschleunigungsanreicherung wird bei $\leq 80^\circ\text{C}$ ausgelöst. Die Anreicherungsrate ist um so höher, je kälter der Motor ist; sie ist zusätzlich von der zeitlichen Laständerung abhängig.

Die Gasgebegeschwindigkeit wird aus der gegenüber der Drosselklappenbewegung nur geringfügig verzögerten Stauscheibenbewegung des Luftmengenmessers abgeleitet. Dieses Signal, das der zeitlichen Änderung der angesaugten Luftmenge, also etwa der Motor-

leistung, entspricht, erfaßt das Potentiometer im Luftmengenmesser und liefert es an das elektronische Steuergerät, das den Drucksteller entsprechend beeinflusst.

Die Kennlinie des Potentiometers ist nicht linear. Dadurch ist das Beschleunigungssignal bei Bewegung aus der Leerlaufstellung heraus am größten; es nimmt mit zunehmender Motorleistung ab. So läßt sich der Schaltungsaufwand im elektronischen Steuergerät verringern.

Stauscheiben-Potentiometer

Das Potentiometer im Luftmengenmesser (Bild 25) ist in Schichttechnik auf Keramikbasis aufgebaut.

Ein Bürstenschleifer gleitet über die Potentiometerbahn. Das Bürstchen besteht aus mehreren feinen Drähten, die an einen Hebel angeschweißt sind. Die einzelnen Drähte üben nur einen geringen Druck auf die Widerstandsbahn aus, so daß ein Verschleiß äußerst niedrig bleibt. Infolge der Mehrzahl der Drähte gewährleistet der Schleifer auch bei rauher Widerstandsoberfläche und bei sehr schnellen Bewegungen einen guten elektrischen Kontakt.

Der Hebel des Potentiometers ist auf der Achse des Stauscheibenhebels befestigt. Von der Achse ist der Hebel elektrisch isoliert. Die Schleiferspannung greift ein zweiter Bürstenschleifer ab, der mit dem Hauptschleifer elektrisch verbunden ist.

Der Schleifer kann über den Meßbereich hinaus nach beiden Seiten so weit überlaufen, daß bei Saugrohrückschlägen eine Beschädigung ausgeschlossen ist. Zum Schutz gegen Beschädigung durch Kurzschluß liegt in Reihe zum Schleifer ein elektrischer Festwiderstand, der ebenfalls in Schichttechnik ausgeführt ist.

Vollstanreicherung

Bei Vollast gibt der Motor sein größtes Drehmoment ab. Hierzu muß das Luft-Kraftstoff-Gemisch gegenüber der Teillast angereichert werden.

Gegenüber Teillast, bei der ein Abstimmen auf minimalen Verbrauch unter Einhalten der Emissionswerte im Vordergrund steht, wird bei Vollast das Luft-Kraftstoff-Gemisch angefettet. Diese Anreicherung ist drehzahlabhängig programmiert und ermöglicht über den gesamten Drehzahlbereich ein maximales Drehmoment. Dadurch ist gleichzeitig auch eine verbrauchsoptimierte Vollast möglich.

Die KE-Jetronic reichert bei Vollast z. B. in den Drehzahlbereichen 1500...3000 min^{-1} und oberhalb 4000 min^{-1} an. Ein Vollastschalter an der Drosselklappe oder ein Mikroschalter am Gasgestänge liefert das Vollastsignal. Die Drehzahlinformation kommt von der Zündanlage. Das elektronische Steuergerät errechnet hieraus die zur Anreicherung notwendige Mehrmenge, die der Drucksteller am Mengenteiler bewirkt.

Drosselklappenschalter

Der Drosselklappenschalter meldet die Drosselklappenstellung „Leerlauf“ und „Vollast“ an das Steuergerät weiter. Der Drosselklappenschalter (Bild 26) ist am

Drosselklappenstutzen befestigt. Die Drosselklappenwelle, auf der die Drosselklappe sitzt, betätigt den Schalter. In den Endstellungen Leerlauf und Vollast schließt jeweils ein Kontakt.

Bild 26: Drosselklappenschalter.

1 Vollastkontakt, 2 Schaltkulisze, 3 Drosselklappenwelle, 4 Leerlaufkontakt, 5 elektrischer Anschluß.

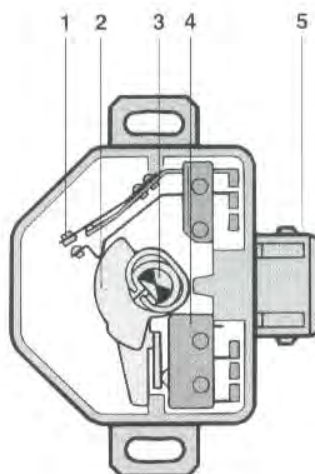


Bild 25: Potentiometer zur Ermittlung der Stauscheibenstellung.

1 Abgriffbürste, 2 Hauptbürste, 3 Schleiferhebel, 4 Potentiometerplatte (aus der Bildebene gerückt), 5 Gehäuse des Luftmengenmessers, 6 Luftmengenmesser-Achse.

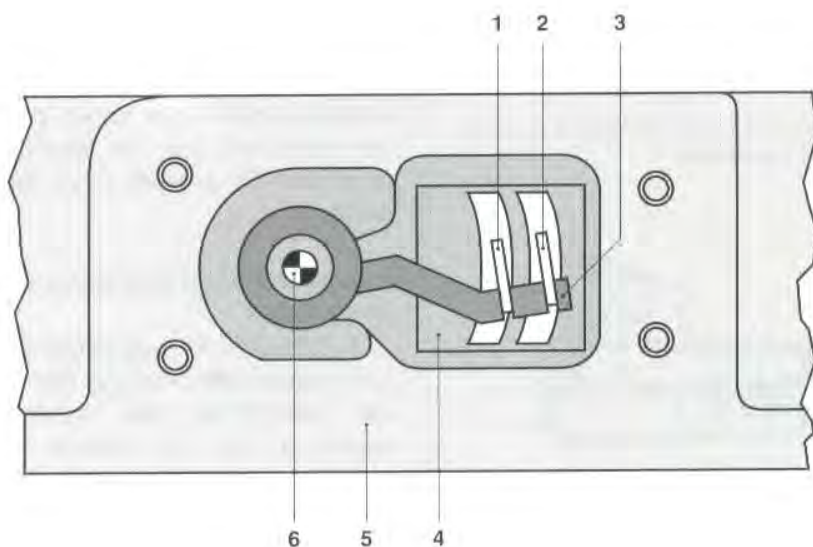


Bild 27: Zusatzluftschieber (Querschnitt).
1 Blendenöffnung, 2 Lagerbolzen, 3 elektrische Heizung.
4 Luftkanal, 5 Lochblende.
Oben: Luftkanal teilweise von Lochblende freigegeben.
Unten: Lochblende verschließt den Luftkanal, weil der Motor die entsprechende Betriebstemperatur erreicht hat.

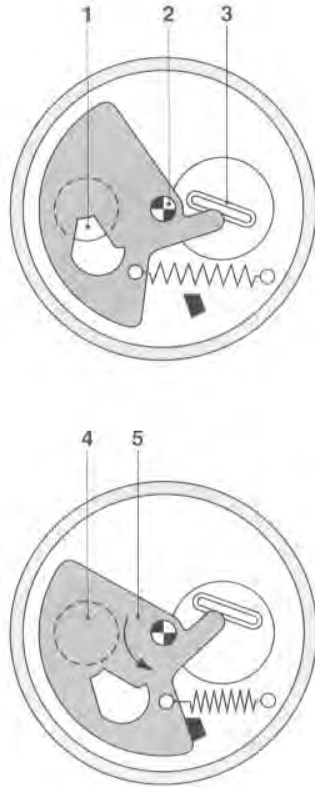
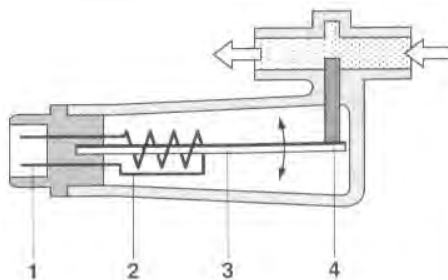


Bild 28: Elektrisch beheizter Zusatzluftschieber.
1 Elektrischer Anschluß, 2 elektrische Heizung, 3 Bimetall, 4 Lochblende.



Steuerung der Leerlaufdrehzahl durch Zusatzluftschieber

Um einen runden Leerlauf bei kaltem Motor zu erzielen, wird die Leerlaufdrehzahl angehoben. Dies dient außerdem dem raschen Erwärmen des Motors. Ein Zusatzluftschieber, der als Bypass zur Drosselklappe geschaltet ist, leitet abhängig von der Motortemperatur Zusatzluft zum Motor. Diese Zusatzluft wird beim Messen der Luftmenge berücksichtigt, und die KE-Jetronic teilt dem Motor mehr Kraftstoff zu. Ein genaues Anpassen ist mit einem elektrisch beheizten Zusatzluftschieber gegeben. Dabei bestimmt die Motortemperatur die Anfangsmenge der Zusatzluft und die elektrische Beheizung im wesentlichen die zeitlich gesteuerte Zurücknahme dieser Menge.

Zusatzluftschieber

Eine Lochblende steuert im Zusatzluftschieber (Bilder 27, 28 und 30), betätigt durch ein Bimetall, den Querschnitt der Umgehungsleitung (Bypass). Der Öffnungsquerschnitt dieser Lochblende stellt sich in Abhängigkeit von der Temperatur so ein, daß beim Kaltstart ein entsprechend großer Querschnitt freigegeben ist, der sich bei zunehmender Motortemperatur stetig verringert und schließlich geschlossen ist. Das Bimetall ist elektrisch beheizt und verringert mit der Zeit den Öffnungsquerschnitt des Zusatzluftschiebers vom temperaturabhängigen Anfangswert. Der Einbauort des Zusatzluftschiebers ist so gewählt, daß er möglichst gut die Motortemperatur annimmt. Er arbeitet nicht bei warmem Motor.

Leerlaufdrehzahlregelung durch Drehsteller

Zur Leerlaufdrehzahlregelung ist die Luftmenge oder Füllung die vorteilhafteste Stellgröße. Die Leerlaufdrehzahlregelung über die Füllung (auch Leerlauf-Füllungsregelung genannt) erlaubt eine stabile niedrige und damit verbrauchssparende Leerlaufdrehzahl, die sich über die Lebensdauer des Fahrzeugs nicht ändert.

Eine zu hohe Leerlaufdrehzahl erhöht den Leerlaufverbrauch und damit den Gesamtverbrauch des Fahrzeugs. Dieses Problem löst die Leerlaufdrehzahlregelung, bei der die Gemischmenge jeweils der Menge entspricht, die für das Aufrechterhalten der Leerlaufdrehzahl bei der jeweiligen Belastung (z. B. kalter Motor und erhöhte Reibung) erforderlich ist. Weiter erreicht man konstante Abgasemissionswerte auf lange Zeit ohne Einstellung des Leerlaufs. Die Leerlaufdrehzahlregelung kompensiert teilweise auch alterungsbedingte Veränderungen des Motors und sorgt für einen über die Lebensdauer stabilen Leerlauf des Motors (Bild 29).

Ein Leerlaufdrehsteller öffnet einen Bypass zur Drosselklappe. Je nach Ansteuerung des Drehstellers ergibt sich ein bestimmter Öffnungsquerschnitt. Da die KE-Jetronic diese Zusatzluft mit der Stauklappe erfaßt, ändert sich auch die Einspritzmenge entsprechend. Die Leerlaufdrehzahlregelung stabilisiert die Leerlaufdrehzahl wirkungsvoll, da sie im Gegensatz zu sonst üblichen Leerlaufstellungen einen Soll-Ist-Vergleich vornimmt und bei entsprechendem Unterschied korrigierend eingreift.

Leerlaufdrehsteller

Der Leerlaufdrehsteller ersetzt den Zusatzluftschieber und übernimmt zusätz-

lich zur Leerlaufdrehzahlregelung auch die Funktion des Zusatzluftschiebers. Der Leerlaufdrehsteller teilt dem Motor über einen Bypass zur Drosselklappe mehr oder weniger Luft zu, je nach Abweichung der augenblicklichen Leerlaufdrehzahl von der Solldrehzahl.

Das elektronische Steuergerät der KE-Jetronic liefert dem Leerlaufdrehsteller (Bilder 30 und 31), abhängig von der Motordrehzahl und -temperatur, ein Steuersignal. Daraufhin verändert der Drehschieber im Leerlaufdrehsteller den Bypassquerschnitt.

Der Leerlaufdrehsteller hat einen Drehmagnetantrieb, bestehend aus Spule und Magnetkreis, und einen begrenzten Drehwinkel von 60 Grad. Der auf der Ankerwelle befestigte Drehschieber öffnet den Luft-Bypasskanal so weit, daß die geforderte Leerlaufdrehzahl sich unabhängig von der Belastung des Motors einstellt.

Die Regelschaltung im elektronischen Steuergerät, das die erforderliche Information über die Istdrehzahl vom Drehzahlgeber erhält, vergleicht diese mit der programmierten Solldrehzahl und verändert über die Ansteuerung des Drehstellers so lange den Luftdurchsatz, bis Solldrehzahl und Istdrehzahl übereinstimmen.

Bei warmem, unbelastetem Motor stellt der Öffnungsquerschnitt sich nahe dem unteren Grenzwert ein.

Bild 29: Regelkreis Leerlaufdrehzahlregelung.

- 1 Regelstrecke: Motor
- 2 Regelgröße: Drehzahl n
- 3 Regler: Reglergerät (liefert Ansteuerung U_V)
- 4 Stellglied: Leerlaufdrehsteller
- 5 Stellgröße: Bypassquerschnitt (Ansaug-Volumen V_G)
- 6 Hilfssteuergröße: Motortemperatur (t_M)
- 7 Hilfssteuergröße: Drosselklappenendstellung ($\alpha = 0$)

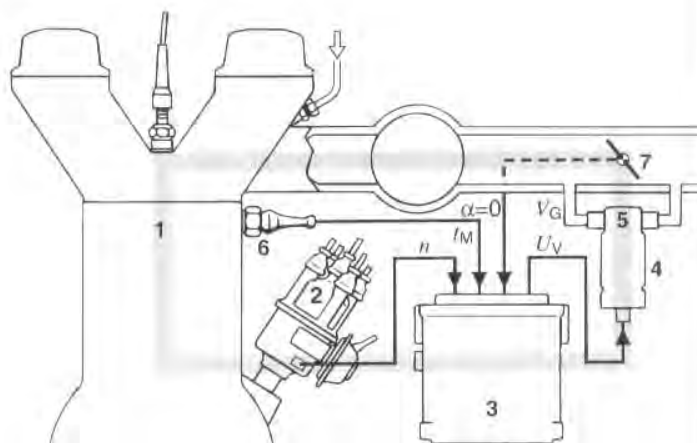


Bild 30: Leerlaufdrehsteller (links) für Leerlaufdrehzahlregelung und Zusatzluftschieber mit Temperatursensor (rechts) für Leerlaufsteuerung.



Weitere Eingangssignale des Steuergerätes wie Temperatur und Stellung des Drosselklappenschalters sorgen dafür, daß ein Fehlverhalten bei tiefen Temperaturen und Drehzahländerungen durch Gasgeben ausgeschlossen ist.

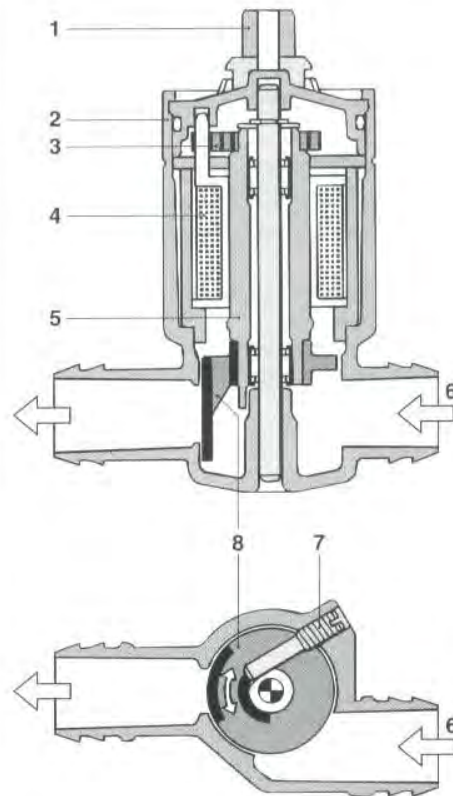
Das Steuergerät wandelt die Drehzahlimpulse in Spannungssignale um und vergleicht sie mit einer der Solldrehzahl entsprechenden Spannung. Aus der Differenzspannung bildet das Steuergerät ein Ansteuerungssignal und führt es dem Leerlaufdrehsteller zu.

Die Wicklung der Spule wird mit einem pulsierenden Gleichstrom beaufschlagt und bewirkt am Drehanker ein Drehmoment, das gegen die Rückstellfeder wirkt. Je nach Stromstärke stellt sich ein bestimmter Öffnungsquerschnitt ein.

Im stromlosen Zustand, der zum Beispiel bei einer Störung am Fahrzeug auftreten kann, wird der Drehschieber durch die Kraft der Rückstellfeder gegen einen einstellbaren Anschlag gedrückt und gibt einen Notquerschnitt frei. Bei maximalem Tastverhältnis ist der Querschnitt ganz geöffnet.

Bild 31: Leerlaufdrehsteller (Einwicklungs-drehsteller).

- 1 Elektrischer Anschluß,
- 2 Gehäuse,
- 3 Rückstellfeder,
- 4 Spule,
- 5 Drehanker,
- 6 Luftkanal am Bypass zur Drosselklappe,
- 7 einstellbarer Anschlag,
- 8 Drehschieber.



Ergänzungsfunktionen

Schubabschaltung

Schubabschaltung ist das vollständige Unterbrechen des Kraftstoffzuflusses zum Motor im Schiebebetrieb, um beim Bergabfahren und Bremsen (also auch im Stadtverkehr) den Kraftstoffverbrauch und die Abgasemission zu vermindern. Da kein Kraftstoff verbrennt, entstehen auch keine schädlichen Abgase.

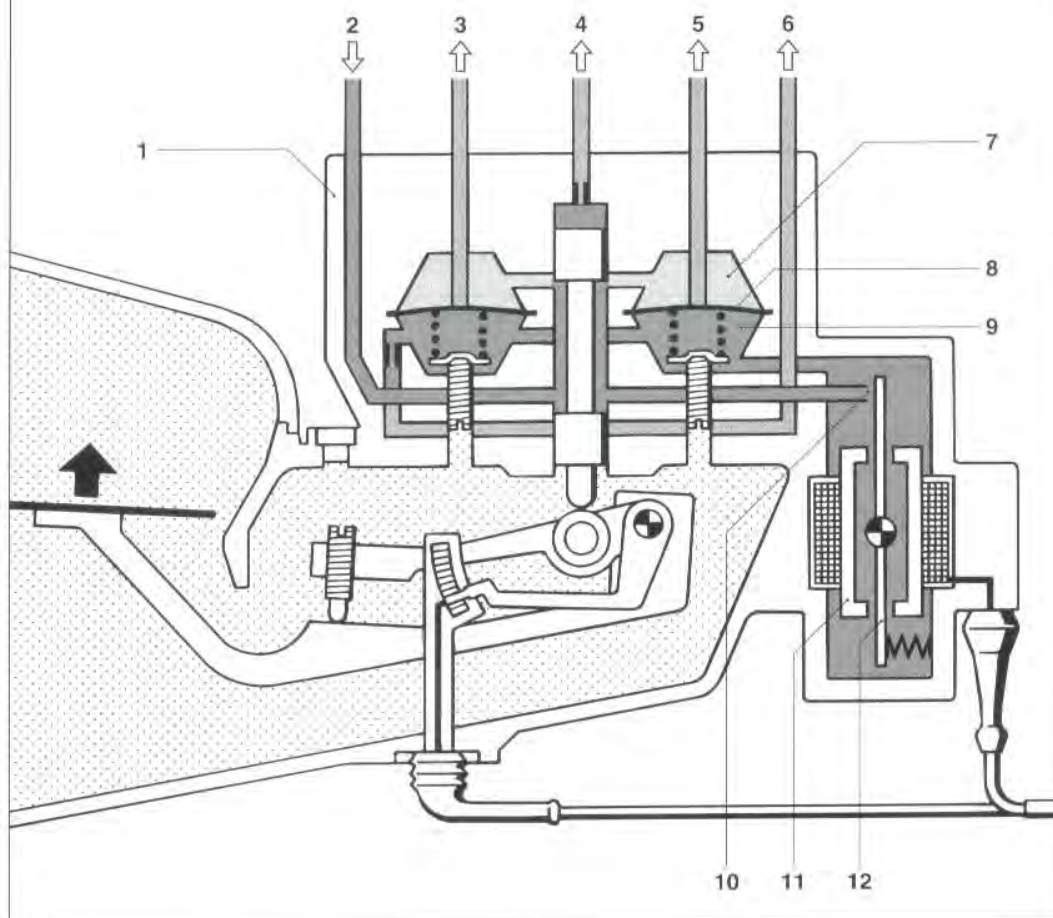
Nimmt der Fahrer während der Fahrt den Fuß vom Gaspedal, geht die Drosselklappe zurück in die Nulllage. Der Drosselklappenschalter meldet dem Steuergerät „Drosselklappe zu“. Gleichzeitig erhält das Steuergerät von der Zündanlage die Drehzahlinformation. Liegt die Ist-drehzahl im Arbeitsbereich der Schubab-

schaltung (also über der Leerlaufdrehzahl), dann kehrt das Steuergerät die Stromrichtung im elektrohydraulischen Drucksteller um. Der Druckabfall am Steller ist dann fast Null. Im Kraftstoffmengenteiler drücken jetzt die Federn in den Unterkammern der Differenzdruckventile diese Ventile (Bild 32) zu und sperren damit die Kraftstoffzufuhr zu den Einspritzventilen.

Die Schubabschaltung, die wegen des kontinuierlichen Einspritzens der Einspritzventile ruckfrei arbeitet, spricht abhängig von der Kühlmitteltemperatur an. Um ständiges Ein- und Ausschalten bei einer bestimmten Drehzahl zu vermeiden, liegt je nach Richtung der Drehzahlveränderung ein unterschiedlicher Schaltpunkt fest.

Bild 32: Kraftstoffmengenteiler bei Schubabschaltung.

1 Kraftstoffmengenteiler, 2 Kraftstoffzulauf, 3 und 5 Zulaufe zu den Einspritzventilen, 4 zum Kaltstartventil, 6 zum Systemdruckregler, 7 Oberkammer, 8 Membran (schließt 3 und 5 Zulaufe zu den Einspritzventilen), 9 Unterkammer, 10 Düse, 11 Magnetpol, 12 Prallplatte.



Für den warmen Motor liegen die Schwellen möglichst tief, damit möglichst viel Kraftstoff eingespart wird. Bei niedriger Kühlmitteltemperatur steigen die Schwellenwerte an, damit der kalte Motor auch bei plötzlichem Auskuppeln nicht zum Stehen kommt (Bild 33).

Drehzahlbegrenzung

Die Drehzahlbegrenzung sperrt beim Erreichen der maximal zulässigen Motordrehzahl die Kraftstoffzufuhr zu den Einspritzventilen.

Bei der bisher üblichen Drehzahlbegrenzung zum Schutz des Motors vor Überdrehen schließt ein Zündverteilerläufer mit Drehzahlbegrenzer beim Erreichen einer festgelegten Höchstdrehzahl die Zündung kurz.

Diese Methode ist heute aus Gründen der Abgasemission und Kraftstoffeinsparung zugunsten der elektronischen Drehzahlbegrenzung durch Abschalten der Kraftstoffeinspritzung in den Hintergrund getreten. Durch Stromrichtungsänderung im elektrohydraulischen Drucksteller entfernt sich die Prallplatte von der Düse. Der Druckabfall geht gegen Null und die Membranen in den Differenzdruckventilen sperren die Kraftstoffzufuhr zu den Einspritzventilen. Es tritt der gleiche Ablauf wie bei der Schubabschaltung ein. Das elektronische

Steuergerät, das die Istdrehzahl mit einer programmierten oberen Drehzahl n_0 vergleicht, unterbindet die Kraftstoffeinspritzung beim Überschreiten der maximalen Drehzahl. Es stellt sich ein Drehzahlbereich von ± 80 Umdrehungen je Minute um die Höchstdrehzahl ein (Bild 34). Die elektronisch gesteuerte Drehzahlbegrenzung schützt den Motor vor Überdrehen und begrenzt gleichzeitig Kraftstoffverbrauch und Abgasemission.

Gemischanpassung in großer Höhe

In größerer Höhe entspricht der gemessene Volumenstrom infolge der geringen Luftdichte nur einem geringeren Luftmengenstrom. Diese Abweichung kann die KE-Jetronic (Bild 35) je nach Erweiterungsstufe kompensieren, indem sie die Kraftstoffmenge korrigiert. Damit läßt sich ein Überfetten mit zu hohem Kraftstoffverbrauch vermeiden.

Die Höhenkorrektur übernimmt ein Sensor, der den Luftdruck erfaßt. Entsprechend dem momentan herrschenden Luftdruck gibt der Sensor ein Signal an das Steuergerät, das daraufhin den Druckstellerstrom verändert und somit über den Unterkammerdruck den Differenzdruck an den Zumeßschlitzen (also die Kraftstoffmenge). Auch kontinuierliches Verstellen der Einspritzmenge bei sich änderndem Luftdruck ist möglich.

Bild 33: Mindestdrehzahl der Schubabschaltung, abhängig von der Kühlmitteltemperatur.

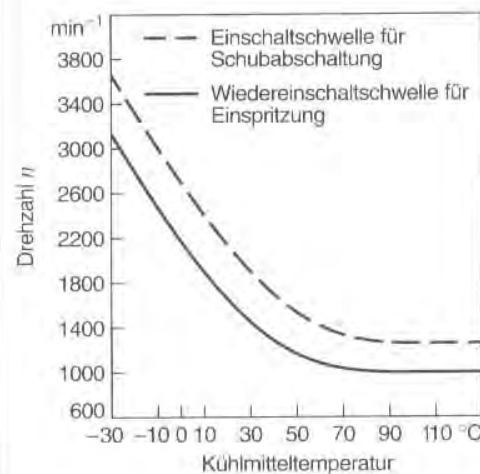
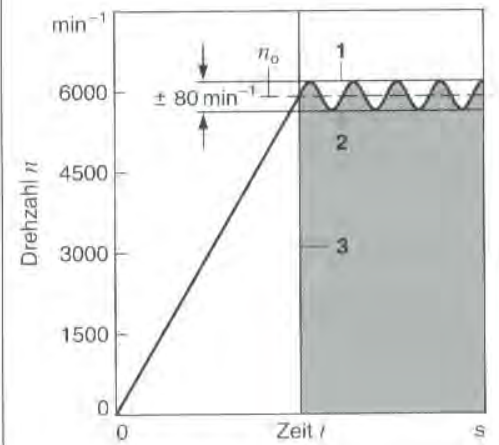


Bild 34: Begrenzen der maximalen Drehzahl n_0 durch Absperren der Kraftstoffzufuhr.

1 Einspritzung „Aus“, 2 Einspritzung „Ein“, 3 Drehzahlbegrenzung „Ein“.



Lambda-Regelung

Mit der Lambda-Regelung kann die Luftzahl sehr genau bei $\lambda = 1$ eingehalten werden.

Die Lambda-Regelung ist eine aufschaltbare Funktion, die im Prinzip jede elektronisch beeinflussbare Gemischsteuerung ergänzen kann.

Die Lambda-Regelung bietet sich insbesondere auch in Verbindung mit der KE-Jetronic an. Das Signal der Lambda-Sonde wird im bereits vorhandenen Steuergerät verarbeitet, und der erforderliche Regeleingriff zur Korrektur der Kraftstoffzuteilung erfolgt über den Drucksteller.

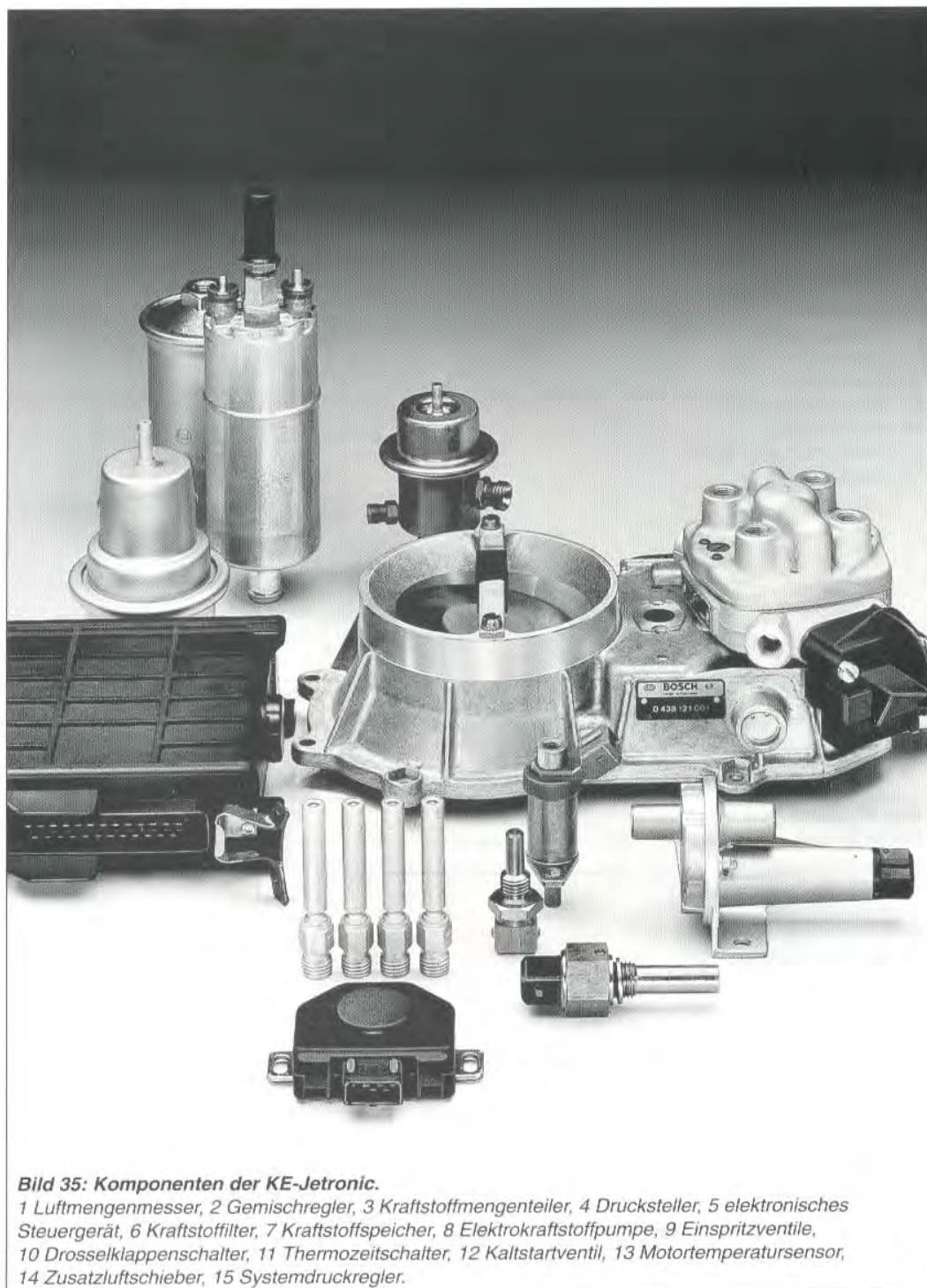


Bild 35: Komponenten der KE-Jetronic.

1 Luftmengenmesser, 2 Gemischregler, 3 Kraftstoffmengenteiler, 4 Drucksteller, 5 elektronisches Steuergerät, 6 Kraftstofffilter, 7 Kraftstoffspeicher, 8 Elektrokraftstoffpumpe, 9 Einspritzventile, 10 Drosselklappenschalter, 11 Thermozeitschalter, 12 Kaltstartventil, 13 Motortemperatursensor, 14 Zusatzluftschieber, 15 Systemdruckregler.

Elektrische Schaltung

Kommt der Motor bei eingeschalteter Zündung zum Stillstand, so schaltet eine Sicherheitsschaltung die Elektrokraftstoffpumpe aus.

Die KE-Jetronic verfügt über elektrische Komponenten wie Elektrokraftstoffpumpe, Zusatzluftschieber, Kaltstartventil und Thermozeitschalter. Die Betätigung dieser Komponenten erfolgt über ein Steuerrelais, das vom Zünd-Start-Schalter geschaltet wird.

Neben Schaltaufgaben hat das Steuerrelais eine Sicherheitsfunktion. Eine häufig verwendete Schaltungsvariante ist nachfolgend beschrieben.

Funktion

Beim Kaltstart des Motors legt der Zünd-Start-Schalter über Klemme 50 Spannung an das Kaltstartventil und den Thermozeitschalter (Bilder 36 und 37). Dauert der Startvorgang länger als ca. 8 bis 15 Sekunden, so schaltet der Thermozeitschalter das Kaltstartventil aus, damit der Motor nicht „absäuft“. Der Thermozeitschalter erfüllt in diesem Falle eine Zeitschalterfunktion.

Liegt die Motortemperatur beim Starten des Motors über ca. +35 °C, so hat der Thermozeitschalter die Verbindung zum Kaltstartventil bereits geöffnet, und das Kaltstartventil spritzt keinen zusätzlichen

Bild 36: Schaltung im Ruhezustand (ohne Steuergerät).

- K1 Thermozeitschalter
- K2 Steuerrelais
- S1 Zünd-Start-Schalter
- Y1 Kaltstartventil
- Y2 Elektrokraftstoffpumpe
- Y3 Zusatzluftschieber

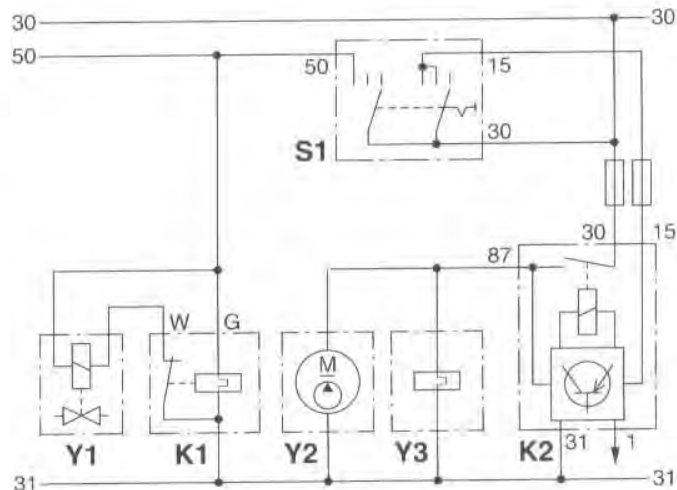
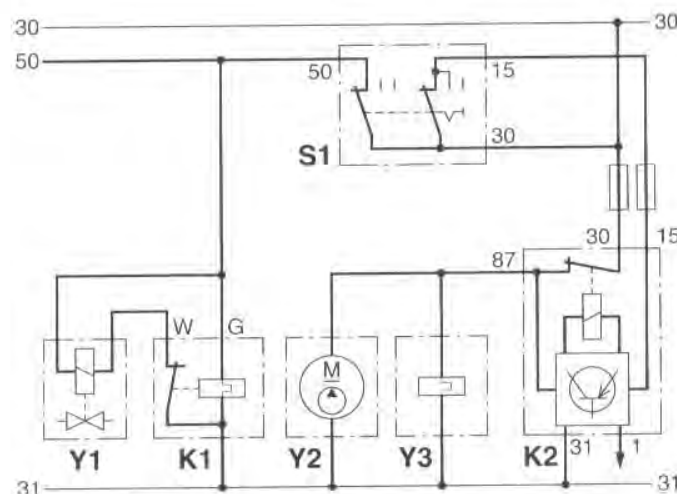


Bild 37: Starten (kalter Motor).

- Kaltstartventil und Thermozeitschalter sind eingeschaltet.
- Motor dreht sich (Impulse von Klemme 1 der Zündspule).
- Steuerrelais, Elektrokraftstoffpumpe und Zusatzluftschieber sind eingeschaltet.



Kraftstoff ein. Der Thermozeitschalter wirkt in diesem Falle als Thermoschalter. Weiterhin legt der Zünd-Start-Schalter beim Starten Spannung an das Steuerrelais, das sich einschaltet, sobald der Motor läuft. Die beim Durchdrehen des Motors durch den Starter erreichte Drehzahl reicht dazu bereits aus. Als Kennzeichen für den Lauf des Motors dienen die Impulse von Klemme 1 der Zündspule.

Eine elektronische Schaltung im Steuerrelais wertet diese Impulse aus. Nach dem ersten Impuls schaltet das Steuerrelais ein und legt Spannung an die Elektrokraftstoffpumpe und den Zusatzluftschieber. Das Steuerrelais bleibt ein-

geschaltet, solange die Zündung eingeschaltet ist, und der Motor läuft (Bild 38).

Bleiben die Impulse von Klemme 1 der Zündspule aus, weil der Motor zum Stehen kommt (zum Beispiel bei einem Unfall), dann schaltet das Steuerrelais etwa 1 Sekunde nach dem letzten Impuls ab. Diese Sicherheitsschaltung verhindert, daß die Elektrokraftstoffpumpe trotz stehendem Motor und eingeschalteter Zündung weiter Kraftstoff fördert (Bild 39).

Bild 38: Betrieb.

Zündung eingeschaltet,
Motor läuft.
Steuerrelais, Elektro-
kraftstoffpumpe und
Zusatzluftschieber
sind eingeschaltet.

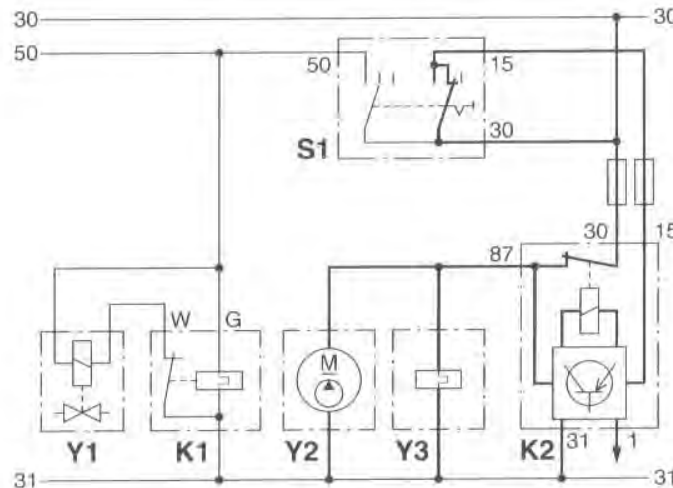
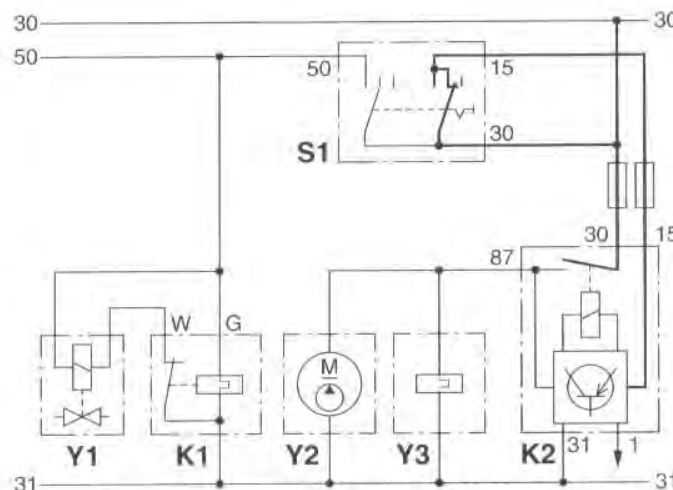


Bild 39: Zündung

eingeschaltet,
Motor läuft nicht.
Keine Impulse von
Klemme 1 der Zündspule.
Steuerrelais, Elektro-
kraftstoffpumpe und
Zusatzluftschieber
sind ausgeschaltet.



Werkstattprüftechnik

Bosch-Kundendienst

Die Qualität eines Produkts wird auch an der Qualität des Kundendienstes gemessen. Mehr als 10 000 Bosch-Kundendienststellen in 125 Ländern sind für den Autofahrer da – neutral und ohne Bindung an eine Fahrzeugmarke. Selbst in dünn besiedelten Ländern Afrikas und Südamerikas kann man mit schneller Hilfe rechnen. Und auch hier gelten die selben Qualitätsstandards wie in Deutschland. Da versteht es sich von selbst, daß die Garantie auf Kundendienstleistungen weltweit gilt.

Damit die exakt auf Motor und Fahrzeug abgestimmten Daten und Leistungswerte der Bosch-Aggregate und -Systeme auch im Betrieb genau geprüft werden können, entwickelt Bosch jeweils die entsprechende Meßtechnik, die Prüfgeräte und Spezialwerkzeuge und rüstet die Kundendienststellen damit aus.

Prüftechnik für KE-Jetronic

Das Benzineinspritzsystem KE-Jetronic erfordert, abgesehen vom periodischen Wechseln des Kraftstofffilters nach Vorschrift des Fahrzeugherstellers, keine Wartungsarbeiten.

Bei Störungen des Systems stehen dem Fachmann im wesentlichen folgende Prüfgeräte zusammen mit den notwendigen Prüfwerten zur Verfügung:

- Ventilprüfgerät,
- Mengenvergleichsmeßgerät,
- Druckmeßvorrichtung,
- Lambda-Regelungstester (Anwendung nur bei vorhandener Lambda-Regelung),
- Universal-Prüfadapter und
- Universal-Vielfachmeßgerät.

Diese Prüftechnik ist weltweit einheitlich. Sie liegt bei den Werkstätten der Fahrzeughersteller und den Bosch-Kundendienststellen in Verbindung mit

und Prüfwerten vor. Ohne diese Ausrüstung ist keine gezielte, preisgünstige Fehlersuche und keine fachgerechte Instandsetzung möglich. Fahrzeughalter sollten deshalb von eigenen Reparaturversuchen absehen.

Ventilprüfgerät

Das Ventilprüfgerät eignet sich zur Prüfung ausgebauter Einspritzventile der K- und KE-Jetronic. Geprüft werden alle wichtigen Funktionen eines Einspritzventils, die für einen optimalen Motorlauf notwendig sind:

- Öffnungsdruck,
- Dichtheit,
- Strahlform und
- Schnarrverhalten.

Ventile, deren Öffnungsdruck außerhalb der Toleranz liegt, werden ausgewechselt. Bei der Dichtheitsprüfung wird der Druck langsam bis 0,5 bar unter den Öffnungsdruck gesteigert und gehalten; innerhalb von 60 s darf sich am Ventil kein Tropfen bilden.

Bei der Schnarrprüfung und Strahlbeurteilung muß das Ventil ein schnarrendes Geräusch abgeben, ohne daß sich ein Tropfen bildet. Es darf kein Schnurstrahl oder „strähniger“ Strahl auftreten. Gute Einspritzventile haben einen zerstäubten Strahl.

Mengenvergleichsmeßgerät

Mit einer Vergleichsmessung wird bei nicht ausgebautem Mengenteiler geprüft, welche Differenz die Fördermengen der einzelnen Auslässe zueinander haben (für alle Motoren bis zu acht Zylindern). Da die Prüfung mit den Original-Einspritzventilen durchgeführt wird, läßt sich gleichzeitig feststellen, ob eine Streuung vom Mengenteiler oder von den Einspritzventilen herrührt.

Die kleine Meßröhre des Geräts dient zur Leerlaufmessung, die große Meßröhre zur Teillast- und Vollastmessung.

Acht Schlauchleitungen, in deren Automatikkupplungen die aus ihren Halterungen am Motor herausgezogenen Einspritzventile eingesteckt werden, stellen die Verbindung zum Mengenteiler her.

In jeder Automatikkupplung befindet sich ein Aufstoßventil, damit an nicht benötigten Leitungen kein Kraftstoff austreten kann (z.B. bei Anlagen für Motoren mit sechs Zylindern, Bild 1).

Über eine weitere Schlauchleitung wird der Kraftstoff zum Kraftstoffbehälter zurückgeführt.

Druckmeßvorrichtung

Mit der Druckmeßvorrichtung lassen sich alle für die Funktion der KE-Jetronic wichtigen Drücke messen:

- Systemdruck: Aussage über Leistung der Förderpumpe, Durchlässigkeit des Filters und Zustand des Systemdruckreglers,
- Differenzdruck: wichtig zur Beurteilung aller Betriebszustände (z.B. kalter/warmer Motor, Teillast/Vollast, Anreicherungsfunktionen),
- Dichtheit des Gesamtsystems: besonders wichtig für das Kaltstart- und Warmstartverhalten.

Automatikkupplungen an den Verbindungsschläuchen verhindern ein Auslaufen des Kraftstoffs.

Lambda-Regelungstester

Dieses Testgerät eignet sich bei KE-Jetronic-Anlagen mit Lambda-Regelung zum Prüfen des Druckstellerstromes, des Lambda-Sondensignals (mit Simulation des Signals „fett“/„mager“) und der „Steuerung-Regelung“-Funktion. Für den Anschluß an die Sondenleitung und an den Drucksteller der verschiedenen Fahrzeugmodelle gibt es spezielle Adapterleitungen. Die Meßwerte werden analog angezeigt.

Universal-Prüfadapter

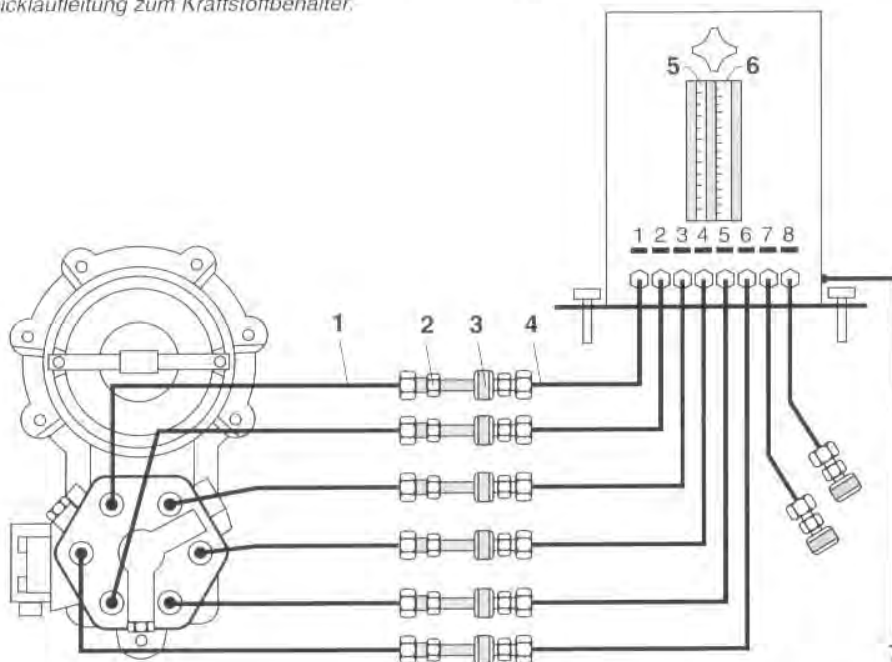
Der Universal-Prüfadapter dient zur schnellen und sicheren Systemprüfung bei bestimmten KE-Jetronic-Ausführungen ohne Eigendiagnose bzw. mit eingeschränkter Eigendiagnose.

Universal-Vielfachmeßgerät

Das Universal-Vielfachmeßgerät ist zur Messung der Druckstellerströme in allen Betriebszuständen notwendig und es dient zu Spannungs- und Widerstandsmessungen an den verschiedenen Komponenten (z.B. Potentiometer des Luftmengenmessers).

Bild 1: Mengenvergleichsmeßgerät (Anschluß einer 6-Zylinder-Anlage).

- 1 Einspritzleitungen des Mengenteilers, 2 Einspritzventile, 3 Automatikkupplungen, 4 Schlauchleitungen des Meßgeräts, 5 kleine Meßröhre, 6 große Meßröhre, 7 Rücklaufleitung zum Kraftstoffbehälter.



Das Gesamtprogramm

Sicherheits- und Komfortsysteme	1 987 722 037
Lichttechnik	1 987 722 039
Schaltzeichen und -pläne für Kfz	1 987 722 002
Funkentstörung	1 987 722 008
Benzineinspritzsystem K-Jetronic	1 987 722 009
Benzineinspritzsystem KE-Jetronic	1 987 722 021
Benzineinspritzsystem L-Jetronic	1 987 722 010
Benzineinspritzsystem Mono-Jetronic	1 987 722 033
Motormanagement Motronic	1 987 722 011
Abgastechnik für Ottomotoren	1 987 722 020
Batterien	1 987 722 003
Zündsysteme	1 987 722 004
Zündkerzen	1 987 722 005
Generatoren	1 987 722 006
Startanlagen	1 987 722 007
Dieseleinspritztechnik im Überblick	1 987 722 038
Diesel-Reiheneinspritzpumpen	1 987 722 012
Regler für Diesel-	
Reiheneinspritzpumpen	1 987 722 013
Diesel-Verteilereinspritzpumpen	1 987 722 014
Diesel-Radialkolben-	
Verteilereinspritzpumpen	1 987 722 053
Pkw-Bremssysteme	1 987 722 023
Fahrdynamikregelung	1 987 722 052
Nkw-Druckluftbremsanlagen:	
Anlagenpläne	1 987 722 015
Nkw-Druckluftbremsanlagen:	
Geräte	1 987 722 016

Bestell-Nr.

